



**CRISTIAN AUGUSTO KIELING**

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE UMA  
MOTOCICLETA *OFF ROAD***

**Horizontina - RS**

**2018**

**CRISTIAN AUGUSTO KIELING**

**DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DE UMA  
MOTOCICLETA *OFF ROAD***

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. André Rogério Kinalski Bender, Me.

**Horizontina - RS**

**2018**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso**

**“Dimensionamento do sistema de transmissão de uma motocicleta *off road*”**

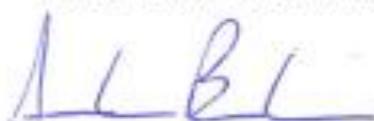
**Elaborada por:**

**Cristian Augusto Kieling**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 29/11/2018

Pela Comissão Examinadora



---

Me Eng. André Rogério Kinalski Bender

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



---

Me. Eloi Fernandes

FAHOR – Faculdade Horizontina



---

Me. Francine Centenaro

FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS**

**2018**

### Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, a minha irmã, avós e amigos que de várias formas me incentivaram, ajudaram e me apoiaram durante a jornada acadêmica, influenciando na concretização deste trabalho.

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus pela oportunidade e por sempre iluminar a minha jornada.

Agradeço aos meus pais, pela educação, atenção, carinho, incentivo, apoio e por todos os conselhos dados, ensinando o sentido da vida.

A minha irmã pela ajuda prestada neste momento, pelo companheirismo, atenção, compressão e dedicação.

A todos os meus amigos, pela amizade, incentivo, e pela contribuição para a concretização deste trabalho.

Ao meu orientador, Mestre André Rogério Kinalski Bender, pela dedicação, esforço e conhecimento passado para a execução deste trabalho.

Ao acadêmico Bernardo Scheunemann, pelo esforço, amizade e ajuda prestada na etapa de instrumentação do trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma influenciaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

(José de Alencar)

## RESUMO

Os sistemas de transmissão estão presentes quando se deseja transmitir o movimento gerado pelo motor de combustão interna para a roda da motocicleta. Em uma motocicleta ele é composto por pares de engrenagens e uma corrente de transmissão, onde as engrenagens e a corrente são dimensionados para o desejado fim de utilização, como a motocicleta em estudo tem suas características de utilização destinadas a estradas pavimentadas, a mesma vem com um padrão de transmissão, porém a motocicleta vem sendo utilizada atualmente em competição de *off road*, popularmente conhecidas como velcross, devido a isso surge a necessidade de dimensionar um sistema de transmissão que atenda o desejado fim. Com o dimensionamento busca-se melhorar a performance da motocicleta nas competições de velcross, tornando-a mais ágil em arrancadas, retomadas de velocidade e diminuindo o tempo necessário para completar cada volta. Para obter as informações necessárias em relação a qual transmissão utilizar na motocicleta foi necessário adquirir um sistema de captação de dados através de um arduino e um sensor indutivo, onde realizou-se uma programação e testes com a transmissão que estava na motocicleta para obter os valores das rotações por minuto da roda traseira, assim foi possível dimensionar a nova configuração de transmissão. Com a utilização deste método chegou-se a um valor de 660 rotações por minuto, chegando a um valor próximo ao encontrado no dimensionamento que foi de 664,59 rotações por minuto. Os cálculos realizados nesta pesquisa contemplam as rotações por minuto da roda traseira da motocicleta, momentos torsores, velocidades periféricas e dimensionamento da corrente de transmissão. Ao dimensionar, teve-se o objetivo de diminuir a velocidade periférica final da motocicleta na quinta marcha em 8250 rpm do motor, variando a velocidade de 92,85 Km/h para 82,33 Km/h, em consequência disso o momento tursor aumentou de 16,8 Kgf.m para 18,95 Kgf.m. Em virtude destas modificações os componentes da transmissão tiveram diferença de dimensão, por isso, foi necessário aumentar a corrente de transmissão para 128 elos, obtendo um comprimento de 1625,6 mm. A motocicleta foi submetida a testes de rotações por minuto da roda traseira com a transmissão dimensionada, onde atingiu o valor de 660 rpm utilizando a quinta marcha, também foram realizados vinte testes de arrancadas em uma reta de 100 metros utilizando as duas configurações de transmissão, onde a transmissão dimensionada teve uma melhora de tempo de 0,558 segundos em relação a outra transmissão. Outro teste realizado foi o de tempo necessário para completar uma volta na pista velcross, onde novamente a transmissão dimensionada 58X15 se comportou melhor em uma sequência de cinco testes, o valor obtido foi de 0,782 segundos a menos por volta em relação a transmissão 48X14. Os resultados obtidos mostram que a transmissão dimensionada melhorou a performance da motocicleta, influenciando assim em um melhor resultado durante as competições de velcross.

**Palavras-chave:** Motocicleta. Velcross. Transmissão. Dimensionamento

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primeira motocicleta produzida em série .....	17
Figura 2 – Modelo de pista de Velocross .....	18
Figura 3 – Os ciclos de um motor 4 tempos de combustão interna.....	19
Figura 4 – Engrenagem cilíndrica de dentes retos ou frontais .....	24
Figura 5 – Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais.....	24
Figura 6 – Engrenagens cilíndricas cônicas de dentes helicoidais (a) e retos (b) .....	25
Figura 7 – Transmissão por coroa e parafuso sem-fim .....	26
Figura 8 – Distância entre centros.....	28
Figura 9 – Corrente de rolos.....	29
Figura 10 – Correntes de buchas.....	30
Figura 11 – Correntes de dentes.....	30
Figura 12 – Corrente de elos fundidos .....	31
Figura 13 – Etapas contempladas no trabalho .....	33
Figura 14 – Motocicleta utilizada .....	34
Figura 15 – Montagem dos componentes de captação de dados .....	35
Figura 16 – Suporte de fixação do sensor indutivo .....	35
Figura 17 – Caixa utilizada na motocicleta.....	36
Figura 18 – Software utilizado para a programação.....	37
Figura 19 – Pista de Velocross utilizada .....	39
Figura 20 – Dados das rotação por minuto .....	41
Figura 21 – Caixa de transmissão.....	42
Figura 22 – Redução primária.....	42
Figura 23 – Gráfico de comparação dos momentos torsores.....	47
Figura 24 – Gráfico de comparação de velocidades periféricas.....	48
Figura 25 – Componentes da nova transmissão.....	50

Figura 26 – Comparação de tempos de arrancadas.....	51
Figura 27 – Montagens dos componentes para testes com a transmissão nova...	52
Figura 28 – Dados das rotações por minuto da nova transmissão .....	52
Figura 29 – Testes de tempos com a motocicleta.....	53
Figura 30 – Resultado dos testes de tempos de voltas na pista de velcross .....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Rendimento das transmissões .....	31
Quadro 2 – Volume de deslocamento do cilindro do motor .....	40
Quadro 3 – Cálculo da potência referente a cilindrada atual .....	40
Quadro 4 – Relação de transmissão das marchas .....	41
Quadro 5 – Relação primária e final.....	42
Quadro 6 – Cálculo da rotação por minuto (RPM) da árvore primária até a 2ª marcha.....	43
Quadro 7 – Cálculo da rotação por minuto (RPM) da árvore secundária na 3ª marcha até a rotação por minuto na roda na 5ª marcha .....	44
Quadro 8 – Quadro 8 – Cálculo do momento tissor do virabrequim até a árvore secundária na 2ª marcha.....	45
Quadro 9 – Quadro 9 – Cálculo do momento tissor da roda na 2ª marcha até a roda na 5ª marcha.....	46
Quadro 10 – Cálculo da velocidade periférica da 1ª a 2ª marcha.....	47
Quadro 11 – Cálculo da velocidade periférica da 3ª a 5ª marcha.....	48
Quadro 12 – Dimensionamento da corrente de transmissão.....	49
Quadro 13 – Valores dos componentes da transmissão dimensionada.....	50

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 TEMA .....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.4 HIPÓTESES.....	16
1.5 JUSTIFICATIVA .....	16
1.6 OBJETIVOS.....	17
1.6.1 Objetivo Geral.....	17
1.6.2 Objetivos Específicos.....	17
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 MOTOCICLETAS.....	18
2.2 VELOCROSS.....	19
2.3 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA .....	20
2.3.1 Componentes dos motores de combustão interna .....	21
2.4 TRANSMISSÕES MECÂNICAS .....	22
2.5 SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS.....	23
2.5.1 Tipos de Engrenagens.....	25
2.6 SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR CORRENTES .....	28
2.6.1 Tipos de Correntes .....	31
2.7 RENDIMENTO DAS TRANSMISSÕES .....	33
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS.....	34

3.2 COLETA DE DADOS.....	34
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	35
3.3 MÉTODO UTILIZADO PARA A CAPTAÇÃO DOS DADOS .....	38
3.3 DEFINIÇÃO DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO.....	39
3.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA O DIMENSIONAMENTO .....	40
3.5 TESTES PARA A VALIDAÇÃO DO ESTUDO.....	41
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>42</b>
4.1 CÁLCULO DA CILINDRADA E DA POTÊNCIA DO MOTOR .....	42
4.2 DEFINIÇÃO DAS ROTAÇÕES POR MINUTO .....	43
4.3 DIMENSIONAMENTO DAS ROTAÇÕES POR MINUTO (RPM).....	45
4.4 DIMENSIONAMENTO DOS MOMENTOS TORSORES.....	47
4.5 DIMENSIONAMENTO DAS VELOCIDADES PERIFÉRICAS .....	49
4.6 DIMENSIONAMENTO DA CORRENTE DE TRANSMISSÃO.....	51
4.7 TRANSMISSÃO DIMENSIONADA .....	52
4.7 TESTES REALIZADOS NA MOTOCICLETA.....	53
4.7.1 Testes de Arrancadas.....	53
4.7.1 Testes de Rpm com a Transmissão Dimensionada.....	54
4.7.2 Teste de Tempo de Volta na Pista de Velocross .....	56
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>



## 1 INTRODUÇÃO

As motocicletas são um meio de transporte bastante utilizado pela população brasileira, em virtude disso, no ano de 2017 o setor de motocicletas apresentou um alto volume de produção, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO), os fabricantes do setor produziram 882.876 motocicletas.

Segundo a mesma, o Brasil possui uma frota de mais de 26 milhões de motocicletas e uma média de produção anual acima de 880.000 unidades, sendo considerado o 8º maior produtor mundial de motocicletas.

Os números apresentados no ano de 2017 são referentes a produção total de motocicletas, independentemente da sua categoria. Atualmente o setor classifica as motocicletas como, *street*, *trail*, *motoneta*, *scooter*, *naked*, *big trail*, *off road*, *custom*, *sport*, ciclomotor e *touring*.

Dentro de cada classificação de motocicletas apresentadas, temos vários modelos, que possuem variações em estética, ciclística, valores, dimensões, entre outros. Esta classificação também é dividida em relação a sua faixa de potência, econômica, performance, devido a isso, surge a necessidade de relacionar a parte de motorização de uma motocicleta.

Segundo Viotti (2016), um motor de combustão interna funciona através da explosão que ocorre dentro da câmara de combustão, o pistão é deslocado pelo cilindro e a biela transforma, em conjunto com o virabrequim, o movimento retilíneo em giratório. Esse movimento, praticamente uma pedalada, é transmitido ao câmbio pela fricção, ou embreagem, e é amplificado ou desmultiplicado de acordo com a relação de engrenagens utilizada no motor. Após isso, entra em função a transmissão final da motocicleta, trazendo a força gerada para a roda traseira, gerando o movimento da roda.

A classificação de motocicletas é bastante ampla, tendo motocicletas para cada tipo de terreno, quando se deseja uma motocicleta específica para praticar um esporte que tem suas características voltadas para terrenos sem pavimentação asfáltica, a motocicleta que melhor se adapta é do tipo *off road*.

Como o esporte velocross possui as características de terreno mencionadas anteriormente, uma motocicleta desta classificação é o ideal para a prática do esporte, porém pode-se adquirir motocicletas de outras classificações e preparar as mesmas para o desejado fim.

O velocross é um esporte caracterizado por ser uma corrida de motos, sendo realizado em uma pista específica que atenda as condições estabelecidas pelo organizador do evento.

Em Virtude da alta competitividade de motocicletas *off road* atualmente em pistas de velocross, se faz necessário buscar métodos de melhorias no sistema de transmissão da motocicleta, dimensionando-a para que atenda as características das pistas.

## 1.1 TEMA

Estudo sobre a proposta de melhoria do sistema de transmissão de uma motocicleta *off road*.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se na coleta de dados através da utilização da motocicleta em um pista de terra (velocross) que apresenta um traçado com várias retas e curvas, levantamento das informações, dimensionamento do sistema de transmissão, aquisição da nova transmissão de acordo com os resultados colhidos, implementação da mesma na motocicleta em estudo e finalizando com testes com a motocicleta.

## 1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Uma motocicleta tem o seu sistema de transmissão dimensionado de acordo com o seu modelo, portanto para a motocicleta estudada o sistema de transmissão foi dimensionado para ser utilizado em diversos tipos de terrenos, como, subidas, retas e descidas, obtendo assim a melhor performance da motocicleta na estrada.

Mas como a motocicleta estudada vem sendo utilizada em competições de velocross, o sistema de transmissão da motocicleta também necessita passar por

modificações. Em competições de velcross a motocicleta não necessita ter uma transmissão com uma velocidade final compatível com a motocicleta do mesmo modelo utilizada na estrada, mas é necessário que a motocicleta seja mais ágil em relação a arrancadas e retomadas de velocidades.

Atualmente o sistema de transmissão da motocicleta é composto por uma coroa de 48 dentes e um pinhão de 14 dentes, mas percebe-se que podem haver melhorias no sistema de transmissão, em virtude que nas competições de velcross não está sendo transmitida para a roda traseira da motocicleta toda a eficiência desejada para fins de competição.

Portanto para fins de competição, o sistema de transmissão da motocicleta precisa ser dimensionado de acordo com a sua utilização, para assim poder adequar a melhor relação de transmissão. Considerando esses aspectos, com a utilização de uma coroa de transmissão de 56 dentes e um pinhão de 15 dentes, será possível obter a melhor performance da motocicleta nas competições de velcross?

#### 1.4 HIPÓTESES

- A Variação de tamanho da coroa de transmissão será o suficiente para dimensionar e adequar a melhor transmissão para a motocicleta.
- Para dimensionar a transmissão mais adequada para a motocicleta será necessário que haja modificações no tamanho do pinhão e da coroa.

#### 1.5 JUSTIFICATIVA

Em virtude que a motocicleta estudada é adaptada para as competições de velcross, torna-se necessário a realização de melhorias na motocicleta para tornar a mesma mais eficiente em relação a outros competidores, que geralmente utilizam motocicletas específicas para as competições de velcross ou até mesmo outras motocicletas de estrada que passaram por adaptações para o fim.

Como a motocicleta tem a sua transmissão bastante alongada em relação as pistas da região de utilização, o sistema de transmissão não está transmitindo toda a eficiência desejada para a prática do esporte. Devido a isso, é necessário estudar métodos de dimensionamentos e realização de vários testes para adequar um sistema de transmissão que se torna eficiente em baixas, medias e altas rotações do

motor da motocicleta, proporcionando um melhor torque, melhor distribuição das velocidades em cada marcha, melhores arrancadas e retomadas de velocidade.

Portanto para ser possível a adequação do melhor sistema de transmissão da motocicleta, serão utilizados de acordo com o dimensionamento, o pinhão e coroa que melhor se encaixa na velocidade necessária para a motocicleta, facilitando assim a aquisição dos componentes e a realização dos testes.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é dimensionar e testar os elementos da transmissão de uma motocicleta para fins de melhoria da performance em circuito *off road*.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

- Testar a transmissão atual.
- Dimensionar a nova transmissão;
  - Definir a rotação por minuto
  - Definir o momento torsor
  - Definir a velocidade periférica
  - Definir a corrente de transmissão
- Adquirir e montar a nova transmissão;
- Testar a transmissão atual e a nova.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MOTOCICLETAS

Segundo Saraiva (2016), o primeiro conceito de motocicleta foi do ano de 1867, quando Ernest Michaux, instalou um motor a vapor em um bicicleta. Em 1894, Hildebrand e Wolfmüller foi a primeira motocicleta produzida em série, onde trazia um conceito diferente das motocicletas atuais, a mesma é visualizada na Figura 1.

Figura 1 – Primeira motocicleta produzida em série



**Fonte:** Hypescience, 2016

As motocicletas são consideradas uns dos meios de deslocamento motorizados mais antigos usufruídos pelas pessoas e atualmente estão presentes de forma expressiva em praticamente todos continentes terrestres. As motocicletas são caracterizadas pela sua versatilidade e pelo prazer em sua direção, sendo utilizadas tanto para atividades ou quando se requer uma locomoção rápida (SARAIVA, 2016).

Em virtude disso, segundo a ABRACICLO (2018), desde de janeiro a setembro deste ano os fabricantes de motocicletas produziram 777.091 unidades no país, um volume de 19,2% a mais se considerado ao mesmo período do ano de 2017, quando foram produzidas 652.0,92 motocicletas.

## 2.2 VELOCROSS

No Brasil, de acordo a federação de motociclismo do Mato Grosso do Sul (FEMENS, 2018), o velcross (VX) é uma modalidade esportiva que ocorre em pistas com uma extensão oficial de 1000 metros e largura de 6 metros, porém a extensão pode variar de 600 a 1200 metros. As pistas de velcross são circuitos com traçado com curvas e retas, a velocidade varia de media para alta, um modelo de pista de velcross pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de pista de Velocross



**Fonte:** Anderson Wolff, 2018

Conforme a Confederação Brasileira de Motociclismo (CBM, 2018), o campeonato é disputado em 7 categorias, aonde a motocicleta do piloto deve atender as especificações do regulamento de cada categoria para poder disputa-la.

De acordo com a CBM (2018), em virtude do risco que o esporte apresenta e da velocidade atingida, é de obrigatoriedade que todos os equipamentos de segurança da motocicleta e do piloto atender o regulamento, para que o piloto possa competir nas categorias inscritas de forma segura.

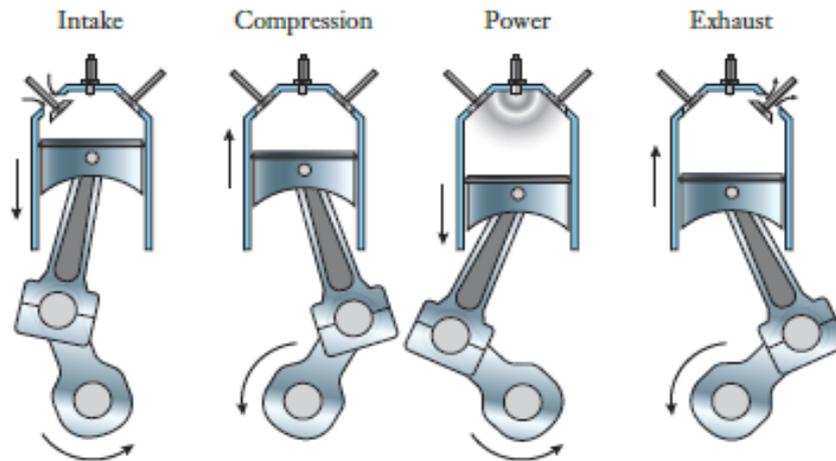
### 2.3 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

O motor de combustão interna tem grande importância devido que é a fonte de energia mais usada nos veículos automotores. A obtenção de energia nos motores de combustão interna ocorre através da conversão da energia química presente no combustível em calor, assim o calor produzido, gera o trabalho mecânico. A conversão da energia química que está presente no combustível utilizado é realizada através da combustão, em seguida o trabalho mecânico gera a energia de calor aumentando a pressão dentro do meio (BOSCH, 2005).

De acordo com Bosch (2005), o motor de ignição por centelha (ciclo Otto) é um motor composto por um pistão, com a formação interna ou externa da mistura ar/combustível. Se a combustão for interna ela se torna altamente heterogênea no momento que ocorre a ignição da vela, com a formação da mistura ar/combustível na parte externa gera-se misturas homogêneas.

O ciclo de um motor 4 tempos de um cilindro é composto por admissão, compressão, explosão e exaustão. Para o correto funcionamento de cada ciclo do motor é necessário uma válvula de admissão para extrair o combustível e o ar para o interior da câmara de combustão e uma válvula de exaustão para expulsar os subprodutos da combustão de dentro do cilindro. Conforme Wickert e Lewis (2013), os ciclos de um motor 4 tempos de combustão interna são apresentados na Figura 3.

Figura 3 – Os ciclos de um motor 4 tempos de combustão interna



**Fonte:** Wickert e Lewis, 2013

Logo após verificar os ciclos do motor de combustão interna de 4 tempos com um único cilindro, de acordo com Pulkradek (1997), o volume de deslocamento do cilindro pode ser calculado, conforme a equação 1.

$$Vd = \frac{\pi}{4} \times B^2 \times S \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

Vd = Volume de deslocamento do cilindro [cm<sup>3</sup>];

$\pi$  = constante trigonométrica [3,1415...];

B = Diâmetro do cilindro [cm];

S = Curso [cm].

### 2.3.1 COMPONENTES DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

De acordo com Pulkradek (1997), segue os principais componentes utilizados em motores de combustão interna.

- **Bloco:** É o corpo do motor que abriga o cilindro, podem ser de alumínio ou ferro fundido;
- **Eixo do comando de válvulas:** Tem a função de realizar o abrimento e fechamento das válvulas no momento adequado;

- Carburador: É o dispositivo de Venturi que tem a função de repassar para o motor a quantidade adequada da mistura ar/combustível;
- Câmara de expansão: Local aonde ocorre a combustão interna do motor, ou seja, na extremidade entre o cilindro e o pistão;
- Biela: É o componente que transmite o movimento do pistão para o virabrequim, podendo ser de alumínio ou aço forjado;
- Cáster: É o local de armazenamento de todo o óleo que é utilizado para a lubrificação do motor de combustão interna;
- Virabrequim: É um eixo rotativo que transfere o trabalho recebido pelo pistão através da biela para os demais componentes;
- Cilindro: Está ligado ao bloco do motor e tem a função de alojar o pistão para o mesmo poder realizar o movimento no seu interior, geralmente em motores com refrigeração a ar é composto por aletas;
- Cabeçote: É o bloco que está alojado na parte superior do pistão, geralmente é de ferro fundido ou alumínio;
- Pistão: É o componente em formato cilíndrico que se movimenta pelo cilindro transmitindo força para a câmara de combustão e trabalho para o virabrequim. Está alojado no pistão os anéis que tem o objetivo de realizar a vedação entre o cilindro e o pistão;
- Vela de ignição: É um dispositivo elétrico que tem a função de realizar a queima da combustão dentro do cilindro;
- Válvulas: São usadas para permitir que haja o fluxo para dentro e para fora do cilindro no momento certo.

## 2.4 TRANSMISSÕES MECÂNICAS

Conforme Mello (2003), o sistema de transmissão mecânica tem a função de transmitir todo o torque que é gerado pelo motor de combustão interna para as rodas. Sendo responsável pelo aumento ou diminuição da quantidade de torque buscando assim a relação adequada de velocidade e torque das rodas.

De acordo Bosch (2005), as forças de tração e impulsão trabalham em uma determinada faixa de rotação do motor, que está entre a rotação de marcha lenta e a rotação máxima atingida pelo motor. Portanto os valores característicos de torque e potência não são fornecidos de forma uniforme, mas em faixas específicas de rotação. Assim os elementos da transmissão são capazes de adaptaram o torque à força de tração que é necessária para o momento.

O sistema de transmissão mecânica pode ser composto por mecanismos manuais ou automáticos que tem por objetivo transmitir movimentos e potências através de componentes mecânicos. Os movimentos em transmissões mecânicas podem ser transmitidos através de correntes, engrenagens, correias e rodas de atritos (ANTUNES E FREIRE, 1998).

## 2.5 SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS

Segundo Melconian (2012), a engrenagem é caracterizada por ser uma peça de formato cilíndrico, cônico ou reto, composta por dentadura interna ou externa, tendo a finalidade de transportar o movimento requerido sem que ocorra deslizamentos.

Em sistemas de transmissões que os eixos ficam em pequenas distâncias entre si, em eixos paralelos e eixos reversos ou concorrentes, normalmente é utilizado o sistema de transmissão por engrenagens, transmitindo potências, rotações e relações de ampliação ou redução (ANTUNES E FREIRE, 1998).

Conforme Niemann (2002), as transmissões por engrenagens são as mais utilizadas para transmissão de movimentos quando se pretende segurança de funcionamento, vida útil, resistência a cargas, baixa manutenção, alto rendimento e dimensões reduzidas, sendo ideal para utilização em lugares pequenos. Mas o sistema de transmissão por engrenagens apresenta um índice de ruído maior e custo de aquisição superior.

Para poder realizar o movimento entre dois eixos são utilizados um par de engrenagens, denominadas em relação a sua dimensão ou quantidade de números

de dentes, portanto a menor das engrenagens é considerada o pinhão e a maior chama-se engrenagem (NORTON, 2004).

De acordo com Antunes e Freire (1998), a relação de transmissão (i) está representada pela equação 2.

$$i = \frac{z2}{z1} = \frac{n1}{n2} \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

i = relação de transmissão [adimensional];

z2 = número de dentes da engrenagem maior [adimensional];

z1 = número de dentes da engrenagem menor [adimensional];

n1 = rotação do eixo da engrenagem menor [rpm];

n2 = rotação do eixo da engrenagem maior [rpm].

Segundo Melconian (2012), o momento tursor pode ser obtido com o conhecimento da potência e da rotação de trabalho utilizada, conforme a equação 3.

$$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n} \quad (\text{eq.3})$$

Onde:

MT= Momento Torsor ou Torque [n.m ou kgf.m];

$\pi$  = Constante trigonométrica [3,1415...];

P = Potência [W];

n = Rotação [rpm].

Conforme Melconian (2012), a velocidade periférica é obtida através do conhecimento da rotação de trabalho e do raio da roda, conforme a equação 4.

$$V = \frac{\pi \times n \times r}{30} \quad (\text{eq.4})$$

Onde:

$V$  = velocidade periférica [m/s];

$\pi$  = constante trigonométrica [3,1415...];

$n$  = rotação [rpm];

$r$  = raio da roda [m].

### 2.5.1 Tipos de Engrenagens

Os tipos de engrenagens são: engrenagens cilíndricas de dentes retos ou frontais, engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais, engrenagens cônicas e coroa e parafuso sem-fim (ANTUNES E FREIRE, 1998).

Segundo Franceschi (2014), as engrenagens cilíndricas de dentes retos ou frontais são engrenagens que possuem dentes paralelos em relação ao eixo da engrenagem, este tipo de engrenagem é utilizada para transmitir potências médias com variações nas rotações.

Conforme Antunes e Freire (1998), a engrenagem é utilizada entre eixos paralelos entre si ou concorrentes, são utilizadas para realizar a transmissão de apenas um estágio, chegando a uma relação de transmissão de até 1:8. Quando este tipo de engrenagem for utilizado em dois estágios a sua relação de transmissão pode chegar até 1:45, a engrenagem é demonstrada na Figura 4.

Figura 4 – Engrenagem cilíndrica de dentes retos ou frontais



**Fonte:** Pozelli, 2015

As engrenagens cilíndricas de dentes retos ou frontais são utilizadas para transmitir potências de até 25000 CV, com rotações de até 100000 rpm e

velocidades tangenciais de até 200 m/s. As mesmas também possuem um bom rendimento que fica entre 96 a 99 % (NIEMANN, 2002).

Conforme Antunes e Freire (1998), as engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais trabalham sempre em pares e em eixos paralelos, por serem helicoidais, uma engrenagem se inclina para a esquerda e a outra que forma o seu par inclina-se para a direita, o modelo da engrenagem pode ser visualizada na Figura 5.

Figura 5 – Engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais



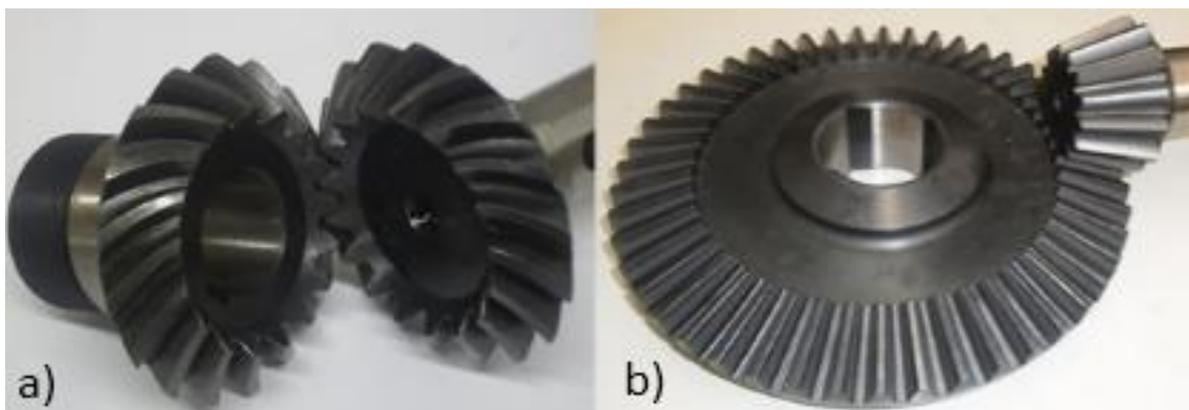
**Fonte:** Pozelli, 2015

Segundo Generoso (2009), este tipo de engrenagem é utilizada em rotações elevadas, porém não podem haver variações de rotações. As engrenagens cilíndricas helicoidais servem para transmitir movimentos em eixos paralelos e também em eixos que possuem um ângulo de  $60^\circ$  ou  $90^\circ$  entre si.

As engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais possuem alta resistência e são silenciosas, devido a isso as mesmas são muito utilizadas em caixas de câmbio e de redução, que são componentes com grandes esforços e necessitam de engrenagens com baixo nível de ruídos (FRANCESCHI, 2014).

De acordo com Franceschi (2014), as engrenagens cônicas possuem um formato em tronco de cone, são engrenagens capazes de transmitir movimentos entre eixos ortogonais. As engrenagens cônicas são classificadas em dentes helicoidais (a) e retos (b), conforme a Figura 6.

Figura 6 – Engrenagens cilíndricas cônicas de dentes helicoidais (a) e retos (b)



**Fonte:** Pozelli, 2015

Conforme Antunes e Freire (1998), esse tipo de engrenagem é utilizada em eixos concorrentes entre si e para realizar a relação de multiplicação de até 6, porém em multiplicações superior a 1,2, as engrenagens se tornam mais caras do que as engrenagens cilíndricas. As mesmas possuem um rendimento bom que fica entre 95% a 99%.

De acordo com Franceschi (2014), a inclinação do dente em relação ao eixo especifica qual tipo de engrenagem deve ser utilizada. Portanto se a inclinação for de  $10^\circ$  utiliza-se uma engrenagem de baixa rotação, com inclinação de  $30^\circ$  deve se utilizar engrenagem de media rotação e com inclinação de  $45^\circ$  é necessário utilizar uma engrenagem de alta rotação.

Segundo Niemann (2002), as transmissões por coroa e parafuso sem-fim são utilizadas em eixos reversos com relações de multiplicação de 1:100 por cada estágio. São engrenagens silenciosas e conseguem amortecer as vibrações que ocorrem melhores que outros tipos de engrenagens.

Conforme Antunes e Freire (1998), o par coroa e sem-fim é utilizado para realizar a transmissão de grandes potências e consegue se alojar em pequenos espaços, na Figura 7 podemos observar esse tipo de transmissão.

Figura 7 – Transmissão por coroa e parafuso sem-fim



**Fonte:** Generoso, 2009

As transmissões por coroa e parafuso sem-fim são utilizadas frequentemente em máquinas têxteis, guindastes, mesa de fresadores, pontes rolantes, furadeiras radiais, elevadores, entre outros (MELCONIAN, 2012).

## 2.6 SISTEMA DE TRANSMISSÃO POR CORRENTES

Segundo Niemann (2002), a transmissão por corrente é utilizada para transmitir movimentos em eixos paralelos com uma distância maior entre eixos do que na transmissão por engrenagens cilíndricas, podendo ser utilizadas para relações de transmissão de multiplicação de até 6, mas em casos extremos essa relação pode chegar a 10. A corrente apresenta um bom rendimento que está entre 97 a 98 %, sem apresentar o problema de escorregamento, suportam potências de até 5000 CV, rotações de até 5000 rpm e velocidade tangencial de até 61,2 km/h.

O sistema de transmissão por correntes tem grande importância devido a sua ampla área de utilização na indústria mecânica, sendo aplicada em automóveis, motocicletas, bicicletas, aeronáutica, máquinas transportadoras e na ampla linha de máquinas agrícolas (MARCO FILHO, 2009).

Conforme Melconian (2012), uma transmissão por corrente é considerada desgastada no momento que ocorrer o alongamento provocado pelo estiramento das talas e desgaste nas articulações da corrente, sendo considerado um alongamento de aproximadamente 3% do comprimento original da transmissão.

De acordo com Melconian (2012), para realizar o dimensionamento do diâmetro primitivo da roda dentada para correntes, utiliza-se a equação 5.

$$d_o = \frac{t}{\operatorname{sen} \frac{180}{z}} \quad (\text{eq.5})$$

Onde:

$d_o$  = Diâmetro primitivo da engrenagem menor [mm];

$t$  = Passo da corrente [mm];

$z$  = Número de dentes da engrenagem menor [adimensional].

Segundo Antunes e Freire (1998), para verificar a velocidade periférica da corrente é necessário a utilização da equação 6.

$$v = \frac{\pi \times d_o \times n}{60000} \quad (\text{eq.6})$$

Onde:

$v$  = Velocidade periférica da corrente [m/s];

$\pi$  = Constante trigonométrica [3,1415...];

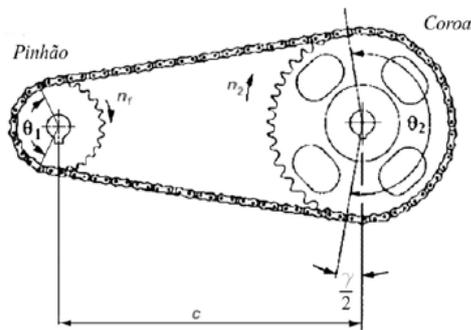
$d_o$  = Diâmetro primitivo da engrenagem menor [mm];

$n$  = Rotação do eixo da engrenagem menor [rpm].

Conforme Antunes e Freire (1998), a velocidade periférica da corrente de rolos não pode passar de 12 m/s e em correntes dentadas de 16 m/s.

É necessário verificar a distância entre os centros das engrenagens, a distância pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8 – Distância entre centros



**Fonte:** Marco Filho, 2009

Conforme mencionado na figura 8, calculamos a distância entre os centros das engrenagens através da equação 7 (MELCONIAN, 2012).

$$C = (30 \text{ a } 50) \times t \quad (\text{eq.7})$$

Onde:

C = distância entre centros [mm] (estimativa);

t = passo da corrente [mm].

De acordo com Melconian (2012), para calcularmos a quantidade de elos da corrente de transmissão utilizamos a equação 8.

$$y = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2C}{t} + \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} \right)^2 \times \frac{t}{C} \quad (\text{eq.8})$$

Onde:

y = número de elos [adimensional];

Z1 = número de dentes do pinhão [adimensional];

Z2 = número de dentes da coroa [adimensional];

C = distância entre centros [mm] (estimativa);

t = passo da corrente [mm];

$\pi$  = Constante trigonométrica [3,1415...].

Conforme Melconian (2012), após sabermos o número de elos da corrente conseguimos realizar o cálculo do comprimento da corrente, conforme a equação 9.

$$l = y \times t \quad (\text{eq.9})$$

Onde:

$l$  = comprimento da corrente [mm];

$y$  = número de elos [adimensional];

$t$  = passo da corrente [mm].

### 2.6.1 Tipos de Correntes

Os tipos de correntes de transmissões são: correntes de rolos, correntes de buchas, correntes de dentes e correntes de elos fundidos (MELCONIAN, 2012).

Segundo Generoso (2009), as correntes de rolos são compostas por elementos externos e internos, aonde as talas são conectadas através da utilização de pinos e buchas. Esse tipo de corrente de transmissão é muito utilizada em movimentações, transmissões, em sustentação de cargas e em transportadoras, a Figura 9 apresenta esse tipo de corrente.

Figura 9 – Corrente de rolos



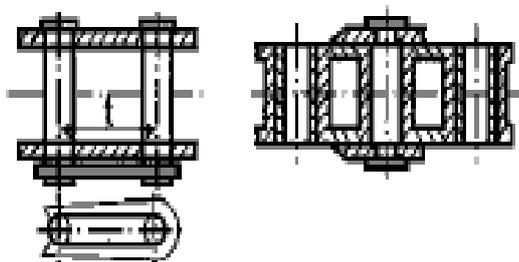
**Fonte:** Marco Filho, 2009

Conforme Marco Filho (2009), as correntes de rolos estão disponíveis em várias formas padronizadas e em diferentes tipos de materiais, como aço, aço inox, plásticos, assim esse tipo de corrente permite velocidade de até 11 m/s, mas a faixa de velocidade recomendada fica entre 3 a 5 m/s.

As correntes de buchas não contêm rolos, portanto as buchas e pinos podem ser produzidos em dimensões mais grossas. Este tipo de corrente de transmissão são menos silenciosas e desgastam-se com mais facilidade se comparadas com as correntes de rolos (ANTUNES E FREIRE, 1998).

As correntes de buchas são demonstradas na Figura 10, conforme Melconian (2012), esse tipo de corrente suporta mais carga, porém sua vida útil é menor.

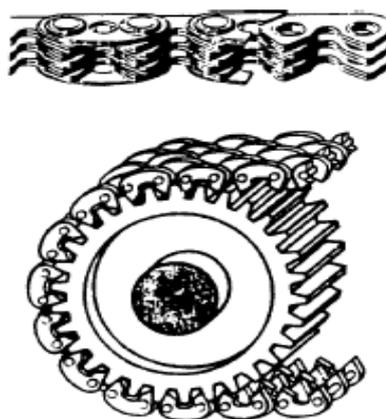
Figura 10 – Correntes de buchas



**Fonte:** Melconian, 2012

Segundo Melconian (2012), em correntes de dentes, as talas se distribuem sobre os rolos, obtendo assim correntes mais largas, conforme a Figura 11.

Figura 11 – Correntes de dentes

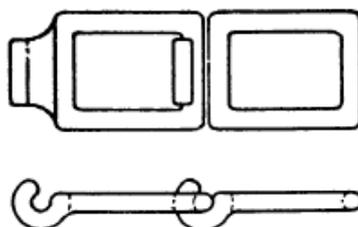


**Fonte:** Generoso, 2009

Deste modo, podem ser fabricadas correntes de dentes largas e com resistência elevada. Este tipo de corrente é utilizada quando se tem velocidades mais elevadas (ANTUNES E FREIRE, 1998).

Conforme Generoso (2009), as correntes de elos fundidos são correntes que se destacam pela facilidade de retirada de qualquer elo, para isso basta apenas deslocar o elo, este tipo de corrente pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 – Corrente de elos fundidos



**Fonte:** Generoso, 2009

As correntes de elos fundidos tem aplicação primária, encontrada com frequência em máquinas do ramo agrícola. Em relação a velocidade, a corrente trabalha com baixa velocidade, em torno de 2 m/s (MELCONIAN, 2012).

## 2.7 RENDIMENTO DAS TRANSMISSÕES

Conforme Melconian (2012), qualquer tipo de transmissão apresenta perda de potência, que podem ocorrer nas engrenagens, mancais, rodas de atrito, correntes, essa perda ocorre devido ao atrito entre as superfícies, através do óleo lubrificante e também por escorregamento de correia e polia, No Quadro 1 pode-se verificar o rendimento das transmissões que serão utilizadas.

Quadro 1 – Rendimento das Transmissões

<b>Tipos de transmissão</b>	<b>Rendimento</b>
Engrenagens Usinadas	$0,96 \leq \eta \leq 0,98$
Correntes Renold	$0,95 \leq \eta \leq 0,97$

**Fonte:** Adaptado de Melconian, 2012, p.43.

De acordo com Antunes e Freire (1998), o cálculo do rendimento é útil para saber a potência disponível, porém na prática as perdas são desprezadas, utilizando um rendimento de 100% dos elementos, mas quando é realizado um dimensionamento para a escolha de um motor, a perda deve ser considerada.

### 3 METODOLOGIA

Nesta etapa apresenta-se a metodologia empregada para o desenvolvimento do dimensionamento do sistema de transmissão para a motocicleta, com o levantamento de todas as informações necessárias sobre a motocicleta, sobre os métodos de dimensionamento e captação de dados, concluindo com o dimensionamento e com a implementação da nova transmissão na motocicleta.

#### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Para a realizar o dimensionamento do sistema de transmissão da motocicleta *off road*, foi necessário conhecer as características de utilização da motocicleta Yamaha XTZ 125 e todos os componentes que estão relacionados com a movimentação da motocicleta. Portanto foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre dimensionamento de transmissão, potência, momento tursor, velocidade periférica, através de pesquisas em livros, dissertações e artigos. A Figura 13 mostra as etapas contempladas no trabalho

#### 3.2 COLETA DE DADOS

Nesta etapa foram obtidas informações sobre o motor da motocicleta, como, potência, torque, rotações, relações de transmissão da motocicleta em relação a redução primária, redução da caixa de marchas e redução final.

Como a motocicleta em estudo não contém mais o motor original, para se obter dados relacionados ao motor atual foi necessário a utilização do manual de serviço.

Deste modo, a motocicleta possui um motor monocilíndrico de 4 tempos com sistema de arrefecimento através do ar, seu cabeçote é composto por uma válvula de admissão e uma de escape, com um comando de válvulas localizado na parte superior do cabeçote (OHC) com acionamento por corrente.

Conforme as especificações técnicas, o motor é composto por um pistão de diâmetro igual a 52,4 mm e curso de 57,84 mm, gerando exatamente 124,7 cm<sup>3</sup>. A potência máxima do motor chega a 11,6 CV a 8250 rpm e um torque máximo de 1,06 Kgf.m obtido a 6000 rpm (HONDA, 2010).

Figura 13 – Etapas contempladas no trabalho



**Fonte:** Autor, 2018

### 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para o desenvolvimento prático do trabalho, utilizou-se uma motocicleta e um sistema de captação das rotações por minuto da roda traseira, com isso realizou-se

testes com a motocicleta em uma pista de velcross, Na Figura 14 podemos visualizar a motocicleta utilizada.

Figura 14 – motocicleta utilizada



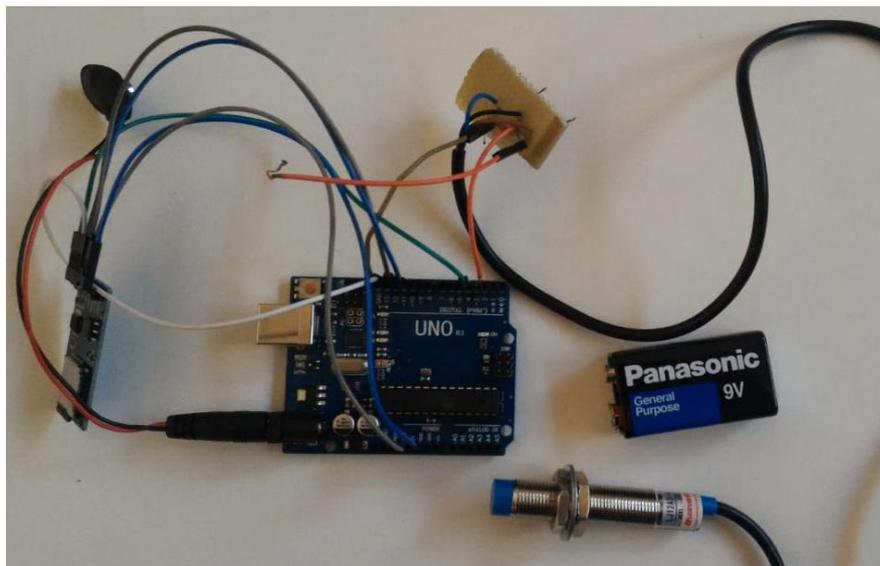
**Fonte:** Autor, 2018

Para obter-se os dados das rotações por minuto e velocidade da motocicleta optou-se por utilizar um sistema de captação de rotações por minuto da roda traseira da motocicleta, para isso, foi necessário adquirir os componentes que estão mencionados nos tópicos abaixo.

- Sensor Indutivo LJ12A3-4-Z/BX
- Arduino Uno R3
- Bateria 9V Alcalina
- Conector 9V Clip para Arduino
- Micro Sd Card
- 11 Cabos Jumper
- Placa de Fenolite
- Resistor de 1 k $\Omega$
- Resistor de 1,2 k $\Omega$
- Cabeça de um parafuso
- Suporte para a fixação do sensor indutivo
- Caixa para alojar os componentes

Após a aquisição de todos os componentes realizou-se a montagem e a programação para ser possível realizar a captação dos dados na motocicleta, Na Figura 15, podemos visualizar como ficou a montagem de todos os componentes.

Figura 15 – Montagem dos componentes de captação de dados



**Fonte:** Autor, 2018

Após realizar a montagem de todos os componentes projetou-se um suporte para fixar de maneira segura o sensor indutivo na motocicleta, para isso, utilizou-se uma chapa de aço SAE 1020 com espessura de 3,75 mm, O suporte utilizado está representado na Figura 16.

Figura 16 – Suporte de fixação do sensor indutivo



**Fonte:** Autor, 2018

Para projetar o suporte de fixação do sensor indutivo utilizou-se um software de CAD, a representação das especificações técnicas podem ser visualizadas no apêndice A.

Também foi necessário adaptar uma caixa na motocicleta para alojar todos os componentes utilizados na captação dos dados, de maneira segura e com pouca vibração, assim utilizou-se a caixa que está demonstrada na Figura 17.

Figura 17 – Caixa utilizada na motocicleta



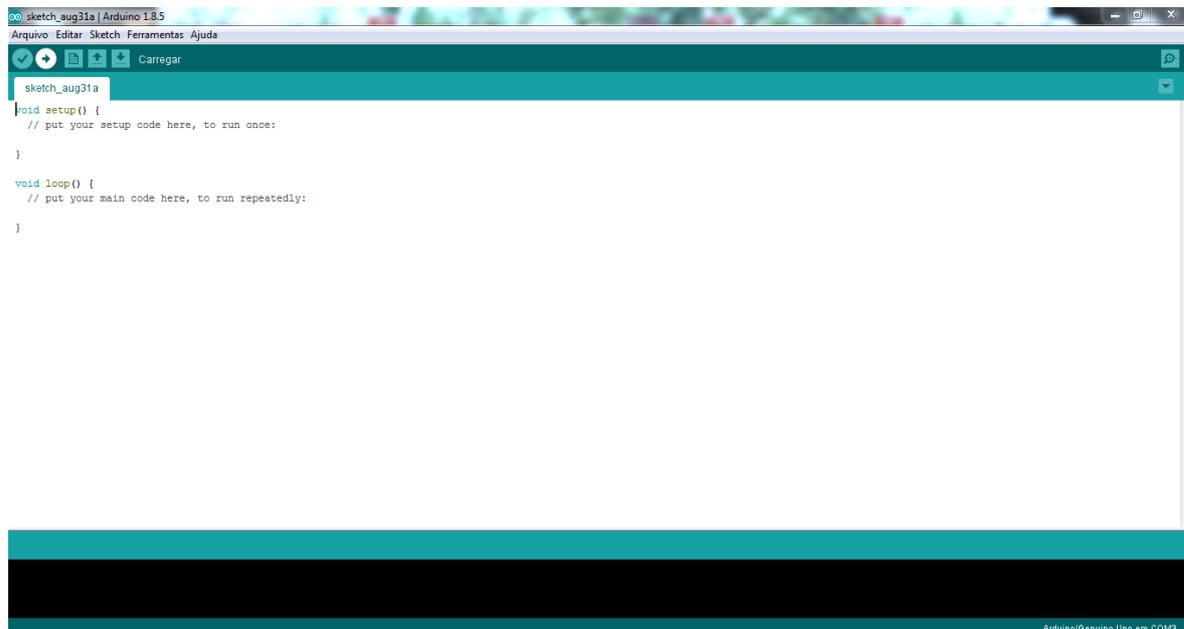
**Fonte:** Autor, 2018

Na Figura 17, é demonstrado como ficou a instalação da caixa que aloja os componentes de aquisição de dados da motocicleta, onde a mesma foi fixada na rabeta da motocicleta através de dois parafusos e duas porcas.

### 3.3 MÉTODO UTILIZADO PARA A CAPTAÇÃO DOS DADOS

Para realizar a captação dos dados de rotações por minuto da roda traseira da motocicleta utilizou-se o software Arduino, onde foi possível criar uma programação para captar a quantidade de pulsos que passa a cada volta na coroa de transmissão da motocicleta, com isso, transformou-se os pulsos colhidos em rotações por minuto, na Figura 18 mostra-se o software utilizado.

Figura 18 – Software utilizado para a programação



**Fonte:** Autor, 2018

Com a utilização do software demonstrado acima, criou-se uma programação para captar os dados necessários para o trabalho, a mesma pode ser visualizada no apêndice B.

### 3.3 DEFINIÇÃO DA RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO

Para definir a relação de transmissão adequada para a motocicleta foi necessário o auxílio do método apresentado anteriormente, onde foi instalado na motocicleta o sistema para realizar captação das rotações por minuto da roda traseira, após isso, a motocicleta foi submetida a testes com a relação atual que possui uma coroa de 48 dentes e um pinhão de 14 dentes, com isso, foi possível verificar a quantidade de rotações por minuto e estabelecer um valor padrão para realizar o dimensionamento.

Para poder visualizar as informações que foram colhidas durante a realização do teste e definir a relação de transmissão a ser utilizada, salvou-se em um arquivo (txt) todas as rotações por minuto da roda traseira da motocicleta em um intervalo de tempo estabelecido na programação.

### 3.4 MÉTODOS UTILIZADOS PARA O DIMENSIONAMENTO

Neste momento, aborda-se as informações que foram mencionadas anteriormente na revisão da literatura e segue-se com o método utilizado para a realização do cálculo da cilindrada e da potência do motor, dimensionamento das rotações por minuto (rpm), dimensionamento dos momentos torsores, dimensionamento das velocidades periféricas e dimensionamento da corrente de transmissão.

Para a realização do cálculo da cilindrada e da potência do motor será utilizada a equação 1 de Pulkradek (1997), aonde para encontrar a cilindrada precisou-se ter o conhecimento do diâmetro do pistão e do curso, a potência foi encontrada através da realização de uma regra de três, com o conhecimento da potência na cilindrada original do motor.

O dimensionamento das rotações por minuto (rpm) vai ser realizado através da equação 2 de Antunes e Freire (1998), para este cálculo foi estabelecida uma rotação do motor de 8250 rpm, as demais rotações vão depender das reduções existentes.

O dimensionamento dos momentos torsores será efetuado através da equação 3 de Melconian (2012), com o conhecimento da potência de trabalho, da rotação por minuto e do raio da roda.

O dimensionamento das velocidades periféricas será executado com auxílio da equação 4 de Melconian (2012), tendo os valores das rotações por minuto e o raio da roda traseira.

O dimensionamento da corrente de transmissão será dividido em cinco equações, na equação 5 de Melconian (2012), será calculado o diâmetro primitivo da roda dentada, para isso, é necessário ter o conhecimento do passo da corrente e do número de dentes da engrenagem menor.

A velocidade periférica da corrente será encontrada através da equação 6 de Antunes e Freire (1998), com o conhecimento do diâmetro primitivo da roda dentada e da rotação do eixo da engrenagem menor.

A equação 7 de Melconian (2012), será utilizada para encontrar a distância entre os centros das engrenagens, para isso, deve-se saber o passo da corrente, é recomendável que a distância fique entre 30 e 50.

Para realizar o dimensionamento da quantidade de elos necessário para a corrente será utilizada a equação 8 de Melconian (2012), aonde temos que ter o conhecimento do número de dentes da coroa, a distância entre os centros e o passo da corrente.

Seguindo com Melconian (2012), a equação 9 vai ser utilizada para calcular o comprimento da corrente, tendo como informações necessárias, a quantidade de elos e o passo da corrente.

### 3.5 TESTES PARA A VALIDAÇÃO DO ESTUDO

Para a validação dos estudos serão realizados dez testes de arrancada em uma reta de 100 metros com cada configuração de transmissão, ou seja, com a transmissão atual e a transmissão dimensionada e cinco testes de tempo de volta com cada configuração de transmissão em uma pista de velcross utilizada para competições, localizada nas coordenadas  $28^{\circ}00'23.1''S$   $54^{\circ}45'04.1''W$  e demonstrada na Figura 19.

Figura 19 – Pista de Velocross utilizada



**Fonte:** Google Maps

## 4 RESULTADOS

Nesta etapa serão apresentados o cálculo de potência e cilindrada do motor, os cálculos referentes as rotações por minuto das reduções existentes, os momentos torsores, a velocidade periférica atingida pela motocicleta em cada marcha na rotação de 8250 rpm e o dimensionamento da corrente de transmissão.

### 4.1 CÁLCULO DA CILINDRADA E DA POTÊNCIA DO MOTOR

O Quadro 2 apresenta o cálculo da cilindrada em relação a cilindrada original e cilindrada atual do motor, para isso, temos que ter o conhecimento de algumas informações, como, o curso de 5,784 cm e o diâmetro do pistão original que é de 5,24 cm, porém atualmente está sendo utilizado um pistão de 6,6 cm de diâmetro.

Quadro 2 – Volume de deslocamento do cilindro do motor

Volume de deslocamento do cilindro		Equação	Vd (cm <sup>3</sup> )
B (cm)	S (cm)		
5,24	5,784	$Vd = \frac{\pi}{4} \times B^2 \times S$	124,7
6,6	5,784		197,9

Fonte: Autor, 2018

Para o cálculo da potência em CV (cavalo-vapor) do motor da motocicleta foi necessário ter o conhecimento da potência referente a cilindrada original de 124,7 cm<sup>3</sup>, que conforme o manual do proprietário é 11,6 CV, com isso, podemos achar a potência para a cilindrada atual da motocicleta.

Para a utilização nas equações é necessário transformar a potência que está na unidade de CV para a unidade de W (Watt), No Quadro 3 podemos visualizar as potências do motor.

Quadro 3 – Cálculo da potência referente a cilindrada atual

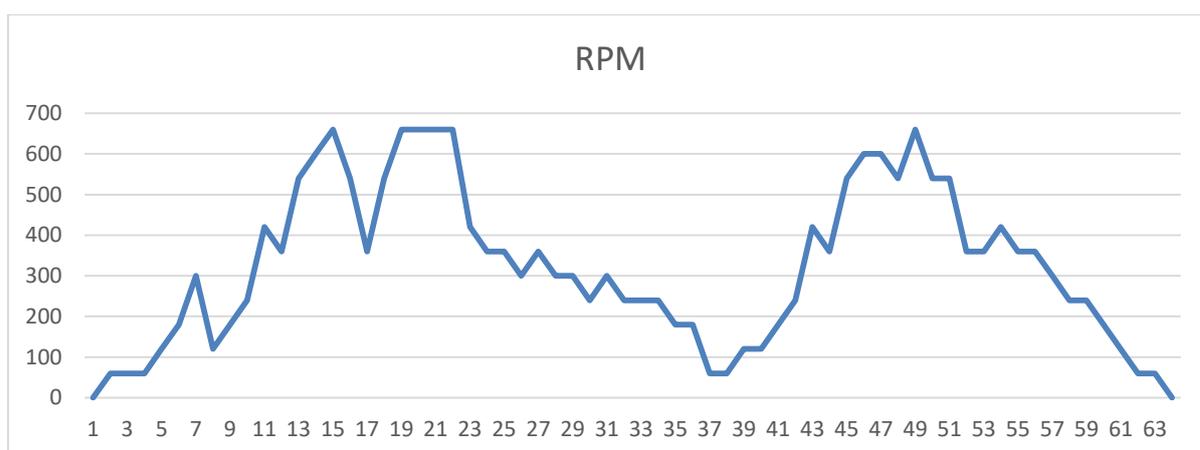
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	Potência (W)	Potência nova (W)
124,7	- 8531,785	13.540,532
197,9	- P	

Fonte: Autor, 2018

## 4.2 DEFINIÇÃO DAS ROTAÇÕES POR MINUTO

Com a realização dos testes com a motocicleta na pista de velcross e a utilização do método de captação das rotações por minuto da roda traseira da motocicleta encontrou-se os dados das rotações por minuto, que estão mencionados na Figura 20.

Figura 20- Dados das rotações por minuto



**Fonte:** Autor, 2018

Na Figura 20 observa-se as variações que ocorreram conforme o trajeto da pista de velcross utilizada e definiu-se o valor de 660 rotações por minuto como o valor padrão para a realização do dimensionamento do sistema de transmissão da motocicleta. No Quadro 4, podemos verificar os dados que serão de suma importância para realizar a definição da relação de transmissão da motocicleta, onde está representado a relação de transmissão de cada marcha que completam a caixa de transmissão do motor estudado.

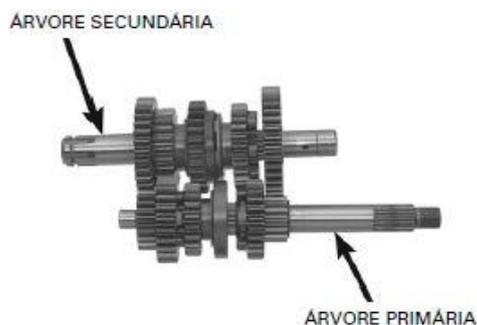
Quadro 4 – Relação de transmissão das marchas

<b>Marcha</b>	<b>Relação de transmissão</b>	<b>Números de dentes</b>	<b>Nomenclatura da engrenagem</b>
1ª	2,79	(39/14)	Z3 e Z4
2ª	1,79	(34/19)	Z5 e Z6
3ª	1,35	(27/20)	Z7 e Z8
4ª	1,12	(28/25)	Z9 e Z10
5ª	0,96	(23/24)	Z11 e Z12

**Fonte:** Autor, 2018

Na Figura 21, verificamos a árvore primária e secundária com todas as referidas engrenagens que completam a caixa de transmissão do motor.

Figura 21 – Caixa de transmissão



**Fonte:** Manual de serviço, HONDA (2010)

O Quadro 5, demonstra a relação de transmissão primária e final do motor em estudo.

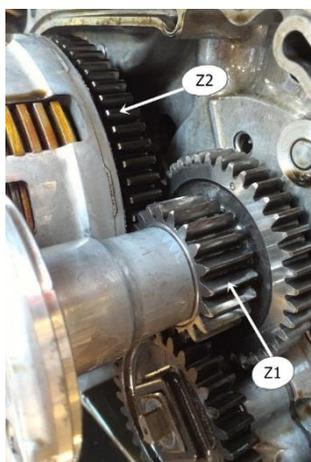
Quadro 5 – Relação primária e final

Redução	Relação de transmissão	Números de dentes	Nomenclatura da engrenagem
Primária	3,35	(67/20)	Z2 e Z1
Final	3,43	(48/14)	Z13 e Z14

**Fonte:** Autor, 2018

Na Figura 22, podemos visualizar o par de engrenagens que completam a redução primária, onde Z1 possui 20 dentes e Z2 possui 67 dentes.

Figura 22 – Redução primária



**Fonte:** Autor, 2018

A Figura 22, representa o par de engrenagens, onde a engrenagem Z1 está alojada no eixo do virabrequim e a engrenagem Z2 está alojada no eixo primário.

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO DAS ROTAÇÕES POR MINUTO (RPM)

O Quadro 6 apresenta as rotações por minuto (RPM) desde a árvore primária até a rotação por minuto da roda na 2ª marcha, as rotações são fundamentais para os cálculos dos momentos torsores e das velocidades periféricas da motocicleta. Nesta etapa, consideramos um rpm de entrada de 8250 (n1), que de acordo com o fabricante é o pico máximo de potência do motor.

Quadro 6 – Cálculo da rotação por minuto (RPM) da árvore primária até a 2ª marcha

RPM da árvore primária			Equação	n2 [rpm]
z1 (dentes)	z2 (dentes)	n1 (RPM)	$i = \frac{z2}{z1} = \frac{n1}{n2}$	2.462,69
20	67	8250		
RPM da árvore secundária na 1ª marcha			Equação	n3 [rpm]
z3 (dentes)	z4 (dentes)	n2 (RPM)	$i = \frac{z4}{z3} = \frac{n2}{n3}$	884,04
14	39	2.462,69		
RPM da roda na 1ª marcha			Equação	n4 [rpm]
z13 (dentes)	z14 (dentes)	n3 (RPM)	$i = \frac{z14}{z13} = \frac{n3}{n4}$	
14	48	884,04		
15	58	884,04		
RPM da árvore secundária na 2ª marcha			Equação	n5 [rpm]
z5 (dentes)	z6 (dentes)	n2 (RPM)	$i = \frac{z6}{z5} = \frac{n2}{n5}$	1376,21
19	34	2.462,69		
RPM da roda na 2ª marcha			Equação	n6 [rpm]
z13 (dentes)	z14 (dentes)	n5 (RPM)	$i = \frac{z14}{z13} = \frac{n5}{n6}$	
14	48	1376,21		
15	58	1376,21		

Fonte: Autor, 2018

O Quadro 7, demonstra as rotações por minuto da árvore secundária na 3ª marcha até a roda na 5ª marcha.

Quadro 7 – Cálculo da rotação por minuto (RPM) da árvore secundária na 3ª marcha até a rotação por minuto na roda na 5ª marcha

<b>RPM da árvore secundária na 3ª marcha</b>			<b>Equação</b>	<b>n7 [rpm]</b>
z7 (dentes)	z8 (dentes)	n2 (RPM)	$i = \frac{z8}{z7} = \frac{n2}{n7}$	1824,21
20	27	2.462,69		
<b>RPM da roda na 3ª marcha</b>			<b>Equação</b>	<b>n8 [rpm]</b>
z13 (dentes)	z14 (dentes)	n7 (RPM)	$i = \frac{z14}{z13} = \frac{n7}{n8}$	532,06
14	48	1824,21		
15	58	1824,21		
<b>RPM da árvore secundária na 4ª marcha</b>			<b>Equação</b>	<b>n9 [rpm]</b>
z9 (dentes)	z10 (dentes)	n2 (RPM)	$i = \frac{z10}{z9} = \frac{n2}{n9}$	2.198,83
25	28	2.462,69		
<b>RPM da roda na 4ª marcha</b>			<b>Equação</b>	<b>n10 [rpm]</b>
z13 (dentes)	z14 (dentes)	n9 (RPM)	$i = \frac{z14}{z13} = \frac{n9}{n10}$	641,32
14	48	2.198,83		
15	58	2.198,83		
<b>RPM da árvore secundária na 5ª marcha</b>			<b>Equação</b>	<b>n11 [rpm]</b>
z11 (dentes)	z12 (dentes)	n2 (RPM)	$i = \frac{z12}{z11} = \frac{n2}{n11}$	2569,76
24	23	2.462,69		
<b>RPM da roda na 5ª marcha</b>			<b>Equação</b>	<b>n12 [rpm]</b>
z13 (dentes)	z14 (dentes)	n11 (RPM)	$i = \frac{z14}{z13} = \frac{n11}{n12}$	749,51
14	48	2.569,76		
15	58	2.569,76		

Fonte: Autor, 2018

Conforme mencionado na Figura 20, com o dimensionamento atingiu-se um valor de 664,59 rotações por minuto, chegando a um valor próximo ao encontrado nos testes realizados anteriormente com o transmissão composta por uma coroa de

48 dentes e um pinhão de 14 dentes, onde foi encontrado 660 rotações por minuto, com isso chegou-se a transmissão 58X15.

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DOS MOMENTOS TORSORES

O Quadro 8 apresenta os cálculos dos momentos torsões desde o virabrequim até o momento tursor na árvore secundária na 2ª marcha, utilizando a transmissão 48X14 e a 58X15, o momento tursor foi transformado de N.m para Kgf.m.

Quadro 8 – Cálculo do momento tursor do virabrequim até a árvore secundária na 2ª marcha

<b>Momento tursor no virabrequim</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> [kgf.m]
P (W)		n1 (rpm)			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n1}$	1,60
13.540,532		8250				
<b>Momento tursor na árvore primária</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> [kgf.m]
P (W)		n2 (rpm)			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n2}$	5,35
13.540,532		2.462,69				
<b>Momento tursor na árvore secundária na 1ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> [kgf.m]
P (W)		n3 (rpm)			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n3}$	14,91
13.540,532		884,04				
<b>Momento tursor na roda na 1ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> [kgf.m]
P (W)	n4 (rpm)	r (m)	Z13	Z14	$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n4} \times r$	16,80
13.540,532	228,63	0,3286	14	48		
13.540,532	228,63	0,3286	15	58		
<b>Momento tursor na árvore secundária na 2ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> [kgf.m]
P (W)		n5			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n5}$	9,58
13.540,532		1376,21				

Fonte: Autor, 2018

O Quadro 9, demonstra o cálculo do momento tursor desde a roda na 2ª marcha até a roda na 5ª marcha.

Quadro 9 – Cálculo do momento tursor da roda na 2ª marcha até a roda na 5ª marcha

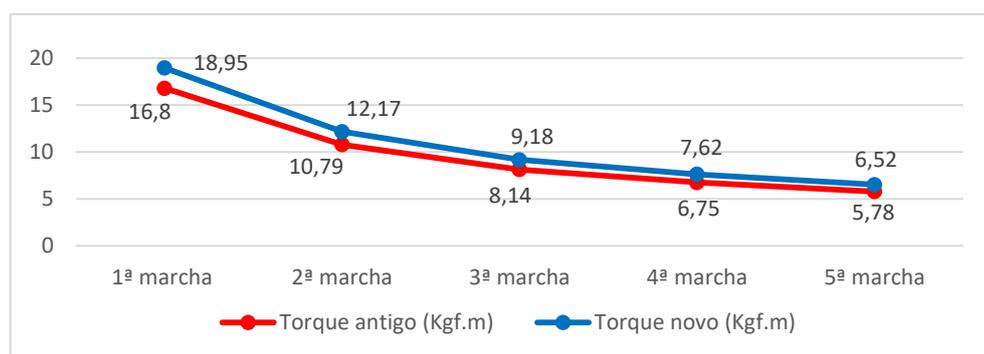
<b>Momento tursor na roda na 2ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)	n6 (rpm)	r (m)	z13	z14		
13.540,532	355,92	0,3286	14	48	$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n6} \times r$	10,79
13.540,532	355,92	0,3286	15	58		12,17
<b>Momento tursor na árvore secundária na 3ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)		n7			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n7}$	7,23
13.540,532		1824,21				
<b>Momento tursor na roda na 3ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)	n8 (rpm)	r (m)	z13	z14		
13.540,532	471,78	0,3286	14	48	$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n8} \times r$	8,14
13.540,532	471,78	0,3286	15	58		9,18
<b>Momento tursor na árvore secundária na 4ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)		n9			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n9}$	6,00
13.540,532		2.198,83				
<b>Momento tursor na roda na 4ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)	n10	r (m)	z13	z14		
13.540,532	568,66	0,3286	14	48	$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n10} \times r$	7,62
13.540,532	568,66	0,3286	15	58		6,75
<b>Momento tursor na árvore secundária na 5ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)		n11			$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n11}$	5,13
13.540,532		2569,76				
<b>Momento tursor na roda na 5ª marcha</b>					<b>Equação</b>	<b>MT</b> <b>[kgf.m]</b>
P (W)	n12	r (m)	z13	z14		
13.540,532	664,59	0,3286	14	48	$MT = \frac{30}{\pi} \times \frac{P}{n12} \times r$	5,78

13.540,532	664,59	0,3286	15	58		6,52
------------	--------	--------	----	----	--	------

**Fonte:** Autor, 2018

Para facilitar o entendimento e a visualização das alterações realizadas gerou-se um gráfico para comparar as variações em relação aos momentos torsões (torques) entre a transmissão 48X14 e a transmissão dimensionada 58X15, o gráfico pode ser visualizado na Figura 23.

Figura 23 – Gráfico de comparação dos momentos torsões



**Fonte:** Autor, 2018

A Figura 23, demonstra a alteração que ocorreu com os momentos torsões variando a transmissão, atingiu-se o objetivo, aumentando os momentos torsões do motor.

#### 4.5 DIMENSIONAMENTO DAS VELOCIDADES PERIFÉRICAS

O Quadro 10 apresenta a velocidade periférica da 1ª e da 2ª marcha para a transmissão atual da motocicleta e para a transmissão dimensionada.

Quadro 10 – Cálculo da velocidade periférica da 1ª a 2ª marcha

Velocidade periférica na 1ª marcha				Equação	V [Km/h]	V [m/s]
n4 (rpm)	r (m)	z13	z14			
257,85	0,3286	14	48	$V = \frac{\pi \times n4 \times r}{30}$	31,94	8,87
228,63	0,3286	15	58		28,32	7,86
Velocidade periférica na 2ª marcha				Equação	V [Km/h]	V [m/s]
n6 (rpm)	r (m)	z13	z14			
401,39	0,3286	14	48	$V = \frac{\pi \times n6 \times r}{30}$	49,72	13,81

355,92	0,3286	15	58		44,09	12,25
--------	--------	----	----	--	-------	-------

**Fonte:** Autor, 2018

O Quadro 11 apresenta a velocidade periférica da 3ª até a 5ª marcha para a transmissão atual da motocicleta e para a transmissão dimensionada.

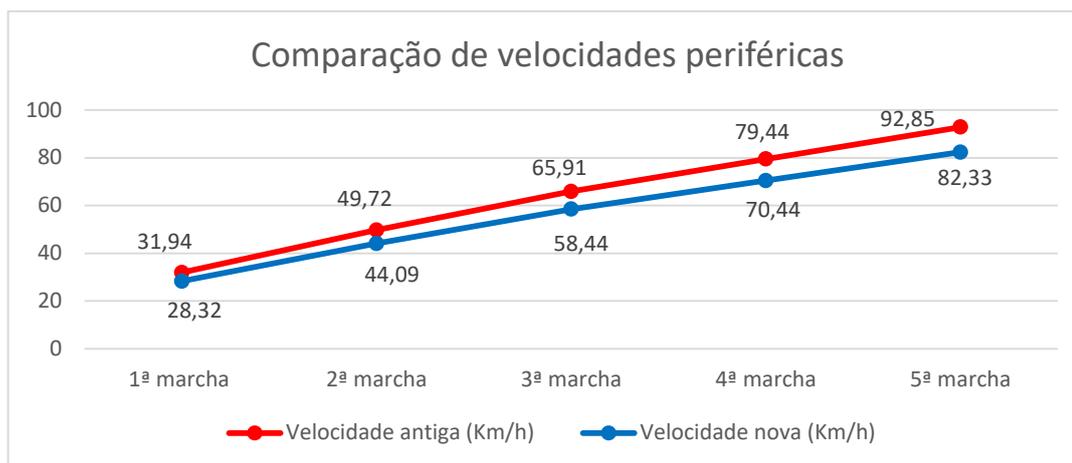
Quadro 11 – Cálculo da velocidade periférica da 3ª a 5ª marcha

Velocidade periférica na 3ª marcha				Equação	V [Km/h]	V [m/s]
n8 (rpm)	r (m)	z13	z14			
532,06	0,3286	14	48	$V = \frac{\pi \times n8 \times r}{30}$	65,91	18,31
471,78	0,3286	15	58		58,44	16,23
Velocidade periférica na 4ª marcha				Equação	V [Km/h]	V [m/s]
n10 (rpm)	r (m)	z13	z14			
641,32	0,3286	14	48	$V = \frac{\pi \times n10 \times r}{30}$	79,45	22,07
568,66	0,3286	15	58		70,45	19,57
Velocidade periférica na 5ª marcha				Equação	V [Km/h]	V [m/s]
n12 (rpm)	r (m)	z13	z14			
749,51	0,3286	14	48	$V = \frac{\pi \times n12 \times r}{30}$	92,85	25,79
664,59	0,3286	15	58		82,33	22,87

**Fonte:** Autor, 2018

Para facilitar a compreensão e a visualização das alterações realizadas, gerou-se um gráfico para comparar a velocidade antiga que era obtida pela transmissão 48X14 e a velocidade nova que foi obtida com a transmissão dimensionada, o gráfico pode ser visualizado na Figura 24.

Figura 24 – Gráfico de comparação de velocidades periféricas



**Fonte:** Autor, 2018

A Figura 24, mostra a variação que ocorreu na velocidade em cada marcha com a rotação de 8250 rpm, onde apresentou-se uma redução de velocidade, porém continuou atendendo a velocidade do trajeto com uma melhor distribuição das marchas.

#### 4.6 DIMENSIONAMENTO DA CORRENTE DE TRANSMISSÃO

O Quadro 12, demonstra como foi realizado o dimensionamento da corrente de transmissão, dimensionando-a para a transmissão 48X14 e para a transmissão 58X15, para isso, vamos calcular o diâmetro primitivo, a velocidade periférica, a distância entre os centros, o número de elos da corrente e finalizamos com o comprimento necessário para a corrente de transmissão.

Quadro 12 – Dimensionamento da corrente de transmissão

<b>Diâmetro primitivo</b>		<b>Equação</b>	<b><math>d_o</math> [mm]</b>
Z (dentes)	t (mm)		
14	12,7	$d_o = \frac{t}{\text{sen} \frac{180}{z}}$	44,3
15	12,7		61,1
<b>Velocidade periférica</b>		<b>Equação</b>	<b><math>v</math> [m/s]</b>
$d_o$ (mm)	n (rpm)		
44,3	2569,76		
61,1	2569,76		8,22
<b>Distância entre os centros</b>		<b>Equação</b>	<b>C [medido na</b>

C (mm)	t (mm)		<b>motocicleta]</b>
570	12,7	$C = (30 \text{ a } 50) \times t$	44,88
<b>Número de elos da corrente</b>		<b>Equação</b>	<b>y [nº elos]</b>
Z1	Z2		
14	48		
15	58	$y = \frac{Z1+Z2}{2} + \frac{2C}{t} + \left(\frac{Z2-Z1}{2\pi}\right)^2 \times \frac{t}{C}$	122
<b>Comprimento da corrente</b>		<b>Equação</b>	<b>l [mm]</b>
y	t		
122	12,7		
128	12,7	$l = y \times t$	1549,4
			1625,6

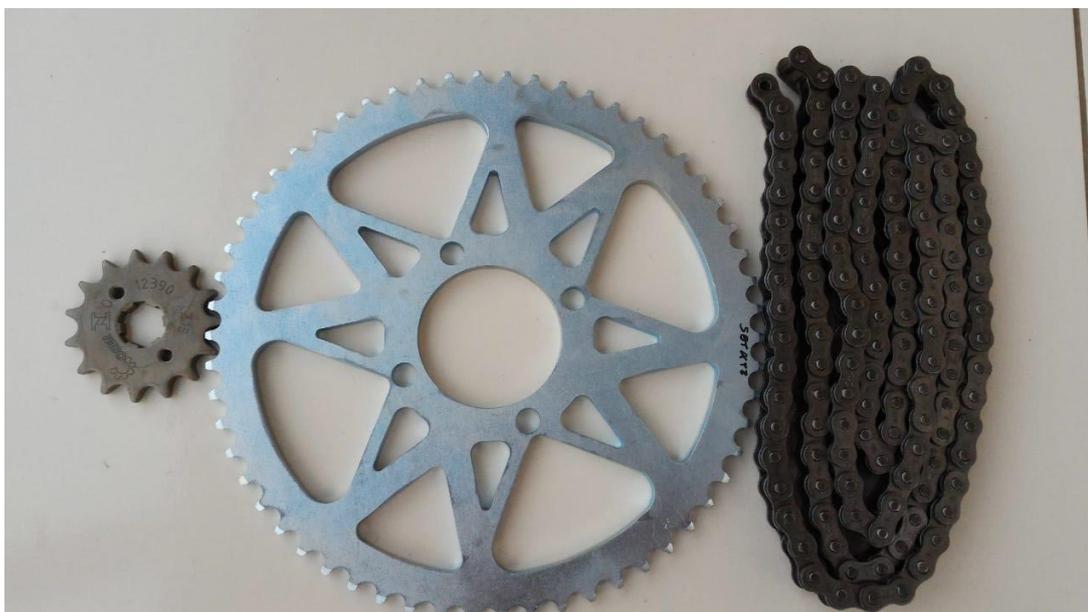
**Fonte:** Autor, 2018

Com a realização das equações presentes no quadro 9, foi possível definir a corrente de transmissão ideal, podendo assim realizar a montagem da mesma na motocicleta.

#### 4.7 TRANSMISSÃO DIMENSIONADA

Ao finalizar a etapa do dimensionamento da transmissão, realizou-se a aquisição do conjunto de transmissão, sendo constituído pelo pinhão, coroa e corrente, conforme representado na Figura 25.

Figura 25 – Componentes da transmissão dimensionada



**Fonte:** Autor, 2018

No Quadro 13 está representado os dados dos custos de cada componente da transmissão que foi instalada na motocicleta.

Quadro 13 – Valores dos componentes da transmissão dimensionada

<b>Componente</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Pinhão 15 dentes	10,00
Coroa 58 dentes	110,00
Corrente 428h x 128l	60,00
<b>Valor total (R\$)</b>	<b>180,00</b>

**Fonte:** Autor, 2018

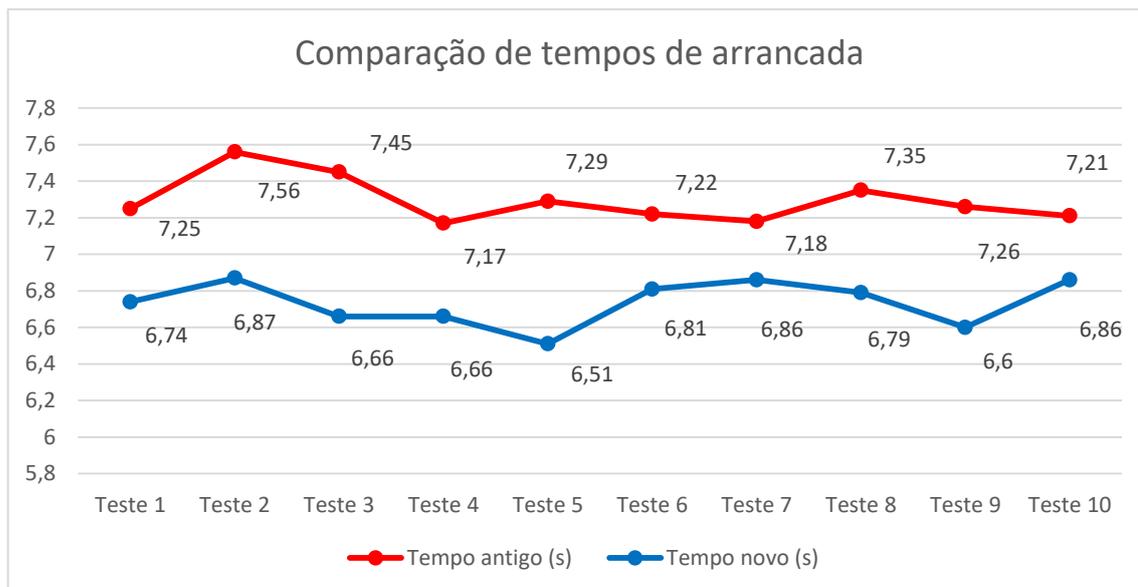
#### 4.7 TESTES REALIZADOS NA MOTOCICLETA

Nesta etapa serão realizados os testes para comparar se houver algum resultado em relação a transmissão atual e a dimensionada, realizando testes de arrancadas, teste de rotação por minuto da roda traseira e testes de tempo de pista, com a utilização das duas configurações de transmissão.

##### 4.7.1 Testes de Arrancadas

Em busca de resultados em relação a arrancada da motocicleta foi realizada uma sequência de dez testes para obter o tempo antigo utilizando a transmissão 48X14 e o tempo novo com a transmissão dimensionada, os testes foram realizados em uma reta de 100 metros, os tempos foram cronometrados e os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 26.

Figura 26 – Comparação de tempos de arrancadas



**Fonte:** Autor, 2018

Conforme a Figura 26, podemos verificar como se comportou a variação dos tempos de arrancadas com a motocicleta e concluir que houve uma melhora de performance quando se utilizou a transmissão dimensionada em relação a transmissão que vinha sendo utilizada anteriormente.

#### 4.7.1 Testes de Rpm com a Transmissão Dimensionada

Para a validação do estudo foram montados novamente os componentes que foram utilizados anteriormente para a captação das rotações por minuto da roda traseira da motocicleta, os componentes são demonstrados na Figura 27.

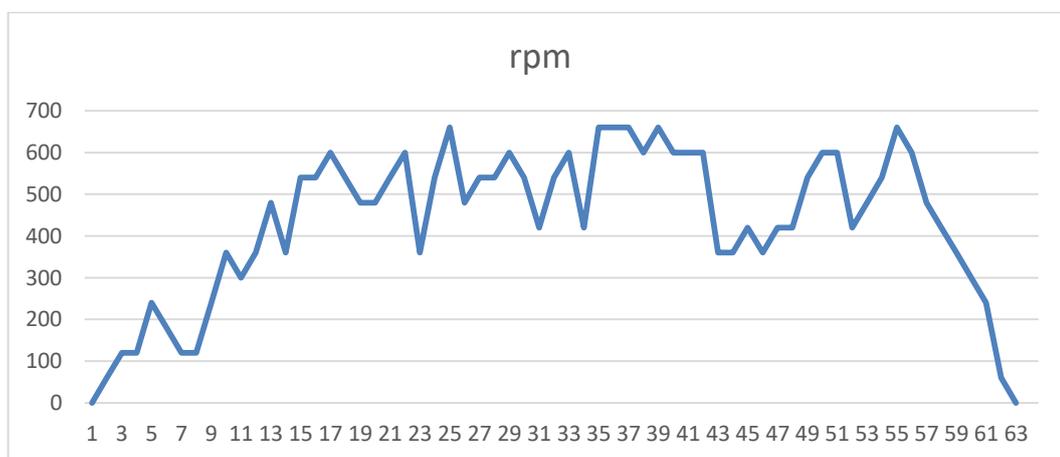
Figura 27 – Montagens dos componentes pra testes com a transmissão dimensionada



**Fonte:** Autor, 2018

Ao finalizar a montagem, a motocicleta foi novamente submetida a testes na pista de velcross para captar os dados das rotações por minuto da roda traseira, assim gerou-se um gráfico que pode ser visualizado na Figura 28.

Figura 28 – Dados das rotações por minuto da nova transmissão



**Fonte:** Autor,2018

Ao visualizar a Figura 28, verifica-se que com a realização do novo teste a transmissão atendeu o intuito do dimensionamento, que era equilibrar melhor as marchas e utiliza-las mais, o valor atingido foi próximo do valor encontrado no dimensionamento, que respectivamente são 660 rpm e 664,59 rpm.

#### 4.7.2 Teste de Tempo de Volta na Pista de Velocross

Este teste foi realizado com o intuito de verificar a performance da motocicleta em uma pista de velocross com a utilização das duas configurações de transmissão, nos testes a motocicleta foi submetida a realizar cinco voltas com cada transmissão, sendo realizadas dez arrancadas em um local específico da pista e assim finalizando o percurso neste mesmo local, na Figura 29 verificamos a motocicleta em teste.

Figura 29 – Testes de tempos com a motocicleta

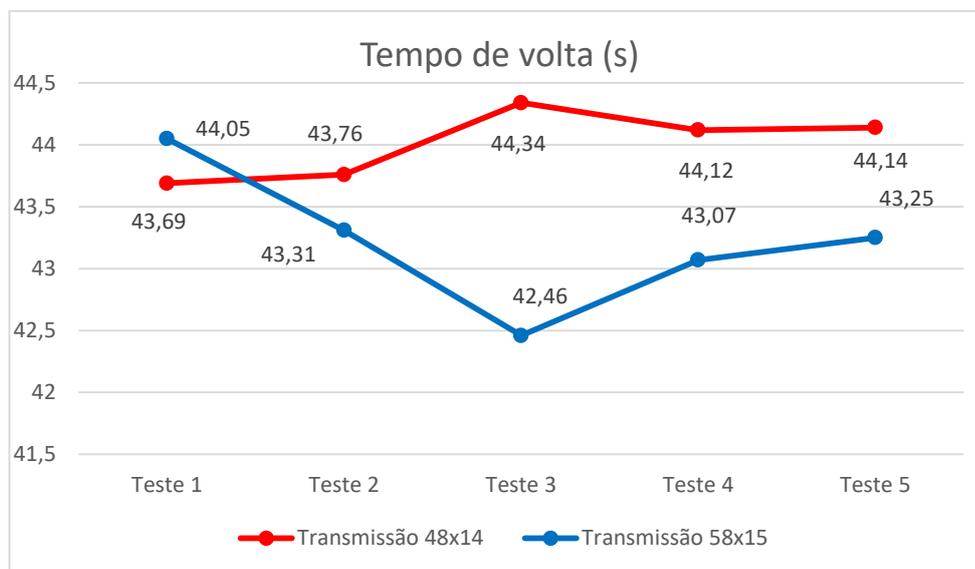


**Fonte:** Autor, 2018

Conforme mencionado anteriormente, a motocicleta foi submetida a cinco testes com cada transmissão, ou seja, utilizando a transmissão que estava na motocicleta antes do dimensionamento, que possui a configuração de uma coroa de 48 dentes e um pinhão de 14 dentes e a cinco testes com a transmissão dimensionada, que é composta por uma coroa de 58 dentes e um pinhão de 15 dentes.

Em cada teste foi cronometrado o tempo necessário para a realização de cada volta, assim foi possível obter 10 resultados com as duas configurações e realizar uma comparação entre as mesmas, na Figura 30 pode-se verificar o resultado dos testes obtidos.

Figura 30 – Resultado dos testes de tempo de volta na pista de Velocross



**Fonte:** Autor, 2018

Na Figura 30, verificamos como ficou a distribuição dos valores dos tempos das voltas, onde pode-se visualizar que não houve uma variação tão alta em relação aos tempos, no teste 1 obtemos um tempo maior com a transmissão dimensionada em relação a transmissão que estava na motocicleta, porém nos próximos testes a transmissão dimensionada se comportou melhor em relação a outra.

Conforme mencionado, a variação dos tempos não foi tão ampla, mas houve no teste 3 uma variação de 1,88 segundos da transmissão dimensionada em relação a transmissão que vinha sendo utilizada na motocicleta. Se for considerado uma melhora no tempo de volta conforme o valor encontrado, em uma competição de velocross que geralmente possui um tempo de prova que varia de 10 a 18 minutos e mais duas voltas, esse tempo a menos em cada volta é bastante significativo durante a competição, em média a transmissão dimensionada teve um tempo melhor em relação a transmissão que vinha sendo utilizada anteriormente na motocicleta, em virtude disso, pode-se concluir que houve uma melhora de performance na motocicleta com a substituição do sistema de transmissão.

## CONCLUSÃO

Ao término deste trabalho, seguindo todas as etapas propostas para o dimensionamento do sistema de transmissão da motocicleta *off road* em estudo

conclui-se que a transmissão dimensionada atende as necessidades da motocicleta e de sua utilização.

Por meio dos métodos de captação de rotações por minuto da roda traseira da motocicleta atingiu-se um valor de 660 rotações por minuto (RPM), através desta informação dimensionou-se a transmissão para que atingisse essa rotação na quinta marcha da motocicleta a uma rotação do motor de 8250 rpm. Na realização do dimensionamento foi encontrado o valor de 664,59 rotações por minuto da roda traseira, chegando a um valor próximo ao encontrado anteriormente, com esta rotação a motocicleta atingiu na quinta marcha a velocidade final de 82,33 Km/h e obteve um momento tursor de 6,52 Kgf.m, com a transmissão que estava na motocicleta era atingido uma velocidade final de 92,85 Km/h e um momento tursor na roda de 5,78 Kgf.m, porém os valores desta transmissão estavam incompatíveis em relação ao terreno utilizado.

Em relação as demais marchas obteve-se outros valores de velocidades periféricas e momentos tursos com a utilização da transmissão dimensionada, estes valor podem ser visualizados nos tópicos abaixo:

- Na quarta marcha atingiu-se a velocidade final de 70,44 Km/h e obteve-se um momento tursor de 6,75 Kgf.m.
- A terceira marcha atingiu uma velocidade de 58,44 Km/h e um momento tursor de 9,18 Kgf.m.
- A segunda marcha atingiu a velocidade de 44,09 Km/h e o momento tursor de 12,17 Kgf.m.
- Na primeira marcha atingiu-se a velocidade de 28,32 Km/h e o momento tursor de 18,95 Kgf.m.

Seguindo o dimensionamento, utilizando os métodos de dimensionamento para corrente de transmissão chegou-se a uma corrente do modelo 428h com 128 elos, totalizando um comprimento de 1625,6 mm.

Com o objetivo de comprovar o estudo realizou-se um teste com a transmissão dimensionada para verificar se a mesma atende as rotações por minuto da roda traseira, conforme os testes, o objetivo foi atendido com êxito, chegando-se a rotações iguais nas duas configurações de transmissão, porém na transmissão

que estava na motocicleta utilizava-se apenas a quarta marcha e na transmissão dimensionada pode-se utilizar a quinta marcha, distribuindo assim melhor as marchas da motocicleta.

Foram realizados uma sequência de dez testes de arrancadas em uma reta de 100 metros com cada transmissão, com a transmissão que estava na motocicleta a média de tempo foi de 7,294 segundos, já com a transmissão dimensionada a média de tempo ficou com 6,736 segundos, totalizando uma melhora de tempo entre as transmissões de 0,558 segundos.

O outro teste realizado com a motocicleta foi para verificar o tempo necessário para realizar uma volta na pista de velcross com a utilização das duas configurações de transmissão, assim foi realizado cinco testes com a transmissão (48X14) chegando a uma média de tempo de 44,01 segundos por volta. A transmissão dimensionada (58X15) também foi submetida aos mesmos testes, atingindo uma média de tempo de 43,228 segundos por volta, a transmissão dimensionada novamente obteve resultados melhores com uma diferença de 0,782 segundos a cada volta em relação a outra transmissão, essa diferença de tempo não foi muita, porém em uma competição que o tempo varia de 10 a 18 minutos e mais duas voltas essa diferença torna-se significativa.

Analisando os resultados pode-se concluir que o trabalho atingiu os objetivos propostos, pois a transmissão dimensionada atinge a velocidade necessária para o circuito *off road*, melhora a performance da motocicleta e diminui o tempo de voltas e de arrancadas. Este trabalho possibilita trabalhos futuros a dimensionar outros sistemas de transmissões para qualquer motocicleta com a utilização dos métodos mencionados anteriormente e sugere como melhoria mais precisão e confiabilidade na coleta de dados.

## REFERÊNCIAS

ABRACICLO. **Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares**. 2018. Disponível em: <

<http://www.abraciclo.com.br/2018/1147-producao-de-motocicletas-fecha-o-ano-com-estabilidade-e-projeta-crescimento-de-5-9-para-2018>>. Acesso em: (10/09/2018).

ABRACICLO. **Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares**. 2018. Disponível em: <<http://www.abraciclo.com.br/2018>>. Acesso em: (01/11/2018).

ANTUNES, I.; FREIRE, M. A. C. **Elementos de Máquinas**. São Paulo: Érica, 1998. (Coleção Estude e Use. Série Mecânica).

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. 25 ed. São Paulo. 2005.  
CBM. **Confederação Brasileira de Motociclismo**. 2018. Disponível em: <<http://www.cbm.esp.br/sistema/regulamentos/68e207839eda607d33a68022cc041a3c.pdf>>. Acesso em: (22/10/2018).

FEMENS. **Federação de Motociclismo de Mato Grosso do Sul**. 2018. Disponível em: <<http://www.femems.com.br/?p=&m=6>>. Acesso em: (22/10/2018).

FRANCESCHI, A. D.; ANTONELLO, M. G. **Elementos de Máquinas**. 1 ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

GENEROSO, D.J. **Elementos de Máquina**. 2009. Disponível em: <[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/9/9c/Apostila\\_elementos\\_de\\_maquinas.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/9/9c/Apostila_elementos_de_maquinas.pdf)>. Acesso em: (12/04/2018).

HYPESCIENCE, **Hildebrand e Wolfmüller**. 1894. Disponível em: <<http://hypescience.com/wp-content/uploads/2010/05/Hildebrand-Wolfmuller-small.jpg>>. Acesso em: (01/11/2018).

MARCO FILHO, F. **Elementos de Transmissão Flexíveis**. Departamento de Engenharia Mecânica POLI/UFRJ, 2009.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 10 ed. São Paulo: Érica, 2012.  
MELLO, R. **Análise da Sensibilidade do Campo Acústico Veicular à Excitação do Sistema de Transmissão**. 2003. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

NIEMANN, G. **Elementos de Máquinas**. 6<sup>o</sup> reimpressão. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

NORTON, R, L. **Projeto de Máquinas: uma abordagem integrada**. 2.Ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

POZELLI. **Pozelli engrenagens**. São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.pozelli.ind.br/>>. Acesso em: (19/04/2018).

PULKRABEK W. **Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine**. 1997. Disponível em: <<https://2k9meduettaxila.files.wordpress.com/2012/09/engineering-fundamentals-of-the-internal-combustion-engine-2k9meduettaxila-wordpress-com.pdf>>. Acesso em: (16/03/2018).

SARAIVA, B, I. **Estudo de Projeto de Motocicleta Elétrica**. 2016. Projeto de Graduação (Graduação em engenharia mecânica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

VIOTTI, E. **Dente por dente**. 2016. Disponível em: < <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/dente-por-dente/>>. Acesso em: (09/03/2018).  
WICKERT, J;LEWIS K. **An Introduction To Mechanical Engineering**. 2013. Disponível em: < <http://www.engineeringbookspdf.com/an-introduction-to-mechanical-engineering-by-jonathan-wickert-kemper-lewis/> >. Acesso em: (15/03/2018).

WOLFF, A. **Racecross**. 2018. Disponível em: < [http://racecross.com/v2/prova\\_detalhe.php?cod\\_prova=298](http://racecross.com/v2/prova_detalhe.php?cod_prova=298)>. Acesso em: (22/10/2018).



## APÊNDICE B

Código do Arduino

/-----/

[Mapeamento de Hardware]

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <SD.h>
```

```
#define pinoSinal 3
```

```
#define pinoLed 13
```

```
#define CS 4
```

```
File myFile;
```

/-----/

[Variáveis]

```
int rpm;
```

```
volatile byte pulsos;
```

```
unsigned long timeold;
```

```
//const int chipSelect = 4;
```

/-----/

[Número de pulsos por volta]

```
unsigned int pulsos_por_volta = 1;
```

/-----/

```
// --- Interrupção ---
```

```
void contador()
```

```
{
```

```
//Incrementa contador
```

```

    pulsos++;
}

/-----/

[Configurações Iniciais]
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  SD.begin(CS);
  pinMode(pinoSinal, INPUT);
  pinMode(pinoLed, OUTPUT);
  //Interrupcao 1 - pino digital 3//
  //Aciona o contador a cada pulso//
  attachInterrupt(1, contador, FALLING);
  pulsos = 0;
  rpm = 0;
  timeold = 0;
}

/-----/

// --- Loop Infinito ---
void loop()
{
  /A cada segundo o contator é atualizado]
  if (millis() - timeold >= 1000)
  {
    // durante o cálculo a interrupção é desabilitada//
    detachInterrupt(1);

```

```
rpm = (60 * 1000 / pulsos_por_volta ) / (millis() - timeold) * pulsos;
timeold = millis();
pulsos = 0;

//Mostra o valor do RPM//
Serial.print("RPM = ");
Serial.println(rpm, DEC);
[Salva no micro sd]
myFile = SD.open("RPM.txt", FILE_WRITE);
// if the file opened okay, write to it:
if (myFile) {
myFile.println(rpm);
// close the file:
myFile.close();
}
//Habilita interrupção//
attachInterrupt(1, contador, FALLING);
}
} //end loop
```