

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL

CARLOS ALEXANDRE PIOVEZAN

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE LUBRIFICAÇÃO DE TRANSMISSÃO
POR CORRENTES PARA MOTOCICLETAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2015

CARLOS ALEXANDRE PIOVEZAN

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE LUBRIFICAÇÃO DE TRANSMISSÃO
POR CORRENTES PARA MOTOCICLETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial, dos Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. José Aguiomar Foggiatto

CURITIBA
2015

TERMO DE APROVAÇÃO

CARLOS ALEXANDRE PIOVEZAN

SISTEMA AUTOMATIZADO DE LUBRIFICAÇÃO DE TRANSMISSÃO POR CORRENTES PARA MOTOICLETAS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 29 de junho de 2015, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Milton Luiz Polli
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Mecânica

Prof. Esp. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Maro Roger Guerios
UTFPR

Prof. MSc. Juliano Mourão Vieira
UTFPR

Prof. Dr. José Aguiomar Foggiatto
Orientador - UTFPR

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

PIOVEZAN, Carlos Alexandre. **Sistema automatizado de lubrificação de transmissão por correntes para motocicletas**. 2015. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Esta pesquisa apresenta uma alternativa para a diminuição dos custos de manutenção de motocicletas através da melhoria do processo de lubrificação do conjunto de transmissão secundária por correntes em motocicletas de baixa cilindrada. Aborda as dificuldades de execução da lubrificação de transmissões, técnicas aplicadas pelos motociclistas, soluções existentes no mercado, assim como os benefícios e deficiências de cada técnica apresentada. Propõe uma solução de melhoria através de um protótipo que automatiza o processo de lubrificação, sendo que para a construção do arquétipo são aplicadas metodologias de pesquisa e desenvolvimento de produto disponíveis na literatura de forma a otimizar a concepção mecânica, eletrônica e linguagem de programação permitindo desenvolver o melhor produto dentro dos recursos financeiros disponíveis para esta pesquisa. Para a avaliação do desempenho da solução proposta é aplicado, em ensaios de rodagem, uma metodologia de medição da curva de desgaste dos componentes da transmissão, permitindo a comparação do desempenho da lubrificação manual e automatizada das peças. Traz como resultado a comprovação que a automatização da lubrificação do conjunto de transmissão secundária de motocicletas gera expressivos ganhos na vida útil dos componentes quando comparado ao método manual e por consequência gera economia financeira.

Palavras-chave: Transmissões secundárias em motocicletas. Lubrificação. Automatização de lubrificação.

ABSTRACT

PIOVEZAN, Carlos Alexandre. **Automated system for chains transmission lubrication on motorcycles**. 2015. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial), Departamentos Acadêmicos de Eletrônica e Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

This research presents an alternative to the reduction of motorcycle maintenance costs by improving the lubrication process of the secondary transmission for low-displacement motorcycles. Addresses the difficulties of implementing the lubricating on the transmissions, techniques applied by motorcycle riders, existing solutions on the market, as well as the benefits and shortcomings of each technique shown. It proposes a better solution through a prototype that automates the lubrication process, and for archetype construction are applied research and product development methodologies available in literature to improve the mechanical conception, the electronics systems and the programming language to allowing the most efficient product within the resources financial available for this study. For the performance, evaluation of the proposed solution are applied, by shooting test, a methodology of measurement wear down of the transmission components, allowing the performance comparison of the manual and automated parts lubrication. As a result, it prove that lubrication automatic of the secondary transmission for motorcycles generates significant gains in component life and financial savings.

Keywords: Secondary transmission on motorcycles. Lubrication. Lubrication automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquemático do funcionamento do kit de lubrificação Scottoilers.....	16
Figura 2 - Exemplo de transmissão por corrente utilizado em motocicletas.....	18
Figura 3 - Ilustração dos elementos de uma transmissão por corrente.....	18
Figura 4 - Exemplo de aplicação de correias em motocicleta	19
Figura 5 - Exemplo de transmissão por cardã em motocicletas.....	20
Figura 6 - Ilustração dos elementos de um cardã – Eixo de transmissão	20
Figura 7 - Ilustração dos elementos de um cardã – Componentes do conjunto coroa e pinhão.....	21
Figura 8 - Projeto original de Hans Renold para a patente britânica em 1880	21
Figura 9 - Componentes de uma corrente de roletes	23
Figura 10 - Lubrificação manual	24
Figura 11 - Lubrificação por gotejamento	24
Figura 12 - Lubrificação por banho de óleo.....	25
Figura 16 – Microcontrolador PIC 16F628A	26
Figura 17 - Diagrama de blocos PIC 16F628A.....	27
Figura 18 - Diagrama que descreve o processo de compilação.....	28
Figura 19 - Fluxograma de atividades - Fase de concepção.....	30
Figura 20 - Fluxograma de atividades - Fase de Fabricação	31
Figura 21 - Fluxograma de atividade - Fase de Ensaios	31
Figura 22 - Reservatório de óleo (exemplo)	32
Figura 23 - Esquemático do sistema hidráulico.....	32
Figura 24 - Esquemático de uma opção de montagem na motocicleta.....	33
Figura 25 – Função global do produto.....	41
Figura 26 – Subfunções do produto	41
Figura 27 – Subfunção 1 do produto	42
Figura 28 – Subfunção 2 do produto	42
Figura 29 – Subfunção 3 do produto	42
Figura 30 – Subfunção 4 do produto	43
Figura 31 – Posição 1 do reservatório na moto.....	43
Figura 32 – Posição 2 do reservatório na moto.....	44
Figura 33 – Posição 3 do reservatório na moto.....	45
Figura 34 – Posição 4 do reservatório na moto.....	46
Figura 35 – Posição 5 do reservatório na moto.....	46
Figura 36 – Posição 6 do reservatório na moto.....	47
Figura 37 – Posição 7 do reservatório na moto.....	48
Figura 38 – Posição 8 do reservatório na moto.....	48
Figura 39 – Posição escolhida para o produto	50
Figura 40 – Subfunções do produto	52
Figura 41 – Função global do produto.....	54
Figura 42 – Disposição dos componentes no reservatório de lubrificante	55
Figura 43 – Local de fixação do reservatório de lubrificante	56
Figura 44 - Função global do produto	57
Figura 45 – Lubrificação na zona central, face externa.....	61
Figura 46 – Lubrificação na zona central, face interna.....	62
Figura 47 – Lubrificação na zona do pinhão, face externa.....	62
Figura 48 – Lubrificação na zona do pinhão, face externa.....	63

Figura 49 – Fixação no parafuso do protetor de corrente	65
Figura 50 – Fixação no parafuso do eixo traseiro	65
Figura 51 – Fixação no braço da suspensão traseira.....	66
Figura 52 – Posição definida para o suporte direcionador de fluxo	66
Figura 53 - Função global do produto	68
Figura 54 – Microcontrolador PIC 16F628A	70
Figura 55 – Esquemático do sensor <i>reed-switch</i>	72
Figura 56 – Posição 1 do sensor odométrico	73
Figura 57 – Posição 2 do sensor odométrico	74
Figura 58 – Posição 3 do sensor odométrico	74
Figura 59 – Posição 3 do sensor odométrico	75
Figura 60 – Região onde foi montado o reservatório	78
Figura 61 – Dimensões do bloco usinado	78
Figura 62 – Ilustração do <i>design</i> simplificado para usinagem - estanqueidade	80
Figura 63 – Ilustração do <i>design</i> simplificado para usinagem – fixação lateral.....	81
Figura 64 – Reservatório montado na motocicleta	81
Figura 65 – Suporte direcionador de fluxo	82
Figura 66 – Circuito hidráulico - vista posterior	83
Figura 67 – Circuito hidráulico - vista lateral.....	83
Figura 68 – <i>Layout</i> da placa eletrônica desenvolvido no <i>Eagle PDC Designer Software</i>	84
Figura 69 – Esquemático eletrônico desenvolvido no <i>Eagle PDC Designer Software</i>	84
Figura 70 – Placa de circuito impresso montada.....	85
Figura 71 – Grafcet para programação do microcontrolador.....	86
Figura 72 – Base de comparação da eficiência de lubrificação do sistema de transmissão	89
Figura 73 – Medição da corrente.....	90

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 – Curva de desgaste corrente de transmissão	94
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Funções e esforços dos componentes das correntes de roletes	23
Quadro 2 – Requisitos da qualidade do cliente	37
Quadro 3 - Casa da qualidade	38
Quadro 4 - Especificações do produto	40
Quadro 5 – Caracter Serviço Nacional de Aprendizagem Industrialísticas dos quatro modelos de motocicletas mais vendidas no Brasil	53
Quadro 6 – Requisitos da qualidade para a bomba hidráulica	58
Quadro 7 - Tabela de Matriz Relativa - Bomba de fluidos.....	59
Quadro 8 – Especificações da bomba hidráulica elétrica.....	60
Quadro 9 – Especificações das dimensões da mangueira.....	60
Quadro 10 – Matriz de avaliação relativa – região de lubrificação	64
Quadro 11 – Matriz de avaliação relativa – Fixação do suporte de lubrificação.....	67
Quadro 12 – Requisitos mínimos para o microcontrolador	70
Quadro 13 – Matriz de análise relativa - sensor odométrico	72
Quadro 14 – Matriz de análise relativa – Posição do sensor odométrico	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados de medição da corrente lubrificada manualmente com graxa	92
Tabela 2 – Resultados de medição da corrente lubrificada automaticamente com SAE90	93

LISTA DE ACRÔNIMOS

FENABRAVE
SENAI

Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
ARM	<i>Advanced Risc Machine</i>
CI	Circuito Integrado
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
I/O	<i>Input/Output</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHM	Interface Homem Máquina
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
ROM	<i>Read Only Memory</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Ø	Diámetro
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	PROBLEMA.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	OBJETIVOS	17
1.4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
1.4.1	Sistema de transmissão em motocicletas	17
1.4.2	Transmissão por corrente de roletes	21
1.4.3	Princípios de lubrificação de correntes.....	24
1.4.4	Microcontroladores.....	26
1.4.5	Programação.....	28
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	29
1.5.1	Estrutura de pesquisa.....	29
1.5.2	Projeto preliminar	31
1.5.2.1	Proposta mecânica.....	32
1.5.2.2	Proposta eletrônica	33
1.5.2.3	Ensaios	34
2.	PROJETO CONCEITUAL	35
2.1	INTRODUÇÃO	35
2.2	DEFINIÇÃO DA TAREFA	36
2.1.1	Requisitos da qualidade	37
2.1.2	Casa da qualidade.....	38
2.1.3	Especificação do produto	40
2.2	DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS	41
2.2.1	Função global e estrutura funcional.....	41
2.2.2	Geração de alternativas	43
2.2.2.1	Técnica empregada para gerar alternativas.....	43
2.3.2.2	Avaliação de alternativas	43
2.3.3	Seleção da solução	49
2.3.4	Descrição da solução e layout.....	49
3.	PROJETO PRELIMINAR	52
3.1	INTRODUÇÃO	52
3.2	QUATRO MODELOS DE MOTOCICLETAS MAIS VENDIDAS NO BRASIL	53
3.2.1	Motocicleta de referência.....	54
3.3	CONJUNTO 1 - RESERVATÓRIO DE ÓLEO E SUPORTE.....	54
3.3.1	Função	54
3.3.2	Fixação do reservatório de lubrificante.....	56
3.4	CONJUNTO 2 - BOMBA DE ÓLEO, MANGUEIRAS, VÁLVULA E SUPORTE DIRECIONADOR DE FLUXO	57
3.4.1	Função	57
3.4.2	Bomba de óleo	58
3.4.3	Mangueiras.....	60
3.4.4	Suporte direcionador de fluxo.....	60

3.5	CONJUNTO 3 - PLACA ELETRÔNICA, SENSOR E SUPORTE DO SENSOR	67
3.5.1	Função	67
3.5.2	Microcontrolador	68
3.5.2.1	Seleção do microcontrolador	69
3.5.3	Sensor	71
3.5.4	Suporte DO SENSOR	73
3.6	RESUMO DO EQUIPAMENTO	76
3.6.1	Reservatório de óleo e suporte.....	76
3.6.2	Bomba de óleo, mangueiras e suporte direcionador de fluxo.....	76
3.6.3	Placa eletrônica, sensor e suporte do sensor.....	76
4.	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	77
4.1.	ESTRATÉGIA ADOTADA.....	77
4.2.	RESERVATÓRIO DE ÓLEO E SUPORTE.....	77
4.3.	BOMBA DE ÓLEO, MANGUEIRAS E SUPORTE DIRECIONADOR DE FLUXO.....	82
4.4.	PLACA ELETRÔNICA, SENSOR E SUPORTE DO SENSOR.....	84
5.	TESTES E RESULTADOS.....	88
5.1.	INTRODUÇÃO	88
5.1.1.	Estratégia de medição	88
5.1.2.	Método de medição	89
5.1.3.	Resultados de medição	90
6.	CONCLUSÃO	95
6.1.	PROPOSTAS DE MELHORIA DO PRODUTO	96
6.2.	OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO.....	96
	BIBLIOGRAFIA	98

1. INTRODUÇÃO

Os custos de manutenção de uma motocicleta são baixos se comparados com os de um automóvel. No entanto, para quem utiliza a motocicleta como ferramenta de trabalho é importante que sejam desenvolvidas soluções para baratear ainda mais estas manutenções e, se possível, diminuir a frequência de paradas nas oficinas.

Dentre os itens que necessitam substituição periódica em uma motocicleta, o conjunto de transmissão é mais caro que velas, filtros, pastilhas de freio ou trocas de óleo. O fator que tem mais impacto na durabilidade da corrente é a correta lubrificação da mesma, entretanto esta é uma atividade que requer tempo, espaço e habilidade do proprietário.

Este estudo busca facilitar a manutenção da motocicleta e aumentar a vida útil do conjunto de transmissão secundária através da automatização da lubrificação. A maneira sugerida é a implantação de um sistema microcontrolado que coleta os dados odométricos e controla a frequência e quantidade de óleo lubrificante colocado na corrente garantindo que esta esteja em condições adequadas de trabalho.

1.1 PROBLEMA

É difícil definir a quantidade e frequência ideal de lubrificação de correntes de transmissão em motocicletas devidos as diversas variáveis envolvidas. Por outro lado, caso existam estes valores, aplicar o lubrificante da forma correta é um enorme desafio até para o mais dedicado usuário de motocicleta.

A deficiência na lubrificação dos sistemas de transmissão é certamente a principal causa de desgaste prematuro destes componentes, sendo necessária a substituição deles com maior frequência, gerando mais custos ao proprietário.

No mercado existem alguns sistemas de lubrificação para motocicletas que utilizam como princípio básico de funcionamento a gravidade (REINALDO, 2006). Fisicamente o conjunto consiste em um reservatório de óleo posicionado a um nível superior ao da corrente e uma válvula manual com o qual o usuário pode determinar a quantidade de lubrificante que será colocado durante a utilização da motocicleta. Este método tem como deficiência o fato de, independentemente da condição em que

a moto se encontra, seja em movimento, parada no semáforo ou estacionada, a gravidade estará atuando sobre o sistema colocando lubrificante na corrente e comumente há excesso de lubrificante que escorre para as rodas, pneus, chassis e motor. Além da sujeira, a segurança do motociclista é comprometida uma vez que se pode perder aderência dos pneus ao solo caso o óleo atinja a banda de rodagem. Outro inconveniente, que impacta principalmente o meio ambiente, surge quando o usuário esquece a válvula aberta ao estacionar a motocicleta e o lubrificante vaza diretamente no solo.

Além do sistema baseado na gravidade patenteado por Reinaldo (2006), existe em Glasgow na Escócia uma empresa chamada Scottoilers que desenvolveu um sistema de lubrificação que utiliza o vácuo gerado pelo próprio motor para ativar um diafragma de libera o fluxo de óleo através de uma tubulação até a corrente. Na Figura 1, é apresentado um esquemático do funcionamento do sistema desenvolvido pela Scottoilers (2012).

Apesar de o sistema apresentar bom desempenho, segundo os testes da Scottoilers, o custo para aquisição é alto, £90,00 na Inglaterra (SCOTTOILERS, 2012) e cerca de R\$550,00 no Brasil, o que inviabiliza a sua utilização em motocicletas de baixa cilindrada.

Este projeto busca desenvolver um sistema automático viável economicamente que satisfaça as necessidades de lubrificação das transmissões por corrente utilizadas em motocicletas pequenas sem afetar a segurança do usuário e que os resultados possam ser medidos através da vida útil da corrente, coroa e pinhão.

Kit Universal – Modus Operandi

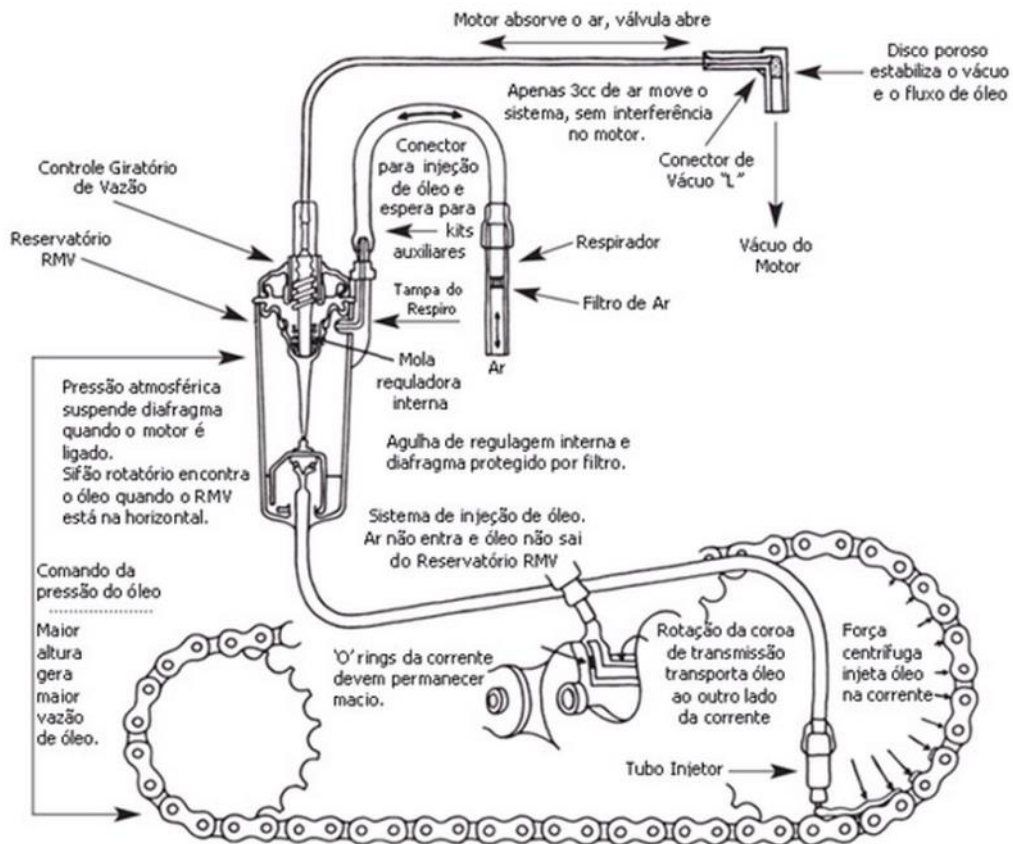


Figura 1 - Esquemático do funcionamento do kit de lubrificação Scottoilers
Fonte: Adaptado para português de Scottoilers (2012)

1.2 JUSTIFICATIVA

Em um universo de mais de 17 milhões de motocicletas circulando no Brasil, segundo dados fornecidos pelo (DENATRAN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2012), grande parte dos usuários utiliza este tipo de transporte como ferramenta de trabalho. Despende alguns minutos no dia a dia para a manutenção nem sempre é possível e como consequência o conjunto de transmissão secundário sofre desgaste prematuro.

Um dos pesquisadores do sistema a ser desenvolvido é proprietário e usuário de uma motocicleta de 150cc e já realizou três substituições da transmissão num intervalo de cerca de 13 mil quilômetros percorridos entre cada troca, gerando um custo de R\$ 242,00 com as peças de substituição e R\$90,00 com mão de obra.

Este projeto visa proporcionar, através da automatização da lubrificação, a maior vida útil possível ao conjunto de transmissão da motocicleta, o que poderá representar R\$ 510,00 de economia a cada 100.000 km rodados.

Supondo que toda a frota de motocicletas brasileira percorresse 100.000 km com o sistema proposto, estima-se que seriam poupados mais de 8,33 bilhões de reais com este tipo de manutenção.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver o protótipo de um dispositivo para automatização da lubrificação do sistema de transmissão de motocicletas de baixa cilindrada, até 300cc.

1.3.2 Objetivos específicos

- Projetar e especificar os componentes mecânicos que serão utilizados no protótipo, tais como reservatório de óleo, mangueiras, válvula e bomba do sistema hidráulico, suportes e fixadores para montagem do protótipo na motocicleta;
- Projetar e especificar os componentes eletrônicos que serão utilizados para auxiliar o microcontrolador na aquisição de dados da motocicleta, atuação da bomba hidráulica e a interface elétrica com a motocicleta;
- Programar o microcontrolador para executar as tarefas de controle da quantidade e frequência da lubrificação;
- Avaliar o desempenho do protótipo com ensaio de rodagem de um conjunto de transmissão novo até o final de sua vida útil ou até que sejam atingidos 30.000 quilômetros de teste.

1.4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.4.1 Sistema de transmissão em motocicletas

Existem basicamente três tipos de transmissão de potência empregados em motocicletas: corrente, correia e cardã (árvore de transmissão). Os sistemas baseados em correntes (Figura 2) são os mais empregados. Neste tipo de solução, é acoplada uma engrenagem, pinhão, no eixo árvore do motor e uma segunda engrenagem, coroa, acoplada ao eixo da roda traseira da motocicleta e unidas por

uma corrente de rolos geralmente construída em metal (Figura 3). Essa transmissão requer lubrificação, ajustes e trocas periódicas.



Figura 2 - Exemplo de transmissão por corrente utilizado em motocicletas
Fonte: Autoria própria.

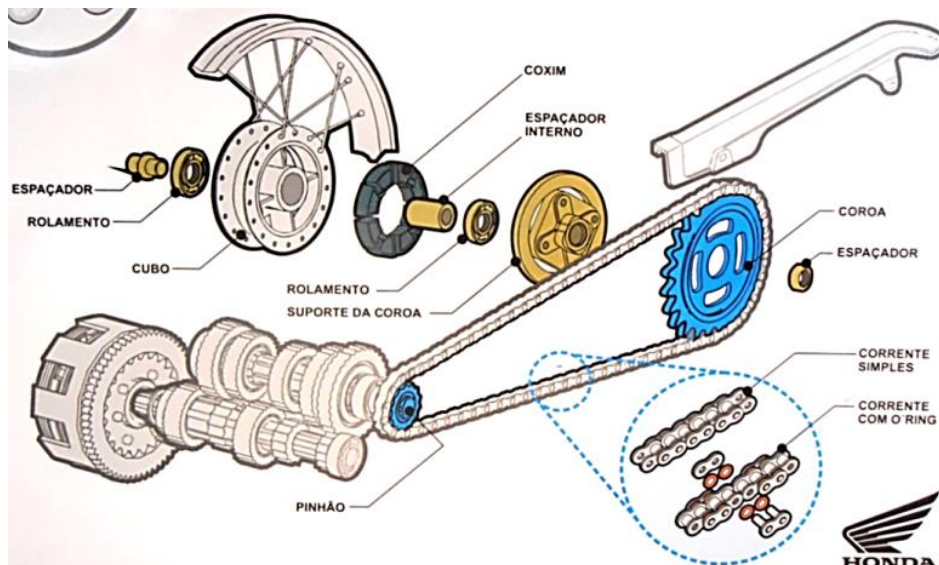


Figura 3 - Ilustração dos elementos de uma transmissão por corrente
Fonte: Honda (2009)

As correias (Figura 4) são uma alternativa que necessita de menor manutenção, além de ter níveis de ruído significativamente menores que as correntes. Estão são usualmente fabricadas em borracha e são dentadas operando de maneira similar ao primeiro sistema apresentado.



Figura 4 - Exemplo de aplicação de correias em motocicleta
Fonte: Autoria própria.

O acionamento ainda pode ser feito utilizando uma árvore de transmissão, também conhecida como cardã, conforme indicado na Figura 5, Figura 6 e Figura 7. Segundo a empresa Tec Tor (2009, p. 4) em seu catálogo de produtos, a função básica do eixo cardã é transmitir a energia gerada pelo motor para o eixo diferencial, e, por sua vez, o eixo diferencial irá transferir esta energia recebida do eixo cardã para as rodas.



Figura 5 - Exemplo de transmissão por cardã em motocicletas
Fonte: Autoria própria.

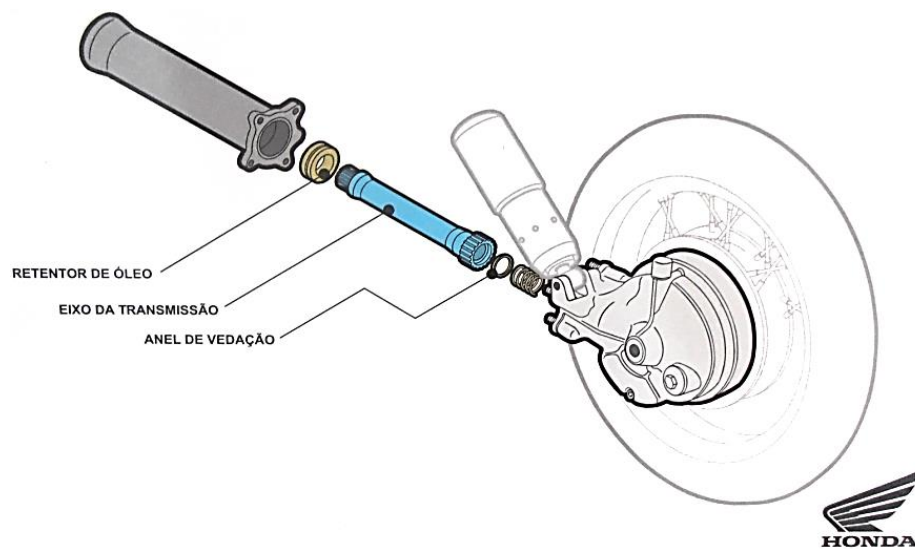


Figura 6 - Ilustração dos elementos de um cardã – Eixo de transmissão
Fonte: Honda (2009)

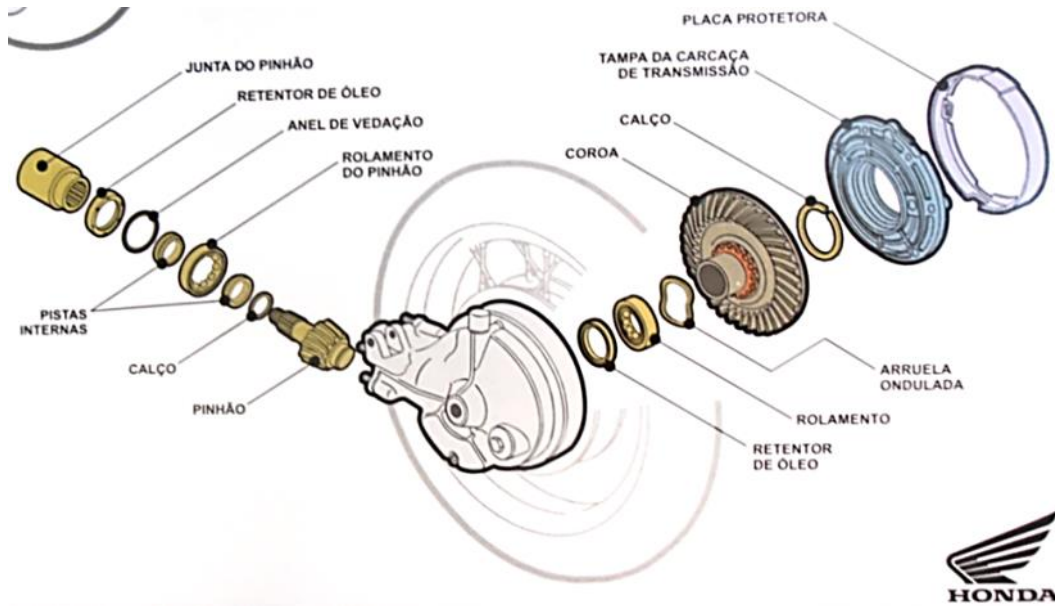


Figura 7 - Ilustração dos elementos de um cardã – Componentes do conjunto coroa e pinhão
Fonte: Honda (2009)

1.4.2 Transmissão por corrente de roletes

Correntes são elementos flexíveis que permitem transmitir potência. Estima-se que foram idealizadas por Leonardo da Vinci em meados do século 16, todavia sua criação é creditada a Hans Renold em 1880, quando ele apresentou uma patente de corrente de roletes, como visto na Figura 8 (FILHO, 2009, p. 59).

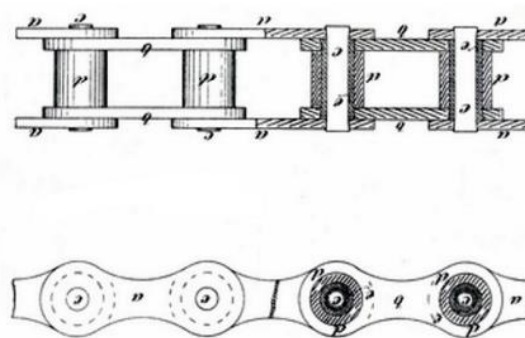


Figura 8 - Projeto original de Hans Renold para a patente britânica em 1880
Fonte: Filho (2009, p. 59).

Usualmente são utilizadas em locais com umidade elevada, vapores e óleos, onde o uso de correias é contraindicado. Também são aplicadas para transmissão de grande carga entre eixos próximos, dispensando o uso de um trem de engrenagens,

mas para tanto é necessário que os eixos estejam no mesmo plano, (SENAI; CST, 1996, p. 49)

As principais características das transmissões por correntes são (FILHO, 2009, p. 60):

- Adequada para grandes distâncias entre eixos (o que torna impraticável a utilização de engrenagens);
- Transmissão de maior potência (quando comparada com correias);
- Permite a variação do comprimento, com a remoção ou adição de elos;
- Menor carga nos mancais, já que não necessita de uma carga inicial;
- Não há perigo de deslizamento;
- Bons rendimentos e eficiência (98 a 99 %, em condições ideais);
- Longa vida;
- Permite grandes reduções ($i < 7$);
- São mais tolerantes em relação ao desalinhamento de centros;
- Transmissão sincronizada;
- Condições severas de operação (correias são inadequadas sob umidade, alta temperatura ou ambiente agressivo);
- São articuladas apenas em um plano;
- Sofrem desgaste devido a fadiga e tensão superficial;
- Apresentam ruídos, choques e vibrações;
- Requerem lubrificações;
- Necessitam de proteção contra poeira e sujeiras;
- Menor velocidade.

Entre os diversos tipos de correntes, Galle, Zobel, Fleyer, entre outras, a corrente de roletes é a mais utilizada. Esta é formada por inúmeros elos e cada um destes elos é formado por placas, pinos, roletes, grampos ou anéis (Figura 9). A corrente é acoplada a uma engrenagem fixa em um eixo que é fonte de potência (pinhão) e a uma segunda engrenagem (coroa) para transmitir o movimento a outro eixo.

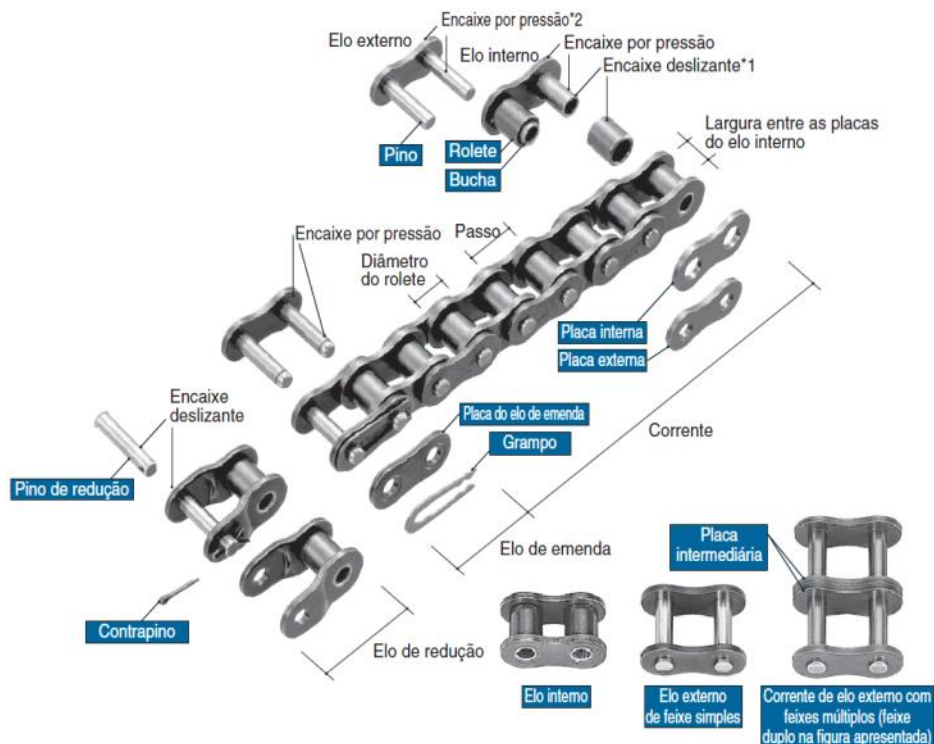


Figura 9 - Componentes de uma corrente de roletes

Fonte: TSUBAKIMOTO CHAIN CO. (2010, p. 6).

No Quadro 1 é relacionado a descrição das funções e esforços aos quais os principais componentes são submetidos durante sua utilização:

<i>COMPONENTES DAS CORRENTES DE ROLOS</i>	<i>FUNÇÃO</i>	<i>ESFORÇO</i>
Pinos	Suportar esforços da transmissão	Tração, cisalhamento, flexão e fadiga
Buchas	Envolver o pino protegendo-o contra o impacto do engrenamento	Fadiga e desgaste
Roletes	Amortecer o impacto do engrenamento	Impacto, fadiga e desgaste
Placas laterais - externa - interna	Fixar os pinos e buchas em suas posições e suportar a carga do conjunto	Tração, fadiga e choque.

Quadro 1- Funções e esforços dos componentes das correntes de roletes

Fonte: (FILHO, 2009, p. 64)

A vida útil de uma corrente termina quando é atingido um alongamento de cerca de 3% devido ao desgaste das articulações e estiramento das talas da corrente (MELCONIAN, 2009, p. 291).

1.4.3 Princípios de lubrificação de correntes

A lubrificação e o isolamento da corrente contra resíduos sólidos são fatores importantes para prolongar a vida útil do sistema de transmissão por corrente.

A lubrificação das correntes e engrenagens reduz o atrito entre as partes e conseqüentemente o desgaste e ainda atua como refrigerante, retirando o calor gerado pelo atrito e aumentando, assim, a eficiência da transmissão (FILHO, 2009, p. 75). Óleos pesados ou graxas não são recomendados, pois são muito viscosos e não conseguem penetrar as folgas das peças de uma corrente. Entretanto, óleos com viscosidade muito baixa são incapazes de manter uma camada de lubrificante adequada capaz de resistir às pressões de contato atuantes na transmissão.

Existem basicamente 5 tipos de sistemas de lubrificação sendo estes:

- Manual: o que requer que seja manualmente colocado periodicamente lubrificante na corrente (Figura 10);

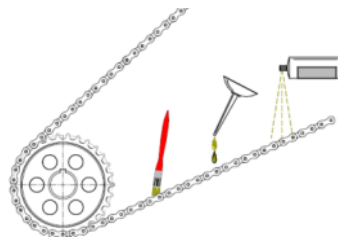


Figura 10 - Lubrificação manual
Fonte: Filho (2009, p. 76)

- Gotejamento: onde é instalado um sistema com reservatórios de óleo e válvula para controle de vazão (Figura 11). Nos sistemas de lubrificação por gotejamento indica-se que seja direcionado o fluxo nas plaquetas de pinos de articulação na parte inferior interna da corrente e próximo à engrenagem acionada (FILHO, 2009, p. 76).

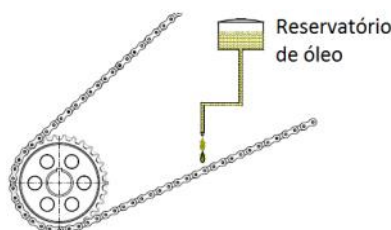


Figura 11 - Lubrificação por gotejamento
Fonte: Adaptado de Filho (2009, p. 77)

- Banho de óleo: é aplicado quando há a possibilidade de submergir a corrente (Figura 12);

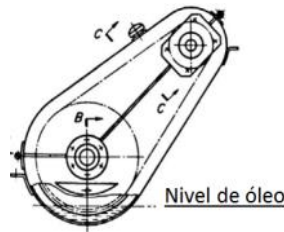


Figura 12 - Lubrificação por banho de óleo
Fonte: Adaptado de Filho (2009, p. 77)

- Disco rotativo: cuja circulação de óleo é feita através de um disco rotativo adicional;
- Lubrificação forçada ou *spray* sob pressão: cuja implementação consiste em um sistema fechado que bombeia óleo de maneira contínua.

A lubrificação de correntes abertas, sem proteção, é dificultada devido à exposição direta a partículas abrasivas que penetram na camada de óleo na superfície da corrente. Nesta situação indica-se a aplicação de pequena quantidade de lubrificante diretamente na corrente. Em ambientes extremos de impurezas ou areia pode-se operar sem lubrificante, desde que a corrente seja limpa periodicamente e imersa em banho de óleo (MOURA e CARRETEIRO, 1987, p. 32).

Existem diversas recomendações quando ao tipo de óleo que deve ser utilizado na lubrificação de correntes sendo a lubrificação por banho de óleo a mais eficiente. Estas indicações levam em consideração a velocidade da corrente e a viscosidade do óleo, variando de SAE 5 a SAE 50. Todavia há exceções, como no caso de transmissão de motocicletas onde, por exemplo, no manual indica-se SAE 80 ou SAE 90 para transmissões (HONDA MOTORS, 2015, p. 46).

1.4.3.1 CONTAMINANTES

A falta de lubrificante é um fator que contribui significativamente no desgaste das peças metálicas de um mecanismo, todavia o acondicionamento inadequado ou o ambiente de operação do óleo também podem trazer riscos à eficiência da lubrificação e conseqüentemente à vida útil das peças.

Dentre os maiores contaminantes destacam-se:

- Pó ou resíduos sólidos;

- Água;
- Fluidos para corte de metais;
- Solventes.

O pó é um contaminante que gera desgaste abrasivo e dificulta a distribuição uniforme dos fluidos. A água por sua vez contribui, em conjuntos com outras impurezas, para a formação de borras que também afetam a distribuição e a lubrificação além de favorecerem a formação de ferrugem e corrosão. Os fluidos de corte de metais e os solventes modificam propriedades como a viscosidade e a estabilidade química dos óleos lubrificantes (SALULAI, 2015, p. 4)

1.4.4 Microcontroladores

Os microcontroladores são circuitos integrados (CIs) (Figura 13) que agregam em seu interior, de maneira geral, um microprocessador, memória de programa, memória de dados, circuito de seleção, barramento de dados, endereços e controle. Cada um destes itens será descrito a seguir e alguns estão esquematizados no diagrama de blocos da Figura 14.



Figura 13 – Microcontrolador PIC 16F628A
Fonte: Autoria própria

- Microprocessador:

Realiza operações contidas na memória de programa. Podem ser operações matemáticas, escrita e leitura na memória de dados, escrita e leitura nas entradas e saídas do sistema.

- Memória de programa:

No caso dos microcontroladores, são também conhecidas como memórias "flash", muito populares em dispositivos reprodutores de música digital. Este tipo de memória armazena dados que não são perdidos, por mais que a alimentação seja interrompida, sendo classificada como memória não volátil.

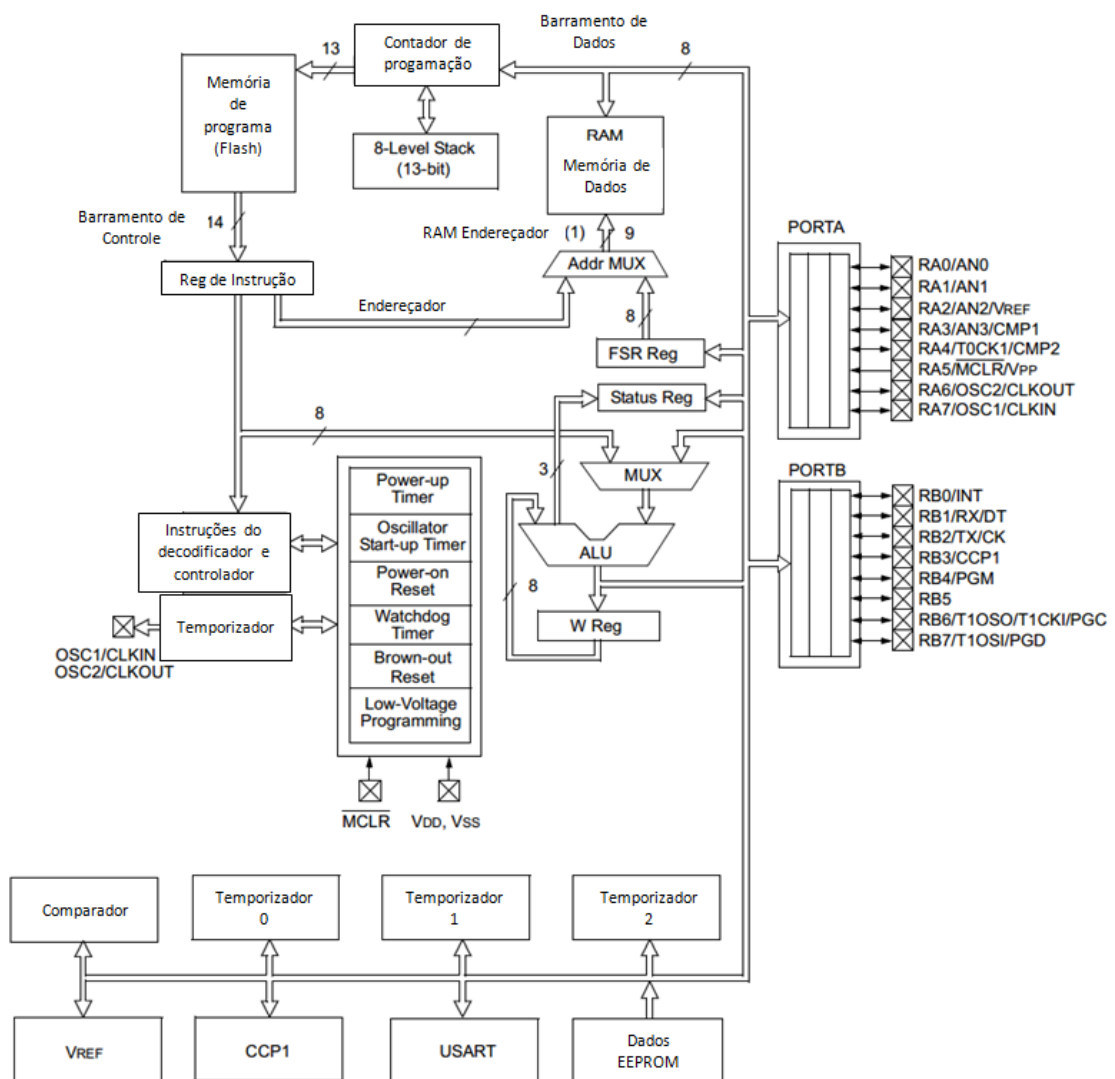


Figura 14 - Diagrama de blocos PIC 16F628A

Fonte: Adaptado para português de MICROCHIP TECHNOLOGY INC. (2004, p. 10)

- Memória de dados:

Diferentemente da memória de programa, a memória de dados (memória volátil) é temporária, e caso a alimentação seja cortada, os dados são apagados. Os dados gravados nela são provenientes de operações realizadas pelo microprocessador.

A aplicação dos microcontroladores é normalmente feita nos casos em que é necessário um dispositivo de controle e que não se pode dispor de placas de circuito volumosas, ou que o custo não justifique o uso de um computador, nem um CLP (controlador lógico programável).

Os microcontroladores são programados tipicamente em linguagem C, *Assembly* e *Ladder*, sendo que a última citada é comumente encontrada em CLPs.

1.4.5 Programação

O programa, também conhecido como código, é o meio usado para que as máquinas programáveis executem instruções fornecidas pelos usuários. Essas instruções são escritas no computador, transformadas em linguagem de máquina através de programas denominados compiladores, e enviadas ao dispositivo alvo, podendo até mesmo ser o próprio computador.

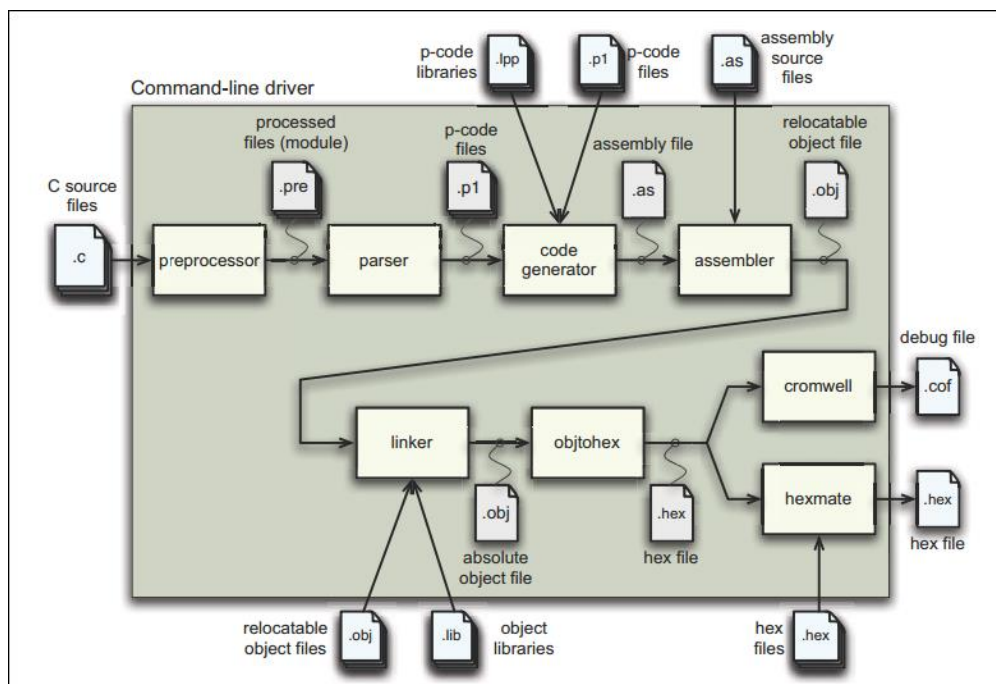


Figura 15 - Diagrama que descreve o processo de compilação
 Fonte: Adaptado para português de MICROCHIP TECHNOLOGY INC. (2004)

O código é o texto escrito em linguagem C, no exemplo da Figura 15, ele passa por várias etapas até chegar no programa que a máquina entenda as instruções de comando. As regras deste formato compõem a linguagem de programação.

Uma linguagem muito difundida é a linguagem C, aceita em diversos dispositivos, como microcontroladores da família 8051, família PIC, família ARM e até mesmo computadores pessoais. Mesmo sendo uma linguagem próxima da linguagem humana, textual, a detecção de erros de lógica ou mesmo erros de digitação é difícil em códigos longos.

O código pronto precisa ser mandado ao dispositivo alvo após ser compilado. Hoje em dia nos microcontroladores o programa é descarregado pelo computador através das portas USB. A porta paralela entrou em desuso, pois era uma porta de comunicação destinada basicamente a impressoras. A porta serial nos computadores domésticos é destinada a mouses, mas no meio industrial ainda poucos CLPs são programados através dessa porta, mesmo assim, estão sendo substituídos por conexões USB.

Uma das barreiras encontradas na programação dos microcontroladores começou a surgir com a extinção das portas paralela e serial. Com o acesso a essas vias de comunicação, é possível construir circuitos de interface, conhecidos como gravadores, entre o computador e o microcontrolador usando componentes simples e de baixo custo disponíveis em várias lojas de componentes eletrônicos. Gravadores USB podem também ser construídos em casa, mas existe a necessidade de outro microcontrolador pré-programado para fazer a interface entre o computador e o microcontrolador alvo, retornando ao problema inicial da necessidade de se construir um gravador.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1.5.1 Estrutura de pesquisa

Como base para a pesquisa e desenvolvimento robusto do projeto será utilizado como referência a metodologia de Pahl e Beitz (1988), cujo processo de concepção deve apresentar quatro etapas para que haja controle sobre o processo de desenvolvimento. Estas etapas são: Avaliação das Necessidades, Projeto

Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado e estão demonstradas na Figura 16.

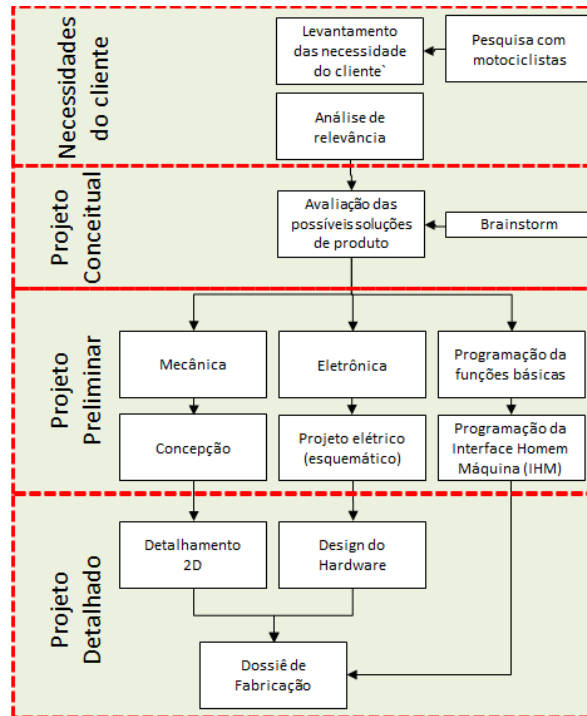


Figura 16 - Fluxograma de atividades - Fase de concepção
Fonte: Autoria própria

Com a criação robusta de um dossiê de fabricação onde estará detalhado todo o projeto, será dado início às atividades de fabricação mecânica e eletrônica para posterior montagem e ensaios físicos e de programação, conforme Figura 17.

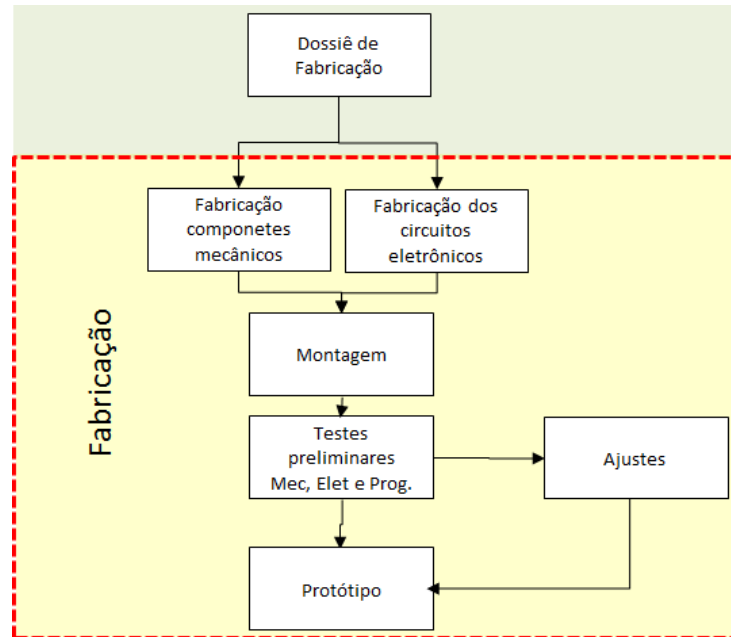


Figura 17 - Fluxograma de atividades - Fase de Fabricação
Fonte: Autoria própria

Após a construção de um protótipo robusto e confiável, se dará o início aos ensaios de rodagem que serão utilizados para a avaliação dos ganhos reais de vida útil do conjunto de transmissão por corrente (Figura 18).

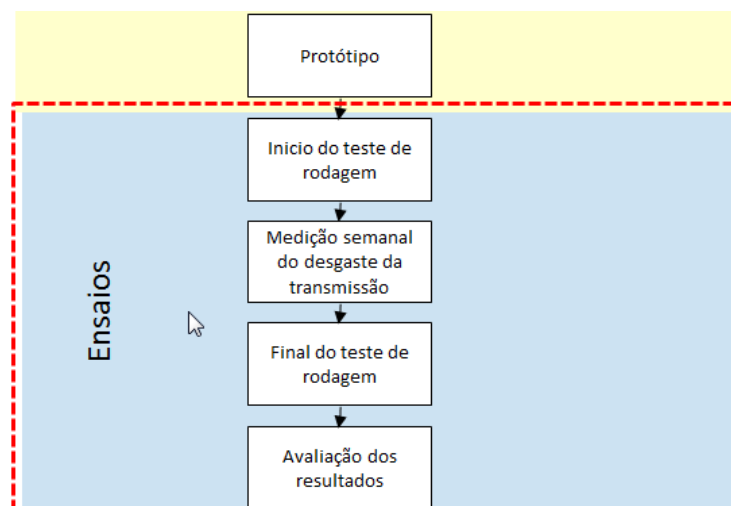


Figura 18 - Fluxograma de atividade - Fase de Ensaios
Fonte: Autoria própria

1.5.2 Projeto preliminar

Abaixo serão descritas algumas propostas preliminares de soluções para o sistema de lubrificação das transmissões de motocicletas. Estas propostas passaram

por adaptações para se enquadrarem e atenderem às premissas de desenvolvimento de produto proposta por Pahl e Beitz (1988).

1.5.2.1 Proposta mecânica

- Malha hidráulica:

A malha hidráulica será composta por um reservatório de fluido lubrificante (figura 22), uma bomba de óleo, uma válvula de retenção no final do circuito, próxima à corrente para garantir que não ocorrerão vazamentos, mangueiras para fazer as conexões entre o reservatório, bomba e a válvula e suporte que direcionará o fluxo de lubrificante na corrente (Figura 20).

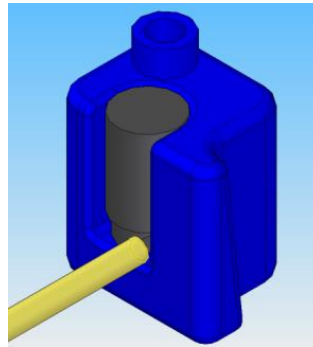


Figura 19 - Reservatório de óleo (exemplo)
Fonte: Autoria própria

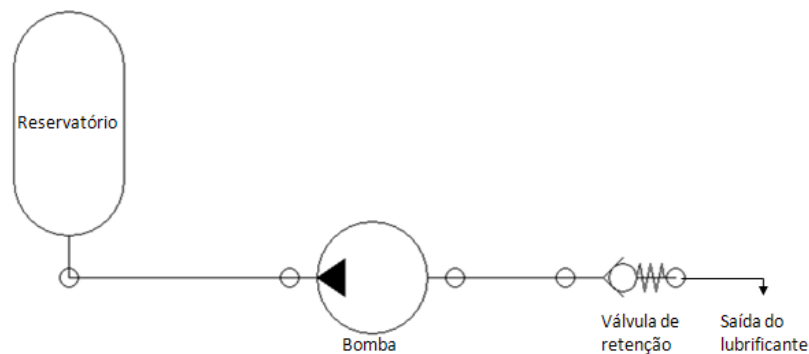


Figura 20 - Esquemático do sistema hidráulico
Fonte: Autoria própria

- Fixações:

As Fixações serão feitas por suportes e presilhas para fixação do reservatório de óleo, das mangueiras, da válvula de retenção, do sensor odométrico na suspensão

dianteira e do aplicador de lubrificante na suspensão traseira da motocicleta (Figura 21).

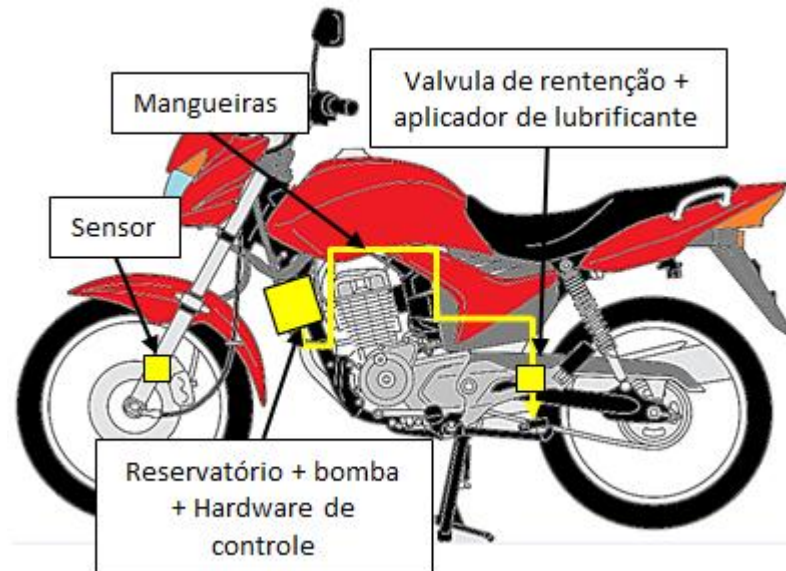


Figura 21 - Esquemático de uma opção de montagem na motocicleta
Fonte: Adaptado (HONDA MOTORS, 2015)

1.5.2.2 Proposta eletrônica

No projeto da eletrônica embarcada será definido o microcontrolador para a aplicação no projeto. Nesta etapa também ocorre o desenvolvimento do esquemático elétrico da interface de coleta de dados odométricos e acionamento da bomba de óleo.

Os principais itens eletrônicos são:

- Circuito de alimentação de tensão elétrica compatível ao pré-existente na motocicleta, onde será criada uma interface com o sistema de proteção contra sobrecarga;
- Circuito para acionamento da bomba de óleo isolado do sistema de controle;
- Sensor de coleta de dados odométricos para a aquisição dos dados de entrada para o controle da frequência de lubrificação;
- Circuito para interface homem-máquina para que o usuário possa ter acesso a informações e funções básicas do controlador, como aumentar ou diminuir frequência de aplicação de lubrificante;
- Circuitos para interface do microcontrolador com todos dos demais circuitos;

- Confeção das peças e hardware: após a validação dos projetos 3D e o esquemático elétrico, será realizada a confecção das peças e do hardware.

1.5.2.3 *Ensaios*

Dois conjuntos de transmissão serão utilizados, um para avaliação do sistema de lubrificação proposto e o outro com lubrificação manual. Os dados coletados serão utilizados para comparação da evolução do desgaste e vida útil final dos componentes quando submetido às duas alternativas de lubrificação. A lubrificação manual será realizada com graxa com intervalos semanais entre uma aplicação e outra.

Os parâmetros de frequência de lubrificação e quantidade de lubrificante do protótipo serão definidos durante ensaios preliminares à rodagem com o motociclista profissional, de maneira a evitar excessos ou deficiência de óleo no sistema de transmissão. Após definidos os parâmetros adequados, somente estes serão utilizados durante todo o estudo.

O controle do desgaste da corrente poderá ser feito através de medições de um determinado número de elos da corrente, pois o desgaste dos pinos de união dos elos ocasiona o aumento o comprimento da corrente. Para melhorar a confiabilidade dos dados coletados, pode-se usar como referência de medição na corrente o elo de emenda para que as medições sejam realizadas sempre sobre a mesma região da corrente.

O motociclista que participará dos ensaios com o protótipo estará pilotando a motocicleta em sua rotina normal de trabalho. Devido à variação de deslocamento entre um dia e outro, não é possível estipular um intervalo de rodagem específico, fixo, entre uma medição e outra. Portanto a frequência das coletas das amostragens será definido através do tempo de rodagem, sendo que este período não poderá ser maior que duas semanas.

2. PROJETO CONCEITUAL

2.1 INTRODUÇÃO

A fórmula para o sucesso de um produto depende da congruência de diversas variáveis de mercado, da experiência no ramo da aplicação da solução e coleta de dados de pesquisa dos clientes em potencial. Dentro deste cenário de inúmeras variáveis e buscando a otimização no tempo e no processo de desenvolvimento adotou-se as técnicas de projeto de produto estudadas por Back (1983) baseado na metodologia de Pahl e Beitz (1988). Dentre as diversas metodologias de desenvolvimento de projetos industriais podem-se classificá-las em cinco grupos de acordo com cada escola: a escola sintática, a escola filosófica, a escola semântica, a escola psicológica e a escola historicista (YOSHIKAWA, 1989, p. 579-586).

Dentro da escola semântica, método adotado para desenvolvimento deste projeto, parte-se do princípio que em máquinas, aparelhos e equipamentos existem somente fluxos de energia, sinais e materiais, portanto todo o sistema é passível de uma representação destes fluxos de projeto deste a entrada até a sua saída, onde esta transformação é mostrada de forma sequenciada em funções e subfunções de acordo com a funcionalidade do sistema técnico. Para a melhor identificação dos fenômenos físicos e transformações desejadas nos fluxos que ocorrem no sistema técnico as funções globais são comumente divididas em subfunções mais simples.

Dentro da escola semântica pode-se destacar como característica relevante a possibilidade de catalogar os efeitos físicos que resultarão na função técnica do produto. Como exemplos têm:

- Tabela de dispositivos para limitar mecanismo e movimentos de transmissão de forças;
- Tabelas e princípios para ampliar ou reduzir forças e ainda juntar ou separar materiais;

Na escola sintática, o foco está sobre os aspectos de procedimento do projetista e não necessariamente sobre o próprio projeto. O processo começa com o estudo da origem do desenvolvimento do produto e termina com a criação final do projeto detalhado, abordando todas as etapas do desenvolvimento, seja estas de trabalho ou decisão. Cada etapa de trabalho é agregada a uma saída de informação

e em cada etapa de decisão avalia-se se o processo deve avançar ou se é necessário refazer o trabalho anterior. O desenvolvimento acaba com a elaboração da documentação do produto para a fabricação.

As escolas semântica e sintática não são antagônicas em suas metodologias, são complementares (YOSHIKAWA, 1989, p. 579-586).

A primeira escola enfatiza os aspectos estáticos do projeto, enquanto a segunda escola os aspectos dinâmicos. Pahl e Beitz (1988) agruparam estes dois aspectos em uma única metodologia formada por quatro fases que representam a linha de pesquisa básica alemã em projetos de produtos:

- a) Definição da tarefa;
- b) Projeto conceitual;
- c) Projeto preliminar;
- d) Projeto detalhado.

Na metodologia de Pahl e Beitz (1988), uma avaliação para o avanço a etapa seguinte, é aplicada em cada uma das etapas, garantindo desta forma que equívocos nas etapas iniciais sejam bloqueados e corrigidos no projeto (DUFOUR, 1996).

Estas fases de projeto de produtos industriais são subdivididas em diferentes etapas, com suas respectivas tomadas de decisões entre cada etapa.

Nesta metodologia, após a identificação da oportunidade e apuração das necessidades dos clientes, é elaborado o projeto conceitual. Para tal, são realizadas as seguintes atividades:

- a) Determinação dos requisitos da qualidade;
- b) Construção da casa da qualidade;
- c) Determinação das especificações do produto;
- d) Descrição da função global e da estrutura funcional do produto;
- e) Geração e avaliação apropriada de alternativas;
- f) Seleção da solução e sua descrição detalhada;
- g) Geração do layout da solução.

2.2 DEFINIÇÃO DA TAREFA

A definição da tarefa é a criação de equipamento de lubrificação automática do sistema de transmissão secundário por corrente em motocicletas de pequeno

porte, de forma que este mantenha os componentes em boas condições de funcionamento, obtendo desta maneira a máxima vida útil das peças.

2.1.1 Requisitos da qualidade

Com base nas necessidades apontadas pelos clientes, foram definidos os requisitos que se espera que o produto tenha para sanar essas necessidades. No Quadro 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são mostrados os requisitos da qualidade de forma que o desejo do cliente seja transformado em grandezas mensuráveis e desta forma tornar possível definir materiais, dimensões e geometrias ao produto.

No Quadro 2 – Requisitos da qualidade do cliente de requisito da qualidade do cliente foi aplicada a técnica *Quality Function Deployment* QFD (BACK, 1983), tendo como objetivo expressar as expectativas dos clientes sendo que para os itens e características de precisam ser aumentadas há a indicação de seta para cima (↑) e para os itens e características que precisam ser diminuídas há a indicação de seta para baixo (↓).

Requisito	Unidade	Tendência
Preço de aquisição do produto	R\$	↓
Peso	g	↓
Capacidade do reservatório de lubrificante	ml	↑
Tamanho total do conjunto	cm ³	↓
Resistência a choques e colisões	N	↑
Número de componentes	Unidade	↓
Número de operações de montagem do sistema	Unidade	↓
Número de operações adicionadas ao processo normal de manutenção da moto	Unidade	↓
Número de operações para utilização	Unidade	↓
Necessidade de ajustes (parâmetros e fixação)	Unidade	↓
Compatibilidade com diversos modelos de motos	Unidade	↑
Durabilidade	Anos	↑

Quadro 2 – Requisitos da qualidade do cliente

Fonte: Autoria própria

A técnica do QFD, também conhecida como casa da qualidade, é considerada um marco na evolução do controle de qualidade nos processos de fabricação e no desenvolvimento de produtos. Teve origem e foi aprimorada na década de 70 na indústria automobilística japonesa e atingiu inúmeras áreas da indústria e da logística (BACK e FORCELLINI, 2000).

2.1.2 Casa da qualidade

		Preço de aquisição do produto	Peso	Capacidade do reservatório de lubrificante	Tamanho total do conjunto	Resistência a choques e colisões	Número de componentes	Número de operações de montagem do sistema	Número de operações adicionadas ao Processo normal de manutenção da	Número de operações para utilização	Necessidade de ajustes (parâmetros e fixação)	Compatibilidade com diversos modelos de motos	Durabilidade	
		↓	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↑	
Necessidades dos clientes	Montagem	Fácil	▲	-	-	●	-	▲	■	-	■	■	-	
		Rápido	-	-	-	-	-	●	■	-	■	■	-	
		Grande	-	-	■	-	▲	-	-	-	-	-	■	
		Pequeno	-	■	-	▲	-	-	●	-	▲	-	-	
		Leve	-	■	■	■	▲	-	●	-	-	●	-	
		Ergonômico	-	■	●	●	-	-	■	-	-	▲	-	
	Manutenção	Fácil	-	●	▲	■	-	▲	-	■	■	▲	-	
		Rápido	-	●	■	-	-	●	-	▲	▲	■	-	
		Ergonômico	-	●	■	■	-	●	-	▲	-	▲	-	
		Durável	▲	-	▲	-	▲	-	-	▲	-	▲	-	
	Unidade		R\$	g	ml	cm ³	N	UN.	UN.	UN.	UN.	UN.	UN.	anos
	Valor da importância		10	12	23	16	15	13	11	18	19	30	6	5

Quadro 3 - Casa da qualidade

Fonte: Autoria própria

A casa da qualidade é uma ferramenta de que garante a diminuição dos custos de desenvolvimento de um produto, uma vez que, de um ponto de vista técnico e econômico, avalia e prioriza os atributos mais valorizados pelos clientes. O Quadro 3

apresenta a casa da qualidade relacionando as necessidades dos clientes e os requisitos da qualidade.

2.1.3 Especificação do produto

No Quadro 4 estão apresentadas as especificações do produto.

	Requisito	Objetivo	Sensor	Saída indesejável	Observações
1º	Necessidade de ajustes (parâmetros e fixação)	1	Contagem	É fundamental que uma vez o produto instalado, não haja a necessidade de o usuário ajustar os parâmetros ou fixação.	A satisfação dos clientes com o produto é afetada, caso ele tenha que efetuar muitos ajustes.
2º	Capacidade do reservatório de lubrificante	150ml	Medição de Volume	O reservatório ser muito pequeno e precisar ser reabastecido com frequência.	Ter boa capacidade e acesso fácil para reabastecimento
3º	Número de operações para utilização	Máx. = 3 UN.	Contagem	Ser complicado de o utilizar o equipamento	Ideal que o usuário não precise manusear o produto depois de instalado.
4º	Número de operações adicionadas ao processo normal de manutenção	Máx. = 1 UN.	Contagem	Atrapalhar o processo normal de manutenção, como ajuste de corrente, freios e troca de pneus.	Risco de degradação do produto e aumento do tempo de manutenção da motocicleta
5º	Tamanho total do conjunto	Máx. A = 100mm Máx. L = 120mm Máx. P = 50mm	Paquímetro	O sistema ser muito grande a ponto de atrapalhar a utilização normal da moto.	O produto dever caber adequadamente no local de fixação
6º	Resistência a choques e colisões	Mín. =100N	Dinamômetro	O equipamento quebrar em modo normal de funcionamento ou com pequenas batidas.	
7º	Número de componentes	Máx. = 20	Contagem	Ter um número muito grande de componentes encarece o produto e dificulta a montagem	
8º	Peso	Máx. = 500g	Dinamômetro	Produto pesado demais a ponto de comprometer a fixação dele na motocicleta	
9º	Número de operações de montagem do sistema	Máx. = 20	Contagem	Ser complicado de montar	
10º	Preço de aquisição do produto	Máximo = R\$150,00	Pesquisa de mercado	Ser mais caro do que a maioria dos motociclistas pagaria pelo produto	A aceitação do produto depende do custo final do produto.
11º	Compatibilidade com diversos modelos de motos	Mín. = 2	Contagem	Ser específico para um único modelo de moto.	
12º	Durabilidade	Mín. = 2 anos	Contagem	Produto durar menos tempo que a economia que ele possa gerar	

Quadro 4 - Especificações do produto

Fonte: Autoria própria

2.2 DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS

2.2.1 Função global e estrutura funcional

A Figura 22 foi criada das soluções possíveis para determinar e explicar a função global do projeto e é tida como o início do processo de desenvolvimento de um produto.

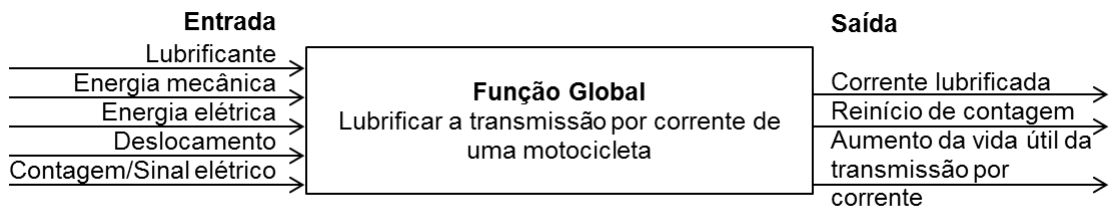


Figura 22 – Função global do produto
Fonte: Autoria própria

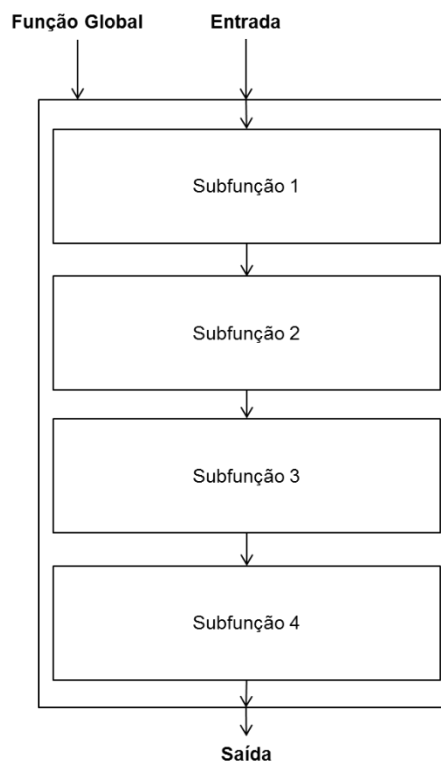


Figura 23 – Subfunções do produto
Fonte: Autoria própria

Na função global tem-se que a função do produto é a realização da lubrificação da transmissão por corrente de motocicletas. Esta função é dividida em 4 subfunções, como visto na Figura 23, que representam; a operação de instalação do equipamento

na motocicleta; a coleta de informação no momento em que deve ser realizada a lubrificação; a operação de lubrificar, propriamente dita; e a preparação para um novo ciclo de lubrificação.

Na Figura 24 tem-se a subfunção 1:

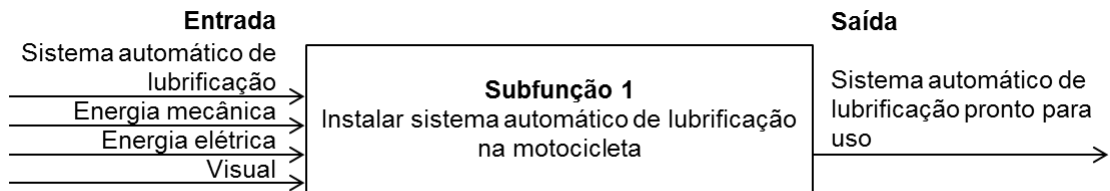


Figura 24 – Subfunção 1 do produto
Fonte: Autoria própria

Na Figura 25 tem-se a subfunção 2:

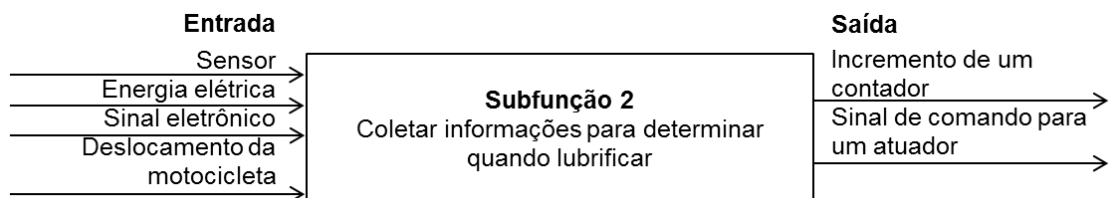


Figura 25 – Subfunção 2 do produto
Fonte: Autoria própria

Na Figura 26, tem-se a subfunção 3:

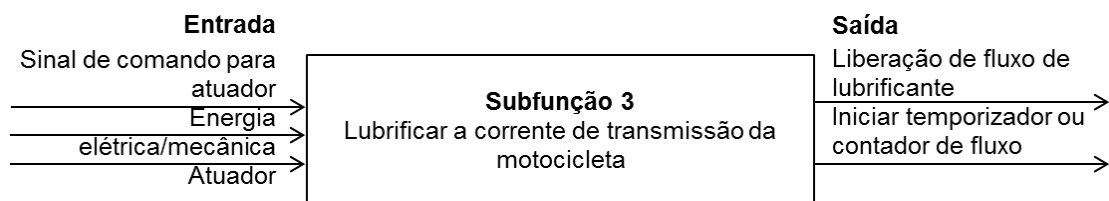


Figura 26 – Subfunção 3 do produto
Fonte: Autoria própria

Na Figura 27, tem-se a subfunção 4:

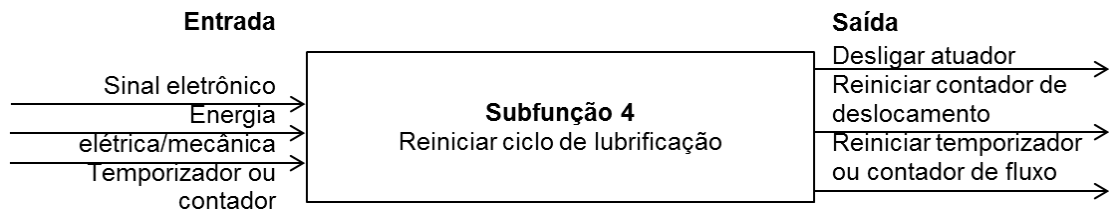


Figura 27 – Subfunção 4 do produto
Fonte: Autoria própria

2.2.2 Geração de alternativas

2.2.2.1 Técnica empregada para gerar alternativas

A geração de alternativas de solução foi elaborada a partir de uma matriz morfológica alimentada por ideias obtidas na atividade de *brainstorm*.

2.3.2.2 Avaliação de alternativas

Baseado na matriz morfológica e análises complementares foram geradas diversas propostas de solução para o produto, sendo a posição de fixação do sistema a principal característica que difere de cada uma das concepções.

Posição 1 - Reservatório posicionado no chassi a frente do motor



Figura 28 – Posição 1 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

Na Figura 28 tem-se a proposta de posição 1 do reservatório que permite dar bastante liberdade para a concepção do volume do produto uma vez que há poucas restrições quanto ao tamanho do reservatório. Também permite a fixação através de diversas técnicas desde com parafusos no próprio chassi ou braçadeiras sem a

necessidade criar algum suporte específico para fixação, além do fácil acesso para reabastecimento. Outras características favoráveis a esta solução é a possibilidade de posicionar a bomba de óleo e o controlador junto a reservatório. Pode-se também conceber o produto com compatibilidade entre diversos modelos de motocicletas.

Por outro lado, os locais de lubrificação e captação de dados de odométricos são distantes ($d > 1m$) da posição do reservatório de óleo e bomba. Isto implica em cabeamento elétrico, malha hidráulica mais extensa e necessidade de uma bomba de óleo mais potente para levar o óleo até a corrente de transmissão.

Posição 2 – Reservatório posicionado entre o motor e a carenagem de proteção da bateria da motocicleta



Figura 29 – Posição 2 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

Na Figura 29 tem-se a posição 2 do reservatório, situada entre o motor e a carenagem, é baseada na fixação por parafusos já existentes na tampa lateral do motor e a fixação do motor de partida, sendo necessária a criação de um suporte metálico para fazer a interface entre o reservatório e os pontos de fixação. Apesar de exigir um componente a mais no sistema, a adaptação do mesmo reservatório entre as diversas motocicletas pode ser feita apenas trocando o suporte metálico. Outro aspecto positivo desta posição é que, por estar situada na região central da motocicleta, a vibração na região é pequena.

Esta solução tem como características negativas a limitação do volume máximo do reservatório devido à proximidade com outras peças da motocicleta, além de a montagem exigir mais atenção, uma vez que, é necessário remover alguns parafusos da tampa do motor e fazer a instalação do suporte. A posição do reservatório está

localizada a uma distância média (cerca de um metro) até ao sensor odométrico e a região de lubrificação da corrente.

Posição 3 – Reservatório posicionado dentro da carenagem lateral direita da motocicleta

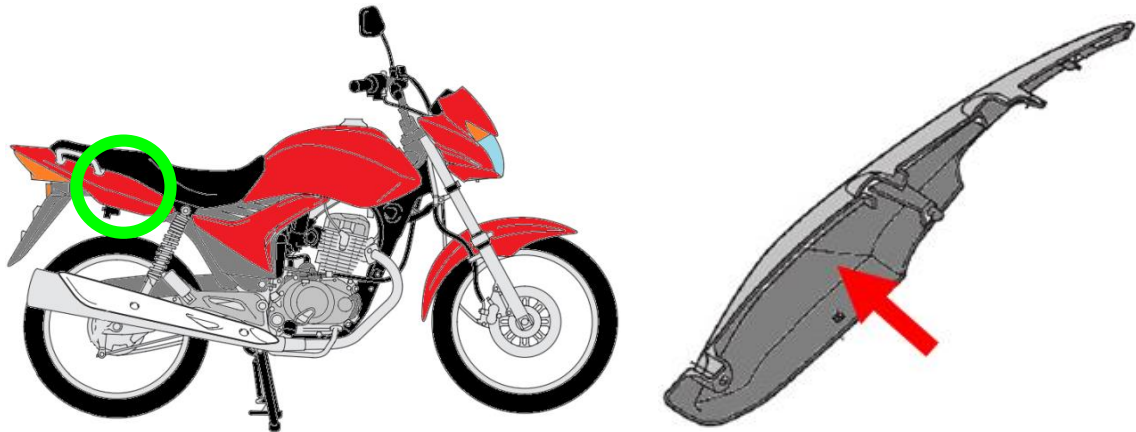


Figura 30 – Posição 3 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

A Figura 30 apresenta a posição 3 do reservatório e, tem como vantagem, que o sistema de lubrificação quase que na sua totalidade fica oculto não descaracterizando a motocicleta e diminuindo muito a possibilidade de furto ou degradação do equipamento.

Todavia existem algumas dificuldades técnicas associadas a esta posição, como a grande limitação de espaço ocupado pelo reservatório de óleo obrigando que o formato do reservatório seja mais complexo para o melhor aproveitamento do espaço existente na região, além de praticamente inviabilizar a colocação integrada da bomba e do controlador no mesmo conjunto.

Posição 4 – Reservatório posicionado na região inferior da suspensão traseira

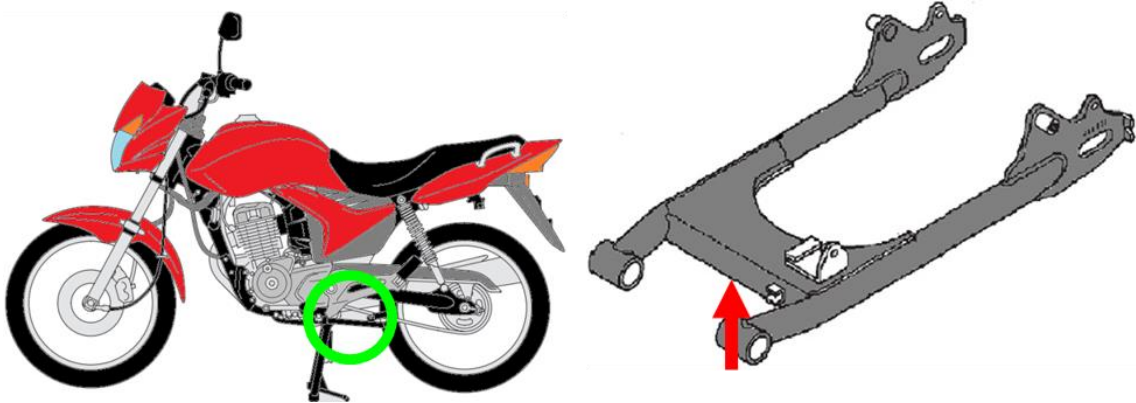


Figura 31 – Posição 4 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

A Figura 31 ilustra a proposta de posição 4 do reservatório e apresenta vantagens somente pela proximidade da posição do sensor odométrico e a fácil fixação através de braçadeira. Os principais pontos negativos associados à solução 4 são o alto risco de degradação do reservatório por estar localizado na parte inferior da motocicleta e a grande vibração localizado na região móvel da suspensão traseira.

O acesso para reabastecimento é ruim, a bomba de óleo e o controlador dificilmente poderão ficar posicionados junto ao reservatório devido as restrições de espaço e o local é bastante exposto a sujeira lançada pelo pneu.

Posição 5 – Reservatório posicionado na região superior da suspensão traseira

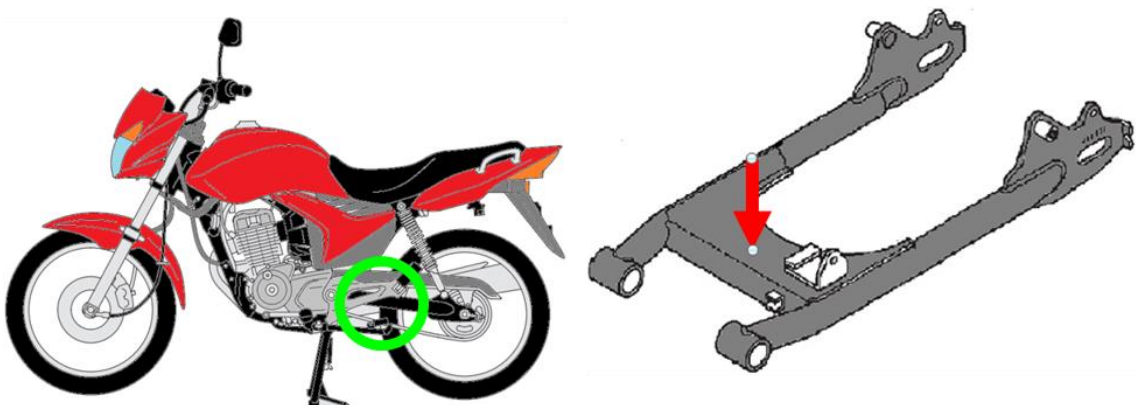


Figura 32 – Posição 5 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

A Figura 32 apresenta a solução para a posição 5 do reservatório e esta é relativamente parecida com a solução da posição 4, porém com o risco menor de degradação do reservatório, mas em contrapartida, existe uma limitação no tamanho do reservatório de óleo e as condições relacionadas a vibração são desfavoráveis.

O acesso para reabastecimento é difícil, a bomba de óleo e o controlador dificilmente poderão ficar posicionados junto ao reservatório devido as restrições de espaço e o local é bastante exposto a sujeira lançada pelo pneu.

Posição 6 – Reservatório posicionado no braço direito, região superior, da suspensão traseira

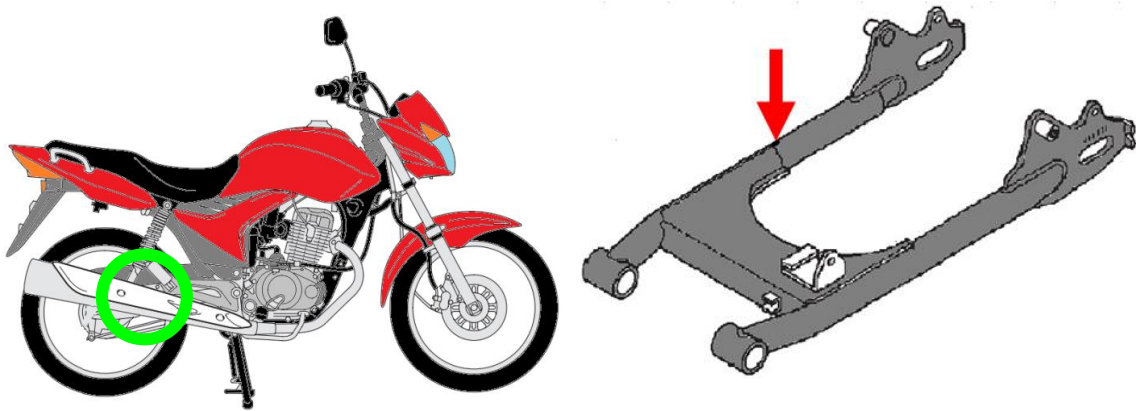


Figura 33 – Posição 6 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

Na Figura 33 tem-se a proposta de posição 6. Esta solução permite a criação de um reservatório com poucas restrições de tamanho, com uma fixação fácil, porém com a necessidade da criação de um suporte para evitar que o reservatório gire no braço da suspensão. O acesso para reabastecimento é fácil, a bomba de óleo e o controlador podem ficar posicionados junto ao reservatório.

Esta solução não pode ser aplicada na zona superior do lado esquerdo da suspensão, pois nesta região existe a coroa, a corrente da transmissão e a proteção plástica da transmissão. A vibração é o principal fator negativo desta solução.

Posição 7 – Reservatório posicionado no braço esquerdo, região lateral, da suspensão traseira.

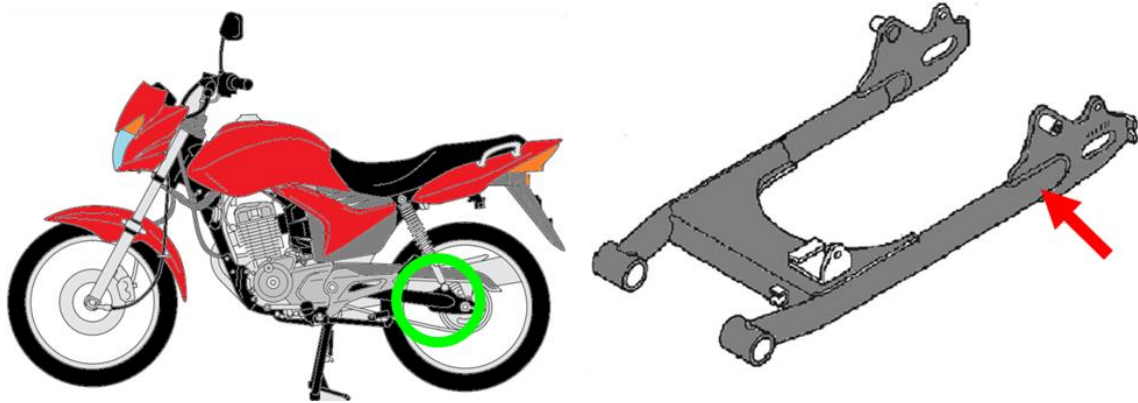


Figura 34 – Posição 7 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

Na Figura 34 tem-se a solução 7 que é bastante similar a solução da posição 6, porém difere no fato de estar fixa na parte lateral da suspensão traseira. Através da criação de um suporte metálico o reservatório pode ser fixado nos parafusos do eixo e amortecedor traseiro da motocicleta. O acesso para o reabastecimento é fácil, a bomba de óleo e o controlador podem ficar posicionados junto ao reservatório e esta é a posição mais próxima do local de lubrificação e da captação dos dados odométricos. Porém assim como todas as soluções fixas na suspensão traseira a forte vibração existente na região é o grande demérito desta posição do reservatório.

Posição 8 – Reservatório fixo na região interna do estribo direito do passageiro

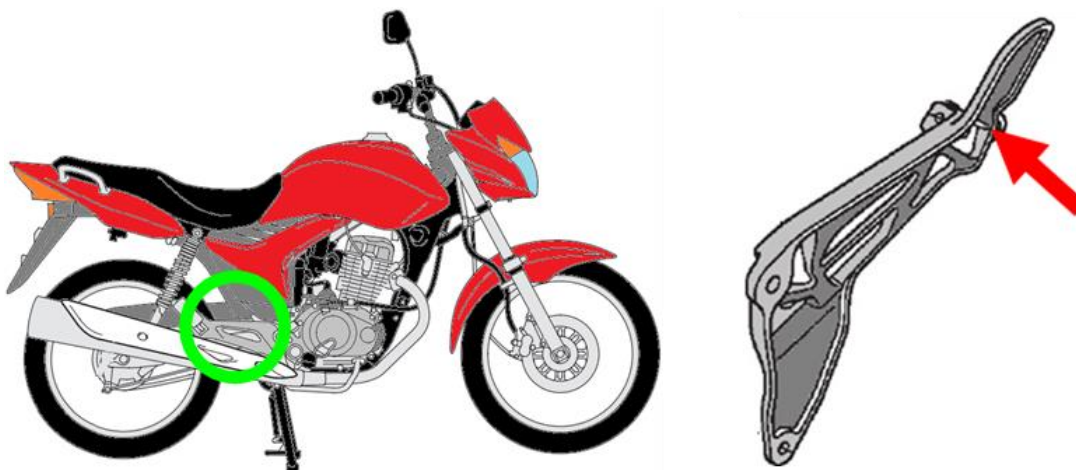


Figura 35 – Posição 8 do reservatório na moto
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

A Figura 35 mostra a solução de posição 8 do reservatório e apresenta como vantagens estar posicionada próxima ao local de lubrificação e captação dos dados

odométricos. Existem limitações quanto ao tamanho do reservatório devido à proximidade com o pneu, amortecedor traseiro direito e a carenagem plástica e requer a utilização de um suporte para compartilhar da mesma fixação do escapamento do motor. O acesso para reabastecimento é fácil, a bomba de óleo e o controlador podem ficar posicionados junto ao reservatório.

2.3.3 Seleção da solução

Para a seleção da concepção foi criada uma matriz de avaliação relativa e com esta ferramenta foi analisada qual das propostas melhor se encaixa para atender as especificações do produto e as necessidades dos clientes. A matriz é estruturada de forma a ilustrar e qualificar as oito concepções ilustradas anteriormente avaliando seus requisitos e indicando a solução que tenha a maior quantidade de características desejadas pelos clientes. A solução da posição 1 é tida como solução de referência, e em relação a esta, as demais soluções são comparadas, sendo que o fruto desta comparação é a qualificação dos requisitos como melhor "+", pior "-" ou igual "=" a solução de referência. De forma matemática os resultados "+" são uma adição unitária e os resultados "-" são uma subtração unitária do valor total atribuído a solução avaliada. Os resultados obtidos orientam a escolha da solução mais próxima do ideal para o cliente, mas não é tida como decisiva ou mandatória para tal decisão (BACK e FORCELLINI, 2000).

Todas as soluções apresentadas utilizam como fonte de energia a eletricidade, sendo descartadas soluções que utilizam a energia de vácuo gerada pelo motor ou energia da gravidade por estas fontes não possibilitarem um controle preciso da lubrificação do sistema de transmissão secundário de motocicletas.

2.3.4 Descrição da solução e layout

Como já mencionado a definição da posição do reservatório é a principal característica que diferencia cada uma das possíveis soluções e sendo assim também é determinante para a definição do layout do produto. A Figura 36 ilustra a concepção escolhida, sendo que esta atende a todas as necessidades dos clientes permitindo uma boa localização para o reabastecimento do reservatório e, uma vez instalado na motocicleta, o produto tem completa autonomia para a realização da lubrificação do sistema secundário de transmissão por correntes. A definição da posição dos demais

componentes, além do reservatório, será desenvolvida no projeto preliminar, tendo como base de análise a definição de produto escolhida no projeto conceitual.

A localização do reservatório (Figura 36) é a região interna do estribo de apoio do pé direito do passageiro, utilizando como fixação o volume do estribo e compartilha o parafuso que fixa o cano de escapamento do motor. Existem basicamente dois tipos de estribo de apoio de pés; estribo fixo diretamente na suspensão traseira (mais comum em motocicletas mais simples) e estribo fixo no corpo da motocicleta. Este produto destina-se as motocicletas com este segundo tipo de estribo.

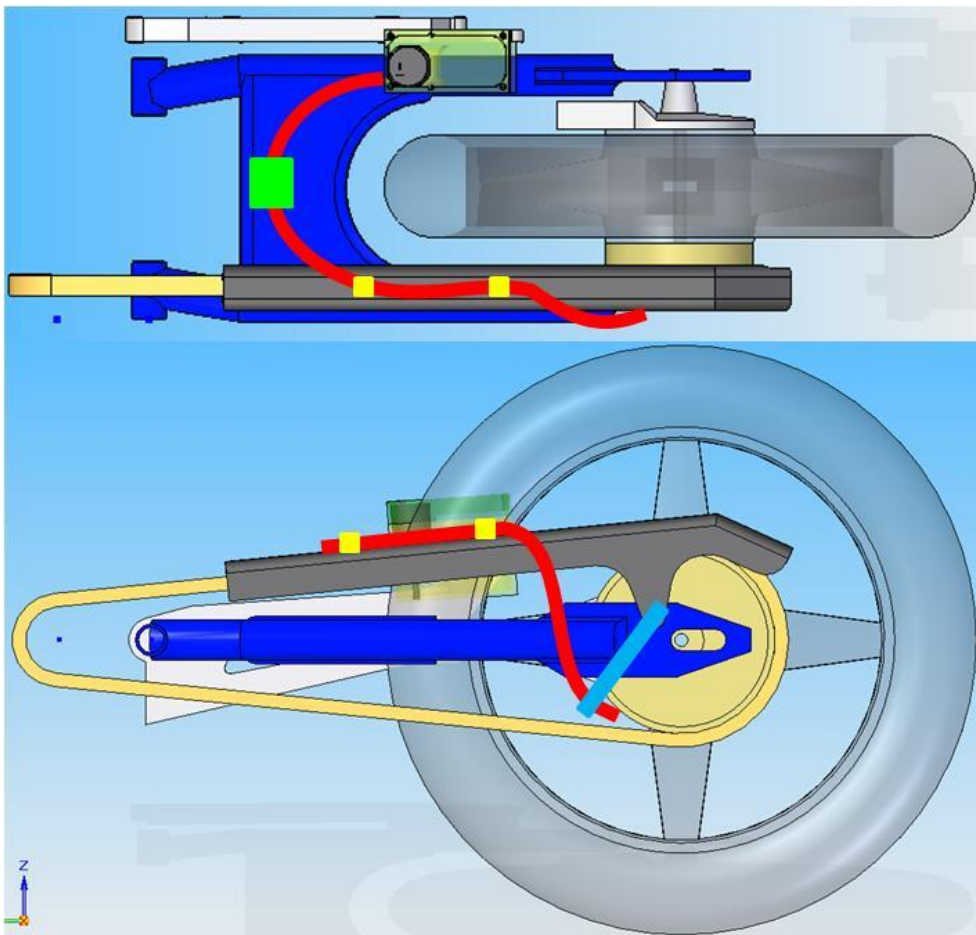


Figura 36 – Posição escolhida para o produto
Fonte: Autoria própria

O atuador responsável por aplicar o lubrificante é uma bomba centrífuga de óleo de pequena vazão e o acionamento desta bomba é feito por um sistema de controle eletrônico construído basicamente por um microcontrolador de baixo custo e

seus circuitos auxiliares tendo como fonte elétrica a bateria da motocicleta. O sistema de controle e a bomba de óleo ficam integrados ao reservatório de forma a deixar o conjunto mais compacto e propicia o melhor aproveitamento do espaço disponível na motocicleta.

O lubrificante é direcionado a partir do reservatório até a corrente através de uma mangueira com sua extremidade fixa a um suporte e apontada para a zona de lubrificação.

Uma vez instalado, o usuário deverá apenas atentar ao nível de óleo no reservatório e completá-lo quando necessário. Todas as demais ações de lubrificação ficam a cargo do sistema de lubrificação automático.

3. PROJETO PRELIMINAR

3.1 INTRODUÇÃO

Após a escolha da concepção do produto, descrita no projeto conceitual, deu-se início à etapa de desenvolvimento do protótipo para ensaios e, para tal, foram criados subconjuntos do produto, que além de facilitar a execução dos trabalhos de concepção e dimensionamento, permite que cada subconjunto possa ser trabalhado de forma independente dos demais. O reagrupamento dos subconjuntos gera o protótipo final.

Esta divisão de subconjuntos parte da estrutura funcional do equipamento e suas subfunções, sendo estas definidas na ilustração na Figura 37.

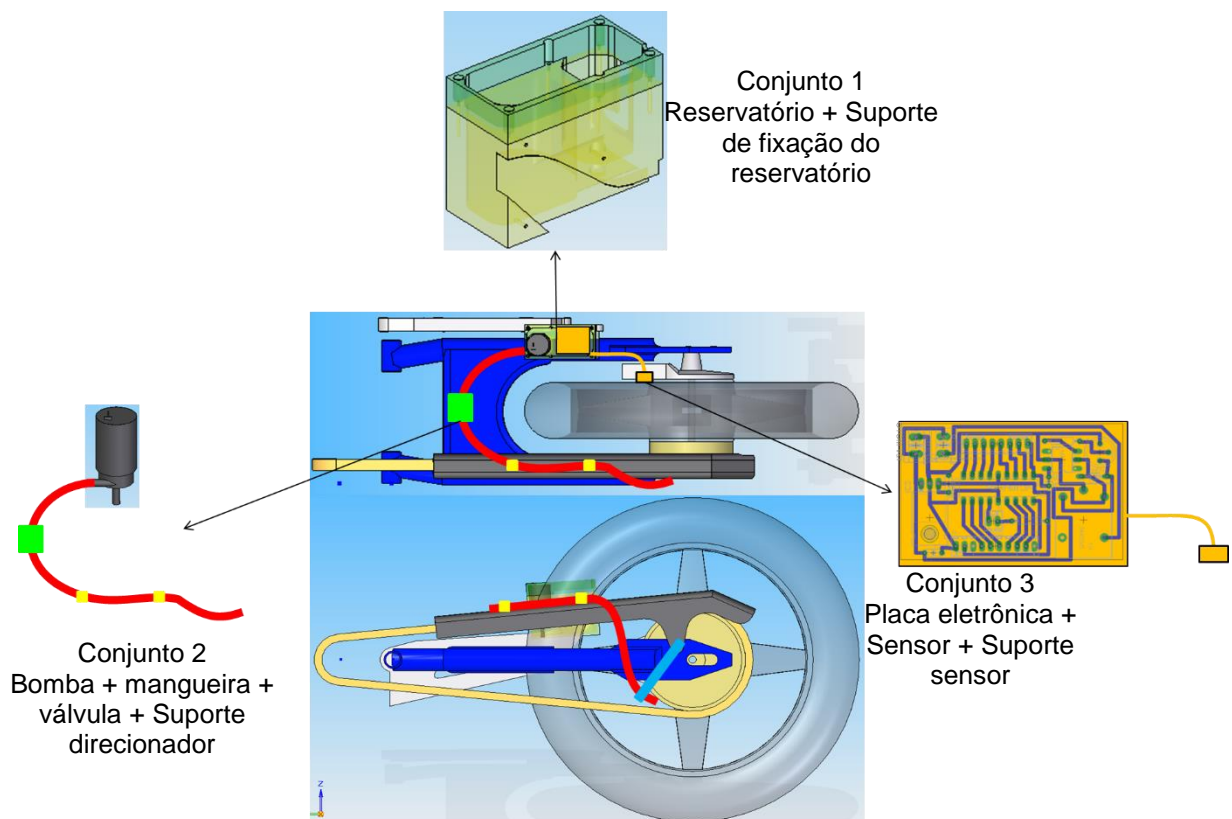



Figura 37 – Subfunções do produto
 Fonte: Autoria própria

3.2 QUATRO MODELOS DE MOTOCICLETAS MAIS VENDIDAS NO BRASIL

Para a maior aceitação do produto no mercado, este precisa ser compatível com o maior número de modelos de motocicletas ou que sejam simples as adaptações necessárias para a utilização entre diferentes modelos.

Para a concepção foi utilizado como referência o número de emplacamentos de motos no Brasil no ano de 2013, dados gerados e publicados pela FENABRAVE.

	HONDA CG150 TITAN	HONDA BIZ
		
Participação no mercado 2013	1º	2º
Percentual do mercado 2013	22%	15%
Unidades 2013	359074	240195
Retentor na corrente	Não	Não
Tipo de suspensão	Braço oscilante	Braço oscilante
Freio traseiro	Tambor expansão interna	Tambor expansão interna
Rodas	Liga leve ou Raiada	Raiada
Suporte estribo do passageiro	Fixo no corpo da moto	Fixo na suspensão
	HONDA CG 125 FAN	HONDA NXR 150 BROS
		
Participação no mercado 2013	3º	4º
Percentual do mercado 2013	12%	11%
Unidades 2013	200237	172958
Retentor na corrente	Não	Não
Tipo de suspensão	Braço oscilante	monoamortecida
Freio traseiro	Tambor expansão interna	Tambor expansão interna
Rodas	Liga leve	Raiada
Suporte estribo do passageiro	Fixo no corpo da moto	Fixo no corpo da moto

Quadro 5 – Características dos quatro modelos de motocicletas mais vendidas no Brasil

Fonte: Autoria própria

Na Quadro 5 – Características dos quatro modelos de motocicletas mais vendidas no Brasil é mostrado que a moto Honda CGTitan 150 foi a moto mais vendida no Brasil em 2013 com mais de 350 mil unidades emplacadas o que representa 22% do mercado, seguida pelos modelos BIZ, CG 125 FAN e NXR 150 BROS.

3.2.1 Motocicleta de referência

Além do critério do número de unidades vendidas em 2013, foram avaliados o tipo de suspensão, freio traseiro, rodas e localização do suporte do estribo do passageiro para a seleção do modelo de referência para o projeto. Todas estas características citadas têm algum impacto sobre o produto, porém a presença do estribo fixo ao corpo da moto é o critério de maior relevância na fixação do reservatório, uma vez que, impacta diretamente no tamanho, localização e fixação do reservatório de óleo, além de ser um item necessário para respeitar a solução e *layout* escolhido no projeto conceitual. Sendo assim o modelo de referência de motocicleta adotada para o projeto preliminar foi a Honda CG150 que foi o modelo mais vendido do Brasil, com 22% do mercado, e possui suporte de estribo fixo ao corpo da motocicleta. As demais motos foram tidas como modelos passíveis de adaptação da fixação do reservatório de óleo.

Os quatro modelos mais vendidos no Brasil representam cerca de 60% do mercado. Avaliando estes modelos pode-se afirmar que mais de 800mil unidades poderão ser equipadas com o sistema de lubrificação automático proposto todo ano.

3.3 CONJUNTO 1 - RESERVATÓRIO DE ÓLEO E SUPORTE

3.3.1 Função

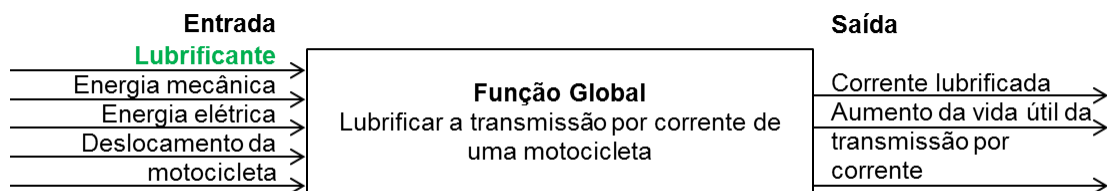


Figura 38 – Função global do produto
Fonte: Autoria própria

Dentro do projeto conceitual foi apontada a função global do sistema automático de lubrificações de transmissões de motocicletas, conforme ilustra a Figura 38.

O reservatório de óleo, assim como seu próprio nome indica, é o recipiente fixo na motocicleta onde fica alojado o óleo lubrificante que é aplicado no conjunto de transmissão, corrente, coroa e pinhão. Além desta função primária de acondicionar o óleo lubrificante, ao desenvolver o projeto deste conjunto buscou-se viabilizar que o reservatório seja capaz de fixar e transportar a bomba de óleo e a placa eletrônica. Desta forma o projeto ficou mais versátil, dispensando suportes de fixação extras para estes itens.

A Figura 39 ilustra de forma simplificada a disposição da bomba de óleo, da placa eletrônica e a região de acondicionamento do óleo lubrificante.

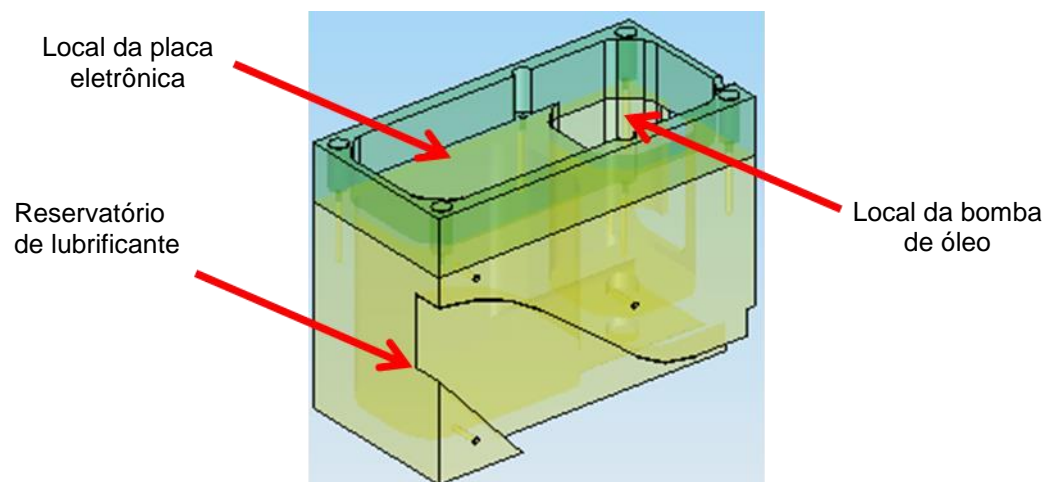


Figura 39 – Disposição dos componentes no reservatório de lubrificante
Fonte: Autoria própria

Através de ensaios dinâmicos (com a motocicleta em funcionamento normal) foi apurado que 0,5 ml de lubrificante a cada 50 quilômetros são suficientes para uma lubrificação adequada do sistema de transmissão para deslocamento em asfalto e sem chuva. Sendo assim tem-se que 40 ml são suficientes para atender a necessidade do produto, conforme mostrado abaixo:

$$4000[\text{Km}] / 50 [\text{km}] = 80 [\text{aplicação}]$$

$$80 [\text{aplicações}] \times 0,5 [\text{ml}] = 40 [\text{ml}]$$

O volume de lubrificante garante 80 aplicações do lubrificante na transmissão com necessidade de reabastecimento do reservatório a cada 4000 quilômetros rodados (intervalo recomendado para a realização de cada manutenção básica da motocicleta).

Para o correto funcionamento da bomba de óleo foi testado que o reservatório precisa ter no mínimo 10 mililitros de lubrificante no reservatório. Desta forma tem-se que a capacidade mínima para o reservatório deve ser de:

$$40[\text{ml}] + 10[\text{ml}] = 50[\text{ml}]$$

Todavia a quantidade de lubrificante necessária para o adequado regime de trabalho do sistema de transmissão por corrente em motocicletas pode variar de região para região do país, uma vez que existem diferentes condições de superfície de rodagem, estradas de asfalto, terra e diferentes índices de precipitação de chuvas. Rodagem em pista molhada retira rapidamente o lubrificante da corrente, sendo assim, é necessária uma frequência maior de lubrificação. O reservatório foi dimensionado para possibilitar a maior capacidade possível dentro do espaço disponível na motocicleta de referência, CG 150 Titan. A concepção foi finalizada com cerca de 270 mililitros de volume.

3.3.2 Fixação do reservatório de lubrificante

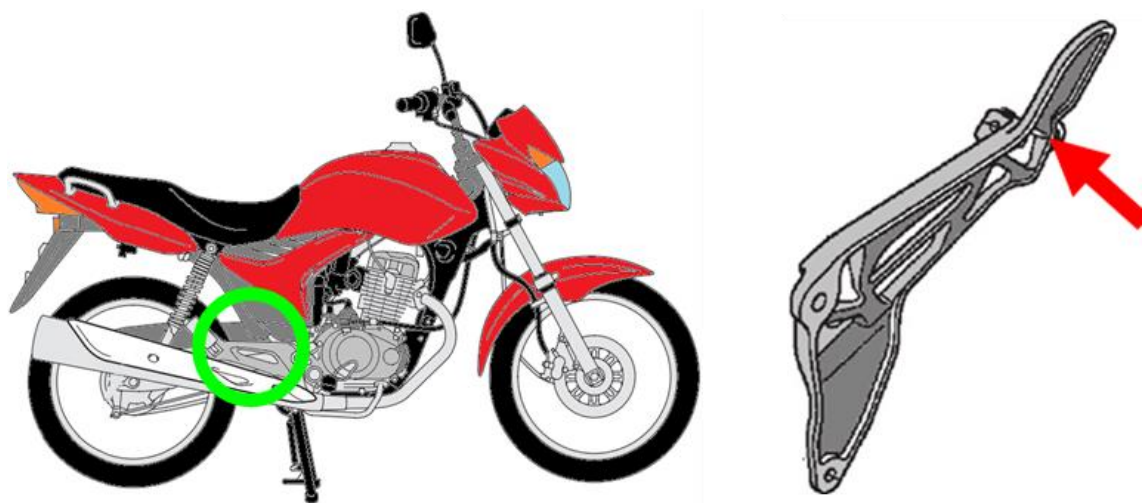


Figura 40 – Local de fixação do reservatório de lubrificante
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

A partir do modelo de motocicleta de referência e as informações oriundas da matriz morfológica, foi evidenciado que o suporte do estribo direito do passageiro, Figura 40 – Local de fixação do reservatório de lubrificante, é o local mais adequado para montar o reservatório de lubrificante por ser um local que:

- Possui fácil acesso para reabastecimento;
- Apresenta pouca vibração;
- Pode ser fixado com apenas um suporte;
- Permite acondicionar a bomba de óleo;
- Permite acondicionar a placa eletrônica;
- Está posicionado próximo ao local de coleta dos dados odométricos;
- Está posicionado próximo ao local de aplicação do lubrificante na transmissão.

3.4 CONJUNTO 2 - BOMBA DE ÓLEO, MANGUEIRAS, VÁLVULA E SUPORTE DIRECIONADOR DE FLUXO

3.4.1 Função

Levando em consideração a função global do sistema de lubrificação automático de transmissões de motocicletas (Figura 41) o subconjunto 2 foi responsável pela transformação dos elementos de entrada identificados como energia mecânica e energia elétrica, no elemento de saída, chamado de corrente lubrificada.

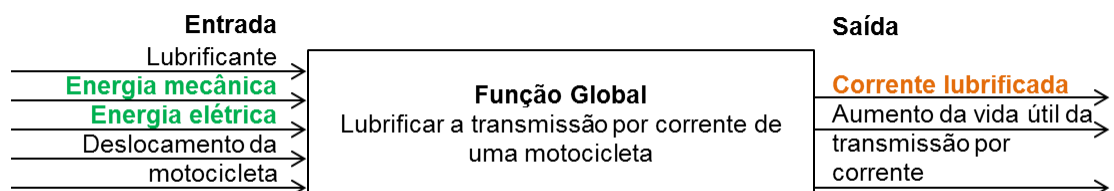


Figura 41 - Função global do produto
Fonte: Autoria própria

Em outras palavras, o conjunto 2 corresponde aos componentes responsáveis por transportar o fluido do reservatório até o local de aplicação do lubrificante na

transmissão da motocicleta, sendo necessária a utilização de uma bomba elétrica de óleo, um conjunto de mangueiras e um suporte para direcionar o fluxo de lubrificante.

3.4.2 Bomba de óleo

Bomba hidráulica é a discriminação do equipamento existente na parte inicial de um sistema hidráulico cuja responsabilidade é de transformar energia mecânica em energia hidráulica. De uma forma simplificada, as bombas fazem com que energia mecânica, oriunda de torque ou rotação, seja convertida em energia hidráulica na forma de vazão e pressão (SENAI - RJ, 2003, p. 83).

Para atender as necessidades do produto, a bomba que será responsável pelo transporte do lubrificante precisa preencher alguns requisitos, descritos no Quadro 6:

Requisito	Unidade	Tendência
Preço	R\$	↓
Peso	g	↓
Vazão	l/min	↑
Tensão de alimentação	V	↓
Tamanho	cm ³	↓
Pressão máxima	Pa	↑
Durabilidade	Unidade	↑

Quadro 6 – Requisitos da qualidade para a bomba hidráulica

Fonte: Autoria própria

Dentre os diversos tipos de bombas existentes no mercado, as voltadas para aplicações industriais são pouco indicadas para a aplicação no sistema de lubrificação, sendo o preço a principal característica que desqualifica esta categoria de produtos para a aplicação no produto desenvolvido neste projeto.


Dentre as bombas existentes no mercado, as destinadas aos automóveis são as que mais se enquadram nos requisitos do sistema de lubrificação. Como existem diversas bombas em um carro, usamos uma matriz de avaliação relativa (Quadro 7) para explicar qual modelo melhor se aplica de acordo com a necessidade do produto.

Critério de Avaliação	Bomba de combustível	Bomba de óleo de motor	Bomba de gasolina para partida a frio	Bomba de água do esguicho do para-brisas
Descrição				
Dimensões	Referência	-	+	+
Peso		-	+	+
Viscosidade máx. do fluido		+	+	+
Custo		-	+	+
Vida útil		+	+	+
Portabilidade		-	+	+
Instalação		-	+	+
Vazão		+	+	+
Somatório de +		3	8	8
Somatório de -		5	0	0
Valor Líquido (n ^o +) - (n ^o -)		-2	8	8
Ordenação de escolha		3 ^o	4 ^o	2 ^o

Quadro 7 - Tabela de Matriz Relativa - Bomba de fluidos
Fonte: Autoria própria

Avaliando os resultados positivos e negativos das quatro variedades de bombas tem-se que as bombas de gasolina para partida a frio e a bomba de água do esguicho do para-brisas apresentam a mesma pontuação. Porém foi considerada como 1^a colocada a bomba do para-brisas por ser um produto mais simples, com menos componentes, e conseqüentemente tem um preço de mercado ligeiramente menor que a bomba para partida a frio. Portanto a bomba aplicada é do tipo centrífuga de sucção negativa “afogada”.

Na Quadro 8 tem-se as especificações indicadas pelo fabricante da bomba. Deve-se lembrar que os valores de vazão e pressão são aplicados ao bombeamento de água. No caso do sistema de lubrificação, o fluido transportado é óleo SAE90 que apresenta viscosidade (193 cSt a 40°C) maior que a água (0,658 cSt a 40°C).

	Característica	Unidade	Valor
	Rotação	Rpm	15000
	Vazão	ml/s	50
	Pressão	KPa	260
	Tensão	V	12
	Corrente	A	4,8

Quadro 8 – Especificações da bomba hidráulica elétrica

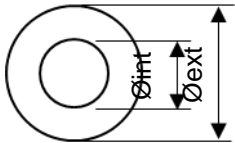
Fonte: Autoria própria

No mercado chinês existem micro bombas de fluidos que também se enquadram no projeto com a vantagem de serem mais compactas que a bomba selecionada, todavia são difíceis de serem encontradas no mercado brasileiro. A possibilidade de importação é inviável pois as remessas são feitas em pacotes com grandes quantidades, o que não atende às necessidades deste projeto.

3.4.3 Mangueiras

As mangueiras são as tubulações por onde são transportados dos fluidos de um local para outro.

Como a bomba selecionada para o sistema de lubrificação é a mesma aplicada nos sistemas de limpeza de para-brisas de carros, optou-se por empregar no projeto o mesmo tipo de mangueiras corriqueiramente aplicadas pela indústria automobilística, no caso, feita de borracha e apresentando as dimensões mostradas no Quadro 9.

	Dimensão	Unidade	Valor
	Diâmetro Interno	mm	4
	Diâmetro Externo	mm	7

Quadro 9 – Especificações das dimensões da mangueira

Fonte: Autoria própria

3.4.4 Suporte direcionador de fluxo

O suporte direcionador de fluxo nada mais é que a fixação da extremidade da mangueira que será responsável por gotejar o lubrificante na corrente de transmissão.

Para o desenvolvimento do suporte direcionador de fluxo foram levantadas quatro possibilidades de locais de fixação na motocicleta, assim como a eficácia do local lubrificado. Abaixo tem-se a descrição de cada um dos lugares propostos.

1. Zona central, face externa

Lubrificação na região central da corrente, sendo o fluido gotejado na face externa da corrente. A fixação seria feita sobre o protetor de corrente, utilizando um pequeno suporte para estabilizar a mangueira e com um furo no protetor para acesso a corrente (Figura 42 – Lubrificação na zona central, face externa).

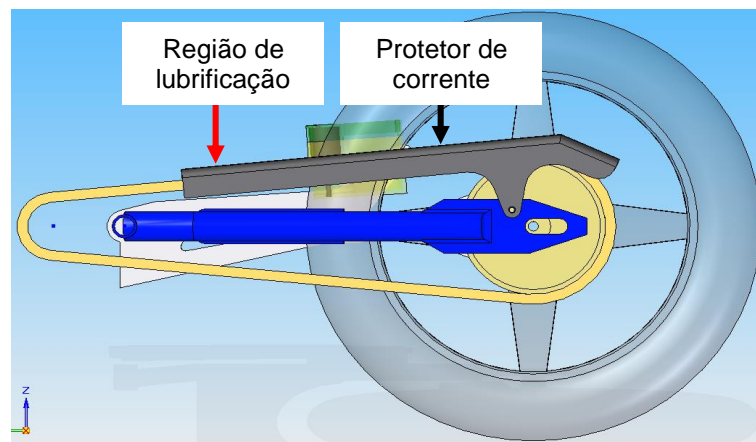


Figura 42 – Lubrificação na zona central, face externa
Fonte: Autoria própria

2. Zona central, face interna

Lubrificação na região central da corrente, sendo o fluido gotejado na face interna da corrente. A fixação seria feita sobre a suspensão traseira através um suporte para fazer o posicionamento da mangueira na região de lubrificação (Figura 43).

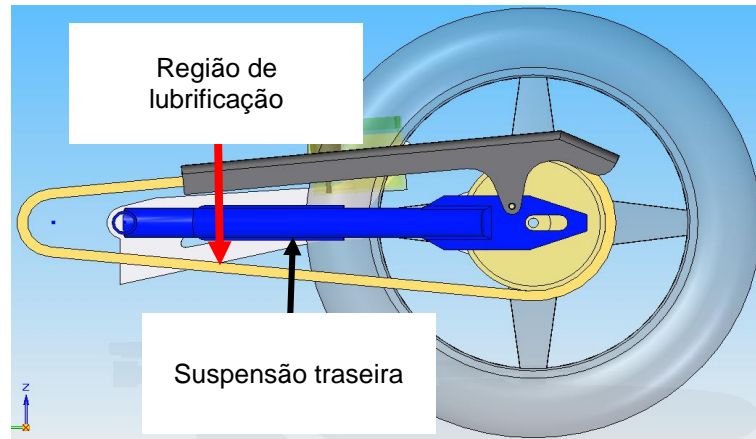


Figura 43 – Lubrificação na zona central, face interna
Fonte: Autoria própria

3. Zona do pinhão, face externa

Lubrificação na região próxima ao pinhão do sistema de transmissão, sendo o fluido gotejado na face externa da corrente. A fixação seria sobre a carenagem de proteção de corrente através um suporte para fazer o posicionamento da mangueira na região de lubrificação (Figura 44).

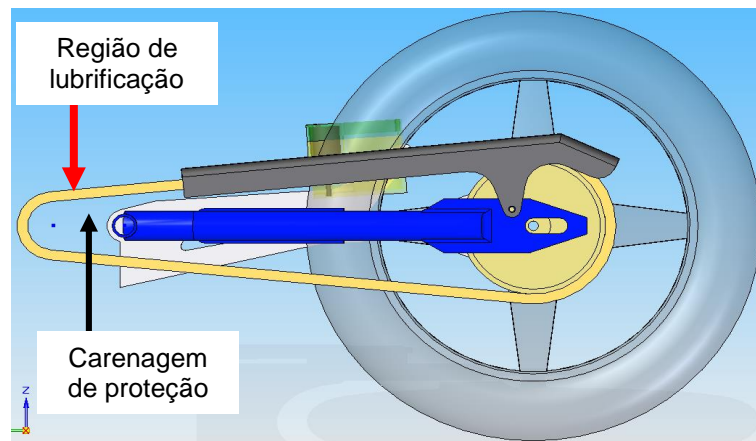


Figura 44 – Lubrificação na zona do pinhão, face externa
Fonte: Autoria própria

4. Zona da coroa, face interna

Lubrificação na região próxima à coroa do sistema de transmissão, sendo o fluido gotejado na face interna da corrente. A fixação seria realizada com o parafuso

do protetor de corrente, ou o parafuso do eixo traseiro, ou na suspensão traseira (Figura 45).

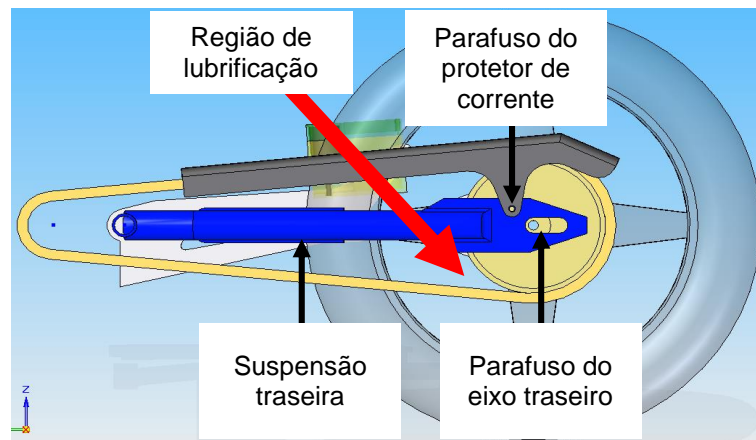


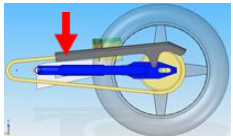
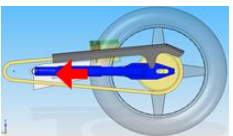
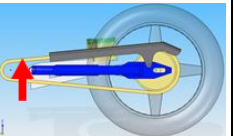
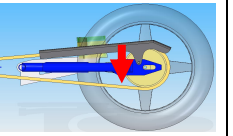
Figura 45 – Lubrificação na zona do pinhão, face externa
Fonte: Autoria própria

Seguindo a metodologia adotada neste projeto, foi elaborada uma tabela de matriz de avaliação relativa (BACK e FORCELLINI, 2000) para quantificar as características positivas e negativas. A tabela 8 mostra os resultados obtidos:

Como resultado da matriz de avaliação relativa foi escolhida a zona da coroa com aplicação na face interna da corrente (Quadro 10).

Apesar da zona central da corrente, na face externa, ser a região mais próxima o reservatório e exigir um suporte simples de montagem, optou-se pela zona próxima da coroa, na face interna da corrente, por ser indicada a região de maior eficiência de lubrificação de corrente de roletes, uma vez que a força centrífuga atua de que o lubrificante penetre os componentes da corrente (MOURA, et al., 1975).

Aplicando o lubrificante na face externa da corrente, a maior parte deste é expelida da corrente antes de atingir todos os seus componentes.

Descrição	Zona central, face externa	Zona central, face interna	Zona do pinhão, face externa	Zona da coroa, face interna
				
Eficiência de lubrificação	Referência	+	-	+
Distância do reservatório		-	-	-
Complexidade do suporte		-	-	-
Vida útil do suporte		-	+	+
Acesso de montagem		-	-	+
Somatório de +		1	1	3
Somatório de -		4	4	2
Valor Líquido (n ^{o+}) - (n ^{o-})		-3	-3	1
Ordenação de escolha	2 ^o	3 ^o	4 ^o	1 ^o

Quadro 10 – Matriz de avaliação relativa – região de lubrificação

Fonte: Autoria própria

Definido a região de lubrificação, faz-se necessário desenvolver o suporte de fluxo. Assim como mencionado na descrição da região de lubrificação escolhida, existem três possibilidades de fixação do suporte na motocicleta, sendo estes descritos abaixo:

1. Parafuso de fixação do protetor de corrente

Suporte de fixação dobrado e furado, fixo com o mesmo parafuso de fixação do protetor de corrente (Figura 46).

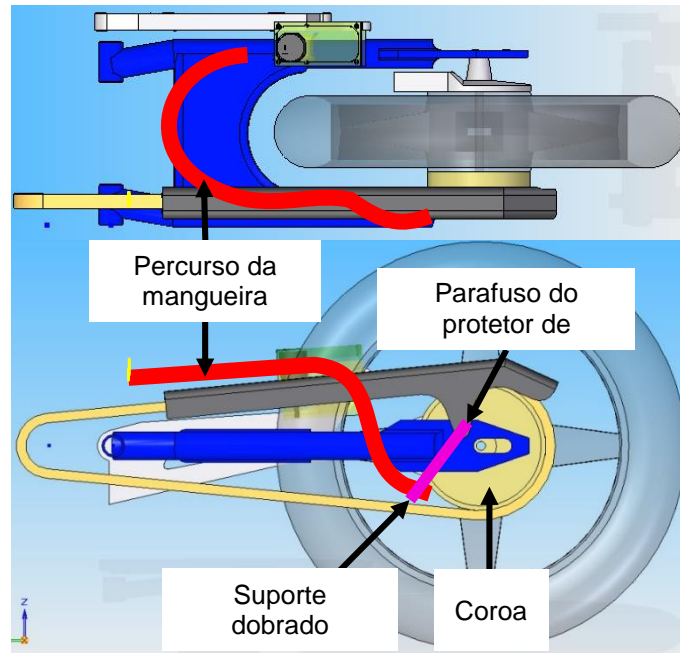


Figura 46 – Fixação no parafuso do protetor de corrente
Fonte: Autoria própria

2. Parafuso do eixo traseiro

Suporte de fixação dobrado e furado fixo no parafuso do eixo traseiro da motocicleta (figura Figura 47).

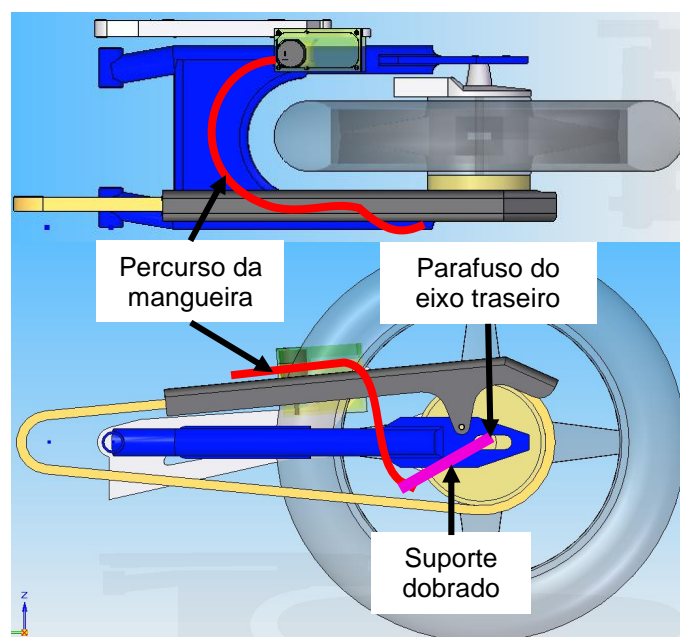


Figura 47 – Fixação no parafuso do eixo traseiro
Fonte: Autoria própria

3. Braço da suspensão traseira

Suporte de fixação usinado ou injetado fixo diretamente no braço da suspensão por braçadeiras (Figura 48).

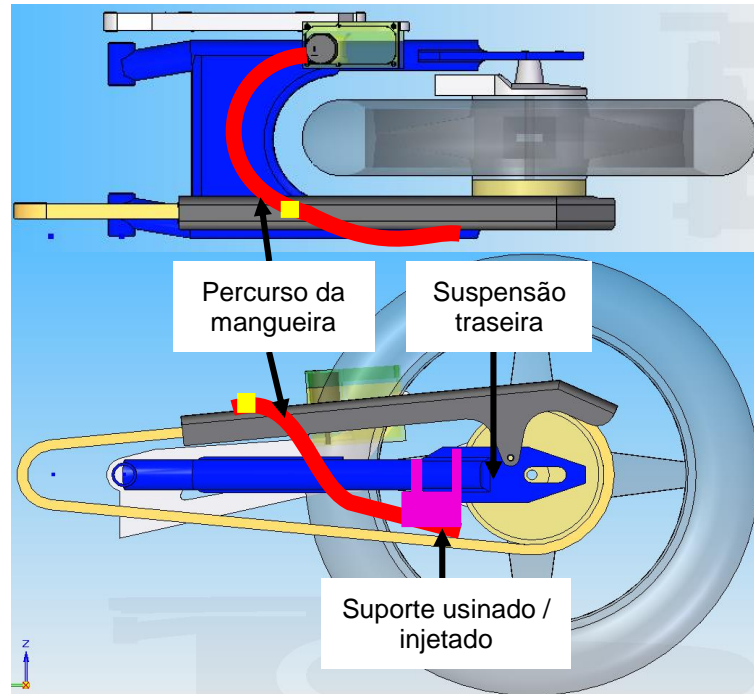


Figura 48 – Fixação no braço da suspensão traseira
Fonte: Autoria própria

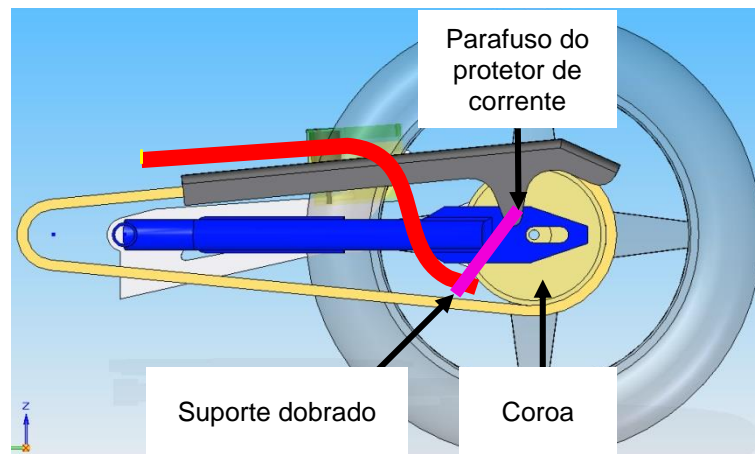
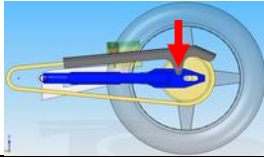
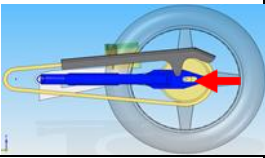
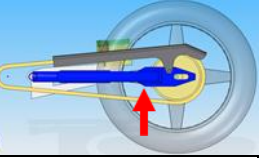


Figura 49 – Posição definida para o suporte direcionador de fluxo
Fonte: Autoria própria

Novamente aplicando a matriz de avaliação relativa, obtêm-se o melhor ponto de fixação, mostrado no Quadro 11.

	Parafuso de fixação do protetor de corrente	Parafuso do eixo traseiro	Braço da suspensão
Descrição			
Quantidade de componentes	Referência	+	-
Complexidade do suporte		-	-
Tamanho do suporte		-	-
Vida útil do suporte		+	+
Dificuldade de montagem		-	-
Facilidade de ajustes		-	-
Somatório de +		2	1
Somatório de -		4	5
Valor Líquido (nº+) - (nº-)		-2	-4
Ordenação de escolha		1º	2º

Quadro 11 – Matriz de avaliação relativa – Fixação do suporte de lubrificação

Fonte: Autoria própria

Resumindo a definição da escolha da concepção do suporte direcionador de fluxo, tem-se que o lubrificante deve ser aplicado na face interna da corrente e na região mais próxima possível da coroa para ter a melhor eficiência de lubrificação. Para posicionar a extremidade da mangueira deve-se utilizar um suporte dobrado e furado fixo ao mesmo parafuso de fixação do protetor de corrente, conforme a Figura 49.

3.5 CONJUNTO 3 - PLACA ELETRÔNICA, SENSOR E SUPORTE DO SENSOR

3.5.1 Função

Dentro da função global do produto, visto na Figura 50, a placa eletrônica, ou sistema eletrônico, seu sensor e suportes foram responsáveis pelas tarefas mais nobres no sistema de lubrificação; obtenção de dados, tratamento de dados e ação de controle.

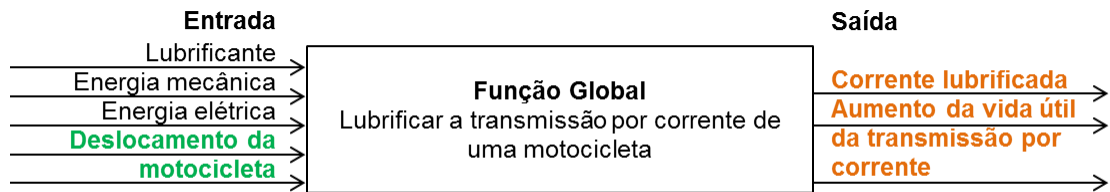


Figura 50 - Função global do produto
Fonte: Autoria própria

No sistema eletrônico, ficaram concentradas as tarefas de obtenção dos elementos de entrada chamados de deslocamentos da motocicleta. O processamento desta informação gera a ação de lubrificação da transmissão por corrente e tem-se como resultado o elemento de saída chamado de corrente lubrificada e o consequente aumento da vida útil da transmissão por corrente.

Os principais elementos deste conjunto são detalhados a seguir.

3.5.2 Microcontrolador

Entre as especificações produto, há a solicitação de que, uma vez instalado o equipamento, este seja completamente autônomo para realizar a lubrificação da transmissão secundária da motocicleta. Para atender a esta demanda foi evidenciada a necessidade da aplicação do controle eletrônico através de um microcontrolador.

Um microcontrolador é basicamente um computador com arquitetura simplificada construído sobre um único chip de baixo custo. A citação de um “único chip” quer dizer que estruturalmente há computador inteiro contido dentro de um único encapsulamento de circuito integrado (IOVINE, 2004)

Assim como um computador pessoal, um microcontrolador possui:

- CPU (*central processing unit*);
- ROM (*read only memory*);
- RAM (*random access memory*);
- Portas de entrada e saída I/O (*input/output*);
- Temporizadores (*timers*);
- Outros periféricos embutidos para a comunicação dele com o mundo.

Este conjunto estrutural possibilita que o microcontrolador carregue, armazene e execute um algoritmo e assim efetue alguma tarefa de controle.

3.5.2.1 Seleção do microcontrolador

Os primeiros microcontroladores eram selecionados basicamente pela sua velocidade de processamento, todavia com a evolução da tecnologia voltada para este tipo de produto, diversos itens se tornaram critérios para a seleção de tais componentes dentro do projeto.

Os microcontroladores são divididos em famílias de arquitetura, as quais são usualmente divididas a partir da sua quantidade de bits (8, 16, 32 *bits*).

Foi utilizada para auxiliar na escolha do processador algumas instruções publicadas em uma revista técnica (SABER ELETRÔNICA, 2009).

A primeira etapa para selecionar o microcontrolador foi avaliar qual era a menor arquitetura capaz de executar as tarefas solicitadas pelo sistema. Neste quesito vale salientar que famílias com menor quantidade de bits são mais baratas; sendo assim, a família de 8 bits apresenta menor custo em relação as demais famílias. Esta etapa é importante, pois apresenta grande impacto no custo final do sistema.

A segunda etapa de seleção do microcontrolador foi a definição da linguagem de programação, sendo ela de alto nível (exemplo, linguagem C) ou baixo nível (exemplo, linguagem *assembly*). O tipo de linguagem tem impacto sobre o desempenho do sistema; como exemplo, pode-se citar que linguagens de baixo nível são mais eficientes e ocupam menos memória, quando comparadas com as de alto nível. Em produtos produzidos em alta escala a escolha por uma linguagem de baixo nível pode significar a diminuição de custos através de seleção de uma arquitetura menor para o sistema. Para o caso de um protótipo, o fato das linguagens de alto nível serem mais fáceis de serem programadas pode simplificar o desenvolvimento do projeto.

Outro item importante na seleção do microcontrolador foi a determinação da frequência de barramento (*clock*) mínima, sendo que esta frequência determina a taxa de processamento do sistema em um período de tempo. De maneira geral, quanto mais rápido for o sistema, maior será a arquitetura, o consumo de energia e conseqüentemente o custo do componente.

Existem diversos recursos disponíveis nos chips que possibilitam aumentar o grau de confiabilidade e intergeração com o menor custo possível. Quanto maior as quantidades de recursos estiverem inseridas dentro do microcontrolador, menor será

a necessidade da criação de circuitos externos e conseqüentemente mais confiável será o projeto.

É grande a gama de recursos existente nos microcontroladores, porém como o foco deste trabalho não é fazer o estudo aprofundado de cada um dos recursos e suas especificações foram levantados e indicados no Quadro 12 os requisitos mínimos para o sistema automático de lubrificação de correntes de motocicletas, objeto deste trabalho.

Requisitos mínimos	Unidade	Valor
Memória de programa	KBytes	3,5
Memória RAM	Bytes	256
Frequência de barramento (<i>Clock</i>)	Mhz	4
Portas de entrada	Unidade	1
Portas de saída	Unidade	2
Temporizador	Unidade	1
Interrupção	Unidade	1

Quadro 12 – Requisitos mínimos para o microcontrolador

Fonte: Autoria própria

Feito o levantamento dos requisitos mínimos e comparando com os microcontroladores disponíveis no mercado chega-se à conclusão que a grande maioria dos modelos, até mesmo os mais simples, atendem à necessidade do projeto. Diante deste cenário favorável foi escolhido trabalhar com os microcontroladores PIC produzidos pela MicroChip e desenvolver o protótipo com o modelo 16F628A (Figura 51) que atende a todos os requisitos mínimos e é de fácil aquisição no mercado de componentes eletrônicos em Curitiba.



Figura 51 – Microcontrolador PIC 16F628A

Fonte: Autoria própria

Como ideia de melhoria do projeto, uma possibilidade é utilizar os microcontroladores com encapsulamento de 8 pinos, como o PIC12F1572 ou PIC12F1612, que possibilitam a confecção de uma placa de circuito impresso com tamanho e custo menores.

3.5.3 Sensor





“Aquilo que sente” pode ser uma definição simplória para sensor, mas é uma afirmação válida. Na eletrônica todo componente ou circuito eletrônico capaz de fornecer informação do ambiente pode atender pela denominação sensor, seja medindo informações simples como a luminosidade ou temperatura de um local, ou até detecção de radiação cósmica (PATSKO, 2006).

Neste projeto, a tarefa do sensor estará restrita à medição do deslocamento da motocicleta no tempo. Este tipo de medição de deslocamento também é conhecido como odometria. A indústria automobilística é o setor que mais aplica este tipo de medição.

Os sensores odométricos aplicados na indústria automobilística evoluíram partindo de uma construção tradicional puramente mecânica para versões quase que totalmente eletrônicas.

Para a aplicação no sistema de lubrificação foi feito um levantamento sobre qual tipo de sensor odométrico poderia ser aplicado como solução. Para tal atividade a primeira e mais importante necessidade foi garantir que este possuía interface eletrônica para enviar informação para o microcontrolador. Desta forma o velocímetro da motocicleta ou qualquer adaptação do velocímetro mecânico foram descartados. Por outro lado, os sensores eletrônicos aplicados nos veículos apresentam custos altos que não condizem ao orçamento disponível para a construção do protótipo e que também tornaria o sistema de lubrificação pouco competitivo. A solução encontrada foi fazer uma pesquisa sobre os tipos de sensores existentes no mercado. O fruto da pesquisa resultou na matriz de análise relativa expressa no Quadro 13.

Conforme mostrado na matriz de análise relativa, os sensores magnéticos do tipo *Reed-Switch* foram os mais indicados para serem adaptados ao sistema de lubrificação.

Critério de Avaliação	Sensor Magnético Reed-Switch	Sensor Indutivo	Sensor Capacitivo	Sensor Ótico
Descrição				
Dimensões	Referência	-	-	-
Peso		-	-	-
Velocidade de chaveamento		+	+	+
Custo do sistema		-	-	+
Vida Útil		+	+	-
Instalação		-	-	-
Somatório de +		2	2	2
Somatório de -		4	4	4
Valor Líquido (nº+) - (nº-)		-2	-2	-2
Ordenação de escolha		1º	2º	2º

Quadro 13 – Matriz de análise relativa - sensor odométrico

Fonte: Autoria própria

O sensor ou chave magnética (*reed-switch*) é basicamente uma chave digital composta por dois contatos de metal, encapsulados em vidro (Figura 52) que em uma situação normal encontram-se afastados. Na presença de um campo magnético os contatos são fechados, podendo desta forma conduzir corrente elétrica e ser atribuídos como um sinal eletrônico (PATSKO, 2006, p. 69).

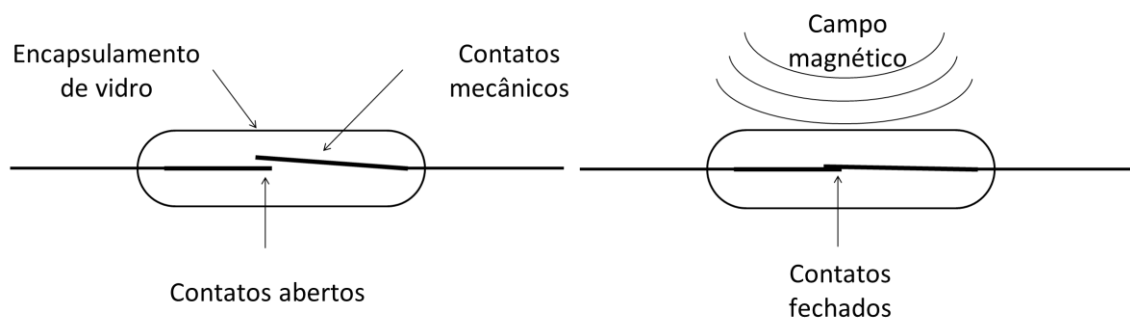


Figura 52 – Esquemático do sensor *reed-switch*

Fonte: Autoria própria

3.5.4 Suporte DO SENSOR

Para o desenvolvimento do suporte do sensor foram levantadas quatro possibilidades de locais de fixação na motocicleta. Tem-se a descrição de cada um dos lugares propostos.

1. Ímã na roda dianteira e sensor no braço esquerdo

Nesta configuração tem-se o ímã fixo diretamente em um raio da roda dianteira e o sensor fixo no braço esquerdo da suspensão dianteira (Figura 53). Esta configuração tem como vantagem requerer uma base simples de fixação do suporte; por outro lado, fica localizado distante do sistema eletrônico que é preso ao estribo direito do passageiro.

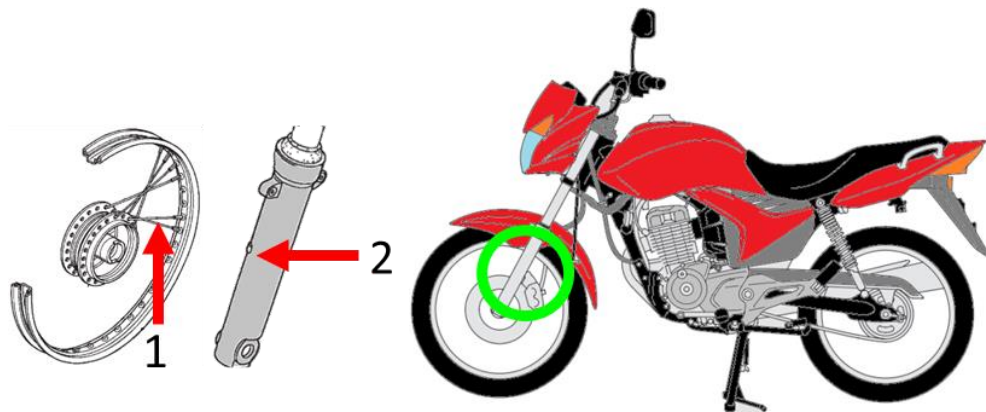


Figura 53 – Posição 1 do sensor odométrico
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

2. Ímã no disco de freio dianteiro e sensor no braço direito

Nesta configuração, tem-se o ímã fixo diretamente no disco de freio dianteiro através de um suporte e o sensor fica fixo no braço direito da suspensão dianteira (Figura 54). Nesta configuração existem vários pontos negativos, como a complexidade dos suportes do ímã e do sensor, além dele estar localizado distante do sistema eletrônico que fica preso ao estribo direito do passageiro.

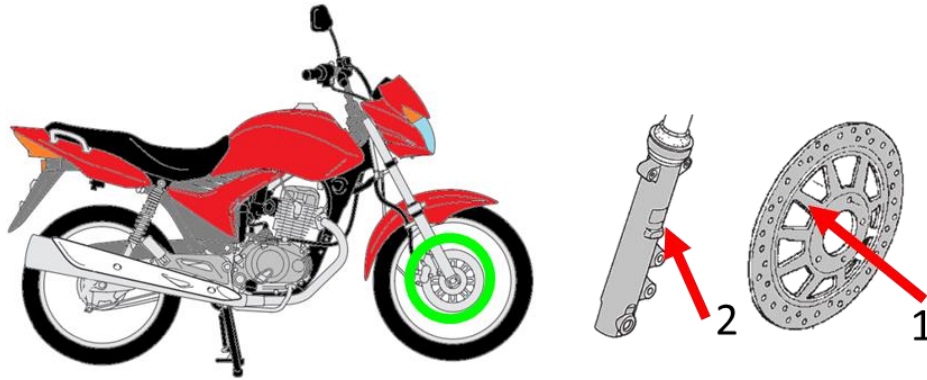


Figura 54 – Posição 2 do sensor odométrico
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

3. Ímã na coroa e sensor no braço esquerdo

Nesta configuração tem-se o ímã fixo diretamente na coroa do sistema de transmissão através de um suporte e o sensor fica fixo no braço esquerdo da suspensão traseira (Figura 55). Esta configuração apresenta vários pontos negativos como a complexidade dos suportes do ímã e do sensor, porém está localizado próximo do sistema eletrônico que fica preso ao estribo direito do passageiro.

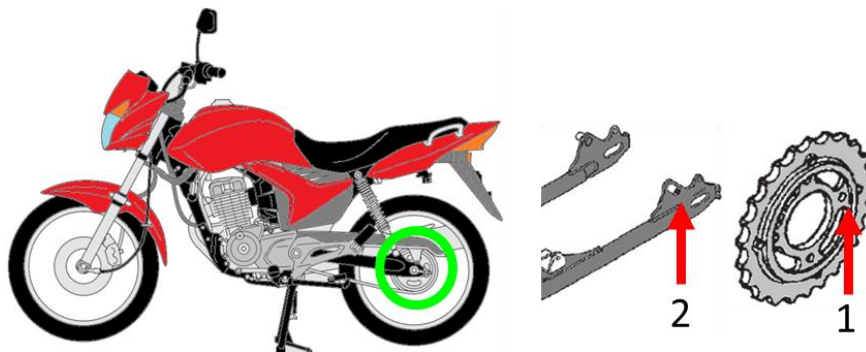


Figura 55 – Posição 3 do sensor odométrico
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

4. Ímã na roda traseira e sensor no tambor de freio traseiro

Nesta configuração tem-se o ímã fixo diretamente em um raio da roda traseira e o sensor fixo no tambor de freio traseiro da moto (Figura 56). Esta configuração tem como vantagens estar na região mais próxima do sistema eletrônico que fica preso ao estribo direito do passageiro e tem uma fixação simples do ímã, por outro lado requer um suporte do sensor relativamente complexo.

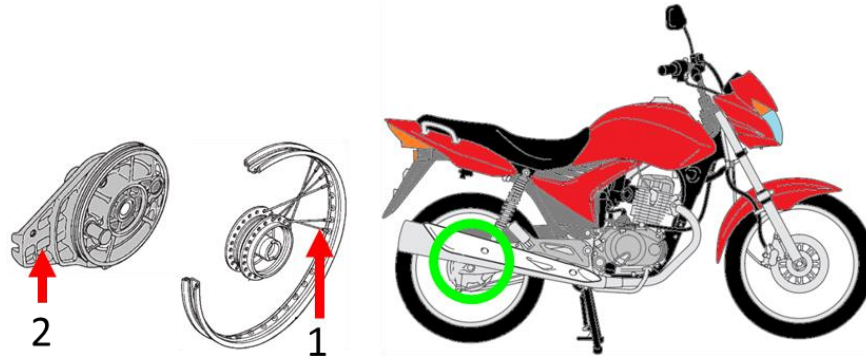


Figura 56 – Posição 3 do sensor odométrico
Fonte: Adaptado HONDA MOTORS (2009)

Descrição	(1)Ímã na roda dianteira (2)Sensor no braço esquerdo	(1)Ímã no disco de freio dianteiro (2)Sensor no braço direito	(1)Ímã na roda traseira (2)Sensor no braço esquerdo	(1)Ímã na coroa (2)Sensor no braço esquerdo	(1)Ímã na roda traseira (2)Sensor no tambor de freio traseiro
Complexidade do suporte do ímã		-	=	-	=
Acesso de montagem do ímã		-	=	-	=
Risco de dano ao ímã		+	=	+	=
Complexidade do suporte do sensor		=	-	-	-
Acesso de montagem	Referência	-	-	-	-
Risco de dano ao sensor		=	-	-	+
Distância do sistema eletrônico		=	+	+	+
Somatório de +		1	1	2	2
Somatório de -		3	3	5	2
Valor Líquido (nº+) - (nº-)		-2	-2	-3	0
Ordenação de escolha	1º	2º	2º	3º	1º

Quadro 14 – Matriz de análise relativa – Posição do sensor odométrico
Fonte: Autoria própria

Para auxiliar a decisão do local de fixação do sensor foi feita uma matriz de análise relativa apresentada no Quadro 14.

A matriz de análise relativa indica que existem duas opções que apresentam a mesma pontuação, uma com fixação na região dianteira (solução 1) e outra com fixação na região traseira (solução 4). Para a escolha de uma das opções, foi avaliada a distância do sensor em relação ao sistema eletrônico como critério de maior relevância da matriz de análise relativa e desta forma, ela foi selecionada.

3.6 RESUMO DO EQUIPAMENTO

O sistema de lubrificação automatizado é um produto destinado para motocicletas de baixa cilindrada e os componentes descritos abaixo foram selecionados tendo a Honda CG150 Titan como modelo de referência.

3.6.1 Reservatório de óleo e suporte

- Reservatório de lubrificante que permite a fixação da bomba de fluidos e sistema eletrônico (placa);
- Capacidade mínima de 50ml;
- Fixo no estribo direito do passageiro;

3.6.2 Bomba de óleo, mangueiras e suporte direcionador de fluxo

- Bomba centrífuga 12V, 4,8W, típica em limpadores de para-brisa;
- Bomba fixa diretamente no reservatório de fluido;
- Mangueiras de borracha de 7mm de diâmetro externo e 4mm de diâmetro interno;
- Suporte direcionador de fluxo aplicando lubrificante na face interna da corrente, próximo a coroa;
- Fixação do suporte com o mesmo parafuso do protetor de corrente;
- Suporte feito de perfil dobrado, aço carbono ABNT1020 (ABNT, 2000).

3.6.3 Placa eletrônica, sensor e suporte do sensor

- Placa eletrônica fixada diretamente no reservatório de lubrificante;
- Microcontrolador 16F628A fabricado pela Microchip alimentado com 12V;
- Sensor magnético tipo *reed-swicth*;
- Sensor fixado no tambor de freio traseiro e peça magnética fixada no raio da roda.

4. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

4.1. ESTRATÉGIA ADOTADA

A construção do protótipo seguiu a mesma divisão feita no projeto preliminar e desta forma tem-se uma divisão em três conjuntos principais:

- Reservatório de óleo e suporte;
- Bomba de óleo, mangueiras, válvula e suporte direcionador de fluxo;
- Placa eletrônica, sensor e suporte do sensor.

4.2. RESERVATÓRIO DE ÓLEO E SUPORTE

Os reservatórios de pequeno volume de fluidos aplicados na indústria automobilística são em sua maioria fabricados a partir da injeção de duas peças poliméricas e união destas por termofusão.

Como o projeto não visa desenvolver um processo de fabricação de série do produto objeto desta pesquisa, não foi realizado o desenvolvimento de moldes de injeção e processo de soldagem por termofusão. Para a construção do reservatório, optou-se por utilizar um design do produto com superfícies planas possibilitando a usinagem convencional das peças a partir de blocos de algum polímero. Para os suportes optou-se por utilizar placas laminadas em ABS e aço carbono 1020.

No projeto preliminar foi definido que o reservatório seria montado no estribo direito do passageiro e fixo no parafuso de fixação do cano de escape da motocicleta, conforme mostrado na Figura 57.



Figura 57 – Região onde foi montado o reservatório
Fonte: Autoria própria

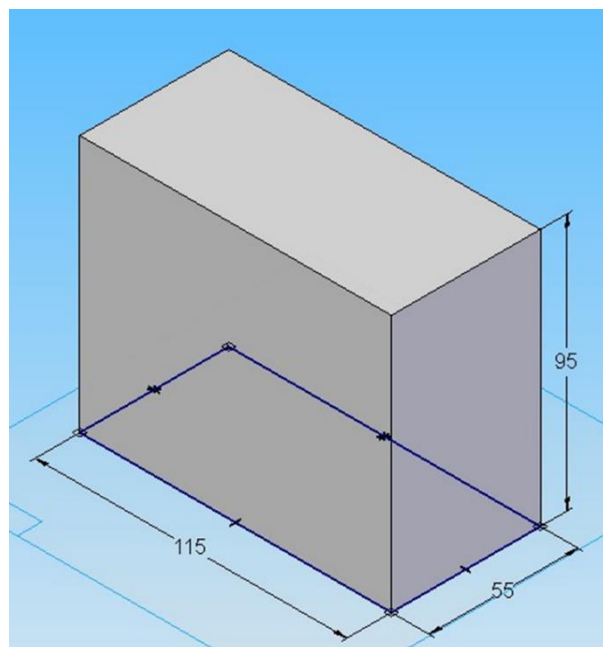


Figura 58 – Dimensões do bloco usinado
Fonte: Autoria própria

Uma das primeiras atividades realizadas para iniciar a modelagem do reservatório, foi descobrir quais seriam as dimensões máximas que o reservatório poderia ser construído. Para tal atividade foi feito um protótipo em isopor que forneceu as dimensões limitantes do projeto (Figura 58).

Estas dimensões consideram uma distância mínima de:

- 20 mm do reservatório em relação ao pneu;
- 5 mm do topo do reservatório em relação à carenagem lateral da motocicleta.
- 10 mm do topo do reservatório em relação à mola do sistema de amortecimento;
- 10 mm do fundo do reservatório em relação à balança de suspensão (posição no final de curso da suspensão).

A criação das distâncias mínimas objetivou eliminar qualquer tipo de interferência do protótipo com a motocicleta durante sua utilização.

Para ser possível a confecção do reservatório em uma fresadora convencional, foi necessário dividi-lo em um conjunto de peças com geometrias simplificadas, para posterior montagem, conforme ilustrado na Figura 59.

As três partes foram montadas utilizando parafusos de rosca soberba além de juntas de borracha para realização da vedação da zona de acondicionamento do lubrificante. Para permitir a utilização de parafusos na fixação dos componentes, foi necessário dimensionar as paredes do reservatório com cinco milímetros de espessura e desta forma estruturar o reservatório para suportar o torque necessário para a vedação, cerca de 4 N.mm sem deformar as paredes do reservatório ou espanar a rosca feita pelo parafuso. No total foram necessários oito parafusos e duas juntas de estanqueidade para promover uma boa vedação do conjunto.

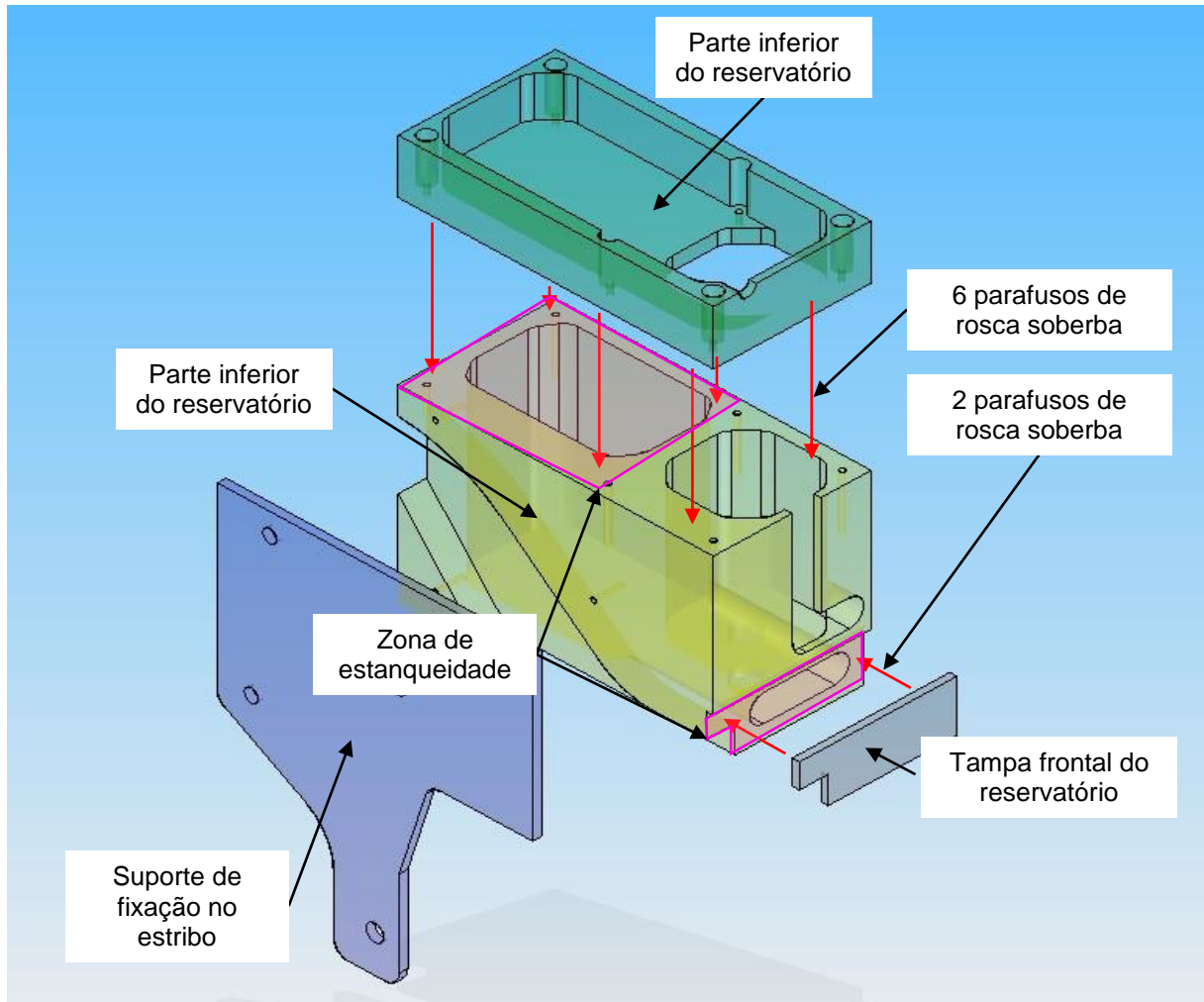


Figura 59 – Ilustração do *design* simplificado para usinagem - estanqueidade
Fonte: Autoria própria

Na parte inferior foi criada uma zona de interface com o estribo da motocicleta (Figura 60) de forma que esta se encaixe no volume do componente e permita a fixação de um suporte, que quando fixo por três parafusos, atue como uma braçadeira.

Ainda na parte inferior, foram utilizadas as dimensões da bomba de óleo definidas no projeto preliminar, para criar a região de alojamento deste componente junto ao reservatório.

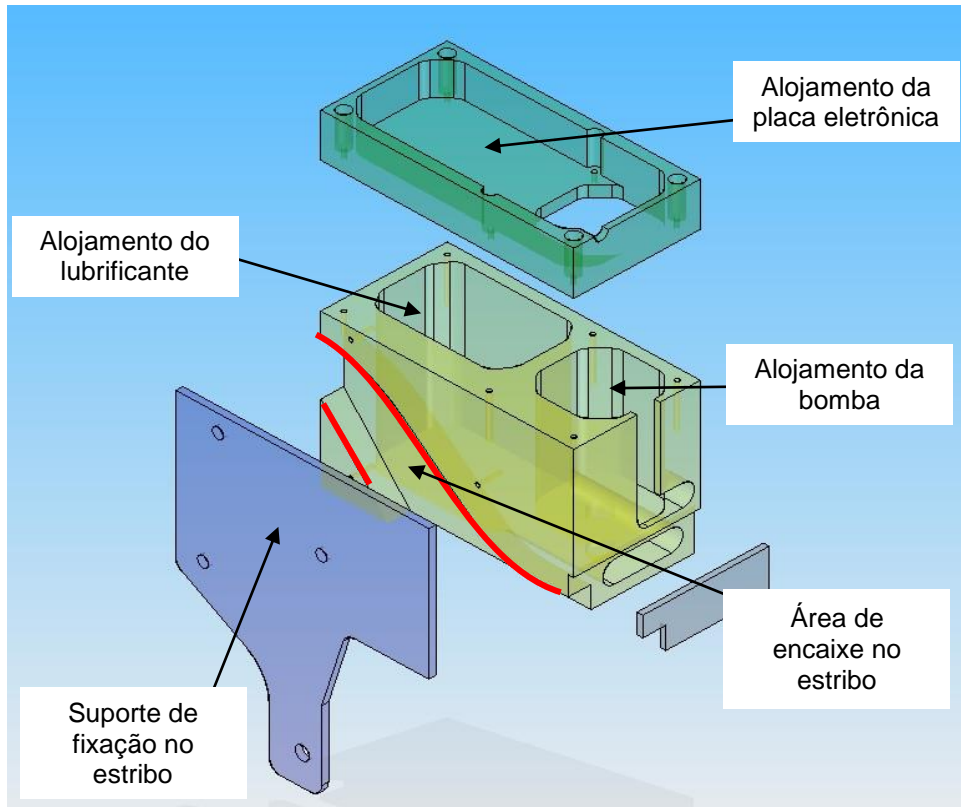


Figura 60 – Ilustração do *design* simplificado para usinagem – fixação lateral
Fonte: Autoria própria

A parte superior do alojamento além de conter a zona de alojamento da placa eletrônica, também possui o local do alojamento da bomba (Figura 60).



Figura 61 – Reservatório montado na motocicleta
Fonte: Autoria própria

O resultado do conjunto do reservatório montado é mostrado na Figura 61:

4.3. BOMBA DE ÓLEO, MANGUEIRAS E SUPORTE DIRECIONADOR DE FLUXO

A bomba de óleo e as mangueiras foram definidas no projeto preliminar e, como estes são componentes comprados, precisa-se apenas montá-los. Sendo assim, para este conjunto, a principal atividade foi a de confeccionar o suporte direcionador de fluxo.

Para a confecção do suporte foi utilizada uma barra de aço carbono 1020 com as dimensões informadas abaixo.

- 3 mm de espessura;
- 12 mm de largura;
- 195 mm de comprimento.

Foi utilizado o processo de dobra para dar o formato de “L” ao componente. A fixação do suporte utilizou o mesmo parafuso de fixação do protetor de corrente, conforme indicado no projeto preliminar.

Para criar a interface da mangueira com o suporte, foi utilizado um clipe comercial de cabeamento da instalação elétrica de veículos e um protetor plástico para evitar que a corrente danifique a base do clipe (Figura 62).

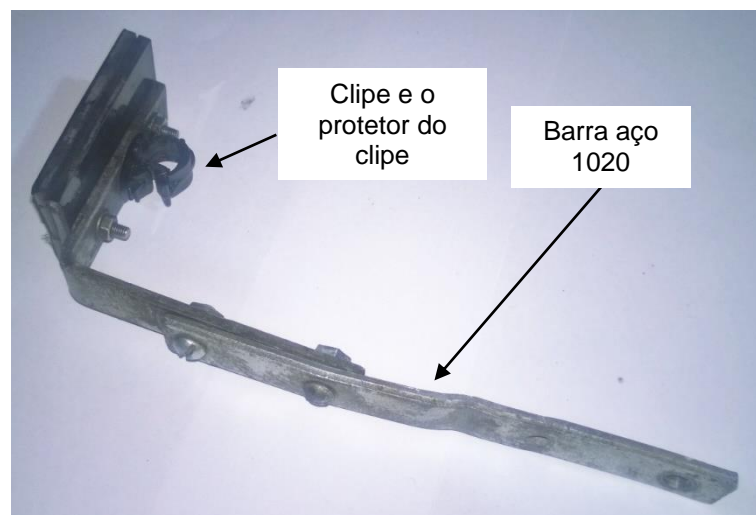


Figura 62 – Suporte direcionador de fluxo
Fonte: Autoria própria

O material possui camada de proteção de zinco para evitar a oxidação em campo.

O circuito por onde a mangueira é posicionada e a montagem do conjunto na motocicleta são mostrados nas Figura 63 e Figura 64.

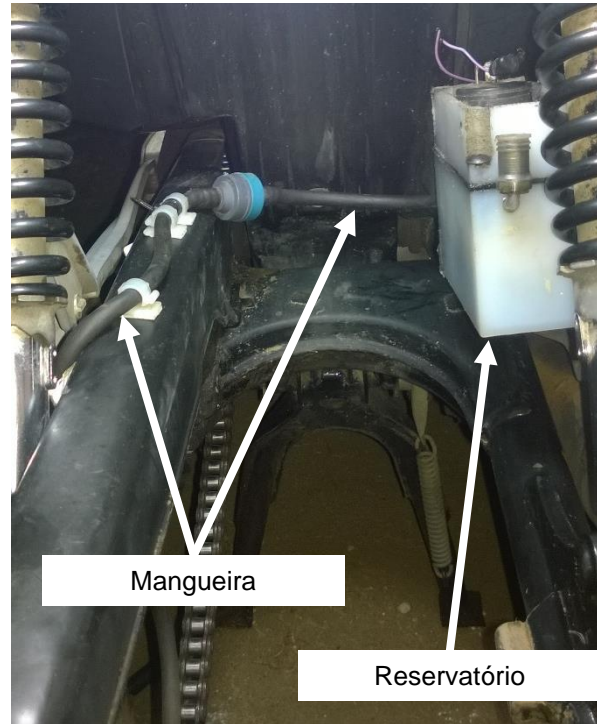


Figura 63 – Circuito hidráulico - vista posterior
Fonte: Autoria própria



Figura 64 – Circuito hidráulico - vista lateral
Fonte: Autoria própria

4.4. PLACA ELETRÔNICA, SENSOR E SUPORTE DO SENSOR

Para a construção da placa eletrônica foi utilizada a versão gratuita do aplicativo para construção de circuitos eletrônicos chamado Eagle PDC Designer Software V. 6.1, produzido pela Cadsoftusa. Este aplicativo permite a elaboração do esquemático elétrico e posterior criação do layout da placa eletrônica. Nas Figura 66 e Figura 65 estão respectivamente o *layout* da placa e o esquemático elétrico.

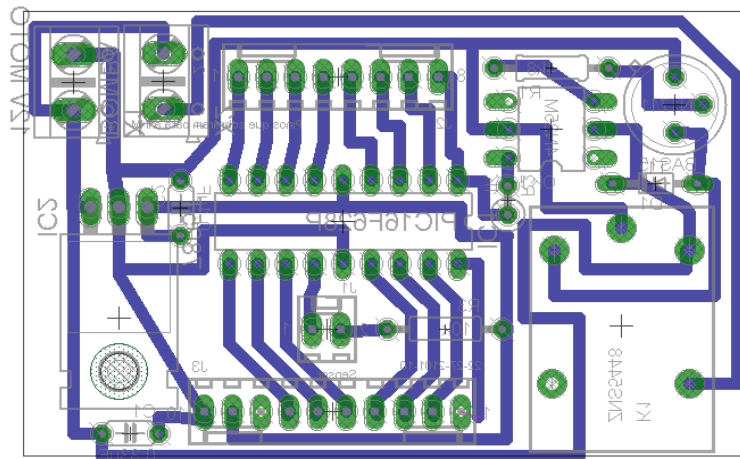


Figura 65 – *Layout* da placa eletrônica desenvolvido no *Eagle PDC Designer Software*
Fonte: Autoria própria

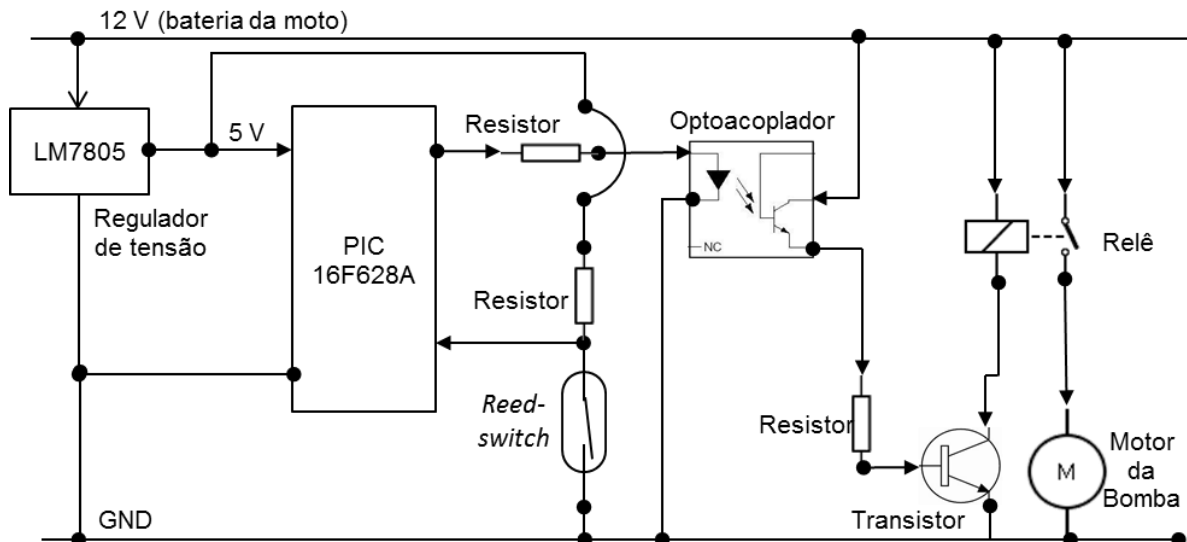


Figura 66 – Esquemático eletrônico desenvolvido no *Eagle PDC Designer Software*
Fonte: Autoria própria

A confecção da placa de circuito (Figura 67) utilizou a técnica de ataque químico de uma lâmina de cobre. Para a realização de tal procedimento foi necessário dividir o processo em duas etapas principais:

- Realizar a impressão por transferência térmica de impressão do papel *glossy photo paper* para uma placa de fibra de vidro/fenolite que possui uma camada de cobre. Esta técnica é amplamente utilizada para confecção de protótipos de baixo custo.
- Realizar o ataque químico da placa.

A programação do microcontrolador foi elaborada com o auxílio do aplicativo de desenvolvimento da Microchip, Mplab Integrated Development Environment (IDE).

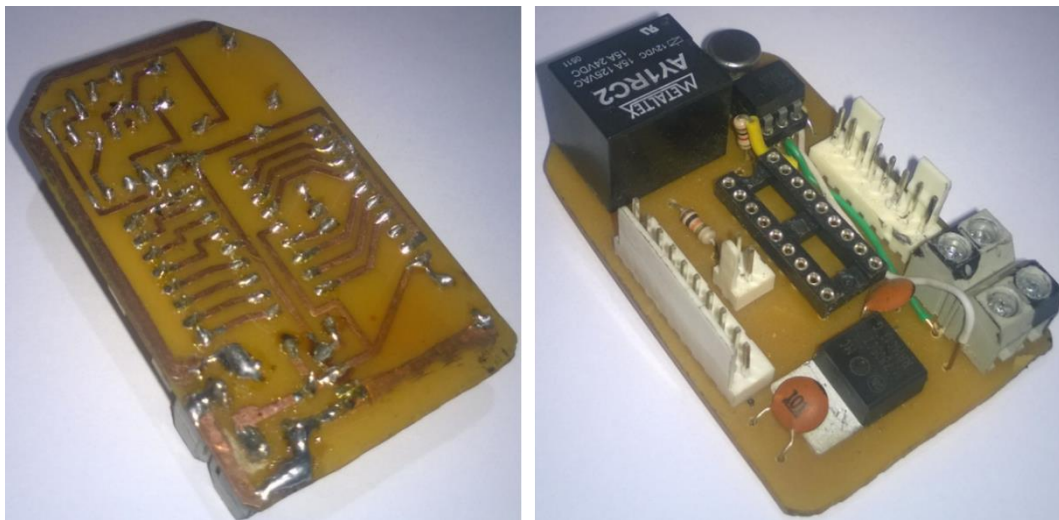


Figura 67 – Placa de circuito impresso montada
Fonte: Autoria própria

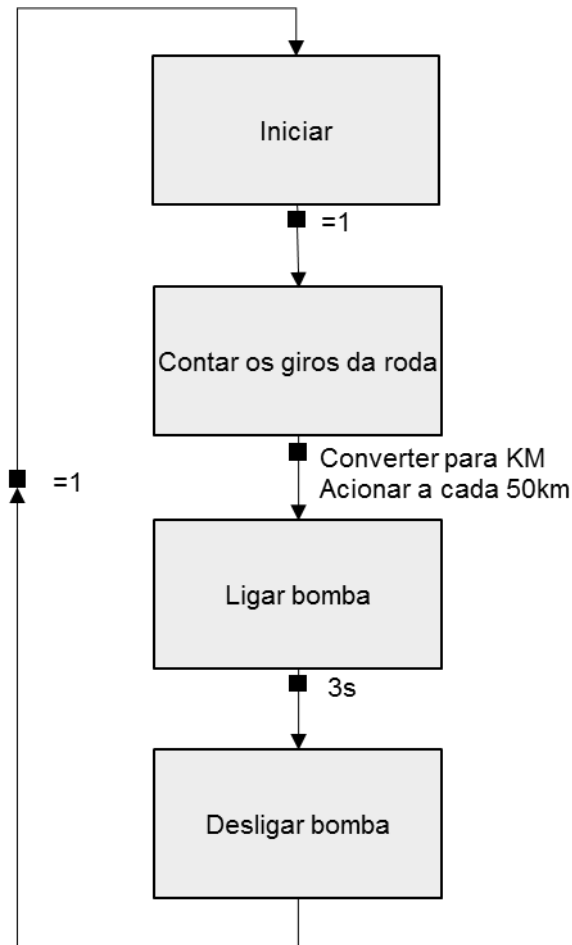


Figura 68 – Grafcet para programação do microcontrolador
Fonte: Autoria própria

A rotina de execução da lubrificação é bastante simples e foi construída a partir do diagrama de blocos, também conhecido como *grafcet*, mostrado na Figura 68.

No pré-projeto, foi proposta a utilização de uma IHM (Interface Homem Máquina) ao produto, porém este recurso mostrou-se útil somente nas etapas iniciais de testes do equipamento, uma vez que neste período foi necessário fazer alguns ajustes no tempo de lubrificação e frequência de lubrificação. A aplicação da IHM gera alguns inconvenientes:

- Custo adicional para construir a IHM (caixa para colocar os circuitos, *display* LCD, cabeamento...)
- Aumento da complexidade do programa do microcontrolador;
- Utilização de mais memória do microcontrolador (inviabiliza a utilização de um microcontrolador mais barato);
- Necessidade de uma placa eletrônica maior e mais complexa;

- Necessidade de um reservatório com uma área maior para acondicionar a placa eletrônica;

Em virtude dos inconvenientes apontados acima e do baixo retorno ao usuário da motocicleta, a IHM foi retirada do escopo do produto. Porém, como o protótipo da placa eletrônica já havia sido construído, esta foi mantida no projeto.

5. TESTES E RESULTADOS

5.1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal foi desenvolver o protótipo de um dispositivo para automatização da lubrificação do sistema de transmissão de motocicletas de baixa cilindrada, até 300cc, conforme indicado na página 17. Todavia o estudo também objetiva criar uma alternativa para baratear os custos de manutenção de uma motocicleta através utilização da automatização de uma operação manual.

Mas afinal, automatizar a lubrificação aumenta a vida útil de um conjunto de transmissão por correntes de roletes?

Para mensurar a eficiência do produto criado, foram criadas e executadas algumas atividades descritas a seguir:

- Estratégia de medição;
- Método de medição;
- Resultados da medição.

5.1.1. Estratégia de medição

Para medição de um processo e obtenção de algum resultado comparativo, é necessária uma base de referência.

O conjunto de transmissão em motocicletas tem como componentes principais uma engrenagem motora (pinhão), uma engrenagem movida (coroa) e uma corrente de roletes. A medição do desgaste das engrenagens é de difícil controle; por outro lado a medição do desgaste da corrente é mais fácil de ser realizada e desta forma este componente foi utilizado para mensurar o desgaste do conjunto de transmissão.

Definido o elemento que será medido, no caso a corrente por roletes, foi desenvolvida uma matriz de comparação baseada nos métodos de lubrificação manual com graxa, amplamente utilizado pelos motociclistas e a lubrificação automatizada desenvolvida neste projeto.

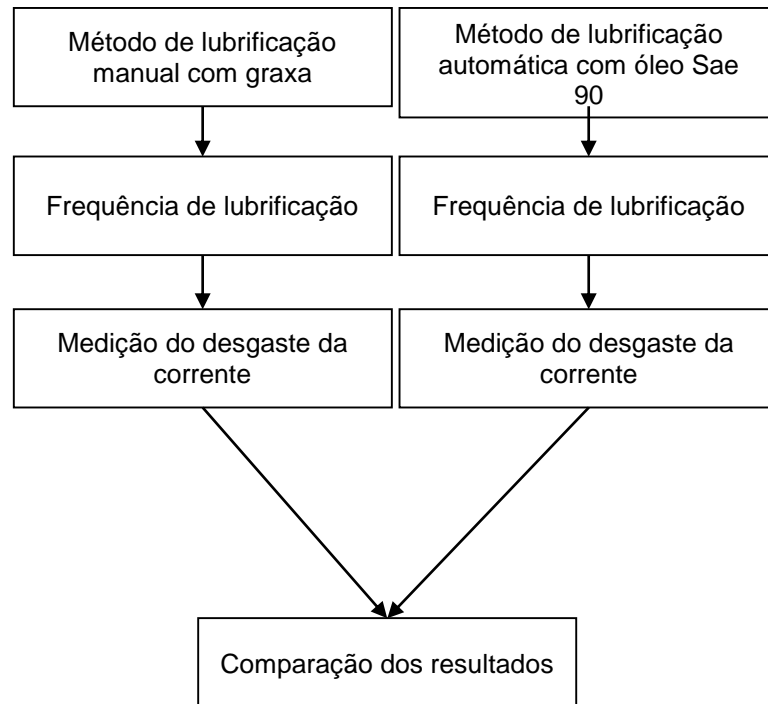


Figura 69 – Base de comparação da eficiência de lubrificação do sistema de transmissão
Fonte: Autoria própria

A Figura 69 mostra de forma sucinta que, para os dois métodos de lubrificação, foram aplicados uma frequência de lubrificação e a medição para no final ser possível comparar qual método é melhor.

A estratégia de medição propôs utilizar dois conjuntos de transmissão novos da marca Hamp, produto de reposição indicado pelo fabricante da moto, para o estudo, sendo uma para cada método de medição.

5.1.2. Método de medição

Como já mencionado na estratégia de medição o desgaste da corrente por roletes foi utilizado para medir a eficiência dos métodos de lubrificação.

Para obtenção de resultados confiáveis foi preciso desenvolver uma metodologia de medição que garantisse realizar medições que representasse o desgaste dos componentes.

O equipamento disponível para realizar as medições foi um paquímetro analógico de 150mm com resolução de medição de 0,05 mm.

O método de medição da corrente consistiu em coletar a dimensão entre nove elos da corrente e que cada amostra de medição fosse realizada sobre o mesmo conjunto de elos; para tal foi utilizado o elo de emenda como referência para a

medição. Os elementos da corrente tocados pelo paquímetro foram o primeiro e o nono roletes, montados sobre o primeiro e nono elos, respectivamente, conforme ilustrado na Figura 70.

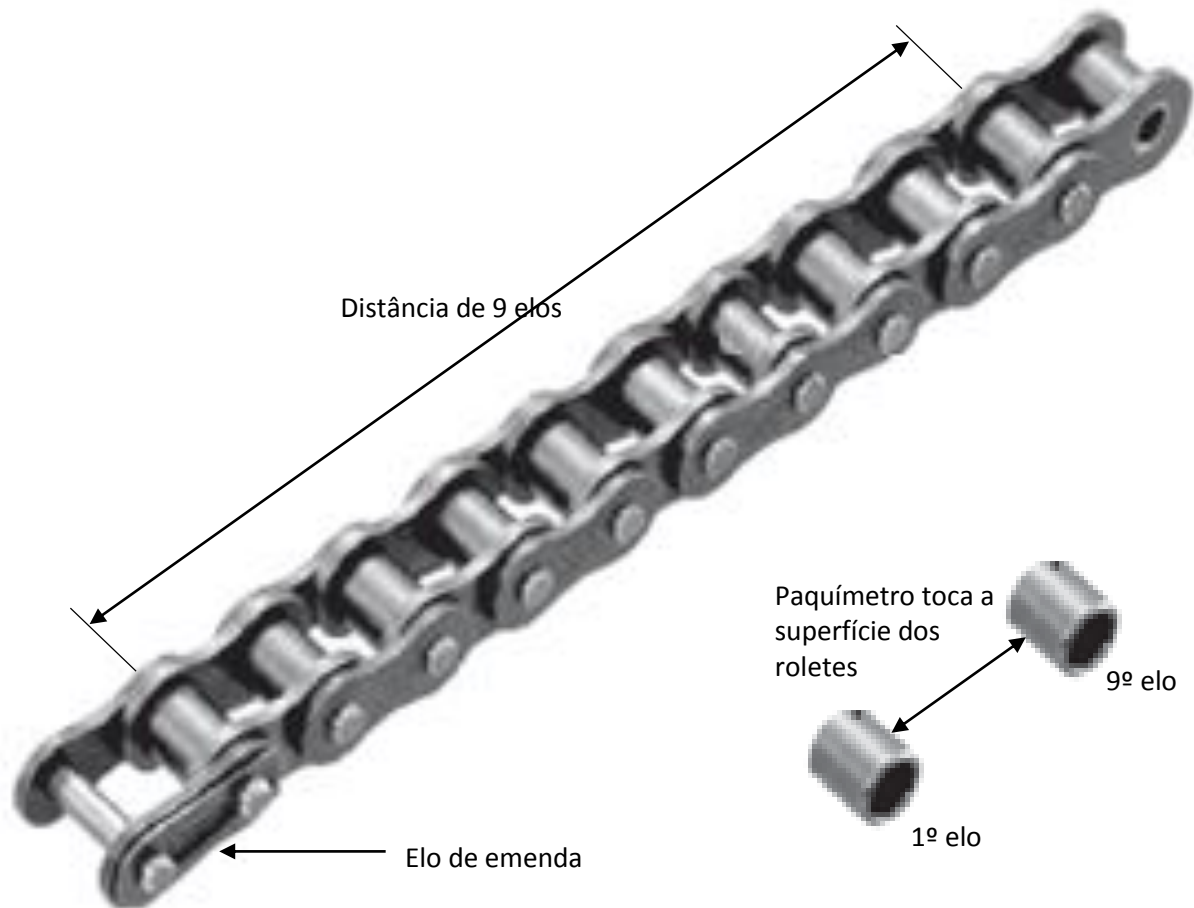


Figura 70 – Medição da corrente
Fonte: Adaptação de TSUBAKIMOTO CHAIN CO. (2010)

O intervalo entre as medições foi de mil quilômetros, todavia, foi estipulada uma tolerância de mais ou menos 250 quilômetros, uma vez que na situação em que a motocicleta é utilizada no dia a dia, como ferramenta de trabalho, não é possível sempre realizar as medições com a frequência nominal.

5.1.3. Resultados de medição

Segundo Melconian (2009) a vida útil de uma corrente termina quando é atingido um alongamento de cerca de 3%. Seguindo esta premissa indicada por

Melconian (2009) e as especificações dimensionais da corrente por roletes ABNT 08-A1 são esperadas as seguintes dimensões:

$P = 12,70\text{mm}$ (passo)

$D_r = 7,92\text{mm}$ (Diâmetro máximo do rolete)

$C = \text{Comprimento total}$

Aplicando estas dimensões e calculando a distância (equação 1) entre os 9 elos chega-se a distância total máxima de 106,4mm, conforme os cálculos indicados abaixo:

$$P \cdot 9 - D_r = C$$

$$C = 12,70 \text{ [mm]} \cdot 9 - 7,92 \text{ [mm]} = 106,4 \text{ [mm]}$$

Como a norma da ABNT não especifica diretamente uma dimensão mínima entre os elos, foi necessário determinar diretamente a dimensão inicial do conjunto dos nove elos da corrente, desprezando os valores calculados. Foi aplicado o método de medição estabelecido na página 89 e o resultado obtido foi de 105,6 milímetros entre os nove elos nos dois conjuntos de transmissão. Sendo assim pode-se estimar que o final da vida útil da corrente quando for atingido cerca de 108,75 milímetros de comprimento, conforme indicado nos cálculos abaixo:

$$105,6 \text{ [mm]} \cdot 1,03 = 108,75 \text{ [mm]}$$

Após a realização dos ensaios de rodagem foram obtidos os resultados dimensionais expressos nas Tabela 1 e Tabela 2 **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

As tabelas estão estruturadas de forma que se tem como informações principais a quilometragem da motocicleta e o valor da medição entre os nove elos no momento da medição. Como informações secundárias tem-se os intervalos de distância percorrida pela motocicleta entre as medições e o desgaste mensurado entre duas medições.

Tabela 1 – Resultados de medição da corrente lubrificada manualmente com graxa
Fonte: Autoria própria

Quilometragem da moto [km]	Intervalo entre medições [km]	Comprimento Total [C] Lubrificação automático com graxa [mm]	Desgaste entre medições [mm]
56443	-	105,6	
57388	945	105,8	0,2
59358	1970	106,4	0,6
60185	827	106,6	0,2
61184	999	106,85	0,25
62069	885	107,05	0,2
63953	1884	107,7	0,65
64720	767	108	0,3
65837	1117	108,5	0,5
66582	745	108,8	0,3
Deslocamento total da moto durante ensaio	Deslocamento médio entre as medições	Desgaste acumulado dos 9 elos da corrente	Desgaste médio entre as medições
10139	1127	3,2	0,36

O ensaio com o conjunto de transmissão lubrificado manualmente com graxa (Tabela 1) durou 10139 quilômetros rodados com a motocicleta, atingindo o comprimento total de 108,8 milímetros entre os nove elos medidos. O ensaio terminou com pouco mais de 3% de alongamento da corrente, que para os nove elos representaram 3,2 milímetros (diferença entre o comprimento final e o inicial).

Os resultados obtidos com o sistema automático de lubrificação com lubrificante de especificação SAE90 (Tabela 2) são substancialmente melhores que no ensaio com lubrificação manual com graxa. O ensaio durou 22628 quilômetros rodados com a motocicleta para um mesmo alongamento 3,2 milímetros.

O ganho de durabilidade do conjunto de transmissão foi 233% maior para o conjunto lubrificado automaticamente.

Tabela 2 – Resultados de medição da corrente lubrificada automaticamente com SAE90
Fonte: Autoria própria

Quilometragem da moto [km]	Intervalo entre medições [km]	Comprimento Total [C] Lubrificação automático com SAE90 [mm]	Desgaste entre medições [mm]
67750	-	105,6	-
68618	868	105,7	0,1
69690	1072	105,85	0,15
70789	1099	106	0,15
71732	943	106,1	0,1
72883	1151	106,25	0,15
73805	922	106,35	0,1
74997	1192	106,55	0,2
76016	1019	106,7	0,15
77057	1041	106,85	0,15
78120	1063	107,00	0,15
79109	989	107,10	0,1
80237	1128	107,25	0,15
81333	1096	107,40	0,15
82297	964	107,50	0,1
83325	1028	107,65	0,15
84341	1016	107,80	0,15
85259	918	107,95	0,15
86201	942	108,10	0,15
87234	1033	108,25	0,15
88321	1087	108,40	0,15
89302	981	108,50	0,1
90378	1076	108,65	0,15
91443	1065	108,80	0,15
Deslocamento total da moto durante ensaio	Deslocamento médio entre as medições	Desgaste acumulado dos 9 elos da corrente	Desgaste médio entre as medições
23693	1030	3,2	0,14

No Gráfico 1 é apresentada a curva de desgaste das duas correntes avaliadas neste projeto. Neste gráfico pode-se visualizar que na lubrificação automática tem-se uma linha mais uniforme de desgaste, uma vez que, como o protótipo controla de forma contínua a frequência e quantidade de lubrificação a condição de trabalho do sistema de transmissão é mais adequada e por consequência proporciona maior durabilidade aos componentes. Por outro lado, no caso do método manual a

dificuldade de execução rigorosa da atividade da lubrificação, a baixa frequência de lubrificação e as variações entre uma aplicação e outra faz com que em alguns períodos o sistema esteja em boas condições de operação e em outros momentos as lubrificações estejam deficientes ocasionando oscilações na velocidade de desgaste dos componentes, fato evidenciado nas variações da curva de desgaste da lubrificação manual, linha azul.

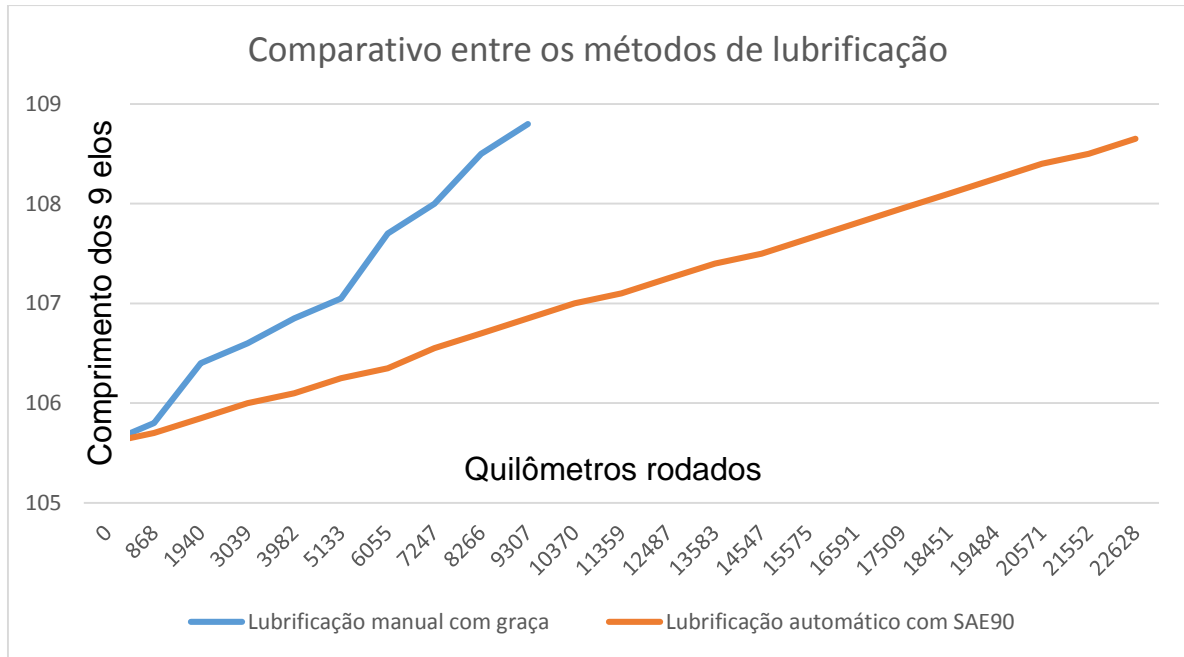


Gráfico 1 – Curva de desgaste da corrente de transmissão
Fonte: Autoria própria

6. CONCLUSÃO

A proposta apresentada se mostrou viável no protótipo de lubrificação automático de conjuntos de transmissão por corrente de motocicletas. O estudo da problemática do processo de lubrificação mostrou que é possível desenvolver um produto que atenda às expectativas dos clientes.

A aplicação de uma metodologia de desenvolvimento de projeto foi amplamente usada para direcionar as atividades da criação de um produto adequado às necessidades dos futuros usuários. A ferramenta matriz de avaliação relativa foi amplamente utilizada para auxiliar na definição das características do produto, proporcionando a aplicação dos melhores e mais eficientes conceitos, materiais e componentes possíveis dentro os recursos financeiros disponíveis para este projeto. Todavia para os itens que não são disponíveis comercialmente, como o reservatório de lubrificante e os suportes, a confecção de poucas unidades não representa o custo real de um produto fabricado em larga escala, onde podem ser aplicados processos mais baratos utilizando menos matéria-prima em um tempo de ciclo menor de fabricação. A questão da produção em baixa escala do protótipo também impacta no custo dos itens comerciais, pois a aquisição de uma única unidade de um item apresenta um custo unitário maior que a compra de um lote grande deste mesmo componente.

Uma das grandes adversidades encontrada foi o efetivo desenvolvimento de um protótipo barato que resistisse às reais condições de uso de uma motocicleta e reproduzisse uma eficiente lubrificação dos componentes. Outro item que se mostrou desafiador foi o controle rigoroso das medições de desgaste das correntes, uma vez que pequenos erros de medição geram erros de interpretação de resultados podendo comprometer o grande investimento de tempo nos ensaios de rodagem, quase 13 meses e mais de 30 mil quilômetros.

Com a avaliação dos resultados final pode-se afirmar que o sistema de lubrificação automático propicia um menor desgaste do conjunto de transmissão.

O protótipo teve um custo de aproximadamente 150 reais considerando valores de matéria-prima, componentes comerciais e usinagem convencional.

6.1. PROPOSTAS DE MELHORIA DO PRODUTO

Do ponto de vista técnico, durante a fabricação do produto e montagem de seus componentes foram evidenciadas diversas oportunidades de melhorias para tornar o produto mais competitivo e mais barato, tais como:

- Produção do reservatório através dos processos de injeção e solda por termofusão de polímeros possibilitando a produção de lotes com qualidade superior e apresentando custos menores;
- Diminuição do tamanho do reservatório;
- Aplicação de microcontrolador de arquitetura mais simples e mais barato;
- Diminuição no número de componentes eletrônicos;
- Redução do tamanho e complexidade da placa eletrônica.

Em relação à eficiência do produto existem possibilidades de ganho de desempenho através de ações como:

- Ajustes finos nos parâmetros de lubrificação para propiciar resultados ainda melhores de durabilidade no conjunto de transmissão;
- Aplicação conjunta do sistema automático de lubrificação e um mecanismo oscilante de tensão da corrente eliminando o fator de desgaste gerado pela vibração da corrente.

6.2. OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO

O desenvolvimento do trabalho deixou fortes indícios que o desenvolvimento de um sistema de lubrificação para motocicletas pode se tornar uma oportunidade de negócio. Todavia para que um produto se transforme em um sucesso de vendas e gere lucros aos seus desenvolvedores/investidores é preciso se aprofundar em temas voltados a empreendedorismo e elaborar um plano de negócio para auxiliar na compreensão das diversas áreas que movem uma empresa, tais como:

- Avaliação do mercado;
- Adequação do produto para obtenção de uma melhor relação entre as necessidades do cliente e os custos manufatura;
- Definição do modelo de investimento;
- Modelo de negócio;

- Estratégias de crescimento ao longo do tempo;
- Avaliação de riscos do negócio.

BIBLIOGRAFIA

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BACK, N.; FORCELLINI, F. A. **Projeto de Produtos - Apostila Disciplina de Projeto Conceitual, Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica**. Florianópolis: UFSC, 2000.

CHEVRON CORPORATION. **Fundamentos de Lubrificação**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005.

DENATRAN - DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Frota 2012. **Denatran.org.br**, 2012. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/download/frota/FROTA2012.zip>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

DUFOUR, C. A. **Estudo do processo e das ferramentas de reprojeto de produtos industriais, como vantagem competitiva e estratégica de melhoria constante**. 1. ed. Florianópolis/SC: Dissertação de Mestrado, 1996.

FILHO, F. D. M. **Elementos de Transmissão flexível**. 2. ed. Rio de Janeiro: Poli/UFRJ, 2009.

HONDA. **Ilustrativos de componentes**. [S.l.]: [s.n.], 2009.

HONDA MOTORS. **Catálogo de peças - GG150 Titan, Titan Mix - KS-ES-ESD (09)**. 1. ed. Manual/MA: Honda, 2009.

HONDA MOTORS. **Manual do Proprietário - CG150 Titan ESD - EX / CG150 fan ESDi**. D2203-man-0986. ed. Manaus: Honda, 2015.

IOVINE, J. **PIC Robotics - A Beginner's Guide to Robotics Projects Using the PICmicro**. [S.I.]: McGrawHill, 2004.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 9. ed. São Paulo/SP: Erica, 2009.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. **PIC16F627A/628A/648A**. Chandler/AZ: [s.n.], 2004.

MOURA, R. S. C.; CARRETEIRO, R. P. **Lubrificantes e Lubrificação**. 1. ed. Rio de Janeiro/RJ: Técnica, 1987.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. 2. ed. São Paulo: Springer, 1988.

PATSKO, L. F. **TUTORIAL Aplicações, Funcionamento e Utilização de Sensores**. [S.I.]: MAXWELL Bohr, 2006.

REINALDO, V. **Sistema de lubrificação de transmissão de motocicletas**. PI 0501028-4 A, 21 nov. 2006.

SABER ELETRÔNICA. **SABER ELETRÔNICA**, n. 435, abr. 2009.

SALULAI. Salulai - processo de qualidade. **salulai.com.br**, 2015. Disponível em: <http://www.salulai.com.br/Ftp/EMPRESA_302/848797023AULATERMO-TMF1_aula14_txt_rev_0.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2015.

SCOTTOILERS. SCOTTOILERS. **http: //www.scottoiler.com**, 2012. Disponível em: <http://www.scottoiler.com/component/option,com_docman/Itemid,/gid,699/task,doc_download>. Acesso em: 15 jul. 2012.

SENAI - RJ. **Hidráulica Básica**. Rio de Janeiro: SENAI-RJ, 2003.

SENAI; CST. **Noções Básicas de Elementos de Máquinas - Mecânica**. 1. ed. Vitória/ES: SENAI, 1996.

TSUBAKIMOTO CHAIN CO. **Corrente Tsubaki**. 1. ed. São Paulo/SP: [s.n.], 2010.

YOSHIKAWA, H. **Design Philosophy: The State Of The Art**. 2. ed. [S.I.]: CIRP Annals, v. 38, 1989.