UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

LEOMAR SANTOS MARQUES

PROJETO CONCEITUAL DE ROBÔ TERRESTRE RÁDIO CONTROLADO DE BAIXO CUSTO PARA INSPEÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS

JUIZ DE FORA
2016

LEOMAR SANTOS MARQUES

PROJETO CONCEITUAL DE ROBÔ TERRESTRE RÁDIO CONTROLADO DE BAIXO CUSTO PARA INSPEÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para à obtenção do título de Engenheiro Mecânico, do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Orientador: Prof. Vitor Mainenti Leal Lopes

JUIZ DE FORA

2016

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Marques, Leomar Santos.
PROJETO CONCEITUAL DE ROBÔ TERRESTRE RÁDIO CONTROLADO DE BAIXO CUSTO PARA INSPEÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS / Leomar Santos Marques. -- 2016.
118 p.

Orientador: Vitor Mainenti Leal Lopes
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2016.

1. Produto. 2. Modelagem. 3. Robô. 4. Inspeção. 5. Prototipagem. I. Lopes, Vitor Mainenti Leal, orient. II. Título.

LEOMAR SANTOS MARQUES

PROJETO CONCEITUAL DE ROBÔ TERRESTRE RÁDIO CONTROLADO DE BAIXO CUSTO PARA INSPEÇÃO E TRANSPORTE DE MATERIAIS PERIGOSOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para à obtenção do título de Engenheiro Mecânico, do Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Aprovada em 16 de fevereiro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Ms., Vitor Mainenti Leal Lopes
Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Prof. Dr., Marcos Martins Borges
Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Prof. Dr., Moisés Luiz Lagares Júnior
Universidade Federal de Juiz de Fora

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho a Deus, pois sei que tudo podes e nenhum dos teus pensamentos podem ser impedido...”

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente aos meus pais Gilberto e Ana Lucia e minha esposa Juliana, por me apoiarem nos momentos mais difíceis da minha vida, agradeço a meus irmãos Davi, André, Gabriel, Samuel, por não medir nenhum esforço para me ajudar a concretizar esta jornada, dedico aos amigos e irmãos do Templo do Altíssimo, que contribuíram em minha caminhada me fazendo sonhar e acreditar que é possível realizar os sonhos.

Agradeço a todo o Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, pela formação proporcionada, em especial, ao Prof. Dr. Vitor Mainenti, por toda paciência e dedicação no meu processo de formação como engenheiro mecânico.

“Alguém que nunca cometeu erros nunca tratou de fazer algo novo.” ***Albert Einstein***

RESUMO

Devido à insalubridade e periculosidade alguns serviços com estas características vêm sendo substituídos pela utilização de robôs e no contexto geral estes surgiram com a finalidade de facilitar processos.

Os robôs estão se tornando equipamentos de alta necessidade, mas o elevado custo dos mesmos inviabiliza sua utilização em alguns setores. Buscando uma solução mais acessível para cumprir algumas das tarefas de um robô de supervisão e manipulação de artefatos, potencialmente perigosos, o presente trabalho, visa desenvolver um projeto de um robô compacto que realizará algumas das tarefas destinadas à remoção e análise de possíveis artefatos e até mesmo transporte de objetos perigosos.

O projeto será dividido em algumas etapas, são elas: pesquisa de mercado, pesquisa técnica, desenvolvimento de projeto mecânico, desenvolvimento automação, prototipagem equipamento, e um posterior refinamento de projeto.

Trazendo à tona, como resultado, um equipamento simples de baixo custo, mas que atenda a insurgente demanda destes setores, tendo em vista que estes robôs apresentam um alto custo de investimento que inviabiliza sua aquisição, tornando-se necessário a criação de um equipamento de baixo custo que supervisione e manipule objetos potencialmente perigosos, para que estas entidades possam adquiri-los.

Palavras Chaves: Produto, modelagem, robô, inspeção, manipulação e prototipagem.

ABSTRACT

Due to dangerousness and care with health some services with these features are being replaced by the use of robots in the general context these emerged with the purpose of facilitating processes.

Robots are becoming high-need equipment, but the high cost of them makes difficult its use in some sectors. Seeking a more affordable solution to accomplish some tasks of a monitoring robot and handling of artifacts, potentially dangerous, this study aims to develop a design of a compact robot that will perform some of these tasks like removing objects and analysis of possible artifacts and even transportation of dangerous objects.

The project will be divided into a few steps, they are: market research, technical research, development of a mechanical design, automation design, make a prototype and later improve the equipment design.

Bringing up as a result a simple low cost device, but that meets the insurgent demand of these sectors, knowing that these robots have a high investment which prevents their acquisition so make it necessary to create a low cost equipment to supervise and handle to potentially dangerous objects so that these entities can acquire them.

Key Words: Product, modeling, robot, inspection, handling and prototype.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 elementos da Casa da Qualidade Fonte:(OTELINO, 1999) 17
Figura 2 Malha de Elementos Finitos..... 24
Figura 3 graus de liberdade, Fonte: (MAGALHÃES, 2003, P.5.) 25
Figura 4 Região de segurança para a teoria RANKINE..... 27
Figura 5 Região de segurança no plano σ X - σ Y , para a teoria de TRESCA 27
Figura 6 Região de segurança para a teoria VON MISSES..... 28
Figura 7 Região antes do rompimento para RANKINE; COULOMB..... 29
Figura 8 Região antes do rompimento para MOHR-COULOMB 29
Figura 9 Tipos de carregamentos dinâmicos. Fonte: (J. E. Shigley et al, 2005, P. 337.)..... 30
Figura 10 Tensão média 34
Figura 11 Representação das curvas sa x sm adaptada para os três métodos. Fonte:(J. E. Shigley , et al , 2005, P.340.)..... 34
Figura 12 Círculos de um arranjo de engrenagens 39
Figura 13 nomenclatura dentes de engrenagem cilíndricas de dente retos Fonte:(J. E. Shigley ; et al, 2005, P. 630)..... 39
Figura 14 Adaptação acoplamento por correia incorporado às engrenagem por atrito, Fonte: (JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008 P. 339.) 40
Figura 15 distribuição de esforços dente engrenagem 41
Figura 16 gráfico dentes da engrenagem por fator geométrico, Fonte: (JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008,p 350.) 42
Figura 17 tabelas k0, Km e Kr respectivamente. Fonte: (JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008, P. 351.)..... 43
Figura 18 Fator de superfície Cs, Fonte:(JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008 p 168.) 44
Figura 19-Fluxograma de Tomada de Decisões 45
Figura 20-Esboço da forma equipamento 49
Figura 21-Arquitetura Principal de funcionamento do sistema 50
Figura 22-fluxograma de comandos..... 51
Figura 23-funcionamento do chaveamento dos relés..... 52
Figura 24-Fluxograma de Execução Básico 53
Figura 25 Interface de comunicação com robô 53
Figura 26-Gráfico da performance do motor Mabuchi modelo JC-578VA-4720, Fonte: (Mabushi) 54
Figura 27 Especificações de Medidas de Rolamento Fonte: (Catálogo GBR, Página 28.) .. 56
Figura 28 Tensão Von Mises na Arvore 58
Figura 29 Tensão Von Mises no Eixo de suporte rolamentos 60
Figura 30 Tensão Von Mises no dente da Coroa..... 62
Figura 31 Tensão Von Mises no dente da Pião 62
Figura 32 Tensão Von Mises no parafuso 64
Figura 33-Tensão de Von Mises da Garra Náilon..... 65

Figura 34 Comparação projeto e protótipo 67
Figura 35 Impressão acrílico 68
Figura 36 Garra Robótica 68
Figura 37 eletrônica de controle 69
Figura 38 protótipo final 69
Figura 39 desenho ilustrativo do robô 70
Figura 40-cronograma de atividades 77
Figura 41 Diagrama de forças 79
Figura 42 diagrama de esforços 81
Figura 43 Gráfico de representação da força vertical 81
Figura 44 Gráfico de representação do Momento vertical 82
Figura 45 Gráfico de representação da força horizontal 82
Figura 46 Gráfico de representação do Momento horizontal 82
Figura 47 Gráfico de representação do Torque 83
Figura 48 diagrama de esforços 84
Figura 49 Gráfico de representação das momentos 85
Figura 50 Gráfico de representação das forças 85
Figura 51 Especificação do motor Mabuchi modelo JC-578VA-4720 Fonte: (Catalogo Mabushi). 116

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Formulário de referência entre critérios de falha 26
Tabela 2-Parâmetro fator modificação de superfície 36
Tabela 3-Carregamento fator Kc 36
Tabela 4-Fator de confiabilidade Ke 37
Tabela 5-Variação de preço de mercado 46
Tabela 6-Necessidadedes do Mercado e Classificação das exigências 47
Tabela 7-Requisitos técnicos de projeto 47
Tabela 8-Linha de atuação de projeto em ordem de prioridade 48
Tabela 9-Resultados Cálculos de diâmetro necessário para projeto 57
Tabela 10-Propriedade do Estudo Arvore Von Mises 57
Tabela 11-Cálculo do diâmetro do eixo necessário para projeto 59
Tabela 12-Propriedades das Estudos nas Engrenagens 61
Tabela 13-Resumo dos resultados do dimensionamento das engrenagens 63
Tabela 14-Propriedades do estudo Parafuso 63
Tabela 15-Propriedade da Garra 65
Tabela 16-Processos de fabricação Protótipo 66
Tabela 17-Orçamento da matéria prima e peças 71
Tabela 18-Dimensionamento engrenagem 86
Tabela 19-Especificações componentes 113
Tabela 20-Especificações Baterias 113
Tabela 21 C-4a Propriedade Mecânica dos Aços-Carbonos e Ligas 115
Tabela 22-Valores de atrito adaptada e corrigida 117

Sumário

1 INTRODUÇÃO 15
1.1- MOTIVAÇÃO 15
1.2-OBJETIVO 16
2-REVISÃO BIBIOGRÁFICA 16
2.1 PRODUTO 16
2.2 QUALIDADE DO PRODUTO, DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DE QUALIDADE (QFD) 16
2.2 PROJETO 18
2.2.1 VISÃO DE PROJETO 18
2.2.2 CUSTO DO PROJETO 18
2.3 MECATRÔNICA 19
2.3.1 SISTEMAS ELETRÔNICO 19
2.3.1.2 ARDUINO 19
2.3.1.3 MOTOR DC 20
2.3.1.4 RELÉ 21
2.3.1.5 DIODO 21
2.3.1.6 WIRELESS (REDE SEM FIO) 21
2.3.1.6 ROTEADOR 22
2.3.2 DIMENSIONAMENTO MECÂNICO E ESTRUTURAL 22
2.3.2.1 DIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES 23
2.3.2.2 (MEF) MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS 24
2.3.2.3 CRITÉRIOS DE RUPTURA 25
2.3.2.4 CRITÉRIO DE ANÁLISE DE TENÇÕES FLUTUANTES 29
2.3.2.5 TRANSMISSÃO 37
2.3.2.5.1 ENGRENAGENS 38
3-METODOLOGIA E ANÁLISE 44
3.1-PESQUISA DE MERCADO 46
3.2-ANÁLISE DE ATUAÇÃO QFD 46
3.3-DESENVOLVIMENTO DO PROJETO 49
3.3.1 DETERMINAÇÃO DO SISTEMAS ELETRÔNICO E AUTOMAÇÃO 50
3.3.1.1 SISTEMA DE CONTROLE 53
3.3.1.2 DETERMINAÇÃO DO MOTOR 54

3.3.2 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DO COMPONENTES CRÍTICOS 55
3.3.2.1 SELEÇÃO DE ROLAMENTO 55
3.3.2.2 VERIFICAÇÃO DA ARVORE SELECIONADA 56
3.3.2.3 CÁLCULO DO DIÂMETRO DO EIXO DE APOIO AOS ROLAMENTOS 59
3.3.2.4 VERIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS E DIMENSIONAMENTO 61
3.3.2.5 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO PARAFUSO E GARRA 63
3.4-PROTÓTIPAGEM E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DA ETRUTURA TRANSPORTADORA 66
4-RESULTADOS 70
5- CONCLUSÃO 72
5.1 TRABALHO FUTUROS 73
APÊNDICE A – CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO 77
APÊNDICE B – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DE QUALIDADE PARA ROBÔ DE INSPEÇÃO E MANIPULAÇÃO 78
APÊNDICE C – MEMORIAL DE CALCULO 79
APÊNDICE D- CÓDIGO DO PROGRAMA DE CONTROLE 88
APÊNDICE E- CÓDIGO DA INTERFACE DE INTERAÇÃO 92
APÊNDICE F- PROJETOS DETALHADO 99
APÊNDICE G- TABELAS DE ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES ELÉTRICOS ... 113
ANEXO I 114
ANEXO II 115
ANEXO III 116
ANEXO IV 117
ANEXO V- TERMO DE AUTENTICIDADE 118

1 INTRODUÇÃO

Iniciou-se o termo robô, com a publicação do livro de Groover, 1988, mas Karel Capek, em sua peça teatral na Tchecoslováquia, usa o termo inicialmente em 1920 que designava serviço compulsório e atividade forçada, originando então a palavra “robot” em inglês, que se traduzido para o português significa “robô”. Vários filmes de ficção cientifica, apontam uma suposta evolução da tecnologia, que apresentam o comportamento e a forma, humana. Entretanto, os robôs, neste momento foram desenvolvidos principalmente para desempenhar tarefas mais dispendiosas para os seres humanos (Carrara, 2008).

Com a evolução tecnológica, observa-se inúmeros benefícios para a humanidade em diferentes tipos de processos, que estes equipamentos trazem, obtendo assim, conforto, agilidade e segurança, em muitos campos. Devido aos elevados padrões de periculosidade e por estes serviços serem de extrema complexidade e podendo ter que ser executado em ambientes extremos, tornam-se intangíveis sem a utilização da tecnologia adequada.

Segundo NIKU, B. S. (2001) os robôs são máquinas potenciais cuja área de aproveitamento está aumentando e seu emprego se torna cada vez mais complexo. Eles podem trabalhar em baixa e até mesmo em alta temperatura; eles não carecem de luz, descanso, ar fresco, um salário ou reconhecimento.

1.1- MOTIVAÇÃO

Observado que algumas empresas e entidades militares não possuem robôs para inspeção e transporte de artefatos perigosos, devido ao custo elevado dos mesmos, em 22/04/2010 um acidente com duas pessoas que trabalhavam na polícia militar de Juiz de Fora PM-MG em um trabalho de rotina de detonação de artefatos que conforme jornal Tribuna de Minas, que em nota, a 4ª Região da PM informou que “*o acidente foi provocado por uma detonação espontânea dos produtos explosivos, após a realização de uma sequência normal de três detonações, realizadas de forma segura, no*

interior de uma trincheira…". Avaliando esta problemática e outras pertinentes a essa e buscando soluções, o desafio de desenvolver um robô que execute algumas das referidas tarefas de vistoria e transporte de artefatos, de custo relativamente baixo, para que acidentes desta natureza não venham a ocorrer, pois uma inspeção antes dos militares adentrarem nas trincheiras poderia ter evitado o ocorrido. E pensando no valor de uma vida conclui-se que, nenhum bem material sobrepuja uma vida, motiva-nos a encontrar soluções.

1.2-OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é desenvolver o projeto de um equipamento que apresente um custo relativamente baixo para inspeção e transporte de artefatos, com intuito de ampliar a utilização destes equipamentos, assim como o desenvolvimento do protótipo para validação dos fundamentos aqui desenvolvidos.

2-REVISÃO BIBIOGRÁFICA

2.1 PRODUTO

O desenvolvimento de um produto, sendo ele de qualquer tipo, é uma tarefa que exige muito mais do que o simples cumprimento de uma ideia. Há uma metodologia de produção por trás de cada item que consumimos, e cada um tem suas particularidades, e isso se reflete diretamente nos processos de produção, na venda e na promoção do produto (CARPES JR., 2014), deve-se então realizar um estudo completo do produto para então desenvolver seu projeto.

2.2 QUALIDADE DO PRODUTO, DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DE QUALIDADE (QFD)

O QFD é utilizado no desenvolvimento de novos produtos, sendo utilizado como uma ferramenta de gestão do projeto, de acordo com RAMOS G. et al (2011) o QFD

é utilizado durante todo desenvolvimento do produto, o objetivo do método é prestar suporte ao processo de desenvolvimento e incrementar ao projeto as reais necessidades do mercado. Ele tem por base um conjunto de matrizes, através das quais, os pré-requisitos dos clientes para o produto são expostos e a partir daí, implementa-se um processo de desdobramento modificando-se esses pré-requisitos em especificações técnicas do produto, contudo ele nos orientará as devidas tomadas de decisões.

O modelo, engloba a gestão estratégica, operacional para o completo desenvolvimento, além de incrementar o ciclos para a resolução de problemas, assim como melhoria, considerando o ciclo de vida útil do produto (ROZENFELD, 2006).

Pode-se então observar o planejamento da casa de qualidade, seus requisitos e assim como o método de análise através da Figura 1 elementos da Casa da Qualidade Fonte:(OTELINO, 1999).

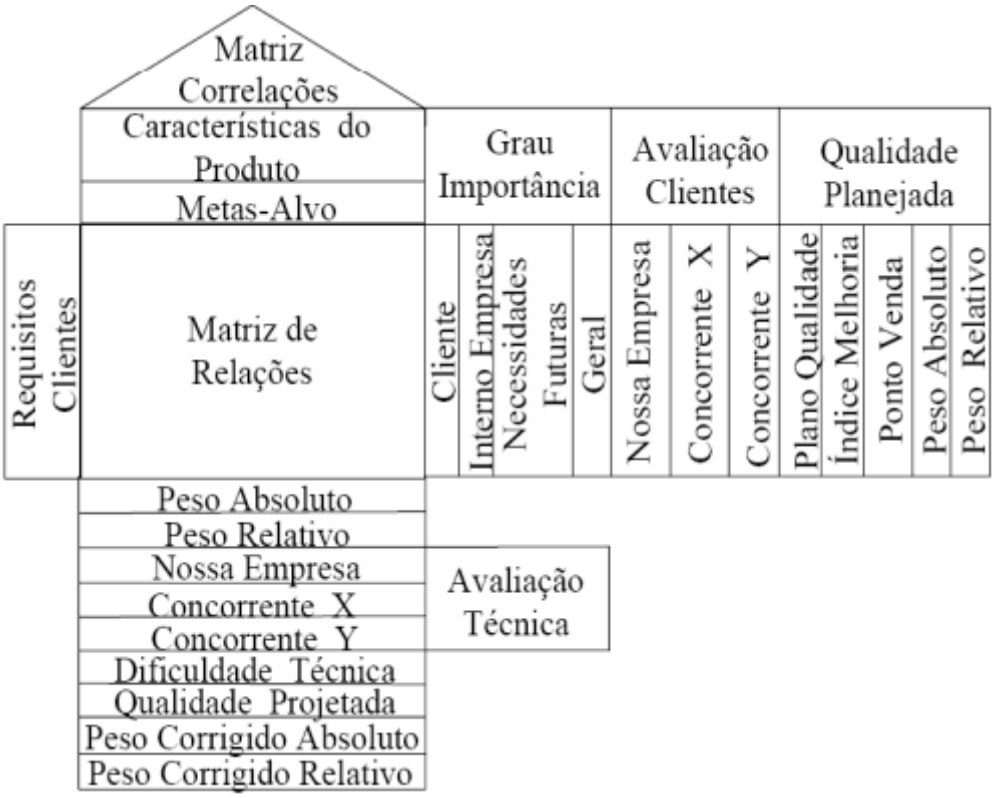


Figura 1 elementos da Casa da Qualidade Fonte:(OTELINO, 1999)

2.2 PROJETO

Projetar significa formular um plano com a finalidade de atender a uma necessidade especifica ou resolver um problema, mais especificamente os projetos de engenharia mecânica estão conexos a várias áreas do conhecimentos, como mecânica dos sólidos e dos fluidos, transporte de massa e momentum, processo de fabricação, eletricidade e informação enfim, envolve todas as disciplinas contidas no curso de engenharia mecânica (BUNDYNAS;NISBETT,2011), tornando-se imprescindível ter uma visão geral do projeto para uma boa concepção.

2.2.1 VISÃO DE PROJETO

Ao se projetar um produto, compete ao projetista conceber uma ideia, para um certo componente ou artefato, e necessitará ser expressa em forma de um corpo físico executável (ROOZENBURG; EEKELS, 1995), levando sempre em consideração os devidos custos envolvidos, pois estes podem validar ou reprovar um projeto, antes mesmo do seu início.

2.2.2 CUSTO DO PROJETO

Todo projeto envolve um estudo econômico afim de proporcionar a produção do sistema que atenda ao menor custo possível e ao mesmo tempo este custo deve ser admissível (BUNDYNAS; NISBETT, 2011), embora que deve-se observar que em suma, nenhum custo de projeto, pode ser afirmado, em um sentido absoluto, pois se referindo a custos poderá haver variação de cidade para cidade, processos diferentes de fabricação, bem como da manufatura do equipamento (BUNDYNAS; SHIGLEY; MISCHKE, 2005.), sendo necessário entender bem todos os periféricos e peças que serão utilizados, para se realizar uma avalição de custos envolvidos e até mesmo uma simplificação dos componentes, tornando-se necessário para este projeto um

esboço para o melhor entendimento no que tange a temas relacionados a mecânica e elétrica.

2.3 MECATRÔNICA

Por intermédio da utilização de sensores atuadores e controladores implementados nos circuitos analógicos e digitais (envolvendo o controle de computador) incorporado à engenharia mecânica, pode-se assim, definir a mecatrônica, que veio para suprir algumas lacunas dos projeto mecânico quanto ao controle dos componentes. Pode-se então descrever um projeto mecatrônico como a relação bidimensional entre projeto mecânico e do sistema eletrônico (ROSARIO, 2005).

2.3.1 SISTEMAS ELETRÔNICO

Neste tópico será apresentado a funcionalidade e princípios de alguns dos componentes elétricos que serão empregados no projeto, são eles: Arduino, motor DC (corrente continua), relé, diodo, o princípio de funcionalidades de redes sem fios e roteador.

2.3.1.2 ARDUINO

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseado em "*hardware"* e "*software"* de fácil utilização. A ferramenta é associado à "*Physical Computing*", ou seja, um sistema físico que com a utilização de "*software"* e "*hardware"* detecta, responde e comunica com sistemas analógicos. Pode-se designar o Arduino meramente como uma peça de "*Hardware*" integrado com um "*Software"* que proporciona um baixo custo envolvido no desenvolvimento, quando se relacionado as suas funcionalidades, e até mesmo a simplicidade no manuseio assim como a possibilidade de utilização em múltiplos sistemas operacionais, como o *Windows* e *Linux* capacidade essa denominada por "Cross-platform" (PESSANHA,2009).

Em suma, as placas de microcontroladoras de Arduino proporcionam uma tecnologia de baixo custo e fácil utilização, permitindo o desenvolvimento do projeto (MONK,2013).

2.3.1.3 MOTOR DC

Um motor de corrente contínua converte energia elétrica em energia mecânica, composto de duas estruturas magnéticas que são o estator (enrolamento de campo ou até mesmo de ímã permanente) e o rotor (enrolamento de armadura).

Para se calcular a potência do motor necessária, e realizar seu dimensionamento pode-se usar a expressão:

$$P = T \, . \, \omega$$

Onde T é o Torque em N.m, P é a Potência em W e ω é a velocidade angular em rad/s.

As vantagens de sua utilização são: ciclo continuo mesmo em baixas rotação, alto torque na partida, assim como ampla possibilidade de variação da velocidade, simplicidade de controle, confiabilidade e flexibilidade (vários tipos de excitação) (HONDA, 2006).

Os tipos mais comuns dependem principalmente das forças produzidas pelos campos magnéticos sendo que, quase todos, os tipos de motores de corrente contínua têm algum mecanismo no interno eletromecânico ou eletrônico, para alterar regularmente a direção do fluxo de corrente na parte do motor (COGDELL,1992), para tal projeto poderá ser realizada a devida inversão com a utilização de módulos reles ou pontes H, que são a combinação de reles e elementos para proteção do controlador, alguns deles serão melhor detalhados a seguir.

2.3.1.4 RELÉ

O princípio de funcionamento de um relé, funciona por meio da associação da atuação da força magnética que surge na atração entre a parte móvel e a fixa que ao energizar a bobina, a corrente elétrica gera um campo magnético que magnetiza o núcleo fixo, transformando-se em um eletroímã, então o núcleo móvel é atraído, então os contatos são movimentados, fazendo que um contato antes fechado (normalmente fechado – NF) passe a estar aberto, e o outro, que estava aberto (normalmente aberto – NA), passa a estar fechado (GOZZI; PAREDE; HORTA, 2011).

2.3.1.5 DIODO

Componentes que permitem a passagem da corrente elétrica em apenas um sentido, isto ocorre devido ao fato de serem produzidos à partir de semicondutores, que apresenta a característica de deixar a passagem da corrente elétrica em um sentido e não deixa ela passar quando em sentido oposto, sendo empregados para a proteção do circuito contra tensão reversas (PINTO; ALBUQUERQUE, 2011).

2.3.1.6 *WIRELESS* (REDE SEM FIO)

Define-se como uma rede de transferência de dados sem o uso de fios, através de dispositivos, sendo mais usual, sua utilização em computadores ligados a uma rede, servindo como meio de comunicação e acesso à internet e comunicação e até mesmo controle de dispositivos (MORIMOTO,2011).

Nesta pesquisa será analisado a interação e comunicação através de equipamentos e as rotas de acesso.

2.3.1.6 ROTEADOR

O roteador é um dispositivo que apresenta todos os componentes de um computador, barramentos, memória primária e secundária, sistema operacional e interfaces de entrada e saída.

Ele se apresenta como um equipamento que direciona pacotes entre diferentes redes nos permitindo definir rotas entre todos dispositivos, conectados à rede pelo meio de endereços de IP (Prevenção a Invasão), então a mensagem se decompõe em uma série de pacotes individuais, que são etiquetados com seu remetente que representa o (endereço fonte) e destinatário que representa (endereço destino). Através de um computador que envia os pacotes para um roteador, que por sua vez decide para onde enviá-los a seguir, sendo que o roteador apenas precisa conhecer um punhado de rotas, para chegar à rede local, através da melhor rota para algumas outras redes locais e uma rota para o caminho de acesso "*gateway*" que conecta a todos os outros endereços. Este arranjo de possíveis rotas é chamada de tabela de roteamento que em inglês, chama-se "*routing table"*. Na medida em que os pacotes chegam, o endereço de destino é examinado e comparado com a sua tabela de roteamento interna e envia os pacotes para a referida rota especificada (MORIMOTO,2011).

2.3.2 DIMENSIONAMENTO MECÂNICO E ESTRUTURAL

Para realizar movimentos serão utilizados motores, como foi visto anteriormente os motores podem funcionar em sentido horário ou anti-horário, associando o sentido de giro do motor a estruturas mecânicas, pode-se criar intermináveis movimentos para aplicar no projeto, tornando-se então importante conhecer e caracterizar conceitos de "maquinas simples".

Todavia, quando pensa-se em máquinas logo nos remete-se a um mecanismo complicado, levando-nos a pensar em uma estrutura complexa, mas o conceito de "maquinas simples" por mais complexo que esta máquina seja se resume em entender

conceitos simples para se formar o complexo e são basicamente o entendimento de alavancas, polias, roda e planos, ou seja uma “maquina simples” se torna um implemento capaz de alterar uma força em intensidade, sentido, direção para realizar uma tarefa, com isso em mente torna-se necessário para facilitar o entendimento a compreensão de engrenagens, alavancas, dentre outros dispositivos empregados no projeto, (TIPLER; MOSCA, 2009).

Abaixo serão descritos alguns dos componentes mecânicos que serão usados e os conceitos relacionados a seus dimensionamentos para se ter uma maior noção de sua funcionalidade.

2.3.2.1 DIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES

Para-se dimensionar corretamente um componente sujeito a algum tipo de carga e esforços durante a operação, deve-se ter a devida atenção, pois um dimensionamento exato é um dos quesitos mais críticos de um projeto, sendo necessário observar diversos aspectos relacionados à resistência mecânica, ressaltando sempre que o sistema acatará a diversas particularidades e restrições, visando o menor custo e a maior vida útil. Logo os componentes do projeto, devem ser dimensionados de tal modo a resistir, suportar e transmitir as cargas mecânicas envolvidas, constituído então os componentes estruturais do sistema (ROSA ,2002).

Ainda segundo Rosa (2002), as principais falhas em projetos podem ou não se relacionar com o tempo, constituindo as principais falhas que independem do tempo: a fratura frágil ou dúctil, fratura na presença de algum defeito no material, inicio de escoamento, plastificação generalizada e flambagem, relacionando-as diretamente ao tempo como: fadiga, deformação plástica, corrosão, corrosão sob tensão, fluência e desgaste, tornando-se destacar as noções dos critérios de falhas e os métodos de suas análises, assim como a disponibilidade de “*software”* que permitam a verificação numérica dos dados de projeto.

2.3.2.2 (MEF) MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Segundo Magalhães (2003), o Método dos Elementos Finitos, consiste em se dividir um problema, que a priori parece complexo em um conjunto de geometrias parcialmente simples, em formatos (triangular, quadrilateral, cúbico, etc.), estas divisões apresentam dimensões infinitesimais cujos pontos de encontro entre as formas são chamados de nós.

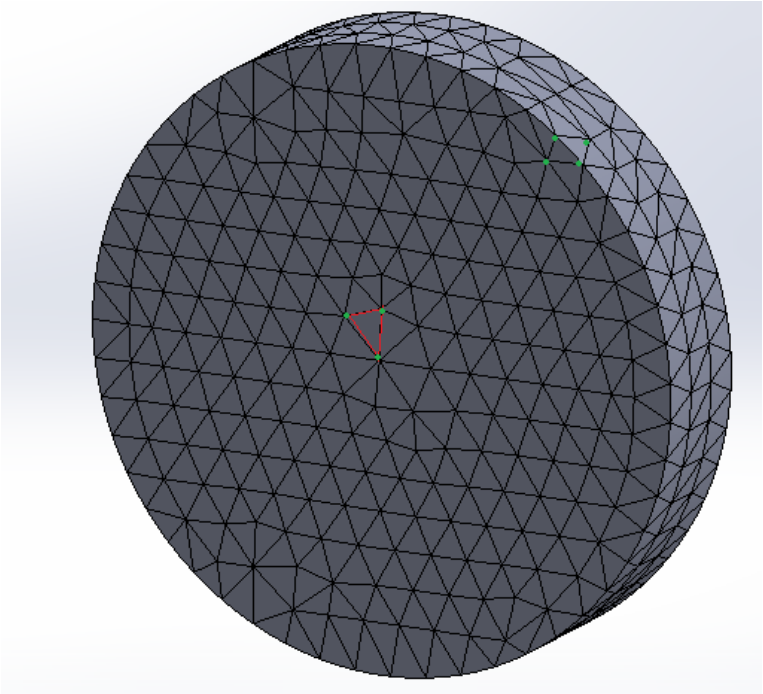


Figura 2 Malha de Elementos Finitos

Quando se trata os elementos finitos um quesito bastante importante, são os graus de liberdade do sistema, que segundo Azevedo (2003) num dado ponto de um elemento que está submetido a deslocamento e deformações, pode-se considerado seis graus de liberdade, sendo três de deslocamento e três de rotação.

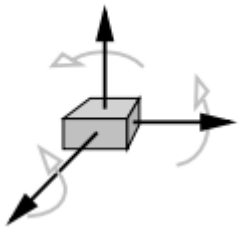


Figura 3 graus de liberdade, Fonte: (MAGALHÃES, 2003, P.5.)

Nos problemas de análise de tensões, os graus de liberdade dos nós correspondem aos vários movimentos que o elemento infinitesimal pode sofrer, em que os movimentos ou deslocamentos dos nós são as incógnitas da análise representada pelo método de Elementos Finitos (MAGALHÃES,2003).

A partir deste conceitos deve-se conhecer os critérios de ruptura, para que possa-se realizar as referidas análises.

2.3.2.3 CRITÉRIOS DE RUPTURA

Dentre variados modos de falha ocorrentes em componentes estruturais mecânicos, o mais estudado é o início de escoamento.

Os materiais dúcteis apresentam uma falha por escoamento que é provocada por mecanismos de deformação plástica, o que significa que, estes sofrem grande deformação, antes do seu rompimento.

Para materiais com característica frágil, a tensão limite de escoamento não apresenta grandes significados, pois sua falha é direta não ocorrendo escoamento, nestes casos, é utilizada a tensão limite de resistência do material, determinada como o ponto máximo na curva tensão-deformação, que caracterizam as propriedades de resistência mecânica, ficando definidos os métodos de análise: analítico, numérico e por fim experimental para o mapeamento de tensões pelos critérios de ruptura (CURY;TOLEDO,2015).

Ainda Segundo CURTY e TOLEDO (2015), os Critérios de Ruptura dos materiais dúcteis podem ser avaliados por três teorias básicas e diferentes que são elas: a máxima tensão principal determinada por Rankine, máxima tensão de cisalhamento definida por Tresca e a máxima energia de distorção que é definida por Von Mises.

Rankine antecipa que a falha do material ocorre quando a maior tensão principal, em módulo, alcançará o limite que corresponde ao do material adquirido em um ensaio de tração, ou compressão uniaxial (ROSA, 2002).

Tresca prediz que a falha ocorre quando a máxima tensão cisalhante operante no material da peça atingir o valor correspondente ao obtido em um ensaio de tração simples, para o referido material, no ponto de início de escoamento tração simples, para o mesmo material, no ponto de início de escoamento (ROSA, 2002).

Von Mises prevê que a falha ocorre quando, para qualquer ponto da estrutura, a energia de distorção por unidade de volume for superior ao limite obtido no ensaio de tração (ROSA, 2002).

Pode-se observar como ficará as tensões limitantes para cada um dos método de análise, através do formulário de critérios de falha:

Tabela 1-Formulário de referência entre critérios de falha

OBSERVAÇÃO		$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$	
TEORIA	**ANÁLISE ENSAIO**	**ANÁLISE PEÇA**	**CONDIÇÃO PARA NÃO FALHAR**
RANKINE	$\sigma_{max} = \sigma_{et}; \sigma_{ec}$	$\sigma_{max} = \sigma_1; \sigma_3$	$\sigma_1 \leq \sigma_{et}\ \ e\ \ \sigma_3 \leq \sigma_{ec}$
TRESCA	$\tau_{max} = \frac{\sigma_e}{2}$	$\tau\,\mathrm{max} = \frac{\sigma 1 - \sigma 3}{2}$	$\sigma e \geq \sigma 1 - \sigma 3$
VON MISES	$\sigma_{emax} = \sigma_e$	$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{4}}$	$\sigma_e > \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{4}}$

Para estados bidimensionais de tensões, as equações e análise podem ser expressas da seguinte forma:

RANKINE:

$$\sigma_1 < \sigma_{tr}$$
$$\sigma_3 > \sigma_c$$

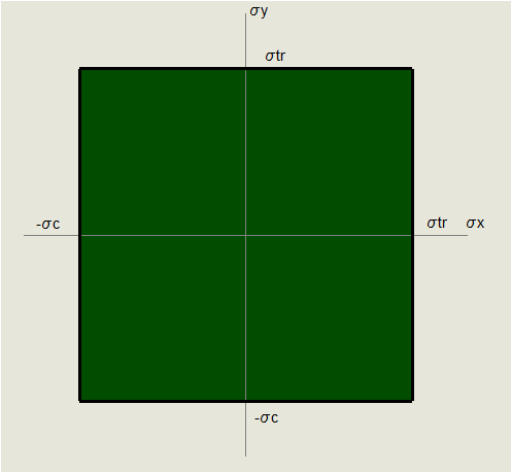


Figura 4 Região de segurança para a teoria RANKINE

TRESCA:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_e}{2}$$

$$\sigma e > \sigma 1 - \sigma 3$$

$$\sigma e > \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}{}^2}$$

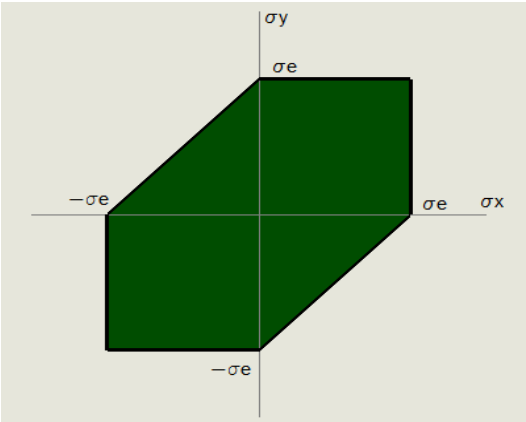


Figura 5 Região de segurança no plano σ X - σ Y , para a teoria de TRESCA

VON MISSES:

$$\sigma_x{}^2 + \sigma_y{}^2 + \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}{}^2 < \sigma_e{}^2$$

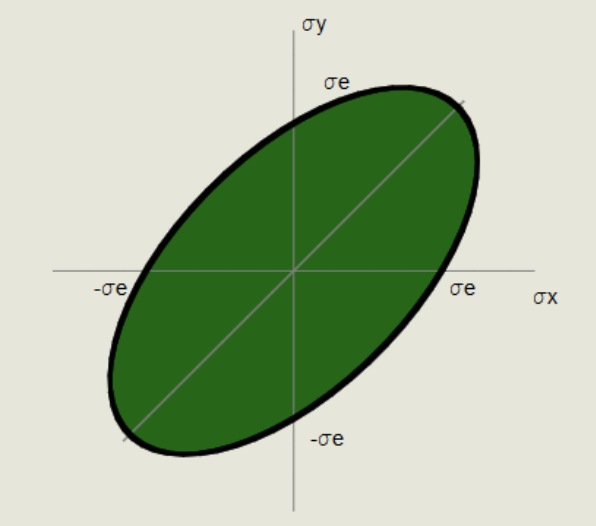


Figura 6 Região de segurança para a teoria VON MISSES

Para materiais frágeis que sua falha se dá por ruptura direta, a teoria de análise fica decidida por dois procedimentos que são: O Critério da Máxima Tensão Normal (Teoria de Rankine ou Teoria de Coulomb) e Critério de Falha de Mohr (ou Mohr-Coulomb).

Rankine ou Coulomb define que, a ruptura ocorrerá quando a tensão principal máxima no material atinja a tensão normal máxima que o material utilizado poderá aguentar em um teste de tração uniaxial, sendo sua limitação dada por se definir que as resistências à tração e compressão de um material são iguais.

Mohr-Coulomb determina que deve-se separa essas duas situações, para tanto, são realizados ensaios de tração e compressão uniaxiais podendo também acrescentar um ensaio de torção, para determinar quando material irá romper (CURY TOLEDO,2015).

Abaixo serão representados as figuras 7 e 8 do gráficos de análise de Rankine e Mohr-Coulomb respectivamente, para um melhor entendimento da teoria.

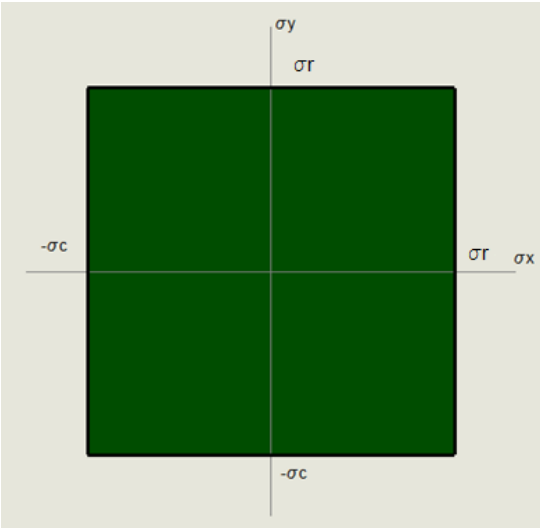


Figura 7 Região antes do rompimento para RANKINE; COULOMB

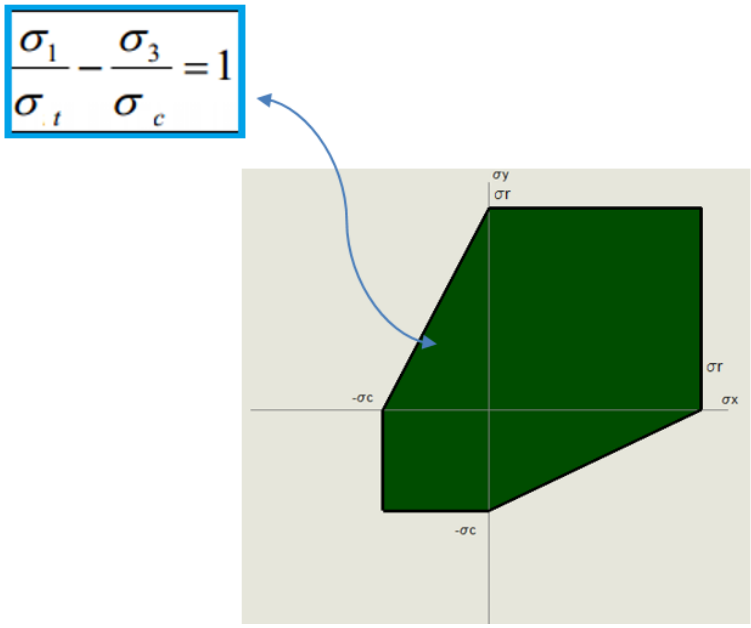


Figura 8 Região antes do rompimento para MOHR-COULOMB

2.3.2.4 CRITÉRIO DE ANÁLISE DE TENÇÕES FLUTUANTES

Após visto os critérios de rupturas dos materiais iremos então fundar os critérios de análise de tenções flutuantes que serão usados para análise de critérios de fadiga.

Segundo Shigley ,Mischke e Budynas (2005), devido à rotação do conjunto, em que os esforços normais são cíclicos, gerando tensões flutuantes que têm por base

um perfil senoidal. Apesar de existirem perfis mais irregulares para representação da aplicação dos esforços, pode se, representar em perfis periódicos que exibem um único máximo e um único mínimo de força, a forma da onda para análise não é importante, mas os máximos e mínimos. Pode-se então gerar algumas relações entre tempo e tensão, para melhor entendimento a representação destes esforços são exibidas na Figura 9 Tipos de carregamentos dinâmicos.

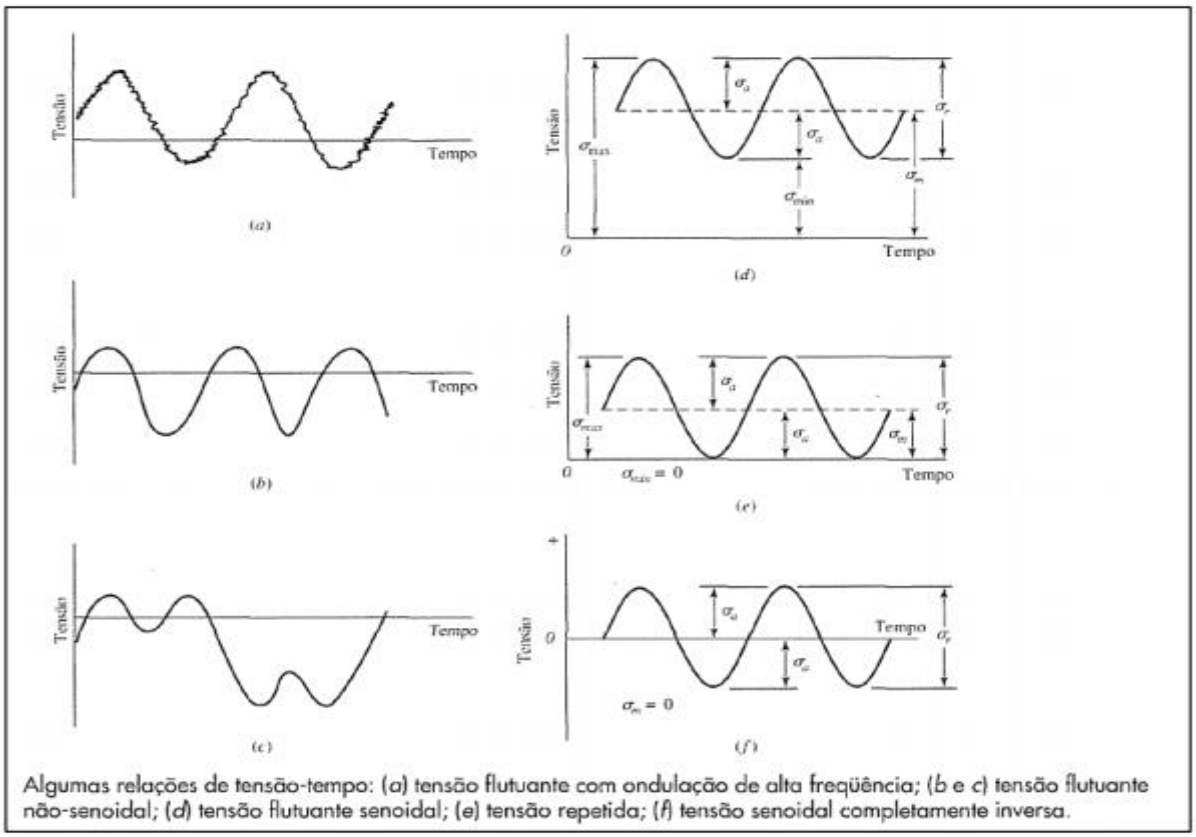


Figura 9 Tipos de carregamentos dinâmicos. Fonte: (J. E. Shigley et al, 2005, P. 337.)

Duas variáveis são estabelecidas: $\sigma_{máx}$ para a tensão máxima e σmín para a tensão mínima. Essas variáveis são utilizadas para o cálculo de uma componente estável e outra componente alternante, importantes para que se possa realizar a caracterização de um contexto de tensões flutuantes. Em que a componente estável, está definida como a tensão média σ_m e a componente alternada, definida como tensão alternada σ_a.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \right|$$

As tensões normais aos componentes são causadas pela flexão e pelas tensões cisalhantes, originadas dos esforços cortantes e da torção. Além disso, a forma que as peças serão utilizadas também causam tensões axiais de compressão. Entretanto, como as tensões axiais são comparativamente muito menores que as tensões normais de flexão e torção, elas serão desconsideradas.

$$\sigma = \frac{My}{I}$$

- M – momento fletor;
- I – momento de inércia de área em tordo na árvore que se calcula o momento fletor;

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

- y – distância entre o ponto analisado e a linha neutra, sendo é igual ao raio da polia.

$$\sigma = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Sendo a tenção normal cisalhante definida como:

$$\tau = \frac{Ty}{J}$$

- T – Torque aplicado.
- J – Momento de inércia polar da ária ao redor da árvore que se calcula o torque.

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

• y – distância entre o ponto analisado e a linha neutra onde y é igual ao raio.

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Dessa forma, pode-se definir as equações que definirão as tensões flutuantes devido à flexão e a torção. Para a análise em fadiga dessas tensões, sendo duas para flexão e duas para torção. Cada par de equações terá uma equação para definição da tensão alternada e a outra para a tensão média.

$$\sigma_a = K_f \frac{32M_a}{\pi d^3}$$

$$\sigma_m = K_f \frac{32M_m}{\pi d^3}$$

$$\tau_a = K_{fs} \frac{17T_a}{\pi d^3}$$

$$\tau_m = K_{fs} \frac{17T_m}{\pi d^3}$$

Em que σm e σa são os momentos fletores médio e alternante, respectivamente, e τm e τa são os toques médio e alternante, respectivamente. Além disso, Kf é o fator de concentração de tensão de fadiga para flexão e Kfs é o fator de concentração de tensão de fadiga a torção que são obtidos a partir dos concentradores de tensão para carregamento estático de K e Kfs, respectivamente, através das equações:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + q(K_{ts} - 1)$$

Onde é o fator de sensitividade ao entalhe dado pela seguinte equação:

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{R}}}$$

Onde √ a é a constante de Neuber que depende diretamente da tensão última de tração Sut e R é o raio do entalhe (Norton, 2004).

Utilizando o Critério da Máxima Energia de Distorção (Von Mises) para se obter as tensões normais equivalentes tem-se que:

$$\sigma'_a = \sqrt{\left(\sigma^2{}_a + 3\tau^2{}_a\right)}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\left(\sigma^2{}_m + 3\tau^2{}_m\right)}$$

Com as análises das tensões medidas que caracterizam a forma de solicitação do material pode-se desenvolver o tipo de carregamento, sendo este, uma entrada indireta, porém importante, para formulação da curva S-N.

$$R = \frac{\sigma \min}{\sigma \max}$$

A tensão média é um fator primordial para a variação da curva S-N no diagrama de Wöhler, o efeito funciona da seguinte forma: Quanto maior for a tensão média de tração, menor será o tempo cujo o material tenderá a falhar, levando-se em conta uma mesma tensão alternada. Quando as tensões médias são compressivas, a ruptura do material se dará em um número maior de ciclos, para uma mesma amplitude de tensão. Quando a tensão média é nula, a curva se situa entre estes dois casos.

Estes comportamentos se deve a contribuição das tensões médias de tração na abertura e propagação da trinca, enquanto que as tensões compressivas dificultam estes acontecimentos.

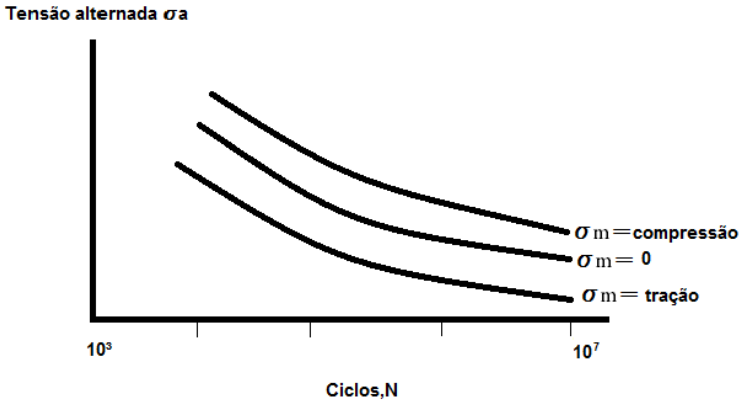


Figura 10 Tensão média

A relação da vida de um material com sua tensão média e sua tensão alternada foi desenvolvida por três cientistas: Goodman, Gerber e Soderberg, que propuseram cada um, uma maneira de traçar a linha de falha do material em um gráfico. A interpretação é realizada partindo-se das tensões alternada e média de projeto, destacando a localização do seu ponto no gráfico. Se o mesmo se localizar abaixo da linha de critério adotada, considera-se que o material não falhará antes de atingir sua vida infinita.

A curva que será usada no projeto será a curva de Goodman, que é um método mais conservador, que representa os comportamentos mínimos dos materiais sendo a mais usada em projetos, enquanto a curva de Gerber é menos conservadora, enquanto a de Soberberg é extremamente conservadora, e geralmente não é usada em projetos a Figura 11 Representação das curvas sa x sm adaptada representa os três métodos de análise em que tem-se a tensão alternada por tensão média.

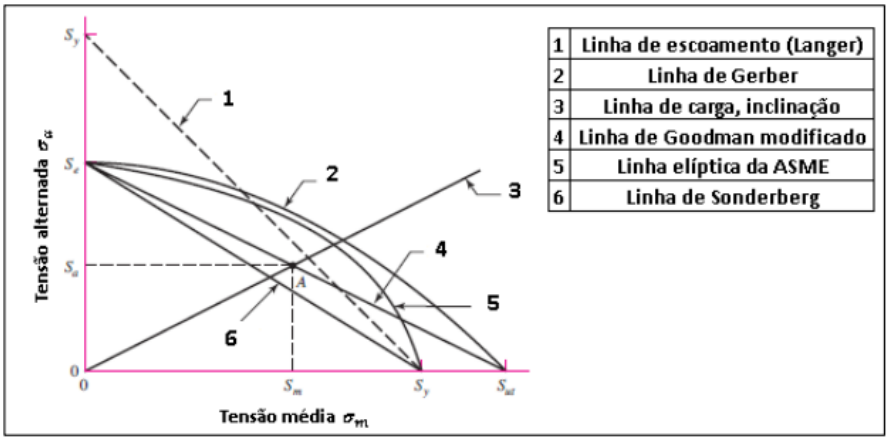


Figura 11 Representação das curvas sa x sm adaptada para os três métodos. Fonte:(J. E. Shigley , et al , 2005, P.340.)

Para o método de Goodman, deve-se verificar se as tensões de projeto não excedem a tensão de escoamento do material, o que geraria uma falha. As equações a seguir representam os três critérios de falha.

Gerber : $\sigma_a = Se\left(1 - \frac{\sigma_m^2}{S_{ut}^2}\right)$

Goodman: $\sigma_a = Se\left(1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}\right)$

Soderberg: $\sigma_a = Se\left(1 - \frac{\sigma_m}{S_y}\right)$

Das equações mostradas S_{ut}, S_y e S_e os valores de são conhecidos. Com isso, a tensão média, para se atingir a vida infinita é função da tensão alternada. Vale ressaltar que as equações facilitam as decisões de projeto, sendo S é o limite de resistência à fadiga quando o tipo de carregamento é alternado, obter a curva SXN para o R de projeto, manipulando equação de Goodman, obtém-se que:

$$\frac{\sigma'_a}{Se} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

Onde n foi adicionado como fator de segurança a ser adotado, o valor da resistência à fadiga para as condições reais de operação Se é obtido a partir de S'e utilizando-se fatores de correção que segundo Bundynas e Nisbett 2011, refere-se a equação a seguir.

$$Se = KaKbKcKdKeKfS'e$$

Onde: Ka é o fator de condição superficial, Kb é o fator tamanho, Kc é o fator carregamento, Kd é o fator temperatura, Ke é o fator confiabilidade e Kf é um fator para efeitos diversos. O fator de superfície está diretamente ligado ao acabamento recebido pela peça durante sua fabricação. Seu valor é dado pela seguinte equação para Sut em MPa:

$$Ka = aS_{ut}^b$$

Os fatores a e b foram obtidos experimentalmente e são mostrados na tabela 2-Parâmetro fator modificação de superfície.

Tabela 2-Parâmetro fator modificação de superfície

Acabamento superficial	Fator a	Fator b
Retificado	1,58	-0,085
Usinado ou Laminado a frio	4,51	-0,265
Laminado a quente	57,7	-0,718
Forjado	272	-0,995

Fonte: Adaptação (*Juvinall e Marsheko 2008)*

O fator de tamanho corrige o valor da resistência de acordo com a dimensão das peças, como os eixos e arvores do projeto estão limitados ao diâmetro entre 2,79 e 51mm, Kb será.

$$Kb = 1{,}24d^{-0{,}107}$$

O fator corresponde ao tipo de carregamento aplicado Kc assume os seguintes valores:

Tabela 3-Carregamento fator Kc

Carregamento	Kc
Axial	0,85
Torção	0,59
Flexão	1

Fonte: Adaptação (*Juvinall e Marsheko 2008)*

O material comporta de maneira diferentes em relação à resistência de acordo com a faixa de temperatura de trabalho que está submetido. Com isso, o fator Kd é introduzido para corrigir esse termo, sendo T em graus Celsius.

$$Kd = 0{,}9877 + 0{,}6507(10^{-3})T - 0{,}3414(10^{-5})T^2 + 0{,}5621(10^{-8})T^3 - 6{,}246(10^{-12})T^4$$

O valor de Ke que refere-se às condições de análise dos dados experimentais partir da confiabilidade do experimento a partir da variante de transformação Za que é dada na Tabela 4-Fator de confiabilidade Ke.

$$Ke = 1 - 0{,}08Za$$

Tabela 4-Fator de confiabilidade Ke

Confiabilidade, %	Variante de transformação Za	Fator de Confiabilidade Ke
50	0	1
90	1,288	0,897
95	1,645	0,868
99	2,2326	0,814
99,9	3,091	0,753
99,99	3,719	0,702
99,999	4,265	0,659
99,9999	4,753	0,62

Fonte: Adaptação (*Juvinall e Marsheko 2008)*

O fator de efeitos diversos Kf será definido pelo projetista e serve para corrigir efeitos não inclusos nos fatores já citados.

Então a partir dos critérios de Goodman pode-se calcular o diâmetro dos eixos e arvores do projeto, considerando um projeto de vida infinita.

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[\sqrt{\left(4\left(K_{fs} M_a\right)^2\right) + \left(3\left(K_{fs} T_a\right)^2\right)} \right] + \frac{1}{S_{sut}} \left[\sqrt{\left(4\left(K_{fs} M_m\right)^2\right) + \left(3\left(K_{fs} T_m\right)^2\right)} \right] \right\} \right)^{1/3}$$

Visto que arvore transmite torque enquanto que o eixo representa parte fixa que suporta elementos rotativos como rodas e polias.

2.3.2.5 TRANSMISSÃO

Mecanismo responsável pela recepção, transformação e transmissão da potência do motor para o ponto de sua utilização, e regulagem da velocidade por meio de transmissões graduadas, observando que a relação da transmissão total depende: da potência específica de saída do equipamento, da velocidade de rotação do motor,

e do uso pretendido, sendo neste caso a transferência mecânica realizada por contato direto das engrenagens (CARRARA, 2008).

O número de dentes de uma engrenagem é proporcional ao diâmetro, então a relação das engrenagens é obtida por:

$$n = \frac{N_2}{N_1}$$

Onde N_1 é número de dentes do pinhão (pinhão menor engrenagem) e N_2 é número de dentes da coroa (coroa maior engrenagem).

E a velocidade da saída em relação à entrada é:

$$\omega_2 = n\omega_1$$

Onde ω_1 é a velocidade do pinhão e ω_2 é a velocidade da coroa

O torque é dado por:

$$\tau_1 = n\tau_2$$

Em que τ_1 é o torque do pinhão e τ_2 é a velocidade da coroa.

2.3.2.5.1 ENGRENAGENS

Neste tópico entenderemos a transmissão de torque e velocidade através de dentes de engrenagem, assim como seu dimensionamento.

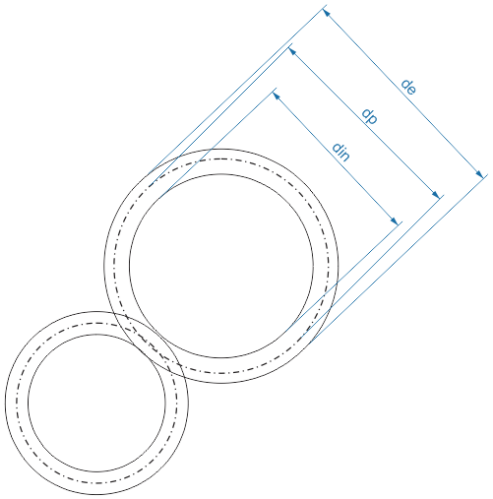


Figura 12 Círculos de um arranjo de engrenagens

Segundo Juvinall e Marsheko a linha normal comum aos níveis da engrenagem no ponto de contato chamado como ponto primitivo, pode-se determinar na Figura 12 Círculos de um arranjo de engrenagens, os diâmetros externo (de), primitivo (dp), interno (di), sendo o diâmetro primitivo determinado pelo ponto primitivo.

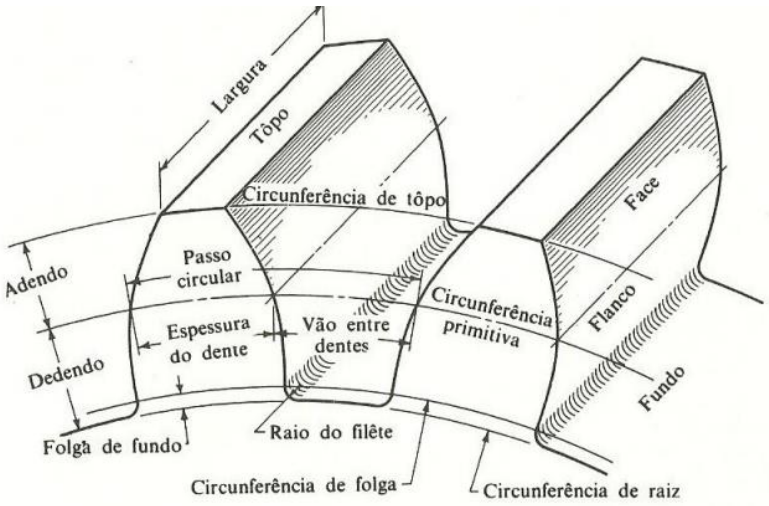


Figura 13 nomenclatura dentes de engrenagem cilíndricas de dente retos Fonte:(J. E. Shigley ; et al, 2005, P. 630)

A partir destas definições, podemos começar a fazer algumas considerações, o passo (p) da engrenagem será calculado pela razão entre perímetro do diâmetro primitivo e o número de dentes, lembrando que para cada duas ou mais engrenagens

acopladas as mesmas devem ter o mesmo passo e modulo (m) para que os espaços entre os dentes se encachem.

$$p = \frac{\pi \times d_i}{N_i}$$

Onde m é a razão entre diâmetro primitivo e número de dentes.

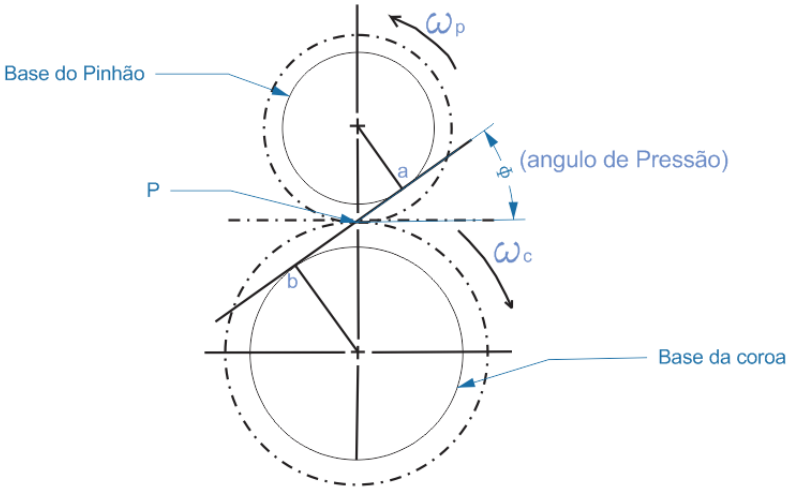


Figura 14 Adaptação acoplamento por correia incorporado às engrenagem por atrito, Fonte: (JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008 P. 339.)

Para verificar o raio máximo que poderá ser usado para que não ocorra interferência, pode se utilizar a equação a seguir onde $r_{a(max)}$ expressa o máximo raio da circunferência do adendo, do pinhão ou da engrenagem, r_b representa o raio base da engrenagem enquanto C é a distância entre as origens das engrenagens, enquanto Φ representa o ângulo de pressão real (Juvinall e Marshek, 2008).

$$r_{a(\max)} = \sqrt{r_b^2 + c^2 \times sen^2\emptyset}$$

Para-se analisar as relações entre as componentes de força atuantes e as correspondentes potência e velocidades, podemos observar a figura 15 distribuição de esforços dente engrenagem, onde F é a força que a coroa faz no pinhão na direção da linha de ação, Fr a componente radial e Ft a componente tangencial, sendo esta a responsável pela transmissão do torque e consecutivamente a potência. (SHIGLEY, et al. 2011)

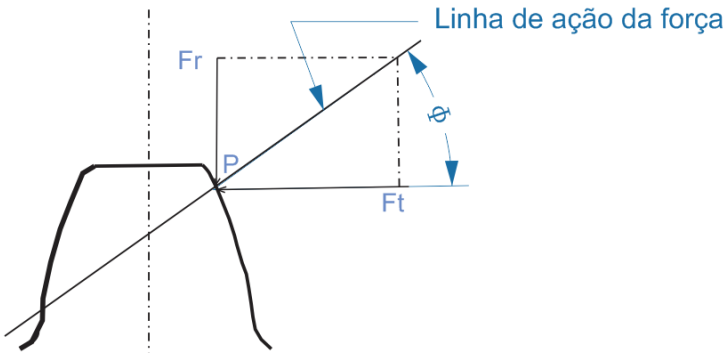


Figura 15 distribuição de esforços dente engrenagem

$$F_t = F \cdot \cos\theta$$

$$F_r = F \cdot sen\theta$$

A partir disso pode-se então determinar a velocidade e potência dos componentes.

$$V = \pi \times d_p \times n$$

Onde d_p é o diâmetro primitivo e n a rotação da engrenagem;

$$\dot{W} = F_t \times V$$

Para realizar o devido dimensionamento a partir da equação de Lewis, os procedimentos modernos de engrenagens levam em consideração outros fatores, que causam algum tipo de influência nas tensões de flexão e são eles: velocidade da circunferência primitiva, precisão de fabricação, razão de contato, concentração de tensão dentre outros que vão influenciar de alguma forma as devidas tenções, fazendo as devidas adaptações temos.

$$\sigma = \frac{F_t}{b} \times \frac{K_v K_0 K_m}{J}$$

Onde J sendo representado pelo fator geométrico da engrenagem que apresenta o fator deforma de Lewis Y associado a um fator de concentração de tensão, K_v o fator dinâmico ou de velocidade, ele é uma função da velocidade na circunferência primitiva incorporado a precisão de fabricação, K_0 representa o fator de

sobrecarga, que reflete o nível de não-uniformidade dos torques de carga e motriz e K_m é indicado como o fator de montagem, que agrega a precisão do alinhamento.

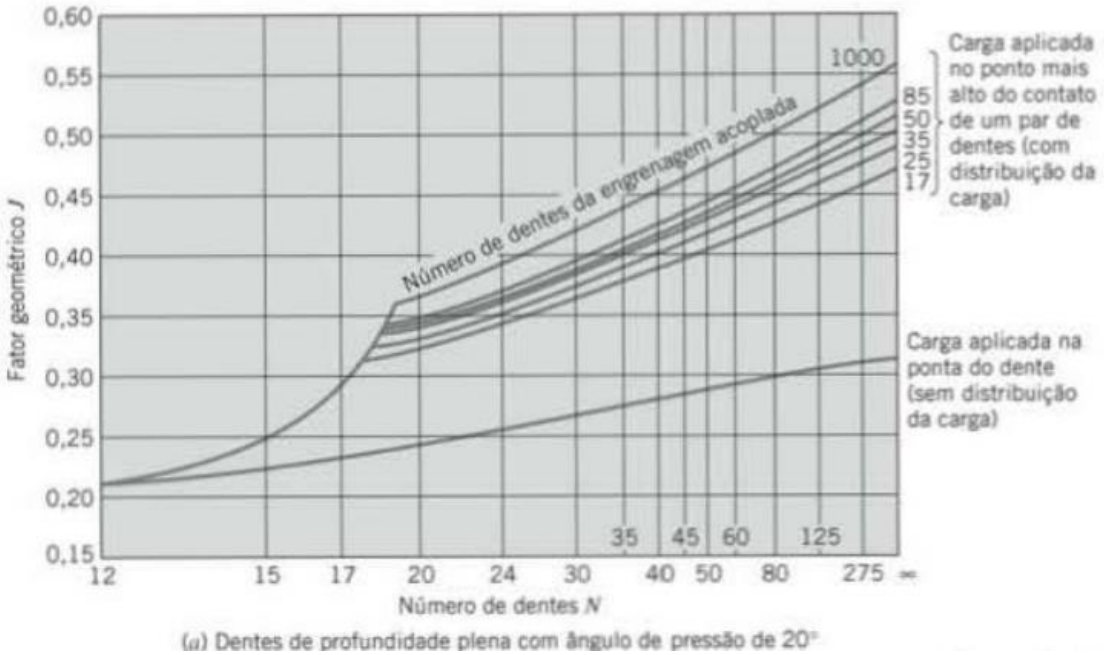


Figura 16 gráfico dentes da engrenagem por fator geométrico, Fonte: (JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008,p 350.)

K_v a partir do fator de precisão e V que será expresso em pés por minuto:

Fresas de engrenagem e fresas de perfil:

$$K_v = \frac{600 + V}{600}$$

Fresas de engrenagem e fresas de desbaste:

$$K_v = \frac{1200 + V}{1200}$$

Precisão, aplainada e polia:

$$K_v = \frac{50 + \sqrt{V}}{50}$$

Alta precisão, aplanada e polia:

$$K_v = \frac{78 + \sqrt{V}}{78}$$

Mais alta precisão, aplainada e polia:

$$K_v = \sqrt{\frac{78 + \sqrt{V}}{78}}$$

Fator de Correção por Sobrecarga K_o

Fonte de Potência	Máquina Conduzida: Uniforme	Impacto Moderado	Impacto Forte
Uniforme	1,00	1,25	1,75
Impacto leve	1,25	1,50	2,00
Impacto médio	1,50	1,75	2,25

Fatores de Correção de Montagem K_m

Características do Suporte	Largura da Face (in): 0 até 2	6	9	acima de 16
Montagens precisas, pequenas folgas nos mancais, deflexões mínimas, engrenagens precisas	1,3	1,4	1,5	1,8
Montagens pouco rígidas, engrenagens pouco precisas, contato ao longo de toda a face	1,6	1,7	1,8	2,2
Precisão e montagem de forma que o contato não ocorra em toda a largura da face	Acima de 2,2			

Fator k_r de Correção pela Confiabilidade, com um Desvio-Padrão Admitido de 8%

Confiabilidade (%)	50	90	99	99,9	99,99	99,999
Fator k_r	1,000	0,897	0,814	0,753	0,702	0,659

Figura 17 tabelas k0, Km e Kr respectivamente. Fonte: (JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008, P. 351.)

Devendo-se também realizar as devidas correções para resistência a fadiga, sendo está estimada a partir da equação: (Juvinall e Marshek, 2008).

$$Sn = 0{,}5 \times S_{sut} \times C_L C_G C_s k_r k_t k_{ms}$$

Onde C_L fator de carga igual a 1,0 para cargas de flexão, C_c é o fator gradiente igual a 1,0 para p > 5 e 0,85 para p ≤ 5, C_s é o fator de superfície do filete; k_r é o fator de confiabilidade; K_{ms} o fator de tensão média, podendo ser usado utilize 1,0 para engrenagens intermediárias (flexão em dois sentidos) e 1,4 para engrenagens de entrada e de saída (flexão em um sentido); k_t é o fator de temperatura, para engrenagens de aço considere 1,0 se a temperatura do lubrificante for menor que 160F e se for maior teremos que:

$$K_t = \frac{620}{420 + T}$$

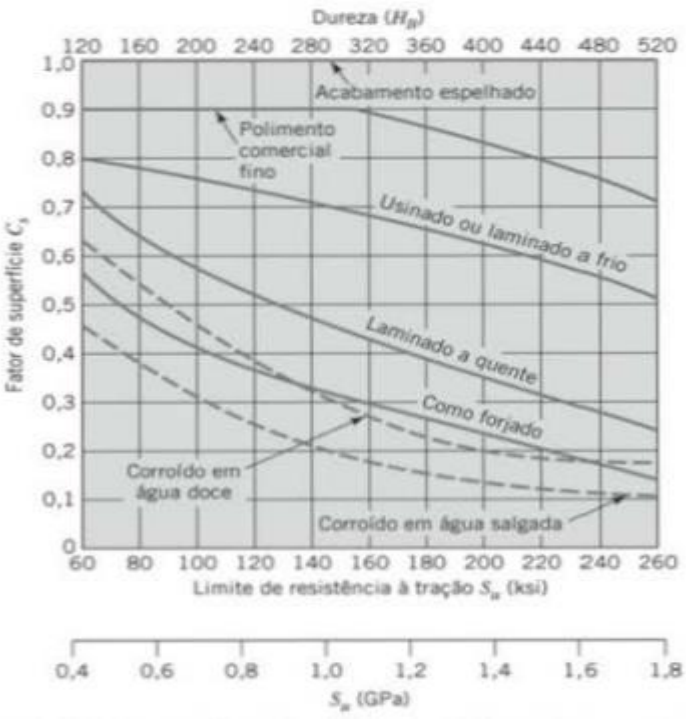


Figura 18 Fator de superfície Cs, Fonte:(JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008 p 168.)

Ainda segundo Juvinall e Marshek, 2008, tomando os cuidados necessários, as engrenagens não falharão em decorrência a desgaste abrasivo, e se realizar a lubrificação e o resfriamento de forma correta não ocorrerá falha devido à riscadura, devido as características do projeto, tomando os cuidados necessários pode-se desconsiderar as falhas devido o contato.

3-METODOLOGIA E ANÁLISE

Partindo da hipótese da concepção de produto, estabelecerá a adoção de uma visão sistêmica, para que o projeto possa ser exequível, integrando todas as fases do projeto e conhecimentos, para que assim, se possa relacionar ciência, tecnologia e técnica, para obtenção de objetos virtuais e conceituais que condizentes com a realidade e as diretrizes do projeto. Fazendo essa integração entre projeto e realidade, que engloba ferramentas disponíveis, método de fabricação, a qualificação da mão de obra que estará executando o projeto, dentre outros fatores que possam desenvolver alguma variável para execução do projeto.

Dividindo as etapas de desenvolvimento do produto que se relacionaram direta ou indiretamente com as etapas posteriores que são compreendidas em: identificação das necessidade, definição do problema, pesquisa mercadológica, análise de qualidade, desenvolvimento do projeto em que estão contidos: (cálculos estruturais, detalhamento mecânico e a automação do sistema, desenvolvimento do software de controle), análise de custos, otimização e por fim prototipagem.

Com a finalidade de gerenciar os principais requisitos do produto, para se direcionar a interdependência das decisões apartir de um modelo único de produto, objetivando-se a tomada de decisão em direções de relacionamento, definindo-se o fluxograma de tomadas de decisão que demonstra a interoperabilidade do sistema, centralizando as informações com a finalidade de prever qualquer interferências do projeto a qualquer momento.

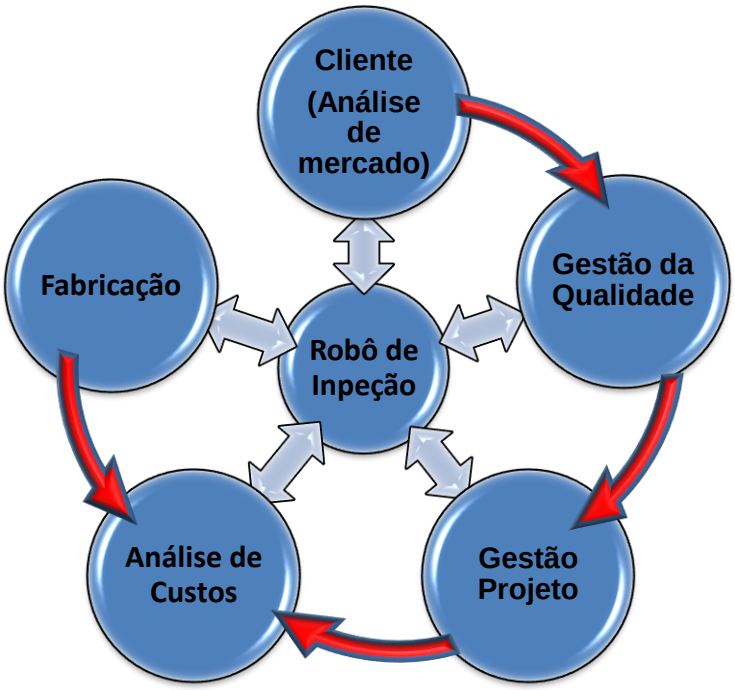


Figura 19-Fluxograma de Tomada de Decisões

A especificação do sistema ocorrerá concomitantemente e adequada a execução do projeto de controle e projeto mecânico, gerando assim especificações do material, geometria e também será gerado as especificações essenciais dos referentes sensores, atuadores e até mesmo a estratégia de controle (ROSARIO, 2005).

3.1-PESQUISA DE MERCADO

Cada vez mais, utilizados em esquadrões antibombas para inutilizar diferentes tipos de explosivos em espaços abertos ou fechados, supervisão de dutos de ar, tubulões e até mesmo segurança patrimonial.

Sendo as empresas com maior interesse no equipamento estando divididas em: primeiro lugar empresas relacionada a segurança, posteriormente de petróleo, gás, empresas de tratamento de agua dentre outras que necessitam de algum tipo de inspeção.

Os robôs e seus valores estão correlacionados com suas funcionalidades e características, para uma pesquisa mais correta optou-se pela divisão em dois grupos de atividades: somente inspeção, verificação e manipulação conjunta.

Tabela 5-Variação de preço de mercado

Tarefa Executada	Mínimo	Máximo
Supervisão	R$10 mil	R$150 mil
Supervisão e manipulação	R$ 500 mil	R$ 1,5 milhão

Seu alto preço se dá devido a especificidade do produto, e a escassez de empresas no mercado para atender a demanda.

3.2-ANÁLISE DE ATUAÇÃO QFD

Para determinação dos principais pontos de atuação utilizará o método de desdobramento da função da qualidade que pode ser encontrado no sub item 2.2 da referida revisão bibliográfica, o qual consiste em uma pesquisa de mercado relacionada com as especificações técnicas do produto, que trará como resultado uma pontuação das principais características que deverão ser desenvolvidas no produto.

Partindo da análise da análise das principais necessidades do cliente, obteve-se a seguinte tabela 6-Necessidadedes do Mercado e Classificação das exigências.

Tabela 6-Necessidadedes do Mercado e Classificação das exigências

Necessidades do Mercado	Modelo Kano
Baixo Custo	Mandatório
Designer	Esperado
Facilidade de Controle	Atrativo
Não Danificar com Facilidade	Esperado
Facilidade de Transporte	Atrativo
Mobilidade	Esperado
Operação a longa distância	Atrativo
Vida útil	Esperado
Duração da Bateria	Esperado
Baixo custo de Manutenção	Mandatório

Após levantadas necessidades do mercado e analisando as características gerais do produto, pode-se montar a tabela de requisitos técnicos do projeto que pode ser encontrado na tabela 7-Requisitos técnicos de projeto.

Tabela 7-Requisitos técnicos de projeto

Requisitos Técnicos de Projeto	Direção da melhoria
Custo de matéria prima	Diminuir
Robustez	Aumentar
Interface de comunicação	Melhorar
Características estrutural	Melhorar
Dimensões do equipamento	Alvo (condicionado)
Adaptação a diversos terrenos	Melhorar
Materiais empregados	Alvo (condicionado)
Resistencia dos Materiais	Melhorar
Distância de operação	Alvo
Automação	Alvo (condicionado)

Velocidade de deslocamento	Aumentar
Peso	Alvo (condicionado)
Quantidade de peças	Diminuir
Peças padronizadas	Aumentar
desmontagem	diminuir

Com base nas características levantadas realizou-se o estudo completo de relacionamento que encontra-se realizado no APÊNDICE B-DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DE QUALIDADE PARA ROBÔ DE INSPEÇÃO E MANIPULAÇÃO, cujo o modelo para inserção de dados obtido pela empresa Siqueira Campos gratuitamente, observa-se diversos quesitos, em que, visualiza-se as principais linhas de atuação em ordem de prioridade, dando a direção para onde deve-se investir maiores esforços, assim como a comparação do produto com o produto de duas empresas já estabelecidas no mercado.

Tabela 8-Linha de atuação de projeto em ordem de prioridade

Ordem	Linha de atuação de projeto em ordem de prioridade
1º	Buscar matérias prima acessíveis
2º	Verificação dos materiais empregados
3º	Redução das peças totais empregas

Através do QFD, Conclui-se que, deve-se buscar matérias prima acessíveis afim de, reduzir custos, buscando a verificação dos materiais empregados e investir na redução das peças totais empregas, dando-nos uma visão geral das áreas que terá que se dedicar maior tempo, ainda é possível observar através do estudo, que nosso produto em comparação aos demais, possui algumas deficiências mas permanece na média das exigências do mercado, e que as maiores dificuldades organizacional encontram-se no quesito automação e dimensionamento do equipamento.

Com esta análise realizada pode-se então iniciar o desenvolvimento do projeto.

3.3-DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nesta etapa visa-se a concepção do produto desenvolvendo o projeto com base nos critérios técnicos e econômicos estudados anteriormente, afim de atingir o projeto detalhado em que o modelo do produto passa da etapa de geração de ideias para a etapa onde o desenho definitivo do produto é exposto, sendo possível a partir desta etapa verificar-se claramente as reais funções, durabilidade, processo de produção, custos, montagem, manuseio do produto.

A partir do estudo anteriormente realizado e a observação dos produtos já existentes no mercado para a geração da forma do equipamento, buscou-se atrelar a alguns fatores que vem a ser de grande relevância no desenvolvimento do produto, sendo eles: superposição de obstáculos, redução de material, princípios construtivo e redução de partes móvel, com estas características já pré-estabelecidas visando uma solução viável gerou-se o primeiro esboço, afim de que, este venha ser aprimorado no decorrer do desenvolvimento do projeto.

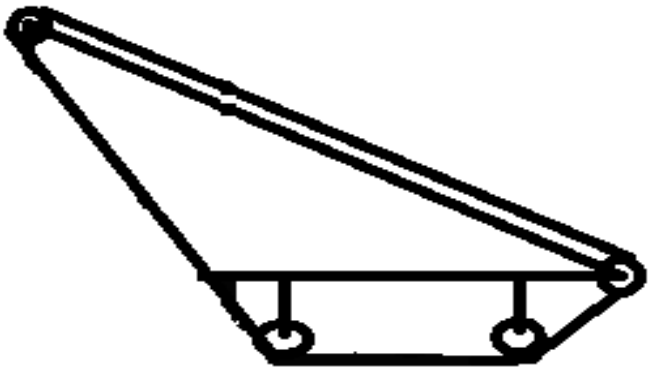


Figura 20-Esboço da forma equipamento

Estimando o peso máximo do equipamento e carga, através da observação de diversas literaturas especifica-se que o peso total como 25,14 Kg, a velocidade máxima do equipamento limitado a 11,31 $m.min^{-1}$ a aceleração $1m.s^{-2}$ e o diâmetro da roda de tração 30 mm, μ coeficiente de atrito dinâmico pode ser observado na tabela ANEXO IV, parâmetro estes que serão primordiais para determinação dos componentes que serão apresentados no presente capítulo.

3.3.1 DETERMINAÇÃO DO SISTEMAS ELETRÔNICO E AUTOMAÇÃO

Apartir dos conceitos apresentados na revisão bibliográfica no sub capitulo 2.3.1 SISTEMAS ELETRÔNICOS, integrados com a visão do projeto a ser desenvolvido, montou-se a arquitetura principal de funcionamento de cada motor integrando a comunicação via wifi através do roteador que se conecta com o Arduino enviando e recebendo dados que por sua vez controla o modulo relé que direciona o sentido do motor.

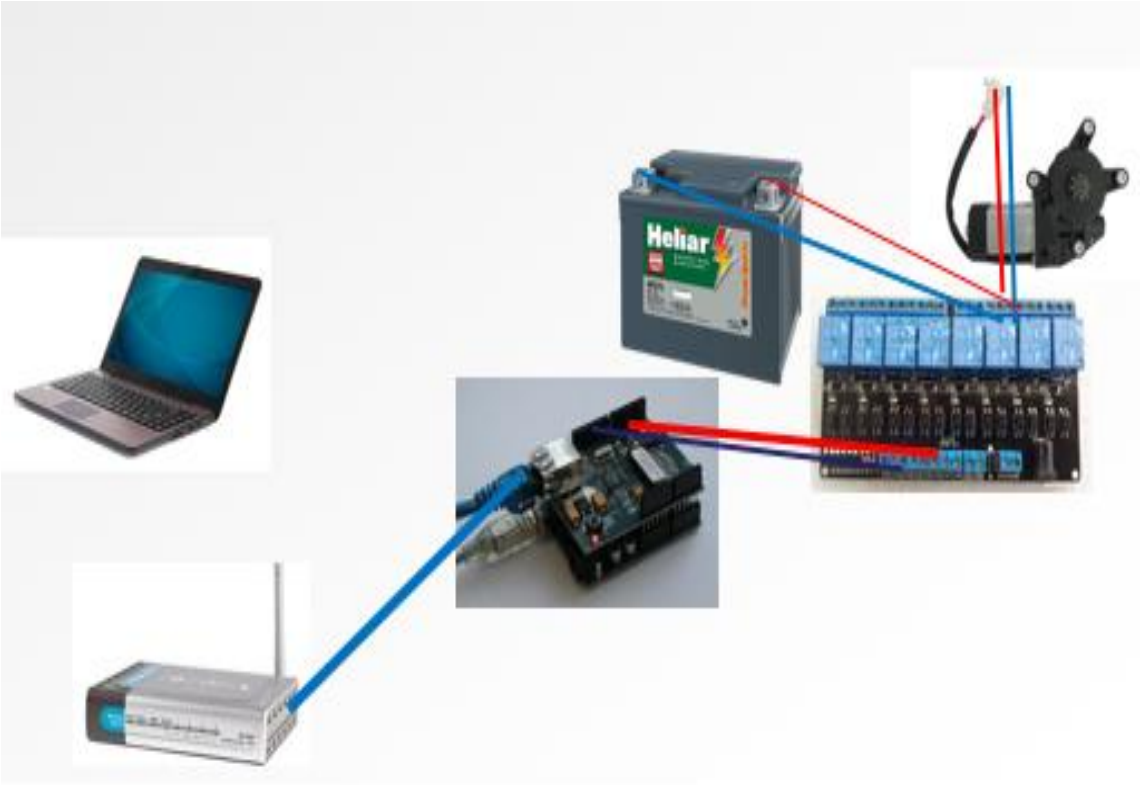


Figura 21-Arquitetura Principal de funcionamento do sistema

Desenvolveu-se então o modelamento do sistema, apartir da confecção do fluxogramas para ilustrar o funcionamento do robô, tomando-o como base para se desenvolver a solução da automação, assim como referenciar os componentes elétricos que serão utilizados.

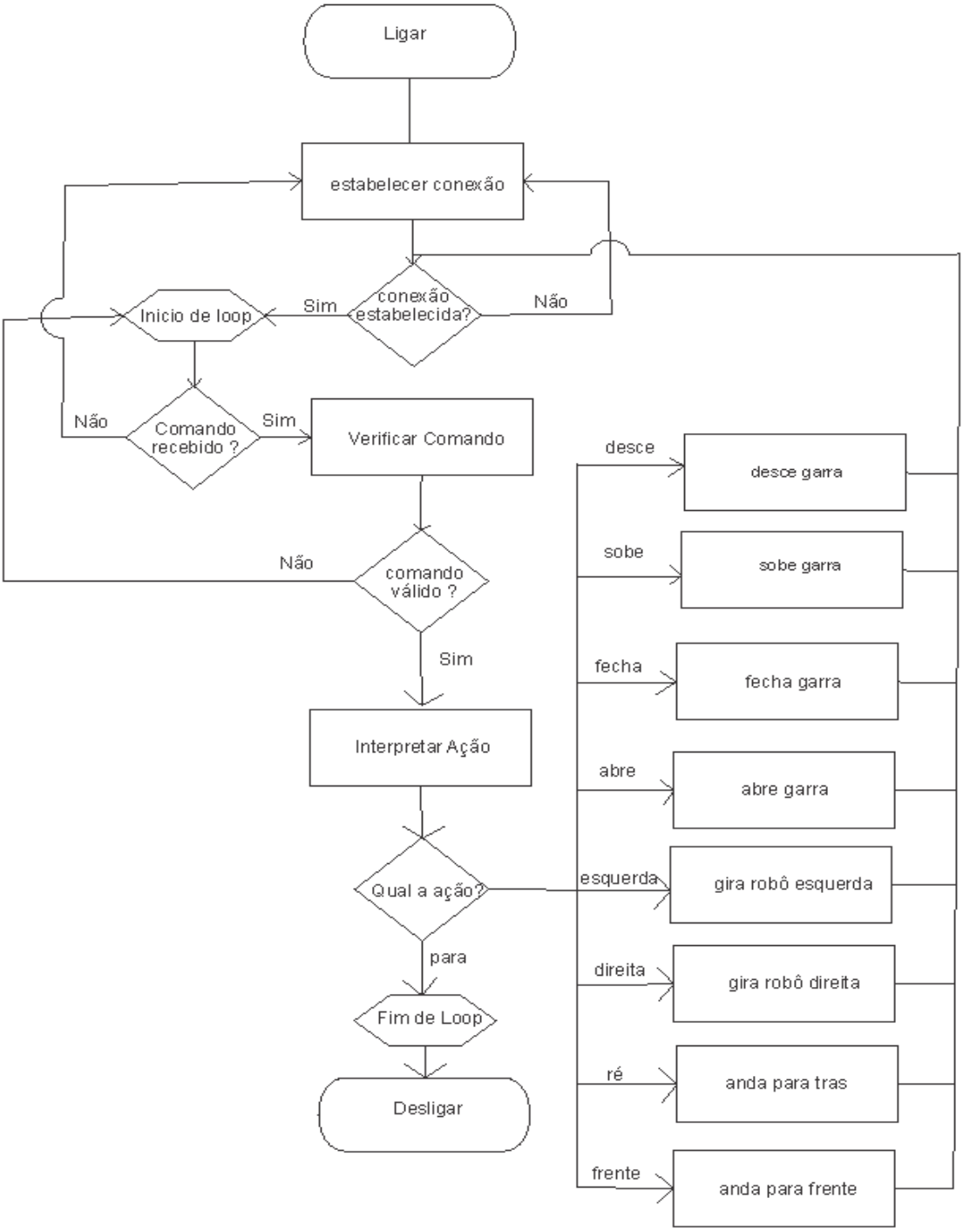


Figura 22-fluxograma de comandos

O controlador selecionado, foi o Arduino UNO que apresenta um micro controlador da marca Atmel o ATmega328, a recepção das imagens, que não está ilustrado no fluxograma será realizada utilizado uma câmera que tenha entrada ethernet, afim de, agilizar a transmissão de dados do produto, a transmissão de dados entre o equipamento e computador será executada via roteador, nos possibilitando a comunicação via rede sem fio, utilizará sistemas de proteção a fim

de resguardar o microcotrolador, sendo eles diodo já integrado na placa de relés utilizada e fusível nas saídas das baterias afim de proteção.

Pode-se observar apartir da figura 23 funcionamento do chaveamento dos relés, que cada motor será controlado através do chaveamento de três relés, em que um dos relés servirá para ligar e desligar o motor e dois servirão para inversão do sentido do giro do motor.

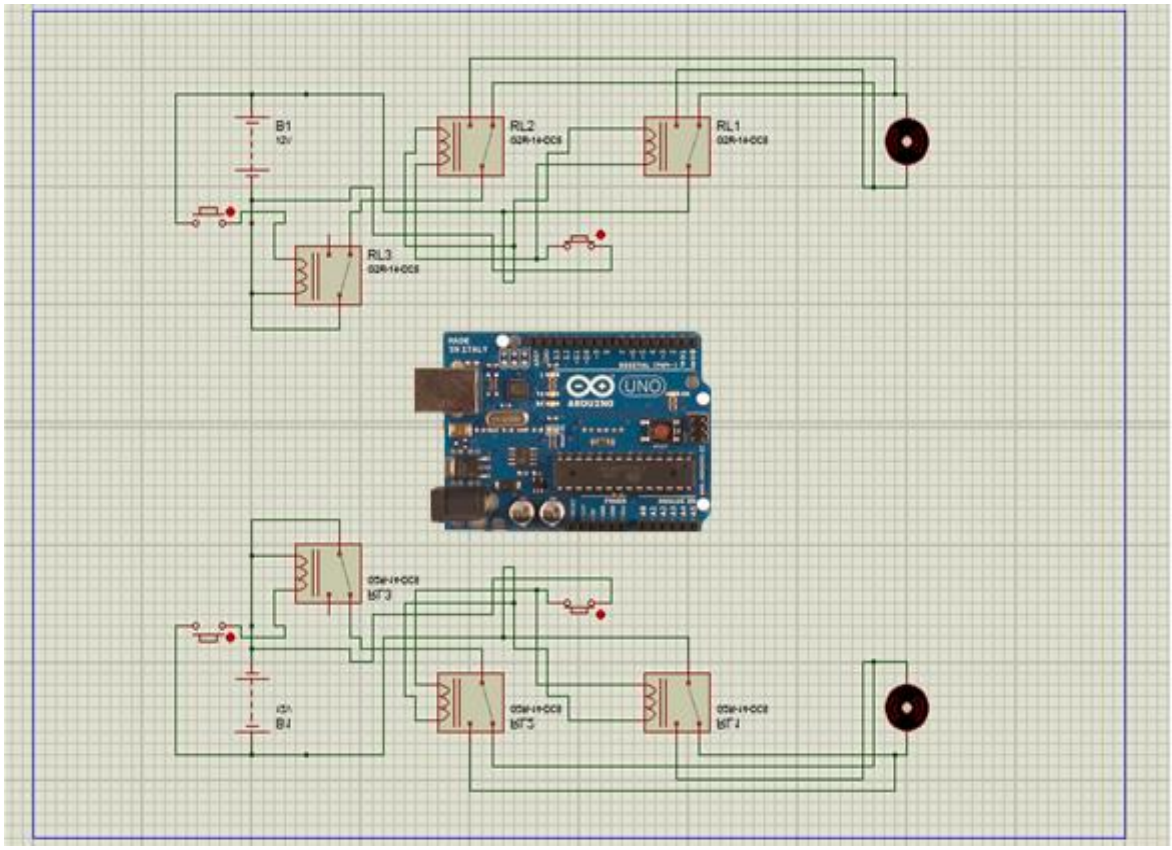


Figura 23-funcionamento do chaveamento dos relés

Após selecionado os componentes que serão utilizados no sistema iniciou-se o processo de desenvolvimento do código, que será usado no microcontrolador, sendo o código, desenvolvido em linguagem C, através da plataforma de desenvolvimento do próprio Arduino, e o referido código que será usado poderá ser encontrado no APÊNDICE D – CÓDIGO DO PROGRAMA DE CONTROLE, assim como a explicação da funcionalidade do mesmo.

3.3.1.1 SISTEMA DE CONTROLE

A interação com o robô, visa o envio de comandos e o recebimento das imagens recebidas por uma câmera simultaneamente, representada através da figura 24 fluxograma básico de execução.

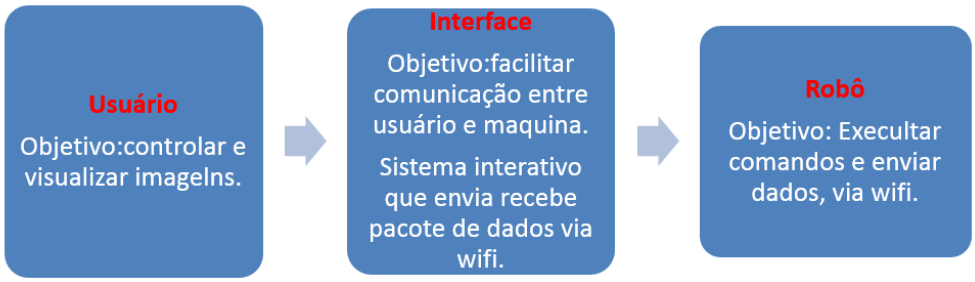


Figura 24-Fluxograma de Execução Básico

A plataforma para desenvolvimento utilizada para programação será o Visual Basic, que trabalha com linguagem BASIC *(Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code)* e integra também o Visual, pois a ferramenta trabalha com orientação objeto, que possibilita o desenvolvimento do sistema de controle, atribuindo funções aos objetos inseridos na interface, abaixo está representado a imagem da interface desenvolvida para o devido fim, e a programação da mesma pode ser observada APÊNDICE E – CÓDIGO DA INTERFACE DE INTERAÇÃO.

Figura 25 Interface de comunicação com robô

3.3.1.2 DETERMINAÇÃO DO MOTOR

Tomando como base as especificações de velocidade, peso máximo e coeficiente de atrito pode-se calcular a potência necessária para o motor de tração através dos conceitos apresentados na revisão bibliográfica nos sub itens 2.3.1.3 MOTROR DC e 2.3.2.5 TRANSMISSÃO, em que os cálculos se encontram no APÊNDICE C – MEMORIAL DE CALCULO, através do cálculo de potência selecionou o motor da marca mabushi, por apresentar menor preço, maior disponibilidade no mercado e atender as exigências de projeto maiores especificações do motor podem ser encontrada no ANEXO III.

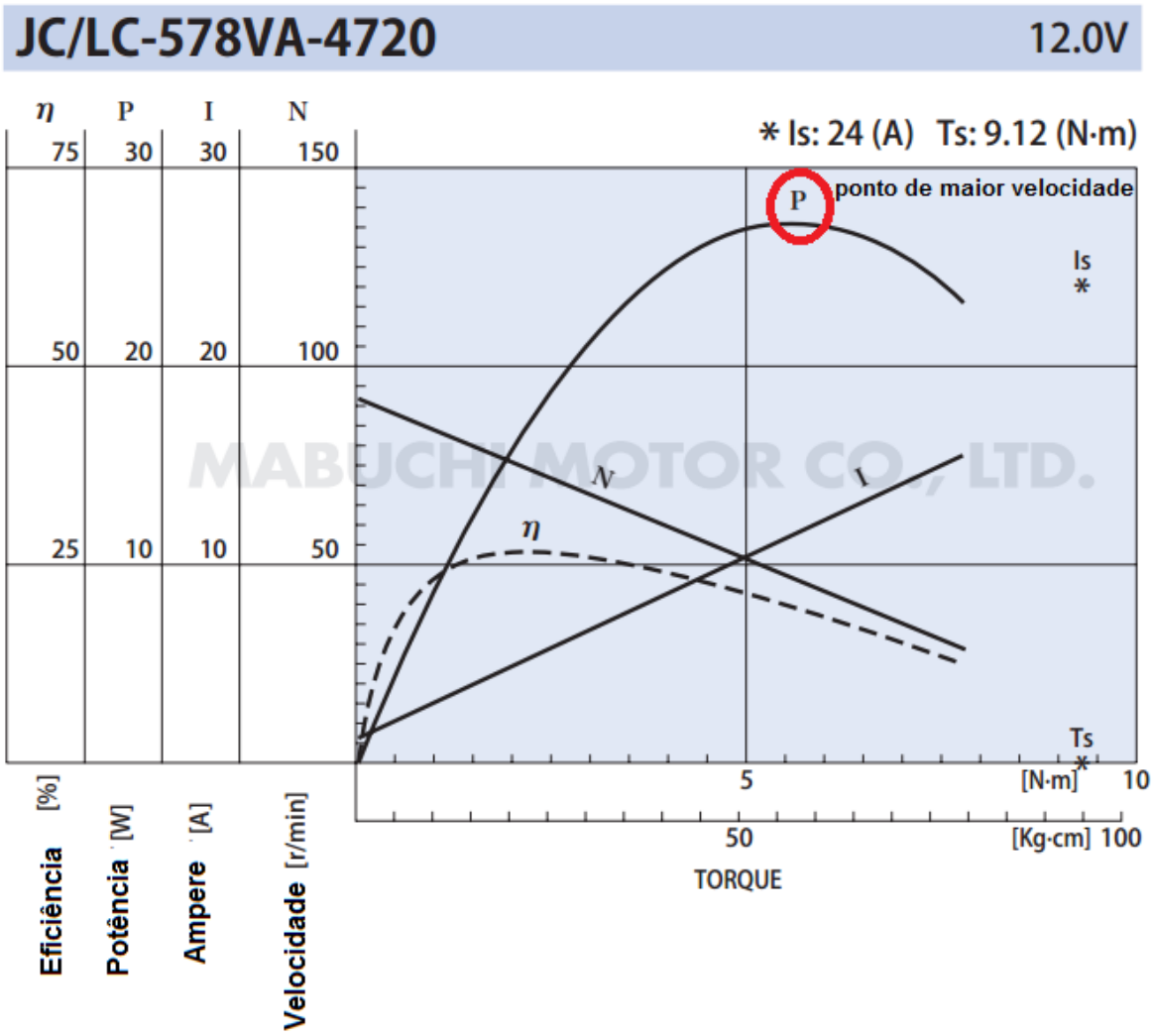


Figura 26-Gráfico da performance do motor Mabuchi modelo JC-578VA-4720, Fonte: (Mabushi)

3.3.2 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DO COMPONENTES CRÍTICOS

O dimensionamento será realizado nos principais pontos críticos do projeto e obedecerá as características apresentadas de cada componente, assim como as características principais que foram pré-estabelecidas através da análise dos principais produtos já existentes no mercado.

As cargas empregadas nos parafusos e garra são essencialmente estáticas então o estudo será realizado através de elementos finitos onde as malhas utilizadas serão especificadas no estudo em que o critério de falha utilizado será o de von misses.

3.3.2.1 SELEÇÃO DE ROLAMENTO

Utilizará para determinar o rolamento o método fornecido pelo fabricante da GBR, com vida de 10^6, assim como a tabela fornecida.

$$Cmec = k_a \times F_e \times \left(\frac{L}{k_r \times L_n} \right)^{0,3}$$

Onde Cmec é o valor necessário de carga para a aplicação específica, Lr é a vida correspondente à capacidade de revoluções, Fe é a carga envolvida na aplicação específica, e L é a vida correspondente à carga envolvida.

Velocidade do rolamento máxima 120 rpm, carga radial como 122,625 N, sendo este a estimativa do pior caso possível em que o equipamento estará submetido, observando que a carga axial estará limitada menor que 0,35 do carregamento radial podendo assim ser desprezada, Ka=2 sujeito a impacto moderado, Kr igual a 0,45 para um padrão de 97% de confiabilidade pelo catalogo e a vida nominal de um milhão de revoluções como 10^6 , segundo catalogo GBR, como a operação do equipamento será realizada de forma esporádica com vida representativa em torno de 12000 h cuja confiabilidade é de grande importância para o projeto.

Definido o C_{mec} igual a 1009,3 N apartir do APÊNDICE C – MEMORIAL DE CALCULO pode-se determinar o rolamento apartir da tabela GBR que pode ser observada no ANEXO I, como as cargas axiais não serão expressivamente grandes seleciona-se um rolamento sem angulação, dentre os rolamento selecionados pode-se destacar dois tipos 608 ou 609, que atendem a faixa de projeto, por apresentar menor preço de mercado e maior disponibilidade para compra selecionou-se o GBR 609 onde d=9mm, D=24mm e B=7mm.

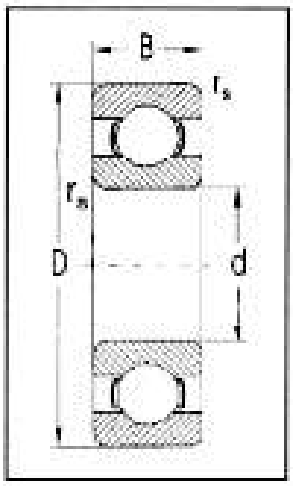


Figura 27 Especificações de Medidas de Rolamento Fonte: (Catálogo GBR, Página 28.)

3.3.2.2 VERIFICAÇÃO DA ARVORE SELECIONADA

Para se verificar a arvore utilizará o método de Goodman, uma vez que comparado aos outros dois métodos no quesito segurança dos cálculos, ele apresenta de forma intermediária, não sendo conservador como Soderberg e nem menos conservador como Gerber, ainda se utilizará de algumas comparações através de elementos finitos, para direcionar nos cálculos através da comparação pelo método de von misses.

Selecionou-se uma árvore de bicicleta para ser utilizado no projeto, a partir disso executou a verificação do diâmetro mínimo da arvore, que atenda as exigências do projeto, constituído por aço 1020, onde pode-se observar pela tabela

Juvenal C-4a que se encontra em ANEXO II que indica o limite de resistência à tração Sut = 448 Mpa e o limite ao escoamento Sy=330,9 O Mpa.

Tabela 9-Resultados Cálculos de diâmetro necessário para projeto

GOODMAN		
Mvmax (Momento máximo Vertical)	-171,675	Nmm
Mhmax (Momento máximo Horizontal)	-297,325	Nmm
Tm (Torque)	1220,5	Nmm
Ma (Momento Fletor Alternante)	0,343328503	Nm
Mm (Momento Fletor constante)	0	Nm
Kf (Fator: Ka,Kb,Kc,kd,ke,kf)	0,4334	
Ta (Torque alternante)	0	Nm
Tm (Torque constante)	1,2205	Nm
n (fator de segurança usado no carregamento)	2	0,7
Kfs (Fator de concentração de tensão)	1,1	
S'e (Limite de escoamento do material)	330,9	Mpa
Se (Limite de escoamento)	173,32506	Mpa
Sut (Tensão de ruptura)	448	Mpa
d (Diâmetro do eixo)	9,0627	mm

É importante informar, que neste caso, o critério de Von Misses foi usado meramente para auxiliar na interpretação dos resultados, visto que o estudo considera as cargas estáticas, não considerando a dinâmica do problema, mas nos dá um resultado que não pode-se descartar, pois ele nos direciona para a tomada de decisão.

Tabela 10-Propriedade do Estudo Arvore Von Mises

PROPRIEDADES DO ESTUDO ARVORE	
Tipo de análise	Estático
Tipo de malha	Sólida
Gerador de Malha	Malha com Base em Curvatura
Qualidade da Malha	Alta
Material ensaiado	Aço 1020
Fator de segurança	6
Limite de escoamento	330,9 MPa
Resistência a tração	348 MPa
Critério de Falha	Tensão de Von Mises

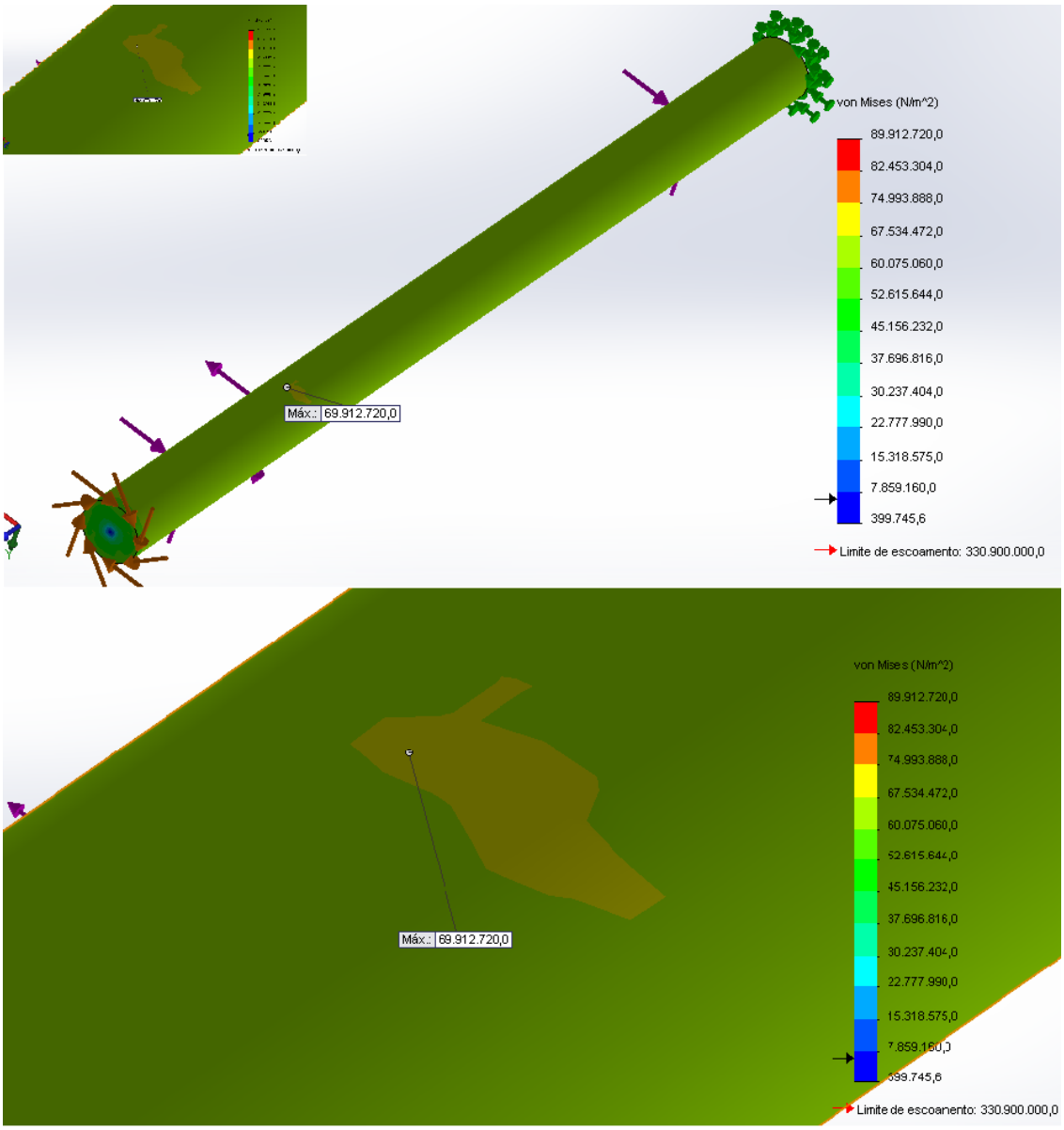


Figura 28 Tensão Von Mises na Arvore

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios representados na figura 28-Tensão de Von Mises na Arvore e pelos cálculos realizados pelo método de Goodman, conclui-se que a arvore de bicicleta que será usada no projeto será mais que suficiente para suportar as cargas nelas empostas, por Von Misses observa-se que as maiores cargas ocorreram nas extremidades, como já era previsto teoricamente, se fosse necessário realizado um alivio de material selecionaria o centro da peça para remoção de material, visto que no eixo central as cargas são praticamente nulas.

3.3.2.3 CÁLCULO DO DIÂMETRO DO EIXO DE APOIO AOS ROLAMENTOS

Para se determinar o eixo se utilizará o método de Goodman, por apresentar de forma intermediária, não sendo conservador como Soderberg e nem menos conservador como Gerber, ainda se utilizará de algumas comparações através de elementos finitos, para direcionar nos cálculos através da comparação pelo método de von misses.

Dimensionamento do eixo de apoio ao rolamentos, selecionou-se como aço 1020 por ser o mais indicado na fabricação de eixos em que os esforços variam de pequeno a médio e por se apresentar em maior quantidade no mercado para fabricação, onde pode-se observar pela tabela Juvenal C-4a que se encontra em ANEXO II que indica o limite de resistência à tração Sut = 448 Mpa e o limite ao escoamento Sy=330,9 O Mpa.

Tabela 11-Cálculo do diâmetro do eixo necessário para projeto

GOODMAN		
Ma (Momento Fletor Alternante)	2,2065	Nm
Mm (Momento Fletor constante)	5,1495	Nm
Kf (Fator de concentração de tensão)	0,801	
Ta (Torque alternante)	0	Nmm
Tm (Torque constante)	0	Nmm
N (fator de segurança)	1	
Kfs (Fator de concentração de tensão)	1,1	
S'e (Limite de escoamento do material)	330,9	Mpa
Se (Limite de escoamento)	265,02	Mpa
Sut (Tensão de ruptura)	448	Mpa
d (Diâmetro do eixo)	3,861949923	mm

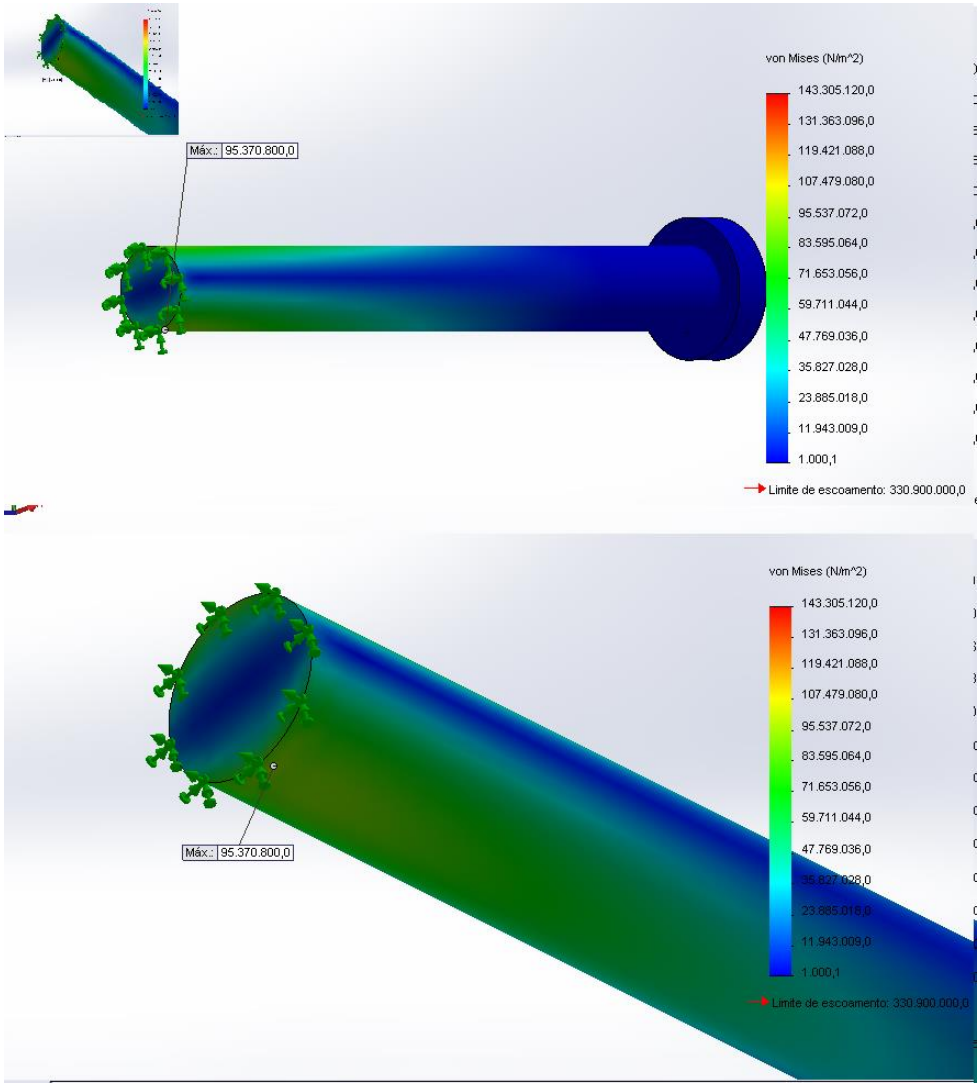


Figura 29 Tensão Von Mises no Eixo de suporte rolamentos

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios representados na figura 29-Tensão de Von Mises no Eixo de Suporte rolamentos e pelos cálculos realizados pelo método de Goodman, optou-se pela utilização de um eixo de 6 mm, dando uma maior folga para o projeto e com intuito de reduzir deformações trabalhando com maior segurança, versando também que o encaixe que será realizado no rolamento possui 9mm de diâmetro interno torna-se necessário a utilização de uma bucha de 1,5 mm de espessura.

3.3.2.4 VERIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS E DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento das engrenagens dar-se-á através de duas análises principais, análise de interferência que orientará se deve ou não utilizar dentes padronizados, máxima tensão que será determinada pelo procedimento de Lewis, acrescido dos procedimentos modernos de engrenagens que levam em consideração outros fatores, que causam algum tipo de influência nas tensões de flexão sub item 2.3.2.5, o cálculo devido a superfície não será realizado motivo pelo qual as engrenagens para este equipamento apresentam um número de ciclos de utilização relativamente baixo, devido as características de projeto.

Como visto no gráfico de potência, terá que se ajustar o torque e velocidade do motor para que se possa trabalhar o mais próximo do ponto da maior eficiência, assim, tendo que diminuir o torque e aumentar a velocidade de saída, analisando a ordem construtiva da engrenagem pode-se então estimar que a máxima movimentação no ponto de operação, que pode-se conseguir será da ordem de 1,6 entre os diâmetros primitivos das engrenagens.

Abaixo estão representadas a Tensões de Von Mises nas engrenagens, observa-se que os pontos mais solicitados encontram-se na região de engastamento na posição de filet que foi realizado para alivio de tenções, evitando assim concentradores de tenção.

Tabela 12-Propriedades das Estudos nas Engrenagens

PROPRIEDADES DAS ENGRENAGENS	
Tipo de análise	Estática
Tipo de malha	Sólida
Gerador de Malha	Malha com Base em Curvatura
Qualidade da Malha	Alta
Material ensaiado	Aço SAE 1020
Fator de segurança	1,2
Limite de escoamento aço	350 MPa
Resistência a tração	420MPa
Critério de Falha	Tensão de Von Mises

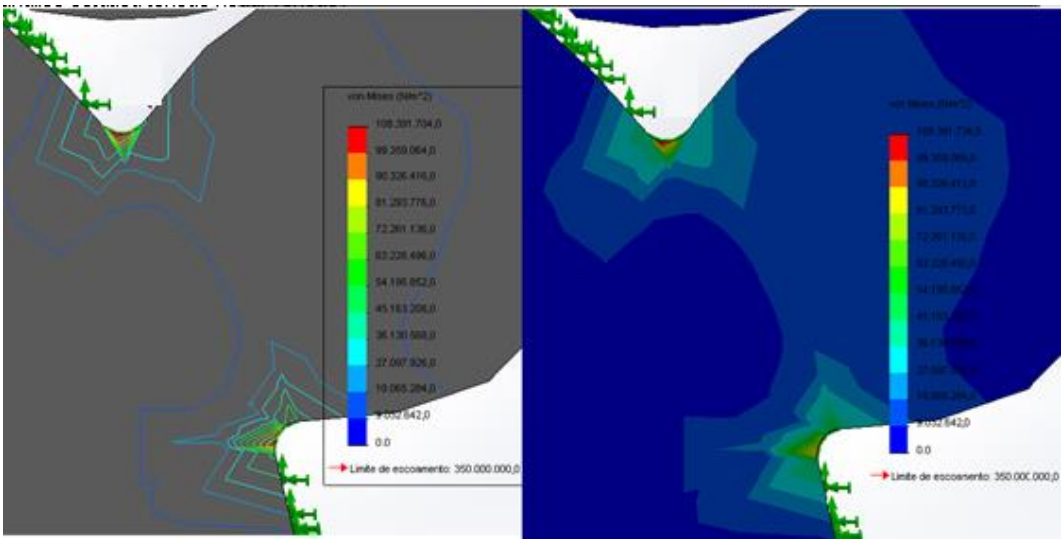


Figura 30 Tensão Von Mises no dente da Coroa

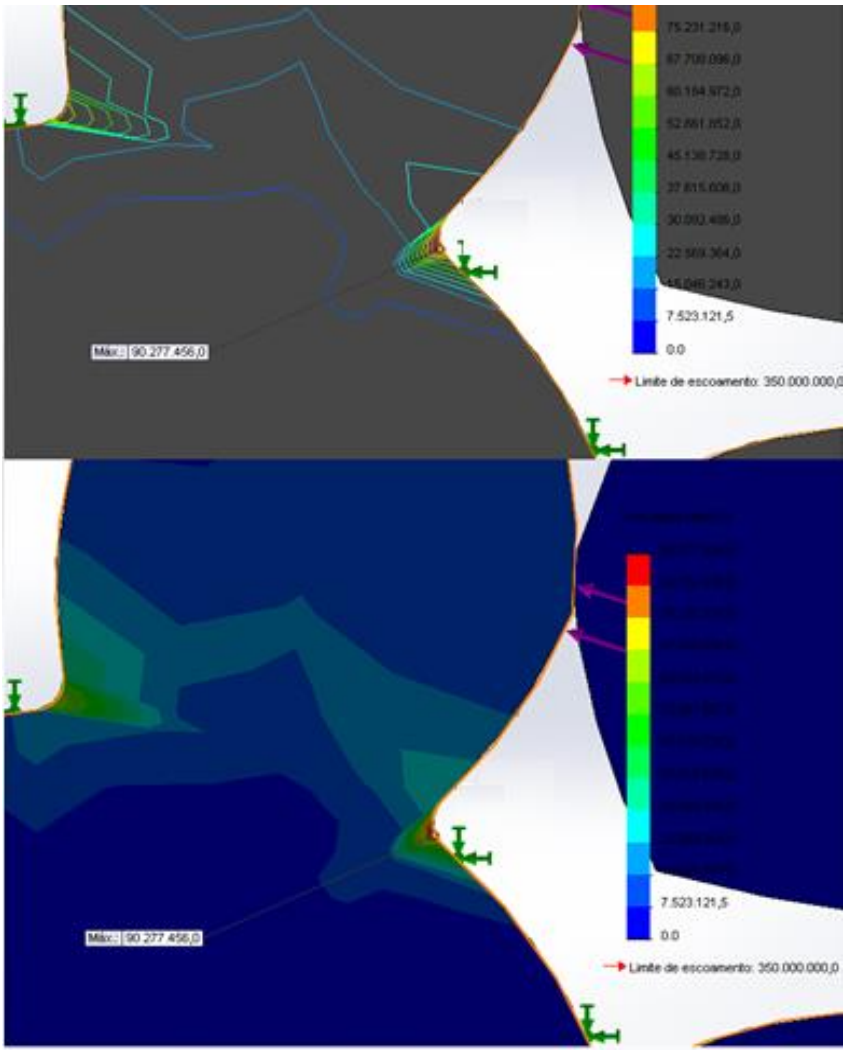


Figura 31 Tensão Von Mises no dente da Pião

A partir do cálculo das engrenagens no APÊNDICE C – MEMORIAL DE CALCULO, tem-se que os dados técnicos da engrenagem já usada no motor e a engrenagem a ser fabricada estão resumidos na tabela 13 Resumo dos resultados do dimensionamento das engrenagens, e que as engrenagens irão suportar as cargas solicitantes, mas terá que se utilizar de adendo não padronizado, o que inviabiliza sua utilização.

Tabela 13-Resumo dos resultados do dimensionamento das engrenagens

PINHÃO			**COROA**		
N (Rotação do pinhão)	120	rpm	N (Rotação do pinhão)	75	rpm
dp (Diâmetro Primitivo)	11	mm	dc(Diâmetro Primitivo)	17,6	mm
L (Largura do dente)	10,00	mm	L (Largura do dente)	10,00	mm
N (Nº de dentes)	5		N (Nº de dentes)	8	
p (Passo)	0,45		p (Passo)	0,45	

3.3.2.5 VERIFICAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO PARAFUSO E GARRA

Foi realizado um estudo nos componentes da garra afim de, localizar os principais locais onde as tenções serão máximas a partir das solicitações inerentes do carregamento máximo que a garra suportará no projeto, sendo que o artefato máximo que ela suportará será de 6kg já acrescido do fator de segurança de 1,2.

A partir da tabela 14- Propriedades do estudo Parafuso, pode-se então interpretar a tensão sofrida pelo parafuso observando que ele apresenta as seguintes características, constituído pelo aço SAE 1020, apresenta 3mm de diâmetro e que a tenção máxima de escoamento no aço têm o valor de 350 MPa.

Tabela 14-Propriedades do estudo Parafuso

Propriedades do estudo Parafuso	
Tipo de análise	estática
Tipo de malha	Sólida
Gerador de Malha	Malha com Base em Curvatura
Qualidade da Malha	Alta
Material ensaiado	Aço SAE 1020
Fator de segurança	1,2
Limite de escoamento aço	350 MPa
Resistência a tração	420MPa
Critério de Falha	Tensão de Von Mises

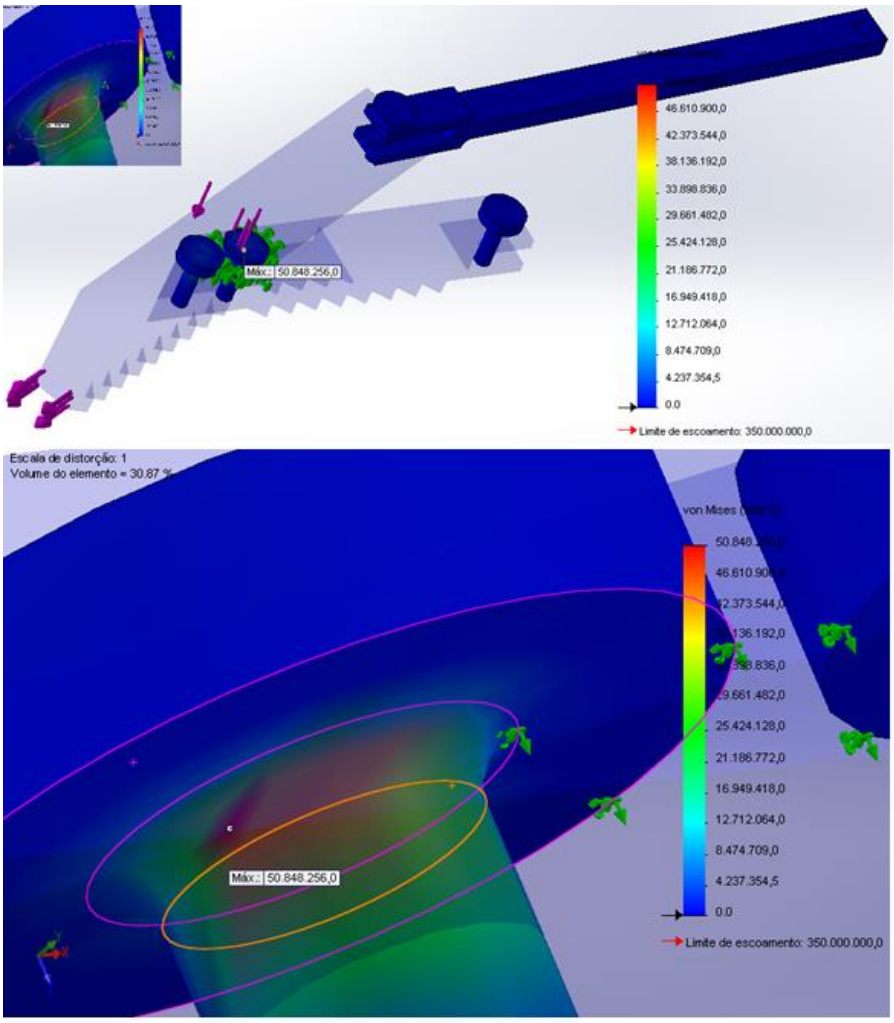


Figura 32 Tensão Von Mises no parafuso

O limite de escoamento máximo apresentado no parafuso, representa o valor de 50, 85 Mpa, pode-se observar que ficou muito abaixo do limite do escoamento do aço SAE 1020, conclui-se que o parafuso não irá escoar, logo suportará as cargas que será submetido, não serão realizadas nenhuma redução nos dimensionamentos por questões construtivas do projeto, e por representar um equipamento de extremas condições de trabalho.

Para fabricação da garra, selecionou-se como material o Náilon a partir da figura 33-Tensão de Von Mises da Garra Náilon pode-se então interpretar a tensão sofrida pela garra observando que ele apresenta as seguintes características, constituído pelo Náilon 6 e que a tenção máxima de escoamento no aço têm o valor de 139,04 MPa.

Tabela 15-Propriedade da Garra

PROPRIEDADES DA GARRA	
Tipo de análise	estática
Tipo de malha	Sólida
Gerador de Malha	Malha com Base em Curvatura
Qualidade da Malha	Alta
Material ensaiado	Náilon 6
Fator de segurança	1,2
Limite de escoamento Nailon	139,04 MPa
Resistência a tração	142,56 MPa
Critério de Falha	Tensão de Von Mises

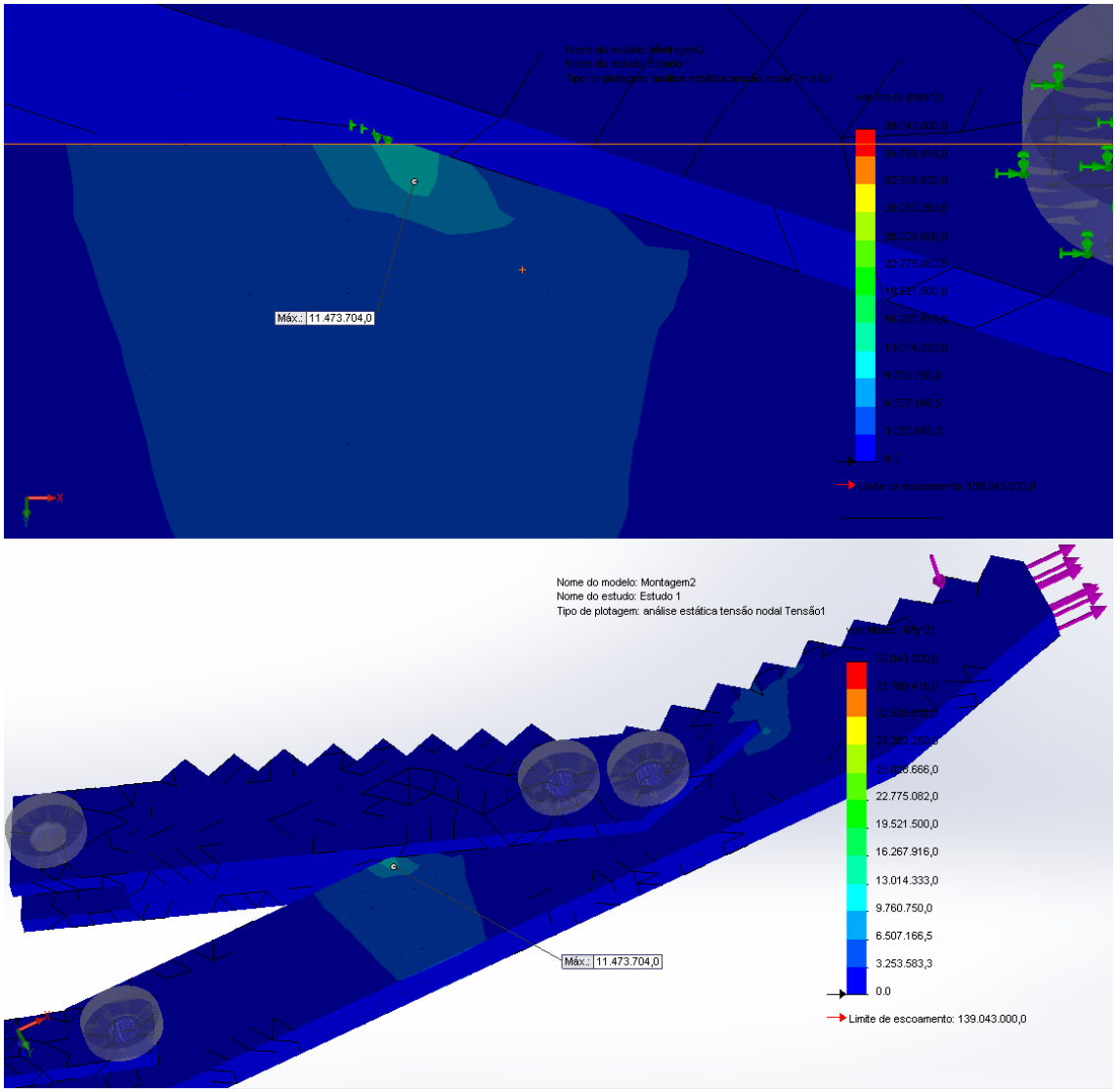


Figura 33-Tensão de Von Mises da Garra Náilon

O limite de escoamento máximo apresentado na garra, representa o valor de 11,47 MPa, pode-se observar que ficou abaixo do limite de escoamento do Náilon 6, pode-se concluir que, a garra não irá escoar, logo ela suportará as cargas que será submetida.

3.4-PROTÓTIPAGEM E MÉTODO DE FABRICAÇÃO DA ETRUTURA TRANSPORTADORA

Para a redução dos custos, na fabricação do protótipo, optou-se pela utilização de materiais reciclados, que propiciou uma redução de 65% (sessenta e cinco por cento) do custo total envolvido para o desenvolvimento do equipamento projetado.

A tabela 16-Processos de Fabricação Protótipo, demonstra os métodos de desenvolvimento do modelo, assim como o estilo de mão de obra empregados para obtenção das peças e interface de comunicação.

Tabela 16-Processos de fabricação Protótipo

Numero	Processo	Equipamento	Mão-de-obra
1	Corte	Estrutura	Automático
2	Solda	Estrutura	Manual
3	Fresamento	Carcaça	Automático
4	Fresamento	Garra	Automático
5	Fresamento	Suporte Motor garra	Automático
6	Torneamento	Polias	Automático
7	Torneamento	Eixo apoio rolamentos	Automático
8	Compra	Rolamento	Compra
9	Compra	Arvore de Bicicleta	Compra
10	Compra	Arduino	Compra
11	Compra	Relé	Compra
12	Compra	Fusível	Compra
13	Compra	Diodo	Compra

14	Compra	Fio elétrico	Compra
15	Compra	Câmera	Compra
16	Compra	Roteador	Compra
17	Compra	Chave alavanca	Compra
18	Soldagem de estanho	Circuito elétrico	Manual
19	Montagem	Robô	Manual
20	Software Controle	Interface de Comunicação	Desenvolvido (Linguagem de programação Basic)
21	Código de Controle	Controle	Desenvolvido (Linguagem de programação C#)

A figura 34, apresenta a comparação entre projeto da estrutura e protótipo desenvolvido, e mostrando o desenvolvimento da prototipagem.

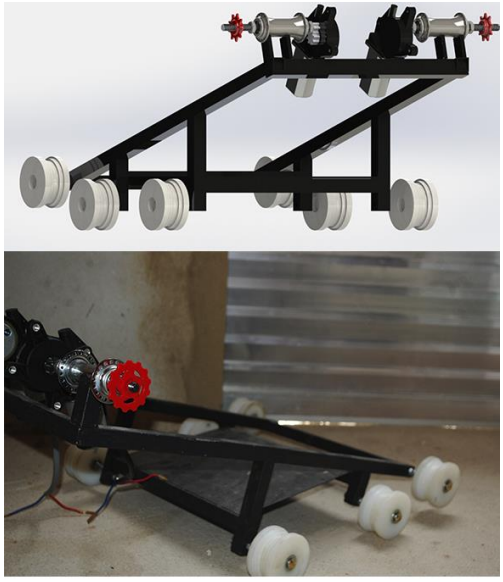


Figura 34 Comparação projeto e protótipo

Com o objetivo de também reduzir os custos, para o desenvolvimento e aproveitamento de material, optou-se por imprimir através de uma fresadora de corte CNC a carcaça juntamente com alguns componentes da garra que seriam fabricados apartir do nylon, mudando então o material para acrílico e com isso

diminuindo gastos referentes a impressão o esquema da impressão pode ser observada na figura 35 Impressão acrílico.

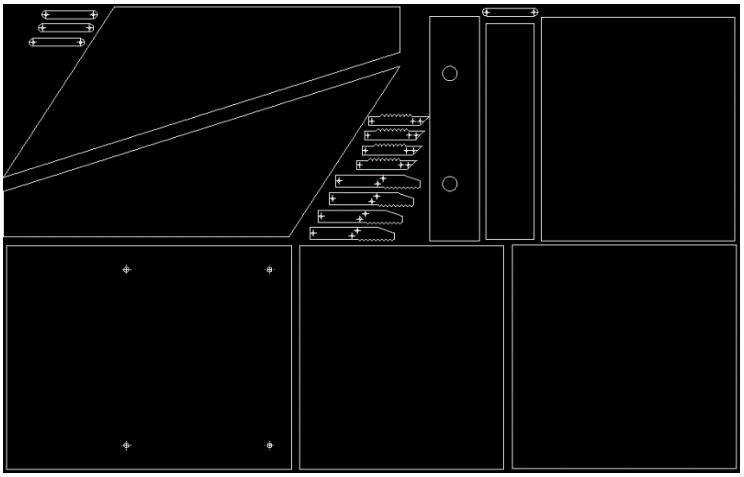


Figura 35 Impressão acrílico

Apartir das peças impressas pode-se construir então o protótipo da garra que pode ser observado na figura 36 Garra Robótica, e por fim acrescido a garra dois sensor de fim de curso, com a finalidade de interromper o movimento do motor.

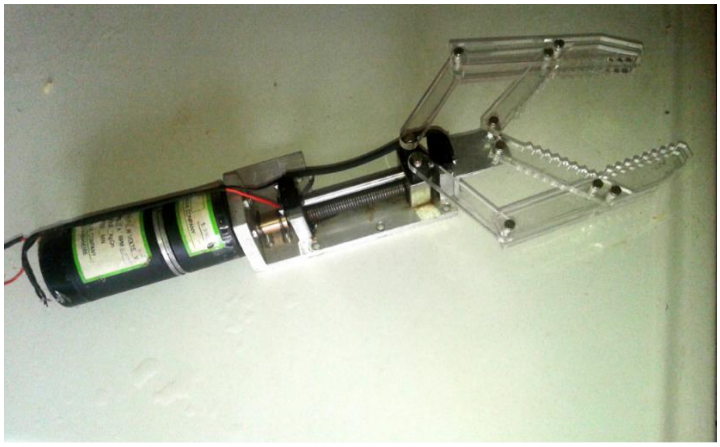


Figura 36 Garra Robótica

A eletrônica de controle é constituída de um Ethernet Shields w5100 que realiza a comunicação com o roteador recebendo e enviando pacotes, o Arduino por sua vez envia pulsos que controlam o modulo rele e a ponte H, o modulo rele controla direção dos motores, enquanto a ponte H controla os movimentos da garra e a câmera envia as imagens através do roteador.

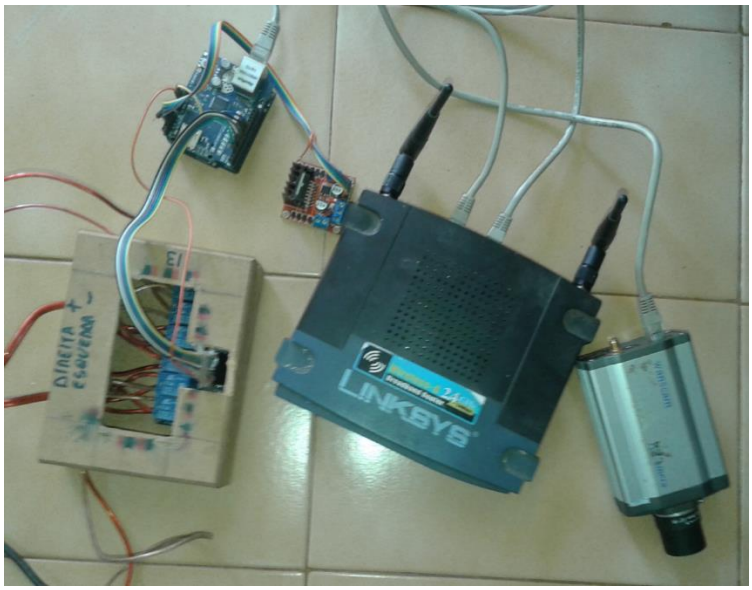


Figura 37 eletrônica de controle

O protótipo foi desenvolvido de forma a suprir praticamente todas as necessidades detalhadas em projeto, proporcionando um bom desempenho dos mecanismos acoplados e descritos anteriormente no detalhamento do projeto, observando uma adequação, a inversão entre câmera e posição da garra, dado que no protótipo não acoplar-se o motor que dá o grau de liberdade de movimentação da garra como pode ser observado através da figura 38 protótipo final.

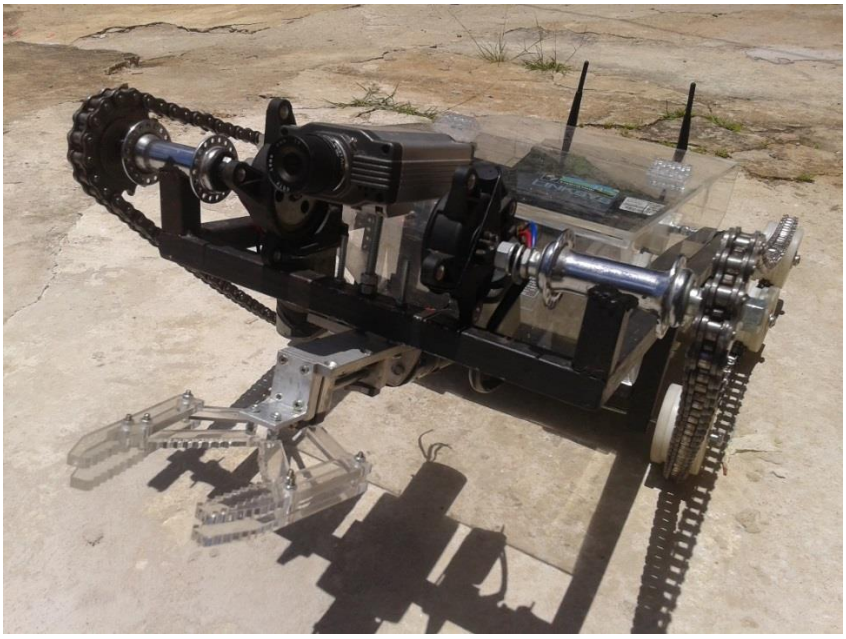


Figura 38 protótipo final

4-RESULTADOS

Após ter-se calculado e realizado o estudo das principais peças empregadas no projeto, chegou-se ao projeto final do robô que pode ser observado, através da figura 39 desenho ilustrativo do robô.

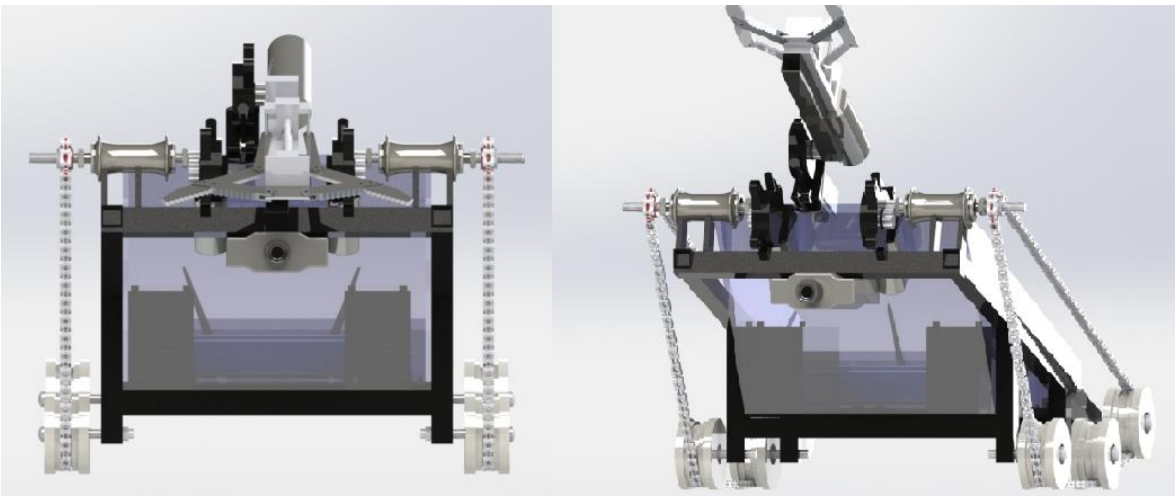


Figura 39 desenho ilustrativo do robô

A referidas plantas detalhadas dos componentes de fabricação própria podem ser encontradas no APÊNDICE F-PROJETOS DETALHADO enquanto as especificações dos componentes elétricos encontram-se no APÊNDICE G-TABELAS DE ESPECIFICAÇÕES.

Os materiais e itens que serão empregados na construção do equipamento, levando em consideração os estudos realizados nos capítulos anteriores, assim como os referidos gastos do projeto, estão descritos na tabela 17 Orçamento da matéria prima e peças, sendo importante para averiguar quais matérias-primas e componentes são cruciais em termos de valor total para a determinação do preço do robô de inspeção, podendo apontar para alternativas de substituição de materiais e componentes.

Tabela 17-Orçamento da matéria prima e peças

Material	Quantidade	unidade	Preço Unitário	Preço total por item	% do custo total
Arduino	1	um	R$ 45,00	R$ 45,00	4,34%
Roteador	1	um	R$ 70,00	R$ 70,00	6,75%
Câmera entrada ethernet	1	um	R$ 180,00	R$ 180,00	17,35%
Bateria de nobreak	2	um	R$ 38,99	R$ 77,98	7,52%
Bateria	1	um	R$ 12,30	R$ 12,30	1,19%
Modulo Ethernet	1	um	R$ 29,90	R$ 29,90	2,88%
Cabo ethernet	4	m	R$ 0,85	R$ 3,40	0,33%
Fio para cabeamento	8	m	R$ 1,75	R$ 14,00	1,35%
Modulo rele 5V	1	um	R$ 30,00	R$ 30,00	2,89%
Ponte H	1	um	R$ 24,99	R$ 24,99	2,41%
Cabos Jumper	15	um	R$ 0,12	R$ 1,80	0,17%
Fusível 2A	2	um	R$ 0,30	R$ 1,20	0,12%
Fusível 10A	4	um	R$ 0,30	R$ 1,20	0,12%
Solda Estanho Fio 1mm	1	um	R$ 3,50	R$ 3,50	0,34%
Relê	2	um	R$ 0,90	R$ 1,80	0,17%
Atuador de fim de curso	2	um	R$ 3,50	R$ 7,00	0,67%
Motor Mabushi 12V com redução	3	um	R$ 50,00	R$ 150,00	14,46%
Motor com redução GR	1	um	R$ 60,00	R$ 60,00	5,78%
Tarugo de Náilon de 70mm	0,26	m	R$ 159,00	R$ 41,30	3,98%
tarugo de Náilon quabrado	0,53	Kg	R$ 45,90	R$ 24,33	2,34%
Tarugo alumínio	0,35	Kg	R$ 42,90	R$ 15,02	1,45%
Tarugo de Aço	0,2	Kg	R$ 22,50	R$ 4,50	0,43%
Acrílico de 5mm	0,6	m²	R$ 89,00	R$ 53,40	5,15%
Tubo galvanizado quadrado de 20mm	2,8	m	R$ 8,60	R$ 24,08	2,32%
Barra roscada	1	um	R$ 7,50	R$ 7,50	0,72%
Porcas 6mm	20	um	R$ 0,10	R$ 2,00	0,19%
Parafuso de 6mm	15	um	R$ 0,20	R$ 3,00	0,29%
Porca auto travante 6 mm	6	um	R$ 0,30	R$ 1,80	0,17%
Dobradiça	2	um	R$ 1,50	R$ 3,00	0,29%
Cubo de bicicleta	2	um	R$ 8,00	R$ 16,00	1,54%
Corrente de moto 125	2	um	R$ 32,00	R$ 64,00	6,17%
Pinhão de transmissão moto	2	um	R$ 15,00	R$ 30,00	2,89%
Rolamento GBR 609	12	um	R$ 2,80	R$ 33,60	3,24%
Total				R$ 1.037,60	100,00%

Levando em consideração as dificuldades estabelecidas pela fabricação, estima-se que os referentes custos com mão de obra direta para fabricação do produto, girem em torno de 45% (quarenta e cinco por cento) do valor das peças e matéria prima envolvida no produto, elevando assim o custo para R$1,504,52 (mil e duzentos e quarenta e três Reais e cinquenta e dois Centavos) por equipamento fabricado.

5- CONCLUSÃO

O presente trabalho contribuiu para a consolidação de uma metodologia de desenvolvimento de produto trazendo uma visão geral, de todos os passos inseridos no processo de consolidação de um produto.

Com intuito de avaliar e validar a metodologia de desenvolvimento de produto proposta, desenvolveu-se um protótipo agregando os processos de fabricação do equipamento projetado.

Em função dos resultados obtidos no referido trabalho, conclui-se que é possível chegar a concepção de um equipamentos que atendam a demanda do referido mercado estudado, visto que chega-se a um produto relativamente acessível quando se comparado aos demais produtos da mesma categoria.

Dada a interdisciplinaridade do projeto, incorporando sistemas elétricos, eletrônica, mecânica, programação, gestão de projetos e prototipagem deve se fazer menção, dado que este desafio, possibilitou que várias áreas do conhecimento vistas ao longo do curso fossem integradas em um único projeto, mostrando a importância das matérias abordadas no fluxo de formação de engenharia mecânica, oferecido pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

5.1 TRABALHO FUTUROS

Sugere-se que em trabalhos futuros seja realizado refinamentos nos mecanismos, programação e sensoriamento com a finalidade de deixar o equipamento de forma autônoma, realizados algumas adaptações no equipamento, aderindo mais graus de liberdade para o manipulado da garra, assim como um aprimoramento da automação, implementando motores de passo e sensores, uma câmera acoplada a garra e aderir ao sistema um relé fotoelétrico para acionamento de luz automaticamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arduino Team. Disponivel em:<http://arduino.cc> Acesso em 30 de Janeiro 2015.

AZEVEDO ÁLVARO, *Método Dos Elementos Finitos*, 1ª ed. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2003.

BUNDYNAS Richard; NISBETT J. ELEMENTO DE MÁQUINAS DE SHIGLEY. *Projeto de Engenharia Mecânica*, 8º ed. Porto Alegre RS: AMGH Editora Ltda, 2011.

BUNDYNAS Richard; SHIGLEY J.; MISCHKE Chrales. *Projeto de Engenharia Mecânica 7°* ed. Bokman, 2005.

CARPES JR., WIDOMAR P. In*trodução ao projeto de produtos [recurso eletrônico] /Widomar P. Carpes Jr.* – Porto Alegre : Bookman, 2014.

Catalogo Mabushi. Disponível em http://www.mabuchi-motor.co.jp/> 20 de abril de 2015

CARRARA V. *Apostila de robótica, Universidade Braz Cubas, área ciências exatas engenharia mecânica engenharia de controle e automação* 3º ed. 2008. (Apostila). Disponível em: <http://docplayer.com.br/2467940-Universidade-braz-cubas-area-de-ciencias-exatas-engenharia-mecanica-engenharia-de-controle-e-automacao-apostila-de-robotica.html> Acesso em 25 de abril de 2015.

COGDELL J. R., "Foundations of Electric Power" 1° ed. Prentice Hall, 1992.

CURY A. E TOLEDO E*. resistência dos matérias II.* Juiz de Fora,2015. (Apostila). Disponível em: <http://www.ufjf.br/mac003/files/2015/01/flexao_obliqua_composta.pdf> Acesso em 15 de maio de 2015

Diário do Nordeste: Gate simula operação com robô "antibomba" para a Copa do Mundo. Disponível em: <http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/policia/online/gate-simula-operacao-com-robo-antibomba-para-a-copa-do-mundo-1.1033135> Acesso em: 16 de maio de 2015.

FALEIROS M LUÍS, Tecnologia do transporte, Franca, 2006. (Apostila).

FORTES, M. A. *A. política pública para resposta às ameaças químicas, biológicas, radiológicas, nucleares e explosivas*. Rio de janeiro, 2012.

GOZZI G.; PAREDE T., HORTA E*.. Eletrônica Máquinas e instalações elétricas,* 3º ed.Sao Paulo, fundação Padre Ancheta, 2011.

HONDA F. *Guia rapido de dimensionamento de motores*, *Unidade Automação e Controle – Acionamentos e Motores Elétricos, Siemens LTDA,* 1º ed. 2006.Disponivel em: http://www.mariloureiro.net/tecnica/electrif/Motores_CC_ind1.pdf Acesso em: 30 de maio de 2015

Info notícias. PF apresenta robô antibomba para Copa. Disponível em:.<http://info.abril.com.br/noticias/ti/pf-apresenta-robo-antibomba-para-copa-02082010-35.shl > Acesso em: 28 de maio de 2015.

JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., Projeto de Componentes de Máquinas, 4º ed. Rio de Janeiro, LTC, 2008.

MAGALHÃES REMO, O Método dos Elementos Finitos Aplicado ao Problema de Condução de Calor, Belém, 2003. (Apostila).

MONK, S. *30 Arduino Projects for the Evil Genius, 2nd Edition ,Original edition copyright © 2013, The McGraw-Hill Global Education Holdings, LLC*.New York 10020. All rights reserved.

MORIMOTO E. CARLOS; Guia Prático de Redes 2^0 edição; GDH Press e Sul Editores,2011; disponível em<http://www.hardware.com.br/livros/redes/hubs-switches-bridges-roteadores.html> Acesso em 27 de maio

MARTINELLI F., Gestão da Qualidade Total, Iesde Brasil S.a, 2009.

NIKU, S. B. *Introduction to Robotics – Analysis, Systems, Aplications.* 1º ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001

NORTON, L. R. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. Trad. de João Batista de Aguiar et al. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

NUNO P.- *Arduino Introdução e Recursos Avançados, Escola Naval, departamento de Engenheiros Navais*, 2009.Disponivel em: http://www.novaims.unl.pt/docentes/vlobo/escola_naval/MFC/Tutorial%20Arduino.pdf Acesso em: 22 de junho.

OTELINO Manoel, A Casa da Qualidade, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Estadual de São Carlos, São Carlos,1999.

PINTO LUIZ F. T.; ALBUQUERQUE R. *Eletrônica analógica 2º ed.*, fundação padre Anchieta 2011.

PELLAND P, PARÉ P E HAINES K. Moving to Microsoft Visual Studio 2010, Microsoft Corporation, MPS Limited, a Macmillan Company, Washington 2011.

RAMOS G. , CARDOSO A., Aplicação do Método Qfd para Transformação dos Requisitos dos Clientes em Características de Qualidade dos Serviços e Produtos Bancários, VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2011;

ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. *Product design: fundamentals and methods. Chichester: John Wiley & Sons*, 1995.

ROZENFELD H. et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos Uma Referência para a Melhoria do Processo, livraria Saraiva, São Paulo, 2006.

ROSARIO J. *Princípios de Mecatrônica,* Prentice Hall , 2005.

ROSA E., *análise de resistência mecânica de peças e componentes estruturais,* Santa Catarina, Agosto, 2002. (Apostila).

R7.Disponivel em: <http://noticias.r7.com/record-noticias/videos/robo-antibomba-vai-auxiliar-na-seguranca-para-a-copa-de-2014-e-olimpiada-de-2016/idmedia/aa0677e9491ab29d600641ca28963e5a.html> Acesso em maio de 2015.

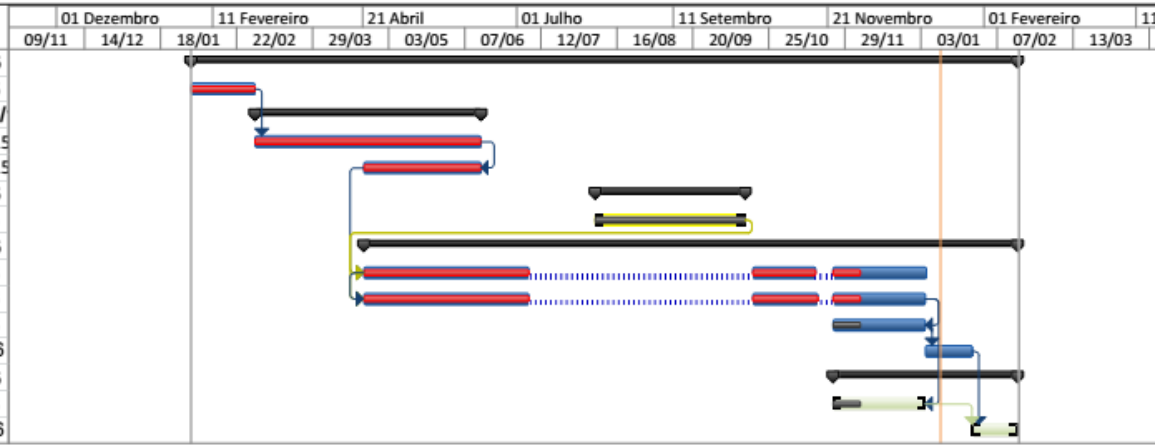
Tecmundo. Disponível em :<http://www.tecmundo.com.br/robotica/38103-como-funcionam-os-robos-antibombas-.htm> Acesso em maio de 2015.

TIPLER P.A. E MOSCA G., *Física para Cientistas e Engenheiros* LTC. 1º ed. Rio de Janeiro, 2009.

XAVIER C.F.*; Guia Básico de Configuração e Operação Roteadores Cisco. 2ª ed.;* Novatec Editora Ltda, 2014.

APÊNDICE A – CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO

Id		Modo da Tarefa	Nome da tarefa	Duração	Início	Término
1			**Desenvolvimento de Produto**	**88,88 dia**	**Dom 01/02/1**	**Ter 16/02/16**
2	✓		Definição do problema	7 dias	Dom 01/02/15	Seg 02/03/15
3	✓		**Pesquisas**	**24 dias**	**Seg 02/03/1**	**Dom 14/06/**
4	✓		Análise Bibliográfica	24 dias	Seg 02/03/15	Dom 14/06/15
5	✓		Pesquisa de Mercado	12 dias	Ter 21/04/15	Dom 14/06/15
6	✓		**GREVE**	**16,25 dia**	**Qui 06/08/15**	**Ter 13/10/15**
7	✓		GREVE	17,38 dia	Qui 06/08/15	Ter 13/10/15
8			**Projeto**	**69,88 dia**	**Ter 21/04/15**	**Ter 16/02/16**
9			Mecânico	35 dias	Ter 21/04/15	Ter 05/01/16
10			Elétrico	35 dias	Ter 21/04/15	Ter 05/01/16
11			Software de controle	10 dias	Seg 23/11/15	Ter 05/01/16
12			Análise de custos	5 dias	Ter 05/01/16	Ter 26/01/16
13			**Otimização de Projeto**	**20 dias**	**Seg 23/11/15**	**Ter 16/02/16**
14			Refinamento de Projeto	10 dias	Seg 23/11/15	Ter 05/01/16
15			Avaliação	5 dias	Ter 26/01/16	Ter 16/02/16

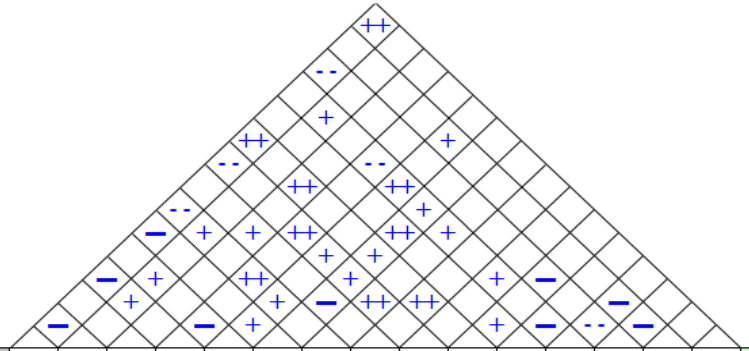


Projeto: TCC cornograma projeto.
Data: Ter 12/01/16

Tarefa		Tarefas externas		Tarefa Manual		Somente término	
Divisão		Etapa externa		Somente duração		Data limite	
Etapa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Andamento	
Resumo		Etapa Inativa		Resumo Manual			
Resumo do projeto		Resumo Inativo		Somente início			

Figura 40-cronograma de atividades

APÊNDICE B – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DE QUALIDADE PARA ROBÔ DE INSPEÇÃO E MANIPULAÇÃO



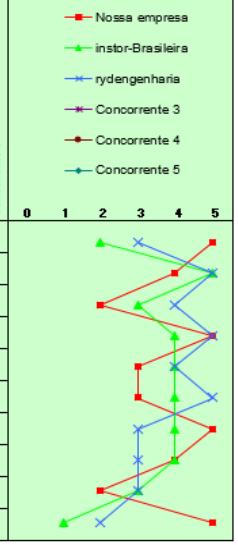
Legendas usadas nesta planilha

Modelo Kano
- M Mandatória
- E Esperada
- A Atrativa

Correlação
- ++ Forte Positiva
- + Positiva
- - Negativa
- - - Forte

Relacionamento
- Θ Relacionamento forte
- O Relacionamento moderado

Número da linha	Máx. relacionamento na linha	Importância relativa (%)	Modelo Kano	Importância ou peso	Requisitos de projeto / Necessidades do mercado	Custo materia prima	Robustez	interface de comunicação	caracteristicas estrutural	Dimensões do equipamento	adaptação a diverssos terrenos	materiais empregados	distância de operação	resistência dos Materiais	automação	velocidade de deslocamento	Peso	quantidade de peças	desmontagem	peças padronizadas	Nossa empresa	instor Brasileira	rydengenharia	Concorrente 3	Concorrente 4	Concorrente 5
					Direção da Melhoria: Minimizar (▼), Maximizar (▲), Alvo (x)	▼	▲	▼	▲	x	▲	x	x	▲	x	▲	x	▼	▼	▲	Avaliação de Mercado (0=Pior, 5=Melhor)					
1	9	13,9	M	5	Baixo custo	Θ	O		▲	▲	▲	Θ	▲					O		O	5	2	3			
2	9	8,3	E	3	designer	O	Θ		▲	O	O	▲					▲		O	O	4	5	5			
3	9	5,6	A	2	facilidade de controle	▲		Θ					O		Θ						2	3	4			
4	9	11,1	E	4	não danificar com facilidade	Θ	Θ		Θ	▲	▲	Θ		Θ			O	O	▲		5	4	5			
5	9	8,3	A	3	facilidade de transporte	▲						▲						O	Θ		3	4	4			
6	9	11,1	E	4	mobilidade	Θ	▲			O	Θ	▲	Θ	▲	O	Θ	O	▲	▲		3	4	5			
7	9	8,3	A	3	operação a longa distância	Θ		Θ					Θ		Θ						5	4	3			
8	9	11,1	E	4	vida útil	Θ			Θ			Θ		Θ							4	4	3			
9	9	8,3	E	3	duração da bateria	O		▲			▲		O		Θ		Θ				2	3	3			
10	9	13,9	M	5	Baixo custo de Manutenção	Θ												Θ		O	5	1	2			
					Limite superior	5	3	4	5	4	4	4	5	5	4	3	4	4	3	4						
					Alvo	2	3	3	1	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1						
					Limite inferior	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1						
					Dificuldade organizacional	3	2	3	2	4	3	3	2	3	4	3	3	2	3	3						
					Máx. relacionamento na coluna	9	9	9	9	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9						
					Peso ou importância	688,9	227,8	133,3	222,2	83,3	158,3	352,8	230,6	211,1	233,3	100,0	150,0	236,1	122,2	191,7						
					Importância relativa	20,6	6,8	4,0	6,7	2,5	4,7	10,6	6,9	6,3	7,0	3,0	4,5	7,1	3,7	5,7						
					Ordem de atuação	1	6	12	7	15	10	2	5	8	4	14	11	3	13	9						



APÊNDICE C – MEMORIAL DE CALCULO

Para garantir a confiabilidade do equipamento a ser fabricado, faz-se necessária a validação das peças e o dimensionamento através de cálculos, diante do exposto, iniciou-se os cálculos para validação dos conceitos apresentados, no referido trabalho de conclusão de curso.

Cálculo do motor:

Determinando-se a rotação do motor para a maior velocidade do equipamento:

$$v = \omega.r = n.2\pi.r \Leftrightarrow 11{,}31 = n.2\pi.15x10^{-3} \Leftrightarrow n = 120rpm$$

Determinação da força aplicada ao robô através do diagrama de força:

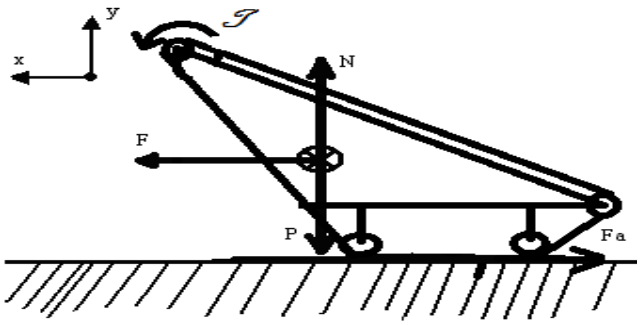


Figura 41 Diagrama de forças

$$\begin{cases} F - Fa = Fr \\ P = N \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F = Fr + Fa \\ m.g = N \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F = m.a + \mu.N \\ N = 246{,}6N \\ \mu = 0{,}7 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F = 172.62N \\ \cdots \end{cases}$$

Onde μ, foi obtido apartir da tabela no ANEXO IV, para o pior caso em que o equipamento será submetido, que será esteira em terra seca.

Relação de Momento e potência Total máximo global:

$$Mb = F.raio = 172.62 \cdot 15x10^{-3} = 2.441N \cdot m$$

$$P = Mb \cdot \omega = 2.441 \cdot \frac{n.2\pi}{60} = 30.67Watt$$

Relação de Momento e potência Total Por motor:

$$\frac{Mb}{Qmotor} = \frac{2.441}{2} = 1.2205$$

$$P = Mb \cdot \omega = 1.2205 \cdot \frac{n.2\pi}{60} = 15.33Watt$$

Cálculo para determinação do rolamento a ser utilizado no projeto:

$$L = tempo \times rpm \times 60 \frac{\min}{h} = 12000 \times 90 \times 60 = 86{,}4 \times 10^6 rot$$

$$Cmec = k_a \times F_e \times \left(\frac{L}{k_r \times L_n} \right)^{0,3} = 1{,}7 \times 122{,}625 \times \left(\frac{86{,}4 \times 10^6}{0{,}45 \times 10^6} \right)^{0,3}$$

$$Cmec = 1009{,}3N$$

Verificação da arvore de bicicleta que será utilizada:

$$Se = KaKbKcKdKeKfS'e$$

$$Ka = aS_{ut}^{b}$$

Pode-se retirar os valores de a e b através da tabela 2- Parâmetro fator modificação de superfície, como se trata de um aço laminado a frio a=4,51 b=-0,265

$$Ka = 4{,}51 \times 330{,}9^{-0,265} = 0{,}97$$

$$Kb = 1{,}24d^{-0,107}$$

Estima-se que o diâmetro estará em torno de 9 mm, logo:

$$Kb = 1{,}24 \times 9^{-0,107} = 0{,}980$$

Por apresentar torção no eixo determina-se a partir da tabela 3 Carregamento fator Kc:

Kc=0,59

$$Kd = 0{,}9877 + 0{,}6507(10^{-3})T - 0{,}3414(10^{-5})T^2 + 0{,}5621(10^{-8})T^3 - 6{,}246(10^{-12})T^4$$

Espera-se a temperatura de trabalho máxima em torno de 50º C logo Kd:

$$Kd = 0{,}9877 + 0{,}6507(10^{-3})50 - 0{,}3414(10^{-5})50^2 + 0{,}5621(10^{-8})50^3 - 6{,}246(10^{-12})50^4 = 1{,}0124$$

Estima-se uma confiabilidade de 95% para a arvore encontra-se apartir da tabela 4 Fator de confiabilidade, Za como 1,645 logo:

$$Ke = 1 - 0{,}08Za = 0{,}868$$

Estima-se um Kf de 0,9 para projeto adverso de vários fatores, como utilização do equipamento, impactos dentre outros, com isso pode-se determinar S_e.

$$Se = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \times S'_e = 0{,}97 \times 0{,}980 \times 0{,}59 \times 1{,}012 \times 0{,}868 \times 0{,}9 \times 330{,}9$$

$$Se = 146{,}72MPa$$

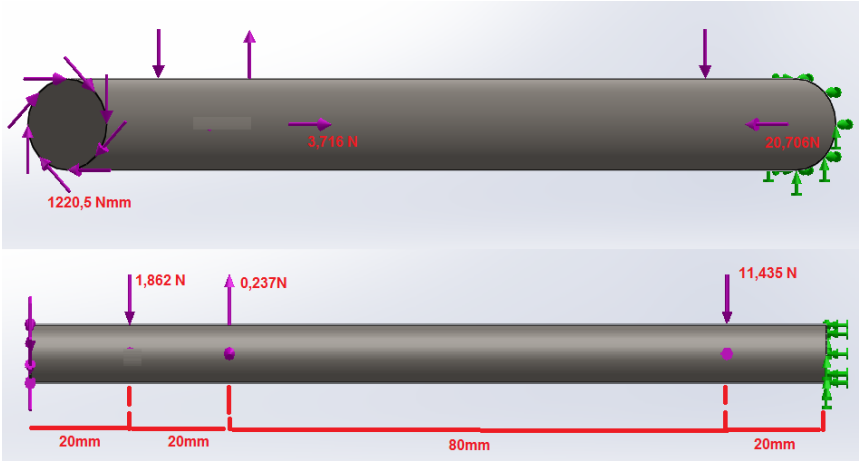


Figura 42 diagrama de esforços

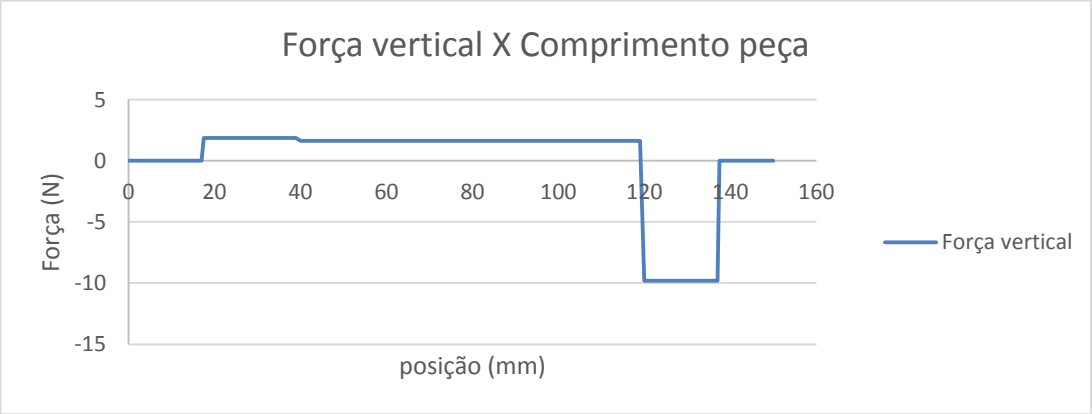


Figura 43 Gráfico de representação da força vertical

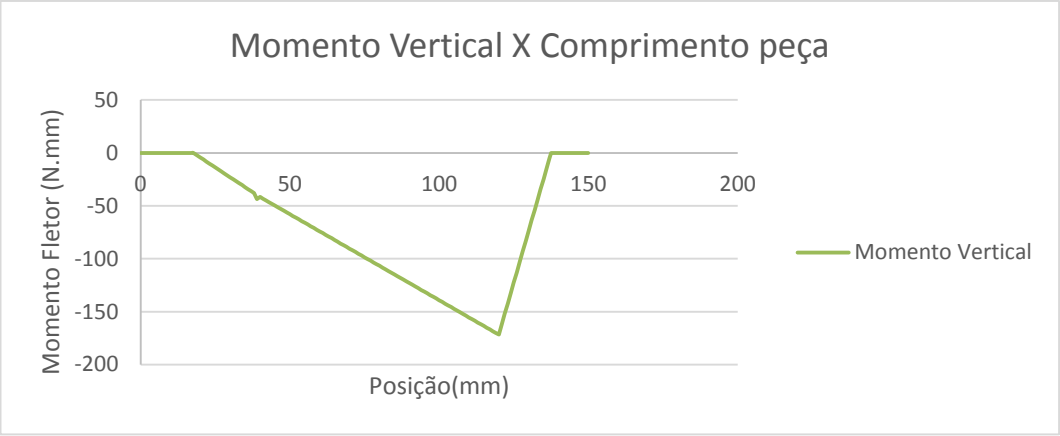


Figura 44 Gráfico de representação do Momento vertical

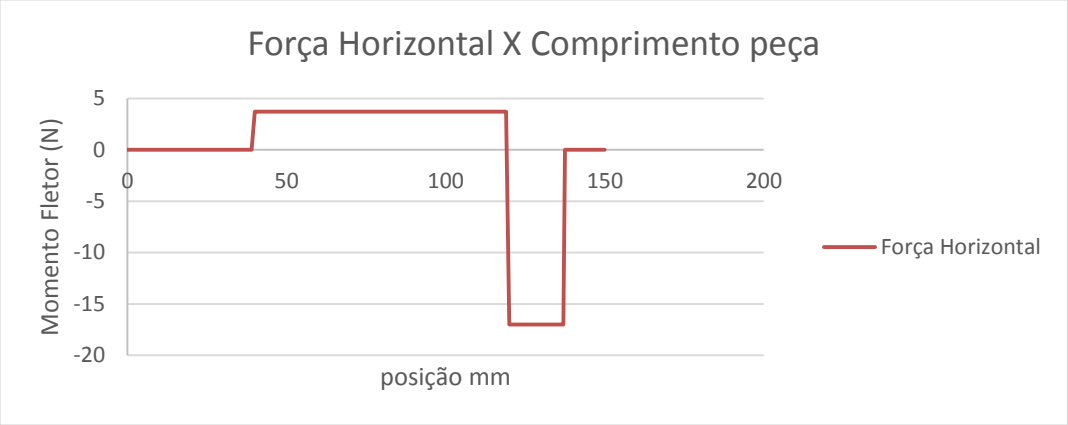


Figura 45 Gráfico de representação da força horizontal

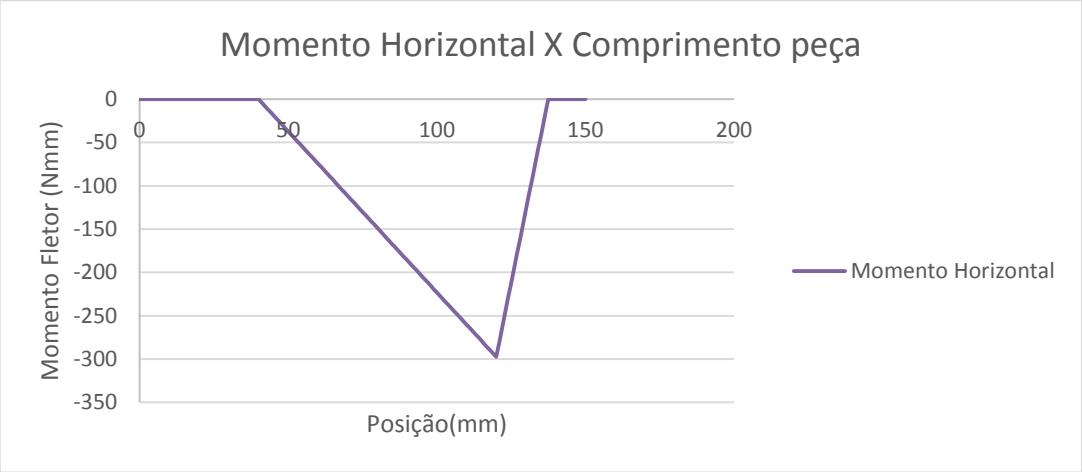


Figura 46 Gráfico de representação do Momento horizontal

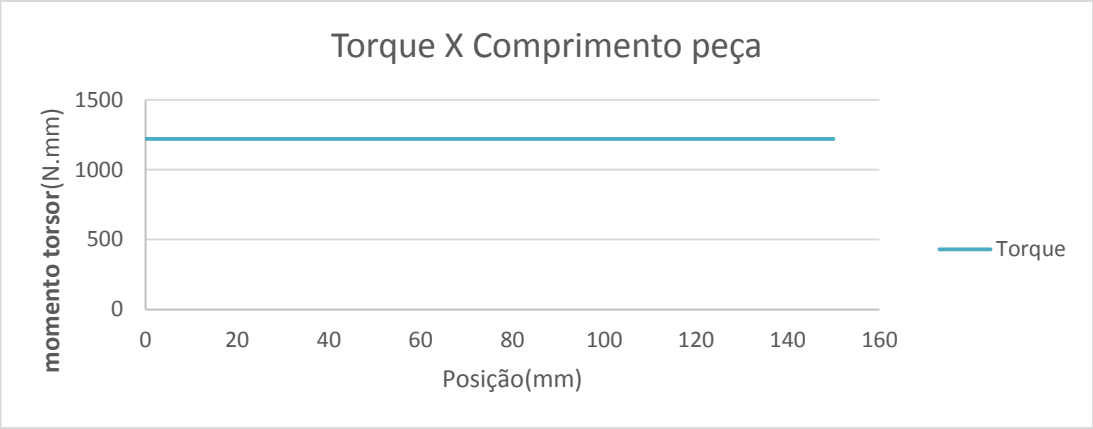


Figura 47 Gráfico de representação do Torque

Para se determinar o Diâmetro utilizou-se os critérios de Goodman e verificou-se os resultados expressos na tabela 9-Resultados Cálculos de diâmetro necessário para projeto.

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[\sqrt{\left(4\left(K_{fs} M_a\right)^2\right) + \left(3\left(K_{fs} T_a\right)^2\right)} \right] + \frac{1}{S_{sut}} \left[\sqrt{\left(4\left(K_{fs} M_m\right)^2\right) + \left(3\left(K_{fs} T_m\right)^2\right)} \right] \right\} \right)^{1/3}$$

d=5,3 mm

Cálculo do diâmetro do eixo de apoio aos rolamentos :

$$Se = KaKbKcKdKeKfS'e$$

$$Ka = aS_{ut}^{b}$$

Pode-se retirar os valores de a e b através da tabela 2- Parâmetro fator modificação de superfície, como se trata de um aço laminado a frio a=4,51 b=-0,265.

$$Ka = 4{,}51 \times 330{,}9^{-0{,}265} = 0{,}97$$

$$Kb = 1{,}24d^{-0{,}107}$$

Estima-se que o diâmetro estará em torno de 5 mm, logo:

$$Kb = 1{,}24 \times 5^{-0{,}107} = 1{,}044$$

Por não tem-se torção no eixo determina-se apartir da tabela 3 Carregamento fator Kc:

Kc=1

$$Kd = 0{,}9877 + 0{,}6507(10^{-3})T - 0{,}3414(10^{-5})T^2 + 0{,}5621(10^{-8})T^3 - 6{,}246(10^{-12})T^4$$

Espera-se a temperatura de trabalho máxima em torno de 50º C logo Kd:

$$Kd = 0{,}9877 + 0{,}6507(10^{-3})50 - 0{,}3414(10^{-5})50^2 + 0{,}5621(10^{-8})50^3 - 6{,}246(10^{-12})50^4 = 1{,}0124$$

Estima-se uma confiabilidade de 95% para a arvore encontra-se apartir da tabela 4 Fator de confiabilidade Ke, tem-se então Za como 1,645 logo:

$$Ke = 1 - 0{,}08Za = 0{,}868$$

Estima-se o mesmo Kf utilizado anteriormente de 0,9 para se garantir os mesmos critérios:

$$Se = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \times S'_e = 0{,}97 \times 1{,}044 \times 1 \times 1{,}0124 \times 0{,}868 \times 0{,}9 \times 330{,}9$$

$$Se = 265{,}02MPa$$

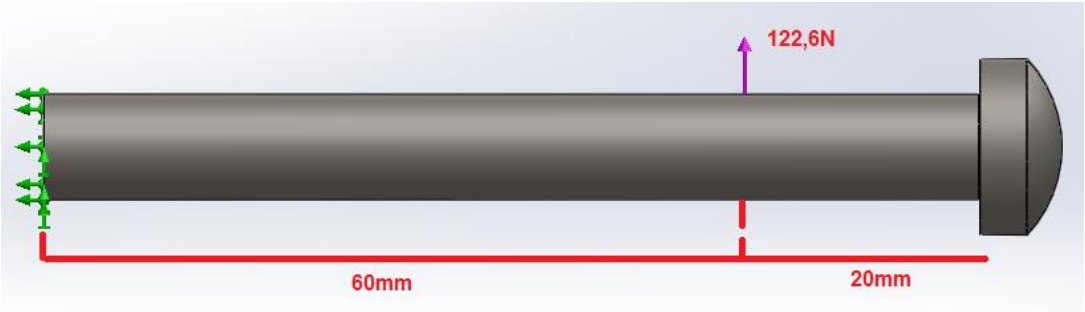


Figura 48 diagrama de esforços

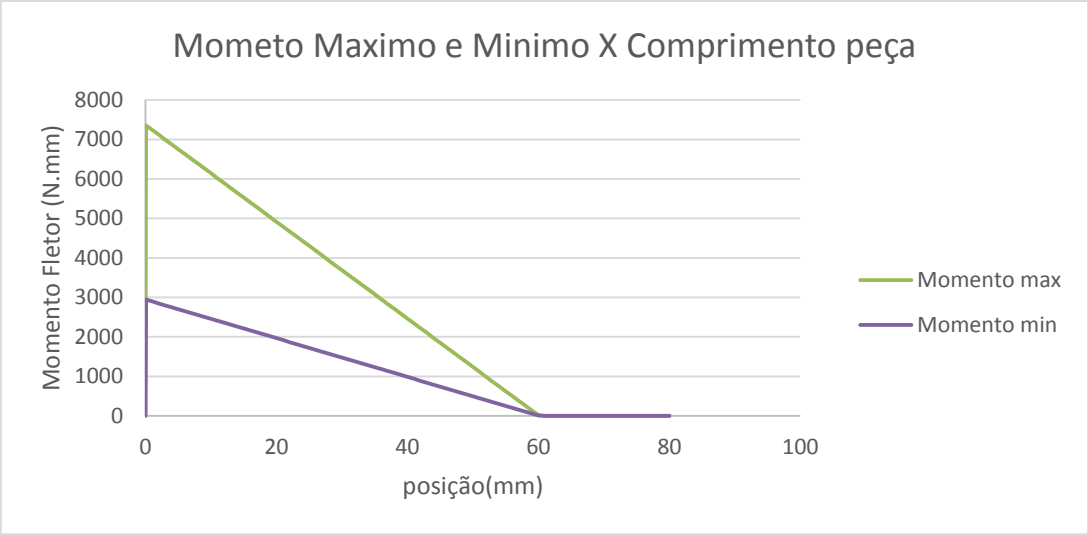


Figura 49 Gráfico de representação das momentos

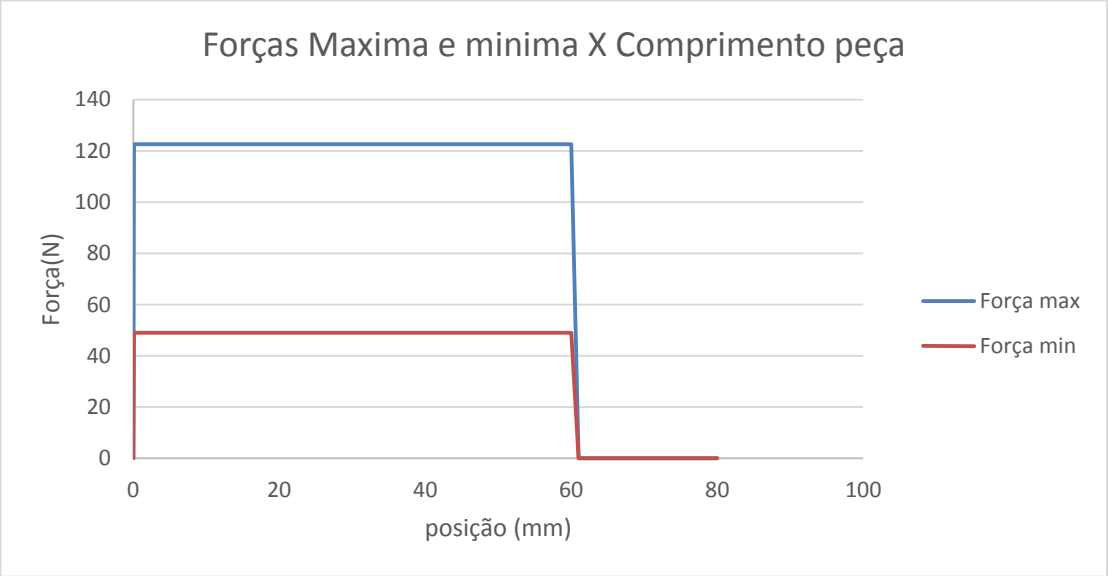


Figura 50 Gráfico de representação das forças

Para se determinar o Diâmetro utiliza-se os critérios de Goodman e verifica-se os resultados expressos na tabela 11 Tabela 7 Cálculo do diâmetro do eixo necessário para projeto, apartir da formulação:

$$d = \left(\frac{16n}{\pi} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[\sqrt{\left(4\left(K_{fs} M_a\right)^2\right) + \left(3\left(K_{fs} T_a\right)^2\right)} \right] + \frac{1}{S_{sut}} \left[\sqrt{\left(4\left(K_{fs} M_m\right)^2\right) + \left(3\left(K_{fs} T_m\right)^2\right)} \right] \right\} \right)^{1/3}$$

d=3,86mm

Calculo engrenagens:

Apartir de uma planilha de Excel utilizando a formulação apresentada no capitulo 2.3.2.51 ENGRENAGENS, determinou-se todos os parâmetros necessários para o desenvolvimento do conjunto de engrenagem.

Tabela 18-Dimensionamento engrenagem

Pinhão			***Coroa***		
N (Rotação do pinhão)	120	rpm	**N (Rotação do pinhão)**	75	rpm
dp (Diâmetro Primitivo)	11	mm	**dc(Diâmetro Primitivo)**	17,6	mm
M(Módulo)	2,2		**M(Módulo)**	2,2	
n transmissão (Relação)	1,6		**n transmissão (Relação)**	1,6	
N (Nº de dentes)	5		**N (Nº de dentes)**	8	
p (Passo)	0,45		**p (Passo)**	0,45	
de (Diâmetro Externo)	12,60	mm	**de (Diâmetro Externo)**	19,20	mm
di(Diâmetro Interno)	10,34	mm	**di(Diâmetro Interno)**	16,54	mm
Vão	3,45	mm	**Vão**	3,63	mm
Altura do dente	4,77	mm	**Altura do dente**	4,77	mm
e (Espessura do Dente)	3,45		**e (Espessura do Dente)**	3,45	
L (Largura do dente)	10,00	mm	**L (Largura do dente)**	10,00	mm
C (Distância entre origens)	14,30		**C (Distância entre origens)**	14,30	
Φ ângulo de pressão	20	graus	**Φ ângulo de pressão**	20	graus
material	aço		**material**	aço	
J (fator geométrico)	0,215		**J (fator geométrico)**	0,22	
K_v fator de velocidade	1,0738		**K_v fator de velocidade**	1,0738	
K_0 fator de sobrecarga	1,5		**K_0 fator de sobrecarga**	1,5	
K_m fator de montagem	1,6		**K_m fator de montagem**	1,6	
V	13,60	pes/min	**V**	13,60	pes/min
Pot (Potência saída)	15,33	W	**Pot (Potência entrada)**	15,33	W
Mp	1,21992	Nm	**Mp**	1,95188	Nm
Ft	221,8	N	**Ft**	221,8	N
σ (tensão de fadiga flexão)	120,84	Mpa	**σ(tensão de fadiga flexão)**	118,10	Mpa
S_n' (resistência a Fadiga)	325	Mpa	**S_n' (resistência a Fadiga)**	325	Mpa
dureza superficial	300	BH	**dureza superficial**	300	BH
C_L fator de carga flexão	1		**C_L fator de carga flexão**	1	
C_c é o fator gradiente para p>5	1		**C_c é o fator gradiente para p>5**	1	

C_s é o fator de superfície do filete	0,71		**C_s é o fator de superfície do filete**	0,71	
K_{ms} fator de tensão média	1,4		**K_{ms} fator de tensão média**	1,4	
k_t fator de temperatura	1		**k_t fator de temperatura**	1	
kr fator de confiabilidade 99%	0,814		**kr fator de confiabilidade 99%**	0,814	
S_n (resistência a fadiga flexão)	262,96	Mpa	**S_n (resistência a fadiga flexão)**	262,96	Mpa
Ra(máximo que pode ser usado)	7,12	mm	**Ra(máximo que pode ser usado)**	9,60	mm
adendo máximo para não interferir	1,61	mm	**adendo máximo para não interferir**	0,81	mm
adendo real padronizado	2,2	mm	**adendo real padronizado**	2,2	mm
Adendo Padronizado	**Não**			**Não**	
Verificação se Sn≥σ	**APROVADO**		**Verificação se Sn≥σ**	**APROVADO**	

APÊNDICE D- CÓDIGO DO PROGRAMA DE CONTROLE

controle_completo_TCC_leomar_novo.JPEG

```
#include <SPI.h>
//#include <WString.h>
#include <Ethernet.h>

byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFF, 0xEE}; // endereço do MAC do Ethernet
byte ip[] = {192, 168, 1, 177};  // IP fixo da rede
byte gateway[] = { 192, 168, 1, 177 }; // Acesso à Internet via roteador
byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 }; //máscara de sub-rede
EthernetServer server(80);      //  porta do servidor 80

String datosentrada = String(1);

void setup()
{
  Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet); // inicia o ethernet
  server.begin();          // inicia servidor
  Serial.begin(9600);      // inicio a porta serial
  // crição de peinos modulo rele
pinMode(8, OUTPUT);
digitalWrite (8, LOW);
pinMode(7, OUTPUT);
digitalWrite (7, LOW);
pinMode(6, OUTPUT);
digitalWrite (6, LOW);
pinMode(5, OUTPUT);
digitalWrite (5, LOW);
pinMode(3, OUTPUT);
digitalWrite (3, LOW);
pinMode(9,OUTPUT);
digitalWrite (9, LOW);
pinMode(A0,OUTPUT);
digitalWrite (A0, HIGH);
pinMode(A1,OUTPUT);
digitalWrite (A1,HIGH);
pinMode(A2,OUTPUT);
digitalWrite(A2, HIGH);
pinMode(A2,OUTPUT);
digitalWrite (A2, HIGH);
pinMode(A3,OUTPUT);
digitalWrite (A3, HIGH);
}

void loop()
{
```

```
datosentrada = ""; // inicializa a variável onde se armazenar os dados recebidos
EthernetClient cliente = server.available();

if (cliente)
{
  while(cliente.connected())
  {
    if(cliente.available())
  {
    char in_bit = cliente.read();
    datosentrada = datosentrada + in_bit;
    if (datosentrada.length()>1){
    Serial.print(datosentrada);

     // frente
   if (datosentrada=="ww")
      {
        digitalWrite(3, HIGH);
 digitalWrite(5, HIGH);
 digitalWrite(6, HIGH);
 digitalWrite(7, HIGH);
 digitalWrite(8, HIGH);
 digitalWrite(9, HIGH);

        cliente.stop();
      }
     //  desliga motores
     if (datosentrada=="pp")
      {
       digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(8, LOW);
digitalWrite(9,LOW);
digitalWrite(3, LOW);
         cliente.stop();
        }
        // ré
        if (datosentrada=="ss")
       {
         digitalWrite(5, LOW);
 digitalWrite(6, LOW);
 digitalWrite(7, LOW);
 digitalWrite(8, LOW);
 digitalWrite(9,HIGH);
 digitalWrite(3, HIGH);
         cliente.stop();
       }
```

```
      // giro esquerda
        if (datosentrada=="aa")
      {
        digitalWrite(9, HIGH);
 digitalWrite(3, HIGH);
 digitalWrite(5, LOW);
 digitalWrite(6, LOW);
 digitalWrite(7, HIGH);
 digitalWrite(8, HIGH);
        cliente.stop();
      }
      // giro direita
        if (datosentrada=="dd")
      {
         digitalWrite(9, HIGH);
digitalWrite(3, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(8, LOW);
          cliente.stop();
        }

         if (datosentrada=="re")
        {
          digitalWrite(9, HIGH);
digitalWrite(3, HIGH);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(7, LOW);
digitalWrite(8, LOW);
          cliente.stop();
        }
        // motor sobe garra
        if (datosentrada=="rr")
        {
          digitalWrite(A0, HIGH);
          digitalWrite(A1, LOW);

          cliente.stop();
        }
```

```
            // motor sobe garra
            if (datosentrada=="rr")
            {
              digitalWrite(A0, HIGH);
              digitalWrite(A1, LOW);

              cliente.stop();
            }
            // motor desce garra
            if (datosentrada=="ff")
            {
              digitalWrite(A0, LOW);
              digitalWrite(A1, HIGH);

              cliente.stop();
            }
            //para  garra
            if (datosentrada=="vv")
            {
              digitalWrite(A0, HIGH);
              digitalWrite(A1, HIGH);

              cliente.stop();
            }
            // abre garra
            if (datosentrada=="gg")
            {
              digitalWrite(A2, LOW);
              digitalWrite(A3, HIGH);

              cliente.stop();
            }
            // fecha  garra
            if (datosentrada=="tt")
            {
              digitalWrite(A2, HIGH);
              digitalWrite(A3, LOW);

              cliente.stop();
            }
            // para garra
            if (datosentrada=="nn")
            {
              digitalWrite(A2, HIGH);
              digitalWrite(A3, HIGH);

              cliente.stop();
            }

          cliente.stop();
          }
        }
      }
    }
  }
```

APÊNDICE E- CÓDIGO DA INTERFACE DE INTERAÇÃO

```
Imports System.Net.Sockets
Imports System.Net ' Para  o endereço de IP


Public Class Leomar_TCC


    Private Sub Form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As EventArgs) Handles MyBase.Load


    End Sub
    Private Sub PictureBox1_Click_2(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

    End Sub
    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As EventArgs) Handles Button1.Click

        Try

            'criando uma conexão
            Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
            'Límite de buffer: 500
            Dim vDatos(8) As Byte
            ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
            'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox1.Text) ' enviando as letras espaçadas
            vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox1.Text)            ' envia texto todo unido

            'conecta ao arduino através do servidor
            oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

            'oSocket.Connect("localhost", 60000)
            'Envia os dados
            oSocket.Send(vDatos)

            'desconecta do servidor
            oSocket.Disconnect(False)

            'fim de envio
            oSocket.Close()


        Catch er As SocketException

            MsgBox(er.SocketErrorCode)

        End Try

    End Sub

    Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button3.Click
        Try
            'criando uma conexão
            Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
            'TLímite de buffer: 500
            Dim vDatos(8) As Byte
            ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ss") ' e também
            'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox3.Text) ' enviando as letras espaçadas
            vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox3.Text)            '  envia o texto todo unido

            'conecta ao arduino através do servidor
            oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

            'oSocket.Connect("localhost", 60000)
            'Envia os dados
            oSocket.Send(vDatos)

            'desconecta do servidor
            oSocket.Disconnect(False)

            'fim do envio
            oSocket.Close()

        Catch er As SocketException

            MsgBox(er.SocketErrorCode)

        End Try
    End Sub
```

```
Private Sub Button5_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button5.Click
    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        'Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/pp") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox5.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox5.Text)            ' envia o texto todo unido

        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)

        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub TextBox2_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox2.TextChanged

End Sub
```

```
    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try

End Sub
```

```
Private Sub TextBox2_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox2.TextChanged

End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button2.Click

    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        'Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/aa") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox2.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox2.Text)            '  envia o texto todo unido

        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)

        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub Button7_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button7.Click
    Try
        ''criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        'Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox1.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox7.Text)            '  envia o texto todo unido

        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)

        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub Button4_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button4.Click
    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        'Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/dd") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox4.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox4.Text)            '  envia o texto todo unido

        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)
        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)

        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub Button6_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button6.Click
    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        'Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox1.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox6.Text)            ' envia o texto todo unido

        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)

        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub Button8_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button8.Click
    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        ' Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox1.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox8.Text)            '  envia o texto todo unido
        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)
        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub Button9_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button9.Click
    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        ' Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox9.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox9.Text)            '  envia o texto todo unido
        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)
        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()
    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

```
Private Sub PictureBox1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

End Sub

Private Sub Button10_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

End Sub

Private Sub PictureBox1_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

End Sub

'conexão a camera através do endereçõe especificado na textbox10

Private Sub Button10_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button10.Click
    WebBrowser1.Navigate(TextBox10.Text)
End Sub
```

```
Private Sub TextBox10_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox10.TextChanged

End Sub
Private Sub WebBrowser2_DocumentCompleted(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.WebBrowserDocumentCompletedEventArgs)

End Sub
'pagina para visualizar camera
Private Sub WebBrowser1_DocumentCompleted_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.WebBrowserDocumentCompletedEventArgs) Handles WebBrowser1.DocumentCompleted
    Dim Rect As Rectangle = Me.WebBrowser1.Document.Body.ScrollRectangle
    Dim BodySize As New Size(Rect.Width, Rect.Height)
    Me.WebBrowser1.Size = BodySize
End Sub
```

```
'evento para quando clicar nas teclas especificadas possa acionar os botões feito
'na form1 para que funcione ativando o Keypreviwel e depois o keyDow

Private Sub Leomar_TCC_KeyDown(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles MyBase.KeyDown
    'verifica se algumas das letras foram pressionadas
    If e.KeyCode = Keys.W Then
        Button1.PerformClick()
    End If
    If e.KeyCode = Keys.A Then
        Button2.PerformClick()
    End If
    If e.KeyCode = Keys.S Then
        Button3.PerformClick()
    End If
    If e.KeyCode = Keys.D Then
        Button4.PerformClick()
    End If

    If e.KeyCode = Keys.P Then
        Button5.PerformClick()
    End If
End Sub

Private Sub PictureBox1_Click_3(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

End Sub

Private Sub TextBox6_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox6.TextChanged

End Sub

Private Sub TextBox1_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox1.TextChanged

End Sub

Private Sub TextBox8_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox8.TextChanged

End Sub
```

```
Private Sub Button11_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button11.Click
    Try
        'criando uma conexão
        Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
        ' Límite de buffer: 500
        Dim vDatos(8) As Byte
        ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
        'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox9.Text) ' enviando as letras espaçadas
        vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox11.Text)            ' envia tudo unido
        'conecta ao arduino através do servidor
        oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

        'oSocket.Connect("localhost", 60000)
        'Envia os dados
        oSocket.Send(vDatos)
        'desconecta do servidor
        oSocket.Disconnect(False)

        'fim de envio
        oSocket.Close()

    Catch er As SocketException

        MsgBox(er.SocketErrorCode)

    End Try
End Sub
```

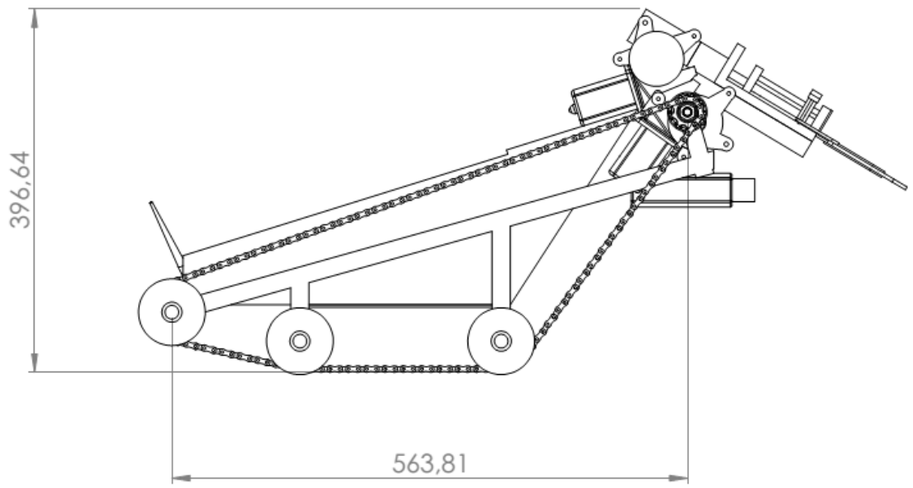
```
    Private Sub Button12_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button12.Click

        Try
            'criando uma conexão
            Dim oSocket As Socket = New Socket(AddressFamily.InterNetwork, SocketType.Stream, ProtocolType.Tcp)
            ' Límite de buffer: 500
            Dim vDatos(8) As Byte
            ' Dim byData() As Byte = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("/ff") ' e também
            'vDatos = System.Text.Encoding.BigEndianUnicode.GetBytes(TextBox9.Text) ' enviando as letras espaçadas
            vDatos = System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes(TextBox12.Text)            ' envia tudo unido
            'conecta ao arduino através do servidor
            oSocket.Connect(Net.IPAddress.Parse("192.168.1.177"), 80)

            'oSocket.Connect("localhost", 60000)
            'Envia os dados
            oSocket.Send(vDatos)
            'desconecta do servidor
            oSocket.Disconnect(False)

            'fim de envio
            oSocket.Close()

        Catch er As SocketException

            MsgBox(er.SocketErrorCode)

        End Try
    End Sub

    Private Sub TextBox11_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox11.TextChanged

    End Sub

    Private Sub TextBox12_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles TextBox12.TextChanged

    End Sub

    Private Sub PictureBox2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)

    End Sub

    Private Sub PictureBox2_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles PictureBox2.Click

    End Sub
End Class
```

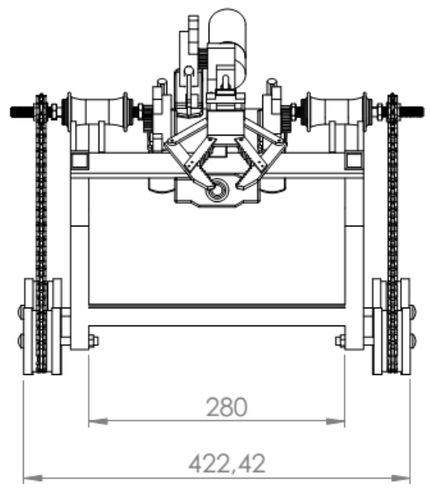
APÊNDICE F- PROJETOS DETALHADO

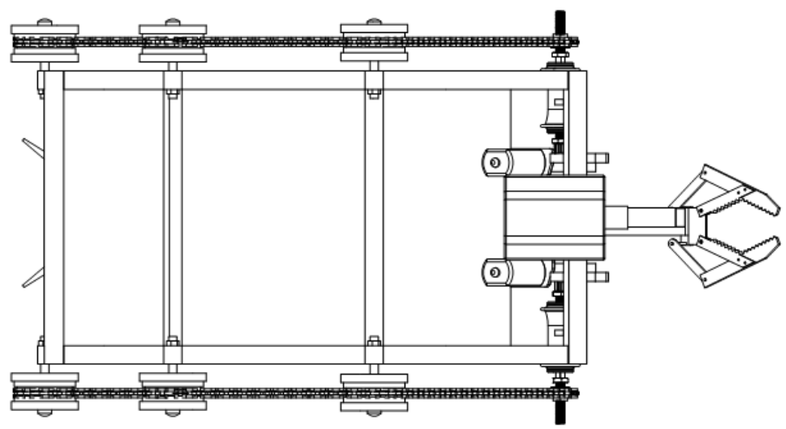
Neste apêndice, serão apresentados os desenhos referentes ao projeto de fabricação do referido trabalho de conclusão de curso.

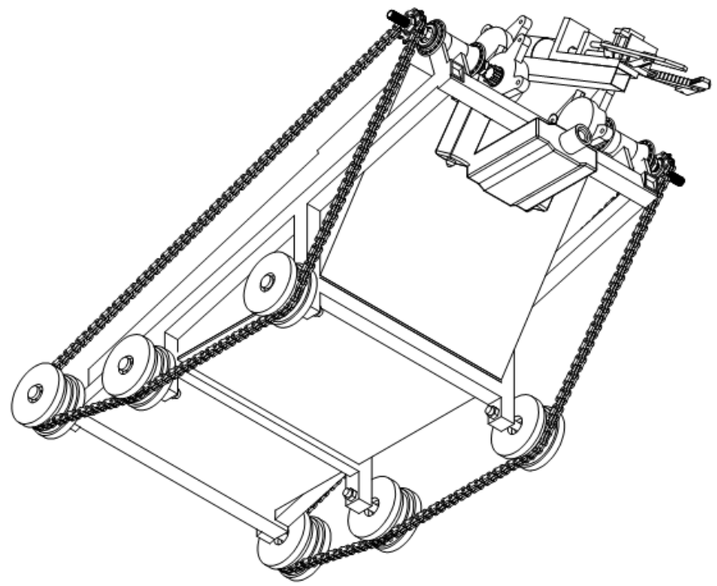
Neste apêndice constam:

- 2 plantas da montagem geral;
- 1 planta da montagem geral garra;
- 10 plantas de detalhamento de componentes .









UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

PROJETISTA: Leomar Santos Marques

DATA: 09/01/2016

Engenharia Mecânica

DESCRIÇÃO :

PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE

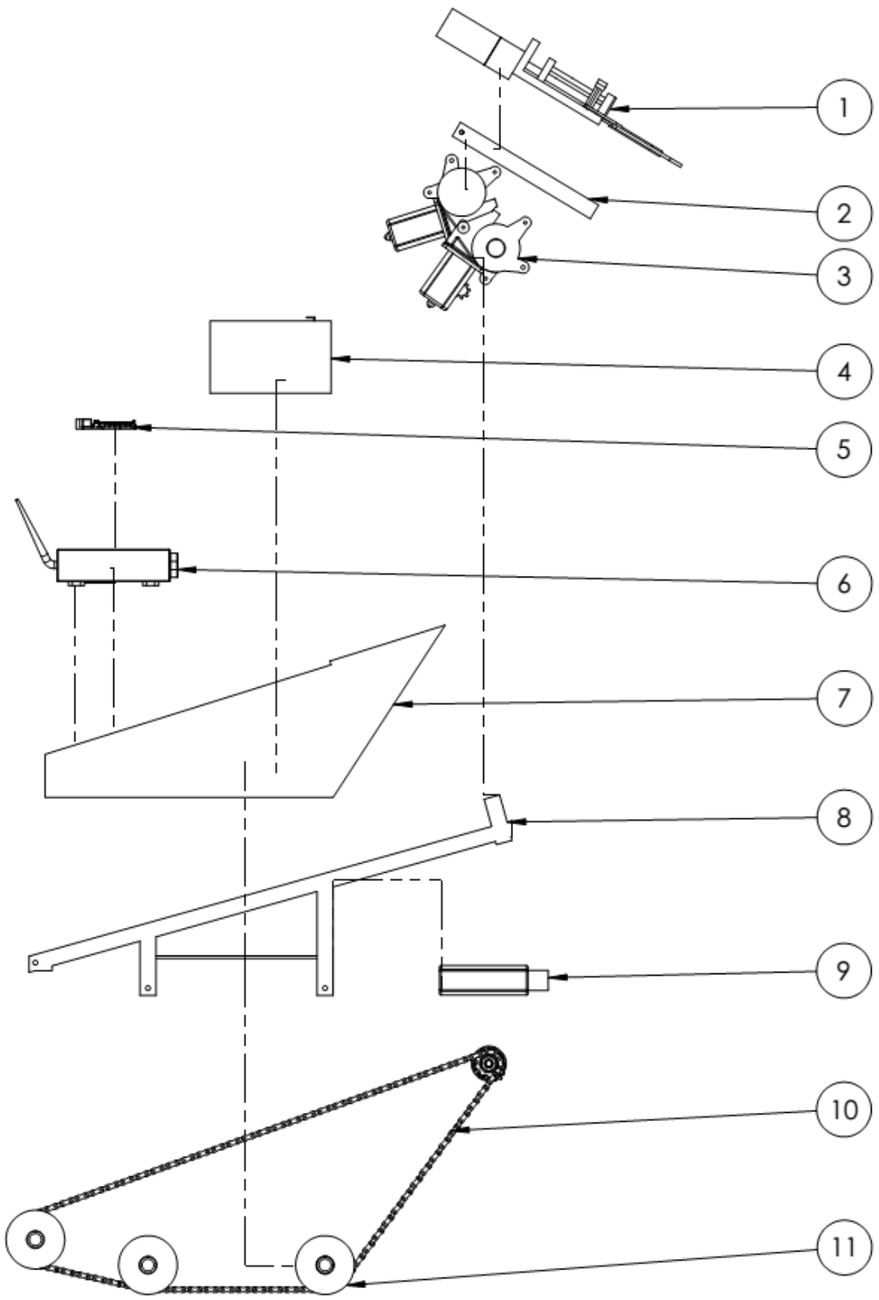
COMPONENTE: MONTAGEM

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R			TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
	0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1'
	3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
	6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:6
MANUF.	30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	14,9 kg
QUALID	120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL:	
	400mm- 1000 mm	±2mm		
	1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-001

A3



Nº DO ITEM	conponete	PROJETO	CODIGO
1	GARRA	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-101
2	BBRAÇO	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-102
3	MOTOR MABUSHI	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-103
4	BATERIA	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-104
5	ARDUINO	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-105
6	ROTEADOR	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-106
7	CARCAÇA	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-107
8	ESTRUTURA	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-108
9	CÂMERA	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-109
10	CORRENTE	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-110
11	RODA	ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE	RO-111

UFJF
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Engenharia Mecânica

PROJETISTA: Leomar Santos Marques
DATA: 09/01/2016

DESCRIÇÃO :

PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE

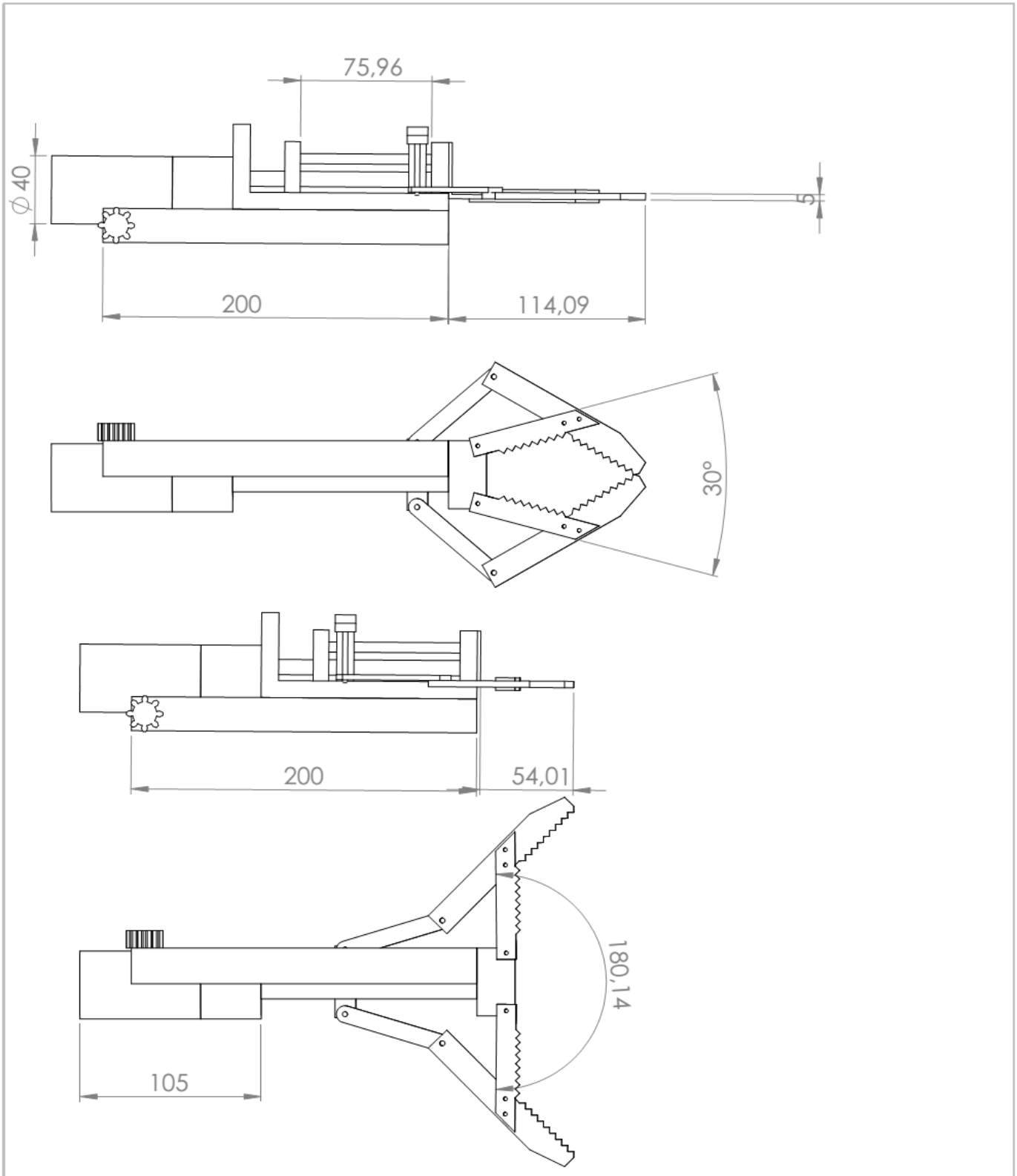
COMPONENTE: MONTAGEM

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R			TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
	0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1'
	3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
	6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:7
MANUF.	30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
QUALID	120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL:	
	400mm- 1000 mm	±2mm		
	1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:
DESCRIÇÃO DO PRINCIPAIS COMPONENTES QUE INTEGRAM A MONTAGEM

CÓDIGO DESENHO Nº
RO-001

A3



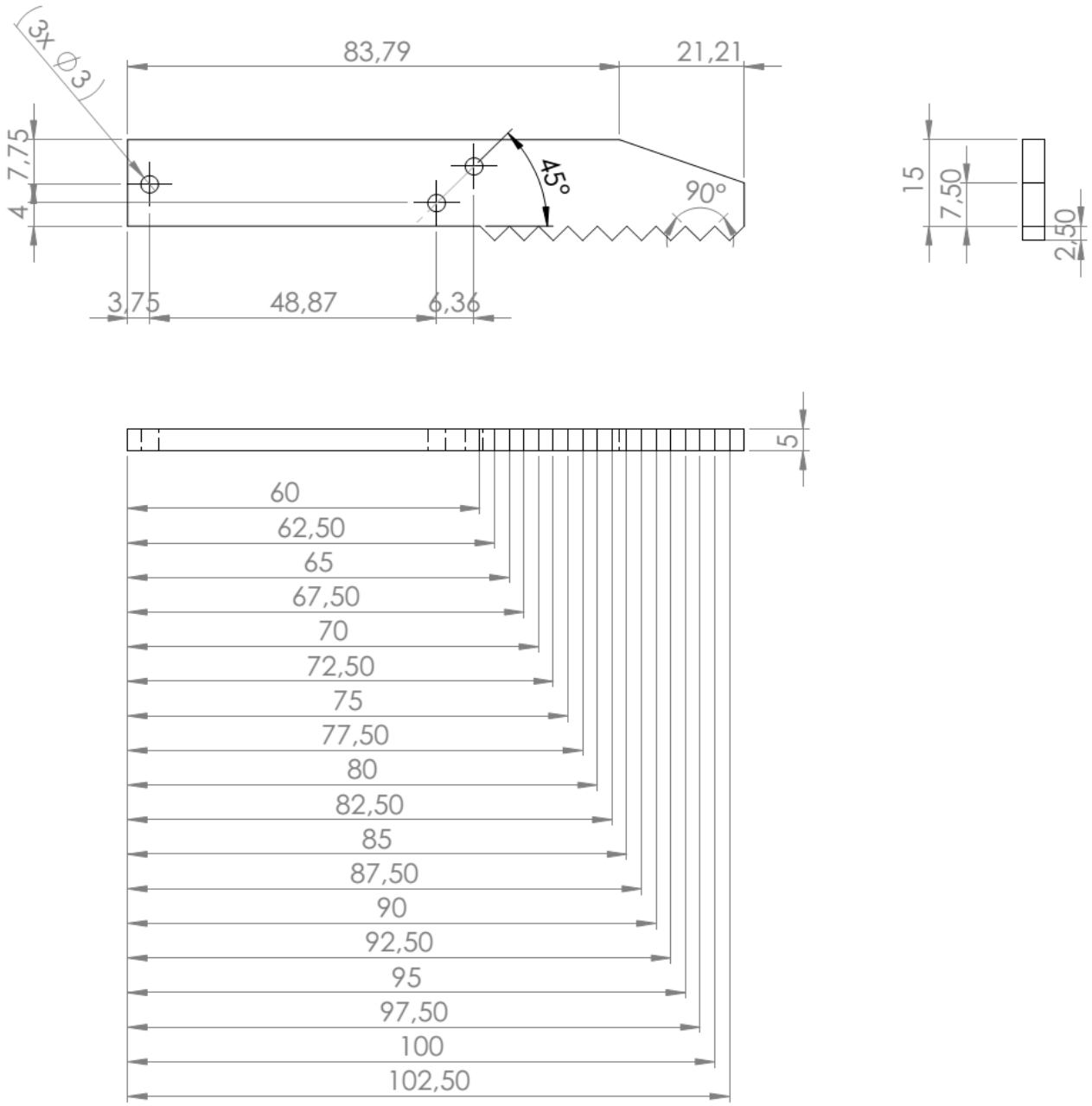
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: GARRA

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	ESCALA 1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL:	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-101

A4



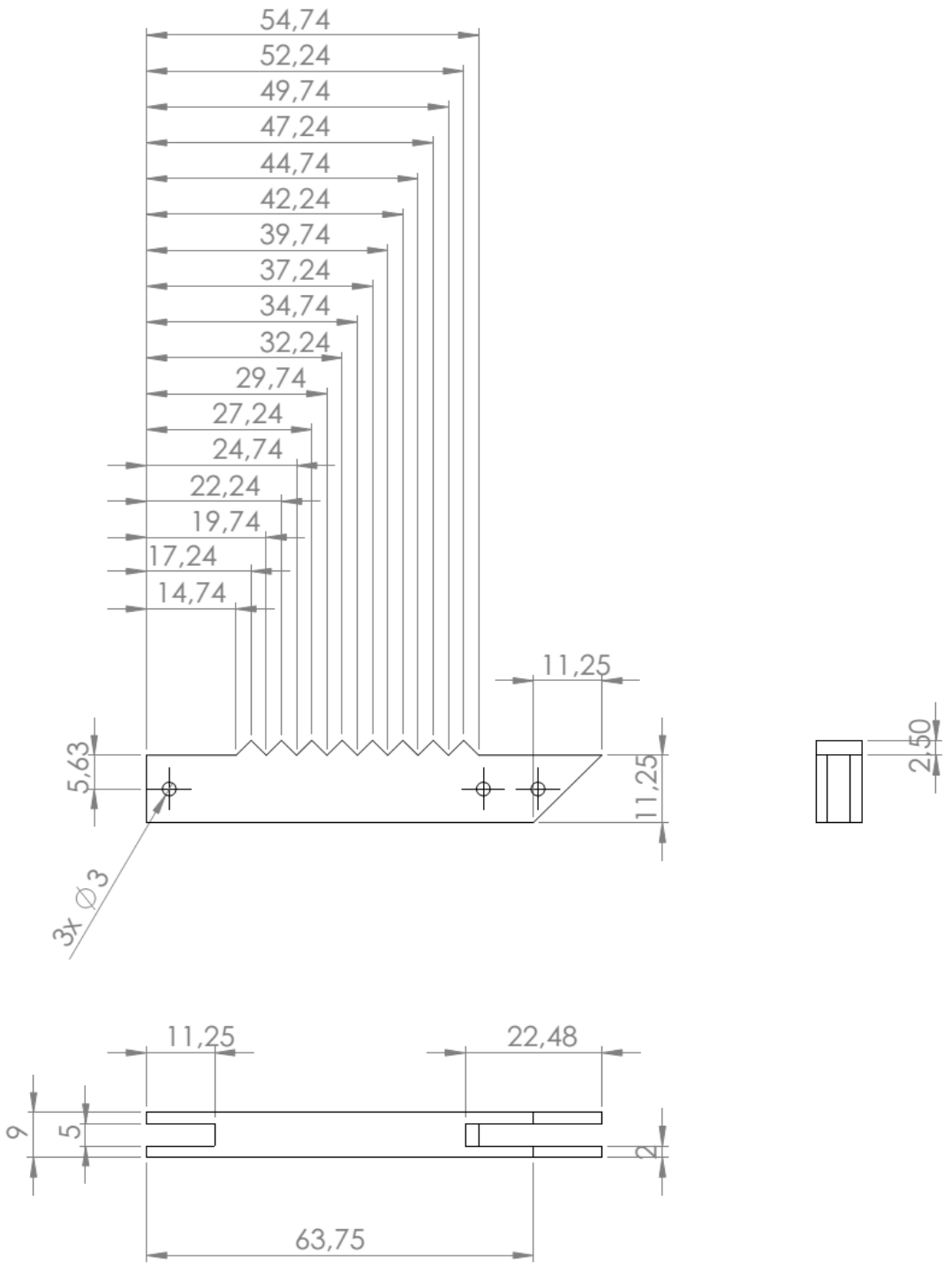
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: ASTE GARRA

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: NYLON 6.6	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-201

A4



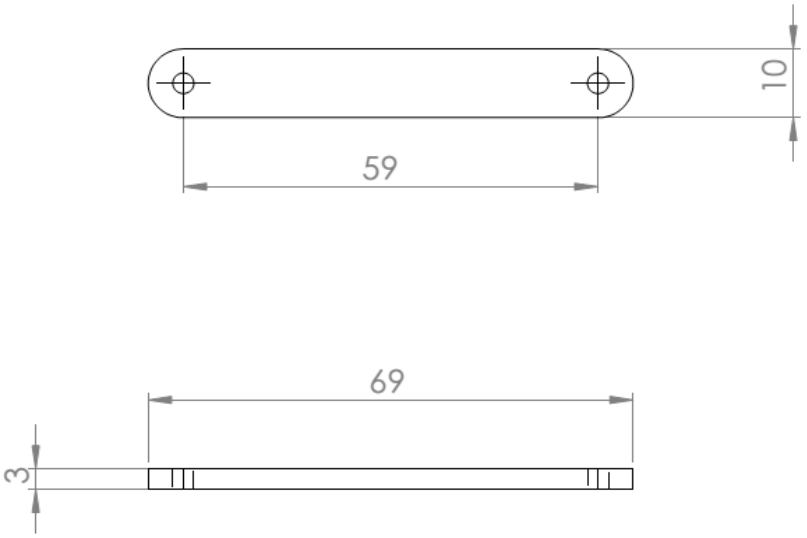
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: fixador garra

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: Nylon 6.6	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-202

A4



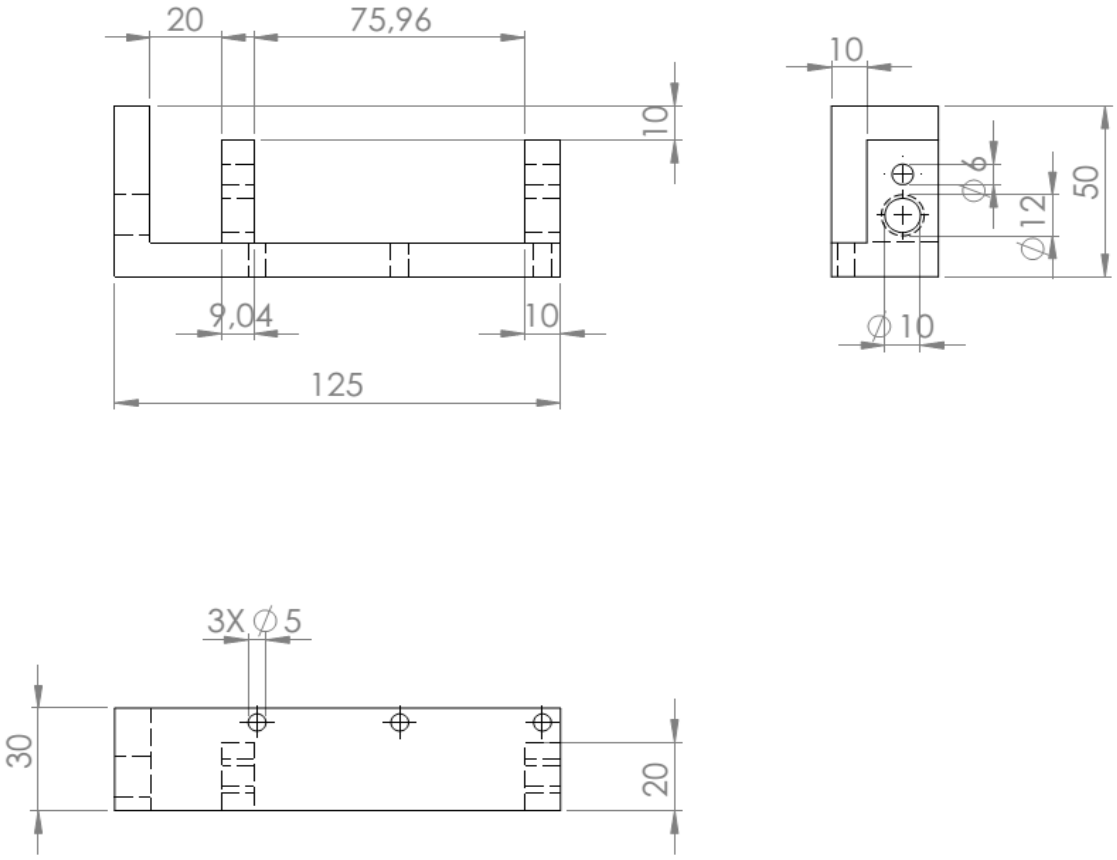
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: Barra Garra

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1'
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: Nylon 6.6	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº R0-203

A4



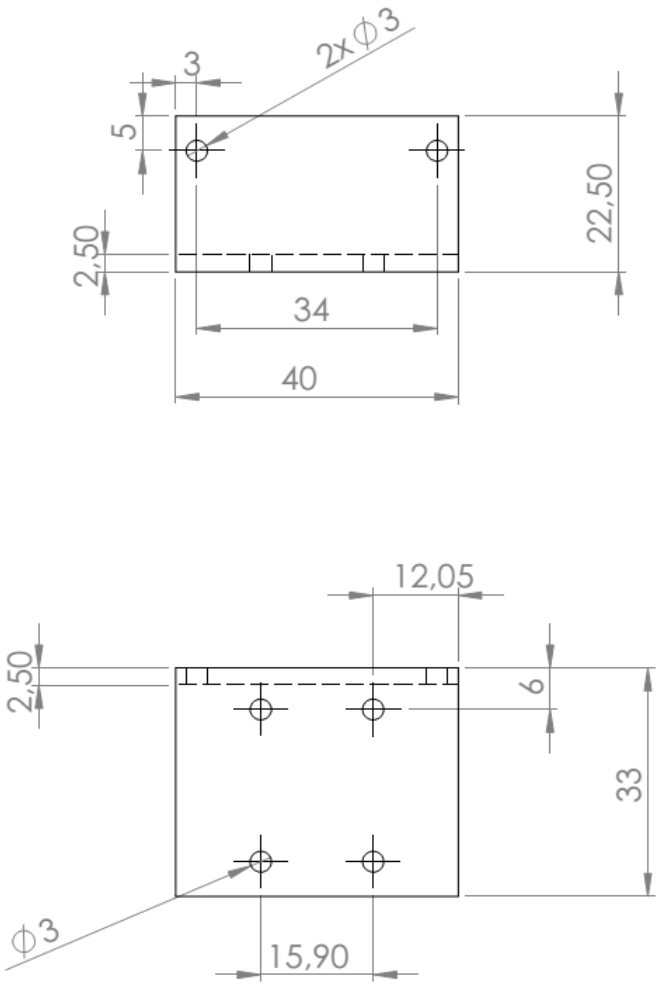
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: suporte eixo motor

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1'
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	ESCALA 1:5
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: alumínio	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-204

A4



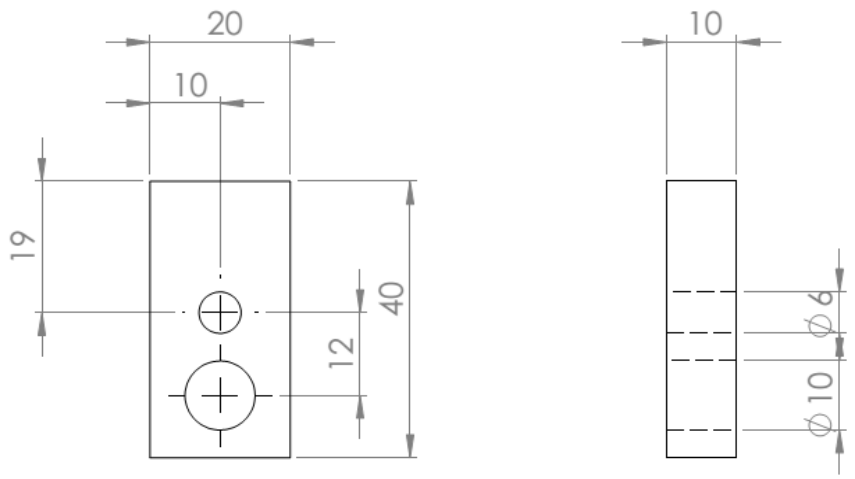
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: suporte fixação da garra

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: alumínio	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-205

A4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: cubo de movimentação da garra

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL	N.B.R	TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL:	
400mm- 1000 mm	±2mm	AÇO	
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-206

A4

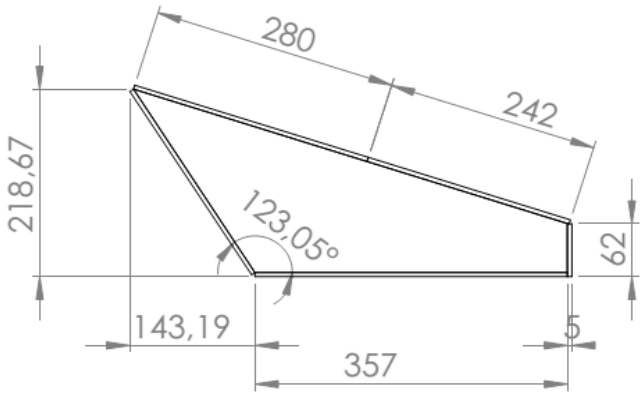
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: braço

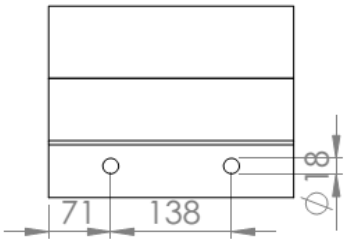
TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1'
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:2
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL:	
400mm- 1000 mm	±2mm	aço galvanizado	
1000mm- 2000 mm	±3mm		

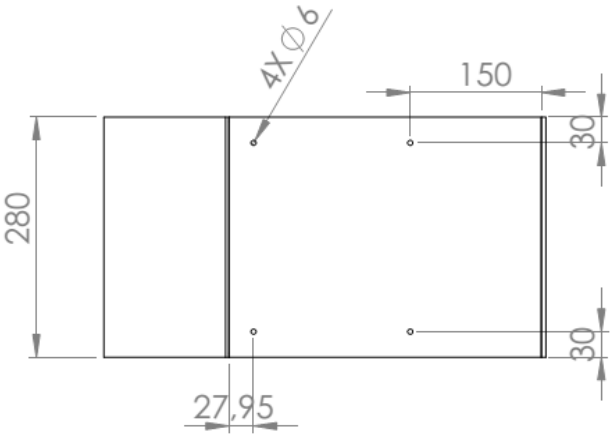
OBSERVAÇÕES:

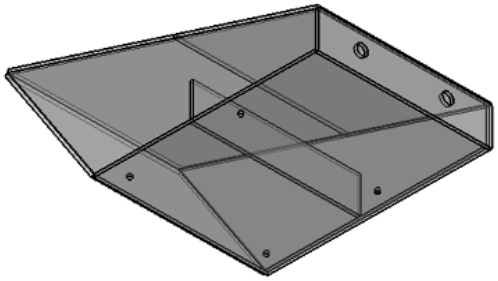
CÓDIGO DESENHO Nº RO-207

A4

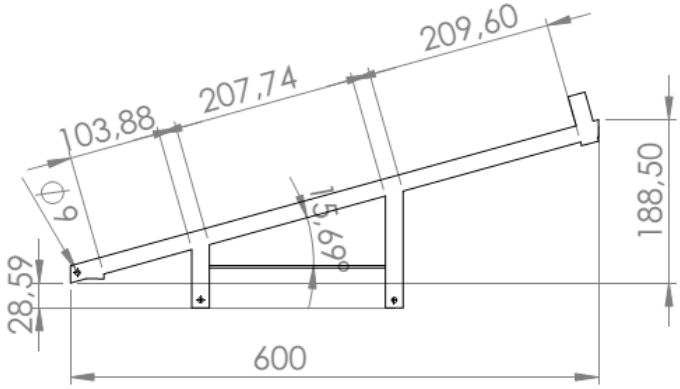


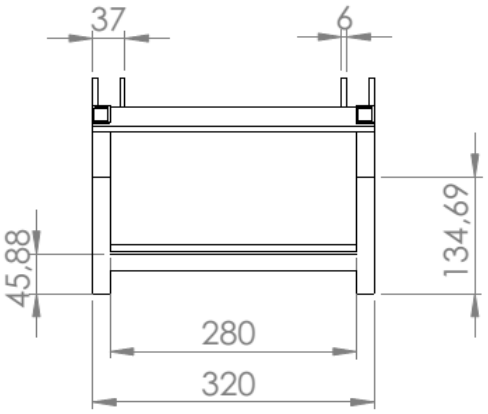


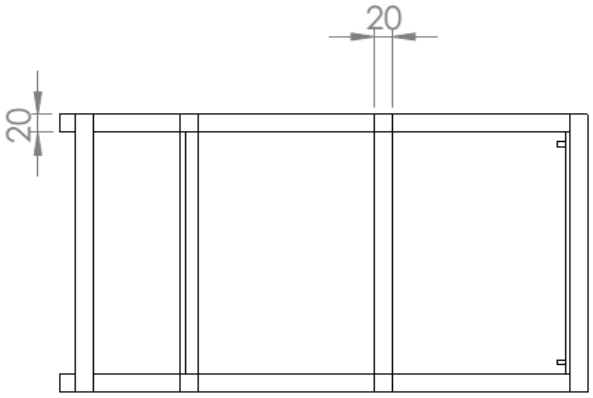


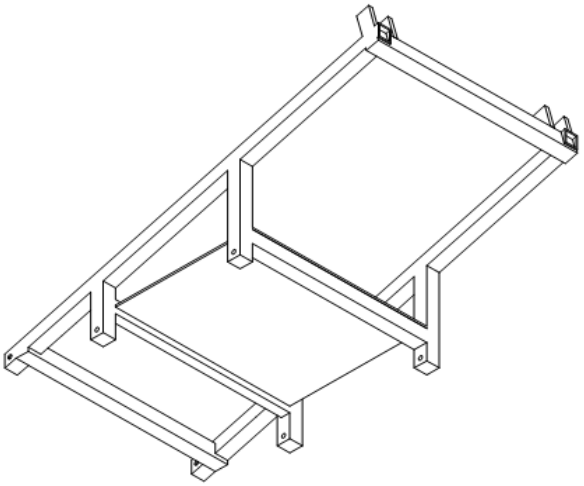


UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE:
TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	OBSERVAÇÕES:
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR ± 0,1'	
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS: mm	
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA: 1:8	
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: ACRÍLICO	CÓDIGO DESENHO Nº RO-107 — A4
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		









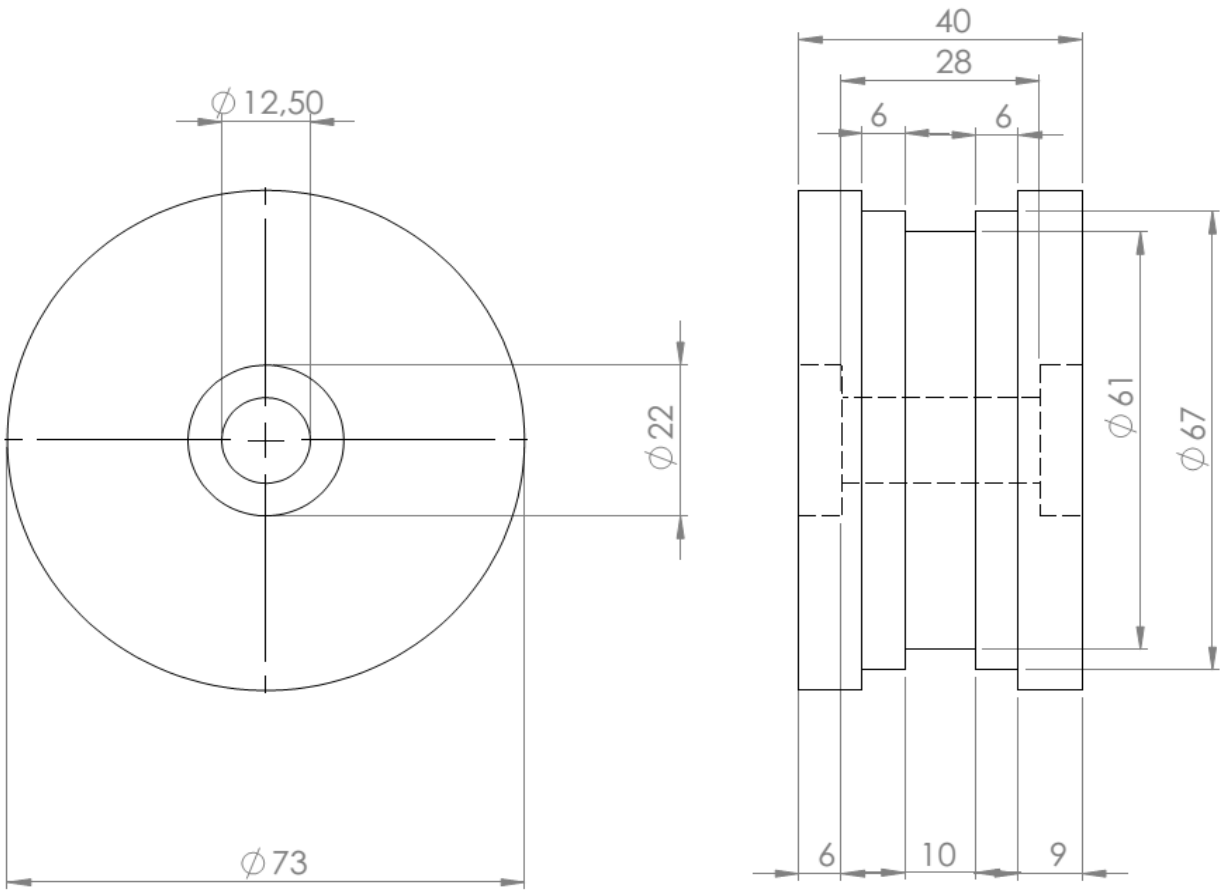
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: ESTRUTURA

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:8
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: AÇO GALVANIZADO	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-108

A4



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA	PROJETISTA: Leomar Santos Marques	DATA: 09/01/2016	DESCRIÇÃO :
	Engenharia Mecânica		PROJETO : ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE MATERIAIS PERIGOSOS E TRANSPORTE
			COMPONENTE: roda

TOLERANCIAS LINEARES E DIAMETRAL N.B.R		TOLERANCIAS ANGULAR N.B.R	
0.5mm-3mm	±0.2mm	ANGULAR	± 0,1´
3mm-6 mm	±0.3mm	COTAS:	mm
6mm-30 mm	±0.5mm	ESCALA:	1:1
30mm-120 mm	±0.8mm	MASSA:	
120mm- 400 mm	±1.2mm	MATERIAL: Nylon 6.6	
400mm- 1000 mm	±2mm		
1000mm- 2000 mm	±3mm		

OBSERVAÇÕES:

CÓDIGO DESENHO Nº RO-111

A4

APÊNDICE G- TABELAS DE ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES ELÉTRICOS

Tabela 19-Especificações componentes

Item	Dimensões(altura X comprimento X largura)	Peso	Voltagem Máxima CC	Capacidade de condução de corrente Máxima
Módulo Relé	30mm X 90 mm X 40mm	0,060Kg	30 V	10A
Fusível	-	0,005Kg	-	2A
Fusível	-	0,005Kg	-	10A
Ponte H	50 mm X 60 mm X 60 mm	0,039Kg	30 V	2A
Motor Mabushi	-	0,200Kg	12V	6A
Motor GR	-	0,130Kg	12V	0,5A
Modulo ethernet	30 mm X 90 mm X 65 mm	0,080Kg	12V	0,4A
Arduino	31 mm X 90 mm X 65 mm	0,100Kg	12V	0,4A

Tabela 20-Especificações Baterias

Item	Dimensões (altura X comprimento X largura)	Peso	tensão nominal
Bateria	95 mm X 150 mm X 55 mm	1,3kg	12 V e 7,2Ah
Bateria	95 mm X 70 mm X 45 mm	0,4Kg	6 V e 3,7Ah
Bateria	17.5 mm X 48.5 mm X 26.5 mm	0,036Kg	9V e 300mAh

ANEXO I

Medidas				Capac. Carga		Limite de Rotação		Rolamentos	Medidas			Massa
d	D	B	r_s	Dinam C	Estat Co	a graxa	a óleo	Número	d_a min	D_a max	r_a max	Peso
mm				KN		rpm			mm			Kg
2	6	2.3	0.1	0,27	0,09	63.000	79.000	619/2	3.2	4.8	0.1	0.0004
3	10	4.0	0.15	0,49	0,22	40.000	50.000	623	4.2	8.5	0.1	0.0015
4	13	5.0	0.2	0,90	0,41	38.000	45.000	624	5.6	11.2	0.2	0.0032
	16	5.0	0.3	1,43	0,74	35.000	42.000	634	6.2	13.4	0.3	0.0050
5	13	4.0	0.2	0,67	0,36	47.000	56.000	619/5	6.6	11.5	0.2	0.0025
	16	5.0	0.3	1,43	0,74	35.000	42.000	625	7.0	14.0	0.3	0.0047
	19	6.0	0.3	2,12	1,16	35.000	42.000	635	7.2	15.8	0.3	0.0090
6	15	5.0	0.2	0,91	0,50	42.000	50.000	619/6	7.8	13.0	0.2	0.0040
	17	6.0	0.3	2,19	0,87	38.000	45.000	606	8.0	15.0	0.3	0.0079
	19	6.0	0.3	2,12	1,16	35.000	42.000	626	8.2	17.0	0.3	0.0081
7	19	6.0	0.3	2,20	1,16	35.000	42.000	607	9.0	17.2	0.3	0.0075
	22	7.0	0.3	2,50	1,34	35.000	42.000	627	9.2	19.0	0.3	0.0123
8	16	4.0	0.2	1,55	0,72	35.000	42.000	618/8	9.8	14.0	0.2	0.0030
	22	7.0	0.3	2,50	1,34	35.000	42.000	608	10.0	20.0	0.3	0.0120
9	24	7.0	0.3	2,80	1,53	35.000	42.000	609	11.0	22.0	0.3	0.0180
	26	8.0	0.3	3,55	1,93	35.000	42.000	629	11.0	24.0	0.3	0.0200
10	19	5.0	0.3	1,83	0,92	36.000	43.000	61800	12.0	17.0	0.3	0.0054
	22	6.0	0.3	1,95	0,75	34.000	40.000	61900	12.0	20.0	0.3	0.0100
	26	8.0	0.3	3,91	1,96	28.000	33.000	6000	12.0	24.0	0.3	0.0190
	30	9.0	0.6	5,11	2,66	25.000	30.000	6200	14.0	26.0	0.6	0.0310
	35	11.0	0.6	6,81	3,41	22.000	27.000	6300	14.0	31.0	0.6	0.0540
12	21	5.0	0.3	1,91	1,04	32.000	38.000	61801	14.0	19.0	0.3	0.0061
	24	6.0	0.3	2,25	0,98	30.000	36.000	61901	14.0	22.0	0.3	0.0110
	28	7.0	0.3	4,50	2,37	25.000	30.000	16001	14.0	26.0	0.3	0.0200
	28	8.0	0.3	4,50	2,22	25.000	30.000	6001	14.0	26.0	0.3	0.0220
	32	10.0	0.6	6,10	3,10	22.000	27.000	6201	16.0	28.0	0.6	0.0370
	37	12.0	1.0	8,58	4,22	20.000	24.000	6301	17.0	32.0	1.0	0.0610
15	24	5.0	0.3	2,08	1,26	28.000	34.000	61802	17.0	22.0	0.3	0.0072
	28	7.0	0.3	4,33	2,25	24.000	30.000	61902	17.0	26.0	0.3	0.0155
	32	8.0	0.3	5,21	2,82	21.000	25.000	16002	17.0	30.0	0.3	0.0270
	32	9.0	0.3	5,21	2,82	21.000	25.000	6002	17.0	30.0	0.3	0.0300
	35	11.0	0.6	7,10	3,73	20.000	24.000	6202	19.0	31.0	0.6	0.0460
	42	13.0	1.0	10,40	5,41	28.000	21.000	6302	20.0	36.0	1.0	0.0850
17	26	5.0	0.3	2,22	1,46	24.000	30.000	61803	19.0	24.0	0.3	0.0080
	30.0	7.0	0.3	4,60	2,55	22.000	28.000	61903	19.0	28.0	0.3	0.1770
	35	8.0	0.3	5,73	3,22	20.000	24.000	16003	19.0	33.0	0.3	0.0320
	35	10.0	0.3	5,73	3,22	20.000	24.000	6003	19.0	33.0	0.3	0.0400
	40	12.0	0.6	9,26	4,82	28.000	21.000	6203	21.0	36.0	0.6	0.0730
	47	14.0	1.0	13,10	5,56	26.000	19.000	6303	23.0	41.0	1.0	0.1150

Fonte:(Catálogo GBR Rolamentos)

ANEXO II

Tabela 21 C-4a Propriedade Mecânica dos Aços-Carbonos e Ligas

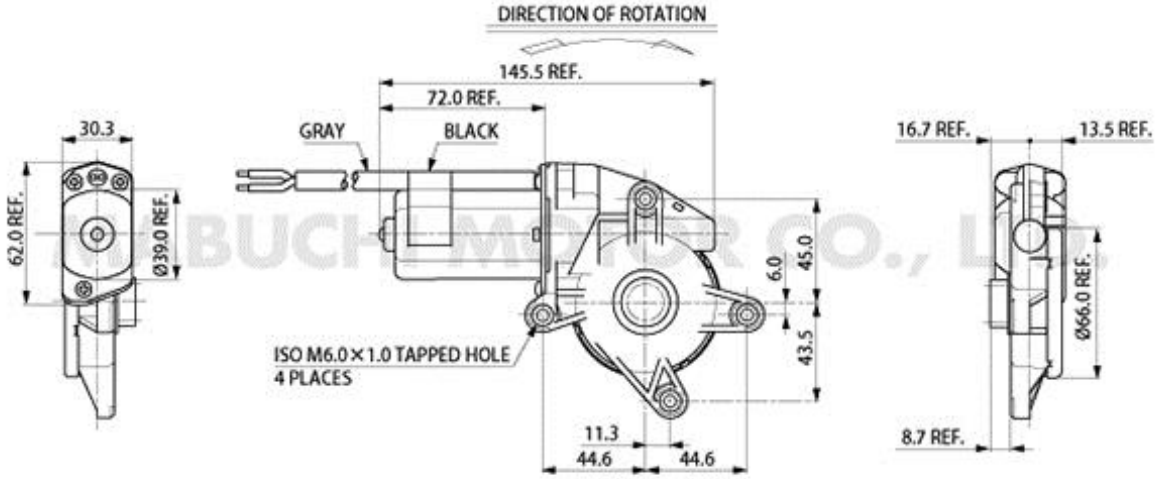
Apêndice C-4a ***Propriedades Mecânicas dos Aços-carbono e Ligas de Aço Selecionadas***

I: Número AISI[a]	Tratamento	Limite de Resistência à Tração		Resistência ao Escoamento		Elongação (%)	Redução de Área (%)	Dureza Brinell, H_B	Resistência ao Impacto Izod	
		MPa	ksi	MPa	ksi				J	ft · lb
1015	Laminado	420,6	61,0	313,7	45,5	39,0	61,0	126	110,5	81,5
	Normalizado	424,0	61,5	324,1	47,0	37,0	69,6	121	115,5	85,2
	Recozido	386,1	56,0	284,4	41,3	37,0	69,7	111	115,0	84,8
1020	Laminado	448,2	65,0	330,9	48,0	36,0	59,0	143	86,8	64,0
	Normalizado	441,3	64,0	346,5	50,3	35,8	67,9	131	117,7	86,8
	Recozido	394,7	57,3	294,8	42,8	36,5	66,0	111	123,4	91,0
1030	Laminado	551,6	80,0	344,7	50,0	32,0	57,0	179	74,6	55,0
	Normalizado	520,6	75,5	344,7	50,0	32,0	60,8	149	93,6	69,0
	Recozido	463,7	67,3	341,3	49,5	31,2	57,9	126	69,4	51,2
1040	Laminado	620,5	90,0	413,7	60,0	25,0	50,0	201	48,8	36,0
	Normalizado	589,5	85,5	374,0	54,3	28,0	54,9	170	65,1	48,0
	Recozido	518,8	75,3	353,4	51,3	30,2	57,2	149	44,3	32,7
1050	Laminado	723,9	105,0	413,7	60,0	20,0	40,0	229	31,2	23,0
	Normalizado	748,1	108,5	427,5	62,0	20,0	39,4	217	27,1	20,0
	Recozido	636,0	92,3	365,4	53,0	23,7	39,9	187	16,9	12,5
1095	Laminado	965,3	140,0	572,3	83,0	9,0	18,0	293	4,1	3,0
	Normalizado	1013,5	147,0	499,9	72,5	9,5	13,5	293	5,4	4,0
	Recozido	656,7	95,3	379,2	55,0	13,0	20,6	192	2,7	2,0
1118	Laminado	521,2	75,6	316,5	45,9	32,0	70,0	149	108,5	80,0
	Normalizado	477,8	69,3	319,2	46,3	33,5	65,9	143	103,4	76,3
	Recozido	450,2	65,3	284,8	41,3	34,5	66,8	131	106,4	78,5

Apêndice C ■ *Propriedades dos Materiais e Suas Aplicações* **459**

Fonte:(JUVINALL, R. C. e Marshek, K. M., 2008 P. 459.)

ANEXO III



Motores de elevação Powerwindow

MODELO		AVALIADO	VELOCIDADE	ATUAL	TORQUE		ATUAL
		V	r / min	UMA	N · m	kg cm	UMA
JC-578VA PDF	4720	12	92	1.3	9.12	93	24,0

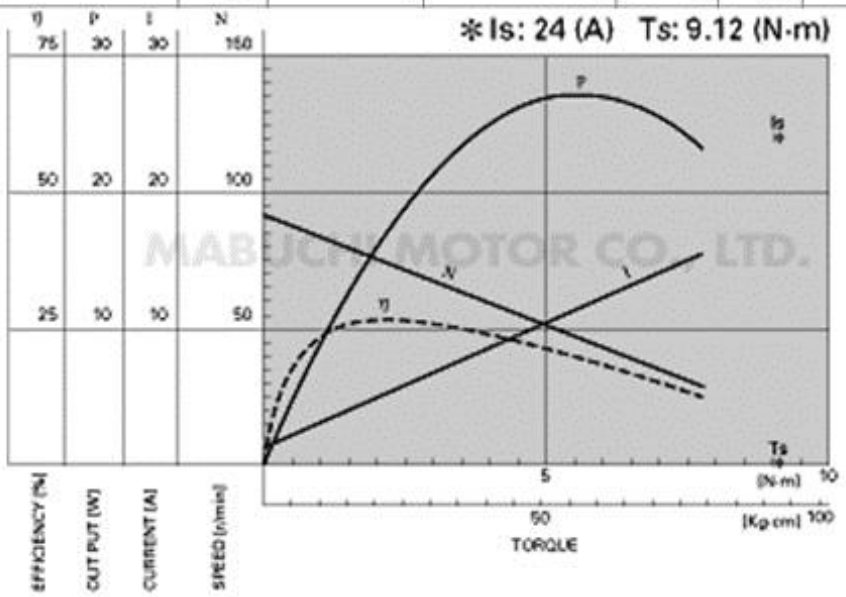


Figura 51 Especificação do motor Mabuchi modelo JC-578VA-4720 Fonte: (Catalogo Mabushi).

ANEXO IV

Tabela 22-Valores de atrito adaptada e corrigida

Valores típicos de coeficiente de atrito μ		
Superfície	Pneu	Esteira
asfalto seco	0.70	0.45
asfalto molhado	0.45	0.25
terra firme seca	0.55	0.70
terra solta seca	0.45	0.60
terra firme úmida	0.45	0.65
areia seca	0.20	0.30
areia úmida	0.40	0.50

Fonte:(Faleiros M Luís, Tecnologia do transporte, 2006 P.13.)

ANEXO V- TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.

Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.

Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, _____ de _____ de 20____.

_____	_____
NOME LEGÍVEL DO ALUNO	Matrícula
_____	_____
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.