

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

RODRIGO RICCI CORCHI

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA ENLONAMENTO DO IMPLEMENTO
AGRÍCOLA REBOKE 20000**

**CASCATEL - PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

RODRIGO RICCI CORCHI

**SISTEMA AUTOMATIZADO PARA ENLONAMENTO DO IMPLEMENTO
AGRÍCOLA REBOKE 20000**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professora Orientador: Me. Rosemar
Cristiane Dal Ponte**

**CASCADEL - PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
RODRIGO RICCI CORCHI

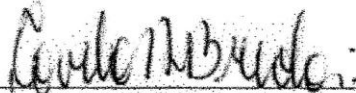
SISTEMA AUTOMATIZADO PARA ENLONAMENTO DO IMPLEMENTO
AGRÍCOLA REBOKE 20000

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação da Professora Me. Rosemar Cristiane Dal Ponte.

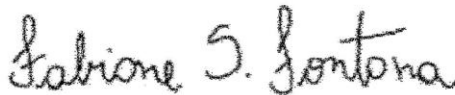
BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^a. Me. Rosemar Cristiane Dal Ponte
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Informática



Prof^o. Me. Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Engenharia Mecânica



Prof^a. Me. Fabiane Sorbar Fontana
Centro Universitário Assis Gurgacz
Bacharel em Ciência da Computação

Cascavel, 06 de novembro de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, que mesmo quando nos sentimos desacreditados e angustiados, nos dá força e sabedoria para superar os desafios, sendo uma âncora para a alma e nosso maior alicerce.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, presente e o que está no céu olhando por toda a minha trajetória e escolhas. Vocês são as minhas inspiração e exemplo de integridade e perseverança a quem me espelho todos os dias.

A minha família que amo, que me apoiou e incentivou tanto nas vitórias como, principalmente, nas derrotas me deixando cada vez mais forte, buscando sempre a superação.

Aos meus amigos, namorada, que me aguentaram mal humorado, cheio de reclamações e queixas, mas pacientemente me deram conselhos e forças para seguir em frente.

A orientadora professora Rosemar Cristiane Dal Ponte, o meu muito obrigado pelo desprendimento em ajudar e transmitir seu conhecimento sem medir nenhum esforço para o desenvolvimento do projeto.

Digo a vocês que tudo valeu a pena.

RESUMO

Com o constante desenvolvimento da automação na agricultura, juntamente com as normas trabalhistas cada vez mais rigorosas em relação à segurança no trabalho, a preocupação das empresas aumenta em conciliar as duas necessidades. Sendo assim, o presente trabalho de conclusão de curso propôs desenvolver um sistema automatizado para enlonar o implemento agrícola carreta graneleira, centralizou-se em uma REBOKE 20000, em uma concessionária privada de implementos agrícolas localizada na cidade de Cascavel no oeste do Paraná, a aplicação tem como foco minimizar os riscos ao colaborador, onde acidentes acontecem a todo momento e agilizar o dia a dia no campo, sendo um dos maiores problemas do agricultor. Para tanto, o referencial abordou temas relacionados à automação na agricultura, o aumento dos implementos agrícolas em todo o país, acidentes com máquinas, pesquisa através de matrizes para escolha do projeto, conceitos do processo de fechamento ou de abertura se deram pelo conjunto de sistemas mecânicos, carenagens para o equipamento e cálculos para o funcionamento do produto final, o que proporciona o funcionamento de todo o sistema. Quanto à metodologia da pesquisa, essa se pautou em identificar uma necessidade de mercado com objetivo de ajudar o cliente aplicando a matriz de Desenvolvimento da função de qualidade - QFD, análises funcionais e escolha de sistemas mecânicos. Cálculos analíticos e softwares foram o método para validação do funcionamento. Por fim, levando em conta as NR's (Normas regulamentadoras) vigentes no país, notou-se que é possível projetar o sistema com as variáveis disponíveis na indústria e requeridas pelo processo para ser criado um projeto para acoplar no implemento, assim trazendo maior conforto e confiabilidade para o agricultor.

Palavras-chave: Carreta Graneleira. Fechamento Automatizado. Cobertura em Lona. REBOKE automatizado. Lona-Fácil.

ABSTRACT

With the constant development of automation in agriculture, together with increasingly stringent labor standards in relation to safety at work, the concern of companies increases in reconciling the two needs. Thus, the present work of completion of the course proposed to develop an automated system to enlonar the agricultural implement cart graneleira, centered in a REBOKE 20000, in a private concessionary of agricultural implements located in the city of Cascavel in the west of Paraná, the application it focuses on minimizing the risks to the employee, where accidents happen all the time and speeding up the daily life in the field, being one of the biggest problems for the farmer. To this end, the framework addressed issues related to automation in agriculture and the increase in agricultural implements across the country. Accidents with machines, research through matrices to choose the project, concepts of the closing or opening process occurred due to the set of mechanical systems, fairings for the equipment and calculations for the operation of the final product, which provides the operation of the entire system. As for the research methodology, it was based on identifying a market need in order to help the customer applying the Quality Function Development matrix - QFD, functional analysis and choice of mechanical systems. Analytical calculations and software will be the method for validating the operation. Finally, taking into account the NR's in force in the country, it was noted that it is possible to design the system with the variables available in the industry and required by the process to create a project to couple the implement, thus bringing greater comfort and reliability for the farmer .

Keywords: Carreta Graneleira. Automated closing. Canvas cover. Automated REBOKE. Canvas-Easy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Helicoide inferior da carreta graneleira REBOKE 20000.	26
FIGURA 2: Helicoide tubo de descarga articulado REBOKE 20000.	27
FIGURA 3: Passos para desenvolvimento do projeto.	28
FIGURA 4: Categorias gerais de critérios para seleção de conceitos.	28
FIGURA 5: Demonstração dos processos da matriz do QFD.	30
FIGURA 6: Exemplo de matriz detalhada.	30
FIGURA 7: Motor de passo.	34
FIGURA 8: Servo Motor Industrial.	34
FIGURA 9: Motor Tubular.	35
FIGURA 10: Diferentes tamanhos e tipos de motor tubular.	35
FIGURA 11: Lona de vinil.	37
FIGURA 12: Respiração da lona encerada.	38
FIGURA 13: Partes de uma mola plana espiral com seção transversal retangular.	39
FIGURA 14: Alma dos cabos.	41
FIGURA 15: Cabo de aço polido 6x7.	42
FIGURA 16: Inversor Hayonik onda senoidal 2000W.	43
FIGURA 17: Vigas utilizadas frequentemente.	44
FIGURA 18: Viga AB apoiada e suas forças.	45
FIGURA 19: Tipo de seção transversal tubular, com diâmetro interno e externo.	46
FIGURA 20: Alternativas do formato da estrutura do dispositivo.	54
FIGURA 21: Estrutura interna de um motor similar ao lex-rm.	58
FIGURA 22: Ficha técnica no motor Lex-rm.	58
FIGURA 23: Polia de Nylon.	60
FIGURA 24: Montagem de trilho e polia.	61
FIGURA 25: Lona encerado de algodão.	61
FIGURA 26: Mola plana espiral.	62
FIGURA 27: Tubo de alumínio.	62
FIGURA 28: Painel de comando trator JHON DEERE 7225J.	64
FIGURA 29: Estrutura de enlonamento.	66
FIGURA 30: Montagem do sistema na carreta graneleira.	67
FIGURA 31: Esboço do sistema de enlonamento.	67
FIGURA 32: Protótipo.	70

FIGURA 33: Estrutura base, com linhas de solda em azul.	71
FIGURA 34: Carenagem e sistema de transmissão.....	71
FIGURA 35: Sistema de transmissão e seus elementos.	72
FIGURA 36: Detalhamento do sistema de mola espiral.	73
FIGURA 37: Carenagem do motor e seus componentes.....	73
FIGURA 38: Regulagem de posicionamento mecânico.	74
FIGURA 39: Projeto final com carenagem transparente.....	75
FIGURA 40: Conceito Final do Projeto.	75
FIGURA 41: Desenho com vista superior para análise das dimensões da lona em milímetro.	76

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Acidentes com máquinas agrícolas, segundo dados FAPESP.....	25
GRÁFICO 2: Anos de experiência dos operadores envolvidos em acidentes, segundo FAPESP.....	26
GRÁFICO 3: Delimitação da primeira categoria de R\$ 1.000,00 a R\$ 3.000,00.....	55
GRÁFICO 4: Delimitação da segunda categoria de R\$ 3.000,00 a R\$ 6.000,00.....	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Exemplo de matriz de decisão.	32
TABELA 2: Características Técnicas da Lona 8 Locomotiva.	47
TABELA 3: Matriz de Decisão para os motores.	57
TABELA 4: Matriz de decisão para os tipos de fixação.	59
TABELA 5: Necessidades dos clientes e requisitos do projeto.	65
TABELA 6: Custo do projeto final.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA - Alma de Aço de uma Perna

AACI - Alma de Aço de Cabo Independente

AET - Análise Ergonômica do Trabalho

AF - Alma de Fibra

AP - Agricultura de Precisão

AWS - American Welding Society (Sociedade Americana de Soldagem)

CA - Corrente Alternada

CAD - Projeto Auxiliado por Computador

CC - Corrente Contínua

CF - Constituição Federal

CLT - Consolidação das Leis do Trabalho

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FILLER - Arame de Preenchimento

GMAW - Soldagem MIG/MAG

GPS - Sistema de Posicionamento Global

GTAW - Soldagem TIG

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

NR - Normas Regulamentadoras

OAW - Soldagem Oxiacetilênica

OFF-GRID - Sistema Isolado da Rede

OIT - Organização Internacional do Trabalho

PC - Pernas de Cabo

PIB - Produto Interno Bruto

PVC - Policloreto de Vinila

PWM - Pulse Width Modulation (Modulação de Largura de Pulso)

QFD - Desdobramento da Função Qualidade

SI - Sistema Internacional de Unidades

SMAW - Soldagem Eletrodo Revestido

LISTA DE SÍMBOLOS

$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
θ	Ângulo
σ	Tensão normal
σ'	Tensão de von Mises
A	Área de garganta
τ	Tensão cisalhante
τ'	Tensão primária
τ''	Tensão secundária
M	Momento
r	Distância centroide
J	Momento polar
V	Força de cisalhamento
h	Altura da garganta da solda
l	Comprimento da solda
F	Força
F_s	Força de cisalhamento
F_n	Força normal
I_u	Momento unitário
d	Distância
b	Espessura
N	Newton
MHz	Megahertz
r	Raio da mola
e	Espessura da fita da mola
b	Largura da fita da mola
w	Deflexão da mola
P	Carga
b	Largura
e	Espessura
Σf	Tensão à flexão
Pa	Pascal
in	Polegada
lbf	Libra força
$^{\circ}$	Grau

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	JUSTIFICATIVA	17
1.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	19
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	O QUE É IMPLEMENTO AGRÍCOLA?	20
2.2	AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA	20
2.3	ASPECTOS LEGAIS	22
2.4	DADOS DE ACIDENTES COM MÁQUINAS AGRÍCOLAS	24
2.5	PROJETO DE PRODUTOS	27
2.5.1	Desdobramento da função qualidade	29
2.5.2	Matriz de decisão	31
2.6	ESCOLHA DE MATERIAIS	33
2.6.1	Tipos de Motores	33
2.6.2	Tipos de Fixação	36
2.6.3	Rebites	36
2.6.4	Parafusos	36
2.6.5	Tipos de Lona	37
2.6.6	Lona de Vinil	37
2.6.7	Lona de Algodão Encerado	38
2.6.8	Mola	38
2.6.9	Mola Plana Espiral	39
2.6.10	Cabo de Aço	41
2.6.11	Inversor	43
2.7	ANÁLISE DA ESTRUTURA	44
2.7.1	Análise e Projeto de Vigas em Flexão	44
2.7.2	Peso da lona	46
2.7.3	Resistência da Lona	47
2.7.4	Soldagem	48
2.7.5	Principais tipos de Solda	48

2.7.6	Solda eletrodo revestido	48
2.7.7	Solda TIG	49
2.7.8	Solda MIG/MAG	49
2.8	ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DO MOTOR	49
2.8.1	Torque.....	50
2.8.2	Velocidade Angular	50
2.8.3	Corrente Elétrica.....	50
2.8.4	Frequência	51
2.8.5	Potência	51
3	METODOLOGIA DO PROJETO.....	52
3.1	METODOLOGIA UTILIZADA	52
3.2	PROJETO CONCEITUAL.....	52
3.3	PESQUISA DE CAMPO	53
3.3.1	Aplicação	53
3.3.2	Desenvolvimento	53
3.3.3	Geração de Alternativas.....	53
3.3.4	Avaliação e Seleção das Alternativas.....	54
3.4	ESCOLHA DE MATERIAIS.....	56
3.4.1	Motor	56
3.4.2	Fixação	59
3.4.3	Transmissão.....	60
3.4.4	Polia.....	60
3.4.5	Trilhos.....	60
3.4.6	Lona de Algodão	61
3.4.7	Mola.....	62
3.4.8	Tubo para o Eixo.....	62
3.4.9	Estrutura Externa	63
3.4.10	Receptor de Sinal.....	63
3.4.11	Inversor e seu Posicionamento	63
3.5	DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)	64
3.6	APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	65
3.6.1	Esboço Mecânico.....	65
3.7	PRÉ PROTÓTIPO.....	68
3.7.1	Alternativas.....	68

3.7.2	Validação	69
3.8	PROTÓTIPO	69
3.9	PROJETO FINAL	70
3.10	DIMENSIONAMENTO DA LONA.....	76
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	79
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO DA PESQUISA	89
	APÊNDICE A – (CONTINUAÇÃO) FORMULÁRIO DA PESQUISA	90
	APÊNDICE B – ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA.....	91
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	92
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	93
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	94
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	95
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	96
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	97
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	98
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA	99
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA ..	100
	APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA ..	101
	APÊNDICE C – MATRIZ QFD	102

1 INTRODUÇÃO

O surgimento dos maquinários e implementos agrícolas no século XX aumentou a produtividade agrícola, aperfeiçoando as técnicas de plantio e de colheita, por conseguinte melhorou as condições de trabalho do produtor (VIAN et al., 2013).

Os processos de mecanização dos implementos facilitam as atividades e rotinas do produtor rural, entretanto esse avanço tecnológico exige adequações aos padrões de segurança, pois trazem riscos imensuráveis aos quais o agricultor acaba exposto ou, até mesmo, ao praticar atos inseguros, por falta de conhecimento ou manuseio inadequado, acarreta acidentes.

A carreta graneleira precisa de adequações para atingir os padrões de segurança conforme as normas regulamentadoras (NR) vigentes no país. Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo principal propor um sistema automatizado para facilitar o enlonamento e aumentar a segurança do operador, evitando que ele suba no implemento. Abordou-se esse assunto com produtores, pois o intuito foi de atender as suas necessidades profissionais diárias.

A partir disso, este trabalho apontou os problemas decorrentes de fechar a parte superior do equipamento carreta graneleira REBOKE 20000, ato esse que é denominado como “enlonamento” e usado para impedir a entrada de água no reservatório de grãos. Para realizar o enlonamento de forma manual, o produtor precisa tracionar, esticar e fazer todas as amarrações necessárias do equipamento, expondo-o ao principal risco que é a queda de mais de dois metros de altura como descrito na NR-35 (MTE, 2018), uma vez que a altura da REBOKE 20000 é de 3,32 metros.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor uma solução mecânica que enlone automaticamente o implemento agrícola REBOKE 20000.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar riscos durante a operação manual conforme as normas regulamentadoras NR12, NR17 e NR35;
- Propor componentes mecânicos para serem usados no novo sistema;
- Desenvolver projeto da máquina por meio de ferramenta CAD 3D;
- Analisar a viabilidade do investimento.

1.2 JUSTIFICATIVA

Há, aproximadamente, dez mil anos surgia a agricultura. O homem iniciava as atividades manuais e começava a desenvolver ferramentas derivadas de pedras, ossos, conchas e madeira (MOTTA, 2000).

Conforme definido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - (2018), a agricultura brasileira passou a ter seus processos automatizados a partir do século XX, o que teve um papel fundamental para a evolução da agricultura, pois deu início à Agricultura de Precisão (AP). Como comenta Silva (2010), o surgimento da AP foi um sistema de gerenciamento de informações, o qual se desenvolveu dando origem ao Sistema de Posicionamento Global (GPS) e ao sensoriamento remoto. Essa evolução trouxe também os equipamentos agrícolas de pequeno e grande portes, auxiliando o produtor rural ao

automatizar o manejo, a correção do solo, o plantio, a pulverização, o transporte, a colheita, etc.

Além de o setor agrícola ser responsável por 6,1% do Produto Interno Bruto (PIB), obteve o maior crescimento no ano de 2017, obtendo 13% na agropecuária, o que venceu a estagnação de outros setores como, por exemplo, da indústria, conforme resultados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - (2018).

Segundo Lopes (2018), “colher, estocar e processar a safra demanda máquinas sofisticadas, estradas, pontes, secadores, silos”. Essa informação aliada à citação do Coordenador do Sistema Agropensa, Bolfe (2018), aponta crescimento de 250% na produção de grãos nas duas últimas décadas, evidenciando a relevância do setor agrícola para a economia do país. Assim, justifica-se a necessidade de realizar pesquisas que melhorem a produção agropecuária no Brasil, pois tem impacto financeiro, além de gerar empregos (LOPES, 2018).

De acordo com a Embrapa (2013), o segmento agrícola é uma potência em desenvolvimento, tanto em produção quanto em equipamentos. Tal fato chama a atenção e instiga a busca por soluções que melhorem a vida do produtor rural. Como a agricultura se desenvolve rapidamente, os equipamentos estão sempre expostos a mudanças tecnológicas e adequações. Nesse sentido, Bolfe (2018) afirma que:

Estudos indicam que as tecnologias que germinaram nas instituições de pesquisa, universidades e empresas são o principal fator desse sucesso. Elas têm sido responsáveis por cerca de 60% do aumento da produção agrícola nas últimas décadas no Brasil.

No presente trabalho analisou-se a necessidade de melhoria na carreta graneleira, devido à dificuldade de o operador realizar a colocação da lona em área aberta, ou seja, exposto a intempéries.

Com a automatização do processo de enlonamento, pretendeu-se melhorar o armazenamento dos grãos colhidos, evitando a umidade e facilitando o transporte até o caminhão quando há chuvas repentinas.

No segmento agrícola há uma série de normas a serem seguidas para se garantir as condições seguras de trabalho para o agricultor, tais como a NR-12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos), NR-17 (Ergonomia) e NR-35 (Trabalho em Altura), todas vigentes (BRASIL, 2018) e também consideradas na elaboração deste estudo.

Portanto, este trabalho se justifica tendo em vista a necessidade de desenvolver produtos e serviços que se enquadrem nas normativas legais vigentes no país no que concerne à segurança do trabalhador agrícola, além de propiciar uma alternativa mais eficiente de armazenamento sem que haja perda na qualidade do grão. Nesse sentido, aperfeiçoar o dispositivo de enlonamento, além de favorecer ergonomicamente o trabalho do operador, reduz significativamente o risco de queda em altura.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

É possível implantar um sistema automatizado para o enlonamento do implemento agrícola REBOKE 20000.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma concessionária privada de implementos agrícolas, localizada na cidade de Cascavel, no estado do Paraná, com a finalidade de implantar um sistema automatizado para o enlonamento do implemento agrícola REBOKE 20000. Para tanto, foram levantados dados técnicos da máquina e observações de clientes parceiros à empresa fabricante.

Essas informações buscam nortear e evidenciar a importância da inovação para a forma de enlonar a Carreta Graneleira, o qual possui uma funcionalidade simples, mas é essencial para o transporte de grãos. A aplicação realizou-se na carreta graneleira, modelo REBOKE 20000, a qual possui sua estrutura graneleira em inox antioxidante desenvolvida para o transporte e abastecimento seguros. Esse modelo tem um sistema inovador de descarga com dois helicoides com capacidade de descarga para grãos de até 4.800 kg/min, limitando somente o implemento em questão.

Ademais, este estudo procurou compreender a agilidade do operador no dia a dia no campo e sua segurança, buscando de forma simples desenvolver uma solução diferente para uma necessidade real, o projeto mecânico foi desenvolvido em softwares de engenharia, detalhando dimensões, materiais, componentes e esforços aos quais o sistema fica submetido.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O QUE É IMPLEMENTO AGRÍCOLA?

São chamados de implementos agrícolas os equipamentos acoplados a um sistema de tração como, por exemplo, tratores, otimizando a atividade desde o preparo do solo à colheita, possibilitando a realização de mais tarefas e com maior qualidade do que era alcançado até então (KLAVER, D RIBEIRO, 2013).

A mecanização de implementos agrícolas se iniciou na Revolução Industrial, em meados do século XVIII, quando o homem deixou de utilizar métodos artesanais para usar máquinas. Com a população crescendo cada dia mais, veio também a demanda por mais alimentos, exigindo um aumento da produtividade agrícola. Devido a isso, surgiram também indústrias de implementos agrícolas para suprir o setor.

Nesse cenário, começou-se a perceber a agricultura como um meio lucrativo, deixando de ser apenas um fornecedor de alimentos. Com o passar dos anos, a mecanização partiu de semeadoras, permitindo ao agricultor que obtivesse o implemento a diminuição da mão de obra e a economia de matéria-prima para o plantio (VIAN, 2013).

2.2 AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA

Devido à melhoria contínua no desenvolvimento agropecuário nacional e mundial, tanto em equipamentos quanto em produtividade, segundo Palermo (2018), os equipamentos estão cada vez mais autônomos, capazes de produzir alimentos 24 horas por dia, 7 dias da semana, gerando ganhos de produtividade. Palermo (2018), alega que o agronegócio impulsiona a economia mundial ao mesmo tempo que ajuda a enfrentar as preocupações da sociedade moderna.

De acordo com Crispa (2017), a agricultura com mão de obra barata não é mais uma realidade, em razão da automação ter ocupado uma posição importante no cenário nacional. Além disso, a automação agrícola pode ser monitorada, controlada e executada por máquinas,

dispositivos mecânicos e eletrônicos, ampliando a capacidade de trabalho humano (CRISPA, 2017).

Desse modo, o aumento no setor de máquinas e novos implementos trouxe alterações nas técnicas de produção agrícola em todo o país, elevando significativamente a área de cultivo, bem como reduzindo desperdícios (FERO 2014).

Segundo Menezes e Martins (2009), “A automação contribui de forma preponderante para gerar sustentabilidade no recesso produtivo e também para fomentar o desenvolvimento econômico e social” (p. 24), ou seja, pelo fato de ela ser ampla, permite a contribuição em diferentes áreas e reduz perdas.

Mantovani et al. (1999) destaca que é necessário entender todos os conjuntos de fatores nos quais o equipamento será utilizado, para que seja feito racionalmente, assim como para o desenvolvimento de uma solução é necessário ir a fundo às causas e consequências desse problema.

O segmento agropecuário caracteriza-se pela organização de determinados fatores que formam a base de suas operações, sendo este: o uso de máquinas automatizadas, as quais garantem agilidade na produção e minimizam problemas de ergonomia ao operador, diminuindo, ainda, possíveis riscos de acidentes com mão de obra humana, segundo Freitas (2006, apud FUNDCENTRO, 1978), o trabalhador agrícola está sujeito a uma série de problemas na execução de suas atividades, tais como: riscos físicos (ruído, vibração e temperaturas extremas), químicos (agrotóxicos, combustíveis e pós de vários tipos) e de acidentes com máquinas ou ferramentas manuais.

Ainda conforme esse autor, conhecer o perfil dos trabalhadores é bastante importante, pois auxilia na “implementação de novas técnicas de treinamento, de melhoria das condições atuais de trabalho, da satisfação do trabalhador e no conhecimento da relação homem-máquina através de suas opiniões” (p. 58).

Na relação homem-máquina, os acidentes de trabalho estão ligados a aspectos técnicos e humanos, tendo interação com componentes de situação de trabalho e com o operador. Diante disso, desenvolver um projeto que melhore a ergonomia afeta diretamente a produção (TUNG NGHYEN, 1990).

Conforme Gomes (2010), a ergonomia é consolidada por reflexões, diagnósticos e comentários sobre os problemas típicos detectados no objeto, os quais podem aparecer sem estarem contemplados no projeto, resultando na diminuição da qualidade, do desempenho e, posteriormente, causando insegurança e desconforto aos usuários.

Conforme definido por Ferreira (2015), seguindo parâmetros da Análise Ergonômica do Trabalho (AET), o trabalhador não deve se adaptar ao trabalho e sim o contrário, tendo em vista que, dessa maneira, melhora-se a execução das atividades com conforto, segurança e saúde.

Em síntese, Moraes e Castrucci (2010) conceituam que a engenharia de automação determinou como seu objetivo principal elaborar, desenvolver e melhorar programas computacionais, a partir dos quais, ao interagir com determinados processos, esses têm seu desempenho ou o seu funcionamento modificado.

2.3 ASPECTOS LEGAIS

A Lei federal nº 5.452, de 1º de maio de 1943, aprova a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e regulamenta as normas individuais e coletivas, referindo-se também à segurança e à medicina do trabalho, ratificada mais tarde pela Lei federal nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977 (BRASIL, 1943).

Na seção XI do artigo nº 184 das máquinas e equipamentos, rege-se a Lei federal nº 6.514 de 1977, que dá o embasamento aos termos legais:

Art. 184 - As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental (BRASIL, 1977).

Os acidentes de trabalho com maquinários podem ocorrer em razão de fatores técnicos ou humanos, estando ou não ligados a outros componentes da situação do trabalho resultantes da interação com o operador. Em outras palavras, de acordo com a legislação:

Art. 2º Acidente de trabalho é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho à serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL 1976).

No Capítulo II Dos Direitos Sociais e o artigo 6º e 7º da Constituição Federal (CF), trata-se da saúde do trabalhador e sua segurança, em que se diz:

Art. 6º São direitos sociais a educação, a saúde, a alimentação, o trabalho, a moradia, o transporte, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição. Art. 7º São direitos dos trabalhadores urbanos e rurais, além de outros que visem à melhoria de sua condição social: XXII - redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança; XXVII - proteção em face da automação, na forma da lei (BRASIL, 1988).

Nesse contexto, o Ministério do trabalho e Emprego (MTE) assegura que as NR's, após a Portaria nº 3214 de 8 de junho de 1978, ganharam embasamento jurídico e, devido a isso, são publicadas e atualizadas com amparo das leis relativas à segurança e à medicina do trabalho. Portanto, empresas que tenham funcionários amparados pela CLT necessitam de observância obrigatória (MTE, 2018).

Essa portaria legalizou as NR's, as quais são também encontradas na CLT no capítulo V. O Brasil se tornou signatário da convenção nº 119 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) por meio do Decreto nº 1.255 de 29 de setembro de 1994, em que o Brasil assumiu de forma integral o conteúdo da convenção referente à proteção de máquinas (BRASIL, 1994).

Inicialmente, foram criadas 28 NR's, as quais foram elaboradas e atualizadas no decorrer dos anos até se tornarem 36 NR's vigentes no país (MTE, 2018). Para este trabalho, foram usadas as Normas Regulamentadoras NR 12 – sobre segurança no trabalho no que diz respeito a máquinas e equipamentos – NR 17 – acerca de ergonomia – e NR 35 – sobre o trabalho em altura. Essas normas serão detalhadas a seguir:

NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos:

1. Este Anexo aplica-se às fases de projeto, fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título de máquinas estacionárias ou não é implementos para uso agrícola e florestal, e ainda a máquinas e equipamentos de armazenagem e secagem e seus transportadores, tais como silos e secadores.
2. As proteções, dispositivos e sistemas de segurança previstos neste Anexo devem integrar as máquinas desde a sua fabricação, não podendo ser considerados itens opcionais para quaisquer fins.
3. As zonas de perigo das máquinas e implementos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados ou não, que garantam a proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores (MTE, 1978).

NR 17 - Ergonomia:

1. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos

trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

2. Nas atividades que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica do pescoço, ombros, dorso e membros superiores e inferiores, e a partir da análise ergonômica do trabalho, deve ser observado o seguinte: a) todo e qualquer sistema de avaliação de desempenho para efeito de remuneração e vantagens de qualquer espécie deve levar em consideração as repercussões sobre a saúde dos trabalhadores; b) devem ser incluídas pausas para descanso; c) quando do retorno do trabalho, após qualquer tipo de afastamento igual ou superior a 15 (quinze) dias, a exigência de produção deverá permitir um retorno gradativo aos níveis de produção vigentes na época anterior ao afastamento (MTE, 1978).

NR 35 - Trabalho em altura:

1. Esta Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade.

2. Considera-se trabalho em altura toda atividade executada acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior, onde haja risco de queda (MTE, 1978).

2.4 DADOS DE ACIDENTES COM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Acidentes em propriedades rurais acontecem, porém são raras as estatísticas sobre o assunto. Os fatores para tais acidentes são os mais diversos: idade avançada do trabalhador, falta de experiência do operador, falta de treinamento, hábitos inseguros, métodos equivocados de trabalho, consumo de álcool, uso de máquinas que não atendem aos padrões ergonômicos, legais e de segurança (CORRÊA e RAMOS, 2003).

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) financiou em 2001 um levantamento de acidentes na agricultura, em que os operadores de máquinas agrícolas são os principais envolvidos, já o restante são pessoas não ligadas diretamente às atividades (CORRÊA e RAMOS, 2003). O gráfico 1 exemplifica isso:



Gráfico 1: Acidentes com máquinas agrícolas, segundo dados FAPESP.

(Fonte: Autor, 2020).

Corrêa (2003) menciona que o operador alfabetizado e experiente tem fatores favoráveis para a operação agrícola, pois consegue ler o manual da máquina e visualizar melhor os avisos de advertência emitidos no painel do equipamento. Porém, esse acúmulo de experiência dos operadores pode acabar propiciando acidentes, devido ao excesso de confiança, de imprudência e de treinamentos informais. Dessa forma, o gráfico 2 demonstra que os operadores com mais de dez anos lideram a porcentagem de acidentes, conforme o estudo financiado pela Fafesp:



Gráfico 2: Anos de experiência dos operadores envolvidos em acidentes, segundo FAPESP.

(Fonte: Autor, 2020).

As carretas graneleiras são equipadas por helicoides, como evidencia a figura 1. O operador, por falta de conhecimento dos riscos e por autoconfiança excessiva, expõe-se a uma altura média de 3,32 metros. Nesse contexto, os principais riscos estão relacionados à queda externa e interna do equipamento.



Figura 1: Helicoide inferior da carreta graneleira REBOKE 20000.

(Fonte: Stara, 2018).

Além disso, a Stara (2018) esclarece que o funcionamento e posicionamento do helicóide, localizado na parte inferior da carreta graneleira, é responsável por transferir os

cereais para dentro do tubo de descarga articulado e, desse modo, o helicóide do tubo de descarga é responsável pelo descarregamento, conforme pode ser visto na Figura 2:



Figura 2: Helicóide tubo de descarga articulado REBOKE 20000.

(Fonte: Stara, 2018).

Logo, o funcionamento das roscas sem fim implica riscos de perda dos membros, podendo causar até mesmo a morte do operador caso exista queda no interior do implemento REBOKE 20000.

Segurança envolve acima de tudo bom senso e conscientização. Máquinas e implementos apresentam capacidades e limitações para cada utilização, por conseguinte, precisa-se ter cautela para que esses limites não venham a ser ultrapassados a ponto de causar acidentes. Vale ressaltar que no uso diário é impossível enumerar a quantidade dos riscos envolvidos na manipulação e manutenção da carreta graneleira REBOKE 20000.

2.5 PROJETO DE PRODUTOS

Para melhor entendimento das questões práticas de escolhas e decisões tomadas em relação ao produto desenvolvido, nesta seção serão trazidas as metodologias utilizadas para desenvolvimento de projetos de produtos, mostrando a importância de cada etapa do processo.

Slack et al. (2009) diz que um bom projeto satisfaz as necessidades do consumidor, melhorando a competitividade no mercado e é por isso que ele se inicia no consumidor, identificando as suas necessidades e termina nele também ao supri-las. Ademais, deve atender

os consumidores na parte estética, ter bom desempenho, ser confiável em sua vida útil e de produção fácil e rápida, bem como estar dentro das capacitações desejadas e possuir valor razoável.

Um projeto de produto se divide em três etapas: conceito, pacote (componentes) e processo. O conceito do produto vem da necessidade do consumidor, passa por várias etapas para se tornar bem detalhado, definido e atender às especificações. Para obter um projeto final, passa-se pelos aspectos citados acompanhando alguns passos fundamentais, os quais geralmente seguem as etapas ilustradas pela Figura 3:



Figura 3: Passos para desenvolvimento do projeto.

(Fonte: Slack et al. (2009), modificada pelo autor).

Ainda sobre Slack et al. (2009), na geração do conceito é o momento em que se ouve o cliente e se identificam novas oportunidades, usando ferramentas para informatizar o projeto e definindo requisitos/metast. Desse modo, este trabalho adotou a pesquisa de mercado para recolher informações, fazendo entrevistas diretas com usuários do sistema proposto.

Na triagem do conceito, leva-se em consideração o mérito/valor de cada opção do projeto para fazer a melhor escolha. São três as categorias abrangentes que definem a avaliação global do conceito, sendo elas: viabilidade, aceitabilidade e vulnerabilidade, como mostra a Figura 4:



Figura 4: Categorias gerais de critérios para seleção de conceitos.

(Fonte: Slack et al. (2009), modificada pelo autor).

É possível perceber que as escolhas e as opções de projeto diminuem à medida que o projeto se aproxima do fim, já as certezas aumentam. Esse é um fundamento denominado “funil”, que é quando as mudanças de percurso, quanto mais próximas do final do projeto, podem acarretar em altos custos.

No projeto preliminar, após o conceito se tornar aceitável, viável e exequível, faz-se a especificação dos componentes do pacote, ou seja, define-se exatamente o que estará incluso no produto, coletando informações sobre a parte e a estrutura do produto. Sabendo isso, segue-se para um aprofundamento, buscando reduzir a complexidade e definir o processo para criar o pacote. Vale ressaltar que a estrutura e a relação de materiais são a parte crucial nesse momento.

Ainda de acordo com a didática de Slack et al. (2009), no item avaliação e melhoria do projeto o objetivo é considerar os aspectos preliminares e verificar o que pode ser aprimorado. Há algumas técnicas para isso, sendo que a usada neste trabalho foi o Desdobramento da Função Qualidade (*QFD*).

2.5.1 Desdobramento da função qualidade

O objetivo da matriz QFD é assegurar que o projeto final atenderá a todos os requisitos solicitados pelos clientes. Essa técnica foi desenvolvida no Japão, no estaleiro da Mitsubishi e é usado pela Toyota e seus fornecedores. Ela procura responder as seguintes perguntas: como? o que? quanto? por que? e para quem?

Na Figura 5, pode-se visualizar os desdobramentos realizados para obter os requisitos técnicos de produção:



Figura 5: Demonstração dos processos da matriz do QFD.

(Fonte: Nunes, 2017).

E, por fim, obtém-se a matriz final, com todos os resultados. Segue um exemplo detalhado do Desdobramento da Matriz QFD na Figura 6:

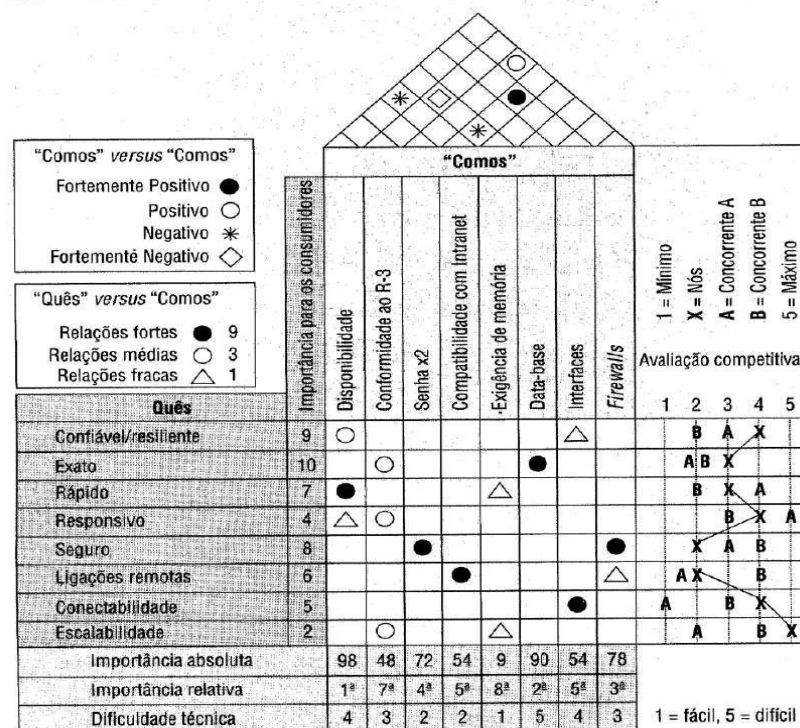


Figura 6: Exemplo de matriz detalhada.

(Fonte: Slack, et al. 2009).

Esse autor explica que alguns detalhes podem variar conforme necessidade do projeto de produto, mas o princípio é geralmente comum: saber identificar os requisitos e relacioná-los às características.

2.5.2 Matriz de decisão

A experiência e o conhecimento específico são importantes para tomadas de decisões, mas há situações em que uma análise mais elaborada é recomendada, pois uma boa decisão é a origem de bons resultados (SPADA, 2018).

Nesse sentido, a matriz de decisão é uma forma simples e rápida de tomada de decisão que favorece ampla visão de escolha diante de várias alternativas. Por intermédio dela, é possível avaliar e ponderar os pontos fortes e fracos de cada possível escolha.

Seus resultados vêm de pontuações influenciadas por um peso, as quais podem ser elaboradas de diversas formas como, por exemplo, a seguinte sequência, a qual pode ser também compreendida na Tabela 1:

1º- Descrever os itens que serão comparados em uma coluna, preferencialmente na primeira, colocando as alternativas que serão analisadas na primeira linha;

2º- Separar a segunda coluna para adicionar peso às alternativas;

3º- As próximas colunas serão de nota e ponderação referentes a cada uma das alternativas;

4º- Após, soma-se o valor de cada alternativa e aquela que possuir maior valor total será a melhor decisão a ser tomada.

Em relação aos pesos, esses devem ser de um até cinco, sendo cinco o mais relevante para o desenvolvimento do projeto e um para o de menor importância. Uma vez que os pesos forem definidos, é necessário analisar cada item e atribuir notas baseadas na proporção que ele atenderá de forma eficaz.

Tabela 1: Exemplo de matriz de decisão.

Matriz de Decisão							
Descrição		Veículo 1 - Esportivo		Veículo 2 - Minivan		Veículo 3 - Carro Popular	
Itens	Peso	Nota	Ponderação	Nota	Ponderação	Nota	Ponderação
Potência dos freios	3	5	Peso x Nota = (15)	3	Peso x Nota = (9)	4	Peso x Nota = (12)
Velocidade Final	1	5	Peso x Nota = (5)	2	Peso x Nota = (6)	3	Peso x Nota = (9)
Nº de Passageiros	2	2	Peso x Nota = (4)	5	Peso x Nota = (15)	3	Peso x Nota = (9)
Econômico	4	2	Peso x Nota = (8)	4	Peso x Nota = (12)	5	Peso x Nota = (15)
Valor de Revenda	5	3	Peso x Nota = (15)	3	Peso x Nota = (9)	5	Peso x Nota = (15)
Total			47		51		60

(Fonte: Autor, 2020).

No caso da Tabela 1, o cliente estava procurando um veículo que possuísse um bom valor para revenda e fosse econômico, dando menor importância para os demais itens. Após somar a ponderação de cada alternativa, o veículo 3 recebeu maior valor total, totalizando 60 pontos. Então, é a opção que o cliente deveria eleger.

Na hora de decidir é importante encontrar um equilíbrio entre a intuição (emoção) e a análise (razão), pois intuir pode criar um romantismo incoerente acerca de um conceito, ofuscando possíveis percepções. Por outro lado, a racionalizar só foca em argumentos lógicos e abusar disso pode tender ao ceticismo, o que é algo perigoso. Por isso, a matriz de decisão é uma ferramenta eficaz, visto que consegue conciliar os dois lados.

A experiência, sem dúvida, é essencial, porém muito têm mudado no mundo da engenharia, indo contra a ideia de utilizá-la para definir metas. Portanto, uma estratégia que a considere não está em harmonia com o ambiente computacional de hoje, são necessários procedimentos sistemáticos (ASHBY, 2012). Ainda segundo ele:

Problemas de projeto são quase sempre abertos. Não têm uma solução única ou “correta”, embora algumas soluções sejam claramente melhores do que outras. São diferentes dos problemas analíticos usados para ensinar mecânica, ou estruturas, ou termodinâmica, que em geral têm apenas uma resposta correta. Portanto, a primeira ferramenta que um projetista precisa é uma mente aberta: uma disposição de considerar todas as possibilidades. Porém, quando lançamos uma rede ampla, apanhamos muitos peixes diferentes. É necessário um procedimento para separar o excelente do simplesmente bom (ASHBY, 2012).

Diante disso, entende-se que utilizar algum método para seleção de componentes e materiais para a confecção do projeto é essencial para resultados satisfatórios. Para tanto, utilizou-se de análise de matrizes de decisões para decidir a melhor opção de motor e a forma de fixar todo o sistema no reboque graneleiro.

2.6 ESCOLHA DE MATERIAIS

2.6.1 Tipos de Motores

Há diversos tipos de motores disponíveis no mercado para o desenvolvimento do projeto, os quais se classificam como hidráulicos, pneumáticos, servo motores, motores de passo e motores tubulares. A partir disso, aprofundou-se, neste estudo, sobre as características de cada um, a fim de criar uma matriz de decisão que não fosse influenciada por experiência ou afinidade, mas sim por aquilo que será adequado para executar e replicar o projeto.

No que diz respeito aos motores hidráulicos, esses são utilizados hoje na indústria em processos robustos que requerem muita força e exatidão. Seu funcionamento exige fluido canalizado e pressurizado por bomba hidráulica, o qual passa por mangueiras e válvulas e faz as engrenagens girarem com rotação contínua.

Apesar da eficiência do motor hidráulico, ele utiliza um espaço considerável e, devido a isso, seria inviável a sua aplicação, bem como pelo fato de a carreta graneleira ser móvel e por não ser necessária tal eficiência no projeto (SIMÕES, 2016).

Motores pneumáticos também não são viáveis por esses mesmos motivos, uma vez que utilizam ar comprimido para funcionar, o que demanda o uso de compressores (SIMÕES, 2016).

Já os motores de passo são simples, versáteis, robustos, aplicáveis em diversas situações e com vários tipos de diferentes características. Dentre suas vantagens está o fato de não requerer realimentação, posto que o motor dá um passo de ângulo conhecido cada vez que um sinal é enviado, consequentemente há precisão no posicionamento e capacidade de controle de aceleração (SAEED, 2013).

Uma de suas desvantagens é seu desempenho ruim em altas velocidades, tendo em vista que, conforme Saeed (2013), se a velocidade for muito alta os passos podem ser perdidos e, não havendo realimentação, as próximas posições estarão incorretas. Outra inaplicabilidade está na complexidade para a operação, sendo cobrado um circuito integrado para ajudar no acionamento dos solenoides, a figura 7 exemplifica o tipo:

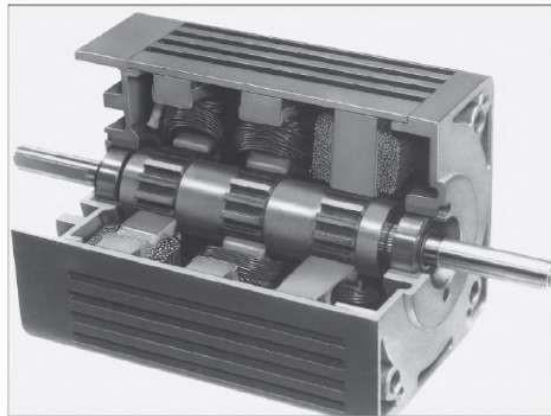


Figura 7: Motor de passo.

(Fonte: Stephen, 2014).

Os servos motores são excelentes para trabalhar desde o setor de robótica até as indústrias e seus dispositivos automáticos. Possuem vantagem às propriedades velocidade x torque, uma vez que possuem maior faixa de velocidade mantendo um torque constante. Segundo Moraes e Castrucci (2010), uma das grandes desvantagens desses motores está no custo e na necessidade de periféricos. A figura 8 exemplifica esse tipo:



Figura 8: Servo Motor Industrial.

(Fonte: Bertulucci, 2020).

A respeito dos motores tubulares, são planos, porém com seção transversal circular muito utilizado principalmente para automatizar persianas. Dentre as suas vantagens está o preço acessível, o torque e a facilidade de adaptação. A figura 9 apresenta esse modelo:



Figura 9: Motor Tubular.

(Fonte: Chacon, 2020).

A Figura 10 demonstra que o motor tubular apresenta diversas dimensões para suprir diferentes projetos. A sua maior desvantagem está na falta de mais informações a respeito das suas características, estando limitado às informações técnicas disponibilizadas por fornecedores:



Figura 10: Diferentes tamanhos e tipos de motor tubular.

(Fonte: Winger Screens, 2020).

2.6.2 Tipos de Fixação

Em qualquer projeto mecânico que possua componentes é indicado fazer a união de peças entre si. Para isso, existem diferentes elementos de fixação permanentes ou móveis, dependendo do conceito e das necessidades do projeto. De forma geral, os mais usuais são: rebites, parafusos, soldas, pinos, cavilhas e contrapinos (BUDYNAS e NISBETT, 2011).

Os elementos de fixação devem ser usados com cautela, visto que geralmente são os componentes menos resistentes do sistema. Dessa maneira, é importante escolhê-los adequando-os ao tipo de peça a qual será unida ou fixada. Se, por exemplo, em uma máquina robusta forem utilizados elementos fracos e mal planejados, o conjunto apresentará falhas, podendo até ficar inutilizável. Ressalta-se aqui que o tipo correto de componente de fixação ajuda para aliviar a concentração de tensões, que é um grande fator de ruptura por fadiga (BUDYNAS e NISBETT, 2011).

2.6.3 Rebites

Formados por um corpo cilíndrico e uma cabeça, os rebites mais comuns são em aço, alumínio, cobre ou latão. São deformados plasticamente e juntam as peças de modo permanente, isto é, para uma futura desmontagem será preciso a destruição dos rebites (BATALHA, 2003).

2.6.4 Parafusos

São elementos empregados na união não permanente de peças. Sua grande vantagem é a possibilidade de desmontagem de componentes sem grandes dificuldades, se comparados aos tipos de fixação monolíticas. Quando corretamente dimensionados, são elementos bastante confiáveis (BATALHA, 2003).

2.6.5 Tipos de Lona

Utilizar a lona como equipamento no veículo de trabalho demonstra preocupação com a qualidade do produto a ser transportado até o seu destino. Logo, ela “é uma excelente forma de prevenir que a carga derrame, venha sofrer danos por conta do calor e aumente umidade por conta da chuva” (Canvas, 2018).

Existe no mercado uma grande variedade de lonas aplicáveis a cargas específicas, dentre elas: lona de vinil e algodão encerado.

Para a aplicação do projeto da carreta graneleira, faz-se necessária uma lona que evite o aumento da umidade, tenha resistência elevada para suportar o trabalho no campo e realize a troca de calor com o ambiente, evitando a condensação para que os cereais não estraguem.

2.6.6 Lona de Vinil

Fabricada com laminado de PVC, que é uma resina produzida artificialmente e revestida por fios poliéster de alta tenacidade, é a cobertura de melhor custo-benefício, possui estática de boa aplicação no transporte de areia, brita, cimento e grãos secos, conforme a figura 11:



Figura 11: Lona de vinil.

(Fonte: Soluções industriais, 2020).

Portanto, ela serve para cobrir trens, barcos e carretas graneleiras por ser apropriada para trabalho pesado, é uma lona muito resistente, de fácil manuseio e aplicação. Tem como desvantagem não realizar a troca de calor do ambiente (Silva, 2010).

2.6.7 Lona de Algodão Encerado

Confeccionada com material 100% algodão, fabricada com fios torcidos e submetida a teste com água tendo, então, proteção contra a chuva, a lona de algodão encerado possui acabamento em costura tripla resistente à temperatura de 200°C (Silva, 2010).

De acordo com o fabricante Locomotiva (2014), a lona fio 8 tem uma gramatura de 702 g/m², é utilizada para cobrir cargas como sacarias de café, açúcar, farinha, etc. A figura 12 exemplifica o tipo:

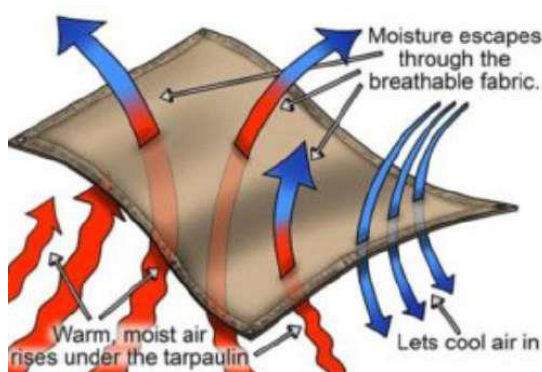


Figura 12: Respiração da lona encerada.

(Fonte: Silva, 2018).

Enfim, o encerado de algodão tem a capacidade de repelir a umidade, fazendo a troca de calor do ambiente, evitando o sobreaquecimento da carga o que o torna ideal na cobertura de cargas de verdura, frutas e legumes (SILVA, 2010). Suas desvantagens estão em precisar de cuidados como: não forçar em cantos vivos e não guardar no chão ou em paredes úmidas (LOCOMOTIVA, 2020).

2.6.8 Mola

Trata-se de um objeto elástico flexível usado para armazenar energia mecânica, preservar junções e contatos, amortecer ou distribuir cargas, o qual é fabricado em metal, geralmente aço temperado, cuja utilização se aplica a vários sistemas mecânicos. As molas são classificadas em relação ao seu formato ou a sua resistência como, por exemplo: helicoidais de compressão, de tração, de torção, cônicas, molas planas simples, prato, feixe de molas e espiral (BITENCOURT, 2018).

2.6.9 Mola Plana Espiral

A mola espiral plana tem coeficiente de elasticidade nulo, ou seja, sua tração será constante conforme o número de espirais. Ela é conhecida, sobretudo, pela sua força constante e deflexão extensa com constante da mola baixa ou nula. Serve para contrabalançar cargas/retornos e para motores de mola de torque constante. Em síntese, essa mola oferece grandes ciclos de deflexão a valores praticamente constantes de força de tração (NORTON, 2004). Na Figura 13 aclaram-se as partes para efeitos de cálculos da mola:

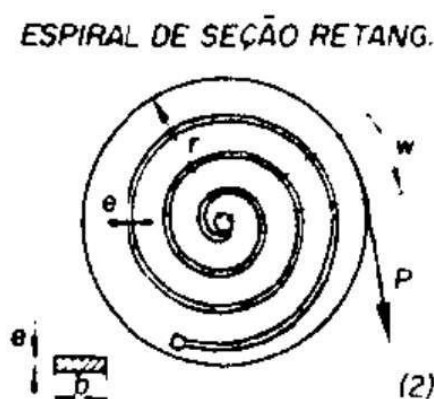


Figura 13: Partes de uma mola plana espiral com seção transversal retangular.

(Fonte: Norton, 2004).

Onde:

r = raio da mola.

e = espessura da fita da mola.

b = largura da fita da mola.

w = deflexão da mola.

P = carga.

Para dimensionar a mola, Proenza (1960) fornece a Equação 01, a qual relaciona a carga com as dimensões que esse elemento deve ter para suportar tal carga, bem como a tensão à flexão relacionada ao material com o qual a mola será fabricada. Segue a equação:

$$P = \frac{be^2}{6r} \sigma_f \quad (1)$$

Onde:

P = carga.

b = largura.

e = espessura.

r = raio.

σ_f = tensão à flexão (6000 kg/ cm² ou 588 10⁶ Pa para aço temperado).

Proenza (1960) também fornece o cálculo da flecha da mola, que nada mais é do que a deflexão que a mola sofre em milímetros, conforme a equação 2:

$$f = 2 \frac{rl}{e} \times \frac{\sigma_f}{E} \quad (2)$$

Onde:

f = flecha.

r = raio.

e = espessura.

σ_f = tensão à flexão (6000 kg/ cm² ou 588 10⁶ Pa para aço temperado).

l = comprimento do fio da mola.

E = módulo de elasticidade normal (2150 000 kg/cm² ou 588 10⁶ Pa para aço temperado).

Como o dimensionamento dessa mola envolve muitas variáveis, é possível utilizar sistemas computacionais disponíveis na internet para simular as medidas.

2.6.10 Cabo de Aço

Possuem uma infinidade de modelos, os quais variam nos quesitos composição, tamanho e modo de fabricação. Os cabos de aço são separados de acordo com o preenchimento e os materiais que são compostos nas *Almas*, sendo eles:

AF – Alma de fibra;

AA – Alma de aço de uma perna;

AACI – Alma de aço de cabo independente;

FILLER – Arame de preenchimento;

PC – Pernas de cabo.

Abaixo a figura 14 exemplifica o tipo:

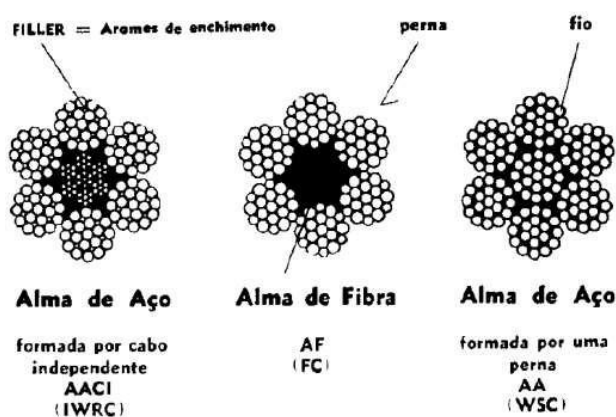


Figura 14: Alma dos cabos.

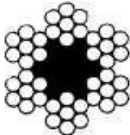
(Fonte: Provenza, 1960).

Outro fator que deve ser levado em conta na escolha dos cabos de aço é o tipo de torção, visto que esse pode ser à esquerda, à direita, regular (os fios são torcidos no sentido oposto em que a perna será torcida) ou *lang* (os fios são torcidos no mesmo sentido em que a perna). Esse último tipo de torção oferece mais resistência à abrasão do cabo e mais flexibilidade, já a regular confere estabilidade ao cabo.

A variação da resistência à tração pode ocorrer entre 60 a 200 kgf/mm², dependendo do tipo de formação e do material usados, além da espessura do cabo, que ainda conta com os fatores de segurança que ocorrem de 3 a 12 vezes e são estabelecidos conforme a sua

aplicação. No caso da carga em uso geral, um fator de segurança quando movimentado é que não deve exceder a um quinto da carga de ruptura efetiva, já para garantir a resistência à fadiga de dobramento são usados arames finos. O diâmetro da polia que o cabo será enrolado possui relação com o diâmetro e composição do cabo para que não fique sobrecarregado tanto sobre a carga quanto em relação à fadiga de dobramento.

Na Figura 15 verificam-se as especificações de cabos de aço polido 6 x 7, denominação essa feita por ser composto por seis pernas e sete fios de arame de aço com alma de fibra natural ou polímera (Provenza, 1960):



Construção 6 x 7 AF

Qualidade: Arame de aço de resistência à tração de 180 a 200 kg/mm²

O cabo 6 x 7 é preferível para instalações com abrasão severa e polias grandes.

Diâmetro	Peso Aproximado kg/m	Carga de Ruptura Mínima Efetiva em kg
1/8"	0,034	550
3/16"	0,078	1.270
1/4"	0,14	2.390
5/16"	0,22	3.720
3/8"	0,31	5.320
1/2"	0,56	9.340
5/8"	0,88	14.400
3/4"	1,25	20.600
7/8"	1,71	27.800
1"	2,23	36.000
1. 1/8"	2,83	45.200
1. 1/4"	3,48	55.300
1. 3/8"	4,23	66.300
1. 1/2"	5,03	78.200

Este cabo pode ser fornecido com alma de aço; neste caso a carga de ruptura aumenta de 7,5%

Este cabo pode ser fornecido também com acabamento galvanizado; neste

Figura 15: Cabo de aço polido 6x7.

(Fonte: Provenza, 1960).

Destaca-se aqui que a especificação do cabo 6x7 foi apenas um exemplo entre tantos outros existentes no mercado industrial.

2.6.11 Inversor

Conforme a figura 16, os conversores que transformam corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA) são chamados de inversores. Esses determinam a qualidade da energia fornecida, isto é, as curvas determinam o valor eficaz da tensão aos equipamentos, a fim de manter a alimentação com valores aceitáveis, isso significa que se a tensão estiver dentro dos limites não haverá mau funcionamento, mas que se os limites da tensão forem alterados implicar-se-á em possíveis problemas, provocando falhas e, até mesmo, diminuição da vida útil dos equipamentos UNICAMP (2018).



Figura 16: Inversor Hayonik onda senoidal 2000W.

(Fonte: Havonik, 2020).

Desenvolvido com a tecnologia *Pulse Width Modulation* (PWM), os inversores são, em sua grande maioria, leves, silenciosos e eficientes em sua conversão de energia CC de 12V/24V para CA 127V/220V, permitindo serem aplicados de maneira constante sem oscilação. Desse modo, podem ser empregados em quase todos os aparelhos domésticos desde que não ultrapassem a capacidade nominal em Watts do inversor (Tech One, 2018). Diante disso, é importante ressaltar que alguns equipamentos domésticos e motores exigem em seu arranque de 2 a 8 vezes a sua potência nominal no momento da partida, essa potência de pico ocorre em 0.3 milissegundos. A partir disso, definem-se as configurações e devidas aplicações dos inversores, sendo elas de onda modificada e onda senoidal pura.

2.7 ANÁLISE DA ESTRUTURA

Nesta seção, foram pontuados os possíveis cálculos para definição da estrutura, conforme a necessidade do projeto, o que propicia a análise da teoria e o dimensionamento do projeto.

2.7.1 Análise e Projeto de Vigas em Flexão

As vigas são elementos estruturais, geralmente prismáticos, retos e longos, que suportam forças perpendiculares ao seu eixo, aplicadas ao longo do elemento em vários pontos. O carregamento transversal provoca flexão e cisalhamento.

Quando a força (w) distribuída por unidade de comprimento é constante sobre parte ou sobre toda a viga, diz-se que ela é uniformemente distribuída.

As vigas se classificam conforme são apoiadas ou vinculadas, pois cada tipo de apoio tem uma reação diferente, podendo ser estaticamente determinada ou não. A distância (L) entre os apoios é chamada de vão. Na Figura 17, averíguam-se os tipos de apoios:

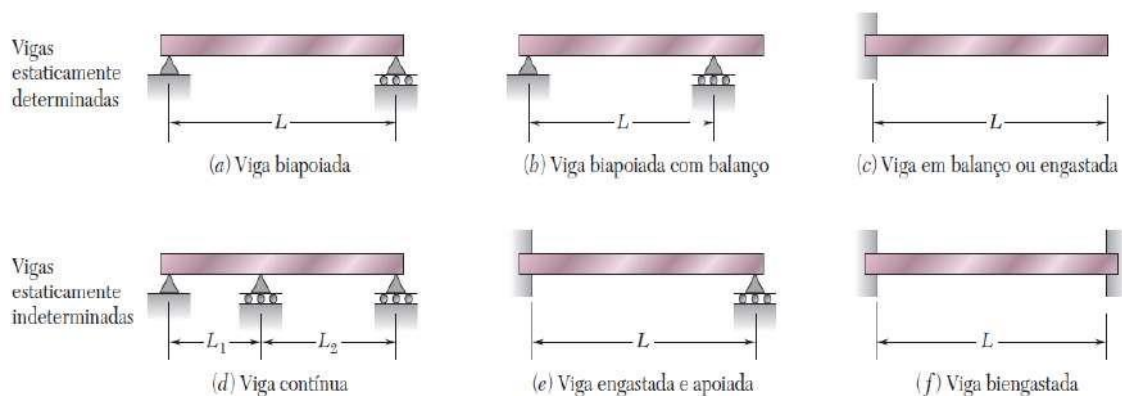


Figura 17: Vigas utilizadas frequentemente.

(Fonte: BEER, 2011).

Quando se corta a viga submetida a uma força concentrada (P) em sua extremidade através de uma seção (C), vê-se os esforços internos força cortante (P') igual e oposta à força (P) e o momento fletor (M) de igual valor ao momento de P em relação a C . Segue um exemplo disso na Figura 18:

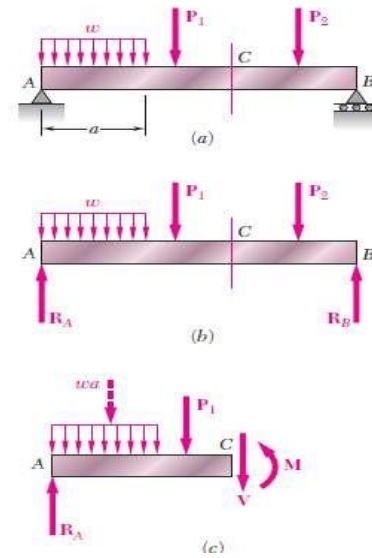


Figura 18: Viga AB apoiada e suas forças.

(Fonte: BEER, 2011).

Na seção transversal, o momento fletor M provoca tensões normais e a força cortante (V) provoca tensões de cisalhamento. Com as Equações (03) e (04) se pode determinar a tensão máxima e a tensão na seção:

$$\sigma_m = \frac{|M|c}{I} \quad (3)$$

$$\sigma_x = -\frac{My}{I} \quad (4)$$

Onde I é o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo que passa no centroide da seção perpendicular ao plano do momento, y é a distância da superfície e c o valor máximo dessa distância. Assim, pode-se definir a tensão normal máxima, sabendo que a flexão da seção elástica (W) é igual a I/c . conforme a equação 4:

$$\sigma_m = \frac{|M|}{W} \quad (5)$$

O módulo de resistência à flexão, em relação ao eixo x de uma seção transversal tubular, em que d e D são, respectivamente, diâmetro interno e externo do tubo, conforme Figura 19:

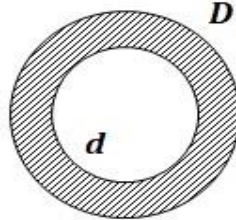


Figura 19: Tipo de seção transversal tubular, com diâmetro interno e externo.

(Fonte: Autor, 2020).

Isso é calculado a partir da Equação (06):

$$W_x = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32 D} \quad (6)$$

2.7.2 Peso da lona

A gramatura é uma medida de grossura ou densidade do papel, também empregada para medir a lona. Dá-se em gramas por metro quadrado (g/m^2). Essa medida é fornecida pelo fabricante, porém para melhor entendimento será mostrado, de forma sucinta, de onde ela é proveniente. Essa especificação foi padronizada pela Norma ISO 536 e o cálculo realizado para encontrar a gramatura (g), depois de todos os procedimentos técnicos especificados na norma citada, é:

$$g = \frac{m}{A} \times 10^6 \quad (7)$$

Onde m é massa em gramas e A é a área em milímetros quadrados (ISO 536, 2012).

Com posse da área de cobertura e a gramatura da lona, calcula-se a massa a partir da Equação (08):

$$m = g \times A \quad (8)$$

Por fim, transforma-se a unidade de massa em *kg* e calcula-se o peso a partir da Lei de Newton com a Equação (09):

$$P = m \times g \quad (9)$$

Onde *g* é a aceleração da gravidade na superfície do planeta Terra é de, aproximadamente, 10 m/s² e *P* é o peso em Newton (*N*).

2.7.3 Resistência da Lona

Para melhor entendimento das especificações técnicas que serão mostradas, será necessário saber o modo em que os fios de algodão são dispostos na lona. Assim sendo, destaca-se que esses são entrelaçados em ângulos retos (90°), formando o tecido plano. De acordo com DuPont (1991, p. 5, apud PEREIRA, 2009, p. 35), os fios no sentido longitudinal são chamados de urdume e os que seguem na transversal são chamados de trama, assim chegando ao produto final do processo de tecelagem.

Portanto, como os fios de algodão seguem em dois sentidos, as suas especificações também mudam de acordo com o sentido que se analisa. Abaixo, apresentam-se as especificações técnicas da lona de fio 8 de algodão encerado da marca Locomotiva.

Tabela 2: Características Técnicas da Lona 8 Locomotiva.

CARACTERÍSTICAS	URDUME	TRAMA
Construção de tecido (fios/cm)	17,3	11,8
Resistência à tração (kgf/cm)	35,0	29,5
Resistência ao rasgo (kgf)	5,5	3,5

(Fonte: Lonas Alvorada, modificada pelo autor).

A resistência ao rasgo é determinada através de normas ISO e ASTM e é expressa em unidades de força por milímetro de espessura, como N/mm. As unidades podem ser convertidas: $1 \text{ kgf/mm} = 9,80665 \text{ N/mm}$ (CAETANO, 2018).

2.7.4 Soldagem

É o processo de uniões permanentes de peças por fusão de material, o qual só pode ser desfeito com a destruição do conjunto. Com a união por rebites, o conjunto continua intacto e, para desfazer a junção, somente o rebite é destruído. Se comparado à fixação por parafusos ou rebites, a soldagem possui a vantagem de não precisar furar as peças, fator esse que reduz a resistência das juntas rebitadas e parafusadas (BATALHA, 2003).

Em suma, a operação de solda é o processo de juntar peças metálicas, encostando-as e aquecendo as superfícies de contato a fim de levar a um estado de plasticidade ou fusão. Essa ação causa um fenômeno de difusão na zona soldada, a qual, após o resfriamento, tem por característica a resistência que é perfeitamente coesa. A fonte de energia empregada para aquecer os metais e sua condição na superfície de contato é responsável por classificar o processo de soldagem (Chiaverini 1986).

2.7.5 Principais tipos de Solda

Na soldagem oxiacetilênica (OAW), a união do metal de base acontece pelo aquecimento até a fusão, a qual ocorre através de uma chama produzida por um gás combustível e pelo gás oxigênio atingindo aproximadamente 3000°C . O metal de adição, quando usado, também é fundido durante o processo (Marques 2007).

2.7.6 Solda eletrodo revestido

A soldagem *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) acontece por meio de um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico revestido consumível e uma peça. Quando o arco elétrico se abre, pode chegar a uma temperatura aproximada de 6000°C (Marques 2007).

2.7.7 Solda TIG

A soldagem *Gas-Shielded Tungsten Arc Welding* (GTAW) se refere à união das peças metálicas produzida pelo aquecimento e fusão através de um arco elétrico, utilizando-se de um eletrodo sólido de tungstênio, não consumível. Para proteger o arco e a poça de fusão contra contaminação, são usados no processo gases inertes. Nesse tipo de solda, quando utilizado o metal de adição, ele deve ser depositado diretamente na poça de fusão (Marques 2007).

2.7.8 Solda MIG/MAG

Refere-se ao processo de soldagem *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), efetivado através de um arco elétrico estabelecido por um eletrodo consumível que, em contato com uma peça metálica, provoca o seu aquecimento realizando a união. A proteção do arco e da solda contra contaminação pode ser feita por gases inertes e ativos ou, até mesmo, por mistura de gases (Marques 2007).

2.8 ANÁLISE DO FUNCIONAMENTO DO MOTOR

Para compreender o funcionamento do motor, serão revisadas nesta seção as suas especificações técnicas.

2.8.1 Torque

É a tendência de rotação sofrida por um corpo em torno de um eixo quando submetido a uma força. Quando essa força é aplicada em um ponto dado por um vetor posição $\vec{r}$ em relação ao eixo, o módulo do torque é:

$$|\tau| = |\vec{r}||\vec{F}|\sin\theta \quad (10)$$

Onde, $\vec{F}$ é a componente perpendicular a $\vec{r}$, θ é o ângulo entre o braço do momento ($\vec{r}$) e a força aplicada ($\vec{F}$) (HALLIDAY et al. 2010).

2.8.2 Velocidade Angular

É uma grandeza que mede a rapidez com que é feito um percurso em sentido circular. Calcula-se a partir da variação do deslocamento angular ($\Delta\theta$), dividido pela variação do tempo (Δt):

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (11)$$

Logo, pode ser medida em várias unidades. No SI, sua unidade é radianos por segundo (rad/s), porém as rotações por minuto (rpm) também são muito usadas (HALLIDAY et al. 2010).

2.8.3 Corrente Elétrica

Diz respeito ao fluxo ordenado de carga elétrica. É medida em ampère (A), quando relacionada à tensão, em Volts (V), verifica-se o quanto de energia está sendo transmitida para

manter a mesma corrente, a qual pode ser contínua (*CC*) ou alternada (*CA*) (MONQUEIRO, 2010).

2.8.4 Frequência

É considerada somente quando a corrente elétrica é alternada ou pulsante. Trata-se de uma grandeza que indica o número de ocorrências de um evento (ciclos, voltas, oscilações, etc.) em um determinado período de tempo. Pode ser medida em Hertz (*Hz*), sendo um ciclo por segundo (HALLIDAY et al. 2003).

2.8.5 Potência

É a taxa de variação com o tempo do trabalho realizado por uma força, medida em Joule por segundo no SI, equivalente a Watts (*W*) (HALLIDAY et al. 2010).

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad (12)$$

3 METODOLOGIA DO PROJETO

3.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Para o desenvolvimento do projeto, definiu-se como tipo de pesquisa a exploratória, uma vez que foram encontradas poucas informações acerca do assunto em questão, as quais se referem a projetos de automação similares, porém desempenhando funções diferentes.

Como ferramenta, utilizou-se o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), que nada mais é do que um método que visa ao atendimento dos clientes de forma mais exata, com foco nos requisitos importantes para eles. Pautou-se, ainda, na pesquisa de campo, a qual tem por finalidade analisar, coletar e interpretar os fatos e fenômenos que ocorrem no cotidiano dos operadores e em seus ambientes naturais de trabalho.

Diante disso, a pesquisa teve formato quantitativo, ou seja, fundamentou-se a sua argumentação por meio de dados numéricos e cálculos. Os componentes mecânicos e o esboço do projeto foram desenvolvidos no *SolidWorks*, que é um software de CAD 3D, cuja tecnologia computacional permite realizar desenhos de engenharia e análise computacional. Com ele, foi possível analisar um projeto que atendesse a necessidade do cliente, com um custo final acessível.

3.2 PROJETO CONCEITUAL

Para identificar uma necessidade de mercado e com o objetivo de ajudar o cliente, realizou-se uma pesquisa a fim de direcionar o projeto, para, assim, desenvolver o desdobramento da função qualidade (QFD) e acatar os requisitos estabelecidos pelo cliente e pelo próprio fabricante.

3.3 PESQUISA DE CAMPO

3.3.1 Aplicação

Como optou-se pela metodologia da matriz QFD, foi essencial produzir uma pesquisa de campo focada no público-alvo e realizada pessoalmente. Compôs-se por questões fechadas, ou seja, com alternativas simples, em sua maioria, para escolha do formato do equipamento, questões para enumerar as respostas em ordem de preferência e, por fim, pergunta de resposta dissertativa para sugestões ao projeto.

3.3.2 Desenvolvimento

Os requisitos analisados foram criados a partir das dúvidas geradas para desenvolver a matriz QFD, que são: o interesse, a necessidade, a utilidade, a facilidade, a melhoria do trabalho, a similaridade do produto com outros e conhecer melhor o público-alvo. Dentre todos os tipos de questões, a pesquisa abrangeu onze perguntas e mais um campo de sugestão.

Na parte do formato do dispositivo a ser anexado ao reboque graneleiro, verificou-se a funcionalidade do equipamento, levando em conta o seu uso no dia a dia. Desenvolveram-se três modelos esquemáticos, os quais representam as alternativas de estrutura e sistema de enlonamento do reboque. Tais alternativas foram apresentadas a possíveis clientes para que escolham a mais e a menos interessante. Vale a ressalva de que elas foram desenvolvidas de modo a afetar o mínimo possível no manuseio já habitual da carreta graneleira.

3.3.3 Geração de Alternativas

Alternativa 1 – Lona reta com desnível

- A primeira alternativa sugere remover os arcos móveis do reboque, porém desenvolvendo uma estrutura que crie desnível entre os lados do dispositivo, conforme mostrado na Figura 20.

Alternativa 2 – Lona reta e plana

- A segunda alternativa consiste em remover os arcos móveis do reboque e criar uma estrutura reta, fazendo com que a lona fique levemente acima do nível original do reboque.

Alternativa 3 – Lona em arco

- A terceira alternativa usa a própria curvatura do reboque, projetando uma estrutura externa de forma que todo o sistema continue com um visual mais próximo do original.

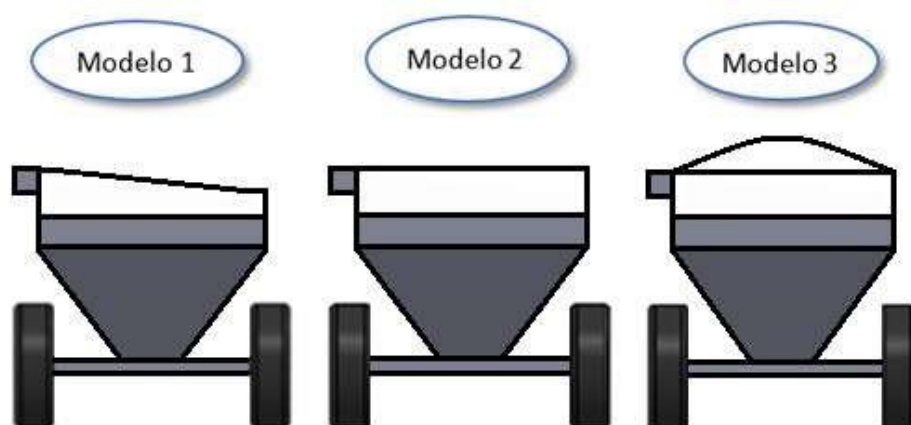


Figura 20: Alternativas do formato da estrutura do dispositivo.

(Fonte: Autor, 2020).

3.3.4 Avaliação e Seleção das Alternativas

Com a proposta de atender ao cliente, analisou-se a pesquisa realizada em campo para que fosse aplicado o QFD. Conforme a pesquisa do Apêndice A, assim como de acordo com os gráficos e tabelas do APÊNDICE B, obtiveram-se as informações necessárias para realizar o cruzamento de dados.

Segundo os dados alcançados com a questão 7, percebeu-se que as alternativas 1 (lona reta com desnível) e 3 (lona em arco) obtiveram maiores aceitações, 52,77% e 38,88%, respectivamente. As duas propostas foram avaliadas pelo autor do projeto e decidiu-se prosseguir com a alternativa 1, pois soluciona os problemas existentes da alternativa 3, em que a lona, quando atinge o nível mais alto do arco, patina e acaba desalinhando o eixo, obrigando o operador a subir no equipamento.

As questões 8 e 10 da pesquisa se referem ao valor que os consumidores estão dispostos a pagar pelo produto, o qual foi delimitado em duas categorias. A primeira delas, de R\$ 1.000,00 a R\$ 3.000,00, a qual representa 13,88% dos 36 entrevistados, é demonstrada pelo gráfico 3:



Gráfico 3: Delimitação da primeira categoria de R\$ 1.000,00 a R\$ 3.000,00.

(Fonte: Autor, 2020).

A segunda categoria, de R\$ 3.000,00 a 6.000,00, obtiveram intenções de 63,88% dos entrevistados, conforme evidencia a Gráfico 4:

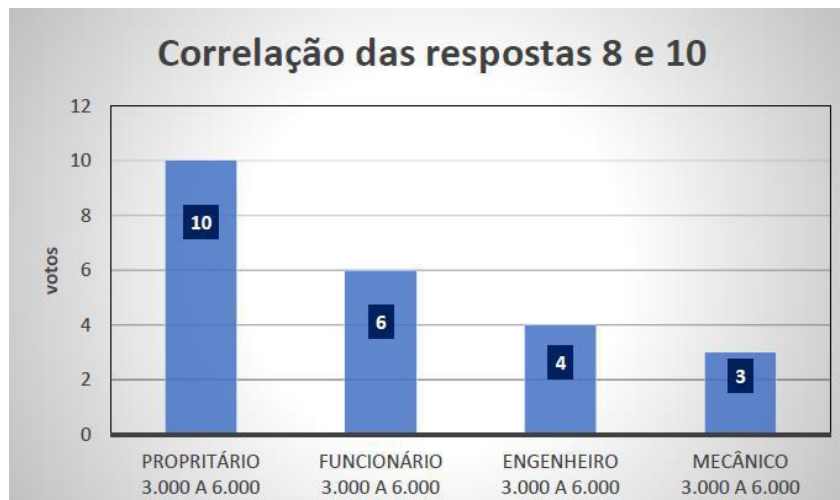


Gráfico 4: Delimitação da segunda categoria de R\$ 3.000,00 a R\$ 6.000,00.

(Fonte: Autor, 2020).

Na questão 9, na qual se interrogou: “ Você conhece algum produto similar a esse? ”, houve empate técnico, pois a maioria dos participantes que optaram pela resposta “Sim” estavam se referindo ao sistema de lona fácil, o qual tem a mesma funcionalidade, com a diferença de ser operado de forma manual.

As sugestões relevantes foram utilizadas na matriz QFD e nortearam os custos de fabricação, de forma a permitir que o produto traga lucro financeiro à empresa fabricante.

3.4 ESCOLHA DE MATERIAIS

Entende-se que, para o bom funcionamento do projeto, alguns itens são mais interessantes do que outros. Por isso, levando em conta os dados e as informações pesquisadas, foram elaboradas matrizes de decisão para selecionar os materiais do projeto, as quais serão explicadas nas próximas seções.

3.4.1 Motor

Após analisar os critérios referentes a cada um dos motores, o que obteve maior pontuação foi o tubular, que é mais robusto e muito utilizado na automatização de sistemas de persianas. Seu design faz com que possa ser acoplado um tubo ao seu motor, facilitando a adaptação para enlonar algo. Além disso, é um motor de fácil regulagem, o que o torna relevante ao projeto. A matriz está apresentada na tabela seguinte:

Tabela 3: Matriz de Decisão para os motores.

MATRIZ DE DECISÃO - MOTOR							
Critérios		MOTOR DE PASSO		SERVOMOTOR		MOTOR TUBULAR	
Descrição	Peso	Nota	Ponderação	Nota	Ponderação	Nota	Ponderação
Torque	5	3	15	4	20	4	20
Potência	3	3	9	4	9	3	9
Confiabilidade	4	4	16	4	16	3	12
Durabilidade	3	3	9	3	9	3	9
Instalação/Adaptabilidade	3	2	6	2	6	3	9
Velocidade	2	3	6	5	10	2	6
Manutenção	3	3	9	4	12	3	9
Vibração	3	2	6	3	9	4	12
Periféricos	4	4	16	2	8	4	16
Custo do Motor	3	3	9	2	6	4	12
Total		104		113		114	

Pesos	Avaliações	Notas	Avaliações
5	Muito importante	5	Muito bom
4	Importante	4	Bom
3	Média importância	3	Médio
2	Pouco importante	2	Ruim
1	Sem importância	1	Muito ruim

(Fonte: Autor, 2020).

Pode-se dizer que o motor tubular é uma boa opção para o projeto, mas não há como ignorar que o servomotor também é um grande candidato. Ao avaliá-los e compará-los, escolheu-se o motor tubular pelo preço, sendo esse mais barato e sem necessidade de usar periféricos, ou seja, componentes extras para melhor desempenho, a figura 21 trás um modelo similar:

45MM Standard Motor Mechanic Limit

OTM45S

Inner structure picture

**Figura 21:** Estrutura interna de um motor similar ao lex-rm.

(Fonte: Ouchen, adaptada pelo autor, 2020).

A Figura 22 apresenta a ficha técnica do motor lex-rm motor redutor tubular Ø 45 mm com fim de curso mecânico e receptor via rádio integrado, disponibilizado pelos próprios fornecedores:

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	27B226	27B227	27B228	27B229
Força de elevação*	Kg	35	55	80	95
Binário	Nm	20	30	40	50
Alimentação	Rpm	15	15	15	12
Alimentação	Vac - Hz	230/50	230/50	230/50	230/50
Potência	W	145	191	198	205
Corrente absorvida	A	0,64	0,83	0,86	0,89
Tempo máximo de funcionamento	min	4	4	4	4
Voltas de fim de curso	n°	22	22	22	22
Comprimento (L)	mm	660	660	660	660
Frequência de funcionamento	MHz	434,15	434,15	434,15	434,15
Grau de proteção	IP	44	44	44	44

Figura 22: Ficha técnica no motor Lex-rm.

(Fonte: Domotics, editada pelo autor, 2020).

3.4.2 Fixação

Foi desenvolvida uma matriz de decisão a respeito dos tipos de fixação da estrutura no reboque graneleiro, conforme a tabela 4:

Tabela 4: Matriz de decisão para os tipos de fixação.

MATRIZ DE DECISÃO - TIPOS DE FIXAÇÃO							
Critérios		Solda		Parafusos		Rebite	
Descrição	Peso	Nota	Ponderação	Nota	Ponderação	Nota	Ponderação
Durabilidade	5	5	25	4	20	3	15
Confiabilidade	5	5	25	4	20	2	10
Manutenção	3	2	6	5	15	3	9
Facilidade Instalação	3	3	9	2	6	4	12
Custos	4	3	12	4	16	4	16
Total		77		77		62	

Pesos	Avaliações	Notas	Avaliações
5	Muito importante	5	Muito bom
4	Importante	4	Bom
3	Média importância	3	Média
2	Pouco importante	2	Ruim
1	Sem importância	1	Muito ruim

(Fonte: Autor, 2020).

Com a montagem da matriz de decisão, houve empate técnico entre a utilização de soldagem e de fixação parafusada. A soldagem é um elemento de fixação permanente, ou seja, para sua desmontagem há necessidade de meios destrutivos. Já os parafusos são usados para fixação não permanente, visto que podem ser desmontados de forma não destrutiva e resistem “a cargas externas de tração, cargas de momento, cargas de cisalhamento ou uma junção destas” (Budynas, 2009). Ambos, quando corretamente dimensionados, são excelentes elementos de fixação. Porém, após análise do QFD, decidiu-se pelo uso do processo de soldagem, uma vez que os proprietários de reboque graneleiro não veem a necessidade de desmontagem, preferindo vender o equipamento com a estrutura montada.

3.4.3 Transmissão

A transmissão é uma parte crucial no projeto, em que se discutem os métodos para o seu funcionamento. Seu principal objetivo é locomover a lona da carreta graneleira, com isso se vislumbra a sua boa funcionalidade.

3.4.4 Polia

Para auxiliar na transmissão do sistema e, desse modo, fazer a movimentação coordenada e linear da lona, usou-se a polia em “V” de *Nylon* de 2" 1/2. Foi colocada uma em cada lado do eixo que puxa a lona para o lado oposto do eixo do motor.



Figura 23: Polia de Nylon.

(Fonte: Lizot, 2020).

3.4.5 Trilhos

Os trilhos de aço com perfil angulado em 90° foram a melhor escolha para trabalhar em conjunto com a polia em “V”, já que esse formato gera um melhor encaixe e menor acúmulo de impurezas. A figura 24 trás um modelo do mesmo:

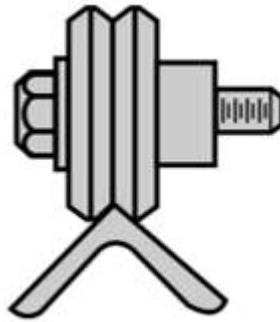


Figura 24: Montagem de trilho e polia.

(Fonte: OBR EQUIPAMENTOS, 2020).

3.4.6 Lona de Algodão

A escolha pela lona de algodão encerado foi rápida e simples, tendo em vista que é a melhor opção para evitar a umidade nos grãos ao cobri-los em momentos de chuva. Ademais, o modo como é enrolada no tubo evita qualquer tipo de desgaste. O único cuidado necessário é o de deixá-la desenrolada até estar totalmente seca, porque, apesar de ser impermeável, a água pode umedecer a parte superior da lona. A figura 25 ilustra o modelo:



Figura 25: Lona encerado de algodão.

(Fonte: Locomotiva, 2018).

3.4.7 Mola

Analisando o funcionamento do projeto, constatou-se a necessidade de um sistema que mantém a lona esticada, não só ao enrolar, mas também ao desenrolar. Isso se torna necessário de forma a tensionar a lona ao enrolar ou desenrolar e melhor posicionamento dela ao fechamento.

Conforme a figura 26, a solução encontrada foi o uso de molas para tensionar a lona. Dessa forma, após analisar os tipos de molas e seus funcionamentos, a plana do tipo espiral, também conhecida por mola caracol ou fita, foi a mais eficaz. Ela funciona de modo retrátil, ajustando a tensão conforme a necessidade (tensão permanece constante ao enrolar ou desenrolar a lona).



Figura 26: Mola plana espiral.

(Fonte: TECH SPRING, 2020).

3.4.8 Tubo para o Eixo

Para suporte e proteção do motor, verificou-se a necessidade de um tubo em que será enrolada a lona. Esse tubo precisa ser resistente para que não venha a flexionar. Portanto, o material que mais se adequou aos pré-requisitos foi o alumínio, conforme figura 27:



Figura 27: Tubo de alumínio.

(Fonte: Tamoyo, 2020).

3.4.9 Estrutura Externa

O material para estrutura, ou seja, a carenagem de todo o sistema de enlonamento, deve suportar à vibração que ocorre na carreta graneleira. A chapa utilizada para desenvolver o projeto foi a chapa de aço carbono 2 mm SAE 1010.

3.4.10 Receptor de Sinal

A forma de comunicação entre o motor e o controle remoto se deu por meio de um receptor de sinal que trabalha em uma frequência 433.92 MHz. Essa conexão entre os componentes elimina a necessidade de aplicar fios para a ativação do sistema, deixando o operador livre para abrir ou cobrir a graneleira à uma distância aproximada de 200 metros em campo aberto. Com barreira, essa distância diminui aproximadamente 20 metros.

3.4.11 Inversor e seu Posicionamento

Para suprir as necessidades do projeto final, foi necessário o uso de um inversor de frequência de 300W com onda senoidal pura. O inversor é alimentado pela bateria do trator, a qual fornece corrente contínua 12V e a transforma em corrente alternada 110V. Sua posição é ao lado da bateria do trator e, por meio de fios, conecta-se a uma tomada 2P+T no painel de comando do trator, localizado na parte traseira como demonstrado na figura 28:

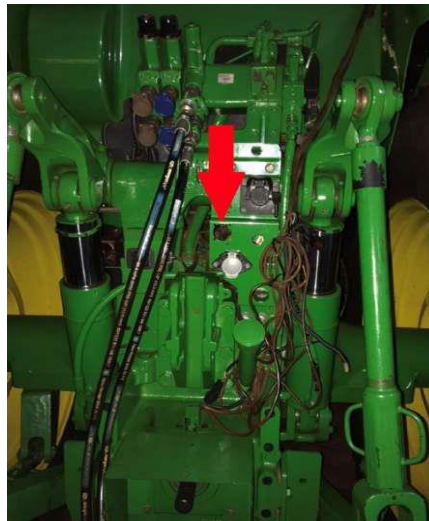


Figura 28: Painel de comando trator JHON DEERE 7225J.

(Fonte: Autor, 2020).

Com a tomada 2P+T instalada, conecta-se o motor diretamente, sendo essa a única conexão entre o sistema de enlonação e o trator. Caso o operador necessite trocar de implemento durante as atividades, deve somente desligar a alimentação elétrica do sistema e desacoplar o implemento.

3.5 DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)

Para adequar o produto desenvolvido às necessidades do cliente e conseguir satisfazer as suas principais necessidades, usou-se o método QFD. Após a aplicação dos métodos de investigação entrevistas e questionários aos participantes, os dados foram esclarecidos na tabela 5 da seguinte maneira:

Tabela 5: Necessidades dos clientes e requisitos do projeto.

Necessidades do Cliente	Requisitos do Projeto
Manutenção de baixo custo.	Motor tubular.
Manutenção fácil.	Lona impermeável.
Manutenção rápida.	Acionamento via controle.
Pouca manutenção.	Estrutura em aço.
Fácil manuseio.	Estrutura com desnível.
Fechamento rápido.	Estrutura soldada.
Sem riscos ao operador.	Fixação na carreta graneleira Soldada.
Confiável.	
Durável.	

(Fonte: Autor, 2020).

Usou-se uma planilha elaborada pela Siqueira Campos, fundada em 1992, que se trata de uma empresa de consultoria para empresas nacionais, oferecendo treinamentos, tratamentos de dados e aprimoramento da qualidade, criando soluções a partir de metodologias desenvolvidas por matemáticos, estatísticos e engenheiros, a fim de alcançar a excelência operacional.

Tal planilha está disponível no site da empresa para download e utilização pública. Da pesquisa realizada em campo, foram retiradas as necessidades, as preocupações e os desejos dos clientes. Em seguida, aplicou-se o modelo de Kano para julgar e classificar as prioridades na satisfação do cliente como, por exemplo, a mandatória (o que é obrigatório satisfazer), a esperada (o que o cliente espera que seja satisfeito) e a atrativa (o que seria um atrativo ao projeto).

3.6 APRESENTAÇÃO DO PROJETO

3.6.1 Esboço Mecânico

Foi realizada uma pesquisa de campo, em que foi perguntado para os entrevistados qual modelo de cobertura seria de maior interesse por parte deles. Os entrevistados, em grande maioria, optaram pelo de lona reta e de estrutura em desnível (modelo 1).

Os resultados da pesquisa em Apêndice A apontaram que a alternativa dois, a qual foi a segunda mais votada, possui reclamações. Como dificuldade encontrada, os operadores relataram que, quando a lona alcança a parte mais alta do arco, o eixo desalinha e a lona patina, obrigando-o a subir no equipamento para ajudar manualmente.

Para elaborar um esboço do produto, fez-se uso da ferramenta de desenho de tecnologia (CAD) conforme a figura 29:



Figura 29: Estrutura de enlonamento.

(Fonte: Autor, 2020).

Pode-se notar que, com a estrutura em desnível, a lona desliza de forma linear, por conseguinte o problema recorrente à patinação da lona e desalinhamento do eixo será resolvido, evitando, então, que o operador suba no equipamento.

Pelo esboço é possível entender como o sistema funciona. Na estrutura acoplada em sua lateral estão todos os componentes para a movimentação da lona, a qual, acionada de forma remota, fará a lona deslizar em direção ao lado de menor desnível, cobrindo todo o equipamento. Na figura 30 é possível ver todo o sistema acoplado à carreta agrícola graneleira:



Figura 30: Montagem do sistema na carreta graneleira.

(Fonte: Autor, 2020).

Diante disso, é importante ressaltar que, para o funcionamento do sistema, a lona precisa desenrolar do eixo do motor e chegar até ao outro lado da carreta sem que se desalinhe ou embole, garantindo também que fique esticada para que ela não paneje quando atingida por ventos.

Como demonstrado na figura 31, o eixo (em vermelho) que tem por função enrolar e desenrolar a lona, acopla-se ao motor (em azul). Esse conjunto é fixado na parte mais alta da estrutura dentro de um compartimento de proteção, o qual é o responsável por manter as partes móveis isoladas conforme a adequação de máquinas impostas pela NR-12.

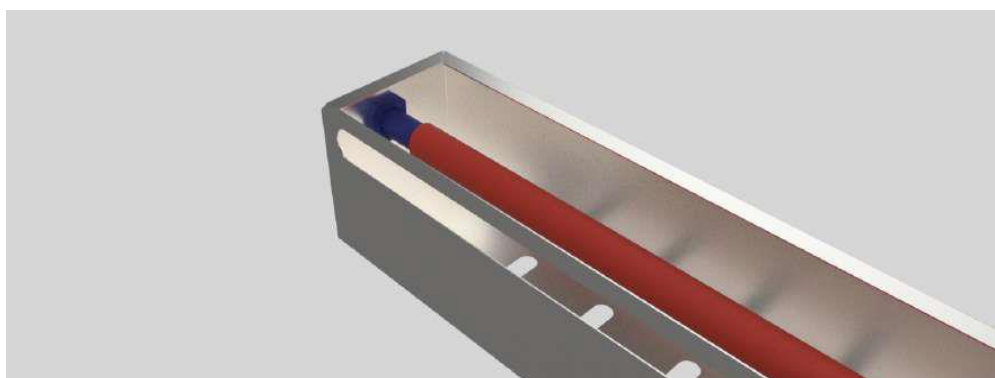


Figura 31: Esboço do sistema de enlonamento.

(Fonte: Autor, 2020).

Para resolver essas situações, foi pesquisado mais a fundo sobre diferentes elementos de transmissão como correias, correntes, mola e rosca quadrada, as quais, até então, são os componentes que poderão ser utilizados para garantir a eficiência do projeto.

3.7 PRÉ PROTÓTIPO

3.7.1 Alternativas

Na sequência do trabalho, foram encontrados alguns obstáculos como, por exemplo, o sistema de transmissão da lona, mais especificamente no momento que o motor desenrola a lona, sem um sistema a tracionando no sentido contrário, evitando que ela se embole em seu próprio eixo. Assim, abriu um leque de três alternativas, sendo elas:

Alternativa 01

- Conjunto de pinhão com rosca helicoidal, coroa e fuso: a vantagem desse engrenamento está na precisão dos movimentos, mas tem como desvantagem a complexibilidade de aplicação muito alta, exigindo, também, grande exatidão de fabricação, o que agregaria um custo elevado no caso de uma futura fabricação do projeto final.

Alternativa 02

- Polias e correia: a princípio o melhor sistema de transmissão para o projeto. No entanto, segundo pesquisas, foram observados problemas no funcionamento ao enrolar e desenrolar a lona, o que ocasionaria uma folga na correia devido à mudança no diâmetro do eixo no qual se localiza a lona. Assim sendo, conforme fosse desenrolada ou enrolada, esse diâmetro mudaria, ocasionando folga e eventual patinação entre as polias e a correia.

Alternativa 03

- Mola espiral e cabo de aço: em razão de sua simplicidade e baixo custo, mantém as premissas do projeto. A mola espiral realiza uma tensão ao ser comprimida pela tração que o motor exerce no cabo de aço ao enrolar e desenrolar a lona no eixo. Quando essa lona está sendo desenrolada, a mola tende a aliviar a tensão, o que faz com que puxe a lona no sentido de cobrir a carreta graneleira.

3.7.2 Validação

Levando em consideração os requisitos do QFD, entende-se que, para o projeto, a melhor alternativa é a 3, devido a fatores como: melhor adaptação, funcionabilidade e custos para o projeto.

3.8 PROTÓTIPO

Com a validação do conceito, pelas alternativas do pré-protótipo, seguiu-se para a modelagem do projeto final, de acordo com o que demonstra a figura 32. A razão da inexistência do protótipo é pela inviabilidade da fabricação de um modelo em escala real, tanto pelas dimensões e custos quanto pela indisponibilidade de uma carreta graneleira para a realização da instalação e dos testes.

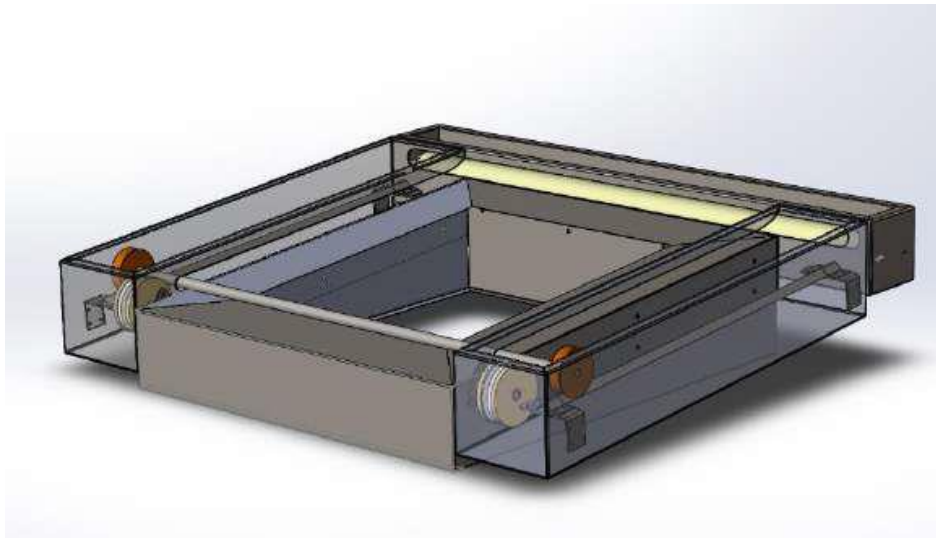


Figura 32: Protótipo.

(Fonte: Autor, 2020).

3.9 PROJETO FINAL

Toda parte estrutural foi feita a partir de chapas 2mm em aço carbono SAE1010. Conforme a matriz de decisão e saídas do QFD, a estrutura será soldada à carreta graneleira em todas as arestas, agindo também como impermeabilizante. Como a estrutura em si não desempenha grandes esforços sobre a solda, não há necessidade de dimensionar o seu tamanho, sendo importante que possua penetração adequada. A estrutura é formada por um conjunto de quatro chapas denominadas frontal, laterais e traseira, as quais, após o processo de soldagem, tornaram-se uma estrutura monolítica conforme a figura 33:

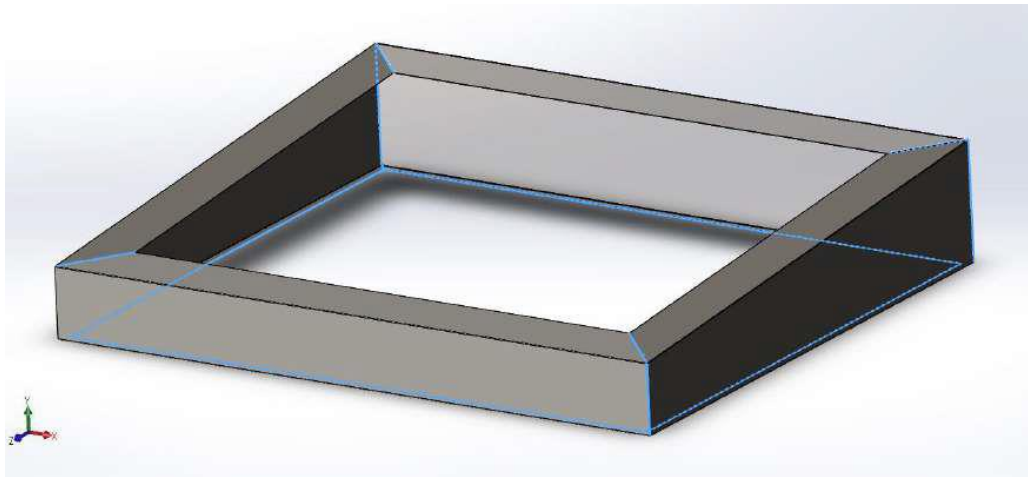


Figura 33: Estrutura base, com linhas de solda em azul.

(Fonte: Autor, 2020).

Anexada à estrutura existem mais dois subcomponentes: as carenagens responsáveis pela transmissão (figura 34) e a carenagem responsável por proteger o sistema motor. Ambas serão fixadas com parafusos M10 e porcas parlock, evitando que se soltem com vibrações. O sistema de transmissão é feito de um subconjunto de roldana, trilho, mola espiral, cabo e elementos de fixação (figura 35).

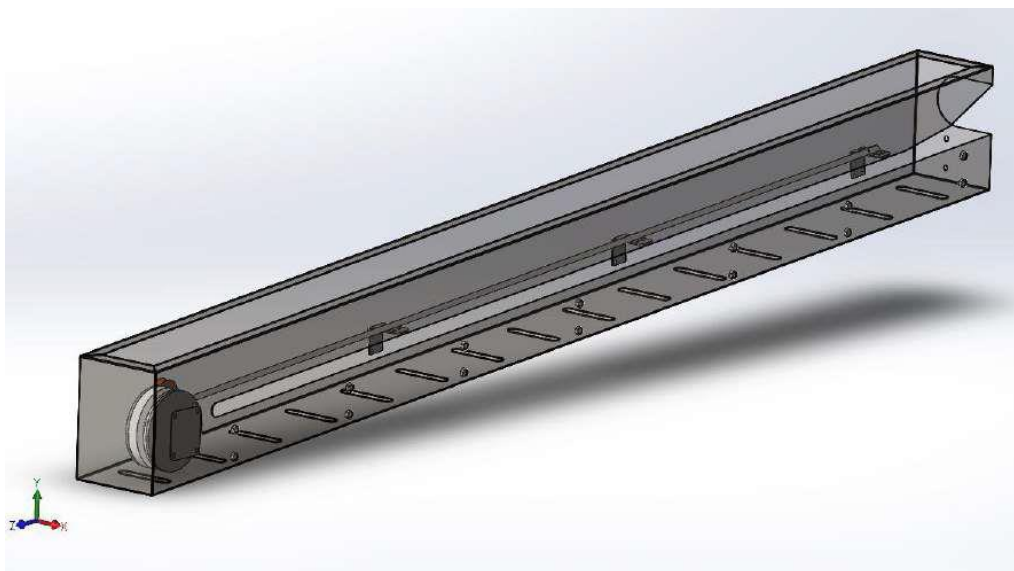


Figura 34: Carenagem e sistema de transmissão.

(Fonte: Autor, 2020).

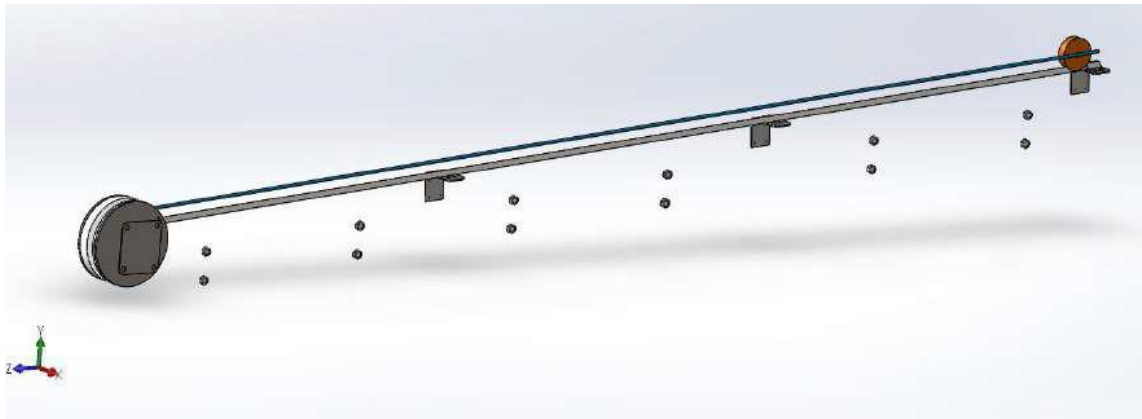


Figura 35: Sistema de transmissão e seus elementos.

(Fonte: Autor, 2020).

A mola espiral é a responsável por desenvolver a transmissão de fechamento da lona. Uma vez que o motor começa a rotacionar, a mola traz a lona através da roldana que desliza sobre o trilho, cobrindo todo o vão da estrutura. O sistema da mola espiral é composto por um conjunto de peças (figura 36), sendo a mola a responsável pela movimentação da lona. Destaca-se que não foi possível realizar testes de fadiga para mensurar quantos ciclos a mola aguentaria antes de perder a eficiência, mas, em geral, se não ultrapassar 65% da tensão máxima para funcionamento severo e 95% da tensão máxima para serviços leves, ela deverá ser eficaz por, pelo menos, um milhão ciclos, segundo a *All Rite Spring Company* (empresa norte-americana especializada em fabricação de molas). Já o abrir da lona será realizado pelo motor, com torque suficiente para tencionar a mola novamente.

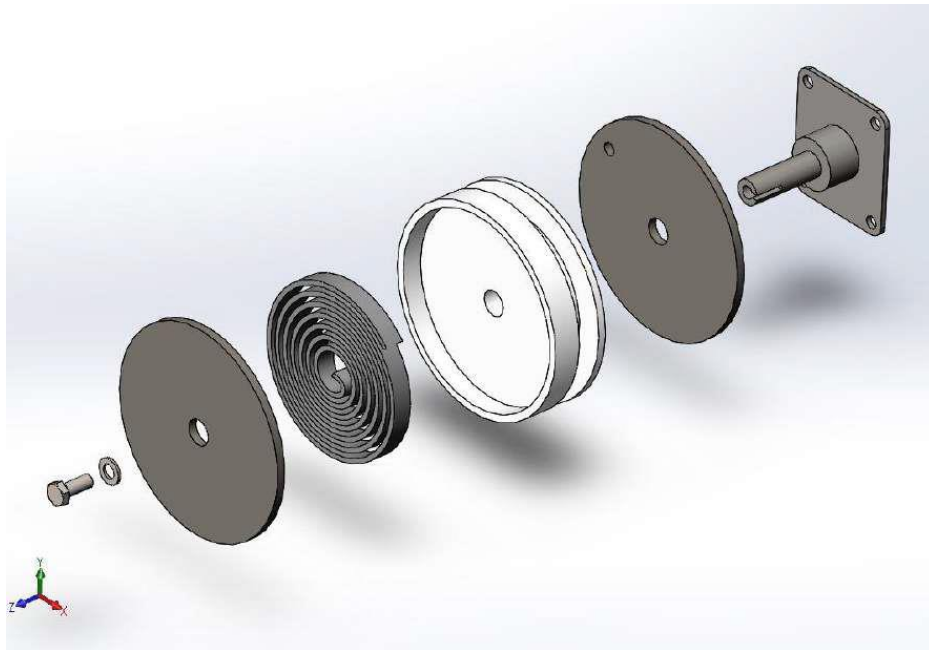


Figura 36: Detalhamento do sistema de mola espiral.

(Fonte: Autor, 2020).

Sobre a carenagem do motor, ela é composta por um motor tubular, seu subconjunto, um eixo de alumínio, a chapa de fixação do motor e os elementos de fixação (figura 37). A fiação do motor passará pela carenagem do trilho indo até a parte frontal da carreta graneleira junto com as fiações existentes, chegando, por fim, ao inversor instalado no trator.



Figura 37: Carenagem do motor e seus componentes.

(Fonte: Autor, 2020).

Pela estrutura do motor tubular é fácil regular o máximo e o mínimo que as roldanas trafegarão. Esse posicionamento é feito a partir de dois posicionadores existentes, de acordo com a figura 38. Para fazer a lona avançar mais ou menos, basta utilizar uma chave estilo allen e rotacioná-la segundo a indicação que consta no próprio motor. O deslocamento linear da roldana sobre o trilho será de 2100mm.



Figura 38: Regulagem de posicionamento mecânico.

(Fonte: Autor, 2020).

Após análises, notou-se que a lona poderia panejar. Diante disso, foi necessário projetar um componente, denominado corta vento, com a finalidade de desviar o vento que poderia levantar a lona, abrindo vãos. Outro componente necessário para o funcionamento da transmissão é a haste, a qual funciona como guia para o eixo das roldanas. No quesito manutenção, as carenagens possuem tampa superior que, uma vez aberta, possibilita total acesso aos componentes. Com isso, o projeto final ficou conforme ilustram as figuras 39 e 40:

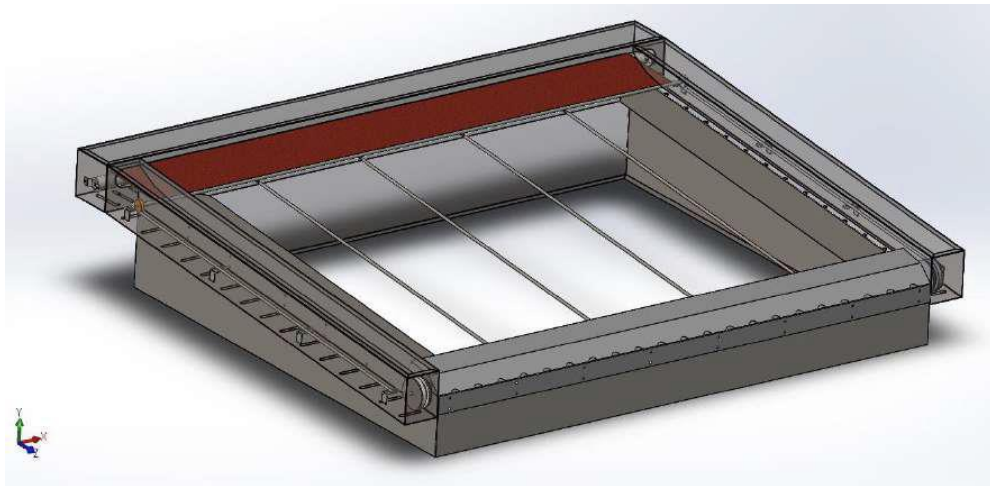


Figura 39: Projeto final com carenagem transparente.

(Fonte: Autor, 2020).

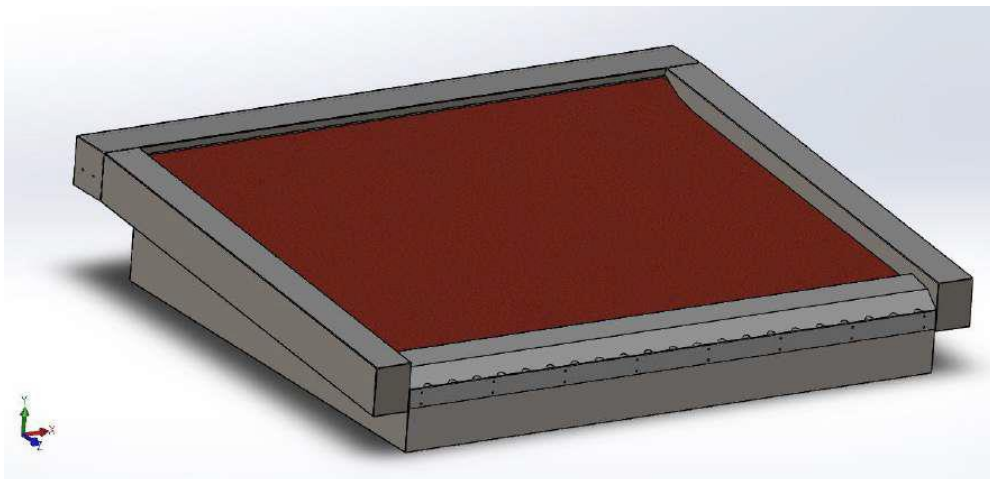


Figura 40: Conceito Final do Projeto.

(Fonte: Autor, 2020).

3.10 DIMENSIONAMENTO DA LONA

A lona terá as dimensões da estrutura do implemento mais 500 mm de folga para garantir a sua fixação no eixo onde será enrolada. As dimensões do implemento estão dispostas na figura 41:

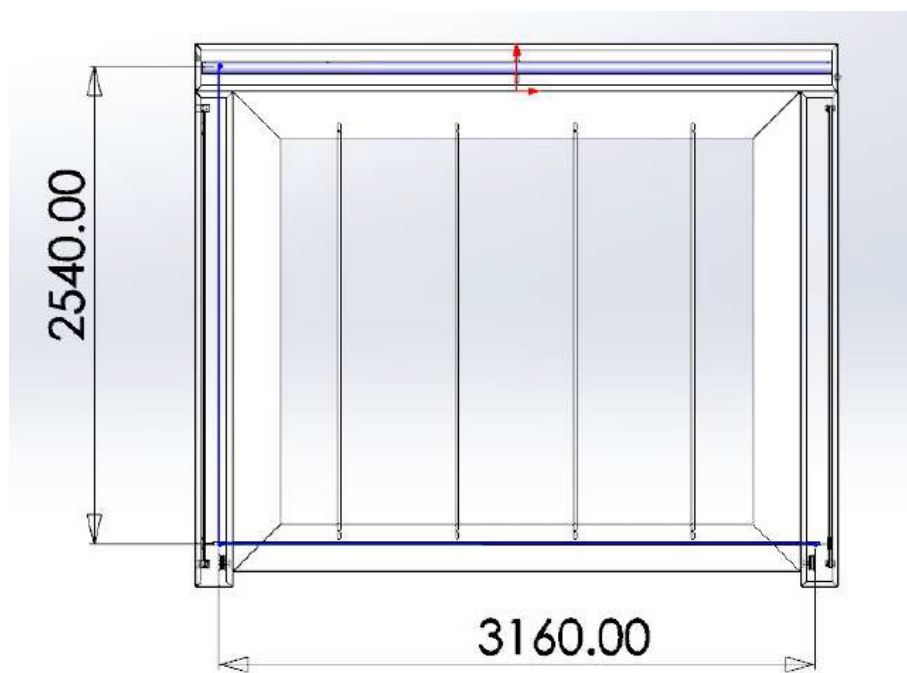


Figura 41: Desenho com vista superior para análise das dimensões da lona em milímetros.

(Fonte: Autor, 2020).

Portanto, as dimensões da lona serão 3040 mm por 3160 mm. Nesse sentido, define-se ainda a carga que o peso da lona fará para que a mola e o motor puxem. Com a área total da lona de 9,3 m² e com gramatura de 702 g/m², multiplica-se um pelo outro e encontra-se a massa total, a qual transformada é igual a 6,7 kg. Portanto, com peso de aproximadamente 66 N.

A lona será posicionada de forma que a trama fique paralela aos eixos do motor e polias para que a maior resistência à tração seja no sentido que a lona será enrolada. A resistência à tração fornecida pelo fabricante da lona é de 35,0 kgf/cm (urdume) e de 29,5 kgf/cm (trama). Sabendo-se das dimensões usadas de 3040mm (urdume) por 3160mm

(trama), pode-se concluir que a lona escolhida suporta uma força superior a 10.000 kgf no sentido que será tracionada pelo motor e pela mola, o que é muito superior ao necessário.

É importante ressaltar que as condições impostas para a torção foram as mais severas, sem considerar o aumento real e gradativo da aceleração do motor, bem como foi desconsiderado o fato de que a mola iniciará a sua rotação logo após o acionamento do motor e sua massa reduzirá conforme o funcionamento. Com isso, só poderia ser considerado crítico o caso da falha no mecanismo de rotação do eixo. Mas pode-se dizer que as análises provaram que o sistema de enrolar e desenrolar da lona funciona.

Em relação ao custo das peças e a fabricação do projeto, elaborou-se a tabela 6 que segue:

Tabela 6: Custo do projeto final.

CATEGORIA	ITEM	QUANT.	UN.	PREÇO UN.	VALOR
Componentes Móveis	Motor tubular 45 mm 60 Nm	1	Peça	R\$ 590,00	R\$ 590,00
	Lona algodão 8 fios 3040x3160	9,3	m²	R\$ 53,57	R\$ 498,20
	Polia nylon	2	Peças	R\$ 7,50	R\$ 15,00
	Mola helicoidal	2	Peças	R\$ 110,00	R\$ 220,00
	Cabo de aço polido 6x7AF Ø1/8"	5	m	R\$ 7,73	R\$ 38,65
CATEGORIA	ITEM	QUANT.	UN.	PREÇO UN.	VALOR
Componentes estrutura	Conj. M10.40 – parafuso, porca e arruela	76	Peças	R\$ 0,87	R\$ 66,12
	Chapa metálica 2.0mm 1008	230	Kg	R\$ 4,80	R\$ 1.104,00
	Chapa metálica 2.5mm	2,5	Kg	R\$ 4,80	R\$ 12,00
	Eixo alumínio 6061 Ø 2.1/2"x1/8"	3	m	R\$ 57,00	R\$ 171,00
	Eixo polia Ø 20mm SAE 1020	3,5	m	R\$ 17,14	R\$ 60,00
	Trilho perfil 90° Aço carbono	5	m	R\$ 4,33	R\$ 21,65
	Flange sistema mola aço SAE 1010 Ø6"	2	Peças	R\$ 13,78	R\$ 27,56
	Flange com eixo sistema mola	2	Peças	R\$ 52,00	R\$ 104,00
CATEGORIA	ITEM	QUANT.	UN.	PREÇO UN.	VALOR
Componentes elétricos	Fio elétrico	30	m	R\$ 3,72	R\$ 111,60
	Plug de 2P+T 10A com trava	1	Uni.	R\$ 5,80	R\$ 5,80
	Inversor 300W	1	Uni.	R\$ 379,00	R\$ 379,00
	Tomada 2P+T com trava	1	Uni.	R\$ 7,60	R\$ 7,60
CATEGORIA	ITEM	QUANT.	UN.	PREÇO UN.	VALOR
Outros	Fabricação – Corte, dobra e solda	232,5	Kg	R\$ 6,00	R\$ 1.395,00
Total					R\$ 4.827,18

(Fonte: Autor, 2020).

Como o orçamento realizado foi sobre o valor do produto unitário, elevou-se o custo do projeto. Compreende-se que, para a sua redução, muitas peças poderiam ser fabricadas. Outra possibilidade seria a compra em demanda, o que tenderia a reduzir os custos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Devido ao agronegócio se encontrar em constante desenvolvimento, há grande demanda de produção e mercado competitivo. Isso despertou o interesse em desenvolver um sistema funcional que enlone automaticamente a carreta graneleira, evitando a umidade dos cereais e riscos ao colaborador.

Para o projeto de enlonamento da carreta graneleira, fez-se uso de uma matriz de pesquisa chamada QFD, a partir da qual se realizou uma pesquisa com aplicação de formulários. Com esse instrumento de coleta de dados, foram levantadas sugestões de clientes e o que esperam do produto (ilustrado no Apêndice – B). Com essas respostas em mãos, iniciou-se um estudo dos principais parâmetros do projeto, sendo eles: a escolha dos materiais, as partes estruturais e os móveis. A partir disso, aplicou-se a matriz de decisão para a escolha dos materiais com melhor avaliação, mantendo as premissas iniciais do projeto. Na escolha do motor, obteve-se empate, optando-se pelo de menor valor, já que todos atendiam as necessidades.

Em números, os cálculos apresentaram valores que precisaram ser considerados no projeto. O resultado de cada componente altera a sua estrutura, em razão disso, para obter outros dados numéricos, foram utilizados o software *SolidWorks*, que aplicam, pela modelagem do projeto, simulações em pontos específicos.

Com isso, foi apresentada a construção de um modelo tridimensional em escalas reais com as características do protótipo do sistema de enlonamento para carreta graneleira. A partir desse modelo, simulou-se o seu funcionamento para posterior avaliação. Ademais, estimou-se a viabilidade financeira de produção do equipamento a partir da análise dos custos. Dessa forma, validou-se o projeto visando à melhoria da segurança do colaborador e a evitar que os cereais venham a ter um aumento de umidade por intempéries.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando por base o constante desenvolvimento do agronegócio, a alta demanda de produção e o mercado competitivo, despertou-se o interesse do responsável pelo trabalho em desenvolver um sistema funcional de enlonamento que evite o aumento da umidade dos cereais e, ainda, que minimize os riscos do operador na carreta graneleira durante o desempenho de suas atividades.

Fez-se uso, aqui, da pesquisa QFD com a aplicação de formulário para levantamento de dados e sugestões dos clientes, com o intuito de ampliar a visão a respeito do que eles esperam do produto. Ao ponderar os resultados, concluiu-se que o produto deveria ter durabilidade, resistência e baixo custo para conquistar mercado. Realizou-se, a partir das informações, um estudo dos principais parâmetros do projeto, sendo eles: escolha dos materiais, partes estruturais e móveis. Logo, aplicou-se a matriz de decisão para essa escolha, permitindo analisar as melhores opções com o cruzamento dos dados, mantendo as premissas iniciais do projeto.

Os cálculos evidenciaram valores que exigiram atenção para o início do projeto. Foi o caso do peso necessário da lona para cobrir o implemento, pois isso afetaria diretamente a escolha do torque e da potência do motor. Mesmo considerando um coeficiente alto de segurança, esses cálculos mostraram que não haveria o risco de os materiais escolhidos falharem precocemente, garantindo o funcionamento esperado do mecanismo.

Devido à falta de uma carreta graneleira em tamanho real para o desenvolvimento do projeto, construiu-se um pré-protótipo e um protótipo em escala real. Obteve-se melhor visualização de erros e problemas encontrados no sistema de enlonamento proposto, permitindo a sua correção antes de executar o projeto, validando, portanto, a ideia.

Dessa forma, pôde-se confirmar que a solução encontrada para o projeto atendeu aos objetivos, os quais visaram a uma melhoria na segurança do colaborador e a evitar que os cereais sofram aumento de umidade por intempéries/clima.

Percebeu-se como principal ponto de dificuldade no decorrer do trabalho o sistema de transmissão, visto que a lona, ao ser desenrolada do eixo, acabaria embolando por não ter algo que a tracionasse para o lado oposto.

Nessa situação, fez-se uso de mola espiral para exercer a força necessária ao tracionar a lona. Durante a elaboração do pré-protótipo, notou-se também que a lona panejaria quando a graneleira fosse exposta a fortes ventos, podendo fazer com que a lona rasgasse. Como

melhor método de solução viu-se o acoplamento de uma estrutura corta vento, em que o eixo da extremidade da lona encaixa na parte inferior da estrutura, evitando que o vento canalize debaixo da lona.

Vale ressaltar que a utilização de sensores no projeto da carreta graneleira é inviável, porque, quando expostos a fortes intempéries e sujeiras, teria mal funcionamento, trazendo problemas a curto prazo no funcionamento do sistema de enlonamento e gerando muita manutenção ao cliente. Esse obstáculo dificultou o desenvolvimento do projeto, acabando por limitar a escolha do motor que precisaria ter uma posição ajustável, por não ser possível a implantação do sensor de posição da lona. Notou-se, também, que a dificuldade de implantação dos sensores na carreta graneleira inviabilizou ainda a utilização de sensor de chuva para que o sistema fechasse quando o operador estivesse distante do implemento.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir das dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do trabalho e dos resultados obtidos, apontam-se abaixo os pontos que podem ser melhorados em trabalhos futuros:

- a) Desenvolver uma forma de evitar o fechamento do sistema quando o operador estiver dentro do equipamento realizando manutenção;
- b) Desenvolver um sistema mais eficiente que as polias, no caso as guias de precisão com rolamentos lineares;
- c) Avaliar a disponibilidade de aplicação de motor tubular 12V para redução de custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBY, Michael. **Seleção de materiais no projeto mecânico**: 4. ed. Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2012.

BATALHA, Gilmar F. **Processos de fabricação**: Junção, soldagem e brasagem. Laboratório de Engenharia de Fabricação - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

BEER, Ferdinand P. et al. **Mecânica dos materiais**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 800 p.

BERTULUCCI, Cristiano. S. **Servo motor: Veja como funciona e quais os tipos**. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/servo-motor/>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BITENCOURT, Diógenes. **Instituto federal de educação ciência e tecnologia**. Disponível em: <<https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/a/a6/MOLAS.pdf>>. Acesso em: 07 maio. 2020.

BOLFE, É. **Inovação no campo, mais alimento à mesa do brasileiro**. Campo e Lavoura, do jornal Zero Hora, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31640057/artigo---inovacao-no-campo-mais-alimento-a-mesa-do-brasileiro>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

BRASIL. Emenda constitucional Nº 91, de 5 de outubro de 1988. **Dá nova redação ao art. 6º da Constituição Federal, para introduzir o transporte como direito social**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Constituicao.htm#art6...> Acesso em: 29 mar. 2020.

BRASIL. LEI nº 5.452, de 1º de maio de 1943. **Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452compilado.htm> Acesso em: 29 mar. 2020.

BRASIL. LEI nº 6.367, de 19 de outubro de 1976. **Dispõe sobre o seguro de acidente do trabalho a cargo do INPS e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6367.htm> Acesso em: 29 mar. 2020.

BRASIL. LEI nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. **Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à segurança e medicina do trabalho e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm>. Acesso em: 29 mar. 2020.

BRASIL. **Promulga a convenção nº 119, da Organização Internacional do trabalho, sobre proteção das máquinas, concluídas em Genebra, em 25 de junho de 1963.** Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1255.htm>. Acesso em: 29 mar. 2020.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT J. Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**. 8ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2009.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. **Elemento de máquinas de Shigley**. 10. ed., Porto Alegre: AMGH, 2016.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith. **Elementos de maquinas de Shigley. Projeto de engenharia mecânica**. 8 ed. Porto Alegre: Mc Graw Hill e Bookman, 2011. 1084 p.

CAETANO, Mário J. L. **Resistência ao rasgo**. 2018. Disponível em: <<https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/propriedades-dasborrachas-vulcanizadas/propriedades-fisicas/propriedadesmecanicas/resistencia-ao-rasgo/>>. Acesso em: 16 maio. 2020.

Canvas Brasil. **Segurança total para sua carga**. Disponível em: <<http://www.canvasbr.com.br/lona-encerado-de-algodao>>. Acesso em: 10 out. 2020.

Chacon. **Motor tubular para persianas**. Disponível em: <<https://www.chacon.be/pt/persianas/200-motor-tubular-para-persianas.html>>. Acesso em: 18 maio. 2020.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica**. 2., ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1986.

CORRÊA, M. Ila.; Ramos, H. Hamilton. Acidentes rurais. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas – RS, v. n. 16 p. 24 – 25, jan. 2003.

CRISPA, Cristina.; **A mecanização e agricultura de precisão**. Disponível em: <<https://www.agron.com.br/publicacoes/informacoes/artigostecnicos/2017/11/07/055634/a-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao.html>> Acesso em 08 abril. 2020.

Domotics. **Ficha técnica no motor Lex-rm**. Disponível em: <<http://www.v2elettronica.com>>. Acesso em: 26 set. 2020.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja**, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16->

online.pdf> Acesso em: 28 mar. 2020.

EMBRAPA. **Automação E Agricultura De Precisão**. 2018

Disponível em <<https://www.embrapa.br/tema-mecanizacao-e-agricultura-de-precisao/nota-tecnica>> Acesso em: 26 mar. 2020.

FERO, A. **Setor de Máquinas Agrícolas no Brasil: evolução os últimos anos e perspectivas**, 2014. Disponível em: <<http://www.celeres.com.br/o-setor-demaquinas-agricolas-no-brasil-evolucao-nos-ultimos-anos-e-perspectivas/>>.

Acesso em: 26 mar. 2020.

FERREIRA, L.L. **Sobre a Análise Ergonômica do Trabalho ou AET**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, v.40, n.131, p.8-11, 2015.

Disponível em: <<http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/viewFile/736/466>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

FREITAS, S. C., **Análise Ergonômica da Atividade com Pulverizador Costal Manual na Cultura do Café no Município de Caratinga - MG**. 2006. 58 p.

Dissertação (Pós-Graduação em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – UNEC, Caratinga. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/61407063-Analiseergonomica-da-atividade-com-pulverizador-costal-manual-na-cultura-do-cafeno-municipio-de-caratinga-mg.html>>. Acesso em: 27 abril. 2020.

GOMES, João F. **Ergonomia do objeto: Sistema técnico de leitura ergonômica**. 2ª edição. São Paulo: Escrituras editora, 2010.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física**. ed. 10. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 797 p. v. 1.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física**. ed. 7. Rio de Janeiro: LTC, 2003. v. 2.

Hayonik. **Inversor de onda modificada 12vdc/127v**. Disponível em:

<<https://www.hayonik.com/inversor-de-onda-senoidal-12vdc-127v-usb-2000whayonik>>. Acesso em: 25 maio. 2020.

IBGE. **Estatísticas Econômicas**. 2018. Disponível em:

<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agenciade-noticias/releases/20166-pib-avanca-1-0-em-2017-e-fecha-ano-em-r-6-6-trilhoes.html>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

KLAVER, D RIBEIRO. **Programa Computacional para Otimização da Lastragem de Tratores Agrícolas**. 2013. Disponível em: <<http://uenf.br/posgraduacao/producao-vegetal/wp-content/uploads/sites/10/2014/08/Pablo-Klaver.pdf>> Acesso em: 24 maio. 2020.

LIZOT. **Roldana Nylon Em 2.1/2x20mm V Com Bucha E Parafuso Para**

Portão Com Rolamento. Disponível em:

<<https://www.lizotferragens.com.br/Produto/ROLDANA-NYLON-EM-2.1-2X20MM-V-COM-BUCHA-E-PARAFUSO-PARA-PORTAO-COMROLAMENTO>>.

Acesso em: 28 set. 2020.

Locomotiva. **Folheto Locomotiva Geral.** 2014. Disponível em:

<http://www.locomotiva.com.br/arquivos/folheto_locomotiva_geral_web.pdf>.

Acesso em: 18 maio. 2020.

Lonas Alvorada. **Locomotiva encerado.** Disponível em:

<<http://www.lonasalvorada.com.br/transporte/locomotiva-encerado>>. Acesso

em: 18 maio. 2020.

LOPES, M. A. **A real contribuição do Campo:** estudos socioeconômicos e ambientais. Correio Braziliense, Brasília 2018. Disponível em

<<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32501525/artigo---a-realcontribuicao-do-campo>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

MANTOVANI, E.; LEPLATOIS, M.; INAMASSU, R. **Automação Do Processo De Avaliação De Desempenho De Tratores E Implementos Em Campo.** 1999. Disponível

em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999000700017>> Acesso em: 11 mar. 2020.

MARQUES, P.V.; MODENESI, P.J.; BRACARENSE, A.Q. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia.** 2. ed., Belo Horizonte: UFMG, 2007.

MENEZES, Denilson; MARTINS, S. Diego. **Automação e controle de pulverização em máquinas agrícolas.** Revista Regrad, Marília-SP, v.1, a.2, pg. 23-34, 2009. Disponível em:

<<http://www.revista.univem.edu.br/REGRAD/article/download/166/186/0>>.

Acesso em: 06 mar. 2020.

MONQUEIRO, Julio Cesar Bessa. **Fontes de alimentação e dispositivos de proteção:** Entendendo a eletricidade: tensão, corrente, watts e outros. 2010.

Disponível em: <<https://www.hardware.com.br/guias/fontesprotecao/entendendo-eletricidade.html>>. Acesso em: 27 maio. 2020.

MORAIS, Cícero C.; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial.** 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. 271p.

MOTTA, José Luis Gaffrée. **A importância do geoprocessamento no planejamento rural.** 2000. Disponível em:

<<https://mundogeo.com/blog/2000/02/02/a-importancia-do-geoprocessamentono-planejamento-rural/>> Acesso em: 11 abril. 2020.

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-notrabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>> Acesso em: 13 abril. 2020.

MTE. Ministério do trabalho e emprego. **NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/segurancae-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>> Acesso em: 13 abril. 2020.

MTE. Ministério do trabalho e emprego. **NR 17 – Ergonomia**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normasregulamentadoras>> Acesso em: 13 abril. 2020.

MTE. Ministério do trabalho e emprego. **NR 35 – Trabalho em altura**. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-notrabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>> Acesso em: 13 abril. 2020.

NORTON, R. L., **Projeto de máquinas**: Uma abordagem integrada. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 912 p.

NUNES, Gabriel. **Ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos**. 2017. Disponível em: <<http://solucoesufv.com.br/conteudo/ferramentas-paradesenvolvimento-de-novos-produtos/>> Acesso em: 20 maio. 2020.

OBR Equipamentos. **Montagem de trilho e polia**. Disponível em: <http://www.obr.com.br/catalogos/OBR_dualvee.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.

OUCHEN. **Estrutura interna de um motor tubular**. Disponível em: <<https://ouchen-motor.en.made-in-china.com>>. Acesso em 26 set. 2020.

PALERMO, T. **A nova revolução na agricultura**, 2018. Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/artigos/nova-revolucao-na-agricultura>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

PEREIRA, Gislaine de Souza. **Introdução à Tecnologia Têxtil**: Curso Têxtil Em Malharia E Confecção Módulo 2. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/7/7d/Apostila_tecnologia.pdf>. Acesso em: 29 maio. 2020.

PROVENZA, Francesco. **Projeto de máquinas**. 2 ed. São Paulo: F. Provenza, 1960. 6-07 p.

SAEED, B. Niku. **Introdução à robótica: análise, controle, aplicações**. 2. ed. Rio

de Janeiro, RJ: LTC, 2013. xvii, 382 p.

SILVA, Julivan Arantes. **Momento Agro**. Disponível em: <<https://www.momentoagrodobrasil.com.br/lona-para-caminhao/>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

SIMÕES, Roberto Mac Intyer. **Sistemas hidráulicos e pneumáticos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2016. 244 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**, 3ª edição - São Paulo: Atlas, 2009.

Soluções Industriais. **Fábrica de lona de PVC**. Disponível em: <<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/movimentacao-e-armazenagem/movecargas/produtos/seguranca-e-protecao/fabrica-de-lonas-de-pvc>>. Acesso em: 17 mai. 2020.

SPADA, A. **Matriz de Decisão – A ferramenta ideal para decisões rápidas**, 2018. Disponível em: <<https://blog.sforweb.com.br/matriz-de-decisao-aferramenta-ideal-para-decisoes-rapidas/>> Acesso em: 21 abr. 2020.

Stara S/A Indústria de Implementos Agrícolas – Evolução Constante. **Manual de Instruções Carreta Agrícola REBOKE 20000 INOX**, 2018. Disponível em: <https://www3.stara.com.br/wp-content/uploads/sites/62/2015/04/BR_Reboke_Inox_web-2.pdf> Acesso em: 02 jun. 2020.

STEPHEN, D. Umans. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e kingsley**. 7ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

Tamoyo. **Tubo alumínio redondo**. Disponível em: <<https://www.lojastamoyo.com.br/tubo-cabideiro-redondo-3-00-mt-aluminioanodiz-2105-alternativa-39604>>. Acesso em: 28 set. 2020.

Tech One. **Manual do usuário inversor de voltagem**. Disponível em: <<https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/panel-alpessao/uploads/public/5b2/945/ee1/5b2945ee1f1b1508076719.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

Tech Spring. **Mola espiral plana**. Disponível em: <https://www.dayi.com.tw/pt/product/Molas-de-toro-em-espiral/spiral-torsion-springs_flat-coilsprings.html>. Acesso em: 28 set. 2020.

TUNG, Nghyen H. **Planejamento e Controle Financeiro das Empresas Agropecuárias**. 1ª ed. São Paulo: Universidade-Empresa, 1990. 101p.

UNICAMP. Universidade estadual de Campinas. **Conversores Cc-Ca:**

Inversores Operando Em Frequência Constante. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/ee833/Modulo6.pdf>>. Acesso em 25 mai. 2020.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas et al. **Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas.** Rev. Econ. Social. Rural, Brasília, v. 51, n. 4, p. 719-744, Dez. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-200320130004000006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 16 mai. 2020.

WENCHI. **Inversor de corrente senoidal pura para inversor de corrente contínua.** Disponível em: <<https://www.wenchi-power.com/pt/category/Inversorde-corrente-senoidal-pura-para-inversor-de-corrente-contnua/A.html>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

WINGER SCREENS. **Diferentes tamanhos e tipos de motor tubular.** Disponível em: <<http://www.wingerscreens.com/>> Acesso em: 29 abr. 2020.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO DA PESQUISA

ENLONAMENTO DA CARRETA GRANELEIRA

Dispositivo automático para cobrir e proteger as sementes na carreta graneleira, sem esforço e risco.

1) Em uma escala de 1 a 5, em que 1 é nada interessante e 5 é muito interessante, o quanto você achou esse produto interessante?

nada interessante ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 muito interessante

2) Em uma escala de 1 a 5, em que 1 é nada necessário e 5 é muito necessário, qual a necessidade do produto hoje no seu trabalho?

nada necessário ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 muito necessário

3) Em uma escala de 1 a 5, em que 1 é nenhum interesse e 5 é muito interesse, qual o seu interesse em comprar/usar esse produto?

nenhum interesse ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 muito interesse

4) Em uma escala de 1 a 5, em que 1 é não recomendaria e 5 é recomendaria absolutamente, se esse produto estivesse disponível hoje no mercado, você recomendaria ele?

não recomendaria ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 recomendaria absolutamente

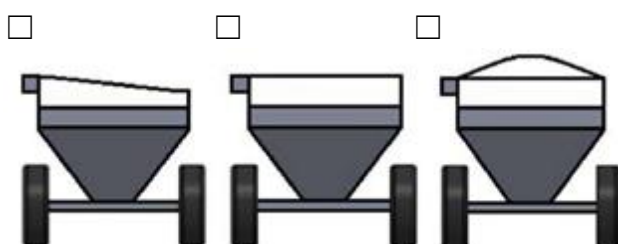
5) Em uma escala de 1 a 5, em que 1 é nada útil e 5 é muito útil, qual é o nível de utilidade deste produto?

nada útil ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 muito útil

6) Em uma escala de 1 a 5, em que 1 é nada facilitado e 5 é muito facilitado, o quanto o trabalho seria facilitado?

nada facilitado ☐1 ☐2 ☐3 ☐4 ☐5 muito facilitado

7) Numere de 1 a 3, em ordem de preferencia, sendo 1 o que mais prefere e 3 o que menos prefere, qual o modelo de cobertura seria melhor?



APÊNDICE A – (CONTINUAÇÃO) FORMULÁRIO DA PESQUISA

8) Quanto você pagaria por esse produto?

9) Você conhece algum produto similar a este?

Sim ☐ Não ☐

10) O que você é?

Proprietário ☐ Funcionário ☐ Engenheiro ☐ Outros ☐

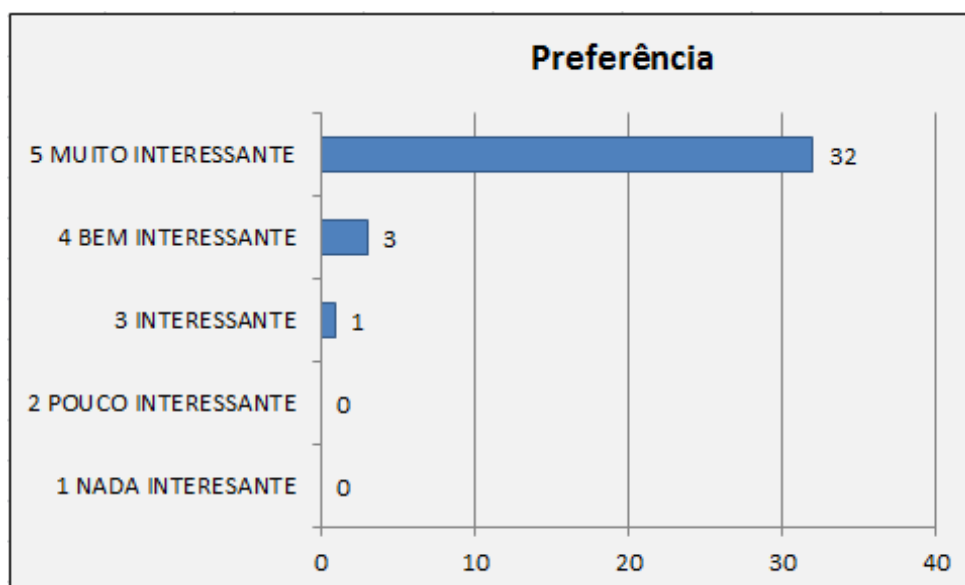
11) Qual o tamanho da propriedade em que trabalha?

Caso queira fazer alguma observação ou sugestão, fique a vontade.

APÊNDICE B – ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

Total de pesquisas	36
Total de perguntas respondidas	396
Total de sugestões	14
Perguntas ignoradas	0

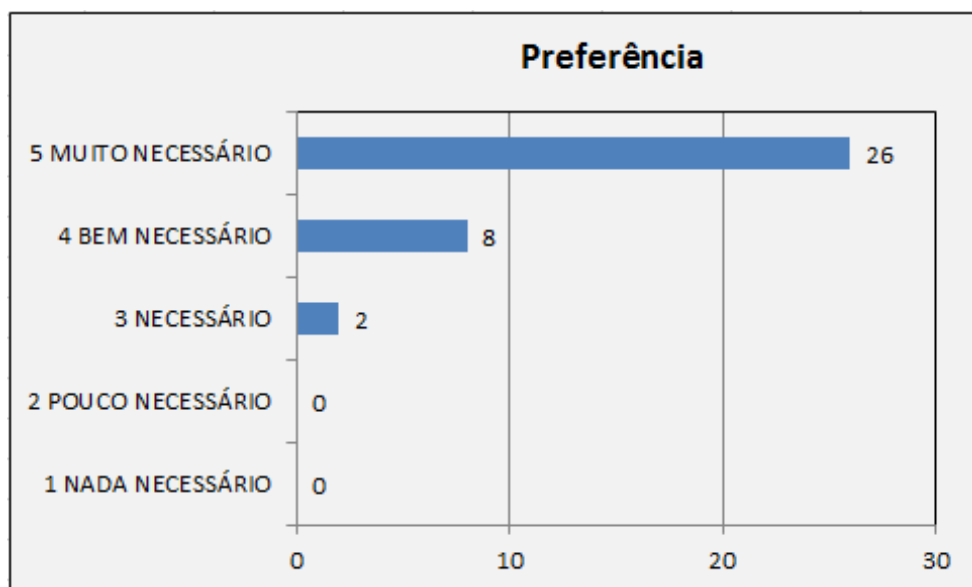
Questão 1: O quanto você achou esse produto interessante?



Opções de resposta	Respostas	
1 – Nada interessante	0%	0
2 – Pouco interessante	0%	0
3 – Interessante	2,77%	1
4 – Bem interessante	8,33%	3
5 – Muito interessante	88,88%	32
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

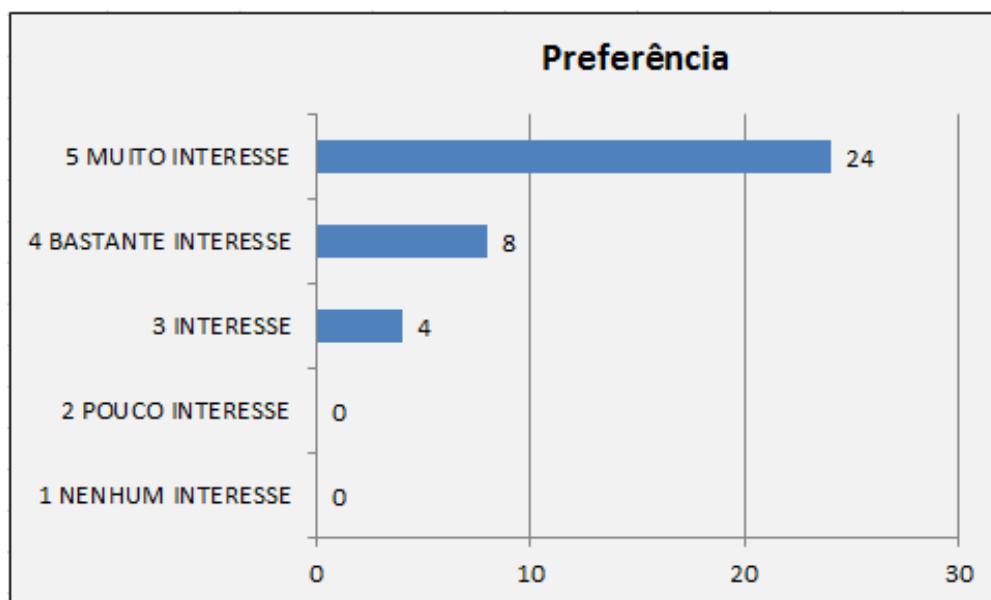
Questão 2: Qual a necessidade hoje do produto no seu trabalho?



Opções de resposta	Respostas	
1 – Nada necessário	0%	0
2 – Pouco necessário	0%	0
3 – Necessário	5,55%	2
4 – Bem necessário	22,22%	8
5 – Muito necessário	72,22%	26
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

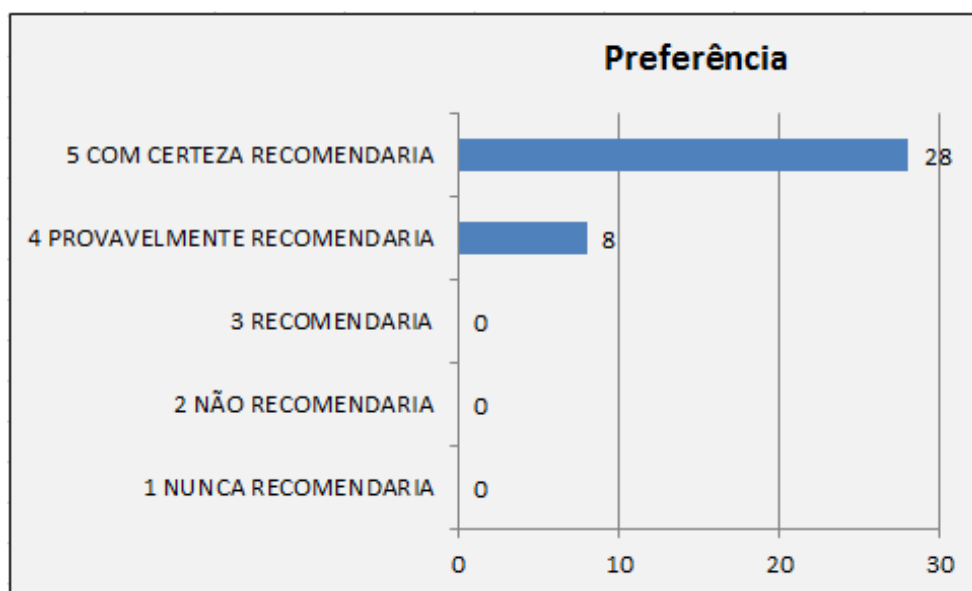
Questão 3: Qual o seu interesse em comprar/usar este produto?



Opções de resposta	Respostas	
1 – Nenhum interesse	0%	0
2 – Pouco interesse	0%	0
3 – Interesse	11,11%	4
4 – Bastante interesse	22,22%	8
5 – Muito interesse	66,66%	24
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

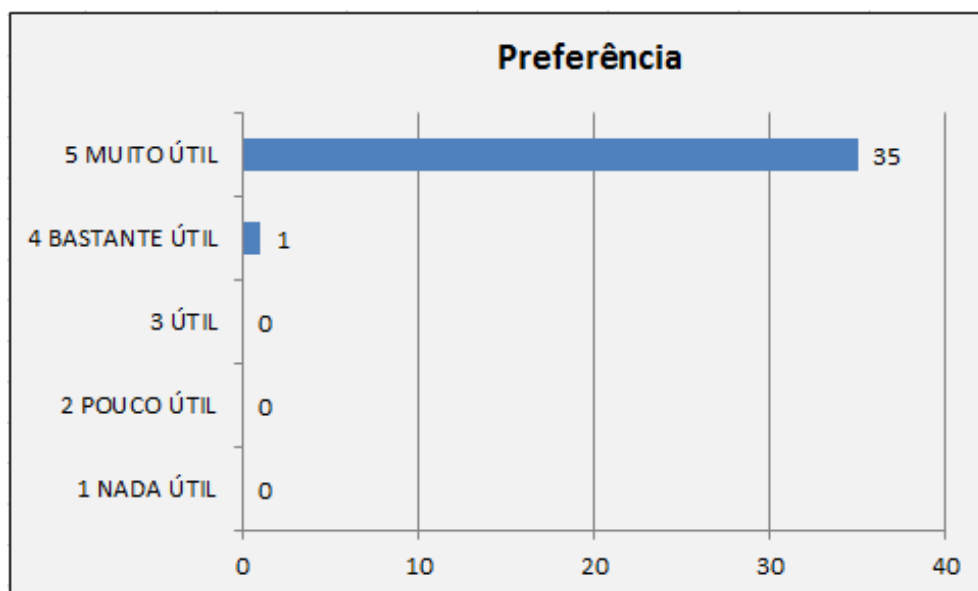
Questão 4: Se esse produto estivesse disponível hoje no mercado, você recomendaria ele?



Opções de resposta	Respostas	
1 – Nunca recomendaria	0%	0
2 – Não recomendaria	0%	0
3 – Recomendaria	0%	0
4 – Provavelmente recomendaria	22,22%	8
5 – Com certeza recomendaria	77,77%	28
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

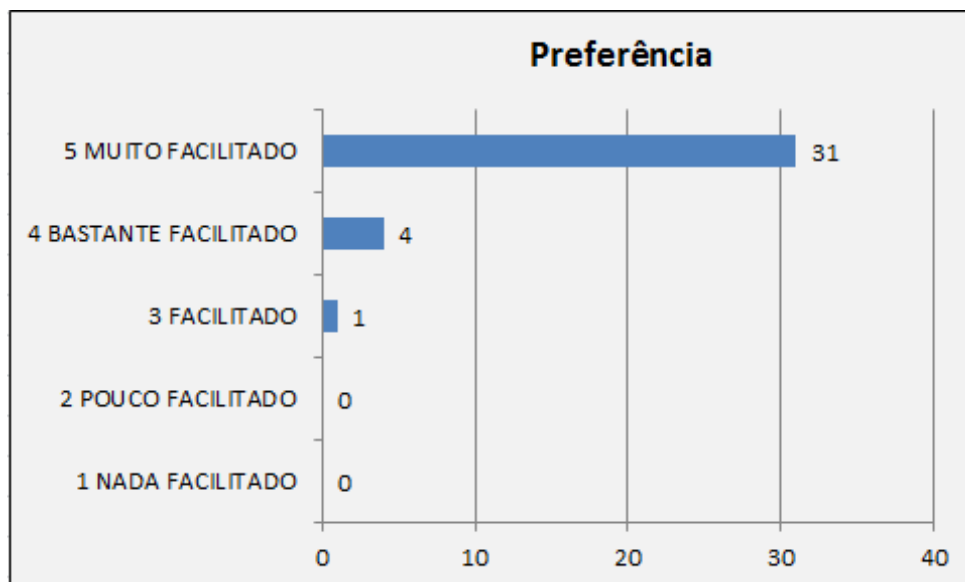
Questão 5: Qual é o nível de utilidade deste produto?



Opções de resposta	Respostas	
1 – Nada útil	0%	0
2 – Pouco útil	0%	0
3 – Util	0%	0
4 – Bastante útil	2,77%	1
5 – Muito útil	97,22%	35
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

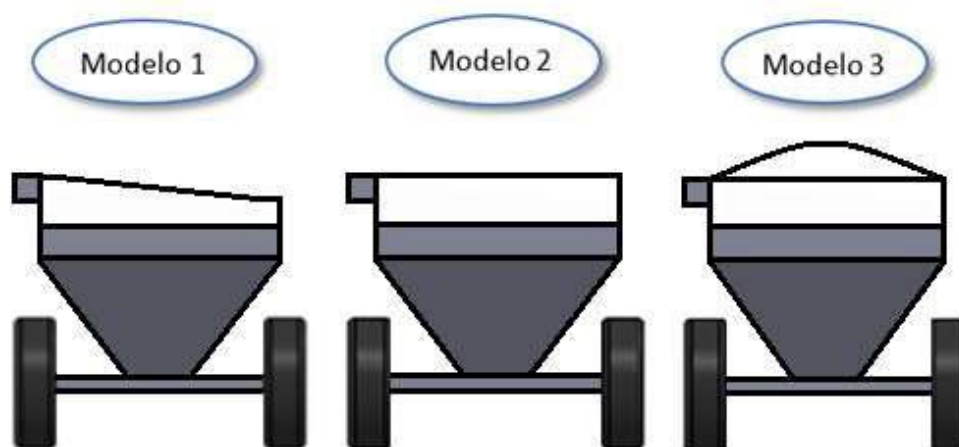
Questão 6: O quanto o trabalho seria facilitado?



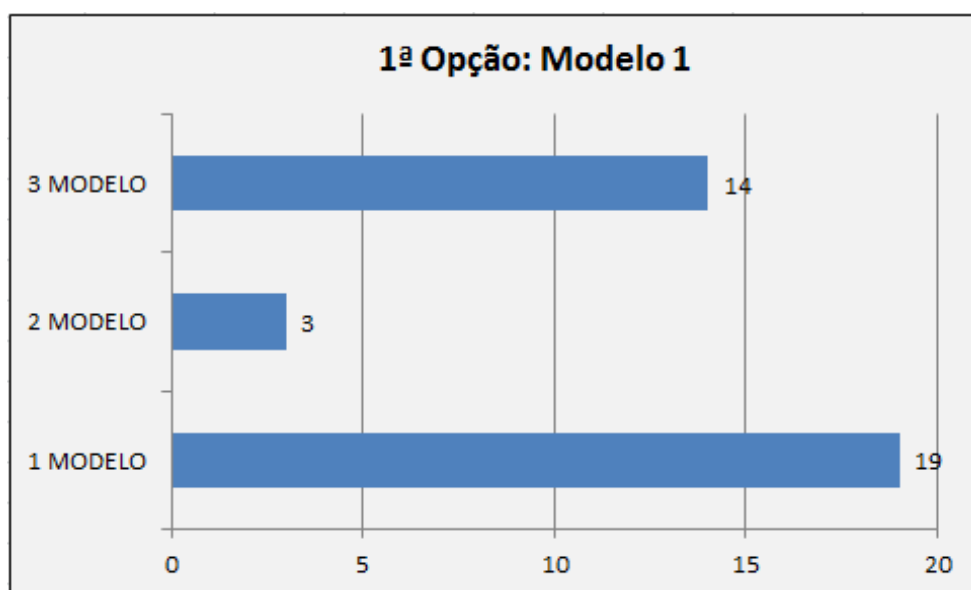
Opções de resposta	Respostas	
1 – Nada facilitado	0%	0
2 – Pouco facilitado	0%	0
3 – Facilitado	2,77%	1
4 – Bastante facilitado	11,11%	4
5 – Muito facilitado	86,11%	31
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

Questão 7: Qual modelo de cobertura seria melhor 1, 2 ou 3?



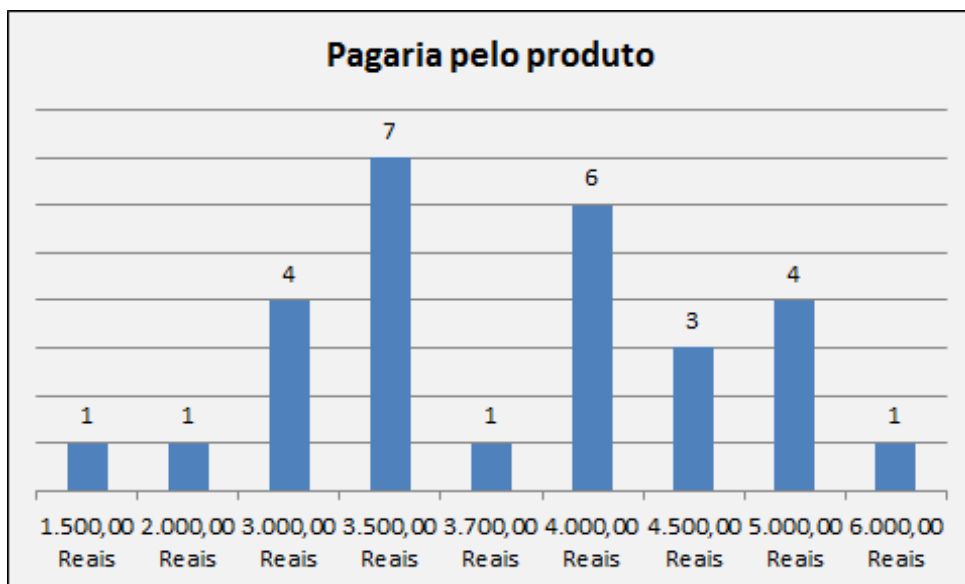
Primeira opção modelo 1:



1º Opção de voto	Respostas	
Modelo 1	52,77%	19
Modelo 2	8,33%	3
Modelo 3	38,88%	14
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

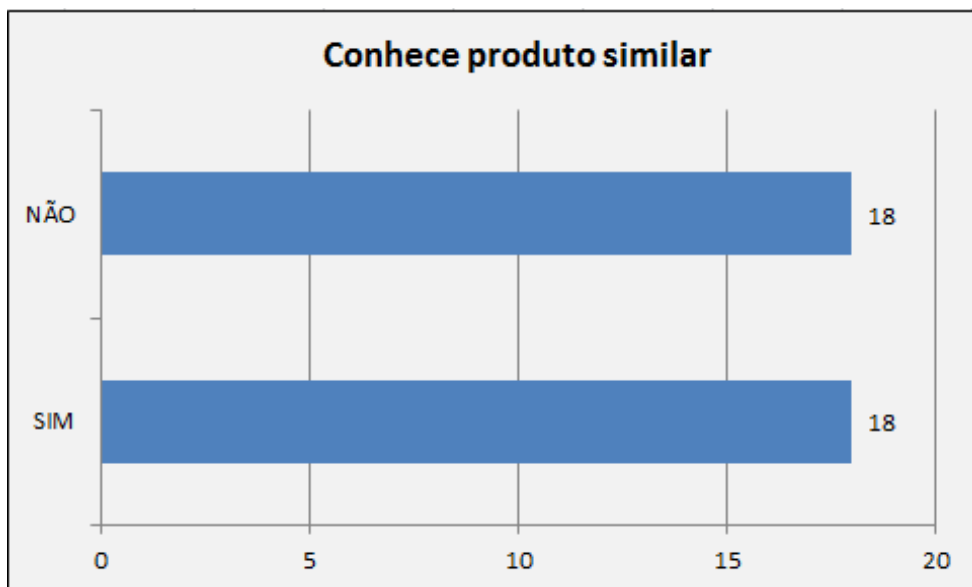
Questão 8: Quanto você pagaria por esse produto?



Pagaria pelo produto	Respostas	
1 – 1.500,00	3,57%	1
2 – 2.000,00	3,57%	1
3 – 3.000,00	14,28%	4
4 – 3.500,00	25,00%	7
5 – 3.700,00	3,57%	1
6 – 4.000,00	21,42%	6
7 – 4.500,00	10,71%	3
8 – 5.000,00	14,28%	4
9 – 6.000,00	3,57%	1
Total	28 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

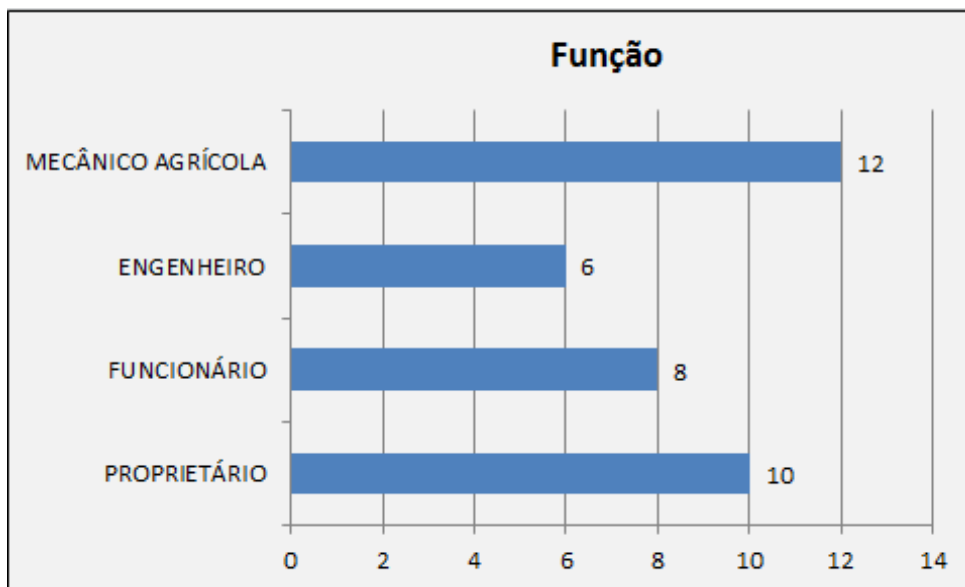
Questão 9: Você conhece algum produto similar a esse?



Conhece produto similar	Respostas	
1 – Sim	50,00%	18
2 – Não	50,00%	18
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

Questão 10: O que você é, proprietário, funcionário, engenheiro?



Qual função	Respostas	
1 – Proprietário	27,77%	10
2 – Funcionário “Operador”	22,22%	8
3 – Engenheiro Agrônomo	16,66%	6
4 – Mecânico agrícola	33,33%	12
Total	36 respostas	

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA PESQUISA

Questão 11: Caso queira fazer alguma observação ou sugestão.

Nº	Sugestões dos entrevistados
1	Considerando que hoje em dia todos os operadores de máquinas já possuem smartphones, o controle de abertura e fechamento da cobertura poderia ser feito via aplicativo de celular e sinal bluetooth, eliminando cabos e fios em diferentes tratores, agilizando a troca do implemento “engate” da carreta graneleira.
2	O sistema precisa ser de fácil manuseio e não apresentar problemas “muita manutenção”.
3	Produto precisa ser confiável.
4	Acredito que esse equipamento irá melhorar e otimizar o trabalho do agricultor. Esse equipamento precisa ter baixo custo de manutenção.
5	Poderia ser de fibra, a lona pode rasgar e molhar o produto.
6	Analisar altura do tubo de descarga da colhedeira, para que não para no sistema de enlonamento proposto.
7	O produto necessita minimizar todos os riscos do operador. Teria que ser um equipamento prático, para poder evitar ao máximo o operador subir no equipamento. OBS: Uma lona que não seja lisa, porque o sistema existente da lona fácil patina no maior grau do equipamento.
8	Melhorar a eficiência, uma tecnologia que seja mais prática para ajudar a cobrir mais rápido a carreta graneleira, pode ser parecido com a lona fácil, mas com motor.
9	Conheço produto similar de enlonar em PICKUP.
10	O sistema que conheço é de forma manual, conhecido por lona fácil.
11	A escolha do modelo 1 foi definido pela dificuldade do modelo 2 que votei é porque o modelo 2 patina a lona na parte mais alta.
12	Tempo de fechamento não pode ser demorado e a manutenção tem de ser fácil.
13	Conheço a lona fácil como produto similar. A manutenção do equipamento proposto precisa ser rápida e barata.
14	Modelos mais novos pode ser comprado a lona fácil “manual”.

APÊNDICE C – MATRIZ QFD

