

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIA**

CAIO ZINN

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE IMPLEMENTO AGRÍCOLA
PARA LIMPEZA DE POMAR DE MAÇÃ**

**CAXIAS DO SUL
2021**

CAIO ZINN

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE IMPLEMENTO AGRÍCOLA
PARA LIMPEZA DE POMAR DE MAÇÃ**

Trabalho de conclusão da disciplina TCC2
apresentado à Universidade de Caxias do Sul
como requisito parcial à obtenção do grau de
Engenheiro Mecânico na área de Projetos de
Máquinas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vieceli

CAXIAS DO SUL

2021

CAIO ZINN

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE IMPLEMENTO AGRÍCOLA
PARA LIMPEZA DE POMAR DE MAÇÃ**

Trabalho de conclusão da disciplina TCC2 apresentado à Universidade de Caxias do Sul como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Mecânico na área de Projetos de Máquinas.

Aprovado em / /

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Vieceli
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Me. Adelair Lino Colombo
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Dr. Marcos Alexandre Luciano
Universidade de Caxias do Sul - UCS

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Alexandre Vieceli por todas as horas dedicadas a me orientar, acompanhar e idealizar a realização do presente trabalho.

À empresa Tecnofrutt Máquinas e Implementos Agrícolas, especialmente aos diretores Anderson Benato e Aline Buseti, pela oportunidade e apoio na realização do trabalho.

À minha família, especialmente meus pais, Juarez e Maria, pelo amor, apoio e incentivo em todas as decisões tomadas, e entender meus momentos de ausência.

À minha namorada, Júlia, pelo amor, paciência e estar ao meu lado em todas as dificuldades encontradas.

Aos meus amigos que me apoiaram e fizeram parte desta trajetória na minha carreira.

RESUMO

Com o passar dos anos, o ramo de atividade agrícola passou por inovações tecnológicas para aumentar a eficiência do trabalho. Em meados do século XIX, o desenvolvimento de tecnologia na fabricação dos implementos ganhou impulso, e os mesmos se tornaram mais presentes nas propriedades. Com isso, a produção artesanal se tornou insuficiente, resultando em necessidade de investimento maior para a fabricação, com a finalidade de atender a infinitas demandas. Deste modo, seguindo as tendências de facilitar o trabalho na agricultura, o presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um protótipo de implemento agrícola para uso em pomares de maçã, que possibilita a complementação das tecnologias já existentes nestes ambientes, sendo utilizado para auxílio na limpeza dos pomares. Após a produção do protótipo, o qual apresenta um sistema de cerdas giratórias para a limpeza, sistema de abertura lateral, inclinação e expansão, facilitando a utilização em diversos terrenos, seguiu para teste em campo. Assim foi possível analisar o funcionamento em diferentes estruturas de fileiras o que resultou na conclusão da necessidade de utilização de motor com torque superior ao testado inicialmente, um sistema de inclinação para compensar o desnível do terreno, e a diminuição do comprimento das cerdas, devido ao elevado número de galhos e desníveis do terreno.

Palavras-chave: implemento, limpeza de pomares, agricultura.

ABSTRACT

Over the years, the field of agricultural activity has undergone technological innovations to increase work efficiency. In the mid-nineteenth century, the development of technology in the manufacture of implements gained momentum, and they became more present in the properties. As a result, artisanal production became insufficient, resulting in the need for greater investment in manufacturing, in order to meet infinite demands. Thus, following the trends to facilitate work in agriculture, this work aimed to develop a prototype of an agricultural implement for use in apple orchards, which enables the complementation of existing technologies in these environments, being used to aid in cleaning the orchards. After the production of the prototype, which features a rotating bristle system for cleaning, a side opening, tilt and expansion system, facilitating its use in different terrains, it went on to field testing. Thus, it was possible to analyze the operation in different row structures, which resulted in the conclusion of the need to use a motor with a higher torque than that initially tested, an inclination system to compensate for the unevenness of the ground, and a reduction in the length of the bristles, due to the high number of branches and uneven terrain.

Keywords: implement, orchard cleaning, agriculture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pomar limpo	14
Figura 2 - <i>Rotoandatore per interfilari</i>	14
Figura 3 - Alguns modelos de tratores agrícolas	17
Figura 4 - Trator Waterloo Boy com implemento agrícola antigo.....	18
Figura 5 - Evolução da Quantidade de maquinas e implementos	20
Figura 6 - Sistema de Irrigação.....	22
Figura 7 - Sistema de poda mecanizada.....	23
Figura 8 - Vassoura recolhadora.....	24
Figura 9 - Girorami.....	24
Figura 10 - Sistema de engate de três pontos	25
Figura 11 - Engate de três pontos frontal.....	25
Figura 12 - Sistema hidráulico	26
Figura 13 - Componentes de um cilindro	27
Figura 14 - Fluxograma do Trabalho.....	30
Figura 15 - Sistema de ajuste de altura	31
Figura 16 - Sistema de abertura lateral.....	32
Figura 17 - Implemento acoplado no trator	33
Figura 18 - Sistema de engate do implemento.....	34
Figura 19 - Modelo bilateral	35
Figura 20 - Modelo unilateral	35
Figura 21 - Modelo para estudo	36
Figura 22 - Representação por elementos tetraédricos.....	37
Figura 23 - Representação do local da aplicação da força.....	37
Figura 24 - Modelo definido	39
Figura 25 - Simulação de deformação do aço ASTM A36.....	40
Figura 26 - Simulação de tensão no aço ASTM A36.....	41
Figura 27 - Diagrama Hidráulico	42
Figura 28 - Protótipo do implemento	43
Figura 29 - Protótipo instalado	44
Figura 30 - Teste 1	45
Figura 31 - Teste 3	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do Aço ASTM A36	36
Tabela 2 - Descrição dos cilindros	41
Tabela 3 - Descrição dos motores	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPM	Associação Brasileira de Produtores de Maçã
ASTM	American Society for Testing and Materials
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.2.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS.....	16
2.1.1	MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL	19
2.2	IMPLEMENTOS E TECNOLOGIAS UTILIZADOS NO POMAR DE MAÇÃ	21
2.3	EQUIPAMENTOS SIMILARES PARA LIMPEZA DE POMARES	23
2.4	SISTEMAS DE ACOPLAMENTO	24
2.5	SISTEMA HIDRÁULICO	26
2.5.1	CILINDROS HIDRÁULICOS	26
2.5.2	MOTORES HIDRÁULICOS	28
3	MATERIAIS E METODOLOGIA	29
3.1	MÉTODO PROPOSTO PARA O TRABALHO.....	29
3.2	ANÁLISE DE DADOS	30
3.2.1	PRÉ-DIMENSIONAMENTO	30
3.2.2	ACOPLAMENTO EM TRATORES	32
3.3	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	33
3.3.1	APRESENTAÇÃO DO MODELO INICIAL	34
3.3.2	ESTUDO DE ESFORÇOS	36
3.4	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E TESTE DE CAMPO	38
4	RESULTADOS	39
4.1	ESTUDO DO MODELO DEFINIDO.....	39
4.1.1	DEFINIÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO	41
4.1.2	DIAGRAMA HIDRÁULICO	42
4.2	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	43
4.3	TESTE DO PROTÓTIPO	44
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48

Anexo A – folder do <i>rotoandatori</i>.....	51
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

Os constantes avanços da tecnologia em todos os setores, não poderiam deixar a agricultura estagnada, por isso são implementados equipamentos para diminuir, cada vez mais, o trabalho manual e aumentar a mecanização do campo. Uma das produções que está em constante crescimento, evoluindo do nível de produção nacional para o de exportação, são os pomares de maçãs. Em 2019 o Rio Grande do Sul contava com 14 mil hectares de área de cultivo, distribuídos em 26 municípios, e segundo a Associação Brasileira de Produtores de Maçã, ABPM (2016), isso equivale a 45% da produção de maçã brasileira.

Conforme o crescimento do referido segmento, a tecnologia vem sendo implementada para facilitar o trabalho no campo e auxiliar no melhoramento do cultivo desta espécie. Essas plantações já contam com tecnologias que auxiliam na produção, como os sistemas de irrigação e implementos que contribuem durante a poda dos pomares.

De acordo com a Nachtigall (2016), a implementação da tecnologia de irrigação fez com que os pomares, apresentassem melhor crescimento das plantas, favorecendo sua altura e ramificação, resultando em melhores condições para o início da produção. Já a mecanização da poda, quando foi implementada, oportunizou ao agricultor a diminuição da mão de obra para o cuidado das plantas, além de aumentar a exposição dos frutos a luz natural, o que permite sua coloração mais intensa.

A mecanização na agricultura apresenta diversas vantagens tanto em produção quanto em relação ao custo-benefício. A mecanização apresenta uma economia de tempo em todos os processos, desde a preparação do solo até a colheita final. (autor desconhecido, 2019)

Com o crescimento na busca por alimentos e a falta de mão de obra qualificada, a aplicação de tecnologia faz com que o produtor alcance a colheita dentro do tempo esperado e com menor custo, visto que há a realização do trabalho com menos pessoas.

Tendo isso em vista, este trabalho propõe o modelamento de um implemento de limpeza de pomares de maçãs, popularmente conhecido como vassoura hidráulica, que será produzido na empresa de implementos agrícolas Tecnofrutt, a qual irá fornecer diretrizes importantes que estarão presentes no modelamento do implemento.

1.1 JUSTIFICATIVA

Na produção de maçã no Brasil, a mão de obra se torna um grande desafio, porque, além de ser de grande importância para a manutenção de qualidade da fruta, é uma das maiores concentrações de custo da produção. (ABPM, 2016)

Segundo Silva (2014), a utilização dos equipamentos desenvolvidos para atender as diferentes tarefas do dia a dia na agricultura, de forma rápida e eficiente, faz com que se obtenha uma satisfação do operador.

“A plantação de maçã requer cuidados, como a poda que necessita de horas trabalhadas no pomar e depois de realizada é preciso fazer a remoção da matéria acumulada no solo para o de sistema de trituração. Essa trituração da matéria restante e dos restos dos frutos é utilizada, após a decomposição, como adubo para o pomar” (informação verbal).¹

A mecanização já tem presença no processo da poda, entretanto não retira os galhos e frutos que ficam na parte inferior da planta, o que dificulta o processo de trituração, necessitando mão de obra humana para a remoção dos mesmos.

A fim de manter essas áreas limpas, a engenharia pode ser aplicada na busca de um auxílio aos produtores na remoção dos resíduos do solo sobre a planta sem danificar a produção.

“A utilização deste implemento serve para remoção do material resultante da poda da base das plantas deixando-as limpas, de modo que está sendo representado na Figura 1, que pode abrigar fungos e bactérias que causam doenças, como o cancro europeu² que se desenvolve no ano seguinte e pode causar perda de parte da propriedade” (informação verbal)³.

O investimento neste implemento é compensado com a redução da mão de obra e aumento da qualidade do trabalho realizado, visto que, quando se realiza com trabalho humano, há sobra de folhas e frutos pequenos, de difícil remoção. Com a mecanização deste processo, a limpeza pode ser realizada de maneira mais eficaz e mais rápida, sendo necessário somente a utilização de um operador no trator.

¹ Informação fornecida pelo agrônomo Anderson Benato, diretor e sócio da empresa Tecnofrutt Máquinas e Implementos Agrícolas, 2020.

² Doença que afeta parte lenhosa da planta, como os galhos, o tronco principal da planta e os ramos produtivos do ano.

³ Informação fornecida pelo agrônomo Anderson Benato, diretor e sócio da empresa Tecnofrutt Máquinas e Implementos Agrícolas, 2020.

Figura 1 - Pomar limpo



Fonte: Ferrari (2020).

Um implemento similar é o implemento rotativo, equipado com sistema hidráulico, indicado para limpeza de plantas entre vinhas e pomares, o qual está representado Figura 2. Este implemento dependendo do solicitado pode ser instalado na região frontal, traseira ou lateral, sendo possível apresentar duas escovas rotativas, assim como apresentado no Anexo A.

Figura 2 - *Rotoandatore per interfilari*



Fonte: Salf Macchine Agricole (2012)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um implemento agrícola de fácil manuseio para facilitar o trabalho, e diminuir a mão de obra na limpeza de pomares após a poda.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Levantar dados técnicos para determinar o projeto conceitual do implemento.
- b) Modelar geometricamente e selecionar os componentes do implemento agrícola.
- c) Fabricar um protótipo do implemento.
- d) Validar o protótipo em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será apresentada a origem e evolução dos implementos agrícolas desde o século XVIII, com o foco nos implementos mais utilizados nos pomares de maçã, a fim de que seja possível modelar uma vassoura hidráulica, proposta nesse trabalho, que atenda o maior número de pomares existentes. Serão apresentadas as etapas do plantio da maçã e os requisitos técnicos que devem ser observados, como a análise da extensão de pomares, para que seja possível, então, avaliar as dimensões do equipamento para adaptá-lo em diversos ambientes.

2.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Segundo Amirante (2019), desde o fim do império romano até as últimas décadas do século XVII, quando iniciou o desenvolvimento da mecanização agrícola, as técnicas de cultivo não evoluíram muito, pois o autoconsumo era o principal foco dos recursos agrícolas.

Diante desse cenário, até o século XVIII os equipamentos utilizados na agricultura eram fabricados artesanalmente com ferro e madeira. Após a revolução industrial, devido ao crescimento populacional, houve maior busca por alimentos, o que demandou que a agricultura sofresse mudanças para atender a demanda e então a tecnologia começou a ser aplicada na fabricação maquinários mais complexos com a finalidade de aumentar a produtividade⁴ (VIAN,2013).

O primeiro implemento agrícola foi inventado em meados de 1780, apesar de ter sido utilizado apenas no século XIX, pela Grã-Bretanha e pelos Estados Unidos e era utilizado para a colheita de grãos. Tal invenção auxiliou no aumento de produtividade e redução da mão de obra necessária (VIAN,2013).

No início do século XIX, o Estados Unidos se tornaram referência em desenvolvimento tecnológico na fabricação de equipamentos agrícolas (VIAN; 2013) e no decorrer do século, nota-se que a produção artesanal, na qual não havia grande tecnologia em seus produtos, se tornou insuficiente para a demanda, que exigia implementos cada vez mais sofisticados, com maior necessidade de investimento de capital e empresas cada vez mais organizadas, o que resultou na diminuição de número de fabricantes tornando-se um mercado com características de oligopólio concentrado-diferenciado. A máquina a vapor, por exemplo, contribuiu com a

⁴ Foi a partir da introdução das semeadeiras que o processo de modernização tomou impulso, já que a nova técnica de plantio de grãos economizava 54,5 litros de sementes/ha e elevava a produtividade da colheita em 10,5 hectolitros/ha (VIAN, 2013).

utilização de energia gerada por ela para que fosse possível substituir o trabalho de homens e animais (AMIRANTE,2019).

No século XX, houve implementação do processo de montagem de tratores em série o que auxiliou para que a tração animal fosse completamente substituída por tratores antes mesmo da Segunda Guerra Mundial, momento no qual teve elevação do preço dos produtos agrícolas, escassez de mão de obra e estímulos governamentais para que a mecanização do campo ocorresse de maneira mais rápida. Na Europa também houve a transição para a força motor antes da Segunda Guerra Mundial, exceto na Itália, onde o processo de substituição foi mais lento (VIAN,2013).

O primeiro trator, em comparação aos concorrentes, a obter grande sucesso foi o Fordson. A aplicação da simplicidade no projeto, baixo custo e facilidade de manutenção foi o diferencial feito pela Ford. (VIAN; 2013).

Figura 3 - Alguns modelos de tratores agrícolas



Fonte: (VIAN; 2013).⁵

Grande salto para os implementos agrícolas ocorreu quando o trator Ferguson apresentou um sistema hidráulico de montagem integral que passou a ser o novo *guide-post*⁶, pois valorizava o conjunto trator-implemento, uma vez que trouxe inovações no mecanismo de engate e controle que permitiu a melhor distribuição do peso do trator em operação, o que facilitou a operação com os implementos associados. Um exemplo da inovação apresentada nesse modelo de trator, para superar a dificuldade da resistência do solo sobre os implementos e para tornar os tratores menos propensos a tombamentos, foi o sistema de três pontos com o controle hidráulico remoto na operação o que permitiu que se trabalhasse com implementos cada vez mais pesados. O sistema foi de grande sucesso, sendo utilizado até hoje no acoplamento de implementos (VIAN, 2013).

Segundo Silva (2014), a melhoria e aumento de funções em tratores ocorreu assim que a tomada de força foi adicionada nos tratores, onde os equipamentos são conectados fazendo o uso da força do trator.

⁵ O primeiro trator a gasolina foi fabricado em 1892 por Froelich, em Dakota do Sul.

⁶ Modelo referência para o mercado de tratores.

Na década de 1960, nos Estados Unidos e na Europa, foram criados comitês e associações para se encarregar de melhorar especificações como: o sistema de engate, as dimensões e os posicionamentos de peças e componentes; a fim de que fosse feita a universalização do engate. (VIAN; 2013).

Figura 4 - Trator Waterloo Boy com implemento agrícola antigo



Fonte: <https://www.agroplanning.com.br/2018/03/14/trator-john-deere-icone-da-agricultura-mundial-faz-100-anos/>

O mercado atual segue as tendências para aumentar a eficiência das máquinas de automação, resultando maior potência e qualidade dos tratores e implementos com menor custo. Atualmente, países como o Brasil, Índia e China, são de grande potencial para o setor, fazendo com que as indústrias se instalem nessas regiões com expectativas de abastecimento de países vizinhos. Importante ressaltar que os mercados não são iguais, pois apresentam estruturas e dinâmicas diferentes conforme os tipos de produtos fabricados, as tecnologias utilizadas na produção e no produto final, e, principalmente, no âmbito de venda (VIAN; 2013).

A diferenciação de produtos reflete as barreiras de entrada geradas pelas preferências do consumidor e estão relacionadas ao valor que este atribui à determinada marca de produto, seja devido à maior durabilidade das máquinas, seja por melhores serviços de assistência técnica e redes de distribuição, e à inovação de produto, (Revista de Economia e Sociologia Rural, Vol. 51, nº4) (VIAN; 2013, p.720).

De acordo com o que foi apresentado, conclui-se que o maquinário e implementos agrícolas apresentaram mudanças, que indicam a trajetória tecnológica e mudança no modo de cultivo dos produtores agrícolas. Os produtores se beneficiam da mecanização com a finalidade de aumentar sua produtividade, além de aproximar a dinâmica da oferta e da demanda por produtos agrícolas.

2.1.1 Mecanização agrícola no Brasil

Conforme Neto (1985), no início da mecanização no Brasil a média era de um trator para cada 112 (cento e doze) hectares, muito menor que em outros países, como a França que apresentava um trator a cada 19 (dezenove) hectares.

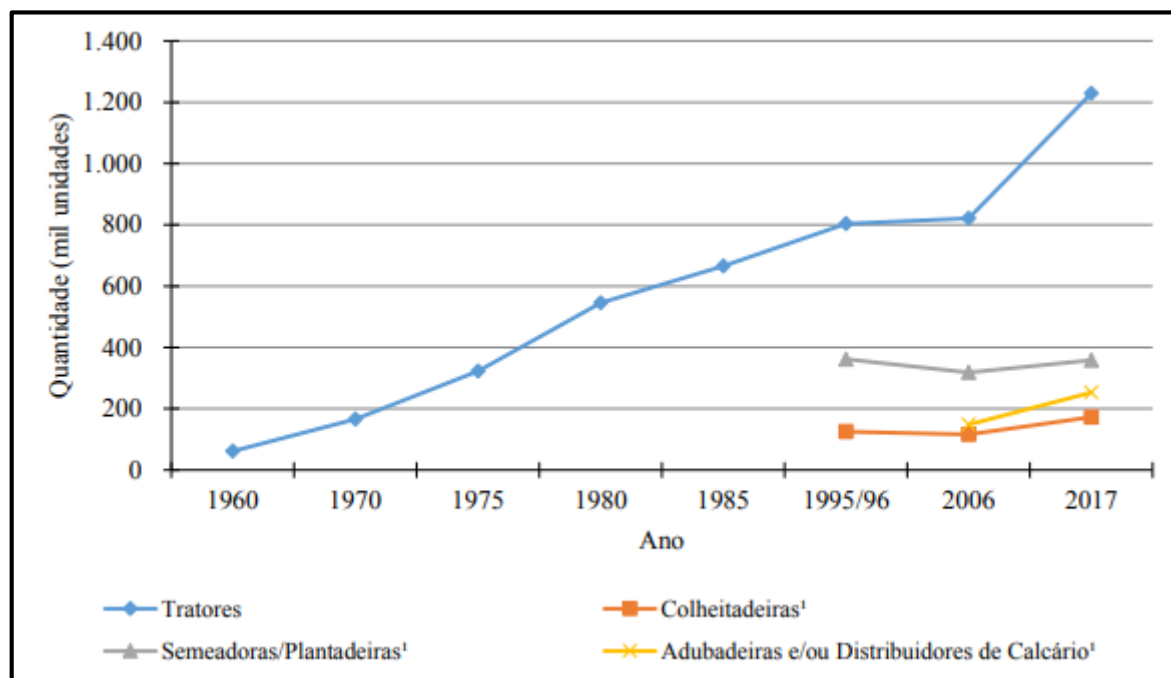
O setor de implementos agrícolas tem enorme diversidade de tipos, modelos e especificações, assim como apresentam diversos locais em que são fabricados. Alguns produtos são de uso manual, como enxadas e foices, outros com auxílio de tratores, arados dos mais diversos tamanhos e modelos, até apresentar equipamentos com altos índices de tecnologia empregada, como as colheitadeiras.

Conforme Neto (1985), iniciou-se no Brasil a automatização agrícola quando houve o início das indústrias de fabricação de tratores no país. Na região do Sul, onde concentravam-se as primeiras unidades produtivas, as colheitadeiras começaram a ser implementadas. Com o rápido crescimento da produção de soja, juntamente com a de trigo, a necessidade doméstica fez com que este segmento de maquinário agrícola fosse estimulado.

Uma vez que a maioria dos implementos têm sua utilização, especialmente os mais tecnológicos, acoplados em tratores, sua venda e produção dependem da utilização de tratores.

No assunto da mecanização do processo agrícola, algumas dificuldades são apresentadas, como a complexidade de administrar as tarefas de cada trabalhador, pouca utilização, devido aos ciclos produtivos, e a difícil adaptação para todos e quaisquer tipos de terrenos criados pela natureza. Estes seriam alguns entraves que devem ser levados em consideração quando se analisa a viabilidade econômica de tais máquinas no meio rural. No entanto, quando o aumento da mecanização no campo é analisado no decorrer do tempo se conclui que, apesar de seus ônus, tem grande aumento na produtividade.

Figura 5 - Evolução da Quantidade de maquinas e implementos



Fonte: SILVA, Bruna Antunes da; WINCK, César Augustus (2019).

De acordo com Silva e Winck (2019), demonstrado na Figura 5, a quantidade de tratores e implementos aumentou, devido ao crescimento da zona urbana, visto que a população migrou para trabalhar em grandes fábricas fazendo com que a mão de obra ficasse escassa, surgindo assim a necessidade de mecanizar a agricultura. Tendo novas necessidades de mercado, outras máquinas e implementos foram desenvolvidos e adicionados no campo, o que mostra que há um maior número de tratores e implementos sendo utilizados nas lavouras brasileiras.

Com o passar dos anos o setor de implementos agrícolas sofreu diversas evoluções sustentáveis e tecnológicas, sempre em busca do aprimoramento do trabalho rural, a fim de que haja obtenção de maior lucro e rapidez na produção. Essas mudanças das técnicas agrícolas resultaram em mudança na fabricação dos implementos, por exemplo na substituição de madeira por metal.

Um importante papel no desenvolvimento da mecanização foram as universidades que iniciaram a educação da mecanização nos cursos de agronomia. Desde o início destes programas, juntamente com pós-graduações, os alunos começaram a ter oportunidades para realizarem trabalhos na mecanização (MANTOVANI et al., 2019).

Segundo Mantovani et al (2019), o Rio Grande do Sul é um dos estados mais importantes em relação a produção de máquinas agrícolas, devido ao incentivo das universidades presentes no estado. Os estados como Paraná, São Paulo e Minas Gerais,

também são importantes para o desenvolvimento do maquinário agrícola, devido aos seus grupos de pesquisas focados em diversas áreas agrícolas.

De acordo com Oliveira e Volante (2019), os constantes investimentos na modernização do modo produtivo fizeram com que a indústria mecânica se desenvolvesse, ou seja, fazendo com que, além de aumentar a capacidade de produção, esses investimentos servissem para a evolução tecnológica, com o objetivo de melhorar a qualidade dos produtos.

A partir de um problema ou de uma necessidade, o processo de criação de uma inovação é iniciado. Em cima disso, começam a ser realizadas pesquisas e desenvolvimentos para uma solução. Em alguns casos, a análise ainda pode ser sobre um problema futuro, previamente reconhecido.

Com oportunidades para agricultores melhorarem seus equipamentos e infraestruturas, as fábricas de implementos começaram a oferecer não somente maquinários tradicionais, mas também maquinários tecnológicos, incorporando conhecimento, inovação e automação para a agricultura (MANTOVANI et al., 2019). Por exemplo, segundo Oliveira e Volante (2019), o cenário dos robôs realizando trabalhos, já chegou à produção agrícola. Protótipos de tratores, colheitadeiras e arados podendo ser controlados a distância já existem. Nessas máquinas, os operadores são substituídos por sensores inteligentes, que são comandados remotamente por controles ou celulares. Estas tecnologias são consideradas como evolução na agricultura.

2.2 IMPLEMENTOS E TECNOLOGIAS UTILIZADOS NO POMAR DE MAÇÃ

Conforme citado na introdução do trabalho, têm sido incorporadas nos pomares de maçãs, tecnologias de manejo que garantem melhor produtividade.

Segundo a EMBRAPA (2020), a aplicação do sistema de irrigação nos pomares fez com que aumentasse a produção e deixassem as maçãs com aparência melhor e maiores. Características essas que influenciam muito no mercado nacional e internacional.

De acordo com Silva (2014), o sistema de irrigação foi desenvolvido para suprir a falta de água presente em terras, o que fazia o homem procurar novo lugar. Visto essa necessidade, deu-se início a captação de água e distribuição para a plantação, utilizando motor e bomba.

Segundo Naandanjain (2014), a solução da irrigação representa um compromisso entre produtividade e economia. A irrigação por gotejamento, conforme apresentada na Figura 6, garante uma eficiência hídrica e economia de energia.

O sistema de irrigação é utilizado em importantes países produtores de maçãs. No Brasil a aplicação é mais recente no sul do país devido as variações climáticas e irregularidade das chuvas, que têm sido preocupação para os produtores (EMBRAPA, 2020).

Figura 6 - Sistema de Irrigação



Fonte: NAANDANJAIN (2014).

Em consulta com o agrônomo Anderson Benato (2020), a poda também já conta com mecanização facilitando o trabalho e diminuindo a mão de obra contratada.

As primeiras podas em pomares eram realizadas com tesoura, serras e utilizando escada com alta demanda de mão de obra. Recentemente esta atividade está sendo mecanizada, através do uso de plataforma e tesoura pneumática. Mas com a tecnologia sempre em desenvolvimento, existem implementos, como apresentado na Figura 7, acoplados em tratores realizando a poda totalmente automatizada. (SANDER, MACEDO, MAGRO, RUFATO, 2016).

Em conjunto com esses dois implementos já em funcionamento no mercado, a proposta deste trabalho complementa o melhoramento da produção.

Figura 7 - Sistema de poda mecanizada



Fonte: Macchine Agricole e Cremona (2013)

2.3 EQUIPAMENTOS SIMILARES PARA LIMPEZA DE POMARES

Equipamentos similares que são utilizados em diversos segmentos, serviram de base para o modelamento do implemento. Um produto que está em utilização é a vassoura recolhadora, representada na Figura 8, que serve para remoção de resíduos de asfalto, limpeza de pátios e ruas. Também é um implemento de acoplamento, mas para carregadeiras e retroescavadeiras utilizando o sistema hidráulico já existente. Conta com sistema de regulagem lateral e de altura, adequando-se da melhor maneira no terreno (DELTRACTOR, 2020).

Figura 8 - Vassoura recolhedora



Fonte: Deltractor (2020).

Outro produto similar, ilustrado na Figura 9, de origem italiana, utilizado em plantações, que foi desenvolvido principalmente para rastelar galhos, colocando-os próximos uns dos outros para facilitar a remoção. Conta com um sistema de amortecimento central, o qual serve para os implementos instalados na parte traseira do trator devido ao balanço do sistema de três pontos, comentado a seguir (ABIMAC).

Figura 9 - Girorami



Fonte F.C.R costruzione macchine agricole (2020).

2.4 SISTEMAS DE ACOPLAMENTO

O implemento necessita de força para realização de trabalho, deste modo o trator apresenta acoplamentos geradores de energia. Devido a isso, os implementos são acoplados para aproveitamento desta potência disponível para a realização do trabalho agrícola.

Sobre os sistemas de acoplamentos, existe o engate de três pontos, que fica localizado na parte traseira do trator como demonstrado na Figura 10 (SANTOS, 2012).

Figura 10 - Sistema de engate de três pontos



Fonte: Coltivazione Biologica (2020)

Segundo Farias, Schlosser e Damasceno (2015), este sistema pode estar presente na região frontal do trator, como apresentado na Figura 11, sendo muito utilizado nas realizações de dois ou mais trabalhos ao mesmo tempo. Este engate instalado na região frontal obedece ao mesmo dimensionamento do instalado na região traseira.

Figura 11 - Engate de três pontos frontal



Fonte: Farias, Schlosser e Damasceno (2015).

2.5 SISTEMA HIDRÁULICO

A operação do sistema hidráulico funciona por meio de controle de alavancas que são dispostas em um quadrante, sendo que, cada alavanca corresponde a um determinado comando no implemento (SENAR, 2017).

Juntamente com o engate de três pontos do trator, o sistema hidráulico, como ilustrado na Figura 12, já é presente no trator. Este sistema é composto por um conjunto de acionadores e transmissores de potência do motor por meio de fluido em alta pressão aos sistemas operadores. Este sistema permite transferir a força para o trator e para o implemento nele instalado. (DUARTE, 2012)

De acordo com Garcia e Junior (2016), este sistema tem como objetivo transmitir o óleo, através de conexões, para pistões e motores de implementos hidráulicos fazendo com que os implementos realizem o trabalho proposto. Os acopladores presentes no trator, são do tipo engate rápido, que permitem a instalação e remoção de maneira mais rápida e simplificada apresentando conector do modelo fêmea no trator e macho no implemento.

Figura 12 - Sistema hidráulico



Fonte: Tecnofrutt Máquinas e Implementos Agrícolas (2020).

2.5.1 Cilindros hidráulicos

Segundo Palmieri (1997), o sistema hidráulico é dividido em três subsistemas, dentre eles o sistema de aplicação, onde o cilindro é utilizado fazendo com que o movimento e a força produzidos sejam transmitidos retilineamente. A principal função do cilindro é

transformar força, potência ou energia hidráulica em força, potência ou energia mecânica. As partes que são utilizadas para a composição do cilindro estão descritas na Figura 13. O que mais interessa para a utilização dos cilindros nas mais diversas ocasiões é a força do mesmo.

Segundo Parker (2001), a energia hidráulica é aplicada na área do pistão através do curso do cilindro. Para determinar a força que um pistão exerce na sua saída é necessária, na maioria das vezes, conhecer a pressão que é aplicada no cilindro. Para determinar a força, a fórmula utilizada é a apresentada a seguir:

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

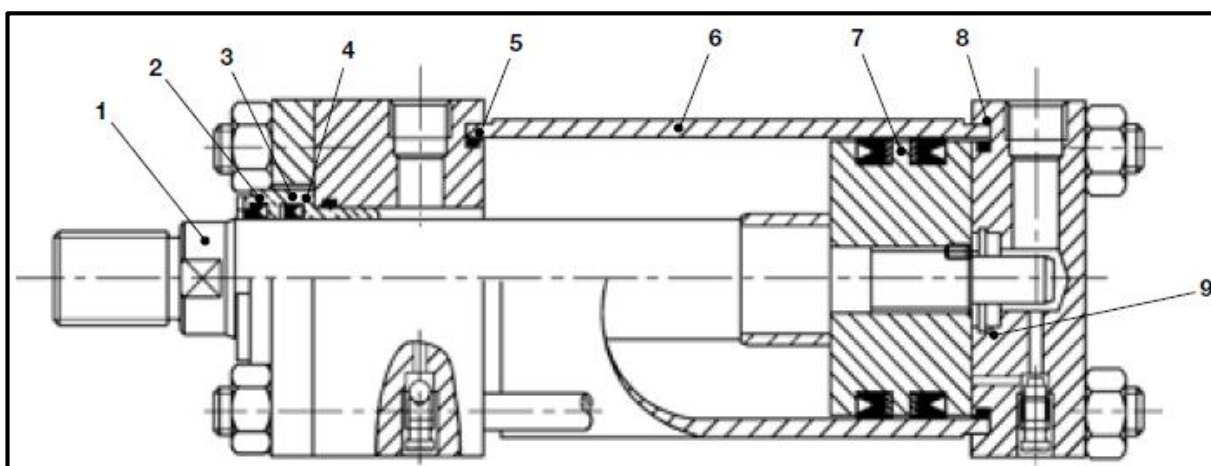
onde F é força (N), P é a pressão (N/cm²) e A é a área (cm²).

De acordo com Parker (2001), para a determinação de quanto trabalho será realizado, deve ser analisado de acordo com a distância pela qual a energia de trabalho é aplicada. Esta distância é denominada como o curso do cilindro.

Segundo Palmieri (1997), a força que o cilindro realiza no avanço é superior à que é realizada no recuo do mesmo. Isto se dá devido a diferença da área do pistão o qual a pressão está atuando.

Sendo representado na Figura 13, de acordo com Parker (2001), os componentes de um cilindro em forma numerada sendo: 1- haste, 2- mancal, 3- guarnição de limpeza, 4- vedação de borda, 5- vedação do corpo do cilindro, 6- camisa do cilindro, 7- êmbolo, 8- encaixe da camisa e 9- anel de amortecimento.

Figura 13 - Componentes de um cilindro



Fonte: Parker (2001).

2.5.2 Motores hidráulicos

Segundo Palmieri (1997), os motores hidráulicos funcionam de modo que a energia hidráulica fornecida para eles é convertida em mecânica por meio de torque e rotação. Assim possuindo diversos tipos de motores, podendo ser unidirecionais ou bidirecionais, vazão fixa ou variável.

De acordo com Parker (2001), todos os motores consistem basicamente em um conjunto rotativo ligado a um eixo, envolto por uma carcaça com conexões de entrada e saída.

Segundo Ding, Lu e Jiang (2012), um motor gerotor orbital, possui uma engrenagem externa estacionária, enquanto a engrenagem interna gira em torno de uma engrenagem orbital. Estes motores podem ser usados para obter alto torque em baixa rotação. O sentido de rotação do motor é determinado por qual conexão o fluido de alta pressão está conectado.

3 MATERIAIS E METODOLOGIA

O capítulo apresenta o método de estudo proposto para o modelamento do sistema de limpeza de pomar de maçã. O uso deste implemento facilita a limpeza dos pomares e auxilia no deslocamento dos restos para o centro da fileira para a melhor decomposição. Com este foco, desenvolveu-se um dispositivo, acoplado em tratores, para realização dessas tarefas de maneira automatizada, realizando a menor força humana possível.

3.1 MÉTODO PROPOSTO PARA O TRABALHO

Neste capítulo será apresentado o modelo-base para desenvolvimento da proposta do trabalho. Este trabalho irá se basear no método cascata.

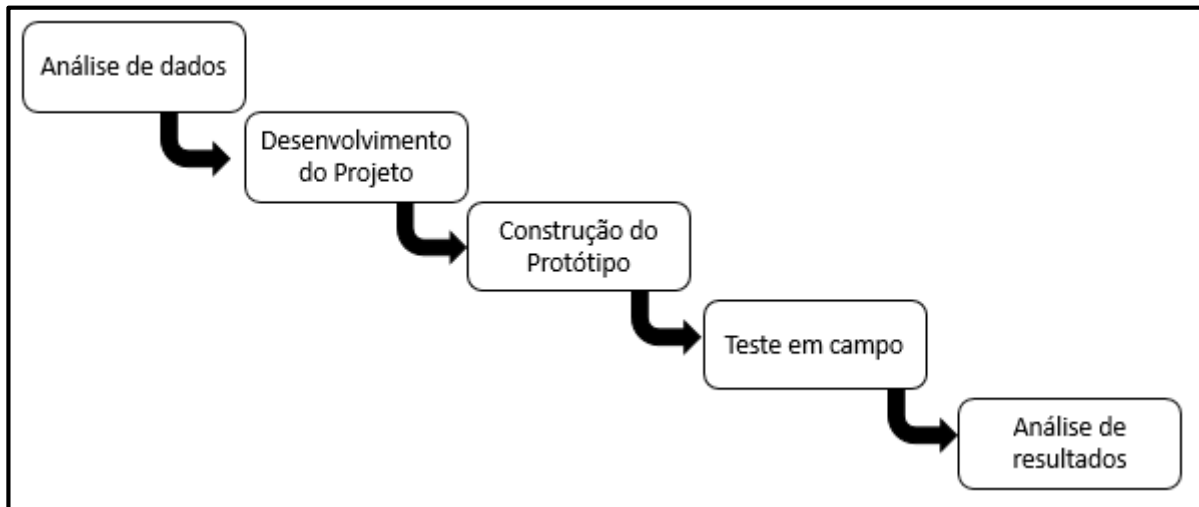
Segundo Mota (2015), este modelo conta com fases de projeto distintas como: análise de requisitos, desenho, implementação, verificação e operação. Esta divisão é bem rígida, tendo o início de uma fase somente após o término da anterior. Com a primeira fase bem detalhada, as fases seguintes tomam forma para a conclusão do projeto.

Conforme Mendes, este método tem o melhor custo benefício quando se trata de utilização e gerenciamento, pois tem o mesmo padrão em todas as sequências do projeto. Todas as etapas apresentam início e fim, sendo de fácil acompanhamento com o cliente sobre qual fase o projeto se encontra. Com a presença de documentação específica e necessária, em todas as fases, apresenta uma melhor compreensão na construção do produto final.

De acordo com Mota (2015), a recomendação deste modelo se encaixa para projetos que priorizam qualidade a menor custo e prazo, mas sempre contando com os requisitos muito bem definidos e claros, o qual aproximará o ideal do produto esperado.

A empresa parceira no desenvolvimento do trabalho determinou algumas características principais para o modelamento do implemento proposto. O implemento deve ficar posicionado na frente do trator e será utilizado um motor orbital, o qual segundo Almacinha (2002) é um motor desenvolvido para o fornecimento de elevado torque no seu eixo principal e baixa velocidade para realização do movimento de deslocamento dos dejetos presentes na base da planta. Outros requisitos são: sistema de inclinação vertical dos braços e possibilidade de expansão para atingir diversas distâncias, sem precisar mover o trator. Após os dados repassados pela empresa, foi desenvolvido um fluxograma, ilustrado na Figura 14, baseando-se no método da cascata, com as fases realizadas no decorrer do projeto.

Figura 14 - Fluxograma do Trabalho



Fonte: o autor (2020).

3.2 ANÁLISE DE DADOS

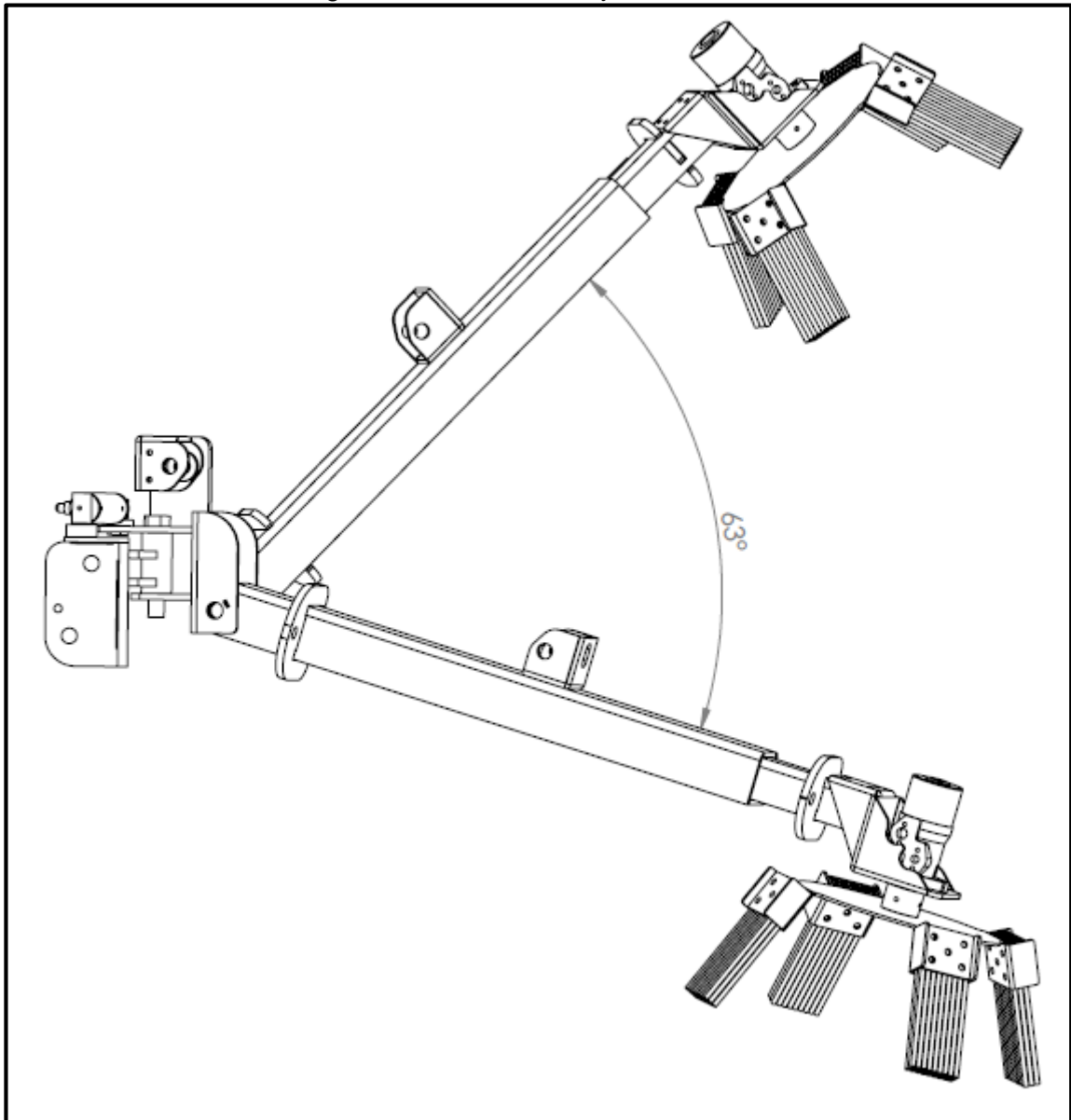
Nesta etapa foi definido um conjunto de informações e restrições necessárias para a elaboração do projeto e criação de ideias iniciais. Juntamente com a análise destes dados fez-se o planejamento de desenvolvimento e execução.

3.2.1 Pré-dimensionamento

A fim de modelar o implemento faz-se necessário saber o distanciamento das plantas de maçãs e como são posicionadas. Para isto, foram utilizados os dados do Denardi e Bernardi (2003), o qual define os distanciamentos de cultivo de diversos tipos de macieiras entre 3,75 metros e 6,00 metros entre filas e 0,80 metro e 3,50 metros entre as plantas.

Nos pomares de maçã não se tem um padrão pré-estabelecido para a plantação, podendo sofrer variações entre distanciamento de fileiras e plantas e podendo apresentar variação de terreno, apresentando inclinação no mesmo. Deste modo, o implemento deve apresentar sistema de ajuste de comprimento, podendo atingir uma distância do trator, e de inclinação vertical, como demonstrado na Figura 15, para se adaptar a alteração de relevo presente no terreno. Apresentando uma abertura total de 63°, e com base no centro do acoplamento de 46° para cima, facilitando o deslocamento quando não está em funcionamento, e 17° abaixo desta referência chegando próximo do solo.

Figura 15 - Sistema de ajuste de altura

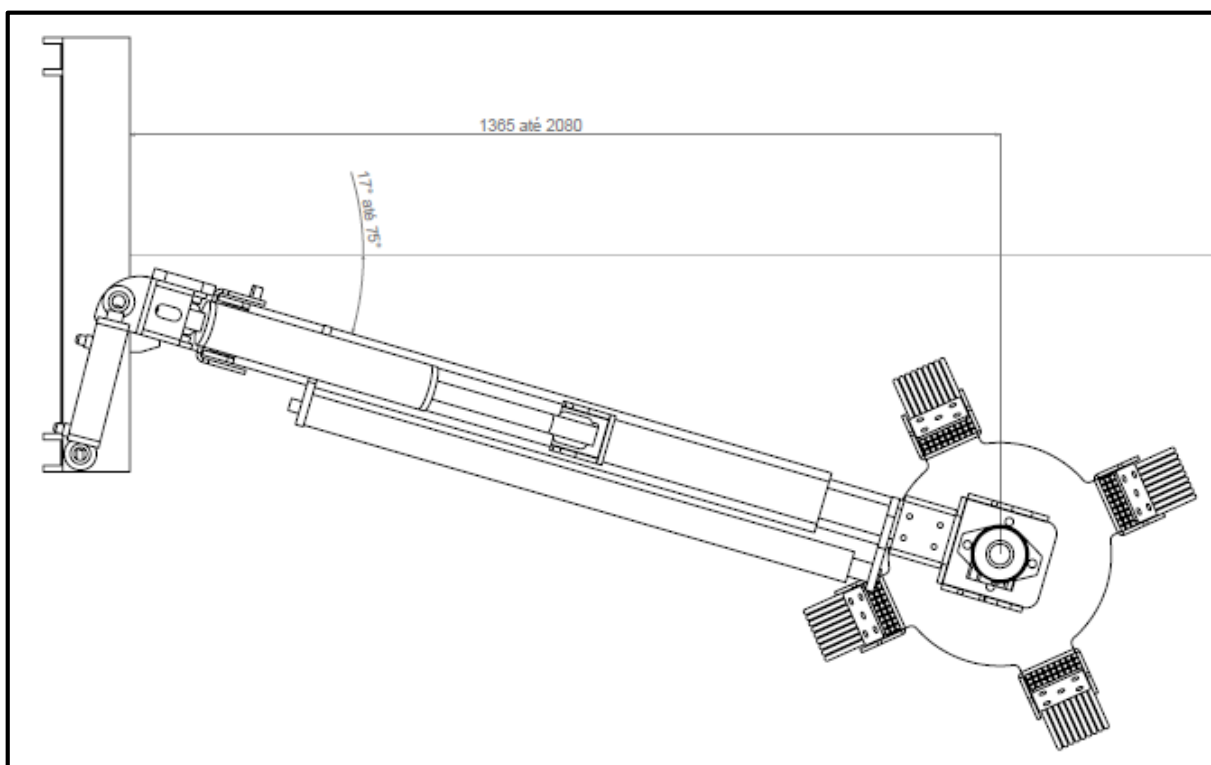


Fonte: Autor (2021)

Ainda, utilizando essas orientações iniciais, a empresa Tecnofrutt solicitou que o implemento deveria variar de 1,10 metros até 1,70 metros de comprimento, e contar com sistema de abertura lateral, como demonstrado na Figura 16, para melhor condução do trator quando o implemento não estiver sendo utilizado.

Outro dado obtido foi o raio de giro, contando com uma abertura total de 58° , a partir do ponto inicial o qual fica deslocado 17° do centro do trator, podendo assim atingir áreas próximas do trator e fileiras estreitas ficando deslocado do centro do trator aproximadamente 470 milímetros, e na mesma figura está apresentado a variação de comprimento total, o qual é 715 milímetros de abertura.

Figura 16 - Sistema de abertura lateral



Fonte: o autor (2021).

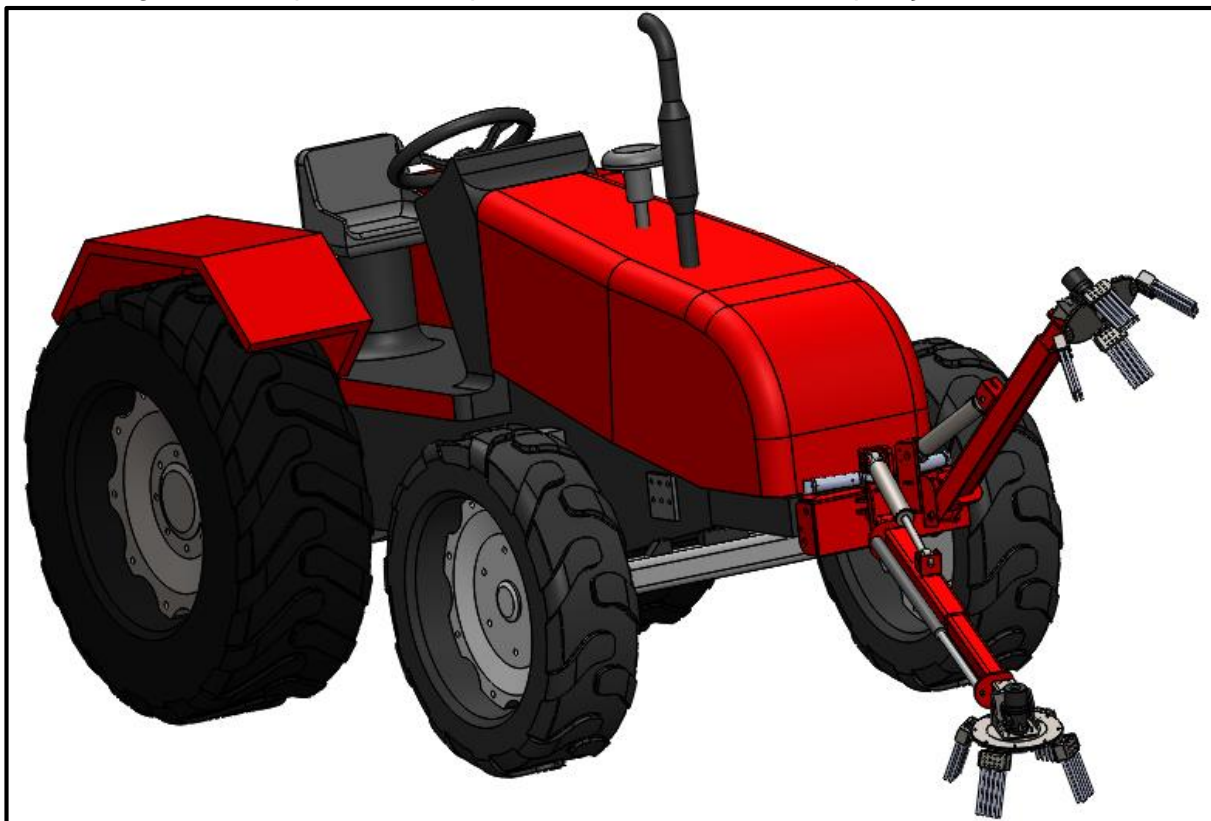
. Com os dados coletados e definidos, em conjunto com a empresa, foram selecionados os cilindros hidráulicos que poderiam ser utilizados respeitando os cálculos realizados e as forças necessárias. Para a determinação da pressão de trabalho utilizada, foram realizadas leituras de pressão em tratores disponíveis na empresa, utilizando uma pressão média de 150 bar.

3.2.2 Acoplamento em tratores

Os implementos agrícolas são usualmente acoplados na parte traseira dos tratores, pela facilidade do engate padronizado em todos os modelos. Um dos requisitos pré-definidos pela empresa foi que a vassoura hidráulica deveria ser acoplada na parte frontal do trator, conforme apresentado na Figura 17.

O acoplamento frontal facilita o trabalho com o implemento, de modo que o operador irá controlar o trator mais confortável de maneira que o funcionamento e o controle do implemento ficam no mesmo sentido que o trator se movimenta.

Figura 17 - Implemento acoplado no trator mostrando as posições do mesmo



Fonte: o autor (2020)

Importante ressaltar, que no caso do implemento proposto neste trabalho não será utilizado com base de acoplamento o sistema de três pontos, visto que ele será acoplado na parte dianteira do trator, e o engate de três pontos frontal não é presente na maioria dos tratores. Sendo assim, para ser instalado na parte frontal, faz-se necessário a construção de um mecanismo de fixação no chassi existente do trator, o qual será desenvolvido pela empresa. Este mecanismo ficará instalado no trator como sistema de acoplamento para o implemento proposto.

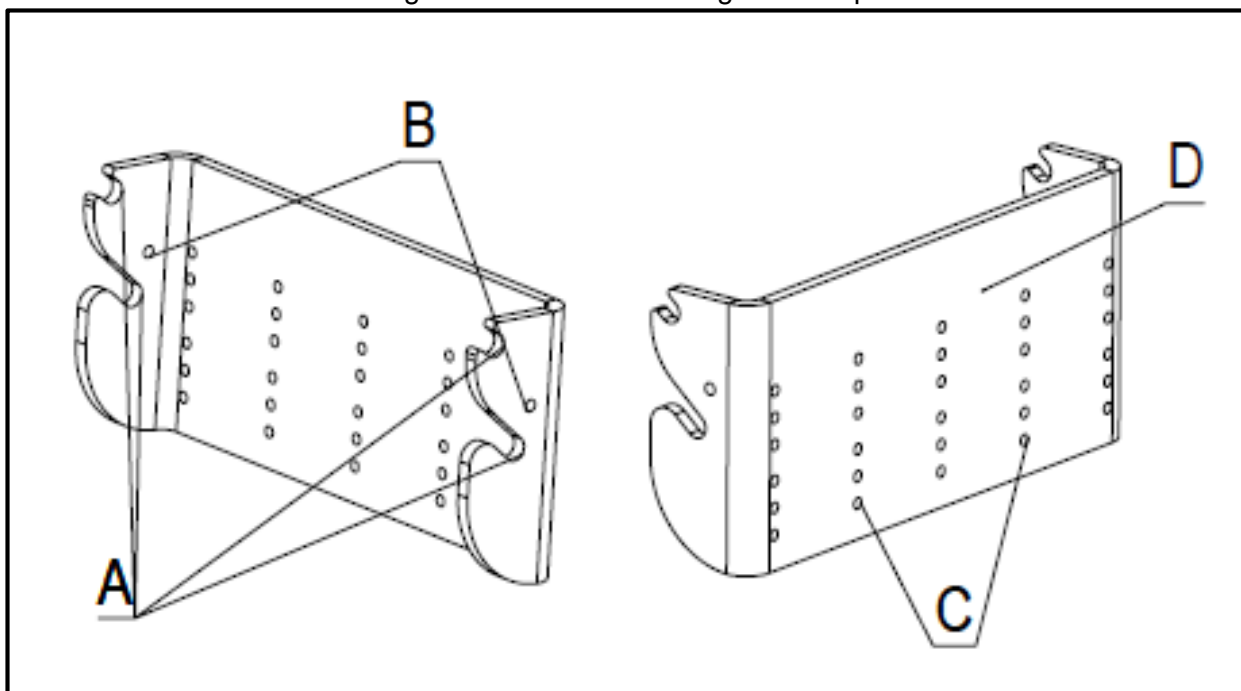
3.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Após os dados coletados anteriormente, e os repassados pela empresa, o modelamento inicial do implemento começa. Deste modo, é definido o melhor projeto do implemento, considerando os modos de construção e funcionamento.

Para o projeto do protótipo utilizou-se o software de modelamento 3D. A utilização deste software facilita a análise de interferências e erros de projetos, que poderão ocasionar falhas de produção e de montagem, o que resultaria em atraso de conclusão do produto.

A empresa conta com sistema de acoplamento frontal de implementos pré-definido, como demonstrado na Figura 18, somente sendo necessário a adaptação no trator desejado. Este sistema apresenta um acoplamento por encaixe o qual o implemento deverá apresentar um sistema compatível com o suporte.

Figura 18 - Sistema de engate do implemento



Fonte: o autor (2020).

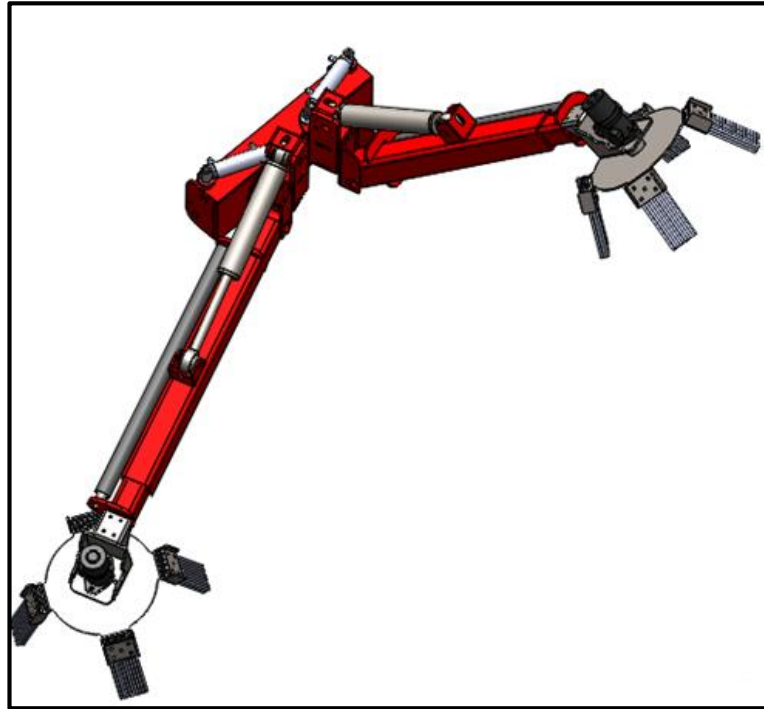
Este sistema conta com algumas características definidas sendo assim representadas pelos pontos destacados:

- A) Encaixes de acoplamento do implemento.
- B) Furos para instalação de parafusos de fixação do implemento.
- C) Furos para regulagem de altura no trator instalado;
- D) Face de encosto com o trator.

3.3.1 Apresentação do modelo inicial

Com os requisitos definidos, para o modelamento do implemento, foi desenvolvido um equipamento apresentando um sistema bilateral, para que atenda ambos os lados das fileiras, como demonstrado na Figura 19. A utilização nesta configuração faz com que o operador consiga atender maior área em sua produção.

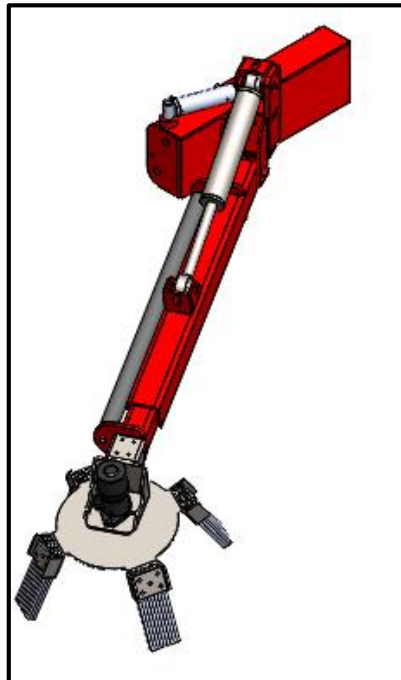
Figura 19 - Modelo bilateral



Fonte: o autor (2020).

Uma segunda configuração foi apresentada à empresa, como uma opção mais barata, sendo unilateral, ilustrada na Figura 20. Tal modelo apresenta o sistema em apenas um lado, com isso, o operador irá atender somente um lado por vez da plantação.

Figura 20 - Modelo unilateral



Fonte: o autor (2020).

Após a apresentação dos modelos sugeridos para a empresa, foi realizada uma avaliação interna para definição do modelo pelo qual o estudo deveria ser aprofundado. Com isso, foi solicitado a continuação do estudo no modelo unilateral, conforme a Figura 20, devido ao custo menor para a produção, fazendo assim um protótipo mais barato para a empresa.

Definiu-se a construção do protótipo em aço ASTM A36, usualmente utilizado para a fabricação dos implementos, e suas características estão presentes na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados do Aço ASTM A36

	AÇO ASTM A36
Massa Específica (kg/m ³)	7850
Resistencia a tração (MPa)	400
Limite de escoamento (MPa)	250
Módulo de Elasticidade (MPa)	200000
Coefficiente de Poissons	0,26

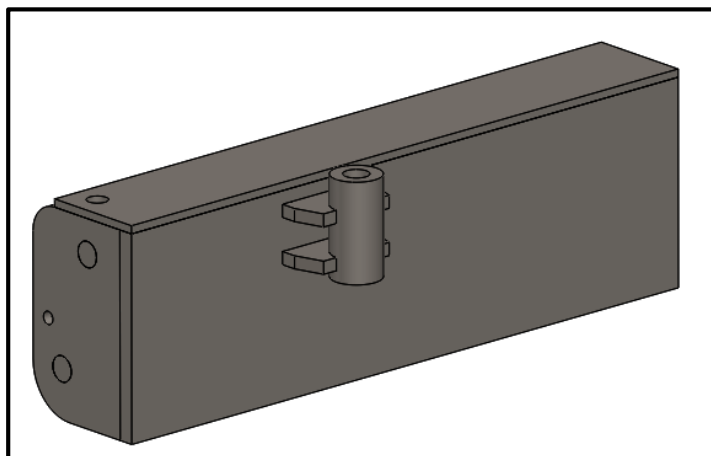
Fonte: Adaptado de Matweb (2020)

3.3.2 Estudo de esforços

Foi realizada uma análise de esforços do sistema de acoplamento do implemento no suporte, que ficará engastado no chassi do trator. Fez-se uma análise estática, utilizando o software Solidworks da Dassault Systèmes. Para a simulação é necessário o peso total do implemento e a definição do método de engaste no chassi desenvolvido.

Para a realização do estudo, foi retirado do modelo apresentado na Figura 20, a parte que passou pela análise de esforços. Deste modo, o modelo da Figura 21, representa o acoplamento do implemento.

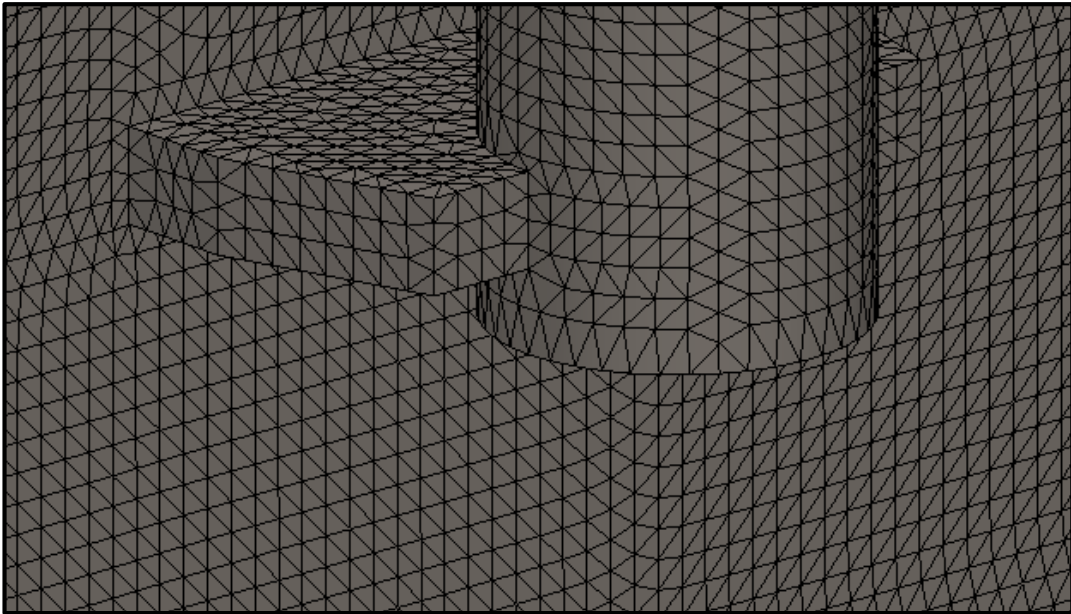
Figura 21 - Modelo para estudo



Fonte: O autor (2020).

Para o estudo, foi criada uma malha dividindo a superfície em elementos tetraédricos de tamanho 4 milímetros de base, contabilizando um total de 733385 nós e 477332 elementos analisados na estrutura, como apresentado na Figura 22. As definições dos apoios fixos presentes na estrutura também foram definidas para a realização da análise, sendo que o engate é realizado através de dois eixos maciços.

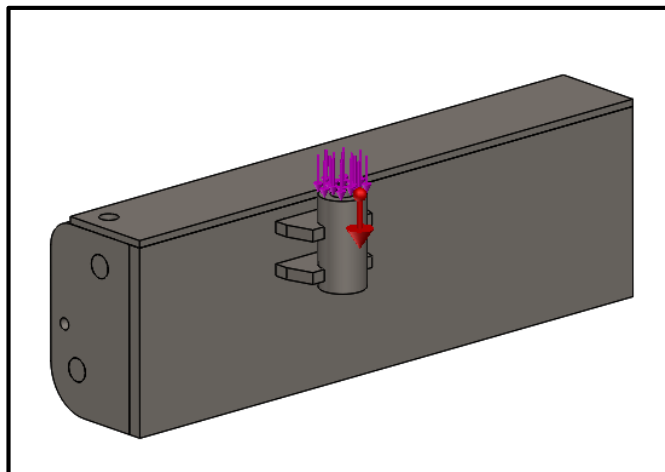
Figura 22 - Representação por elementos tetraédricos



Fonte: o autor (2020).

Juntamente com a realização da malha, foi definido o local onde as forças irão atuar no engate assim representadas na Figura 23, pelas setas na cor roxa, demonstrando a força do peso do braço móvel na bucha, e a seta vermelha representando a gravidade que irá atuar juntamente com todo o conjunto nos eixos que servirão de engate.

Figura 23 - Representação do local da aplicação da força



Fonte: O autor (2020).

Com este estudo obtêm-se os resultados de deformação e de tensão que a estrutura irá sofrer, que irão ajudar na definição do material que será utilizado na produção do protótipo.

3.4 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO E TESTE DE CAMPO

Nesta etapa, após o projeto e os estudos aprovados, iniciou-se a fabricação do protótipo.

Para a construção do protótipo, foram utilizadas peças e serviços terceirizados, como o corte a laser, pintura e cilindros, sendo o restante da montagem desenvolvido internamente. Nesta parte da construção foi desenvolvido também o suporte que fica instalado na parte frontal do trator para instalação do implemento.

Com este suporte definido, foi procurado um produtor que aceitasse emprestar o trator e a realização do teste em sua propriedade. Com o empréstimo do trator, foi levado aproximadamente duas horas a instalação total do implemento no mesmo. O teste de campo durou cerca de três horas e foram feitas duas avaliações em um pomar com terreno em desnível: limpeza da vegetação rasteira e limpeza de restos de poda.

4 RESULTADOS

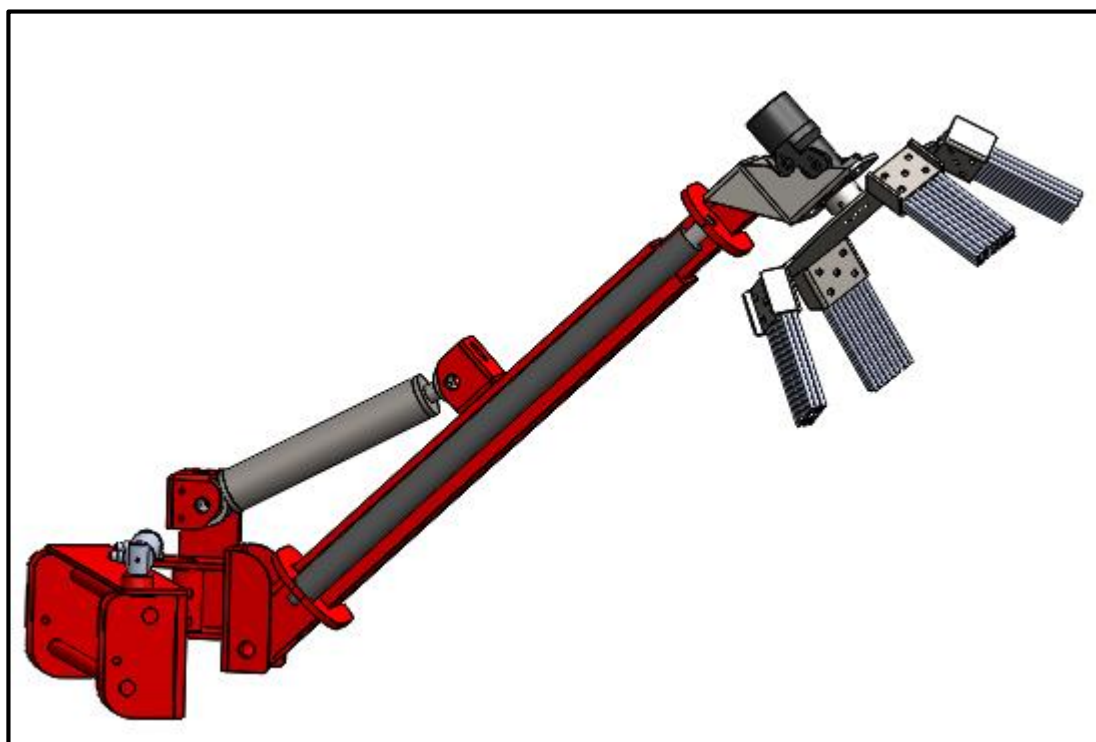
Nesta etapa apresenta-se o projeto do implemento juntamente com os dados obtidos para a sua validação.

4.1 ESTUDO DO MODELO DEFINIDO

O modelo escolhido, como apresentado no item 3 e definido na Figura 24, foi o modelo de simples ação devido ao custo de fabricação do protótipo.

De acordo com o projeto desenvolvido no software SolidWorks, com base na aplicação dos materiais determinados pela empresa, foram determinadas a massa total e a massa da parte móvel para realização do estudo no engate determinado.

Figura 24 - Modelo definido



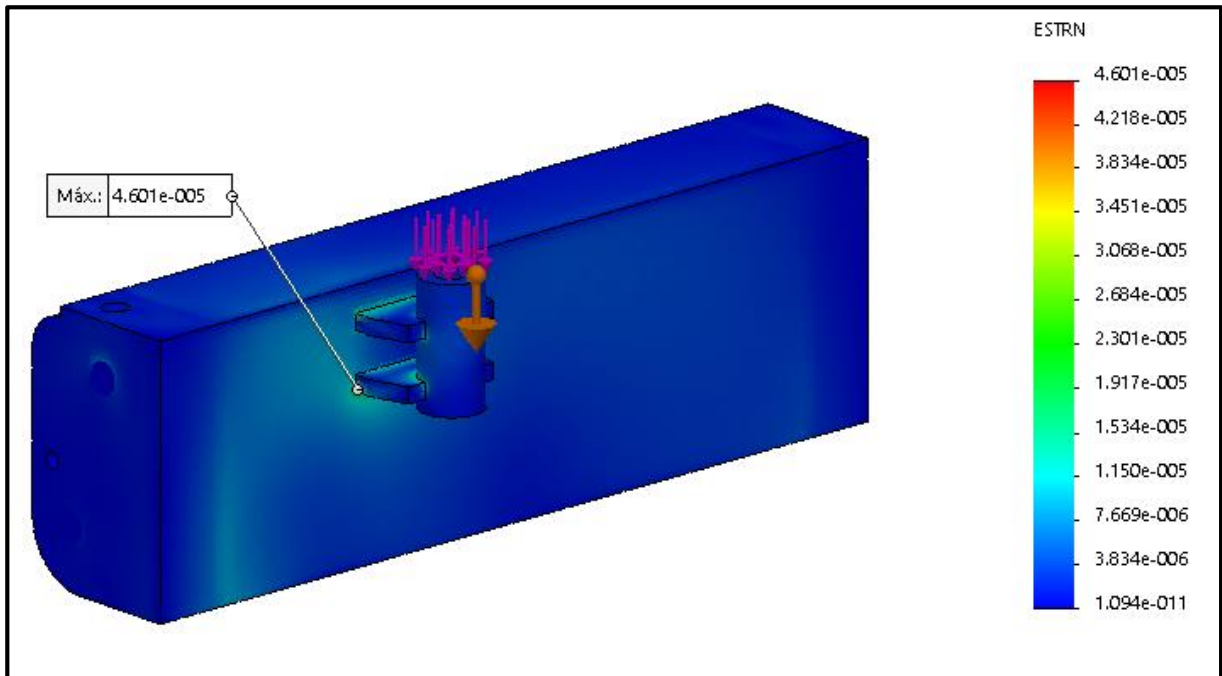
Fonte: o autor (2020)

Para a realização da análise estática no engate modelado, foi necessário dividir o implemento para definição do peso da parte móvel, para assim ser definida a força para o estudo proposto.

Para o estudo do modelo proposto no material ASTM A36, foram desprezados os fluidos e o sistema hidráulico. Com isso foi determinada a força que a peça estudada irá sofrer,

assim sendo uma força total distribuída na peça de 853,47 N. Com estes dados, a análise de tensão e deformação do acoplamento do implemento foi realizado.

Figura 25 - Simulação de deformação do aço ASTM A36

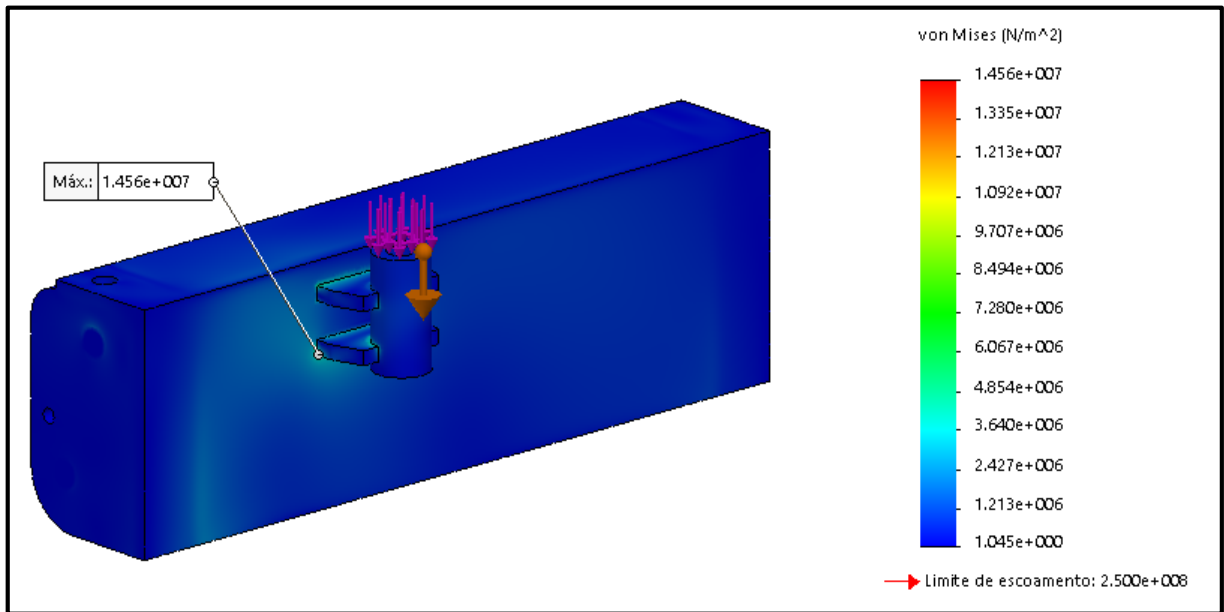


Fonte: o autor (2020).

A condição do estudo foi definida pela estrutura móvel recolhida e o peso concentrado na bucha de suporte da estrutura, com isso foi apresentada uma deformação de $4,601 \times 10^{-5}$ e uma tensão de 14,56 MPa na base do suporte da bucha.

Com base nos estudos realizados em cima do aço ASTM A36, apresentando uma baixa deformação em quase toda a estrutura analisada, conforme apresentado na Figura 25, e uma tensão, mostrado na Figura 26, abaixo do limite de escoamento para o material, o qual é de 280 MPa, conclui-se que pelos resultados obtidos nos estudos, este material pode ser utilizado para a fabricação do protótipo.

Figura 26 - Simulação de tensão no aço ASTM A36



Fonte: o autor (2020).

4.1.1 Definição do sistema hidráulico

Para a definição dos cilindros foi considerado o cálculo da força que é realizado pelo mesmo, levando em conta os cilindros normalmente utilizados pela empresa em seus projetos, e a pressão levantada no trator. Os dados dos cilindros escolhidos estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos cilindros

	Expansão	Elevação	Deslocamento lateral
Curso (mm)	754	247	105
Diâmetro Interno (mm)	44	52	42
Diâmetro da Haste (mm)	30	30	25,4
Força de avanço (kN)	22,8	31,8	20,8
Força de recuo (kN)	12,2	21,2	13,2

Fonte: o autor (2021).

Com os dados levantados, foram definidos os locais de instalação de cada cilindro respeitando os mesmos, para todos atenderem os movimentos desejados.

4.1.2 Diagrama hidráulico

Um comando hidráulico com três válvulas direcionais foi utilizado para o acionamento, por alavanca, dos três cilindros: elevação, expansão e deslocamento lateral. O comando funciona pela transmissão e controle da direção do fluido, permitindo a condução adequada da força para os atuadores.

A seleção do motor hidráulico do implemento foi baseada nos tipos mais comuns em estoque na empresa, facilitando reposição ou eventual manutenção. A Tabela 3 apresenta três motores usualmente utilizados em implementos agrícolas.

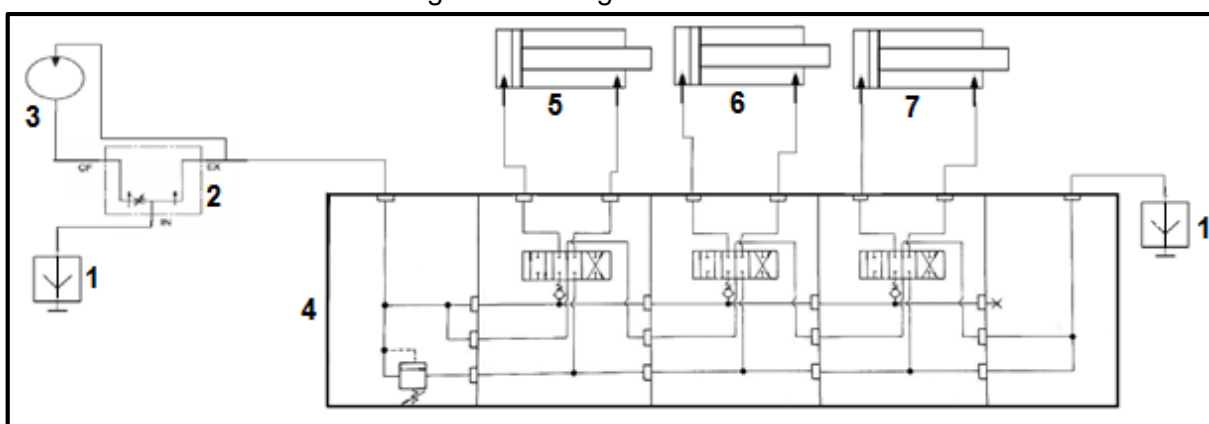
Tabela 3 - Descrição dos motores

	HOMP 36	HOMP 80	HOMP 100
Rotação Máxima (rpm)	1500	770	615
Torque Máximo (Nm)	55	146	182
Potência Máxima (hp)	10,7	13,4	13,4

Fonte: Adaptado da Hybel (2021)

Para a realização do primeiro teste foi escolhido o motor HOMP36 por ser uma questão de custo benefício em relação aos demais motores. Com isso, elaborou-se um diagrama hidráulico, apresentado na Figura 27, para o implemento desenvolvido, utilizando um sistema de esperas, por meio de engates rápidos (1), para pressão e retorno. O diagrama ilustra um comando de 3 vias (4) e os três cilindros citados na Tabela 2: (5) para expansão, (6) deslocamento lateral, (7) deslocamento vertical, bem como o motor (3). A velocidade do motor é regulada por uma válvula de fluxo (2).

Figura 27 - Diagrama Hidráulico



Fonte: o autor (2021).

4.2 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

O ASTM A36 foi definido para ser o material da elaboração do protótipo, então deu-se início no detalhamento das peças para o corte a laser. Durante a produção do implemento concluiu-se que o modelamento inicial precisava de melhorias, para que se tornasse mais eficaz.

Após os ajustes necessários e o recebimento das peças de empresas terceirizadas, foi concluída a montagem.

Figura 28 - Protótipo do implemento



Fonte: O autor (2021).

Para este protótipo, conforme apresentado na Figura 28, o material utilizado nas cerdas, foi o nylon trefilado com diâmetro de 12 milímetros. Este material que apresenta uma elasticidade, de modo que o contato dele com a planta cause menos danos, e é resistente fazendo com que dure por mais tempo.

Após a montagem final do implemento, foi instalado em um trator, conforme apresentado na Figura 29, e levado a campo para validação do protótipo e análise possíveis ajustes.

Figura 29 - Protótipo instalado



Fonte: o autor (2021).

4.3 TESTE DO PROTÓTIPO

Com o protótipo devidamente instalado no trator, foi encaminhado para teste em uma propriedade, que estava passando pelo processo de poda, localizada em Farroupilha, Rio Grande do Sul. Deste modo, foi possível testar em diferentes áreas da propriedade verificando algumas possíveis alterações para o funcionamento em todos os locais.

O primeiro teste foi realizado em uma área, o qual apresentava um desnível próximo as macieiras. Este desnível, com as cerdas apresentando um comprimento de 750 milímetros, dificultou um pouco o funcionamento do implemento, pois a área de contato ficava muito elevado do restante do solo, limpando melhor somente na base da planta, conforme apresentado na Figura 30. Do lado direito da imagem foi realizado o teste do implemento, e do lado esquerdo foi deixado natural.

Figura 30 - Teste 1



Fonte: o autor (2021).

O segundo teste foi realizado em uma área que havia sido realizada a poda e os galhos ainda estavam presentes no solo. Com as cerdas no mesmo tamanho da anterior o implemento ficou com torque insuficiente, assim sendo, o funcionamento dele não ocorreu de forma correta. Com isso foi realizada uma redução do comprimento delas para 550 milímetros, retornando para área e realizado um novo teste.

O resultado deste novo teste está apresentado na Figura 31, o qual o lado direito da imagem representa o local onde o implemento foi utilizado e do lado esquerdo apresenta o lado oposto da fileira, local pelo qual o implemento não foi utilizado, assim ficando visível os galhos resultantes da poda.

Figura 31 - Teste 3



Fonte: o autor (2021).

Os galhos deslocados pelo implemento para o centro da fileira são imediatamente triturados por um equipamento instalado na parte traseira do trator, denominado trincha.

5 CONCLUSÃO

As conclusões deste trabalho são apresentadas visando atender os objetivos determinados anteriormente.

Com a utilização de dados pré-definidos em relação ao plantio e especificações técnicas estipulados pela Tecnofrutt, foi possível definir as características que o projeto deveria conter para atender às necessidades em campo e, então, foi desenvolvido o projeto tridimensional e esquema hidráulico para montagem.

Sobre o processo de produção foi preciso adequar o estoque pré-existente na empresa com necessidade de terceirização de serviços, como pintura e corte a laser, para que, no fim, fosse possível a montagem integralmente dentro da Tecnofrutt.

Na validação em campo, o projeto apresentou fácil manuseio e funcionalidade, mas devido a alguns desníveis e quantidade de dejetos presentes no solo, o motor instalado e testado apresentou torque insuficiente para a tarefa. A primeira alteração no projeto já foi realizada no decorrer do teste que foi a redução do tamanho das cerdas, o que melhorou o funcionamento. Além dessa modificação, também foi sugerida à empresa a implantação de um sistema de inclinação de cerdas e a utilização de um motor com uma capacidade maior de torque, como o HOMP100 que possui um torque aproximadamente três vezes maior em relação ao testado inicialmente, e assim que possível, será testado novamente.

Para o melhor desenvolvimento do projeto e tentar evitar erros no protótipo, é indicado a realização de visita no local de aplicação do implemento antes do início do modelamento, para assim definir o projeto de maneira que facilite a aplicação no local desejado.

Conclui-se que, após a elaboração do protótipo e a validação em campo de maneira correta, o implemento tem potencial, após melhoramentos sugeridos, de atender as demandas dos produtores de maçã. Com este trabalho, deixa-se como sugestão para trabalhos futuros, o estudo do impacto das cerdas no caule das plantas.

REFERÊNCIAS

ABIMAC. **Girorami New 8**. Disponível em: <http://abimac.it/it/prodotti/ranghinatori-persarmenti-di-potatura/girorami-new-8.html>. Acesso em: 19 ago. 2020.

ABPM. **Mão de obra, insumos e máquinas representam 70% dos gastos dos produtores de maçã do Brasil**. 29 abr. 2016. Disponível em: <http://www.abpm.org.br/maca-e-tudo-de-bom/mao-de-obra-insumos-e-maquinas>. Acesso em: 13 set. 2020.

ABPM, **Rio Grande do Rio Grande do Sul abriu oficialmente as colheitas da maçã e da uva**. Disponível em: <http://www.abpm.org.br/maca-e-tudo-de-bom/rio-grande-do-sul-abriu-oficialmente-as-colheitas-da-maca-e-da-uva>. Acesso em: 05 abr. 2020.

ALMACINHA, José António. **Motor do tipo orbital utilizado em transmissões hidrostáticas**. Faculdade de engenharia da Universidade do Porto: [s. n.], 2002. 1. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/9250/2/41231.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

Amato Neto, João. **A indústria de máquinas agrícolas no Brasil – origens e evolução**. *Rev. Adm. Empr.* Artigo, Rio de Janeiro – jul/set. 1985

AMIRANTE, Paolo. **Origini della meccanizzazione agricola nel mondo**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paolo-Amirante-2/publication/338433130_157_ORIGINI_MEC_AGR_PDF/links/5e14b8164585159aa4b9f461/157-ORIGINI-MEC-AGR-PDF.pdf. Acesso em: 27 abr. 2021.

COLTIVAZIONE BIOLOGICA. **Trattore e ripuntatore. La lavorazione meccanica del terreno**: Il ripuntatore sul trattore. Italia, 26 mar. 2020. Disponível em: <https://www.coltivazionebiologica.it/trattore-ripuntatore/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

DELTRACTOR. Vassoura Recolhedora. *In*: DELTRACTOR. **Vassoura Recolhedora**. 2020 Disponível em: https://deltractor.com.br/vassoura-recolhedora?gclid=CjwKCAjwm_P5BRAhEiwAwRzSOwpMCLKBXQf8HYNyYPXH0naszj9pkq6sADA2mB9exhopEVI2tw3ORxoCPvsQAvD_BwE. Acesso em: 19 ago. 2020.

DENARDI, Frederico; BERNARDI, João. **Produção Integrada de Maçãs no Brasil**. [S. l.]: Embrapa, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/plantio.htm>. Acesso em: 21 jul. 2020.

Ding, H, Lu, XJ and Jiang, B., 2012, "A CFD Model for Orbital Gerotor Motor," *26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*

FARIAS, Marcelo Silveira de; SCHLOSSER, José Fernando; DAMASCENO, Juliane. Mecanização: Trator e implementos acoplados com precisão. **A Granja**, Porto Alegre/ RS, n. 803, p. 1, 5 nov. 2015. Disponível em: <https://edcentaurus.com.br/agranja/edicao/803/materia/7270>. Acesso em: 22 mar. 2021.

F.C.R COSTRUZIONE MACCHINE AGRICOLE. **Girorami**. [S. l.], 2020. Disponível em: http://www.fcrfancelli.it/index.php?option=com_content&task=view&id=9&Itemid=8. Acesso em: 18 set. 2020.

FERRARI, Sergio. La cimice asiatica evita il melete verticale, soprattutto nelle forme a parete stretta. **D Blog**, [s. l.], 6 fev. 2020. Disponível em: <https://www.ildolomiti.it/blog/sergio-ferrari/la-cimice-asiatica-evita-il-melete-verticale-soprattutto-nelle-forme-a-parete-stretta>. Acesso em: 21 mar. 2021.

GARCIA, Ricardo Ferreira; JUNIOR, José F. S Vasconcelos. Manutenção do sistema hidráulico de tratores. **Cultivar Máquinas**, n. 162, p. 21-23, 4 maio 2016. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/artigos/manutencao-do-sistema-hidraulico-de-tratores>. Acesso em: 17 nov. 2020.

MACCHINE AGRICOLE; CREMONA, Mario. **Chioma da Sfoltire**. Italia, 2013. Disponível em: <https://www.macchineagricolenews.it/2013/05/15/chioma-da-sfoltire/>. Acesso em: 21 mar. 2021.

MANTOVANI, Evandro Chartuni; OLIVEIRA, Pedro Estevão Bastos de; QUEIROZ, Daniel Marçal de; FERNANDES, André Luís Teixeira; CRUVINEL, Paulo Estevão. Current status and future prospect of the agricultural mechanization in Brazil. **Embrapa Milho e Sorgo**, [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1110395>. Acesso em: 27 abr. 2021.

MENDES, Guilherme. O que é Modelo Cascata na gestão de projetos? **FMS2**, 24 maio 2020. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/modelo-cascata/>. Acesso em: 18 jul. 2020.

MOTA, Ana Paula. **Modelo de desenvolvimento: Cascata (Waterfall)**. 14 dez. 2015. Disponível em: <https://anapaulamota.wordpress.com/2015/12/14/modelo-de-desenvolvimento-cascatawaterfall/>. Acesso em: 17 jul. 2020.

NAANDANJAIN. **Melo: soluzione ECONOMY**. Italia, 2014. Disponível em: <https://www.naandanjain.it/2014-11-14-16-12-32/melo>. Acesso em: 21 mar. 2021.

NACHTIGALL, G.R. **Irrigação na Cultura da Macieira**, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Embrapa Uva e Vinho, 2016

OLIVEIRA, Jonatas Willian de; VOLANTE, Carlos Rodrigo. OS BENEFÍCIOS DA TECNOLOGIA EMBARCADA EM IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS PARA A AGRICULTURA DE PRECISÃO: estudo de caso de produção de uma indústria de implementos agrícolas. **Interface tecnológica**, São Paulo, v. 16, ed. 2, p. 264-272, 21 dez. 2019.

PALMIERI, Antonio Carlos. **Manual de Hidráulica Básica**. 10. ed. Porto Alegre; RS: [s. n.], 1997. 328 p.

PARKER. **Tecnologia Hidráulica Industrial**. Jacarei - SP, 2001. 232 p.

SALF MACCHINE AGRICOLE. **Rotoandanatore per infilari**. Italia: 2012.

SANDER, G.F.; MACEDO, T. A. de; MAGRO, M.; RUFATO, A de R.; RUFATO, L. **Mecanização de Pomares – poda mecanizada no Brasil**: princípio do muro Frutal no Brasil. *Agapomi*, n.271, dez. 2016.

SANTOS, Jeferson Lucas. **Mecanização Agrícola**. Barra da Estiva - BA, 2012. Disponível em: <http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/12-20-01-disciplinainfraestruturaapostila.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.

SENAR. Mecanização: operação de tratores agrícolas. **Coleção SENAR**, Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/177-OPERA%C3%87%C3%83O-DE-TRATORES.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2020.

SILVA, Bruna Antunes da; WINCK, César Augustus. **Evolução da quantidade de máquinas e implementos agrícolas nas propriedades rurais brasileiras (1960-2017)**. Revista Visão: Gestão Organizacional, Caçador, SC, Brasil, p. 174- 188, jun. 2019. ISSN 2238-9636. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33362/visao.v8i1.1934>>. Acesso em 7 maio 2020.

SILVA, Daniel. **Exportação de frutas brasileiras segue em alta**. 03. Mar. 2014. Disponível em:<<https://jornalggn.com.br/comercio-externo/exportacao-de-frutas-brasileiras-segue-em-alta/>>. Acesso em 21 abr. 20.

VIAN, Carlos Eduardo de Freitas et al. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 51, n. 4, p. 719-744, dez. 2013. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-20032013000400006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 abril 2020.

ANEXO A – FOLDER DO *ROTOANDATORI*



Comando elettro-idraulico
Control Comando elettro-idraulico
Kontrolle Elektro-hydraulische






Spazzola (a richiesta)
Sweeper with spatulas (on request)
Schwader mit Bürsten (auf Anfrage)






Rotazione testata (a richiesta)
Head rotation (optional)
Kopfdrehung (optional)




Rotoandatore a due spazzole - Sweeper with two brushes
Schwader mit zwei Bürsten

Mod.					
	min	max	H	L	
RF	175	460	140	175	151
RV	140	425	140	140	151

Rotoandatore a una spazzola - Sweeper with one brush
Schwader mit ein Bürsten

Mod.					
	min	max	H	L	
RF	87	220	140	100	85
RV	75	210	140	75	85



Rotoandatore in posizione di trasporto
Sweeper in the transport position
Schwader in Transportposition