

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

JOÃO FELIPE PEIXOTO MARQUES

**DESENVOLVIMENTO DE IMPLEMENTO AGRÍCOLA DESTINADO À
INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

**CASCADEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

JOÃO FELIPE PEIXOTO MARQUES

**DESENVOLVIMENTO DE IMPLEMENTO AGRÍCOLA DESTINADO À
INOCULAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA**

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

Professor Orientador: Me. Eng. Mec. Carlos Alberto Breda

**CASCADEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
JOÃO FELIPE PEIXOTO MARQUES

IMPLEMENTO AGRÍCOLA INOCULADOR DE SEMENTES DE SOJA DE BAIXO CUSTO

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 do Professor Me. Eng. Mec. Carlos Alberto Breda

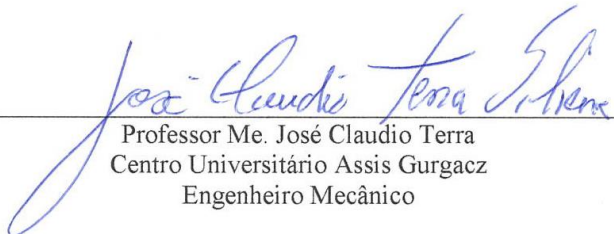
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Me. Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Mecânica



Professor Me. Sergio Henrique Rodriguez Mota
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Me. José Claudio Terra
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 28 de Novembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,
pelo eterno apoio e amor imensurável.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pela educação que foi me dada, pelos conselhos que foram ditos e pela confiança depositada em mim ao longo desses anos.

Agradeço a todos os colegas que convivi em sala de aula e especialmente aos meus amigos que influenciaram nessa caminhada, pelas experiências e momentos que levarei para toda a vida.

Agradeço a minha parceira por sempre me apoiar, incentivar e acreditar na minha capacidade, principalmente nos momentos desafiadores que apareceram no caminho.

Agradeço aos professores e a instituição por marcaram a minha caminhada passando a mim o precioso conhecimento.

Agradeço ao meu orientador professor Carlos Alberto Breda que com toda a sua experiência e conhecimento nunca deixou de tirar um pouco de seu tempo para solucionar as minhas dúvidas e colaborar para o desenvolvimento desse projeto.

Agradeço ao agricultor Renato Alberto Allegretti por confiar a mim essa ideia, por sempre esclarecer as minhas dúvidas e por auxiliar no desenvolvimento do implemento.

RESUMO

A inoculação é o ato de aplicar o inoculador, veículo contendo grandes quantidades da bactéria *Bradyrhizobium*, na semente de soja com o intuito de fornecer o nitrogênio, elemento químico essencial para o desenvolvimento da planta. A soja tem grande impacto na economia brasileira e grande afinidade com a bactéria que realiza a fixação biológica do nitrogênio, portanto, a inoculação de sementes é uma prática essencial à agricultura nacional, sendo que na cultura da soja ela apresenta aumento no rendimento e redução de custos do plantio. Contudo, as máquinas existentes no mercado são tratadoras de sementes que misturam o inoculante com uma série de outros produtos químicos que acabam por ser danosos para a bactéria e comprometendo a qualidade do processo. Portanto, foi desenvolvido um implemento agrícola destinado à inoculação de sementes de soja buscando um menor custo de fabricação, manutenção barata e fácil, além de dispensar treinamento para a sua operação. A pesquisa é majoritariamente bibliográfica em relação a inoculação de sementes, como ocorre e as recomendações para a eficácia do processo. Foram pesquisadas máquinas tratadoras de diferentes fabricantes e levantadas as características positivas e negativas das mesmas. Para o desenvolvimento do implemento foi utilizado um protótipo para testes com o intuito de analisar características de posicionamento de componentes buscando a melhor configuração, o fornecimento de sementes é por gravidade e o inoculante é pulverizado nas sementes. A estrutura e o sistema pulverizador foram dimensionados prezando a facilidade na construção, praticidade para o uso no cotidiano e fácil manutenção. O implemento alcançou os objetivos esperados demonstrando excelente cobertura das sementes de soja, seu fácil uso, simplicidade de construção e facilidade de aquisição de peças são aliados importantes para o cotidiano do campo e foram parâmetros importantes para se chegar ao resultado final com sucesso.

Palavras-chave: Inoculação. Pulverização. Gravidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Inoculadora de sulco	18
Figura 2: Esquema estrutural do tanque	18
Figura 3: Misturador mecânico	19
Figura 4: Tambor giratório	20
Figura 5: Tratadora de sementes	20
Figura 6: Tratadora MTSB 1060	21
Figura 7: Sistema de dosagem por canecas	22
Figura 8: Tratadora GE 45	22
Figura 9: Tratadora MTS 120 Especial	23
Figura 10: Tratadora MTS 120 Spray System	24
Figura 11: Tratadora MTS 120 Spray System Celebration	25
Figura 12: Tratadora MTS 120 Spray System Celebration Alongada	26
Figura 13: Tratadora GV 240 <i>Celebration</i>	26
Figura 14: Tratadora Turbo	27
Figura 15: Tratadora Turbão	28
Figura 16: Tratadora Turbo Dupla	28
Figura 17: Tratadora TSG 1100	29
Figura 18: Tratadora TS 15 Spray System	29
Figura 19: Kit de tratamento AV 500	30
Figura 20: Tratadora Turbão Carreta	30
Figura 21: Rosca Helicoidal Interna do Reservatório	31
Figura 22: Tratadora Águia 400	32
Figura 23: Tratadora Águia 1000	32
Figura 24: Tratadoras Linha TMS	33
Figura 25: Tratadora portátil Mecmix	34
Figura 26: Pulvemark 5000	35
Figura 27: Tratadora Becker	35
Figura 28: Tratadora InoculaBag	36
Figura 29: Tratadora InoculaBag Montada	36
Figura 30: Máquina Utilizada nos Testes	38
Figura 31: Reservatório Cone Cortado	40
Figura 32: Reservatório Cubo + Tronco da Pirâmide	41
Figura 33: Base do Reservatório	43
Figura 34: Fixação dos Perfis Estruturais	44
Figura 35: Fixação Base + Reservatório	44
Figura 36: Canaleta	45
Figura 37: Posicionamento dos Espalhadores de Sementes	45
Figura 38: Padrão Plano Canaleta	46
Figura 39: Teste Para Averiguação da Inclinação Adequada (30°)	46
Figura 40: Ângulo de Inclinação da Canaleta em Relação ao Plano Vertical de 30°	47
Figura 41: Teste de Saída de Sementes	47
Figura 42: Ângulo de Repouso	48
Figura 43: Saída do Reservatório	48
Figura 44: Espelho de Saída do Reservatório	49
Figura 45: Espelho e Encaixes	49
Figura 46: Conjunto de Saída de Sementes	50
Figura 47: Mecanismo de Abertura	50
Figura 48: Posição Aberto	51

Figura 49: Posição fechado	51
Figura 50: Parte Inferior do Reservatório	52
Figura 51: Chapa Base	52
Figura 52: Parte Fixa do Implemento.....	53
Figura 53: Base Variável.....	54
Figura 54: Estrutura Completa	55
Figura 55: Sistema Hidráulico.....	55
Figura 56: Bomba Compacta	57
Figura 57: Bomba de Limpador de Para-Brisa.....	57
Figura 58: Grupo de Controle	58
Figura 59: Bico Pulverizador	60
Figura 60: Suporte para o Bico Pulverizador	61
Figura 61: Fixação do Suporte do Bico.....	61
Figura 62: Reservatório do Inoculante	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados dos modelos MTS 60 Especial e MTS 120 Especial	23
Tabela 2: Dados dos modelos MTS 60 Spray System e MTS 120 Spray System	24
Tabela 3: Dados dos modelos MTS 120 Spray System Celebration.....	25

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Volume do cone cortado.....	40
Equação 2: Densidade	40
Equação 3: Densidade Reformulada	41
Equação 4: Volume do Cubo	42
Equação 5: Volume do Tronco da Pirâmide	42
Equação 6: Volume Total.....	42
Equação 7: Volume do Máximo Reservatório de Inoculante Necessário Para a Máxima Capacidade do Implemento	62
Equação 8: Volume do Reservatório de Inoculante	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAD – *Computer Aided Design*

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FBN – Fixação Biológica do Nitrogênio

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVO GERAL	14
1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	14
1.3. JUSTIFICATIVA.....	14
1.4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.5. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. INOCULAÇÃO	16
2.2. FORMAS DE INOCULAÇÃO.....	17
2.2.1. Via sulco de semeadura.....	17
2.2.2. Via semente.....	19
2.3. MÁQUINAS APLICADORES DE INOCULANTE VIA SEMENTE	19
2.3.1. Tambor giratório	20
2.3.2. Tratadora de sementes com transporte por rosca helicoidal	20
2.3.3. Tratadora misturadora de sementes	31
2.3.4. Misturador de sementes na caixa da plantadeira.....	33
2.3.5. Inoculadoras por pulverização	34
3. METODOLOGIA.....	37
3.1. DESENVOLVIMENTO DO IMPLEMENTO	38
3.1.1. Estrutura metálica	39
3.1.1.1. Reservatório de sementes.....	39
3.1.1.1.1. Cone cortado	39
3.1.1.1.2. Cubo + Tronco da pirâmide	41
3.1.1.2. Base do reservatório.....	43
3.1.1.3. Canaleta.....	45
3.1.1.4. Saída das sementes.....	47
3.1.1.5. Chapa base	52
3.1.1.6. Base da estrutura	53
3.1.1.7. Estrutura completa	54
3.1.2. Sistema de pulverização.....	55
3.1.2.1. Fonte de energia	56
3.1.2.2. Grupo de geração	56
3.1.2.3. Grupo de controle	58
3.1.2.4. Grupo de ligação	59
3.1.2.5. Grupo de atuação	59
3.1.2.6. Tanque/reservatório	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	67

REFERÊNCIAS	68
--------------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO

A inoculação é o ato de aplicar o inoculador, veículo contendo grandes quantidades da bactéria *Bradyrhizobium*, na semente de soja com o intuito de fornecer o nitrogênio, elemento químico essencial para o desenvolvimento da planta. A soja tem grande impacto na economia brasileira e a inoculação é uma prática que proporciona um rendimento de 4,5% a 8% dos grãos (EMBRAPA, 2007), além de contribuir para a manutenção do solo.

Essa bactéria citada anteriormente realiza a fixação biológica do nitrogênio ao desenvolver uma relação de simbiose com a planta através de uma infecção que se apresenta como nódulos na raiz.

Neste trabalho será desenvolvido um implemento agrícola destinado à inoculação de sementes de soja buscando um custo baixo de fabricação, manutenção barata e fácil, além também de dispensar treinamento para a sua operação.

Inicialmente será realizada a pesquisa referente a inoculação, como ocorre e as recomendações para a eficácia do processo. Em seguida, serão analisadas as duas formas de aplicação de inoculante, via sulco de semeadura e via semente, selecionando o processo mais adequado para a máquina. Após as considerações iniciais será feito o levantamento das máquinas existentes no mercado e avaliados os seus pontos positivos e negativos, buscando utilizar dos aspectos positivos para o projeto.

Por fim, dimensionar um implemento agrícola inoculador de sementes onde o fornecimento de sementes seja por gravidade e o inoculante seja pulverizado nas sementes de soja. A estrutura será desenvolvida prezando a facilidade na construção, praticidade para o uso no cotidiano e fácil manutenção. A máquina poderá ficar apoiada em um chassi de caminhão, reboque para trator ou até mesmo parada no galpão.

Esse projeto terá relevância à sociedade e à comunidade científica, considerando que trará uma solução mais prática para os agricultores sem perder a qualidade e vai apresentar uma nova forma de tratamento de sementes ocasionando novos projetos de pesquisa.

A pesquisa é majoritariamente bibliográfica e será baseada em artigos, teses, comunicados técnicos e pesquisas científicas relacionados à inoculação de sementes de soja. Serão considerados também as especificações técnicas e guias de usuários para a otimização da aplicação de inoculante líquido.

O trabalho está dividido de acordo com os objetivos específicos para seguir a ordem em que foi realizada a pesquisa.

1.1. OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um implemento agrícola inoculador de sementes de soja.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Justificar a necessidade de melhorias na inoculação de sementes;
- Analisar máquinas e implementos aplicadores de inoculante já existentes;
- Modelar a estrutura do implemento em *CAD* e selecionar os componentes do sistema de pulverização.

1.3. JUSTIFICATIVA

A cultura da soja tem um grande destaque na agricultura nacional, sendo o Brasil o segundo maior produtor do mundo (CONAB, safra 2017/2018). O uso de inoculante contendo a bactéria *Bradyrhizobium* na inoculação da soja é uma técnica extremamente rentável, tendo em vista a afinidade da bactéria com plantas leguminosas. Essa prática, somente na soja, substitui totalmente a adubação nitrogenada (ZILLI E MARSON, 2007) e a EMBRAPA estima que essa substituição proporciona uma economia anual de R\$ 24,9 bilhões para o mercado nacional.

Em contra partida o mercado de equipamentos inoculadores utiliza do mesmo princípio de mistura da semente como utilizado para aplicação de outros produtos, sendo que são raros os casos de atualização ou desenvolvimento de equipamentos específicos para essa função.

Considerando o impacto da inoculação no agronegócio o investimento nessa prática é mais que justificável, portanto, o desenvolvimento de um implemento agrícola inoculador de sementes de soja prático e funcional influenciará muito no período de semeadura do agricultor.

1.4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como desenvolver um implemento agrícola direcionado à inoculação de sementes de soja?

1.5. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Para este trabalho será realizado o estudo bibliográfico das condições que influenciam na fixação biológica do nitrogênio na semente de soja. Será realizada a pesquisa de maquinários existentes no mercado com o intuito de analisar componentes e as diferentes formas de aplicação do inoculante. No desenvolvimento do implemento será dado prioridade para o barateamento de componentes e serão realizados testes para definir o tipo de bico pulverizador e o ângulo da canaleta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INOCULAÇÃO

O nitrogênio é essencial para a existência da vida no planeta sendo o constituinte fundamental dos ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas (HUNGRIA, 2007). Para subsidiar o seu alto teor de proteínas a soja demanda de 80 kg de nitrogênio a cada 1000 kg de grãos produzidos, porém, para suprir essa demanda utilizava-se principalmente de adubo nitrogenado que é caro, possui baixa eficiência e causa inúmeros danos ao meio ambiente (EMBRAPA, 2001; HUNGRIA, CAMPO E MENDES, 2007).

A cultura da soja tem um grande destaque na agricultura nacional e segundo relatório referente a safra 2017/2018 emitido pela CONAB, o Brasil é o segundo maior produtor do mundo, atrás somente dos Estados Unidos. Continuar utilizando fertilizantes, que são em maioria importados, para subsidiar essa cultura poderá colocar em perigo uma das principais fontes de renda do país podendo chegar ao ponto de tornar-se uma cultura economicamente inviável (HUNGRIA, CAMPO E MENDES, 2007).

Considerando essa realidade tem sido realizado inúmeras pesquisas referentes à fixação biológica do nitrogênio na soja através do uso de bactérias pertencentes a espécie *Bradyrhizobium* buscando coletar informações e contestar a sua eficácia. A fixação biológica do nitrogênio (FBN) ocorre através do estabelecimento de uma relação simbiótica entre bactéria e planta, a bactéria infecta a raiz da planta formando nódulos que auxiliam na fixação do nitrogênio do ar (70% da composição do ar) (HUNGRIA, CAMPO E MENDES, 2007). Inoculação é a aplicação dessas bactérias através de inoculantes, sendo esse o veículo contendo grande quantidade de bactérias (cerca de $10 \cdot 10^6$ μ org/g) (ARF E BOLONHEZI, 2012).

O uso do gênero *Rhizobium* na inoculação da soja é uma técnica extremamente rentável devido a afinidade da bactéria com plantas leguminosas. Além disso, essa relação possibilita uma boa adaptabilidade da cultura as mais diversas condições de clima e solo encontradas pelo Brasil (HUNGRIA, 2007). Segundo Zilli e Marson, em 2007 essa prática já supria por completo a necessidade de nitrogênio na cultura da soja e era estimado uma economia de mais de 3 bilhões de dólares anuais. Hoje, a EMBRAPA estima que o uso do FBN ao invés de adubo nitrogenado proporcionará uma economia anual de R\$ 24,9 bilhões para o mercado nacional em diferentes setores.

Por envolver uma bactéria existem diversos cuidados e recomendações para evitar que algo interfira no processo e dificulte o estabelecimento da simbiose. Entretanto, o mercado de equipamentos inoculadores se limita às tratadoras de semente já existentes, sendo que os casos de atualização do processo geralmente envolvem acessórios caros.

2.2. FORMAS DE INOCULAÇÃO

Antes de falar das formas de inoculação é importante conhecer as inúmeras recomendações referente à aquisição e armazenamento de sementes e inoculantes, sendo imprescindível que elas sejam seguidas para que alcance o máximo de rendimento.

Referente ao armazenamento das sementes, é recomendado que elas sejam colocadas em local bem ventilado com temperatura máxima de 25°C e umidade relativa abaixo de 70%, evitando contato dos sacos com o chão e paredes. O ambiente deve estar livre de fungos e roedores e devem ser armazenadas separados de adubo, calcário e agroquímicos. Caso não seja possível ter essas condições, o agricultor deverá retirar as sementes do fornecedor o mais próximo possível da época da semeadura (GIANLUPPI, 2009).

Referente à aquisição de inoculantes, a EMBRAPA (2011) aconselha adquirir produtos registrados no MAPA e observar o número do registro impresso na embalagem, verificar se o mesmo está armazenado em um ambiente com condições adequadas de temperatura e ventilação e certificar que o produto possui uma ou duas das estirpes recomendadas para o Brasil (SEMIA 587, SEMIA 5019, SEMIA 5079 E SEMIA 5080).

Existem duas formas de aplicação de inoculante, sendo elas via sulco de semeadura e via semente.

2.2.1. Via sulco de semeadura

A aplicação no sulco de semeadura é pouco prática, recomendada para áreas sem cultivo anterior da leguminosa e possui um resultado pouco melhor que o processo via semente. Contudo, a dose recomendada deve ser, no mínimo, seis vezes maior que a dose indicada para sementes, além de ser complicado o processo de aplicação (NETO, 2008; EMBRAPA, 2011). Considerando essa disparidade a aplicação via semente é mais atraente que a via sulco.

Contudo, os reservatórios dos aplicadores via sulco possuem tecnologia superior às máquinas via semente. No caso da empresa MECMAQ o tanque do produto Control BC e

Premier é revestido com dupla camada térmica e possui agitador mecânico e agitador hidráulico para evitar a decantação do produto. O acionamento ocorre por motor elétrico conectado a bateria 12V do trator:



Figura 1: Inoculadora de sulco

Fonte: Pulverizadores Adventure (08/10/2019)



Figura 2: Esquema estrutural do tanque

Fonte: MECMAQ (15/05/2019)



Figura 3: Misturador mecânico

Fonte: MECMAQ (15/05/2019) 10:41

2.2.2. Via semente

De longe a mais utilizada, o inoculante é aplicado na semente e depois é feita a semeadura. Muito prática, pode ser aplicada em diferentes situações contudo, as vezes, a necessidade de cuidados extras fazem com que o agricultor não realize a inoculação pré semeadura. (HUNGRIA, CAMPO E ZILLI, 2010).

Vários fatores podem interferir no estabelecimento da bactéria, como por exemplo: a dose de inoculante, se a terra é nativa ou não, o tipo de adubo já utilizado, estirpe, tratamento com fungicidas e condições ambientais (HUNGRIA E CAMPO, 2000). Segundo o portal referente a fixação biológica no site da EMBRAPA, é importante se atentar ao fato de que o inoculante não pode ser misturado com fungicidas ou micronutrientes, tendo em vista que eles são tóxicos para as bactérias.

2.3. MÁQUINAS APLICADORES DE INOCULANTE VIA SEMENTE

Em 1994 a EMBRAPA emitiu um comunicado técnico sobre máquinas inoculadoras de sementes e nele dizia que era recomendado o tratamento via sementes imediatamente antes da semeadura, deveria se buscar a melhor cobertura e aderência do inoculante à semente. Porém, ele não deve ser aplicado com excesso de umidade pois poderia aderir a mecanismos e não ser distribuído homogeneamente, ou seja, é necessária uma máquina bem regulada para que o processo seja eficaz. Duas máquinas foram apresentadas nesse comunicado e elas ainda são utilizadas.

2.3.1. Tambor giratório

Método arcaico de aplicação de baixa homogeneização da mistura inoculante + semente, além de que a Instrução Normativa MAPA Nº 46, de 24 de julho de 2002 proíbe a mistura de agrotóxicos em tanques:

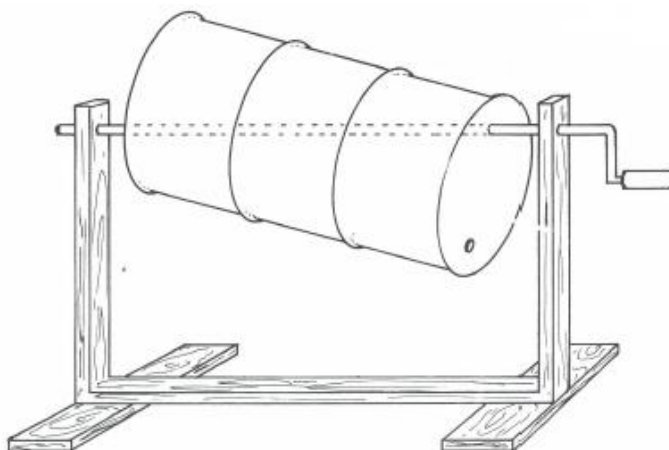


Figura 4: Tambor giratório

Fonte: Comunicado Técnico Embrapa (1994)

2.3.2. Tratadora de sementes com transporte por rosca helicoidal

Essa máquina é muito comum e amplamente utilizada por poder tratar diferentes tipos de sementes como soja, milho, feijão, arroz, trigo, amendoim e cevada, as sementes podem ser tratadas com inoculante, fungicida, defensivos, micronutrientes e até produtos em pó:

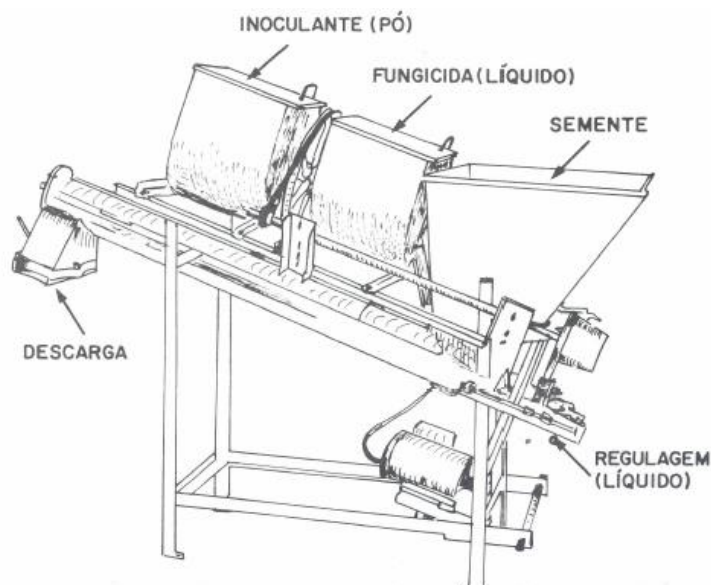


Figura 5: Tratadora de sementes

Fonte: Comunicado Técnico Embrapa (1994)

A aplicação desses produtos ocorre no tubo onde está localizada a rosca helicoidal que transporta a semente do reservatório até a saída da máquina.

Contudo, a EMBRAPA recomenda que o tratamento da semente com fungicida deve ser antes da inoculação (EMBRAPA Semiárido, 2018). Também a aplicação combinada de fungicida e inoculante pode diminuir consideravelmente a população de *Bradyrhizobium* nas sementes (ANNAPURNA, 2005).

Nos últimos anos foram apresentadas máquinas tratadoras com novas ideias e diferentes abordagens visando diminuir danos e aumentar o rendimento, ainda mantém o sistema de rosca sem fim para a movimentação da semente.

As máquinas tratadoras são separadas pela forma de dosagem dos produtos, por caneca ou por sistema de spray, pelos materiais, se são para uso no campo ou industrial e principalmente pela sua capacidade de tratamento em kg/h.

A empresa Bandeirante de Passo Fundo – RS oferece o produto MTSB 1060, tem um rendimento médio de 3600 kg/h, pode ter dois ou três reservatórios com capacidade de 15L cada. O reservatório de sementes, insumos e a rosca helicoidal são compostos de polímero com o intuito de diminuir o dano aos produtos e aumentar a durabilidade:



Figura 6: Tratadora MTSB 1060

Fonte: BANDEIRANTES (06/05/2019)

O acionamento da rosca helicoidal é realizado por motor elétrico com potência de 1CV ou pode ser levado ao campo e acionado pela tomada de força do trator. O sistema de dosagem é realizado por uma série de canecas alocados em um disco:

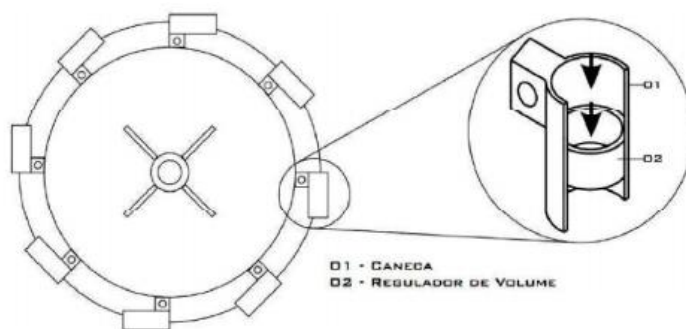


Figura 7: Sistema de dosagem por canecas

Fonte: BANDEIRANTES (06/05/2019)

A empresa GRAZMEC oferece mais de uma opção para tratadores de sementes, porém os produtos diferem em pequenos aspectos entre si variando o rendimento (kg/h), capacidade de armazenamento de sementes e produtos líquidos e os materiais que as compõem.

Os produtos da categoria *on farm* são destinados para o tratamento no campo pelo próprio agricultor e serão separados pela sua forma de dosagem e aplicação de produtos líquidos.

Iniciando pelo sistema de dosagem por copos, o mesmo do produto anteriormente mostrado, o modelo GE 45 é a porta de entrada com um rendimento de 2250 kg/h (45 sacas soja/hora) e com capacidade de 60kg no reservatório. É um equipamento com altura de 1,5 m, largura de 0,7 m, comprimento de 1,8 m e peso 105 kg. Seu reservatório e corpo são compostos por aço carbono e possui um reservatório líquido e um para pó feitos de polietileno:



Figura 8: Tratadora GE 45

Fonte: GRAZMEC (08/05/2019)

Em seguida, estão a MTS 60 especial e a MTS 120 especial, ambas possuem as mesmas dimensões, porém diferem em capacidade de tratamento tendo a 120 o dobro do rendimento da 60, como representado na Tabela 1:



Figura 9: Tratadora MTS 120 Especial

Fonte: GRAZMEC (08/05/2019)

O corpo é composto por aço carbono, helicoide de metal com borracha injetada, o reservatório de sementes pode ter a configuração de duas ou três caixas, tanto o reservatório de sementes quanto os de líquidos são compostos por polietileno.

Tabela 1: Dados dos modelos MTS 60 Especial e MTS 120 Especial

<i>Modelo</i>	<i>MTS 60 Especial</i>	<i>MTS 120 Especial</i>
Comprimento	2,0 m	2,0 m
Largura	1,1 m	1,1 m
*Altura máxima	1,65 m	1,65 m
*Peso líquido	145 kg	148 kg
**Capacidade máxima de carga	170 litros ou 120 kg	140 litros ou 100 kg
**Capacidade de tratamento	3.000 kg/h (60 sacas/h)	6.000 kg/h (120 sacas/h)
Acionamento do helicoide	Motor elétrico monofásico 1 CV	
Rotação de trabalho do motor	1.700 rpm	
Tipos de tratamento	Inoculantes líquidos, defensivos, fungicidas, micronutrientes e produtos em pó	
Aplicação dos produtos	Diretamente no helicoide transportador	
Capacidade da caixa de calda líquida	08 litros (cada)	
Capacidade da caixa pó	10 kg	
***Tensão	110/220 V	
Frequência	60 Hz (50 Hz opcional exportação)	

*A **altura máxima** e **peso líquido** refere-se as máquinas configuradas com 03 caixas.

Os dados de **capacidade máxima de carga e **capacidade de tratamento** são referentes à cultura de **soja**. Para outras culturas, estes valores variam devido a forma e volume específico de cada tipo de semente.

***O motor elétrico sai de fábrica ligado em 220 V, podendo ser modificado para 110 V.

Fonte: MANUAL MTS 06-120 ESPECIAL - GRAZMEC pg8

Continuando na categoria *on farm* na linha *spray system*, as tratadoras são dotadas de dosadores eletrônicos com diferentes regulagens e possuem um sistema de tratamento de disco impulsor. A linha inicia com a MTS 60 *Spray System* e a 120 *Spray System*, ambas possuem dimensões e rendimento muito próximos as suas antecessoras:



Figura 10: Tratadora MTS 120 *Spray System*

Fonte: GRAZMEC (08/05/2019)

Todas são compostas pelos mesmos materiais e segundo a fabricante a melhoria está presente sua capacidade de cobertura na semente ser maior.

Tabela 2: Dados dos modelos MTS 60 *Spray System* e MTS 120 *Spray System*

Modelo	MTS 60 Spray System		MTS 120 Spray System	
Quantidade de reservatórios	1	2	1	2
Largura	1,17 m	1,30 m	1,17 m	1,30 m
Peso (s/ opcionais)	145,0 kg	160,0 kg	156,0 kg	171,0 kg
Peso (c/ caixa pó)	174,0 kg	189,0 kg	185,0 kg	200,0 kg
Peso (c/ caixa pó e grafite)	-	-	-	258,0 kg
Comprimento	1,96 m		2,00 m	
Comprimento (c/ grafite)	-		2,07 m	
Altura (s/ opcionais)	1,52 m		1,52 m	
Altura (c/ caixa pó)	1,65 m		1,65 m	
Altura (c/ grafite)	-		1,82 m	
*Capacidade de tratamento	3.000 kg/h (60 sacas/h)		6.000 kg/h (120 sacas/h)	
*Capacidade máxima de carga	140 litros ou 100 kg			
Acionamento do helicóide	Motor elétrico monofásico 1 CV (1.730 rpm)			
Acionamento câmara tratamento	Motor elétrico monofásico 1/2 CV (1.740 rpm)			
Tipos de tratamento	Inoculantes líquidos, defensivos, fungicidas, micronutrientes e produtos em pó			
Acionamento sistema tratamento	Elétrico, via caixa de comando			
Capacidade reservatório líquido	20 litros (cada)			
Aplicação dos produtos líquidos	Câmara de tratamento			
**Tensão	110/220 V			
Frequência	60 Hz (50 Hz opcional exportação)			
Opcionais	2º reservatório líquido - Caixa produtos pó - Kit grafite			
Capacidade da caixa pó	10 kg			
Aplicação dos produtos pó	Diretamente no helicóide transportador			
Capacidade reservatório grafite	10 kg			
Aplicação do grafite	Diretamente no helicóide transportador			

Fonte MANUAL MTS 120 *SPRAY SYSTEM* – GRAZMEC pg10

O modelo MTS 120 *Spray System Celebration* tem novidades em seus componentes. O chassi e o tubo são compostos de aço carbono com acabamento de pintura a pó, reservatório de polietileno, controle eletrônico mais eficaz com a possibilidade de regular a vazão da dosagem.



Figura 11: Tratadora MTS 120 *Spray System Celebration*

Fonte: GRAZMEC (08/05/2019)

Porém, assim como a Especial e a *Spray System* comum o equipamento possui dimensões próximas e rendimento igual as outras.

Tabela 3: Dados dos modelos MTS 120 *Spray System Celebration*

MTS 120 <i>Spray System Celebration</i>	
*Largura	1,44 m
*Comprimento	2,0 m
*Altura	1,75 m
*Peso aproximado	247 kg
**Capacidade de tratamento	120 sacas/h (6.000 kg/h com fluxo contínuo) soja
Itens de série	02 reservatórios líquidos 01 caixa líquida elétrica 01 caixa pó elétrica
Capacidade reservatório líquido	20 litros (cada)
Acionamento sistema tratamento	Digital
Acionamento do helicóide condutor	Motor elétrico monofásico 1,5 CV
Acionamento câmara tratamento	Motor elétrico monofásico 0,5 CV
Tipos de tratamento	Líquidos: Inoculantes, defensivos, fungicidas, micronutrientes Pó: pó secante ou grafite
Aplicação dos produtos líquidos	02 líquidos diretamente na câmara de tratamento e 01 líquido no helicóide condutor
Aplicação dos produtos pó e grafite	Diretamente no helicóide condutor
***Tensão	Monofásica 110/220 V
Frequência	60 Hz (opcional 50 Hz exportação)
****Opcionais	01 caixa grafite turbo - 1201-1060

*Os dados de **largura**, **comprimento**, **altura** e **peso** são referentes a máquina sem opcionais.

A **capacidade de tratamento é referente à cultura de **soja**. Para outras culturas, este valor varia (forma e peso específico).

***A **tensão** sai de fábrica ligada em 220V, podendo ser alterada para 110V.

****Quando a máquina for configurada com o **opcional caixa de grafite**, **saem** os itens de série **caixa líquida elétrica** e **caixa pó elétrica**.

Fonte: MANUAL MTS 120 *SPRAY SYSTEM CELEBRATION* – GRAZMEC pg9

O modelo MTS 120 *Spray System Celebration* possui também a opção alongada, com dimensões e capacidade de armazenamento tanto da semente quanto dos líquidos maiores ela ainda mantém o rendimento de 6000 kg/h, possui matérias e acionamento igual ao da sua versão convencional. Segundo a fabricante, o tubo mais comprido colabora no tratamento da semente. Essa máquina destinada para grandes produtores além de facilitar o uso de bags tanto no abastecimento quanto na coleta:



Figura 12: Tratadora MTS 120 Spray System Celebration Alongada

Fonte: GRAZMEC (10/05/2019)

Por fim, nas opções de máquinas tratadoras *on farm*, está a GV 240 *Celebration* que possui capacidade de rendimento de 10000 kg/h, extremamente similar ao modelo anteriormente apresentado mudando apenas as dimensões:



Figura 13: Tratadora GV 240 Celebration

Fonte: GRAZMEC (10/05/2019)

Das máquinas citadas da GRAZMEC, as opções de tensão são de 110V/220V, só a GV 240 *Celebration* que é 380V.

Já empresa MECMAQ oferece quatro produtos tratadores de sementes por rosca helicoidal, o sistema de dosagem é eletrônico, a aplicação dos produtos ocorre através de um processo de nebulização, a calha e o dosador são de polietileno com o intuito de maior durabilidade e a rosca é feita de nylon para evitar o dano mecânico na semente.

O modelo MTS Turbo tem altura de 1,5 m, comprimento de 1,8 m, largura de 84 cm e peso de 107 kg. Com capacidade no tanque de calda de 20L o seu rendimento é de 5000 kg/h:



Figura 14: Tratadora Turbo

Fonte: MECMAQ (10/05/2019)

O modelo Turbão possui um rendimento de 10000 kg/h e uma capacidade de tanque de calda de 90L. Tem altura de 1,65 m, comprimento de 2,15 m, largura de 98 cm e peso de 145 kg:



Figura 15: Tratadora Turbão

Fonte: MECMAQ (10/05/2019)

O Turbão Duplo tem o mesmo rendimento do Turbão porém tem altura de 1,82 m, comprimento de 1,32 m, largura de 2,07 m e peso de 165 kg. Além de também ter dois dosadores de líquidos e um de pó:



Figura 16: Tratadora Turbo Dupla

Fonte: MECMAQ (10/05/2019)

Um fator presente em todas as tratadoras de semente até o momento apresentadas é a saída bifurcada da semente tratada, facilitando o uso do operador e a troca do reservatório que coleta a semente.

Existem também as tratadoras que podem ser levadas ao campo por meio de engate no trator ou fixadas em carretas oferecendo maior praticidade para o agricultor. Estas máquinas são a opção mais completa em tratamento.

A TSG 1100 *Celebration* da GRAZMEC é feita dos mesmos materiais que os outros produtos da empresa, ela é acoplada no trator, possui reservatórios de grandes dimensões, rendimento de 9000 kg/h e facilita colocar a semente na semeadora:



Figura 17: Tratadora TSG 1100

Fonte: GRAZMEC (13/05/2019)

Partindo para as opções de grande rendimento da GRAZMEC estão a TS 15 *Spray System* que consiste em um reboque graneleiro e o kit de tratamento de sementes AV 500 que podem chegar ao rendimento de 25000 kg/h. São produtos de grandes dimensões destinados a grandes produtores:



Figura 18: Tratadora TS 15 Spray System

Fonte: GRAZMEC (13/05/2019)



Figura 19: Kit de tratamento AV 500

Fonte: GRAZMEC (13/05/2019)

A MECMAQ oferece uma opção de reboque o Turbão Carreta. Possui os mesmos componentes e é feito dos mesmos materiais que o Turbão, tirando o reservatório de sementes que é de aço:



Figura 20: Tratadora Turbão Carreta

Fonte: MECMAQ (13/05/2019)

Além das opções convencionais, existem também os tratadores industriais de grandes dimensões, podendo chegar à capacidade de tratamento de 25000 kg/h (500 sacas/hora), porém, elas fogem do escopo do trabalho e o tratamento de sementes com inoculante e outros produtos não é recomendado com antecedência maior do que 24 horas antes da semeadura (MENDES, CAMPO E HUNGRIA, 2001).

2.3.3. Tratadora misturadora de sementes

Outra opção de tratador são os misturadores, que realizam a mistura das sementes com os produtos em seu reservatório através de roscas helicoidais, como representado na imagem a seguir:



Figura 21: Rosca Helicoidal Interna do Reservatório

Fonte: TREVISAN (13/05/2019)

Esse mecanismo de tratamento é utilizado tanto na fazenda quanto em indústrias e sua capacidade de tratamento é dada por batelada. Como opção inicial *on farm* temos a Águia 400 da MECMAQ ela tem a capacidade de tratar 400 kg/batelada com um rendimento de até 6000 kg/h. Os produtos tratadores são dosados manualmente, podendo também escolher pelo opcional automático, e a roscas pode ser acionada eletricamente ou com opcional de acoplamento no terceiro ponto do trator:



Figura 22: Tratadora Águia 400

Fonte: MECMAQ (13/05/2019)

A Águia 1000 Carreta é uma opção de maior capacidade de tratamento e com reboque, como diz o nome a sua capacidade de tratamento por batelada é de 1000 kg podendo atingir um rendimento de até 15000 kg/h, o seu acionamento é elétrico.



Figura 23: Tratadora Águia 1000

Fonte: MECMAQ (13/05/2019)

Outra empresa que trabalha com tratadores misturadores é a Trevisan, seu catálogo contém quatro opções de máquinas e segundo a fabricante o tratamento de uma batelada demora 90 segundos para todas as máquinas. O número que representa o nome de cada máquina indica a capacidade de tratamento por batelada:



Figura 24: Tratadoras Linha TMS

Fonte: TREVISAN (14/05/2019)

A TMS 350 é a opção de entrada e pode ser acionada pelo motor elétrico ou pela tomada de força do trator, já as opções seguintes são acionadas somente pela tomada de força do trator. O interessante nesses produtos é o chassi estrutural da máquina, sendo que a maior opção, o 4000, vem somente na versão carreta os outros podem ser adaptados futuramente para carretas também.

2.3.4. Misturador de sementes na caixa da plantadeira

Essa máquina da MECMAQ é uma das opções disponíveis no mercado, ela realiza o tratamento da semente direto na caixa da semeadora. Ela é acionada por um motor elétrico de 12V ligado na bateria do trator:



Figura 25: Tratadora portátil Mecmix

Fonte: MECMAQ (13/05/2019)

Contudo, isso não é aconselhável devido à baixa eficiência, como por exemplo pouca aderência e cobertura desuniforme de sementes (EMBRAPA, 2011).

2.3.5. Inoculadoras por pulverização

As máquinas inoculadoras por pulverização são novidades no mercado e os seus pontos positivos são o menor tempo de operação e menor dano a semente.

A empresa Technomark possui o Pulvemark 5000 que pode ser colocado em cima da plantadeira visando maior agilidade e economia na hora do plantio. A bomba elétrica é de 12V ligada a bateria do trator, possui um reservatório de 4L podendo render até 25 sacas de semente por tanque. O interessante desse produto é a válvula de controle de vazão e pressão, porém, a sua capacidade de tratamento por hora é reduzida em comparação com outros produtos no mercado:



Figura 26: Pulvemark 5000

Fonte: TECNOMARK (16/05/2019)

A empresa Becker possui uma máquina com o mesmo sistema de funcionamento do produto anterior:



Figura 27: Tratadora Becker

Fonte: BECKER (16/05/2019)

Uma opção com maior capacidade de tratamento é a InoculaBag da MECMAQ, com o mesmo sistema de aplicação do produto nas sementes essa máquina é “encaixada” no fundo e bag e trata até 280 kg/min:



Figura 28: Tratadora InoculaBag

Fonte: MECMAQ (16/05/2019)



Figura 29: Tratadora InoculaBag Montada

Fonte: MECMAQ (16/05/2019)

3. METODOLOGIA

A palavra metodologia vem do grego *methodos* e *lógos* que significam respectivamente “caminho para chegar a um fim” e “estudo”. Portanto, a metodologia é processo feito para atingir um objetivo através do estudo.

Foi utilizado o método de pesquisa exploratória, essa forma de pesquisa é utilizada principalmente quando precisa ser levantado novas informações para um tema pouco pesquisado. Segundo Gil (2007), a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema tornando-o mais explícito e facilitando a construção de hipóteses.

O trabalho possui relevância científica, sendo que nesta pesquisa a abordagem é quantitativa para seleção das variáveis que influenciam na qualidade do seu processo de aplicação via semente e para o desenvolvimento do implemento. E qualitativa referente ao armazenamento das sementes, antes ou depois da inoculação, e do próprio inoculador.

A pesquisa é majoritariamente bibliográfica, sendo utilizada para o levantamento de informações tanto sobre o processo de inoculação quanto para a seleção dos tipos de bicos do sistema de pulverização. A coleta de dados referentes a inoculação é baseada principalmente em relatórios técnicos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e em pesquisas científicas sobre as diferentes formas de aplicação, armazenamento, viabilidade e outros fatores que influenciam no processo.

Para a análise das máquinas já existentes no mercado foi feito o levantamento considerando as diferentes formas de aplicação, via sulco de semeadura ou via semente, e os processos para realizar a mistura inoculante + semente. Foram analisadas as diferentes estruturas dos maquinários buscando encontrar as configurações mais eficazes e reaplicá-las no implemento desenvolvido. Dados sobre os tipos de bicos existentes, tamanho de gotas e ângulo de jato foram retirados de manuais ou catálogos dos fabricantes.

Foi construído um protótipo para testes em parceria com o agricultor Renato Alberto Allegretti. Nesse modelo, foram testadas variáveis de posicionamento e da aplicação do inoculante nas sementes de soja.



Figura 30: Máquina Utilizada nos Testes

Fonte: Autor (2019)

Para a parte estrutural, foram utilizadas bibliografias referente ao cálculo de figuras geométricas e foram realizados testes de posicionamento dos componentes para encontrar o melhor ângulo da canaleta e de queda das sementes. Após a seleção do material e levantamento das características necessárias para o bom uso do implemento foi utilizado o *SolidWorks*, um *software* de *CAD* específico para o desenho mecânico, para idealizar um modelo que pudesse ser adaptado para chassis de caminhão ou carretas.

No caso do sistema de pulverização, foi priorizada a fácil reposição de componentes. Foram analisadas bibliografias de sistemas hidráulicos industriais, materiais de fabricantes de pulverizadores e catálogos de fabricantes. Também foram testados diferentes bicos de pulverização, cone vazio, cone cheio e leque, para averiguar qual ou quais terão uma boa abertura do jato, e qual ângulo de jato seria o melhor para a aplicação do inoculante considerando a dimensão da canaleta.

3.1. DESENVOLVIMENTO DO IMPLEMENTO

No desenvolvimento do implemento, certos pontos serão considerados como critérios para definir as características estruturais e de pulverização do mesmo. Ele deve ser prático e

de fácil uso, dispensando treinamento de funcionários, fácil aquisição dos componentes e que seja de fácil manutenção.

A partir do modelo de testes, serão definidos alguns componentes e parâmetros de desenvolvimento como: tipo de bico, tipo de bomba, altura do pulverizador em relação a canaleta, inclinação da canaleta, posicionamento das barras para melhor separação das sementes e área de saída das sementes.

3.1.1. Estrutura metálica

Será utilizado aço carbono 1020, um aço de fácil acesso, de custo relativamente baixo e com resistência mecânica considerável. Os componentes estruturais como chapas, perfis e barras serão padronizados para facilitar a aquisição, conformação mecânica e montagem.

Como dimensão referência busca-se que a altura da saída da canaleta em relação ao solo seja de 1,5m para que possa ser utilizado bag na saída, para manter essa altura a base da estrutura será o elemento variável.

Primeiro serão apresentados os componentes que compõem a parte padrão da estrutura.

3.1.1.1. Reservatório de sementes

A capacidade do reservatório será de aproximadamente 1 tonelada de semente, considerando que a densidade da soja varia entre 774,5 kg/m³ a 811,1 kg/m³ (EMBRAPA, 2006) será necessário analisar qual formato geométrico supre essa capacidade com dimensões práticas.

Foram considerados dois modelos diferentes, um similar às tratadoras/misturadoras e outro similar ao da figura 20, foram realizados os cálculos volumétricos para ambos e também foram desenvolvidos modelos em *CAD*. Para os dois modelos a chapa utilizada será de 2mm.

3.1.1.1.1. Cone cortado

O primeiro modelo considerado foi o mesmo que foi utilizado no modelo de testes, reaproveitado de um espalhador de adubo. O cone cortado está presente em misturadores de sementes, e o modelo desenvolvido em *CAD* está na figura a seguir.

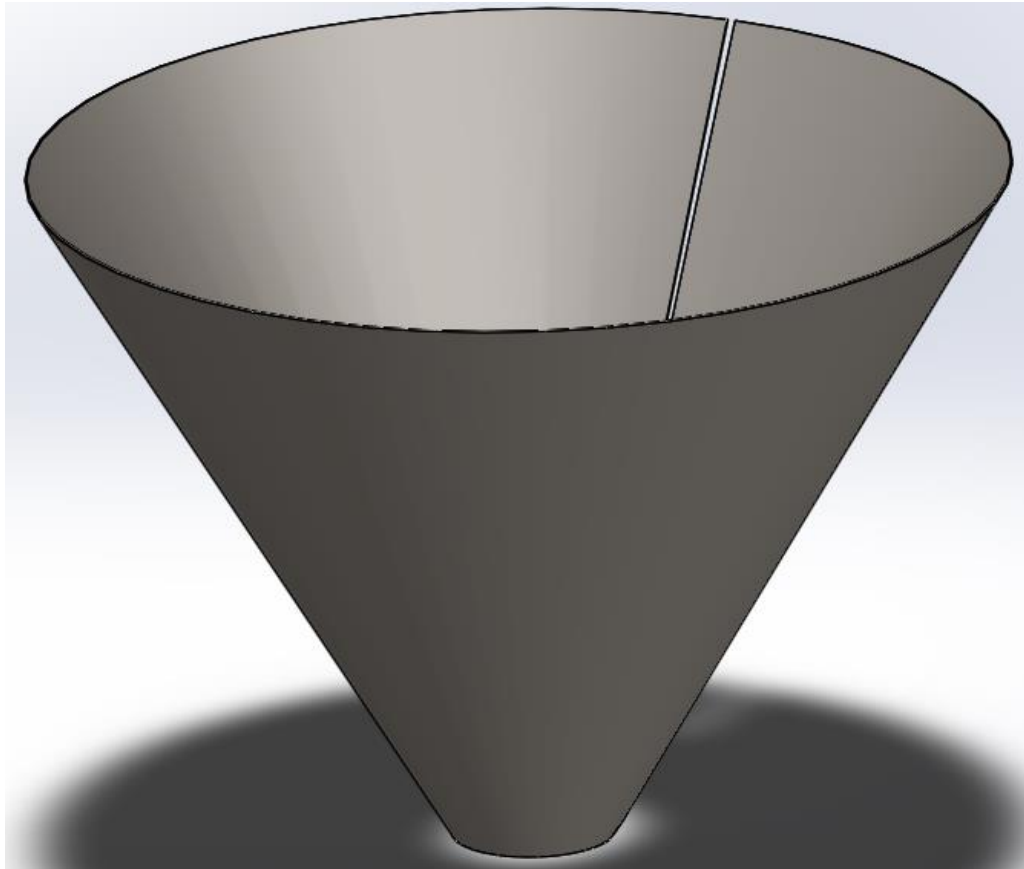


Figura 31: Reservatório Cone Cortado

Fonte: Autor (2019)

Para o cálculo do volume do cone cortado é utilizada a Equação 1:

$$V_{cone} = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (R^2 + R \cdot r + r^2) \quad (1)$$

$$V_{cone} = \frac{\pi \cdot 0,85}{3} \cdot (1,2^2 + 1,2 \cdot 0,2 + 0,2^2)$$

$$V_{cone} = 1,53 \, m^3$$

Onde:

V_{cone} : volume do cone (m^3);

h : altura (m);

R : raio maior (m);

r : raio menor (m).

Em seguida é necessário confirmar que a quantidade de sementes que cabem no reservatório chega a 1 tonelada, utilizando os valores informados anteriormente da densidade do grão de soja, 774,5 kg/ m^3 e 811,1 kg/ m^3 , serão calculados os valores mínimos e máximo.

$$d = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Onde:

d: densidade (kg/m³);

M: massa (kg);

V: volume (m³).

Reescrevendo a equação podemos encontrar a quantidade máxima e mínima de sementes que cabem no reservatório.

$$M = V \cdot d \quad (3)$$

$$M_{min} = 1,53 \cdot 774,5 = 1,18 \text{ T}$$

$$M_{max} = 1,53 \cdot 811,1 = 1,240 \text{ T}$$

3.1.1.1.2. Cubo + Tronco da pirâmide

Esse modelo é composto por uma parte cúbica e outra de uma pirâmide cortada, e para o seu cálculo serão utilizadas duas fórmulas. Usando como ponto de partida o volume do cone cortado tentou-se encontrar um valor similar. O modelo é similar ao da figura 20.

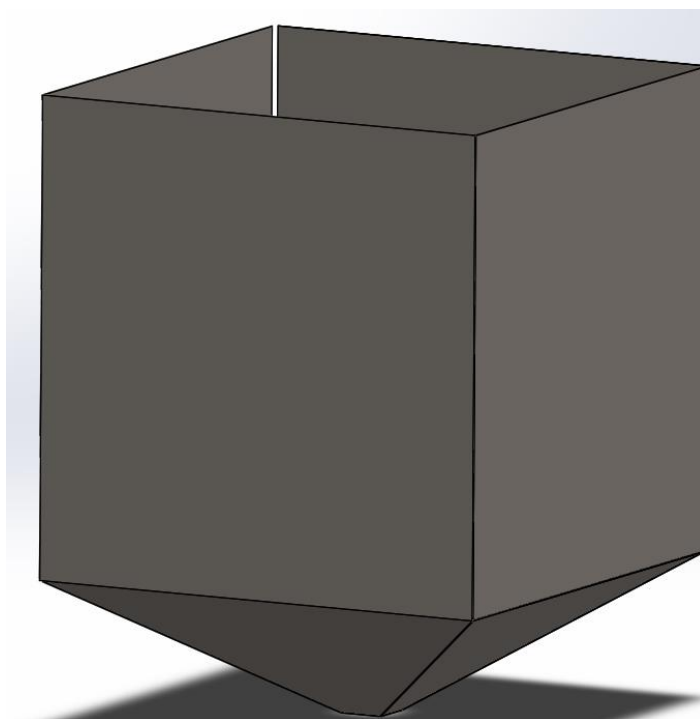


Figura 32: Reservatório Cubo + Tronco da Pirâmide

Fonte: Autor (2019)

Para encontrar o volume desse reservatório será necessário utilizar duas equações diferentes e somá-las:

$$V_{cubo} = l.l.h \quad (4)$$

$$V_{cubo} = 1.1.1$$

$$V_{cubo} = 1 \text{ m}^3$$

Onde:

V_{cubo} : volume do cubo (m^3);

l : lado.

$$V_{tp} = \frac{h}{3} \cdot (A^2 + \sqrt{A.a} + a^2) \quad (5)$$

$$V_{tp} = \frac{1,5}{3} \cdot (1^2 + \sqrt{1.0,04} + 0,04^2)$$

$$V_{tp} = 0,2002 \text{ m}^3$$

Onde:

V_{tp} : Volume do tronco da pirâmide;

A : área da base de maior superfície (m^2);

a : área da base menor (m^2).

$$V_t = V_{cubo} + V_{tp} \quad (6)$$

$$V_t = 1,2002 \text{ m}^3$$

$$M_{min} = 1,202 . 774,5$$

$$M_{min} = 929,55 \text{ T}$$

$$M_{max} = 1,202 . 774,5$$

$$M_{max} = 973,48 \text{ T}$$

Comparando os resultados é possível perceber que a segunda opção, mesmo sendo 35cm mais alta que o modelo anterior e tendo a mesma dimensão superior e inferior, teve um volume inferior ao do cone cortado.

Além de que, para realizar a segunda opção, seria necessário fazer 2 peças diferentes, sendo que uma delas ficou com dobras complicadas para fazer, e soldá-las em seguida. Já para a primeira opção seria necessário somente calandrar e soldar a chapa metálica.

Portanto o selecionado como reservatório será a opção um, o cone cortado.

3.1.1.2. Base do reservatório

Para a base do reservatório serão utilizadas cantoneiras de 25,4 x 25,4 x 4,76mm de aço carbono 1020, foi escolhido esse perfil devido ao seu fácil acesso e por ter sido utilizado no modelo de testes e ter suportado o peso. Os componentes serão todos soldados.

Essa base servirá de apoio para o reservatório de sementes e da canaleta, acionamento da comporta de saída de sementes e suporte para componentes do sistema pulverizador.

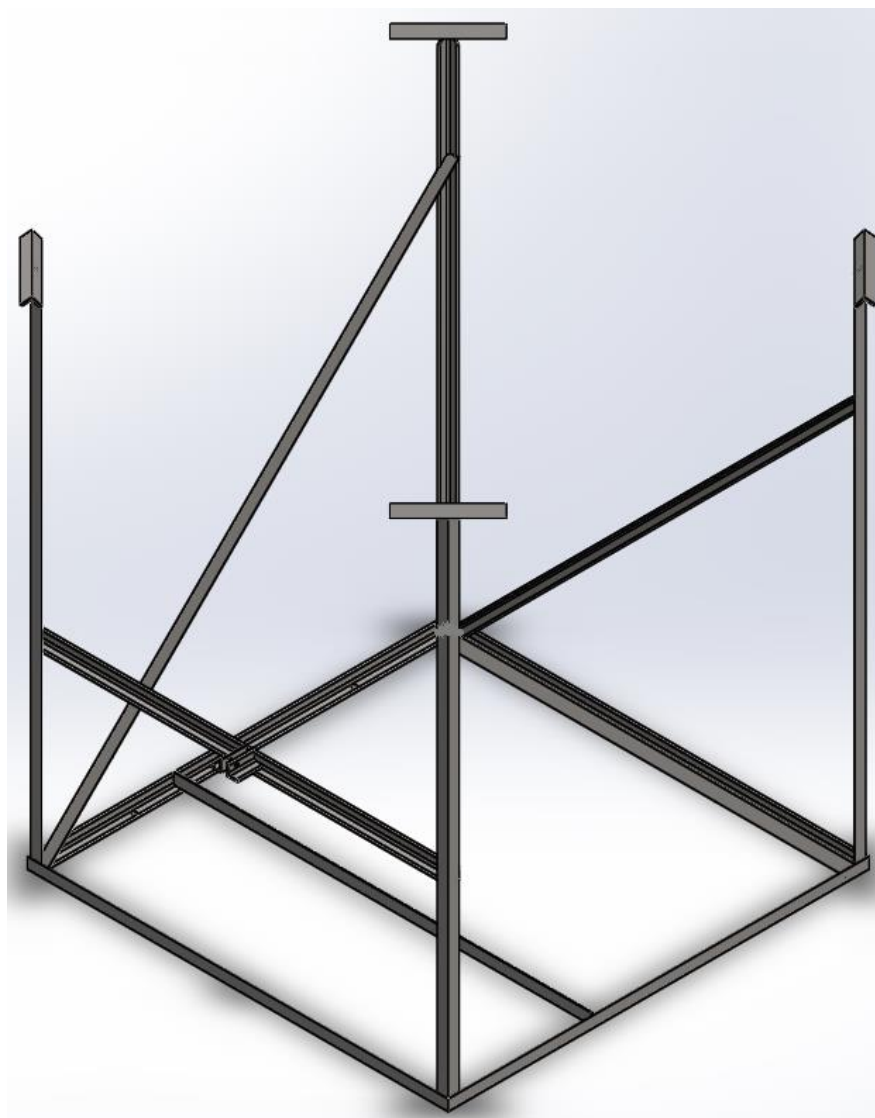


Figura 33: Base do Reservatório

Fonte: Autor (2019)

As cantoneiras na diagonal estão com ângulo de 45° para dar reforço à sustentação do reservatório. A montagem dessa parte inicia-se pela base e os outros perfis são fixados no interior da base, como indicado na figura 34.

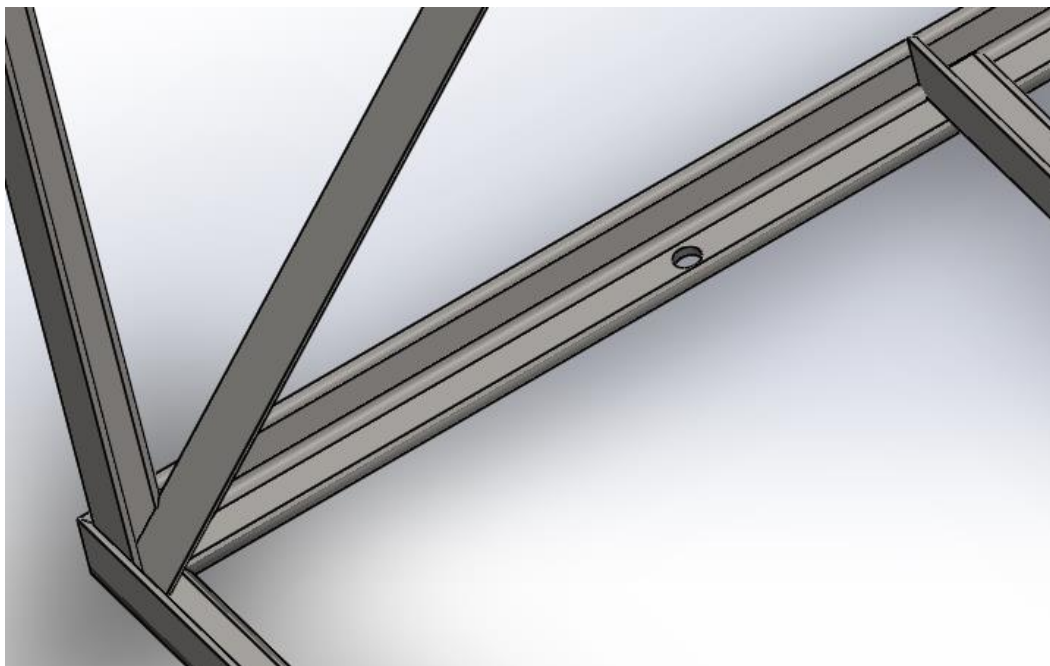


Figura 34: Fixação dos Perfis Estruturais

Fonte: Autor (2019)

Para fixação da base cantoneira com o reservatório de sementes, serão soldadas cantoneiras em ângulo com as de sustentação que serão parafusadas no reservatório com parafusos de 6mm de diâmetro nominal.

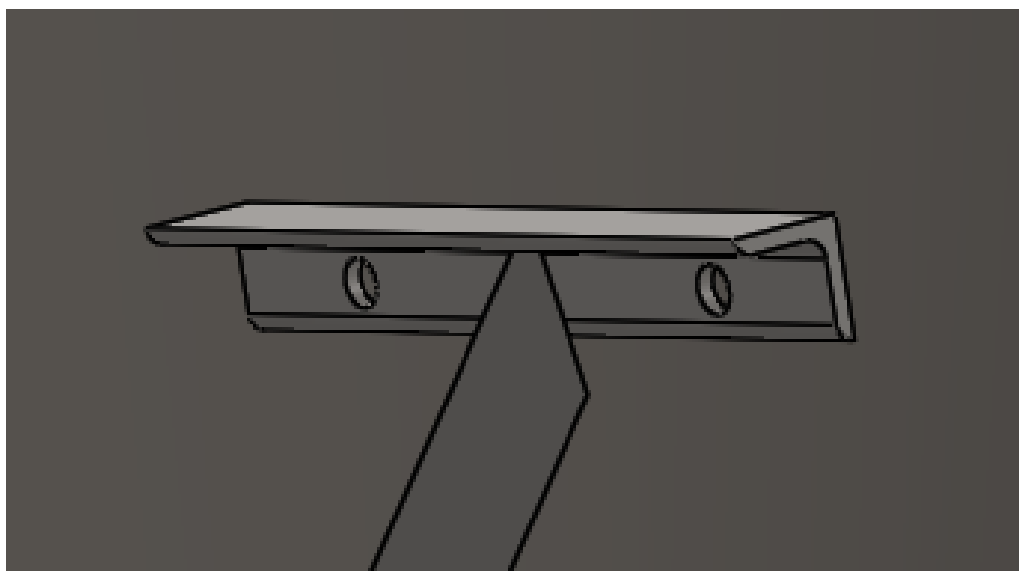


Figura 35: Fixação Base + Reservatório

Fonte: Autor (2019)

O mecanismo de abertura do reservatório também está localizado nessa parte, ele será explicado mais adiante.

3.1.1.3. Canaleta

É nessa parte onde ocorrerá a inoculação das sementes. Para melhor distribuição das sementes foram colocadas barras de ferro com 5mm de diâmetro. Para a canaleta, será utilizada chapa de 2mm com 80cm de comprimento, 20cm de largura e 15cm de altura, a largura tem essa dimensão devido ao bocal de saída do reservatório de sementes ser de 20cm.

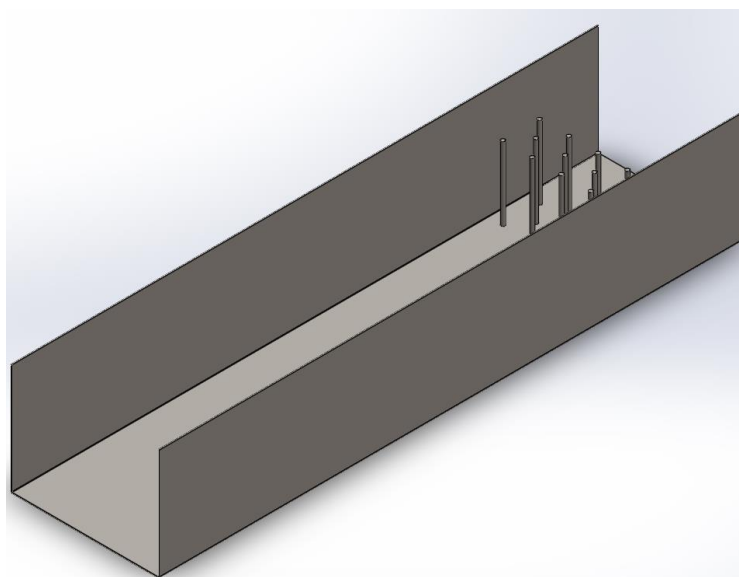


Figura 36: Canaleta

Fonte: Autor (2019)

As dimensões para posicionamento das barras espalhadoras estão definidas na figura a seguir:

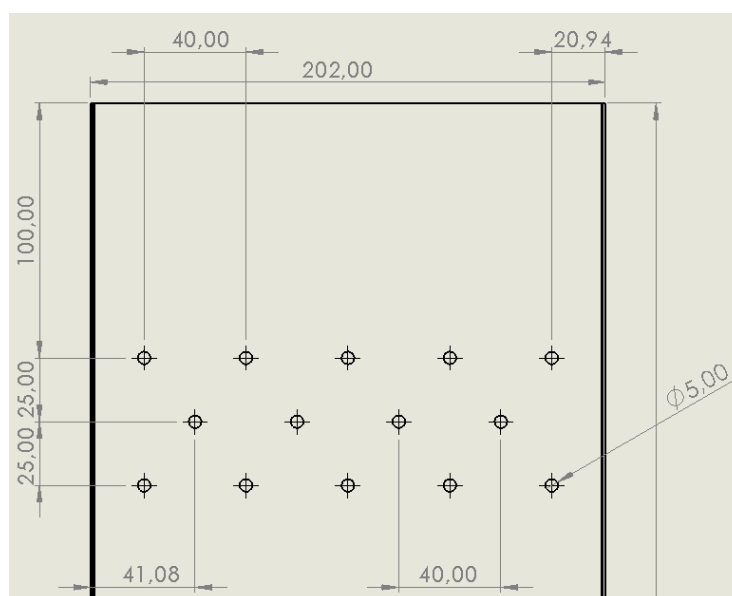


Figura 37: Posicionamento dos Espalhadores de Sementes

Fonte: Autor (2019)

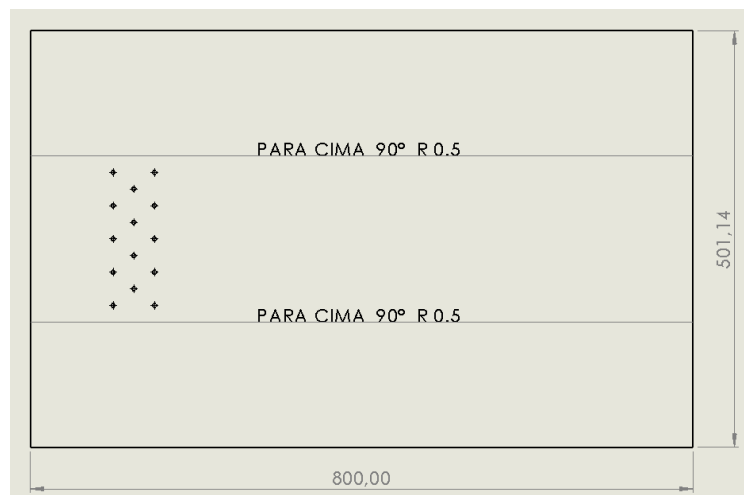


Figura 38: Padrão Plano Canaleta

Fonte: Autor (2019)

Foram realizados testes em modelo com ângulos de 30°, 45° e 60° em relação ao plano vertical, no teste ficou evidente que com o ângulo de 30° a semente espalha melhor na canaleta e desce a uma velocidade adequada para a inoculação das mesmas, ocasionando uma melhor cobertura.



Figura 39: Teste Para Averiguação da Inclinação Adequada (30°)

Fonte: Autor (2019)

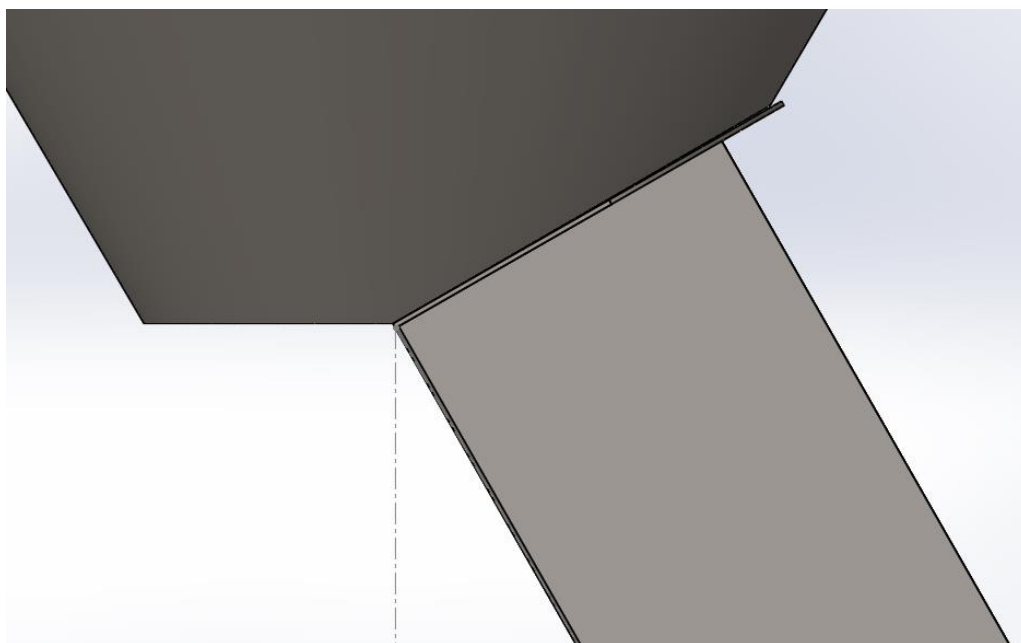


Figura 40: Ângulo de Inclinação da Canaleta em Relação ao Plano Vertical, 30°

Fonte: Autor (2019)

3.1.1.4. Saída das sementes

Para a saída das sementes foi desenvolvido um espelho com duas saídas, optou-se por duas para melhor espalhamento das sementes na canaleta, como indicado na figura 41.



Figura 41: Teste de Saída de Sementes

Fonte: Autor (2019)

Ela será soldada entre a canaleta e o reservatório de sementes, o ângulo de queda da semente do reservatório foi selecionado levando em consideração o ângulo de repouso da soja, que representa o ângulo natural de queda da semente em relação ao plano horizontal, que é de $28,8^\circ$ (LOPES, RESENDE, BESSA E LIMA, 2015).

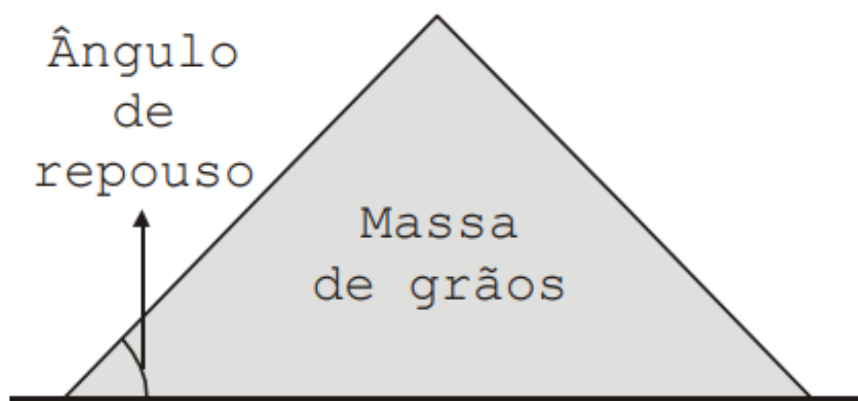


Figura 42: Ângulo de Repouso

Fonte: MILMAN (2002)

Já que o ângulo de repouso é praticamente igual ao da canaleta será utilizado 30° .

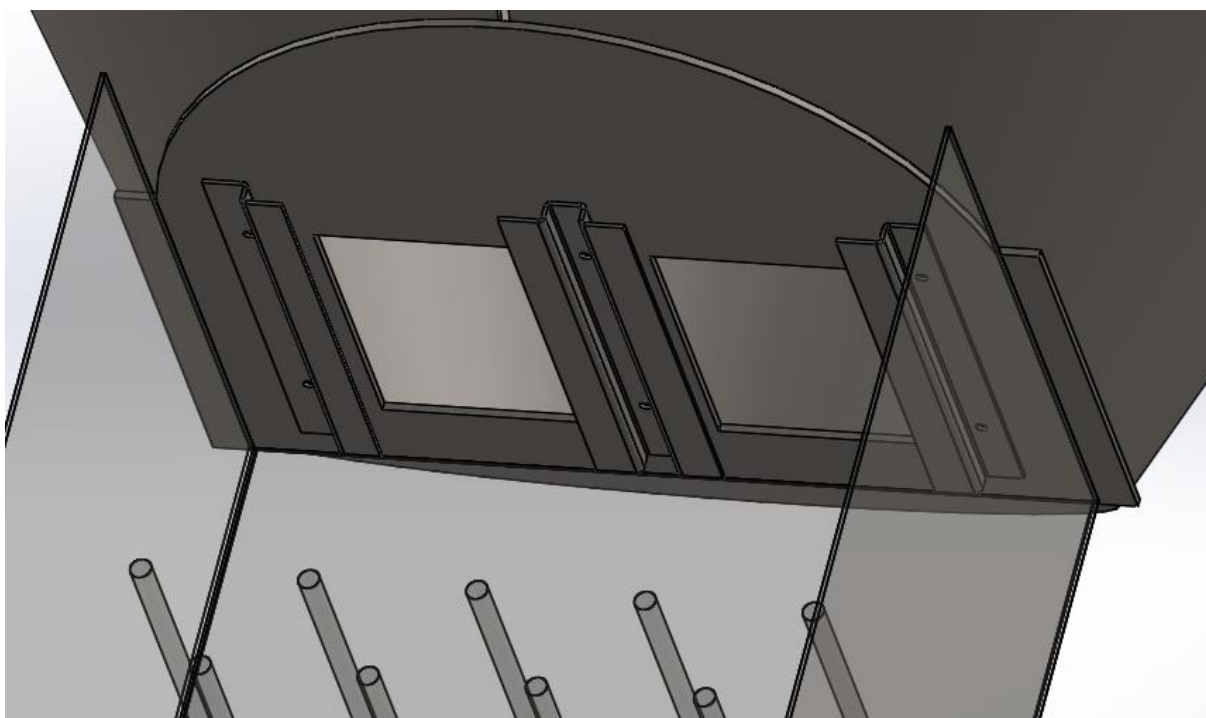


Figura 43: Saída do Reservatório

Fonte: Autor (2019)

Cada saída tem a dimensão de 5x7cm, com área de 35cm² totalizando 70cm² para as duas comportas. Composta por chapa com espessura de 2mm ela tampa a parte do corte em 30° do reservatório.



Figura 44: Espelho de Saída do Reservatório

Fonte: Autor (2019)

Os únicos componentes feitos de chapa com espessura diferente são os encaixes que tem 1mm de espessura, sua função é de limitar o deslizamento da comporta. Com altura de 10cm a comporta desliza sem risco de se soltar dos encaixes e dificulta o acionamento da mesma. São fixadas com rebites de repuxo, 2,4mm de diâmetro nominal, no espelho totalizando 3mm de espessura das chapas.

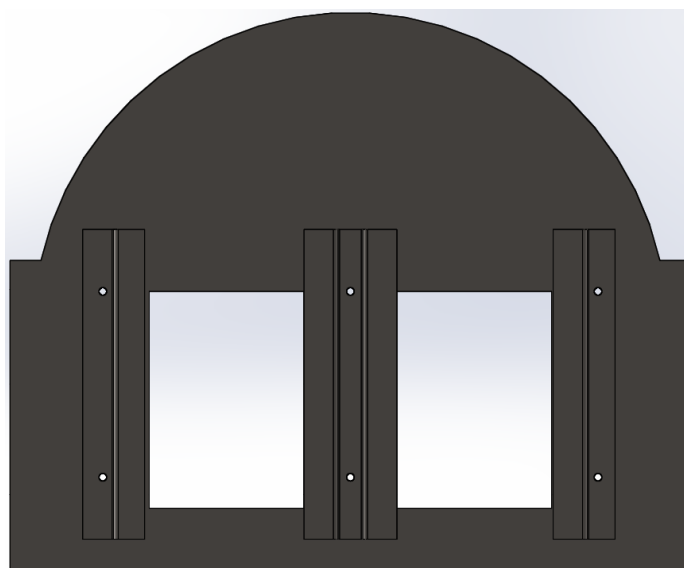


Figura 45: Espelho e Encaixes

Fonte: Autor (2019)

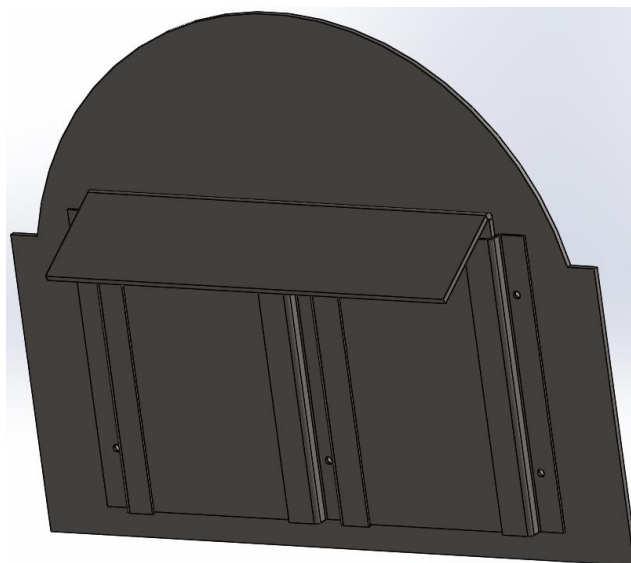


Figura 46: Conjunto de Saída de Sementes

Fonte: Autor (2019)

As comportas podem ser movimentadas através de um mecanismo de abertura composto por uma barra com bitola de 5mm e uma chapa com espessura de 2mm, sendo limitada pela posição e pela base canaleta. A alavanca é fixada na base com parafuso de 6mm de diâmetro, foram colocadas arruelas entre a base e a alavanca para completar que a alavanca não ficasse solta no parafuso.

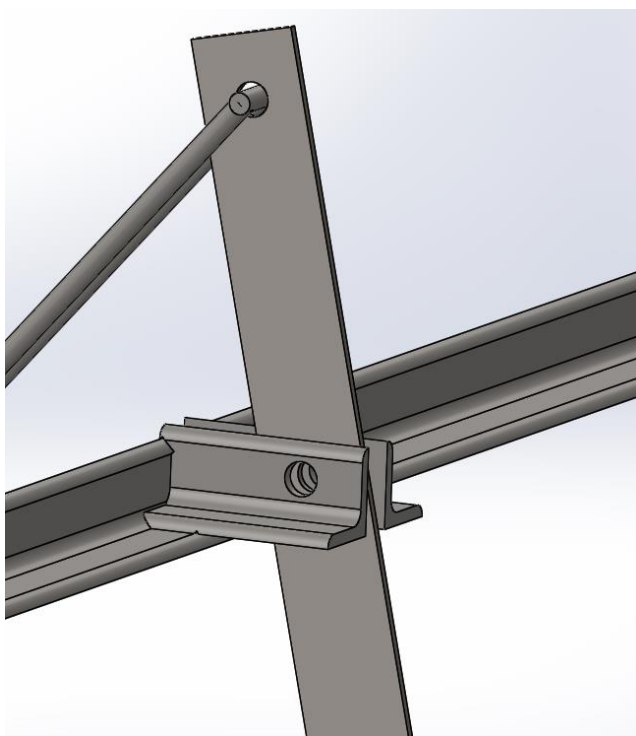


Figura 47: Mecanismo de Abertura

Fonte: Autor (2019)

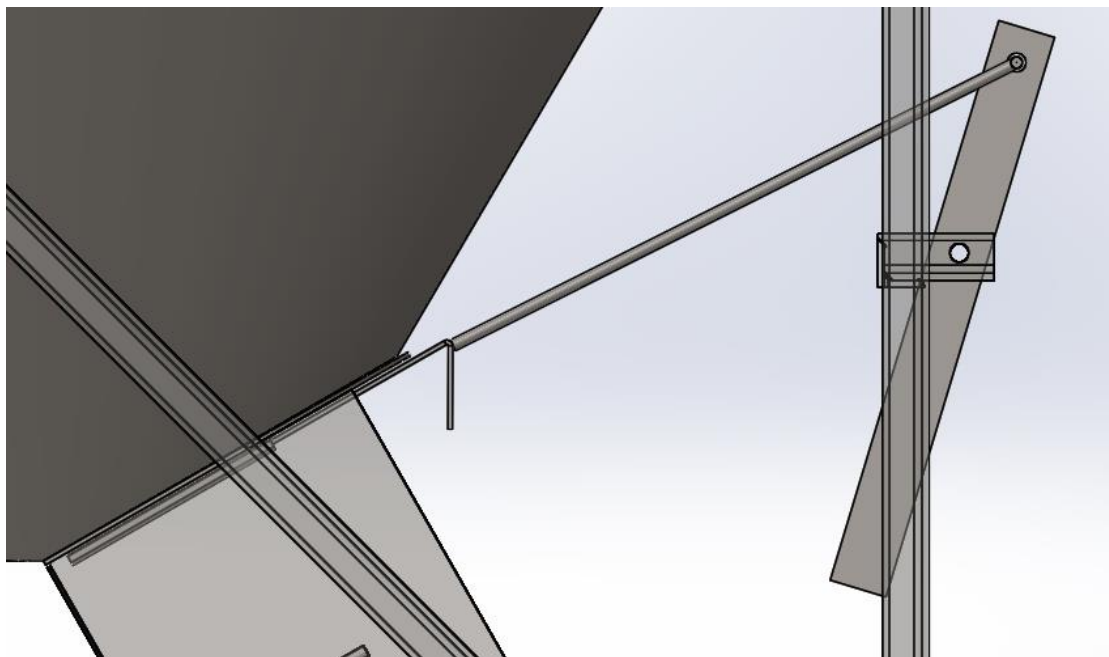


Figura 48: Posição Aberto

Fonte: Autor (2019)

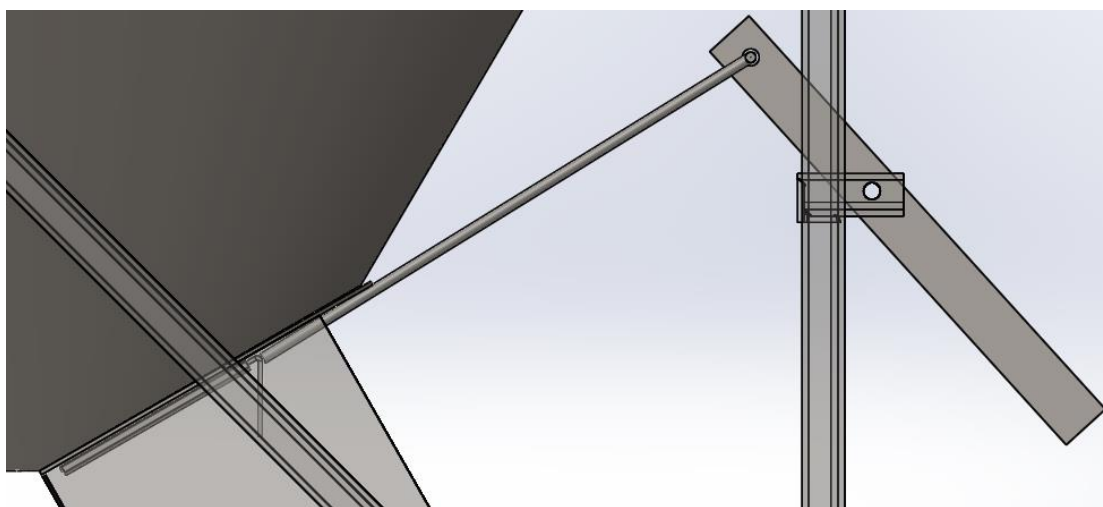


Figura 49: Posição fechado

Fonte: Autor (2019)

Por fim é necessário fechar o restante da parte inferior do reservatório, será utilizada a mesma chapa de 2mm, e desbastar as pontas.

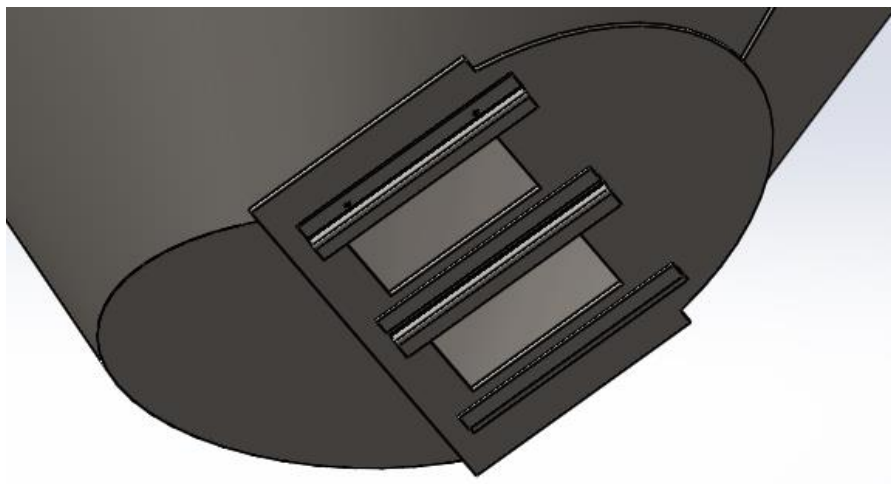


Figura 50: Parte Inferior do Reservatório

Fonte: Autor (2019)

3.1.1.5. Chapa base

A função da chapa base é dar sustento para a canaleta, separar a parte fixa do implemento da base variável da estrutura e alocar os componentes do sistema de pulverização, sendo sua espessura de 2mm.

Pode ser usada também como bancada para apoiar produtos, ferramentas ou outros itens que não ofereçam riscos para o implemento ou operador. Recomenda-se não deixar nada além dos componentes do implemento na chapa quando o mesmo estiver sendo movimentado.

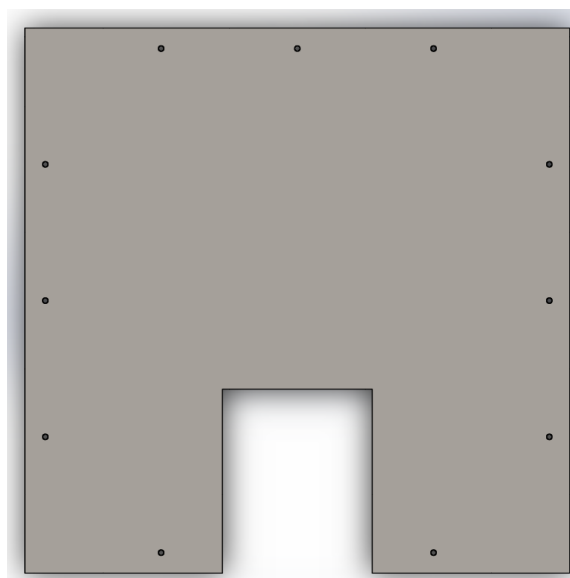


Figura 51: Chapa Base

Fonte: Autor (2019)

Reunindo todos esses componentes a parte fixa do implemento está completa totalizando 1,55m de altura e 1,2m de largura.

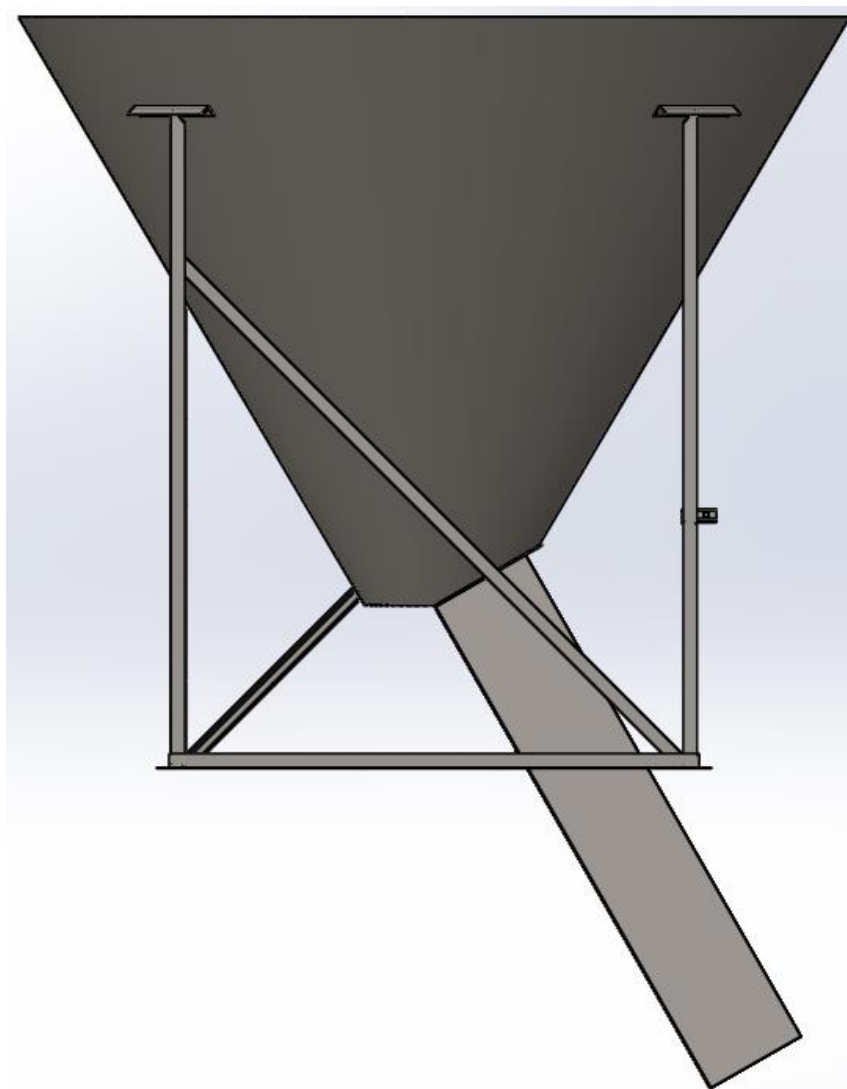


Figura 52: Parte Fixa do Implemento

Fonte: Autor (2019)

3.1.1.6. Base da estrutura

A base da estrutura é o elemento variável do projeto, pois como dito anteriormente, a altura da saída da canaleta deve ser de 1,5m para que possam ser utilizados bags para o transporte da semente inoculada.

Portanto, caso o implemento for fixado em uma carreta ou caminhão, será necessário considerar a altura deles em relação ao solo e diminuir a altura dessa parte do projeto.

Será utilizado perfil de barra retangular de 40x60x2mm de aço carbono 1020. No projeto realizado em *CAD*, foi considerado como se a estrutura estivesse no chão, portanto, terá o

valor máximo de altura total do implemento. Outro fator importante é a distância entre os vãos do caminhão de aproximadamente 85cm, lembrando que pode variar dependendo do tipo de carreta e caminhão.

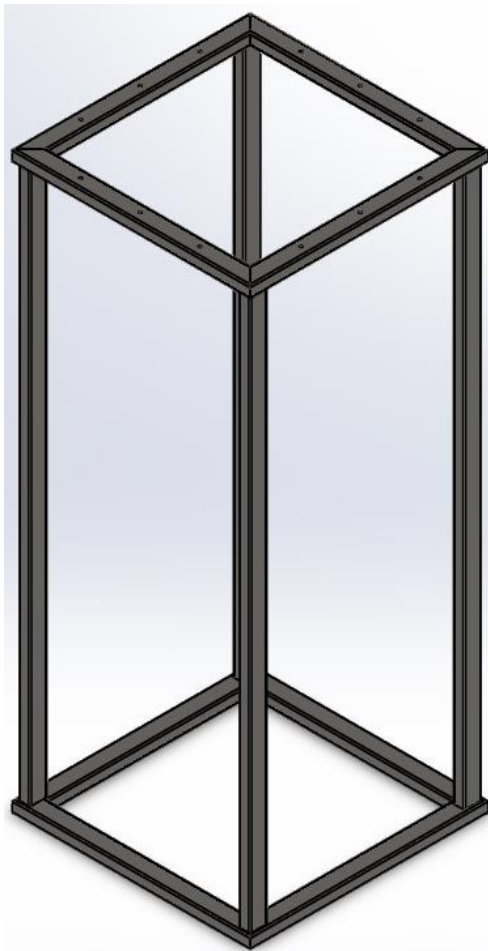


Figura 53: Base Variável

Fonte: Autor (2019)

3.1.1.7. Estrutura completa

A seguir está o desenho técnico da estrutura completa, a parte padrão foi fixada na parte variável com parafusos com 6mm de diâmetro nominal.

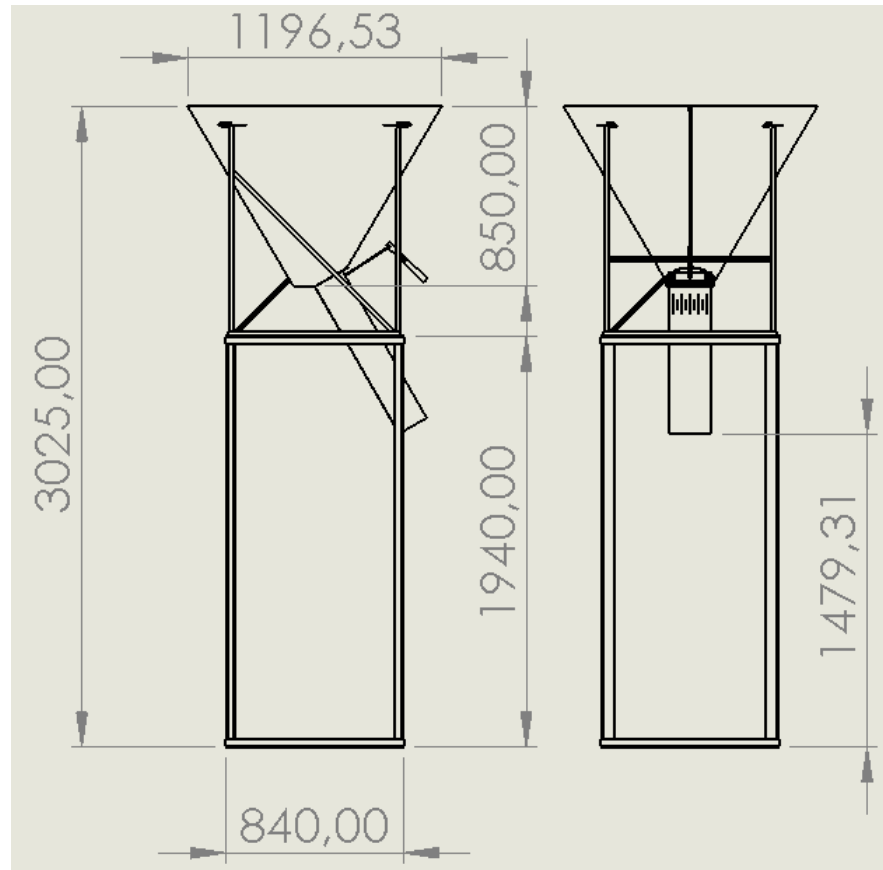


Figura 54: Estrutura Completa

Fonte: Autor (2019)

3.1.2. Sistema de pulverização

Segundo apostila de Tecnologia Hidráulica Industrial da empresa Parker um sistema hidráulico é separado como na figura 55. Para o desenvolvimento será tomado como base esse esquema:

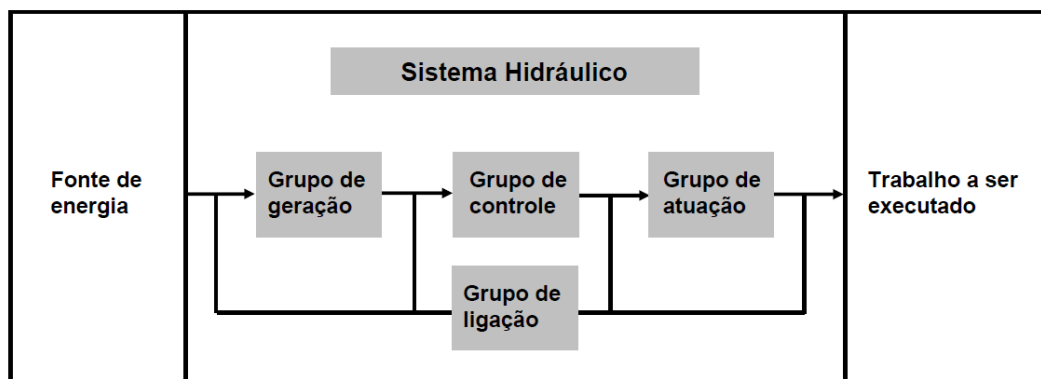


Figura 55: Sistema Hidráulico

Fonte: PARKER (2002)

Em matéria publicada em 2017 pela empresa Jacto, uma das maiores empresas do mundo em relação a pulverizadores agrícolas, foram cotados os seguintes componentes como costumeiros em um pulverizador: conjunto de acionamento (fonte de energia); bomba; manômetros; regulador de vazão; filtros; mangueiras; dispositivo de aplicação; bicos pulverizadores; tanque/reservatório; agitador mecânico ou hidráulico.

Relacionando as duas informações, foi possível definir parâmetros para selecionar os componentes.

3.1.2.1. Fonte de energia

Em primeiro lugar foi escolhido a energia elétrica como fonte de energia para o sistema, já que o implemento será utilizado em um caminhão ou tracionado por trator, foi definido que seriam utilizadas bombas que pudessem ser conectadas a bateria 12V (corrente direta).

3.1.2.2. Grupo de geração

Para a seleção do grupo de atuação, foram avaliados vários tipos de bombas, fonte de energia e se ela seria submersa ou não. Foram selecionadas dois modelos de bombas: bomba do limpador de para-brisa e alguns modelos compactos de alta pressão disponíveis no mercado. Optou-se por usar uma não submersa pois facilita instalação, limpeza do tanque e em caso de quebra facilitaria a troca.

Os modelos compactos de alta pressão só foram encontrados em sites de venda na internet, ou seja, em caso de quebra seria necessário encomendar a mesma e esperar que ela chegasse, diminuindo a disponibilidade do implemento.



Figura 56: Bomba Compacta

Fonte: RHONDAMAQ (16/10/2019)

A bomba de limpador de para-brisa não é submersa, pode ser facilmente encontrada em lojas de peças automotivas e é mais barata que o modelo anteriormente apresentado. Possui pressão de trabalho de 0,88 bar e vazão de 72 L/h. É importante se atentar à posição dos terminais no momento da instalação.



Figura 57: Bomba de Limpador de Para-Brisa

Fonte: VETOR (16/10/2019)

Essa bomba foi testada no modelo de testes e mesmo não sendo recomendada para uso contínuo, ela não aqueceu e apresentou uma boa pressão de trabalho no bico pulverizador. Foi considerado também a bomba de combustível, porém ela foi eliminada por dois motivos: grande parte delas são submersas e devido as suas dimensões.

3.1.2.3. Grupo de controle

Definido o grupo de geração, é necessário esquematizar o sistema hidráulico, sendo o próximo passo: o controle do sistema.

Será utilizado um medidor de pressão para aferir a pressão do sistema, em caso de aumento da pressão é necessário conferir se não houve entupimento do bico ou qualquer outro tipo de obstrução.

Foi instalado um retorno com conexão T entre a bomba e o bico para fazer o controle da pressão do sistema, em caso de pressão elevada, o inoculante retorne para o tanque. A válvula reguladora de vazão foi instalada nesse retorno, foi dispensado o medidor de vazão, pois é possível aferir a vazão do bico com testes similares aos realizados em pulverizadores agrícolas.



Figura 58: Grupo de Controle

Fonte: Autor (2019)

Foi testado o uso de um filtro de linha no sistema e percebeu-se um aumento da pressão. Porém, considerando que será utilizado somente inoculante nessa máquina e já que o produto vem em embalagem fechada, que só deve ser aberta no momento da aplicação, não se constatou a necessidade do filtro.

3.1.2.4. Grupo de ligação

A tubulação do sistema pulverizador será definida dependendo do tamanho da saída da bomba e da entrada no bico pulverizador. Nesse caso, foram usadas tubulação de 10mm de diâmetro na saída da bomba e para a entrada do bico foi utilizada 6mm de diâmetro. Os tubos utilizados no modelo de teste são para uso pneumático, contudo, podem ser utilizados outros modelos contanto que sejam adequadas para o encaixe nos componentes.

3.1.2.5. Grupo de atuação

De acordo com o esquema da figura 55, vem o grupo de atuação em seguida. A atuação desse sistema é a aplicação do inoculante através do bico pulverizador nas sementes de soja, buscando facilitar a aquisição foram utilizados bicos pulverizadores de maquinários agrícolas.

Para a seleção dos bicos foram utilizados do guia de usuário da empresa TeeJet e realizados testes no modelo. Segundo o guia, certos fatores interferem na pulverização, sendo principalmente, a espessura da gota, a distância do bico em relação ao alvo e o ângulo do jato.

De acordo com a fabricante, existem três modelos principais de bicos o leque plano, o cone vazio e o cone cheio, sendo os dois últimos recomendados para aplicações em que os jatos se cruzem como ocorre nas barras pulverizadoras. Portanto, foi selecionado o leque plano para a aplicação do inoculante, esse modelo está disponível nos ângulos de 65°, 80° e 110°.

Já que a distância entre o bico e a semente será de 14/15cm, não será necessário se preocupar com deriva do inoculante e considerando as características dimensionais da canaleta, foi escolhido o modelo com ângulo de 65°, foram testados no modelo de testes três bicos com diferentes espessuras de gotas: grossa, média e muito fina.

Segundo a fabricante, a alta pressão diminui o tamanho das gotas, aumenta o potencial de deriva e o desgaste do bico. Já que os bicos foram desenvolvidos para diferentes faixas de pressão que um pulverizador agrícola pode atingir, logo de início, os bicos com gotas grossas

e médias foram descartados devido à baixa pressão da bomba de limpador de para-brisa fazendo com que não fosse formado o leque de pulverização.

Tendo isso em mente, o bico com gotas muito finas teve um bom desempenho formando bem o leque e pulverizando as gotas em todas as sementes que desciam da canaleta. Devido à baixa pressão da bomba, percebeu-se novamente variação na grossura das gotas e diminuição da vazão, porém as gotas um pouco mais grossas cobriram bem as sementes.



Figura 59: Bico Pulverizador

Fonte: Autor (2019)

Para o implemento desenvolvido em *CAD* decidiu-se utilizar componentes diferentes para o suporte do bico pulverizador do que os utilizados no modelo de testes. O bico será encaixado em um porta bicos com somente uma saída, similar ao da figura 60, e o porta bicos será fixado no implemento através da abraçadeira do mesmo em um suporte com bitola de 10mm posicionado na base da estrutura, como representado na figura 61. A distância do bico em relação a canaleta se manteve o mesmo do modelo de testes, 14/15cm.



Figura 60: Suporte para o Bico Pulverizador

Fonte: MAGNOJET (16/10/2019)

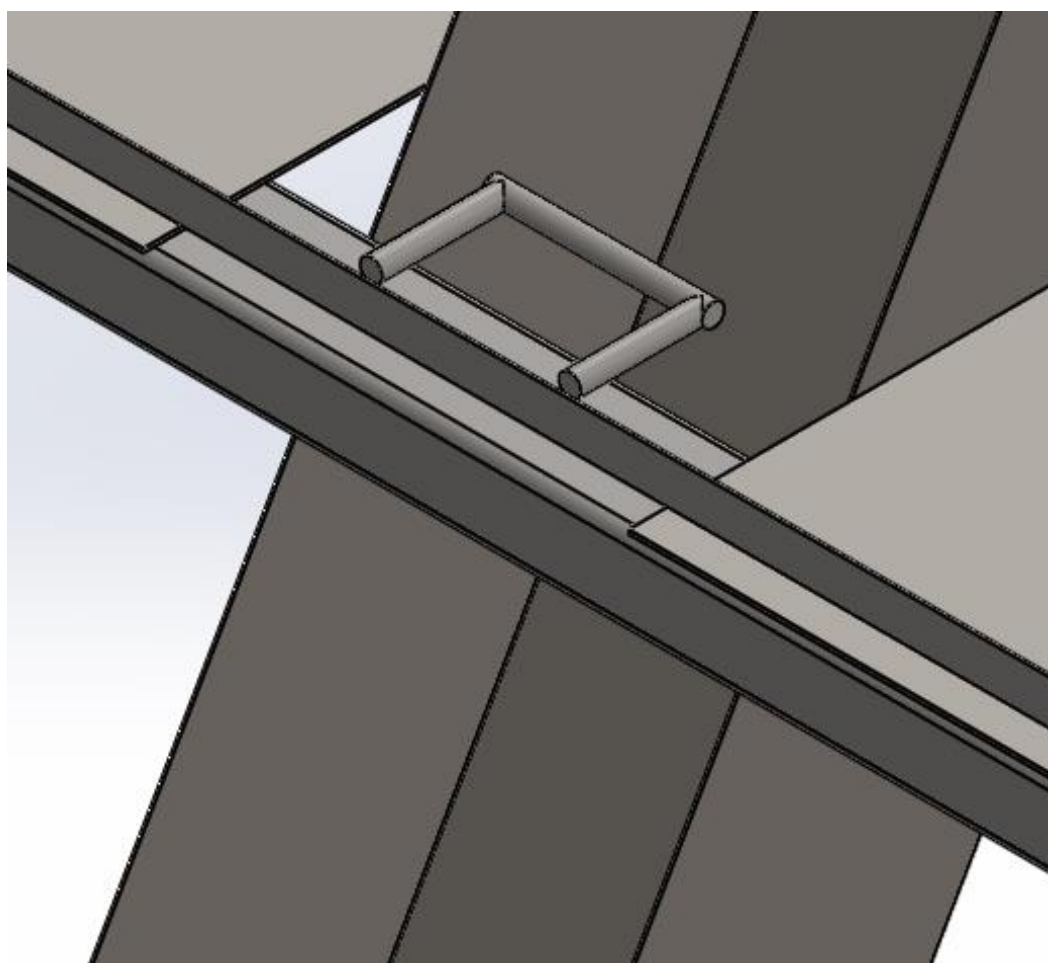


Figura 61: Fixação do Suporte do Bico

Fonte: Autor (2019)

3.1.2.6. Tanque/reservatório

Referente ao tanque, será necessário calcular a quantidade de inoculante utilizada para a capacidade do reservatório de sementes. Segundo Hungria, a dose mínima recomendada para a inoculação de 50 kg de sementes é de 100 ml, lembrando que em caso de primeiro cultivo com o uso de inoculante essa dose deve ser maior. Considerando um mínimo de 100 ml e um máximo de 150 ml para cada 50 kg podemos definir que a capacidade do reservatório, em relação à capacidade máxima do reservatório de semente (1240 Kg), será de:

$$V_{\text{reservatório}} = \frac{1240\text{kg}}{50\text{kg}} \cdot 150\text{ml}$$

$$V_{\text{reservatório}} = 3,72 \text{ L}$$
(7)

Foram pesquisados diferentes modelos de tanques com essa capacidade, porém poucos modelos foram encontrados e o custo era relativamente alto, decidiu-se então construir o reservatório com tubo PVC que pode ser facilmente encontrado em lojas de materiais de construção.

As medidas recomendadas para o tubo são de 15cm de diâmetro interno e 23cm de altura.

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \cdot (7,5)^2 \cdot 23$$

$$V_{\text{cilindro}} = 4,064 \text{ L}$$
(8)

Onde:

r: raio (cm);

h: altura (cm).

Com essa capacidade, sobrarão espaço para o retorno do inoculante para o reservatório:



Figura 62: Reservatório do Inoculante

Fonte: Autor (2019)

Foi cogitado também um misturador, hidráulico e mecânico, sendo que a função deles é homogeneizar a mistura no tanque, evitando assim, a sedimentação de partículas. O hidráulico é utilizado principalmente em pulverizadores com tanques com um volume grande, que não é o caso aqui, portanto o mais adequado é o misturador mecânico que além de mais barato é perfeito para o volume do tanque do implemento. Porém, devido a capacidade do reservatório de sementes demandar no máximo 3,72 L para completar o ciclo de tratamento e por ser utilizado inoculante líquido que tem menor sedimentação que o turfoso, decidiu-se por não utilizar misturadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A capacidade de tratamento do implemento ficou entre 40 a 50kg por minuto, variando com a espessura da semente. Portanto a capacidade de tratamento por hora fica entre 2,4 a 3 toneladas, desconsiderando o tempo de reabastecimento das sementes e do inoculante.

Com todas as informações encontradas nos testes com o protótipo, foi possível constatar que suas características estruturais de posicionamento foram eficazes para a aplicação do inoculante na semente de soja. Aspectos como o ângulo de inclinação da canaleta e o ângulo de repouso da semente de soja se apresentaram muito importantes para velocidade de queda e a vazão da semente. Os separadores se mostraram úteis para espalhar as sementes em toda a superfície da canaleta e facilitar a aplicação do inoculante.

Os componentes do sistema de pulverização, mesmo tendo sido adaptados de outras funções para o uso na máquina, apresentaram um bom funcionamento na formação do jato de inoculante acarretando em uma boa aplicação. A escolha do bico foi um detalhe importante, tendo em vista que o objetivo era utilizar bicos de máquinas pulverizadoras com pressões maiores que o que seria alcançado pela bomba de limpador de para-brisa.

Verificou-se que a melhor opção de bico foi o do tipo leque plano pois, diferente dos de cone cheio e vazio, aplicou o inoculante uniformemente em todo o trecho alvo do jato. A melhor opção de tamanho de gotas foi a muito fina, devido a bomba ter uma baixa pressão os bicos com gota grossa e media causaram excesso de gotejamento e a não formação do jato. O ângulo de abertura do jato que apresentou o melhor desempenho foi o de 65°, relacionando a largura da canaleta e altura do bico em relação ao alvo, o jato formado foi satisfatório para o tratamento das sementes.

Encontrar o ângulo de inclinação da canaleta foi crucial pois os ângulos de 45° e 60° apresentaram travamento das sementes nos espalhadores e excesso de inoculante nas sementes, esse excesso foi analisado visualmente. Com o ângulo de 30° em relação ao eixo vertical as sementes tiveram uma vazão satisfatória para a aplicação do inoculante e não foi constatado escorrimento do produto como nos casos anteriores.

O implemento é de fácil uso e regulagem simples, dispensando o treinamento de funcionários para o seu uso. Uma característica que se destaca é a sua disponibilidade, devido os seus componentes serem fáceis de encontrar caso ocorra alguma avaria não será necessário esperar grandes períodos de tempo para fazer a manutenção do implemento e voltar a utilizá-lo.

Com o desenho em *CAD* foi possível desenvolver uma estrutura que tivesse adaptabilidade estrutural, podendo ser fixada em um caminhão ou carreta para o transporte no campo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o Governo do Estado do Paraná a estimativa de produção da soja na safra 2018/2019 é de 16,1 milhões de toneladas, inferior ao do ano passado devido à seca e excesso de calor enfrentados no início de setembro. Como dito anteriormente a EMBRAPA estima que a inoculação de sementes de soja gera, no mínimo, 4,5% de rendimento a mais nos grãos e considerando esses valores é possível estimar que caso a inoculação não fosse utilizada no estado deixariam de ser produzidos, 724,5 mil toneladas.

No fim de outubro de 2019 a saca de 60kg de soja fechou em R\$ 74,50 na região de Cascavel-PR, com a quantidade que o estado deixaria de produzir sem o uso do inoculante seriam perdidos cerca de R\$ 899,6 milhões. Portanto, o investimento em equipamentos destinados especificamente a inoculação de soja é essencial para o avanço dessa prática.

O implemento desenvolvido apresentou bons resultados tanto em questões de posicionamento quanto no sistema de pulverização, além de que a padronização de perfis e o uso de componentes de fácil aquisição facilitaram a construção. Aliando uma excelente disponibilidade e manutenibilidade para o agricultor que venha a utilizar deste inoculador de sementes, caso ocorra algum dano nos componentes a aquisição e o reparo podem ser feitos rapidamente, diferente de grande parte dos maquinários existentes.

Graças ao bom desempenho apresentado pelo implemento o protótipo de testes já está sendo utilizado no tratamento de sementes de soja para a safra de fim de ano.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- 1 – Projeto e fabricação de uma estrutura que seja tracionada por um trator agrícola.
- 2 – Análise da possibilidade de desenvolver uma bomba específica para pulverização com pressões e vazões adequadas para a inoculação.
- 3 – Conferir a eficiência na nodulação das sementes de soja e o seu resultado final na colheita.

REFERÊNCIAS

ANNAPURNA, K. *Bradyrhizobium japonicum*: Survival and nodulation of soybean as influenced by fungicide treatment. *Indian Journal of Microbiology*, v. 45, n. 4, p. 305-307, 2005.

ARAÚJO, E.S., JANTÁLIA, C.P., BODDEY, R.M., URQUIAGA, S., ALVES, B.J.R. **Importância do N₂ das raízes de soja para a produtividade da cultura sucessora e para o balanço do N₂ do sistema.** Circular Técnica, 14. 2006.

ARF, O. BOLONHEZI, A. C. **Apostila de agricultura geral.** Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista. 2012

BANDEIRANTES. **Manual Tratadora de Sementes MTSB 1060.** Disponível em: <https://www.bandeirantemaquinas.com.br/usuario/manuais/MANUAL_MTSB_1060.pdf>. Acesso em: 06/05/2019.

BANDEIRANTES. **Tratadora de Sementes MTSB 1060.** Disponível em: <<https://www.bandeirantemaquinas.com.br/produtos/tratador-de-sementes/>>. Acesso em: 06/05/2019.

BÁRBARO, I. M.; MACHADO, P. C.; JUNIOR, L. S. B.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e coinoculação.** Colloquium Agrariae, América do Norte, Vol 5 N°1 04 2009. Disponível em: <<http://www.http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ca/article/view/372/510>>. Acesso em: 23/04/2019.

BECKER. **Inoculadora de Sementes Portátil.** Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/detalhe.asp?cdp=225989&nmoca=inoculador-de-sementes-becker-portatil-12-volts>>. Acesso em: 16/05/2019.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35/ Embrapa Cerrados. Circular Técnica,13).

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R.; MOSTASSO, F. B.; HUNGRIA. **In-furrow inoculation of soybean as alternative to fungicide and micronutrient seed treatment.** Rev Bras Ci Solo 34:1103–1112, 2010.

CASTELÕES, L. Adubação nitrogenada na soja é desnecessária. **Jornal Dia de Campo**, 21/12/2013. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Newsletter.asp?data=26/12/2013&id=29512&secao=Agrotemas>>. Acesso em: 07/04/2019.

CORTAG. **Catálogo de Rebites 2019.** <<https://www.cortag.com.br/rebite-de-repuxo-em-aluminio-24-x-10-mm>> Acesso em: 13/09/2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Dados econômicos da soja.** 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 29/03/2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Fixação biológica do nitrogênio safra 2017/2018**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acesso em: 29/03/2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Fixação biológica do nitrogênio: perguntas e respostas**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/semiario/gestao-ambiental/-/asset_publisher/XNAu0tEiVoDH/content/tema-embrapa-fixacao-biologica-de-nitrogenio-perguntas-e-respostas?inheritRedirect=false>. Acesso em: 08/10/2019.

FACHINELLI, R. **Influência da inoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum***. 2018. MONOGRAFIA (PÓS GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE DOURADOS, DOURADOS, 2018.

FRANÇA-NETO, J.B; KRZYZANOWSKI, F.C; COSTA, O; DA COSTA, N.P; HENNING, A.A. **Classificação por densidade da semente de soja e sua qualidade fisiológica**. Informativo ABRATES, v.16, nº 1, 2, 3, mar. 2006.

GASSEN, D. N. A necessidade de nitrogênio em soja. **AGROLINK**, 05/06/2002. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/a-necessidade-de-nitrogenio-em-soja_383613.html> Acesso em: 07/05/2019.

GIANLUPPI, V. et al. **Cultivo de soja no cerrado de Roraima. Sistema de Produção**, Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Produção paranaense de grãos deve atingir 37 milhões de toneladas**. 2019. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=101648&tit=Producao-paranaense-de-graos-deve-atingir-37-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 29/11/2019.

GOTTEMS, L. **Inoculante da soja não pode ser misturado com fungicidas e micronutrientes**. **AGROLINK**, 23/12/2013. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/inoculante-da-soja-nao-pode-ser-misturado-com-fungicidas-e-micronutrientes_188926.html> Acesso em: 07/05/2019.

GRAZMEC. **Kit Tratamento de Sementes AV 500**. Disponível em: <<http://grazmec.com.br/produto/kit-tratamento-de-sementes-av500/>>. Acesso em: 13/05/2019.

GRAZMEC. **Manual Tratadora de Sementes MTS 60-120 Especial**. Disponível em: <<http://www.grazmec.com.br/wp-content/uploads/2015/07/MANUAL-MTS-60-120-ESPECIAL.pdf>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Manual Tratadora de Sementes MTS 120 Spray System**. Disponível em: <<http://www.grazmec.com.br/wp-content/uploads/2015/07/MANUAL-MTS-60-120-SPRAY-SYSTEM.pdf>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes Nova GE 45.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/nova-ge-45/>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes GV 240 Celebration.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/gv-240-celebration/>>. Acesso em: 10/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes MTS 120 Celebration.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/wp-content/uploads/2016/03/MTS-120-Celebration.pdf>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes MTS 120 Especial.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/mts-120-especial/>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes MTS 120 Spray System.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/mts-120-spray-system/>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes MTS 120 Spray System Alongada Celebration.** Disponível em: <<http://grazmec.com.br/produto/mts-120-spray-system-alongada-celebration/>>. Acesso em: 10/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes MTS 120 Spray System Celebration.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/mts-120-spray-system-celebration/>>. Acesso em: 08/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes TS15 Spray System.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/ts15-spray-system/>>. Acesso em: 13/05/2019.

GRAZMEC. **Tratadora de Sementes TSG 1100.** Disponível em:
<<http://grazmec.com.br/produto/tsg-1100/>>. Acesso em: 13/05/2019.

HUNGRIA, M. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: Embrapa Soja, 2011. 37p. (Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283).

JACTO. **Pulverizador agrícola: tudo o que você precisa saber.** 01/11/2017. Disponível em:
<<https://blog.jacto.com.br/pulverizador-agricola-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 06/10/2019.

LOPES, M. A. S.; RESENDE, O.; BESSA, J. F. V.; LIMA, R. R. **Determinação das propriedades físicas de grãos de soja com diferentes proporções de impurezas e defeitos.** 2015. IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, set. 2015

MAGNOJET. **Porta bico monojet com válvula anti-gotejo.** Disponível em:
<<https://www.canalagricola.com.br/porta-bico-monojet>>. Acesso em: 16/10/2019.

MAIA, R. Industria de tratamento de sementes cresce no Brasil. **Folha de Londrina**, 15/09/2015. Disponível em: <<https://www.folhadelondrina.com.br/economia/industria-de-tratamento-de-sementes-cresce-no-brasil-927853.html>> Acesso em: 07/05/2019.

MECMAQ. **Esquema estrutural do tanque inoculadora de sulco**. Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/BmL7jmHnoZy/>>. Acesso em: 15/05/2019 10:41.

MECMAQ. **Inoculadora no sulco InoculaSulco**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/inoculasulco>>. Acesso em: 10/05/2019.

MECMAQ. **Inoculadora no sulco Control-BC**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/control-bc>>. Acesso em: 10/05/2019.

MECMAQ. **Misturador mecânico**. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/BT_va2jhjql/>. Acesso em: 15/05/2019 10:41.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Águia 400**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/aguia-400>>. Acesso em: 13/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Águia 1000**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/copia-aguia-1000-1>>. Acesso em: 13/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes InoculaBag**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/inocula-bag>>. Acesso em: 16/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Mecmix**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/mecmix>>. Acesso em: 13/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Turbão**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/turbao>>. Acesso em: 10/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Turbão Carreta**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/turbao-carreta>>. Acesso em: 13/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Turbo**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/turbo>>. Acesso em: 10/05/2019.

MECMAQ. **Tratadora de Sementes Turbo Dupla**. Disponível em: <<https://www.mecmaq.com.br/turbo-dupla>>. Acesso em: 10/05/2019.

MILMAN, M. J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel 2002.

PARKER. **Tecnologia Hidráulica Industrial Apresentação M2001-2 BR**. 2002. Pg4

NOTÍCIAS AGRICOLAS. **Cotação do soja: mercado físico, sindicatos e cooperativas**. 2019. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/soja/soja-mercado-fisico-sindicatos-e-cooperativas/2019-10-31>> Acesso em: 29/11/2019.

PULVERIZADORES ADVENTURE. **Inoculador nitro 300L – 5 linhas**. Disponível em: <<https://www.adventurepulv.com.br/loja/pulverizadores/inoculador-sulco/inoculador-nitro-300-litros-5-linhas>>. Acesso em: 08/10/2019.

RHONDAMAQ. **Bomba compacta de alta pressão**. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-818274840-bomba-dagua-solar-alta-presso-12v-110psi-pronta-entrega-_JM?matt_tool=79246729&matt_word&gclid=Cj0KCQjw_5rtBRDxARIsAJfxvYDCPRleaP-2-DdOdC2nCHq6oTbXx1t-NCG6PM45R8QJd6ggKJ615GQaApoLEALw_wcB&quantity=1>. Acesso em: 16/10/2019.

SANTOS, A. D. **Viabilidade da inoculação de sementes de soja com produtos comerciais a base de bradyrhizobium japonicum antes da semeadura**. 2013. MONOGRAFIA (GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM BIOTECNOLOGIA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, PALOTINA, 2013.

SOMATEMATICA. **Geometria espacial. 2019**. Disponível em: <<https://www.somatematica.com.br/emedio/espacial/formulas.php>>. Acesso em: 20/09/2019.

TECNOMARK. **Tratadora de Sementes Pulvemark 5000**. Disponível em: <http://www.tecnomark.ind.br/produto.php?prod_id=27>. Acesso em: 16/05/2019.

MUNHOZ, A. T. **Técnicas de inoculação com bactérias de fixação de nitrogênio na cultura da soja**. 2016. MONOGRAFIA (BACHAREL EM AGRONOMIA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, CURITIBANOS, 2016.

TEEJET. **Guia do Usuário para Bicos de Pulverização**, 2006. Disponível em: <<http://teejet.it/media/350060/li-ms112%20users%20guide%20portuguese.pdf>>. Acesso em: 17/10/2019.

TREVISAN. **Tratador Misturador de Sementes Trevisan**. Disponível em: <<http://trevisan.ind.br/produto/agricultura/tratador-misturador-de-sementes-trevisan>>. Acesso em: 13/05/2019.

VETOR. **Bomba de limpador de para-brisa**. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-781547923-bomba-reservatorio-agua-limpador-ou-gasolina-universal-12v-_JM?quantity=1>. Acesso em: 16/10/2019.

VIEIRA NETO, S.A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. **Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja**. R. Bras. Ci. Solo, 32:861-870. 2008.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; SILVA, G. P. **Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos na cultura da soja**. Biosci. J., Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 56-68, Abr./Jun. 2008.

ZILLI, J.E; CAMPO, R. J. HUNGRIA, M. **Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura de soja**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.45, n.3, p.335-338, mar. 2010.

ZILLI, J.E; MARSON, L.C. **Inoculação de sementes de soja com *Bradyrhizobium***. 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_3/inoculacao/index.htm>. Acesso em: 23/04/2019.