

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM PROJETO E PROCESSOS DE  
FABRICAÇÃO

Área de concentração: Projeto e Processos de Fabricação

Dissertação de Mestrado

CONCEPÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA  
TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE SEMENTE EM  
IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Valter Odair Kurz

Passo Fundo

2022



CIP – Catalogação na Publicação

---

K96c Kurz, Valter Odair  
Concepção de um equipamento para transporte  
pneumático de semente em implementos agrícolas [recurso  
eletrônico] / Valter Odair Kurz. – 2023.  
4.6 MB ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Walber.

Coorientador: Prof. Dr. Agenor Dias de Meira Junior.

Dissertação (Mestrado em Projeto e Processos de  
Fabricação) – Universidade de Passo Fundo, 2023.

1. Processos de fabricação. 2. Transporte pneumático.  
3. Implementos agrícolas. 4. Abastecimento de semeadoras.  
I. Walber, Márcio, orientador. II. Meira Júnior, Agenor  
Dias de, coorientador. III. Título.

CDU: 631.3

---

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

**Valter Odair Kurz**

**CONCEPÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA TRANSPORTE  
PNEUMÁTICO DE SEMENTE EM IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS**

Orientador: Prof. Dr. Márcio Walber

Coorientador: Prof. Dr. Agenor Dias de Meira Junior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Passo Fundo

2023

**Valter Odair Kurz**

**CONCEPÇÃO DE UM EQUIPAMENTO PARA TRANSPORTE  
PNEUMÁTICO DE SEMENTE EM IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Data de aprovação: 22 de Março de 2023.

Os componentes da Banca examinadora abaixo aprovaram a Dissertação:

Professor Doutor Márcio Walber  
Orientador

Professor Doutor Agenor Dias de Meira Junior  
Coorientador

Professor Doutor Jakerson Ricardo Gevinski  
Instituto Federal Sul-Rio-Grandense

Professor Doutor Charles Leonardo Israel  
Universidade de Passo Fundo

Professor Doutor Leandro Dóro Tagliari  
Universidade de Passo Fundo

*Dedico este trabalho a minha esposa  
Patrícia e meus filhos Laura, Eliza e  
Lucas, a meus pais Waldair e Ivani e  
minha irmã Marlise.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar quer agradecer a Deus pela possibilidade de iniciar e finalizar o mestrado.

Minha esposa e filhos pela paciência, carinho, apoio e amor incondicional nos momentos difíceis dessa jornada.

Aos meus pais Waldair e Ivani e minha irmã Marlise que sempre me incentivaram a estudar e esse incentivo me inspira até hoje.

Aos meus orientadores, inicialmente o Prof. Dr. Agenor Dias de Meira Júnior pela abrangência do horizonte de pesquisa e em sequência o Prof. Dr. Márcio Walber pela dedicação e paciência que ambos apresentaram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo e colega de empresa João Fenando Dorneles Gautier o qual me auxiliou na correção do trabalho e no melhoramento das imagens, onde ganhei grandes aprendizados.

À Universidade de Passo Fundo, pela oportunidade de aprendizado e aperfeiçoamento profissional oferecendo sua estrutura e profissional com grande capacidade de ensinamento aos alunos.

*Faça o melhor que puder até saber mais.  
Então, quando souber mais, faça ainda  
melhor.*

***Maya Angelou***

## RESUMO

A expansão do setor de máquinas e implementos agrícolas está aumentando a cada ano, pois devido as alterações climáticas, a janela (tempo) de plantio tem reduzido a cada ano e os agricultores buscam com isso diminuir o tempo em que as semeadoras ficam paradas, aproveitando ao máximo o período de plantio. Com base nestas informações, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema pneumático de sucção e/ou sobrepressão para abastecimento de semeadoras, a partir de carretas agrícolas e/ou caminhões e assim apresentar uma inovação no abastecimento das semeadoras, sendo compacto, prático, seguro e ergonômico. O desenvolvimento do projeto baseou-se na metodologia proposta por Norton (2013), dividindo-se em três estágios principais: no primeiro estágio, apresentação do planejamento inicial para o desenvolvimento do conceito, com análise de mercado e consumidor, avaliando a real necessidade do mercado, bem como, definir as ideias para o desenvolvimento do projeto; no segundo estágio foi realizada a combinação das soluções, bem como, a avaliação e definição da solução que será utilizada; no terceiro e último estágio, denominado projeto detalhado, são apresentados os componentes utilizados para o desenvolvimento do projeto, bem como, definição de quais itens poderão ser produzidos e fornecedores recomendados, permitindo assim o conceito de um produto com possibilidade de progredir para um projeto definitivo, prototipagem e fabricação em larga escala. O estudo apresentado possibilitou documentar a concepção de um equipamento para abastecimento de semeadora por meio de um sistema pneumático, que visa melhorar a qualidade de trabalho do agricultor, além de possibilitar um abastecimento com segurança e rapidez.

Palavras-chave: Transporte pneumático; Implementos agrícolas; Abastecimento de semeadoras;

## **ABSTRACT**

The expansion of the agricultural machinery and implements sector is increasing every year, because due to climate change, the window (time) for planting has reduced every year and farmers seek to reduce the time in which the seeders are stopped, taking advantage of the maximum period of planting. Based on this information, this work presents the development of a pneumatic system of suction and/or overpressure for supplying seeders, from agricultural carts and/or trucks and thus presents an innovation in the supplying of seeders, being compact, practical, safe. and ergonomic. The development of the project was based on the methodology proposed by Norton (2013), divided into three main stages: in the first stage, presentation of the initial planning for the development of the concept, with market and consumer analysis, assessing the real need of the market, as well as defining the ideas for the development of the project; in the second stage, the solutions were combined, as well as the evaluation and definition of the solution to be used; in the third and last stage, called detailed design, the components used for the development of the project are presented, as well as the definition of which items can be produced and recommended suppliers, thus allowing the concept of a product with the possibility of progressing to a definitive project , prototyping and large-scale manufacturing. The study presented made it possible to document the design of equipment for supplying a seeder through a pneumatic system, which aims to improve the quality of work of the farmer, in addition to enabling a supply with safety and speed.

**Keywords:** Pneumatic transport; Agricultural implements; Seeders loading;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Abastecimento de semeadora com saco <i>big bag</i> .....	26
Figura 2 – Abastecimento de semeadoras manual.....	27
Figura 3 - Abastecedor de adubo IMAVI.....	28
Figura 4 – Abastecedor de adubo INW Soluções.....	29
Figura 5 – Abastecedor de adubo INW – CANUDÃO .....	30
Figura 6 - Abastecimento de um equipamento para espalhar adubo TKA Guindastes. 30	
Figura 7 – Guindaste veicular na operação de abastecimento de sementes TKA Guindastes. ....	31
Figura 8 - Sistema pneumático transporte de resíduos .....	32
Figura 9 - Sistema pneumático transporte de sementes Ultra-Vac HIPERCON.....	33
Figura 10 - Transporte pneumático em fase diluída. ....	35
Figura 11 - Modos de fluxo no transporte pneumático. ....	37
Figura 12 - Esquema de funcionamento em pressão negativa.....	39
Figura 13 - Esquema de funcionamento em pressão positiva .....	40
Figura 14 - Esquema de funcionamento combinado. ....	41
Figura 15 - Separador básico de um separador ciclônico. ....	42
Figura 16 - Esquema de funcionamento da válvula rotativa .....	43
Figura 17 - Ventiladores centrífugos: A - aspiração, B –descarga, C – rotor.....	44
Figura 18 - Ventiladores multi-estágios: A - aspiração, B –descarga, C – rotor. ....	45
Figura 19 - Representação cumulativa de uma análise por peneiramento.....	48
Figura 20 - Gráfico representando a velocidade mínima de transporte em função da taxa de carregamento.....	49
Figura 21 - Contorno para cálculo de densidade .....	52
Figura 22 – Esquema típico de ciclone.....	60
Figura 23 - Fluxograma do 1º estágio – definição da viabilidade de projeto.....	69
Figura 24 - Fluxograma do 2º estágio – Projeto preliminar. ....	70
Figura 25 - Fluxograma do 3º estágio – projeto detalhado. ....	70
Figura 26 - Forma esquemática do segmento de mercado. ....	72
Figura 27 - Abastecimento semeadora com <i>big bag</i> .....	74
Figura 28 - Abastecimento de semeadora com carreta agrícola .....	74
Figura 29 - Abastecimento da semeadora manualmente. ....	76
Figura 30 - Operador movendo o <i>big bag</i> para abastecimento da semeadora.....	76

Figura 31 - Abastecimento com saco <i>big bag</i> .....	77
Figura 32 - Abastecimento de semeadora com rosca helicoidal.....	77
Figura 33 - Linha mestra para o desenvolvimento da abastecedora de sementes. ....	84
Figura 34 - Função global do abastecedor de semeadora.....	91
Figura 35 - Estrutura de funções com subfunções secundárias. ....	92
Figura 36 - Esquema teórico do projeto. ....	99
Figura 37 - Fluxograma das etapas da estrutura de conceito.....	101
Figura 38 - Projeto do sistema de transporte pneumático.....	108
Figura 39 - Carreta agrícola.....	110
Figura 40 - Variante de projeto com sistema de pressão positiva .....	111
Figura 41 - Desenho de conjunto em perspectiva do projeto. ....	112
Figura 42 - Abastecimento de semente.....	113
Figura 43 - Reservatório de óleo 270 litros. ....	114
Figura 44 - Bomba hidráulica Cassapa KP-40.151 .....	115
Figura 45 - Mangueira hidráulica Hennings.....	115
Figura 46 - Válvula divisora de fluxo Sun Hydraulicx.....	116
Figura 47 - Turbina OTAM OB-500. ....	117
Figura 48 - Turbina de pressão positiva Design Concept.....	118
Figura 49 - Ciclone central. ....	119
Figura 50 - Motor PLM 20.3,9S Casappa .....	120
Figura 51 - Rotor de dosagem HDM 400 – Gericke .....	120
Figura 52 - Motor hidráulico QXM22-00.L-GAT – BUCHER. ....	121
Figura 53 - Pedido de patente de invenção junto ao INPI.....	123

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Proposta de inovações para o abastecimento de semeadoras por meio de sistema pneumático.....	20
Quadro 2 – Metodologia de projeto aplicada por Norton (2013) .....	23
Quadro 3 – Descrição detalhada das etapas para acompanhamento do andamento do projeto.....	23
Quadro 4 – Formulação e cálculo do problema.....	24
Quadro 5 - Comparação entre fabricantes em relação ao método de transporte de sementes. ....	33
Quadro 6 - Classificação dos sistemas de transporte pneumático. ....	34
Quadro 7 - Função de pressão de operação e volume transportado. ....	38
Quadro 8 – Nomenclatura das partes do ciclone .....	60
Quadro 9 – Etapas de uma solicitação de patente de acordo com Instituto Nacional da Propriedade Industrial.....	66
Quadro 10 – Estágios pré-definidos das etapas do projeto.....	68
Quadro 11 – Comparação dos sistemas de abastecimento disponibilizados no mercado. ....	73
Quadro 12 - Análise dos requisitos de mercado. ....	79
Quadro 13 - Análise de viabilidade por <i>brainstorming</i> .....	80
Quadro 14 - Lista de requisitos fundamentais para o abastecedor de semeadoras.....	83
Quadro 15 - Características desejadas da linha mestra.....	85
Quadro 16 - Lista de requisitos para avaliação do projeto. ....	86
Quadro 17 - Justificativa dos requisitos.....	87
Quadro 18 - Relação das entradas e saídas da função global. ....	91
Quadro 19 - Matriz morfológica identificando as possíveis soluções do projeto.....	93
Quadro 20 - Descrições das soluções na matriz morfológica.....	94
Quadro 21 - Matriz morfológica com variantes. ....	96
Quadro 22 - Lista de soluções quantitativas. ....	98
Quadro 23 - Partes do projeto preliminar. ....	100
Quadro 24 – Verificação do atendimento dos requisitos.....	105
Quadro 25 - Descrição dos componentes do projeto.....	108

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos sistemas em função da razão do fluxo de massa .....	36
Tabela 2 - Dimensões e pressão de mangueiras vácuo Kanaflex .....	46
Tabela 3 - Peso específico aparente.....	52
Tabela 4 – Determinação da velocidade em função do tipo de tubulação. ....	54
Tabela 5 - Velocidades práticas recomendadas para grãos e outros produtos.....	54
Tabela 6 – Correção K do coeficiente de atrito em função da velocidade do ar. ....	57
Tabela 7 – Relações geométricas para diversas famílias de ciclones.....	62
Tabela 8 – Razões de projeto para ciclones.....	62
Tabela 9 - Dimensões calculadas para o ciclone. ....	103

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área da secção da tubulação [m]
$C_{ar}$	Velocidade do ar [m/s]
$C_D$	Coefficiente de arrasto
$C_{entrada}$	Velocidade de entrada (m/s)
d	Parâmetro equação 6
$D_c$	Diâmetro do ciclone
$d_p$	Diâmetro médio da partícula [mm]
$D_t$	Diâmetro da tubulação [mm]
$F_c$	Força centrífuga (kgf)
$G_{ar}$	Peso do ar que transporta
$g_c$	Constante gravitacional ( $m/s^2$ )
$G_m$	Peso do material a ser transportado
H	Altura da tubulação (m)
J	Perda de carga (mmH <sub>2</sub> O)
K	Correção do coeficiente de atrito
$L_{eq}$	Comprimento da tubulação (m)
M	Massa (kg)
$P_m$	Potência do motor em HP
Q	Vazão volumétrica do ar que passa pelo ciclone
$Q_{ar}$	Vazão de ar [ $m^3/s$ ]
R	Parâmetro de projeto
r	Raio de rotação (m)
$r_p$	Relação de peso
$U_t$	Velocidade terminal [m/s]
V	Velocidade de transporte em [m/s]
$V_{ar}$	Velocidade do ar em (m/s)
$V_{ar\ mín}$	Velocidade mínima de ar (m/s)
P	Densidade aparente do sólido [ $t/m^3$ ]
$Usalt$	Velocidade de salteamento [m/s]
$V_p$	Volume deslocado da partícula
g	Aceleração da gravidade [ $m/s^2$ ]

$M$	Razão entre a vazão mássica de sólidos e a vazão mássica de ar
$m_g$	Vazão mássica de ar [ $m^3/s$ ]
$m_p$	Massa da partícula
$\dot{m}_s$	Vazão mássica de sólidos [ $m^3/s$ ]
$\lambda_m$	Coeficiente de atrito do material
$\lambda_1$	Coeficiente de atrito de acessórios
$\gamma_{ar}$	Peso específico do ar ( $kg/m^3$ )
$\gamma_m$	Peso específico do material ( $kgf/m^3$ )
$\rho_g$	Massa específica do fluido [ $kg/m^3$ ]
$\rho_p$	Massa específica das partículas [ $kg/m^3$ ]

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1.	OBJETIVOS .....	20
1.1.1.	Objetivo geral .....	20
1.1.2.	Objetivos específicos .....	20
1.2.	ESTRUTURA DO DOCUMENTO .....	20
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>22</b>
2.1.	METODOLOGIA DE PROJETO.....	22
2.1.1.	Metodologia de Norton.....	22
2.1.2.	Metodologia de Pahl e Beitz.....	25
2.2.	ERGONOMIA NA AGRICULTURA .....	26
2.3.	EQUIPAMENTOS EXISTENTES NO MERCADO.....	28
2.3.1.	Fabricante IMAVI .....	28
2.3.2.	Fabricante INW SOLUÇÕES.....	29
2.3.3.	Fabricante TKA GUINDASTES .....	30
2.3.4.	Fabricante PALINIALVES .....	31
2.3.5.	Fabricante HIPERCON terminais de carga .....	32
2.3.6.	Características principais dos equipamentos apresentados .....	33
2.4.	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PNEUMÁTICOS.....	34
2.4.1.	Transporte pneumático em fase diluída.....	35
2.4.2.	Classificação quanto ao modo de operação .....	36
2.5.	CLASSIFICAÇÃO QUANTO A PRESSÃO.....	37
2.5.1.	Transporte pneumático por aspiração (pressão negativa).....	38
2.5.2.	Transportadores pneumáticos por compressão ou pressão positiva .....	39
2.5.3.	Transportadores pneumáticos combinados por vácuo (aspiração) e compressão ..	40
2.6.	DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS .....	41
2.6.1.	Coletor ciclone.....	41
2.6.2.	Válvula rotativa .....	42
2.6.3.	Máquina geradora de pressão ou de vácuo .....	44
2.6.4.	Tubulação. ....	45
2.7.	CARACTERÍSTICAS DA PARTÍCULA TRANSPORTADA .....	47
2.7.1.	Diâmetro médio das partículas .....	47

2.8. DINÂMICA DAS PARTÍCULAS .....	48
2.8.1. Velocidade Mínima de Transporte .....	49
2.8.2. Velocidade terminal.....	50
2.9. MATERIAL PARTICULADO .....	51
2.9.1. Densidade do material .....	51
2.9.2. Peso específico do material .....	52
2.9.3. Relação de peso .....	53
2.9.4. Velocidade de operação.....	53
2.9.5. Vazão do ar.....	55
2.10. PERDA DE CARGA NO SISTEMA.....	55
2.10.1. Perda de carga devido à entrada da partícula na tubulação de sucção.....	56
2.10.2. Perda de carga inercial.....	56
2.10.3. Perda de carga na tubulação de transporte.....	57
2.10.4. Perda de carga devido ao desnível.....	58
2.10.5. Perda de carga devido ao ciclone .....	58
2.10.6. Perda de carga na tubulação de ar .....	59
2.10.7. Perda de carga devido à introdução da partícula na tubulação de descarga .....	59
2.10.8. Perda de carga total do sistema.....	60
2.11. DIMENSIONAMENTO DO CICLONE.....	60
2.12. SISTEMA GERADOR DO FLUXO DE AR.....	63
2.12.1. Potência mínima requerida pelo soprador .....	63
2.12.2. Potência de instalação.....	63
2.13. PATENTE .....	64
2.14. RESUMO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	66
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>68</b>
3.1. 1º ESTÁGIO - DEFINIÇÃO .....	71
3.1.1. Identificação das necessidades .....	71
3.1.1.1. Análise de mercado. ....	71
3.1.1.1.1. Avaliações das necessidades de mercado.....	71
3.1.1.1.2. Apresentação do cenário atual.....	73
3.1.2. Pesquisa e suporte.....	75
3.1.2.1. Análise de tecnologias existentes .....	75
3.1.2.2. Análise de produtos existentes .....	75

3.1.2.3. Perfil do consumidor.....	78
3.1.3. Definição do objetivo.....	78
3.1.3.1. Descrição dos requisitos do mercado.....	78
3.1.3.2. Avaliação da viabilidade.....	79
3.1.3.3. Definição e justificativa do produto desenvolvido.....	81
3.1.4. Especificações das tarefas.....	81
3.1.4.1. Identificação dos requisitos.....	82
3.1.4.2. Linha mestra.....	83
3.1.4.3. Requisitos do projeto.....	85
3.1.4.4. Justificativa dos requisitos.....	87
3.1.5. Síntese.....	90
3.1.5.1. Definição da estrutura funcional.....	90
3.1.5.2. Princípios de soluções.....	92
3.2. 2º ESTÁGIO – PROJETO PRELIMINAR.....	94
3.2.1. Análise.....	95
3.2.1.1. Combinação das soluções.....	95
3.2.2. Seleção das variantes.....	97
3.2.2.1. Avaliação da solução.....	97
3.2.2.2. Solução utilizada.....	98
<b>4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>101</b>
4.1. 3º ESTÁGIO - PROJETO DETALHADO.....	101
4.1.1. Cálculo de dimensionamento.....	101
4.1.1.1. Tubulação de sucção e pressão.....	102
4.1.1.2. Dimensionamento do ciclone.....	103
4.1.1.3. Cálculo da vazão do ar de transporte.....	104
4.1.2. Projeto virtual 3D.....	104
4.1.3. Projeto do equipamento.....	112
4.1.4. Lista de peças.....	113
4.1.4.1. Reservatório hidráulico.....	113
4.1.4.2. Bomba hidráulica.....	114
4.1.4.3. Mangueira hidráulica.....	115
4.1.4.4. Válvula divisora de fluxo.....	115
4.1.4.5. Turbina de pressão negativa (sucção).....	116

4.1.4.6. Turbina pressão positiva com motor hidráulico .....	117
4.1.4.7. Mangueira de transporte .....	118
4.1.4.8. Ciclone.....	119
4.1.4.9. Motor hidráulico PLM 20.3,9S.....	119
4.1.4.10. Conjunto rotor dosador.....	120
4.1.4.11. Motor hidráulico Bucher .....	121
4.1.4.12. Ciclone de saída.....	121
4.2. PATENTE .....	122
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>124</b>
5.1. ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS.....	124
5.2. CONTRIBUIÇÕES .....	125
5.3. PROPOSTAS FUTURAS .....	125
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICE A – CÁLCULOS DO SISTEMA .....</b>	<b>130</b>
A.1 - PESO ESPECÍFICO.....	130
A.2 - VELOCIDADE TEÓRICA DO AR DE TRANSPORTE.....	130
A.3 - RELAÇÃO EM PESO ACONSELHÁVEL.....	130
A.4 - VAZÃO DO AR .....	130
A.5 - SEÇÃO DO CONDUTO.....	131
A.6 - VELOCIDADE TEÓRICA CORRIGIDA DO AR DE TRANSPORTE.....	132
A.7 - VELOCIDADE TEÓRICA DO AR DE TRANSPORTE.....	132
A.8 - RELAÇÃO DO PESO ACONSELHÁVEL.....	132
A.9 - VAZÃO DO VÁCUO.....	133
A.10 - SEÇÃO DO CONDUTO NO VÁCUO .....	133
A.11 - VELOCIDADE TEÓRICA CORRIGIDA DO AR DE TRANSPORTE .....	134
A.12 - DIMENSIONAMENTO DO CICLONE.....	134
A.13 - PERDA DE CARGA NO SISTEMA .....	135
<b>APÊNDICE B – PATENTE DEPOSITADA.....</b>	<b>139</b>
<b>APÊNDICE C – DESENHO MONTAGEM SISTEMA DE TRANSPORTE</b>	
<b>PRESSÃO POSITIVA .....</b>	<b>156</b>
<b>APÊNDICE D – DESENHO DE MONTAGEM SISTEMA DE TRANSPORTE</b>	

<b>COM SISTEMA PNEUMÁTICO COMBINADO – PRESSÃO NEGATIVA E POSITIVA.....</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE E – CICLONE DE SAÍDA .....</b>	<b>158</b>
<b>APÊNDICE F – CICLONE CENTRAL.....</b>	<b>162</b>
<b>ANEXO 1 – VÁLVULA DIVISORA DE FLUXO .....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXO 2 - CATALOGO DE MANGUEIRA KANAFLEX.....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO 3 – MOTOR PLM 20.3,9S CASAPPA .....</b>	<b>166</b>
<b>ANEXO 4 – DESENHO DO MOTOR HIDRÁULICO DA BUCHER .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO 5 – ROTOR DE DOSAGEM DE PRODUTO .....</b>	<b>169</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A falta de mão de obra no campo tem se tornado cada vez maior, pois as pessoas estão migrando para às cidades em busca de melhores condições de vida e emprego, diminuindo assim o interesse em se dedicar as atividades na zona rural (O PRESENTE RURAL, 2021). Neste contexto, a mecanização das atividades a serem realizadas no campo torna-se necessária, a fim de reduzir os custos com contratações emergenciais e ou temporárias de mão de obra e diminuir o esforço físico dos trabalhadores residentes, melhorando assim a qualidade de vida dos mesmos.

Durante a operação de plantio com a semeadora, o abastecimento precisa ser realizado diversas vezes, sendo este de forma manual e individual por meio de sacos 20 Kg (semente) que geram um grande esforço do trabalhador, além de ser um trabalho repetitivo. Outra forma de abastecimento é com a utilização de sacos *big bag* (bolsa de abastecimento) de 1.000 Kg, onde o trabalhador que irá abastecer a semeadora fica embaixo do *big bag*, gerando um grande risco de acidente.

O termo “janela de plantio” é utilizado para definir a melhor época para o plantio das culturas, considerando o menor risco de perdas de safra. Com o passar dos anos essa janela vem diminuindo devido a alterações climáticas, gerando assim problemas para o agricultor, que precisa realizar o plantio de forma rápida. Uma solução seria aprimorar a forma de abastecimento das semeadoras por meio de um sistema rápido e prático, evitando que a semeadora fique parada por muito tempo.

Portanto, este trabalho tem por objetivo projetar um sistema de transporte pneumático de sementes para abastecimento de semeadoras durante o processo de plantio.

O transporte pneumático de partículas sólidas tem sido frequentemente utilizado em diversas indústrias. Na última década, houve um aumento na demanda a favor da utilização dessa tecnologia, em função da sua agilidade, o que requer um bom entendimento da dinâmica do escoamento da mistura gás-sólido em tubos e capacidade para prever tal comportamento.

O fluxo de ar para a movimentação de materiais apresenta vantagens se comparado à movimentação mecânica (elevadores, *redler* (esteiras), transportador helicoidal, etc.), pois não causa danos ao produto uma vez que o mesmo é transportado por meio de tubulações e o ar possibilita o seu escoamento até o local desejado.

O transporte pneumático já é conhecido na indústria química, no transporte de grãos em silos, entre outros. Com o intuito de melhorar a vida no campo e reduzir

problemas com sementes, deu-se início ao desenvolvimento para o carregamento de implementos agrícolas e neste trabalho serão apresentadas três inovações, conforme listado no Quadro 1.

Quadro 1 – Proposta de inovações para o abastecimento de semeadoras por meio de sistema pneumático.

<b>OBJETIVO</b>	<b>MODO DE REALIZAR O TRANSPORTE</b>
Transporte do grão para a semeadora	Transporte do grão para a semeadora utilizando um sistema com pressão positiva, levando a semente do carretão agrícola até a semeadora.
Forma de transporte do grão	O sistema de transporte pneumático passará por dutos que se deslocam por toda a semeadora.
Transporte de grãos da carreta até a semeadora	Caso o agricultor tiver carretas e/ou caminhão para transporte da semente, será utilizado um sistema em conjunto com pressão negativa e pressão positiva, transportando o grão até a semeadora.

Fonte: Autor (2023).

## **1.1. Objetivos**

A presente dissertação tem os seguintes objetivos centrais.

### **1.1.1. Objetivo geral**

Desenvolver um sistema pneumático de sucção e/ou sobrepressão para abastecimento de semeadoras, a partir de carretas agrícolas e/ou caminhões.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Desenvolver um sistema de abastecimento para carregamento das semeadoras com semente de forma rápida e segura;
- Projetar dois modelos de transporte pneumático, um com sistema de sobrepressão e outro com pressão combinada, possuindo pressão positiva e negativa;
- Apresentar os principais cálculos de dimensionamento do equipamento;
- Registrar junto ao INPI uma patente de invenção referente ao sistema desenvolvido.

## **1.2. Estrutura do documento**

A fim de atingir os objetivos propostos, o trabalho foi dividido em cinco capítulos.

O presente capítulo é de caráter introdutório e apresenta a contextualização, as considerações iniciais sobre o tema, informações pertinentes para situar o leitor sobre o que será abordado e os objetivos que se pretende alcançar na dissertação.

O segundo capítulo descreve a fundamentação teórica, abordando assuntos referentes aos conceitos de transporte pneumático, metodologia do projeto, estado da arte referente ao abastecimento de semeadoras e transporte pneumático.

O terceiro capítulo apresenta os processos utilizados para o desenvolvimento da proposta metodológica considerando as fases de definição da tarefa e projeto preliminar. Nestas duas fases serão discutidas o estado da técnica, análise de mercado, identificação dos problemas enfrentados no abastecimento das semeadoras, variantes do projeto, requisitos do projeto e escolha preliminar dos componentes do projeto.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos através das análises anteriores, utilizando as propostas sugeridas no capítulo 3, para desenvolver um produto com capacidade de solucionar os inconvenientes encontrados atualmente, selecionando as partes do projeto e definindo o conceito final do projeto desenvolvido.

O quinto capítulo apresenta as conclusões e considerações finais em relação aos resultados do estudo, bem como sugestão para trabalhos futuros.

Além dos cinco capítulos descritos brevemente, as referências e os anexos utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa constituem este projeto.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este projeto de pesquisa tem o objetivo de desenvolver um novo conceito para abastecimento de semeadoras durante o plantio, utilizando o transporte pneumático de grãos. Este capítulo destaca a base teórica necessária para seu desenvolvimento, apresenta a metodologia de Norton (2013), tópicos sobre ergonomia durante o trabalho na agricultura, equipamentos existentes para abastecimento de semeadoras durante o plantio, tipos de transporte pneumático e equipamentos utilizados bem como as características dos materiais a serem transportados.

### **2.1. Metodologia de projeto**

A descoberta ou necessidade de solução de um problema, desencadeia o processo de projeto. Esta necessidade precisa ser atendida pelo desenvolvimento de um novo produto ou do reprojeto de um já existente. Sendo assim, vai gerar um projeto a ser solucionado. Um projeto estruturado, capaz e sistemático é o fator chave para o sucesso do produto no mercado.

#### 2.1.1. Metodologia de Norton

Projeto de engenharia pode ser definido como: “O processo de aplicação das várias técnicas e princípios científicos com o intuito de definir um dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir sua realização” (NORTON, 2013, p.3).

A tecnologia tende a minimizar o tempo de desenvolvimento de um produto, mas a pesquisa e a metodologia necessária para conhecer o desejo e a necessidade do cliente ainda é complexa. No geral, é feita com base na intuição e experiência do engenheiro projetista que utiliza dados levantados na prática, assegurando-se de certo modo que o caminho escolhido seja adequado para o desenvolvimento do projeto, minimizando riscos dos investimentos aplicados no processo de seu desenvolvimento.

Existem várias metodologias e técnicas que visam resolver os problemas que envolvem o desenvolvimento de produto, mas não se pode dizer que há um método ou técnica que venham a atender todas as situações possíveis. Entre os diversos métodos e técnicas existentes, foi selecionada a metodologia de Norton (2013) para o desenvolvimento deste projeto, o qual será explicada neste trabalho.

A metodologia de projetos é essencialmente um exercício de criatividade aplicada. Muitas metodologias foram definidas para ajudar a organizar a enfrentar o problema não-estruturado, isto é, casos em que a definição do problema é vaga e para os quais muitas soluções possíveis existem. Algumas dessas definições contêm somente algumas etapas, e outras, uma lista mais detalhada de etapas. Segundo Norton (2013) é mostrada no Quadro 2, que relaciona dez etapas.

Quadro 2 – Metodologia de projeto aplicada por Norton (2013).

<b>FASE</b>	<b>ETAPA</b>
1	Identificação da necessidade
2	Pesquisa de suporte
3	Definição dos objetivos
4	Especificações de tarefas
5	Síntese
6	Análise
7	Seleção
8	Projetos detalhado
9	Protótipo e testes
10	Produção

Fonte: NORTON (2013).

A metodologia de Norton (2013) é constituída por uma lista de atividades apresentadas no Quadro 2. Por meio desta lista, o autor detalha todas as etapas destacando os objetivos que deverão ser atingidos em cada uma. O detalhamento de cada etapa permite o acompanhamento mais adequado no andamento do projeto, permitindo que nenhuma atividade seja deixada de lado. No Quadro 3, Norton (2013) apresenta a descrição detalhada de cada etapa, separando as tarefas de acordo com sua necessidade.

Quadro 3 – Descrição detalhada das etapas para acompanhamento do andamento do projeto.

<b>FASE</b>	<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1	Identificação da necessidade	Este é o momento de avaliação das necessidades de mercado.
2	Pesquisa de suporte	Compreender o problema com levantamento de dados e informações para o entendimento.
3	Definição dos objetivos	Baseado nas informações coletadas, definir o objetivo.
4	Especificações das tarefas	Criação do conjunto detalhado das especificações de tarefas que fecham o problema e limitam seu alcance.
5	Síntese	Busca de alternativas para o projeto, realizando a concepção e invenção
6	Análise	Análise das alternativas encontradas na fase anterior.
7	Seleção	Definir o formato e os itens utilizados no projeto

Quadro 3 - Descrição detalhada das etapas para acompanhamento do andamento do projeto (continuação).

8	Projeto (protótipo virtual)	Realizar o projeto virtual (3D) Realizar o projeto detalhado (2D)
9	Protótipo e testes	Realizar o protótipo e teste, avaliando necessidade de melhorias no projeto
10	Produção	Desenvolvimento do produto junto a produção

Fonte: Adaptado de NORTON (2013).

Teoricamente, pode continuar esta iteração em um dado problema de projeto pa, criando continuamente pequenas melhoras. Inevitavelmente, os ganhos na função ou redução no custo tenderá a zero com o tempo. Em algum momento, deve declarar o projeto “bom o suficiente” e executá-lo (NORTON, 2013).

Segundo Norton (2013), é de extrema importância que o engenheiro ou o projetista responsável por um dado projeto desenvolva hábitos organizacionais, pois problemas complicados exigem uma abordagem sistematizada e ordenada. Assim caso seja solicitado algum tipo de retrabalho posterior, o raciocínio do indivíduo possa ser reconstruído de forma breve. Para isto ele sugere um procedimento prático que envolve um grupo de fases e suas respectivas tarefas, conforme apresentado o Quadro 4.

Quadro 4 – Formulação e cálculo do problema.

	SUBTAREFAS	FASES
1	Definir tarefas	Estágio de definição
2	Declarar os dados	
3	Elaborar hipóteses apropriadas	
4	Decisões preliminares do projeto	Estágio do projeto preliminar
5	Croquis do projeto	
6	Modelo matemático	Estágio dor projeto detalhado
7	Análise do projeto	
8	Avaliações	
9	Documentar resultados	Estágio da documentação

Fonte: Adaptado de NORTON (2013).

No estágio de definição, Norton (2013) comenta que primeiramente se defina o problema de forma clara num relatório objetivo, onde dados de uma determinada tarefa deverão ser claramente relacionados, acompanhados pelo registro das hipóteses feitas pelo projetista sobre o problema.

No estágio do projeto preliminar, algumas decisões devem ser tomadas inicialmente para que o projeto se desenvolva e que tem observado com frequência que 90% das características de um projeto podem ser determinadas nos primeiros 10% do tempo total do projeto, onde essas decisões preliminares de projeto são tomadas

(NORTON, 2013). Assim dependendo das decisões iniciais, pode ocorrer a necessidade de se retornar o projeto ao início, para que sua realização seja possível.

Já no estágio do projeto detalhado, são realizados modelos de engenharia, incluindo um modelo do carregamento que consiste em um diagrama de corpo livre que apresenta todas as forças, momentos e torques atuando sobre o elemento de máquina ou sistema, além das equações apropriadas para seu cálculo (NORTON, 2013). Assim são encontradas equações de tensão e deflexão, permitindo obter resultados que são avaliados junto com as propriedades dos materiais.

No estágio de documentação, “a documentação do projeto do elemento de máquina ou do sistema deverá ser completada na forma de desenho de engenharia detalhados, especificações dos materiais e da fabricação” (NORTON, 2013, p.9). Se todo o projeto for bem estruturado pode se utilizar as etapas anteriores com seus registros, desde que estejam claros e precisos.

#### 2.1.2. Metodologia de Pahl e Beitz

A metodologia de Pahl et al. (2005) para o desenvolvimento de projetos, possui relevância e reconhecimento mundial, tanto na indústria automobilística, como nas universidades.

As áreas de desenvolvimento e projeto recebem suas tarefas de outros setores da empresa e podem ser repassadas com a origem da demanda da seguinte maneira, segundo Pahl e Beitz (2011):

- Como pedido de desenvolvimento (origem interna ou externa pelo setor de planejamento de produtos sob a forma de uma proposta de um produto);
- Como um pedido de um cliente;
- Como sugestão baseada em propostas de aperfeiçoamento e críticas da área de vendas, testes, fábrica, pode ser de um setor afim ou do próprio projetista;

Geralmente outras funções são apresentadas. Além das características e propostas que devem ser atendidas, os prazos e custos a serem mantidos também aparecem. O setor de projetos, no momento que recebe a proposta, precisa identificar o problema, preceituar a configuração da máquina, formular e documentar tais especificações com indicações quantitativas (PAHL e BEITZ, 2011).

O resultado deste processo será a lista de requisitos, fator importante que deve ser considerado e analisado com cuidado. Segundo Pahl et al (2011), é um trabalho prévio na

lista de requisitos, com a percepção das vontades do cliente e a conversão destas em requisitos do produto a ser desenvolvido. Neste cenário pode ser utilizado o método QFD, que significa “Quality Function Deployment”. É uma metodologia para planejamento e controle de qualidade, sendo útil para um planejamento do produto ao processo, sistematicamente voltado ao cliente (PAHL e BEITZ, 2011).

## 2.2. Ergonomia na agricultura

Faz parte da rotina do trabalhador que realiza a tarefa de plantio, abastecer as semeadoras. As semeadoras podem ser abastecidas por meio de *big bag* (bolsa de abastecimento 1.000 kg), conforme mostra a Figura 1, e o abastecimento manual com sacos de 50 kg (fertilizantes) e 20kg (sementes), conforme Figura 2. Sendo assim, como mostram as figuras, a postura do operador no momento do abastecimento não é apropriada.

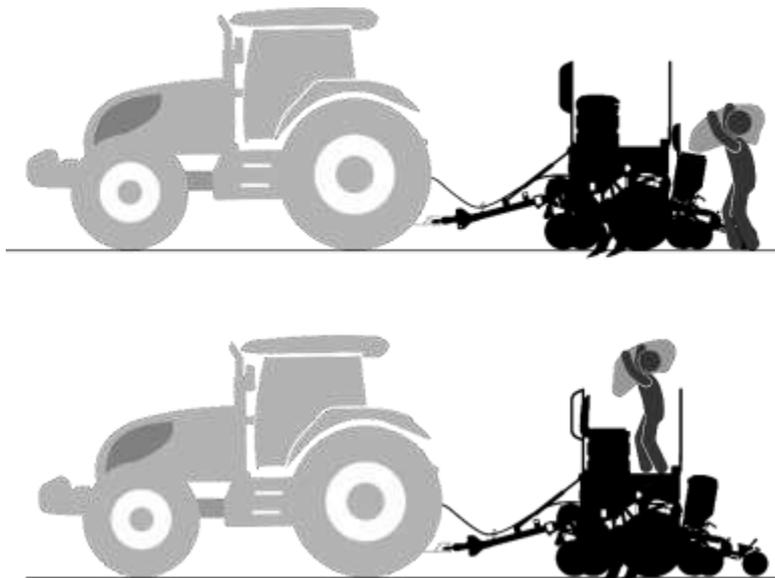
Figura 1 – Abastecimento de semeadora com saco *big bag*.



Fonte: Autor (2023).

Durante o abastecimento da semeadora por meio de *big bag* (Figura 1), o trabalhador precisa estar embaixo do *big bag*, de modo a abrir a parte inferior para cair, por gravidade, a semente e/ou fertilizante. Esta operação se torna perigosa devido a exposição do trabalhador, onde qualquer falha do equipamento, a bolsa *big bag* pode cair em cima do mesmo e gerar fraturas graves ou até acidente fatal.

Figura 2 – Abastecimento de semeadoras manual.



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 2 visualiza-se o abastecimento das semeadoras por meio de sacos, normalmente de 50 kg. Este trabalho é inapropriado devido a posição e ao esforço repetitivo para o abastecimento, mas muitas propriedades trabalham neste formato, trazendo desconfortos físicos aos trabalhadores.

Ao falar em abastecimento inapropriado, a ergonomia é conceituada como a ciência que estuda a postura do ser humano em relação a determinada atividade exercida (BRIDGER, 2003). De acordo com Bridger (2003), o levantamento de cargas é o motivo da grande maioria de traumas musculares entre trabalhadores. Estima-se que 60% dos problemas musculares são causados por levantamento e 20% resultam do processo de puxar ou empurrar cargas.

A análise ergonômica do trabalho (AET) é um método que possibilita o diagnóstico das dificuldades e estratégias empregadas pelos trabalhadores na tentativa de cumprir as metas de produção e ao mesmo tempo, preservar sua saúde. Oriunda da escola franco-belga de ergonomia, a AET se baseia na análise de situações reais de trabalho e possibilita a compreensão e a transformação das mesmas (GEMMA, 2004).

A ergonomia é conceituada por diversos autores, entre eles destaca-se Braga (2007), que comenta que a ergonomia é analisar a atividade exercida em situações inadequadas, cuidar desta inadequação, tornar o trabalho eficiente, tanto do ponto de vista do desempenho das pessoas (saúde, conforto) como da eficiência e eficácia do processo produtivo (qualidade, produtividade e segurança).

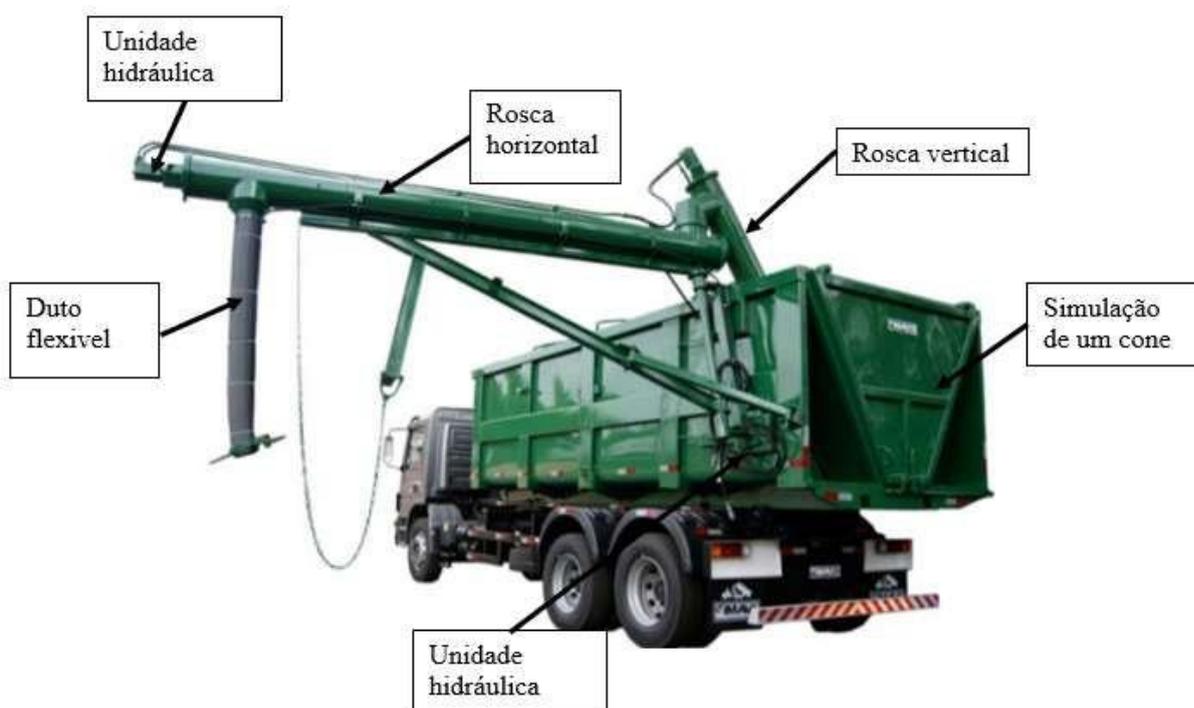
### 2.3. Equipamentos existentes no mercado

Atualmente encontram-se no mercado inúmeras empresas que produzem equipamentos para carregamento de semeadoras. Foi realizada uma busca na *internet* e apresentados alguns fabricantes com dados disponibilizados pelos mesmos, tais como, mecanismo de transporte, acionamentos, montagem e vazão.

#### 2.3.1. Fabricante IMAVI

O equipamento é especialmente desenvolvido para o abastecimento de semeadoras (Figura 3) e o abastecedor é operado por intermédio da unidade hidráulica que possibilita ao operador descarregar o produto através de um duto flexível com gatilho na ponta. O produto chega no duto flexível através de duas roscas transportadoras, sendo uma vertical/fixa e outra na horizontal com movimentação angular.

Figura 3 - Abastecedor de adubo IMAVI.



Fonte: IMAVI (2021).

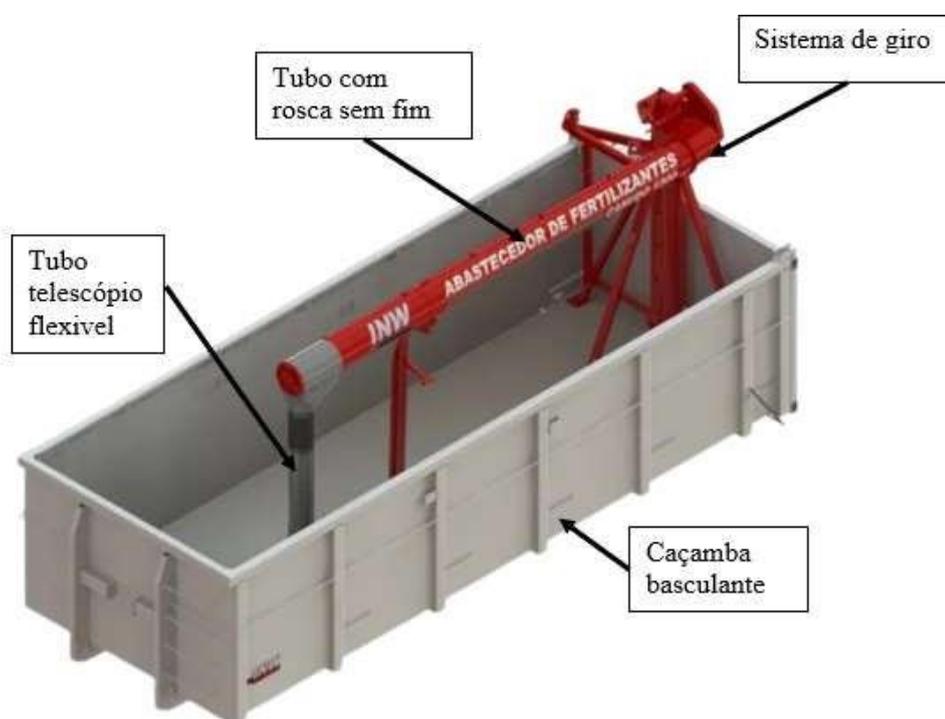
No entanto, esse sistema demanda a aquisição da caçamba do fabricante e sua unidade hidráulica fica exposta no lado externo da caçamba, o que gera excesso lateral e demanda licença para o transporte, fornecida por órgãos fiscalizadores de estradas estaduais e federais. Além disso, como observado na Figura 3, a caçamba simula um cone, isso faz necessário devido ao adubo precisar ser escoado para a rosca de transporte central.

### 2.3.2. Fabricante INW SOLUÇÕES

O equipamento da INW possui um sistema hidráulico independente (não apresentado nas figuras) e a descarga é realizada através de dutos com rosca sem fim. O sistema possui giro de 90 graus e um tubo telescópico para direcionar a carga. Este sistema é montado em caçambas basculantes, devido a necessidade de inclinar a mesma conforme saída do adubo.

Na Figura 4 é possível observar um dos modelos de abastecedor oferecido pela empresa INW SOLUÇÕES. Esse modelo é específico para adaptações em caminhões com caçamba basculante, sendo montado na parte central da caçamba, ficando uma sobra de produto no final.

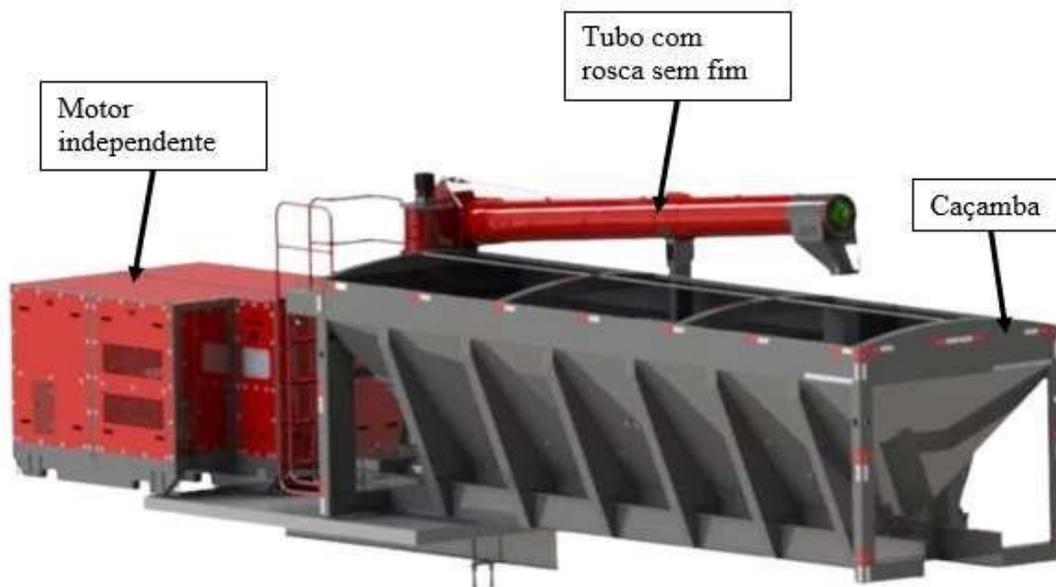
Figura 4 – Abastecedor de adubo INW Soluções.



Fonte: INW SOLUÇÕES (2021).

Na Figura 5, observa-se um equipamento de grande capacidade, com motores independentes para o acionamento e com caçamba em formato de cone. Para o funcionamento deste equipamento necessita-se a utilização de duas roscas transportadoras, uma na parte inferior da caçamba (não visualizada) e outro no duto de transporte.

Figura 5 – Abastecedor de adubo INW – CANUDÃO.



Fonte: INW SOLUÇÕES (2021).

### 2.3.3. Fabricante TKA GUINDASTES

A empresa TKA é uma empresa que fabrica guindastes para diversas finalidades, sendo um destes destinado ao ramo agrícola para o carregamento dos sacos *big bag*, devido a sua grande capacidade de movimentar pesos por grandes distâncias. A movimentação dos guindastes é realizada por um sistema hidráulico não mostrado nas figuras. Na Figura 6, observar-se o guincho adaptado a um caminhão para abastecimento de equipamento para espalhar o adubo na lavoura.

Figura 6 - Abastecimento de um equipamento para espalhar adubo TKA Guindastes.



Fonte: TKA GUINDASTES (2022).

Já na Figura 7, visualiza-se o abastecimento de uma semeadora através da utilização do guindaste e sacos *big bag*. Apesar de ser um equipamento que traz agilidade para o trabalhador no campo, ele é perigoso pois o trabalhador necessita estar posicionado embaixo do saco *big bag*, que pesa 1.000 Kg, para abri-lo e abastecer a semeadora.

Figura 7 – Guindaste veicular na operação de abastecimento de sementes TKA Guindastes.



Fonte: TKA GUINDASTES (2022).

#### 2.3.4. Fabricante PALINIALVES

A empresa PALINIALVES é especialista no mercado de máquinas para processamento de café, cacau, castanhas e cereais. Entre outros produtos fabricados pela empresa, está o transportador pneumático que é utilizado para carregamento de sacos *big bag*, além de outras possibilidades de utilização.

Na Figura 8 observa-se que existe um reservatório que é abastecido manualmente e na saída deste reservatório é ligado o sistema pneumático que transporta a semente até o ciclone, onde são abastecidos os sacos *big bag*.

Figura 8 - Sistema pneumático transporte de resíduos



Fonte: PALINIALVES (2022).

### 2.3.5. Fabricante HIPERCON terminais de carga

A empresa HIPERCON é especialista na logística em portos atuando fortemente no transporte de grãos, tanto de container para os caminhões quanto dos caminhões para os containers, entre outros trabalhos.

Devido a necessidade de agilizar os trabalhos em transporte de grãos, a empresa importou equipamento de alta velocidade para em transporte de grãos, conhecido como Ultra-Vac. Um sistema de transporte pneumático que gera uma grande agilidade no carregamento e descarga de caminhões e containers.

A Figura 9 apresenta o sistema utilizado pela empresa HIPERCON que possui um sistema de carga e descarga através de um sistema pneumático, transportando a semente de um container para um caminhão.

Figura 9 - Sistema pneumático transporte de sementes Ultra-Vac HIPERCON.



Fonte: HIPERCON (2022).

### 2.3.6. Características principais dos equipamentos apresentados

Ao analisar o estado da arte, visualiza-se a quantidade de formas diferentes de realizar atividades semelhantes como também pode-se verificar o quanto podemos facilitar as atividades no campo e em outros setores, otimizando as formas de trabalho.

O Quadro 5 apresenta uma comparação entre os fabricantes, mostrando a capacidade de cada sistema e em quais atividades os mesmos são utilizados.

Quadro 5 - Comparação entre fabricantes em relação ao método de transporte de sementes.

FABRICANTE	MECANISMO DE TRANSPORTE	TRANSMISSÃO – FONTE DE ENERGIA	CAPACIDADE DE TRANSPORTE	UTILIZAÇÃO
Imavi	Rosca sem fim	Sistema hidráulico independente	800 Kg/min	Carregamento de semeadoras
INW Soluções	Rosca sem fim	Sistema hidráulico independente	1300 Kg/min	Carregamento de semeadoras
TKA Guindastes	Sacos <i>big bag</i>	Sistema hidráulico independente	1.000 Kg	Carregamento de semeadoras
Palinialves	Pneumático	Motor elétrico	1.000 Kg/h	Carregamento de sacos <i>big bag</i>
Hipercon	Pneumático	Motor a combustão	127 ton/h	Carregamento de caminhões

Fonte: Autor (2023).

Quanto a vazão de descarga para sementes, os equipamentos que os fabricantes apresentam realizam abastecimento com vazão de descarga maior, comparado ao fertilizante, devido a diferença de densidade entre os produtos. A maioria tem

abastecimento de 1 a 1,8 ton/min de vazão de descarga e os equipamentos com motor à combustão independente, por sua vez, passam de 2 ton/min, porém, nenhum dos fabricantes faz distinção quanto a densidade do produto descarregado.

#### 2.4. Classificação dos sistemas de transporte pneumáticos

O transporte pneumático é o termo utilizado para definir a movimentação de materiais sólidos por meio da mistura desses materiais com ar ou com um gás qualquer (ATMSSOMA, 2016). Para que ocorra esta movimentação, há necessidade de se ter uma quantidade de ar constante e controlável, de forma a se obter um fluxo contínuo e que este ar esteja momentaneamente enclausurado. A combinação de três variáveis é importante para a eficiência do transporte pneumático: volume de ar, velocidade e pressão.

Uma das principais vantagens dos dutos do sistema de transporte pneumático é a flexibilidade do percurso, podendo o escoamento gás-sólido ser vertical, horizontal, inclinado e na maioria dos casos, misto (LOPES, 2011). Essa mudança de direção normalmente é realizada através da colocação de acessórios, como curvas, cotovelos e tubos flexíveis. Por essas e muitas outras vantagens, como segurança e o caminho livre de poeira, projetistas frequentemente preferem sistemas de transporte pneumático em relação a outras formas de transporte.

No entanto, no projeto de um sistema de transporte pneumático é muito importante o conhecimento do modo de transporte que dependendo das propriedades da partícula e das condições operacionais do sistema gás-sólido, podem ser definidos como transporte pneumático em fase densa ou transporte pneumático em fase diluída (RABINOVICH; KALMAN, 2011).

O Quadro 6 apresenta uma classificação de um sistema pneumático.

Quadro 6 - Classificação dos sistemas de transporte pneumático.

	<b>TIPO DE OPERAÇÃO</b>
Modo de operação	Diluída Densa
Pressão	Positiva Negativa Combinada

Fonte: Adaptado de KLINZING et al. (1990).

#### 2.4.1. Transporte pneumático em fase diluída

A escolha dos sistemas de transporte pneumáticos traz uma série de considerações a serem observadas, dentre elas, o tipo de material a ser transportado, processo de armazenamento, embalagem, supervisão e controle de processos industriais. O conhecimento desses aspectos permitirá a seleção de um sistema de transporte completo que oferece segurança e qualidade nos resultados produtivos da sua empresa.

O transporte de fase diluída utiliza fluxo de ar de alta velocidade, fonte de alta pressão ou vácuo, para carregar material por uma linha de transporte em estado de suspensão (Figura 10). É caracterizado por velocidades de ar altas, aproximadamente 40 m/s, baixas concentrações de sólidos (massa-sólidos e massa-ar <15) e baixas quedas de pressão por unidade de comprimento na linha de transporte. É limitado a pequenas extensões, também ao transporte contínuo de sólidos em taxas menores do que 10 ton/h, sendo o único sistema capaz de operar sob pressão manométrica negativa. Sob condições de fluxo diluído as partículas sólidas se comportam como individuais completamente suspensas no fluido e as forças de interação fluido-partícula dominam (MILLS, 2004).

Figura 10 - Transporte pneumático em fase diluída.



Fonte: OGA (2022).

Em relação ao transporte em fase diluída, a concentração volumétrica de sólidos nos tubos durante a operação é inferior a 1% e as velocidades normalmente são maiores que 10 m/s (MORAES, 2012). O transporte em fase diluída tem a vantagem de um baixo custo de aquisição, mas que provoca o desgaste irregular na tubulação em baixas velocidades de transporte, principalmente na parte inferior dos tubos horizontais e nas singularidades (acidentes) que frequentemente são instaladas para o percurso dos sólidos.

É importante estar atento ao desempenho de um sistema de transporte pneumático em fase diluída, que é afetado significativamente pela queda de pressão na linha, que por sua vez, depende de diversos parâmetros, como propriedades dos materiais, dimensões de tubos e vazão de ar (SANTOS et al., 2011).

Quase todo material pode ser transportado em fase diluída, independentemente do tamanho da partícula, forma ou densidade (MILLS, 2004). Sob condições de escoamento diluído, as partículas sólidas se comportam como indivíduo totalmente suspensas no gás, onde as forças aerodinâmicas locais regem ao seu movimento. Nesse modo de transporte o movimento do sólido é orientado pelo balanço de forças em cada partícula e o efeito das colisões sólido-sólido e sólido-parede é pouco significativo, de tal modo que a perda de carga gerada no leito provém principalmente do atrito entre o gás e a parede da tubulação (LOPES, 2011).

Uma velocidade relativamente alta é necessária e a demanda de energia pode também ser elevada, mas não existe praticamente qualquer limite para a gama de materiais que podem ser transportados (FOKEER et al., 2004). Para um pó fino, a velocidade de transporte fica em torno de 12 m/s, para um material granular fino ou partículas de maiores dimensões e com maior densidade, a velocidade fica em torno de 16 m/s (MILLS, 2004). O sistema em fase diluída constitui o mais utilizado de todos os sistemas de transporte pneumático (KLINZING et al., 2010).

#### 2.4.2. Classificação quanto ao modo de operação

Possivelmente a melhor maneira de dividir os sistemas de transporte pneumático é em fase diluída e em fase densa (KLINZING, 1990). Esta classificação sugere que se a razão de carregamento, Equação (1), que representa a razão entre a vazão mássica de sólidos e a vazão mássica de ar for de 0 até 15, existirá transporte pneumático em fase diluída, caso contrário, caracteriza-se a fase densa do transporte.

$$M = \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_g} \quad (1)$$

Na Equação 1,  $\dot{m}_s$  é a vazão mássica de sólidos e  $\dot{m}_g$  representa a vazão mássica de ar.

Em termos dessa definição é apresentada a seguir a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos sistemas em função da razão do fluxo de massa.

MODELO DE TRANSPORTE	VALOR
Fase diluída	0 – 15
Fase densa	> 15

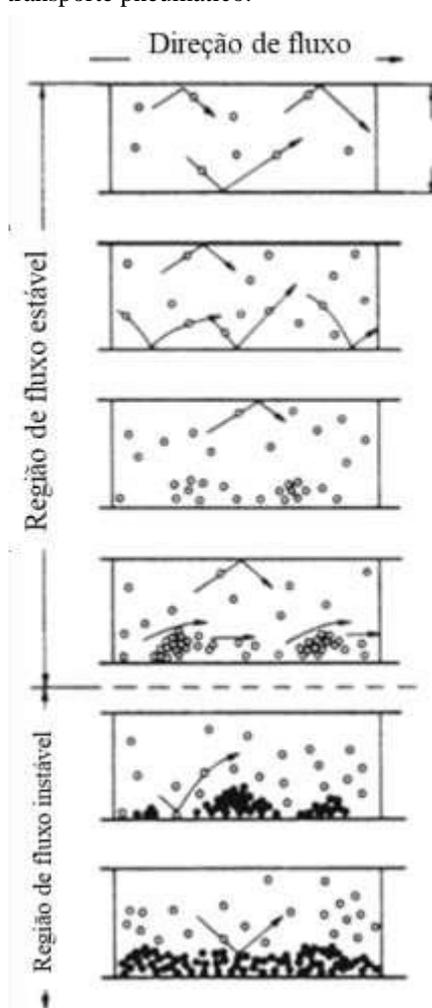
Fonte: KLIZING et al. (1997).

O transporte em fase diluída, que é o mais utilizado comercialmente, opera com concentração de sólidos menor que 1% em volume e a velocidades acima de 20 m/s.

Em fase densa, uma grande concentração de sólidos, tipicamente maior que 30% em volume e velocidades variando de 1 m/s a 5 m/s são comuns. O regime tem alto custo de aquisição, operação e manutenção, devido requerer altas pressões de gás, superiores a 2,0 kPa (SANTOS et al., 2011). Nessa situação, o sistema tende a ter um fluxo instável, além de uma distribuição não uniforme de sólidos na seção transversal da tubulação (KLINZING, 1990).

A Figura 11 ilustra o comportamento na região estável de fluxo no transporte pneumático, onde considera-se fase diluída. A fase densa, citada anteriormente, também está presente, sendo que sua forma mais pura surge na região instável de fluxo.

Figura 11 - Modos de fluxo no transporte pneumático.



Fonte: Adaptado de Klinzing et al. (2010).

## 2.5. Classificação quanto a pressão

Segundo Klinzing et al. (2010), o transporte pneumático pode ser classificado em função do método segundo o qual o produto é transportado, podendo ser:

- Pressão negativa (Vácuo);
- Pressão positiva (Pressão);
- Pressão positiva e negativa (combinado).

Os sistemas de pressão negativa permitem a admissão de múltiplos produtos, com uso de válvulas de desvio. Os sistemas de pressão negativa também são mais “sensíveis a distâncias” em relação aos sistemas de pressão positiva, devido ao diferencial limitado de pressão. Já os sistemas de fase diluída sob pressão, podem alcançar um diferencial de pressão elevado mais facilmente. A operação utilizando ambos os métodos (pressão/vácuo) por vezes são ideais para uma determinada instalação de transporte pneumático.

Além de classificar os sistemas de transporte pneumático quanto a seu modo de operação, Klinzing et al. (1990) também os classifica quanto a pressão exercida na tubulação, podendo essa ser positiva (utilizando uma máquina de fluxo no início da linha), negativa (utilizando um exaustor no final da linha) e combinada (positiva e negativa ao mesmo tempo).

Equipamentos operando por estes sistemas podem ser divididos em tipos distintos como função de pressão de operação e volume transportado, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Função de pressão de operação e volume transportado.

<b>TIPO DE SISTEMA</b>	<b>PRESSÃO / VELOCIDADE</b>
Sistema em vácuo (aspiração) à baixa pressão e alta velocidade	Vácuo até 400 mm CA e velocidade da ordem de 20 até 80m/s
Sistema de compressão à média pressão e velocidade	Pressão da ordem de 3 atm e velocidade de 50m/s
Sistema de compressão à alta pressão e baixa velocidade	Pressão até 8 atm e velocidade até 30m/s
Sistema misto	Vácuo (aspiração) e compressão

Fonte: Klinzing et al. (2010).

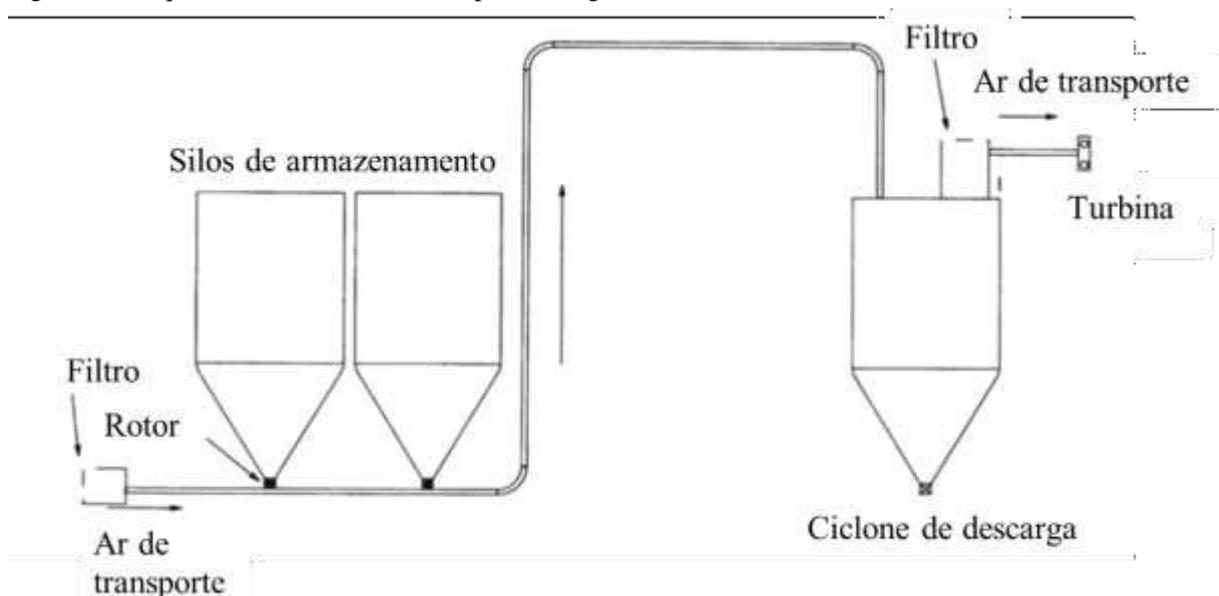
### 2.5.1. Transporte pneumático por aspiração (pressão negativa)

Transportadores pneumáticos por aspiração são utilizados para transportar materiais de diversos pontos de captura e destinados a um simples ponto. Esse tipo de transportador é amplamente utilizado quando a parte superior do estoque do material é acessível, como em silos de armazenagem e para a descarga de navios, sendo também é utilizado também para processos de limpeza.

O funcionamento deste tipo de transportador pode ser comparado ao de um aspirador de pó, pois utiliza a sucção do ar proveniente de um compressor (rotor e/ou turbina) para realizar a movimentação do material através de uma tubulação e um filtro para a separação do material transportado do ar (CADORE, 2009).

Por outro lado, sistemas de pressão negativa são comumente usados para tiragem de materiais de múltiplas fontes para um ponto comum (MILLS, 2004). Há uma pequena variação de pressão na alimentação, logo, a alimentação por múltiplos pontos na linha apresenta poucos problemas. Como consequência, o sistema de alimentação pode ser mais barato e simples no sistema de pressão negativa em comparação com o de pressão positiva. A Figura 12 mostra o funcionamento deste tipo de sistema, no qual, encontra-se uma turbina responsável pela produção do vácuo, silo de descarga / ciclone responsável pela separação do vácuo e semente, a tubulação que transporta a semente, silos de armazenamento e um filtro que permite a entrada de ar sem contaminação no sistema.

Figura 12 - Esquema de funcionamento em pressão negativa.



Fonte: Adaptado de KLINZING et al. (2010).

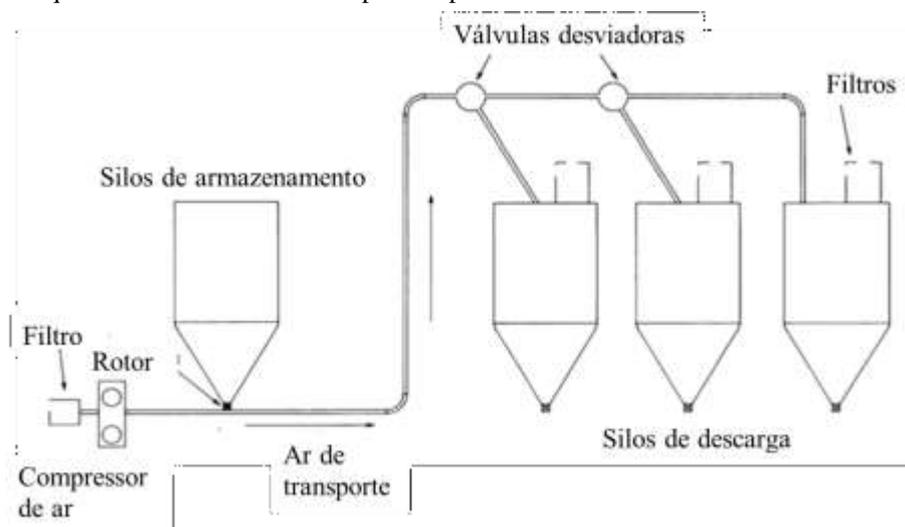
### 2.5.2. Transportadores pneumáticos por compressão ou pressão positiva

Este tipo de transportador é utilizado quando o material a ser transportado é introduzido no sistema por meio da gravidade. É um dos transportes pneumáticos mais utilizados. Esse tipo de sistema utiliza além de um ventilador ou compressor para fornecer pressão ao sistema, tubulações para a condução do material, e em alguns casos válvulas para a divisão do fluxo.

Sistemas de pressão positiva representam a configuração mais utilizada em transporte pneumático (KLINZING et al., 1990). Esses sistemas são bem adequados para múltiplos locais de descarga, no qual o material é alimentado por um ponto único e carregado para vários silos de recepção, com a utilização de válvulas direcionais.

Pode ser observado na Figura 13 um sistema de transporte por pressão positiva, neste caso temos, um soprador, responsável pela formação do gás de transporte, um silo de armazenagem, um rotor que dosa o produto na linha de pressão positiva, tubulação de transporte e um ciclone responsável pela separação do ar e do produto transportado.

Figura 13 - Esquema de funcionamento em pressão positiva.



Fonte: DYNAMIC AIR

### 2.5.3. Transportadores pneumáticos combinados por vácuo (aspiração) e compressão

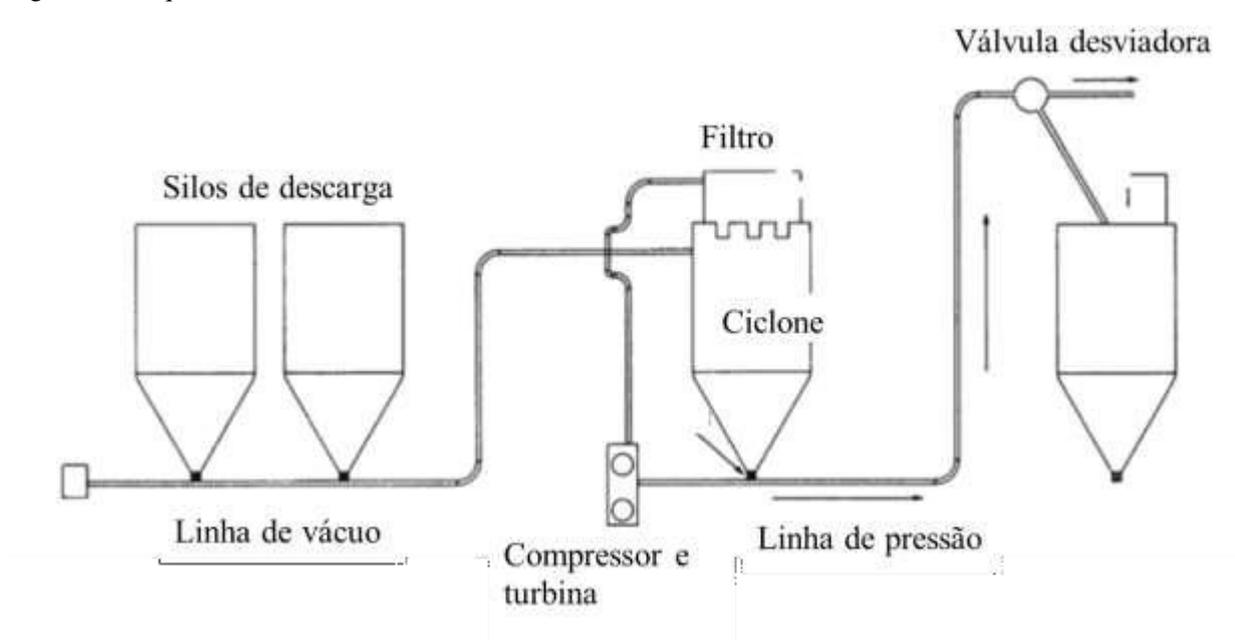
Este tipo de sistema de transporte pneumático utiliza o princípio de funcionamento dos dois tipos de transporte descrito nos itens anteriores, conhecido como sistema misto. É um sistema muito versátil e utiliza um único ventilador ou compressor, que atua tanto criando um vácuo para a sucção do material, como gerando pressão para o recalque do material.

É possível também usufruir das vantagens dos sistemas positivos e negativos, através do sistema combinado de transporte pneumático. Neste sistema, torna-se viável captar material de múltiplos pontos e enviar para descarregar também em múltiplos pontos (KLINZING et al., 2010).

O esquema básico de um transportador pneumático misto pode ser visualizado na Figura 14, neste sistema encontramos um exaustor responsável pela produção do vácuo e pressão positiva, silo de descarga / ciclone responsável pela separação do vácuo e

semente, a tubulação que transporta a semente, silos de armazenamento e um filtro que permite a entrada de ar sem contaminação no sistema, o rotor de dosagem é responsável pela entrada do adobo/semente na linha de transporte com pressão positiva. Neste esquema utilizou-se de um desviador do ar enquanto o restante do ar e a semente segue para o ciclone separador.

Figura 14 - Esquema de funcionamento combinado.



Fonte: Adaptado de KLINZING et al. (2010).

## 2.6. Descrição dos equipamentos

Um sistema pneumático de transporte de sólidos não ficaria completo se não fossem abordadas as características dos principais componentes dos sistemas de transporte pneumático, focando no funcionamento dos diversos equipamento que integram o sistema. Neste capítulo apenas serão abordados os componentes que serão alvo de avaliação de cálculo para o transporte pneumático em fase diluída, onde de fato o circuito de transporte, ciclone válvula rotativa e bomba de vácuo/pressão são os componentes principais.

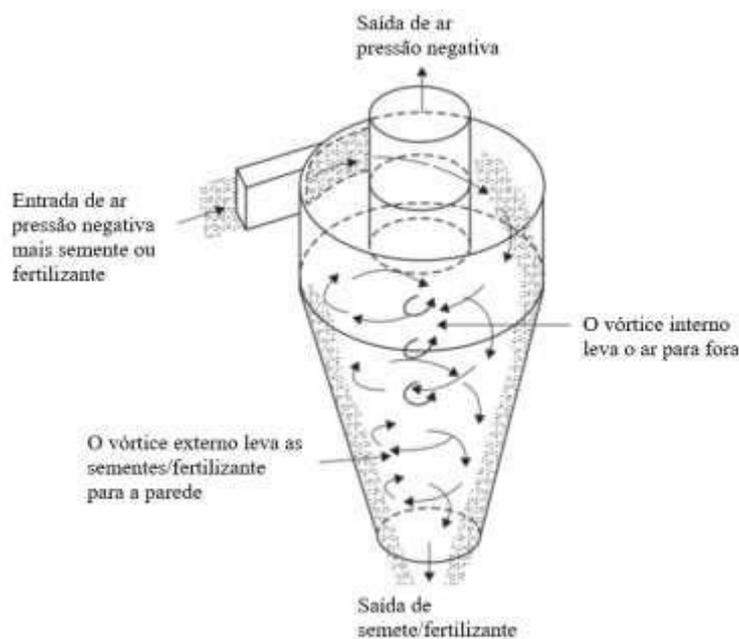
### 2.6.1. Coletor ciclone

O ciclone é um dispositivo que separa os sólidos de uma corrente de fluido através de uma força radial centrífuga exercida sobre as partículas. Essa força separa os sólidos do gás, levando-os para a parede do ciclone, onde deslizam para o fundo e são coletados. Os ciclones podem ser construídos em diversas escalas de tamanhos, com seu tamanho

variando de 1 cm até 10 metros de diâmetro. Suas principais vantagens são: ausência de partes móveis, relativamente econômicos para construção, baixa queda de pressão e baixo custo de manutenção. Sua principal limitação é a reduzida eficiência para partículas com menos de 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro (KNOWLTON, 2003).

A Figura 15 mostra o funcionamento de um ciclone que está ligado a uma linha de pressão negativa.

Figura 15 - Separador básico de um separador ciclônico.



Fonte: Adaptado de MILLS (2004).

O esquema de um ciclone tangencial típico é apresentado na Figura 15, neste temos a entrada de gás (pressão negativa) e produto (semente), estes circulam dentro do ciclone separador, o vácuo sai pela saída de ar pressão negativa, o material por sua vez sai pela parte inferior (material out).

A seleção do ciclone depende de vários fatores e algumas informações são necessárias para selecionar o mais adequado ao tipo de aplicação (KLINZING et al., 1990). As variáveis de projeto mais importantes relacionadas a este dispositivo são: tipo de operação, vazão de gás, concentração de sólidos, umidade e temperatura da corrente gasosa, distribuição de partícula e propriedades químicas dos sólidos.

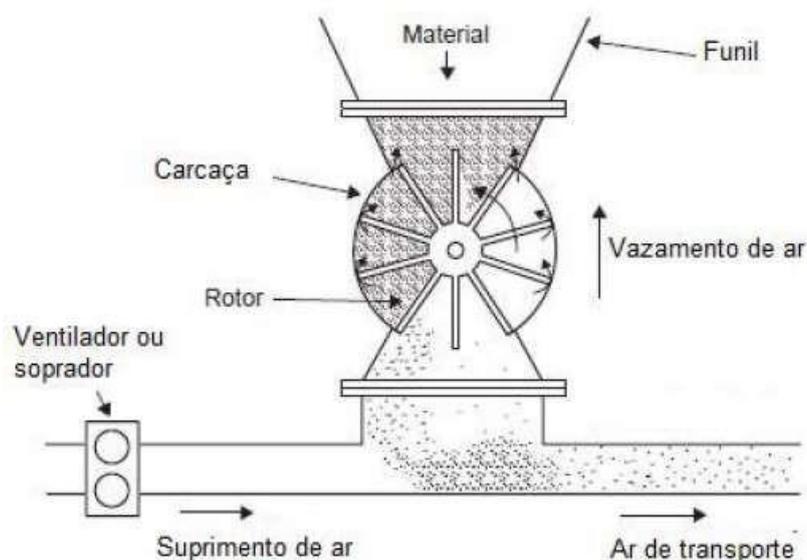
### 2.6.2. Válvula rotativa

Um sistema eficiente de alimentação de sólidos na tubulação torna-se essencial para uma operação efetiva do sistema de transporte pneumático. A escolha do dispositivo

alimentador apropriado deve levar em conta as características do material a ser manipulado, o arranjo físico da instalação, o custo, o modo de operação e o seu controle de alimentação. Alguns dos principais modelos disponíveis são: válvula rotativa, dosador de parafuso e o alimentador tipo Venturi (KLINZING et al., 1990).

As válvulas rotativas são os dispositivos mais comuns para alimentação de linhas de transporte pneumático. O sistema é basicamente constituído de um rotor girando em uma carcaça estacionária, como ilustrado na Figura 16. Independentemente de sua construção, válvulas rotativas apresentam vazamento de ar devido ao retorno de lóbulos vazios e às perdas através da vedação entre o eixo e a carcaça, bem como pela folga entre o rotor e a carcaça (KLINZING et al., 1990).

Figura 16 - Esquema de funcionamento da válvula rotativa.



Fonte: Adaptado de MILLS (2004).

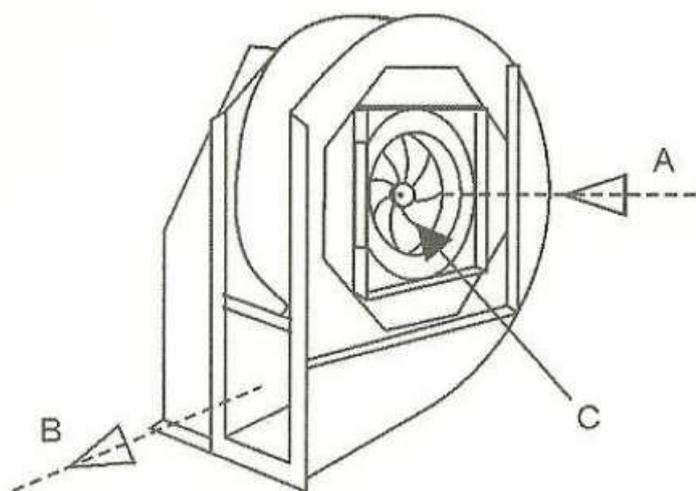
Como a válvula rotativa é, provavelmente, o dispositivo de alimentação mais comum a ser utilizado, não é de estranhar que muito esforço foi canalizado para o seu desenvolvimento e melhoramento nos últimos anos. A melhoria nos materiais e métodos de construção para tornar mais aceitável sua aplicação na dosagem de materiais abrasivos. A redução no vazamento de ar e o desenvolvimento de uma válvula rotativa capaz de funcionar a pressões muito mais elevadas e de outro lado mais elevados diferenciais de pressão, tem sido outro campo de estudo. A sua capacidade para operar com uma vasta gama de materiais foi um desenvolvimento mais recente (MILLS, 2004).

### 2.6.3. Máquina geradora de pressão ou de vácuo

O ventilador ou compressor é o coração de um transportador pneumático e tem por finalidade gerar a vazão e pressão necessárias ao fluxo de ar para o transporte de materiais. O funcionamento correto de todo o sistema depende de um ventilador ou compressor especificado corretamente, levando em consideração a vazão e a pressão requeridas pelo sistema. Nem todos os tipos de ventiladores ou compressores podem ser utilizados para o transporte pneumático e dependem também do tipo de transportador pneumático (SILVA, 2005).

Ventiladores centrífugos conforme mostra a Figura 17 são na maioria das vezes aplicados em sistemas de transporte pneumático. Nos ventiladores centrífugos o rotor aspira o ar ao centro da boca de aspiração e sai pela sua boca de descarga, tendo como trajetória uma espiral produzida através da voluta. A descarga do ar dá-se perpendicular ao eixo de aspiração. Como o gás atravessa o ventilador, usa-se rotor com palhetas voltadas para trás, que permitem alcançar rendimentos na ordem de 70 a 90%. Se existem poeiras ou o ventilador é atravessado pelo produto transportado, deve-se usar rotor aberto do tipo transporte, ainda deve-se atentar para que o produto transportado não seja abrasivo. Para o caso de o produto atravessar o ventilador o rendimento do mesmo fica entre 50 e 70% (SILVA, 2005).

Figura 17 - Ventiladores centrífugos: A - aspiração, B - descarga, C - rotor.

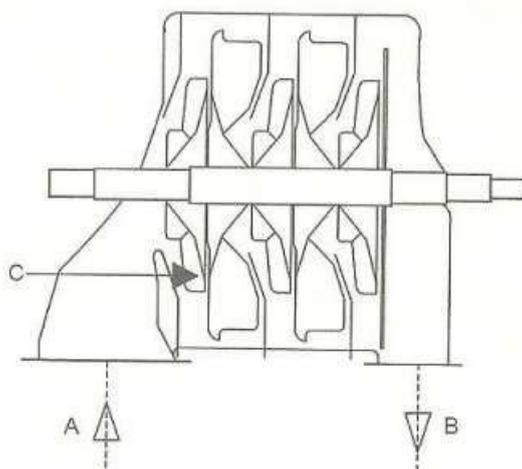


Fonte: SILVA (2005).

Quando deseja-se obter pressões com valores mais elevados do que as produzidas pelos ventiladores centrífugos faz-se o uso de ventiladores multi-estágios (Figura 18). Estes tipos de máquinas são usados em instalações de barcaças e navios. Porém, como a

vazão varia com a carga instantânea, deve-se instalar na linha de transporte um regulador automático para limitar variações de vazão de gás a potência absorvida. Este tipo de máquina tem a capacidade de admitir um gás carregado de particulados (SILVA, 2005).

Figura 18 - Ventiladores multi-estágios: A - aspiração, B - descarga, C - rotor.



Fonte: SILVA (2005).

#### 2.6.4. Tubulação

A tubulação tem por finalidade transportar a mistura ar e produto desde a entrada até a descarga do sistema. A tubulação é dimensionada de modo a permitir a flutuação do produto a ser transportado no ar de arraste, com o máximo de descarga e a mínima perda de carga. É composta por acessórios como presilhas, curvas, transições, bifurcadas, válvulas desviadoras, reguladores de vazão (NONNENMACHER, 1983).

A tubulação do sistema de transporte pneumático é um aspecto que também requer atenção. O material a ser transportado, bem como a espessura, o acabamento das superfícies e as curvas das tubulações devem ser estudados para que se mantenha a velocidade de transporte necessária. Deve-se considerar os diâmetros internos efetivos das tubulações e acessórios, uma vez que assumir dimensões nominais destes podem levar a variações importantes nas condições de transporte. Em caso do uso de materiais abrasivos, deve-se considerar a utilização de espessuras maiores para as paredes da linha de transporte (MILLS, 2004).

O correto dimensionamento da tubulação é fator determinante para o bom funcionamento do sistema de transporte pneumático, uma vez que as dimensões da tubulação têm influência direta na velocidade de transporte do material e esta tem um valor mínimo a ser mantido para cada material a ser transportado, como exemplo, para

açúcar granulado deve-se manter uma velocidade acima de 16 m/s caso contrário ocorrerá à obstrução da linha de transporte (MILLS, 2004).

Um cuidado importante deve ser dado também à espessura e o tipo de matéria-prima empregada na construção da tubulação para o transporte pneumático. É necessário que a escolha da matéria prima da tubulação seja baseada nas características do produto a ser transportado, pois materiais abrasivos causam grande desgaste nas tubulações, exigindo a sua constante substituição. Outro detalhe a ser observado na seleção da tubulação são os padrões comerciais, estes muitas vezes são diferentes aos projetados no dimensionamento da tubulação e deste modo devem ser realizados cálculos de correção da velocidade, caso sejam escolhidos diâmetros diferentes aos pré-calculados no projeto (MILLS, 2004).

A tecnologia em materiais está aumentando a cada dia e atualmente a utilização de mangueiras termoplásticas e em outros materiais plásticos vem dominando o mercado em vários segmentos, também na agricultura. A utilização de mangueira a vácuo é responsável por transportar matérias (grãos, pó, etc.) de um local para outro garantindo uma grande versatilidade e comodidade. Essas mangueiras são confeccionadas com materiais resistentes e eficientes, capazes de auxiliar em seu desempenho de forma geral e completa. Ademais, as mangueiras a vácuo são extremamente flexíveis e de fácil manuseio, gerando comodidade em seu transporte.

A fabricação destas mangueiras de vácuo pode alterar suas composições dependendo da aplicação ou até mesmo o acréscimo de espiral de aço deixando-a com uma resistência muito superior. Na Tabela 2 são verificadas algumas propriedades da mangueira fabricada pela empresa KANAFLEX, sendo nesta observando-se a resistência quanto a pressão de trabalho.

Tabela 2 - Dimensões e pressão de mangueiras vácuo Kanaflex.

<b>DIÂMETRO NOMINAL (MM)</b>	<b>DIÂMETRO INTERNO (MM)</b>	<b>VÁCUO (25°C) MMHG – MMH<sub>2</sub>O</b>	<b>COMPRIMENTO (M)</b>
130	130	60 – 815	15
140	140	60 – 815	15
150	152	60 – 815	15
160	160	52 – 706	15
180	180	37 – 503	15

Fonte: KANAFLEX (2022).

A determinação da tubulação assume parâmetros determinados pela equação da continuidade. A secção da tubulação empregada no transporte pneumático é sempre circular.

Para uma determinação preliminar do diâmetro de tubo tanto para aspiração quanto para compressão é utilizado a Equação (2) (NONNENMACHER, 1983).

$$Q_{ar} = A * C_{ar} \quad (2)$$

$Q_{ar}$  – Vazão de ar [ $m^3/s$ ]

$A$  – Área da secção da tubulação [m]

$C_{ar}$  – Velocidade do ar [m/s]

Deste modo pode-se fazer:

$$A = \frac{Q_{ar}}{C_{ar}} \quad (3)$$

Da área, decorre o diâmetro da tubulação conforme apresentado na Equação (4):

$$D_t = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} \quad (4)$$

$D_t$  – Diâmetro da tubulação [m]

O diâmetro da tubulação de ver ser escolhido para manter a velocidade uniforme em todo o trajeto conforme dimensionada no projeto (SILVA, 2005). Em todos os casos, a linha de transporte necessita ser perfeitamente estanque e nas secções internas deve-se manter um perfeito alinhamento.

## 2.7. Características da partícula transportada

Para um sistema garantir operação satisfatória e eficiência máxima é necessário conhecer as características de transporte do material a ser transportado. As características proverão informações ao projetista sobre qual seria a velocidade mínima de transporte para o material e se existe uma velocidade ótima para o material, qual o diâmetro de tubulação e a vazão requerida (MILLS, 2004).

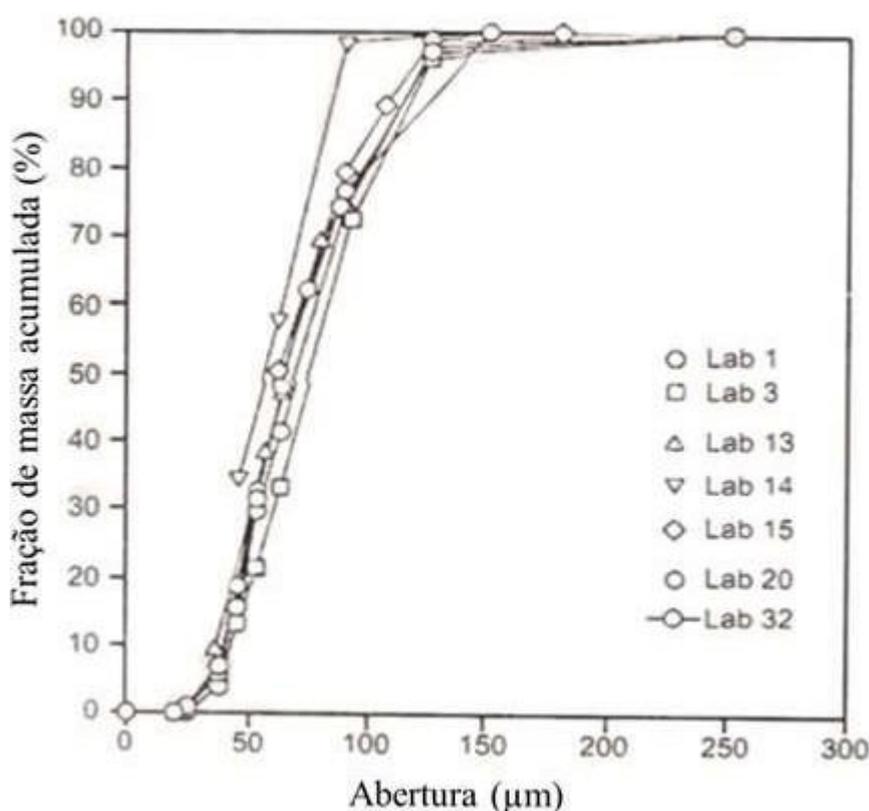
### 2.7.1. Diâmetro médio das partículas

No estudo de materiais particulados é importante definir as dimensões dos grãos (SILVA, 2005). Suas formas irregulares dificultam a estimativa, embora existam métodos que podem auxiliar nas medições. Para grãos com dimensões superiores a 40  $\mu m$ , a

análise por peneiramento é um método bastante eficaz. Para grãos menores, podem-se utilizar métodos ópticos, sedimentação ou elutriação.

A análise por peneiramento é uma das técnicas mais utilizadas e mais antigas de classificação de partículas. Seu uso extensivo deve-se a sua simplicidade, baixo custo, alta confiabilidade e baixa necessidade de perícia para conduzir o estudo. Além disso, a análise por peneiramento pode ser empregada para uma vasta faixa de tamanhos, de 20  $\mu\text{m}$  até aproximadamente 100 mm. O método consiste em agitar as amostras através de uma série de peneiras empilhadas, com tamanho de malha decrescente do topo até a base. A distribuição de tamanhos de partícula é dada pela massa retida em uma determinada malha, embora deva ser calculada pela massa acumulada em todas as peneiras (JILLAVENKATESA; DAPKUNAS; LUM, 2001), como é possível visualizar na Figura 19.

Figura 19 - Representação cumulativa de uma análise por peneiramento



Fonte: Adaptado de JILLAVENKATESA, DAPKUNAS e LUM (2001).

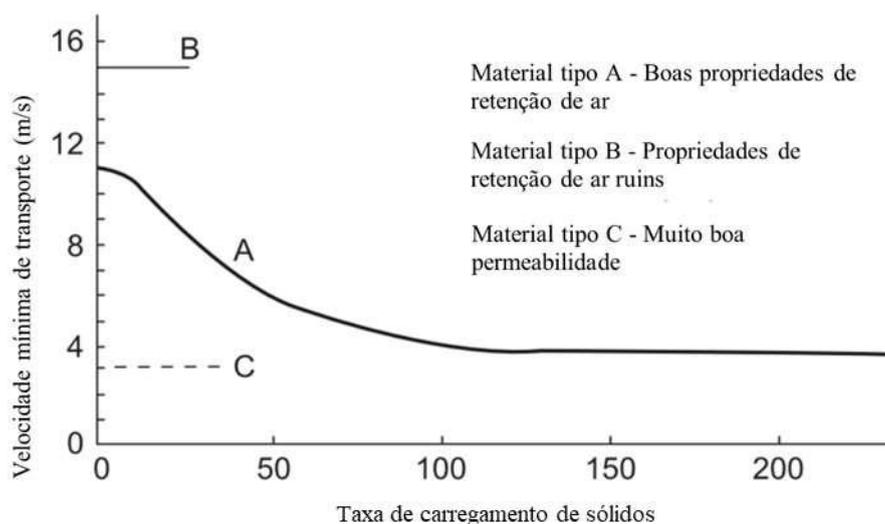
## 2.8. Dinâmica das partículas

Nesta seção são abordados alguns temas relacionados a movimentação das partículas em tubulações, as forças atuantes e os principais parâmetros a serem calculados para o dimensionamento de sistemas de transporte pneumático.

### 2.8.1. Velocidade Mínima de Transporte

Mills (2004) define a velocidade mínima de transporte como a menor velocidade superficial do ar que pode ser utilizada para transportar um material. Para fase densa ela é influenciada pela taxa de carregamento de sólidos. A Figura 20 ilustra, de uma maneira geral, as velocidades mínimas de transporte para diferentes materiais.

Figura 20 - Gráfico representando a velocidade mínima de transporte em função da taxa de carregamento.



Fonte: Adaptado de MILLS (2004).

O comportamento do “tipo A”, é similar a materiais finos como cimento, sulfato de bário, cinzas e bentonitas, que possuem boa propriedade de retenção do ar. O “tipo B” se refere a materiais de grãos mais grosseiros, como área, açúcar granulado e alumina, que possuem propriedades ruins de retenção do ar. Materiais altamente permeáveis (tipo C) possuem velocidades de transporte bastante baixas, contudo, suas taxas de carregamento também são bastante baixas. Isso ocorre devido ao fluxo de ar intersticial nas partículas.

Em fase diluída a velocidade mínima de transporte é a menor velocidade que pode ser alcançada sem ocorrer salteamento ou engasgamento. Jones e Leung (1978) definem o “ponto de salteamento” como um ponto (ou velocidade mínima) onde as partículas começam a cair da suspensão, permanecendo no fundo da tubulação horizontal, que, do ponto de vista do transporte pneumático, é algo indesejável. Contudo, por razões de desgaste e consumo energético, a velocidade deve ser a mais baixa possível.

Para resolver o problema, existem equações empíricas ou semi empíricas que ajudam o projetista. Uma das correlações mais comuns utilizadas está representada na Equação 5 (RIZK, 1973 apud JONES; LEUNG, 1978):

$$M = \frac{1}{10^{1,44d+1,96}} \left( \frac{U_{salt}}{\sqrt{gD_t}} \right)^{n1,1d+2,5} \quad (5)$$

Onde:

$M$  é a razão entre a vazão mássica de sólidos e a vazão mássica de ar;

$D_t$  representa o diâmetro da tubulação [m];

$U_{salt}$  é a velocidade de salteamento [m/s];

$g$  a aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

Outro conceito também existente que pode auxiliar na seleção da velocidade mínima de transporte é a velocidade de sufoco (*choking* em inglês). Em altas velocidades do gás, o “ponto de sufoco” é a velocidade de transição entre uma suspensão em fase diluída para fase densa (CHONG; LEUNG, 1986). Se o sistema possui regiões horizontais e verticais, o salteamento tende a ocorrer antes que o sufoco, sendo que a única ocasião em que o oposto ocorre é quando o diâmetro da tubulação é aumentado na seção vertical (KLINZING, 2003).

### 2.8.2. Velocidade terminal

Uma partícula sólida unitária que sofre a força da gravidade em um fluido a regime permanente, em um determinado momento atingirá uma velocidade na qual a força de arrasto será igual a força gravitacional. Essa velocidade é definida como a velocidade terminal da partícula, descrita pela Equação (6) (YANG, 2003):

$$U_t = \sqrt{\frac{4(\rho_p - \rho_g)dg}{3\rho_g C_D}} \quad (6)$$

Onde:

$U_t$  é a velocidade terminal (m/s)

$\rho_g$  é a massa específica do fluido (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_p$  é a massa específica da partícula (kg/m<sup>3</sup>)

$d$  é um parâmetro da equação

$g$  é aceleração gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

$C_D$  é o coeficiente de arrasto

## 2.9. Material particulado

O material a ser transportado deve ser conhecido tendo-se bem definidas as suas características, incluindo densidade, peso específico, tamanho e forma das partículas, temperatura, umidificação, fragilidade, abrasividade e pureza química (NONNENMCHER, 1983).

A maneira prática de avaliar o tamanho e a forma da partícula é sua inspeção visual. O particulado pode ser classificado basicamente em:

- Particulado muito fino – peneira # 100;
- Particulado fino – peneira # 6;
- Particulado granular – peneira # ½ in (polegada);
- Particulado irregular – fibroso.

A umidade do material a ser transportado deve ser conhecida, pois pode ser aumentada ou reduzida com o transporte pneumático, devido as condições do ar utilizado no transportador (NONNENMACHER, 1994).

### 2.9.1. Densidade do material

Silva (2005) classifica as massas volumétricas em três situações: real, aparente e a granel (ou de empacotamento). A primeira diz respeito a relação entre a massa do grão e seu volume real, a segunda considera o volume total ocupado, incluindo cavidades e porosidades, e a terceira considera também o volume dos espaços intersticiais. A massa volumétrica aparente permite conhecer a curva granulométrica do produto e determinar sua velocidade de transporte, sendo utilizada para considerações de manuseio do produto. A massa volumétrica a granel, todavia, interfere na seleção dos dispositivos mecânicos do sistema.

A definição de densidade de partícula para partículas não porosas pode ser escrita pela Equação (7) (YANG, 2003):

$$\rho_p = \frac{m_p}{V_p} \quad (7)$$

Sendo:

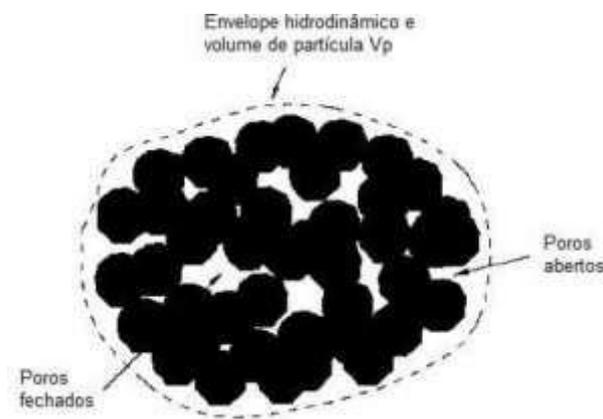
$m_p$  a massa da partícula

$V_p$  o volume deslocado da partícula

$\rho_p$  – Massa específica das partículas [kg/m<sup>3</sup>]

Utiliza-se  $V_p$  caso o volume deslocado que seria deslocado se a partícula fosse não-porosa. Para o caso de partículas porosas, sugere-se substituir  $V_p$  pelo volume do contorno da partícula, como indicado na Figura 21.

Figura 21 - Contorno para cálculo de densidade.



Fonte: Adaptado de YANG (2003).

### 2.9.2. Peso específico do material

A Tabela 3 orienta sobre os pesos específicos de materiais conhecidos transportados por sistema de transporte pneumático.

Tabela 3 - Peso específico aparente.

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO (Kgf/mt)
	REAL
Trigo	768,96
Cevada	615,16
Milho	717,69
Soja	768,96
Arroz	576,72
Feijão	768,96
Centeio	717,69

Fonte: NONNENMACHER (1994).

Para o transporte pneumático por sucção de produtos depositados não se leva em consideração a variação de peso específico aparente devido ao adensamento nas camadas dispostas na parte inferior do produto depositado, visto que a sucção dos grãos se processa na superfície superior em contato com o ar livre de captação (NONNENMACHER, 1983).

Muitas vezes o peso específico real do material é de difícil determinação, porém para materiais de granulometria uniforme, pode ser calculado com boa aproximação fazendo-se uso do peso específico aparente, empregando-se a Equação (8):

$$\gamma_m = 16 \gamma_{Aparente}^{2/3} \quad (8)$$

Onde:

$\gamma_m$  – Peso específico do material (kgf/m<sup>3</sup>)

$\gamma_{Aparente}$  – Peso específico aparente (kgf/m<sup>3</sup>)

### 2.9.3. Relação de peso

A relação em peso no transporte pneumático por fluxo de ar é a que se faz, entre o peso do material a ser transportado e o peso do ar que o transporta é apresentada pela Equação (9) (NONNENMACHER, 1983).

$$r_p = \frac{G_m}{G_{ar}} \quad (9)$$

Onde:

$r_p$  - Relação de peso

$G_m$  é peso do material a ser transportado

$G_{ar}$  é peso do ar que transporta

Para reduzir o consumo de energia, a relação em peso de um transporte pneumático deve ser a maior possível. Levando-se para a situação prática este valor é limitado na possibilidade de obstrução do sistema. Aconselha-se assumir como máxima relação em peso o valor fornecido pela expressão empírica da Equação (10), (COSTA, 2005). Valor que varia de 1 a 15.

$$r_{p \max} = \frac{7.000}{\gamma_m} \quad (10)$$

Onde:

$r_{p \max}$  - Relação de peso máximo

$\gamma_m$  – Peso específico do material (kgf/m<sup>3</sup>)

O resultado da Equação 10 representa quantitativamente a massa de ar que flui respectivamente na tubulação para cada kgf de material transportado.

### 2.9.4. Velocidade de operação

A determinação da velocidade de operação é ponto fundamental do sistema, pois influencia diretamente na sustentação do material e perda de pressão devido ao atrito (COSTA, 2005).

Para a obtenção deste fator retomamos ao item 2.8.1 descritas na primeira parte desta dissertação para o cálculo das velocidades mínima do ar de transporte.

A Tabela 4, expressa os resultados obtidos para velocidades de operação através de experimentos práticos.

Tabela 4 – Determinação da velocidade em função do tipo de tubulação.

TUBULAÇÃO	MATERIAL	Car (m/s)	
		TUBOS METÁLICOS	MANGUEIRAS PLÁSTICAS
Horizontal	Pó	$0,75 * \gamma_m^{1/2}$	$1,2 * \gamma_m^{1/2}$
Horizontal	Grão	$0,91 * \gamma_m^{1/2}$	$1,52 * \gamma_m^{1/2}$
Horizontal	Irregular	$1,13 * \gamma_m^{1/2}$	$1,83 * \gamma_m^{1/2}$
Vertical	Pó	$0,95 * \gamma_m^{1/2}$	$1,52 * \gamma_m^{1/2}$
Vertical	Grão	$1,13 * \gamma_m^{1/2}$	$1,83 * \gamma_m^{1/2}$
Vertical	Irregular	$1,42 * \gamma_m^{1/2}$	$2,28 * \gamma_m^{1/2}$

Fonte: NONNENMACHER (1994).

Em tubulação metálica a velocidade na vertical é da ordem de 25% maior que na horizontal.

Na Tabela 5 pode-se observar as velocidades recomendadas para produtos específicos como soja, milho entre outros.

Tabela 5 - Velocidades práticas recomendadas para grãos e outros produtos.

MATERIA L	VELOCIDADE (M/S)			
	HORIZONTAL		VERTICAL	
	ASPIRAÇÃO	COMPRESSÃO	ASPIRAÇÃO	COMPRESSÃO
Soja	30	16	38	20
Milho	31	16	38	20
Trigo	31	17	38	21
Arroz	33	19	41	23
Aveia	30	16	38	20
Açúcar	33	18	41	22

Fonte: NONNENMACHER (1994).

De acordo com a bibliografia consultada, na velocidade do ar em turbulência completa, admite-se para grãos, conforme Tabela 5, o valor de  $k = 0,91$  para mangueiras horizontais de plástico, visto que elas possuem pequenas rugosidades muito se assemelhando a chapas de aço, já para a vertical aplica  $k = 1,13$  (NONNENMACHER, 1983).

Na equação 11 consegue-se definir a velocidade de transporte.

$$V = 4,11^3 \sqrt{\rho} + \sqrt{d_p} + 23,4 \sqrt{\rho} \quad (11)$$

Onde:

$V$  é a velocidade de transporte em m/s

$\rho$  é a densidade aparente do sólido em t/m<sup>3</sup>

$d_p$  é o diâmetro médio da partícula em mm

### 2.9.5. Vazão do ar

A quantidade de ar necessária para uma instalação de transporte pneumático pode ser calculada a partir da quantidade de material a transportar e da relação em peso adotado (COSTA, 2005), conforme mostrado na Equação (12).

$$V_{ar} = \frac{G_{ar}}{\gamma_{ar}} = \frac{G_m}{r_p \gamma_{ar}} \quad (12)$$

Onde:

$V_{ar}$  é a velocidade do ar em (m/s)

$G_{ar}$  é o peso do ar que transporta (kg)

$G_m$  é o peso do material a ser transportado (kg)

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar (kgf/m<sup>3</sup>)

$r_p$  é a relação de peso entre os materiais

Considerando ainda a relação de peso máximo, pode-se dizer que a vazão mínima a ser adotada num sistema de transporte pneumático depende do peso específico real do material a ser transportado (COSTA, 2005), representada na Equação (13):

$$V_{ar \text{ mín}} = \frac{G_m \gamma_m}{7.000 \gamma_{as}} = \frac{G_m \gamma_m}{8.400} \quad (13)$$

Onde:

$V_{ar \text{ mín}}$  é a velocidade mínima de ar (m/s)

$G_m$  é o peso do material a ser transportado (kg)

$\gamma_m$  é o peso específico do material a ser transportado (Kgf/m<sup>3</sup>)

## 2.10. Perda de carga no sistema

Nesta fase importa estimar um valor de perda de carga do sistema com base em resultados obtidos empiricamente em outras instalações ou na literatura da especialidade para os diversos materiais e condições da instalação (CRUZ, 2013).

Segundo Costa (2005), as perdas de cargas usuais nas instalações de transporte pneumático se devem:

- À entrada do ar no sistema;
- À inércia do material;

- Aos desníveis a vencer com o material;
- A condutos de chapa ou mangueiras que transportam o material;
- A condutos de chapa, para circulação de ar puro, interligando ventilador e separador ao exterior (sistema de aspiração), ou interligando ventilador e alimentador (sistema de compressão);
- Ao equipamento de separação do material transportado;
- Ao Venturi, quando eventualmente usado nas instalações de compressão, em substituição à válvula rotativa.

### 2.10.1. Perda de carga devido à entrada da partícula na tubulação de sucção

A perda de carga devido a entrada de partícula na tubulação de sucção é apresentada pela Equação (14).

$$J_1 = J_{entrada} = \lambda_1 \frac{C_{entrada}^2}{2g} \gamma_{ar} \quad (14)$$

Onde:

$J_1$  é a perda de carga da partícula na tubulação (mmH<sub>2</sub>O)

$\lambda_1$  é o coeficiente de atrito de acessórios

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar (kg/m<sup>3</sup>)

$C_{entrada}$  é a velocidade de entrada (m/s)

Para transportadores pneumáticos móveis adota-se o uso de coifa para captação do produto, assume-se deste modo o caso mais desfavorável, aumenta-se a velocidade de captura na ordem de 15% a mais da velocidade da tubulação (NONNENMACHER, 1983).

### 2.10.2. Perda de carga inercial

A Equação (15) representa perda de carga inercial devido ao atrito do ar para acelerar os grãos desde o seu repouso até a velocidade de transporte dentro da tubulação de transporte (NONNENMACHER, 1983).

$$J_2 = J_{inercial} = r_p \left( \frac{C_{ar}}{2g} \right)^2 \gamma_{ar} \quad (15)$$

Onde:

$J_2$  é a perda de carga inercial (mmH<sub>2</sub>O)

$r_p$  é a relação de peso

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar (kg/m<sup>3</sup>)

$C_{ar}$  é a velocidade do ar (m/s)

$g$  é a aceleração gravitacional ( $m/s^2$ )

### 2.10.3. Perda de carga na tubulação de transporte

Pode-se determinar a perda de carga na tubulação em chapa de aço e mangueiras pela equação geral da perda de carga, levando-se em consideração o comprimento equivalente total do sistema (NONNENMACHER, 1983). Através da Equação (16) consegue calcular a perda de carga nas mangueiras.

$$J_3 = J_{tubulação} = \lambda_m \frac{L_{eq}}{D_t} \frac{C_{ar}^2}{2g} \gamma_{ar} \quad (16)$$

Onde:

$J_3$  é a perda de carga da tubulação de transporte vácuo (mmH<sub>2</sub>O)

$\lambda_m$  é a confidente de atrito do material

$L_{eq}$  é o comprimento da tubulação (m)

$D_t$  é o diâmetro da tubulação (m)

$C_{ar}$  é a velocidade do ar de transporte (m/s)

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar ( $kg/m^3$ )

Nesta equação faz-se necessário avaliar o coeficiente de atrito do ar com o material em suspensão, o qual pode ser calculado pela Equação (17):

$$\lambda_m = \lambda_{ar} \left( 1 + \frac{r_p}{k} \right) \quad (17)$$

Onde:

$\lambda_m$  é a confidente de atrito do material

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar ( $kg/m^3$ )

$r_p$  é a relação de peso

$K$  é a correção do coeficiente de atrito

$\lambda_{ar}$  é o coeficiente de atrito do ar puro, função do número de Reynolds (Re) e da rugosidade relativa da tubulação ( $k/D$ ) e que pode ser determinado pelo diagrama de *Stanton* (usualmente 0,02 para tubulação em chapa de aço e 0,03 para mangueiras plásticas) (COSTA, 2005).

O coeficiente  $K$ , que é dependente da velocidade do ar ( $C_{ar}$ ), pode-se realizar a seleção com o auxílio da Tabela 6.

Tabela 6 – Correção  $K$  do coeficiente de atrito em função da velocidade do ar.

$C_{ar}$ (m/s)	5	10	15	20	25	>25
K	1,00	1,15	2,14	3,11	3,5	3,5

Fonte: COSTA (2005).

#### 2.10.4. Perda de carga devido ao desnível

Segundo Costa (2005), o trabalho para vencer a gravidade, por unidade de volume de ar, também corresponde a uma perda de carga, a qual, para uma diferença de altura (H) no campo gravitacional, qual é calculado pela Equação (18).

$$J_4 = J_{desníveis} = r_p H \gamma_{ar} \quad (18)$$

Onde:

$J_4$  é a perda de carga devido ao desnível (mmH<sub>2</sub>O)

$r_p$  é a relação de peso

H é a altura (m)

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar (kg/m<sup>3</sup>)

#### 2.10.5. Perda de carga devido ao ciclone

A perda de carga em ciclones tem dependência fundamental na pressão dinâmica de entrada, de suas dimensões na seção de entrada, seção de saída, diâmetro e altura. Além disso, também está relacionada ao tipo de construção do ciclone, que pode ser dividido em ciclone do tipo comum, tipo com entrada helicoidal, com defletor de entrada, etc. (COSTA, 2005). Na Equação (19) é possível calcular a perda de carga no ciclone.

$$J_5 = J_{Ciclone} = \lambda_1 \frac{(C_{ar\ entrada})^2}{2g} \gamma_{ar} \quad (19)$$

Onde:

$J_5$  é a perda de carga do ciclone (mmH<sub>2</sub>O)

$\lambda_1$  é o coeficiente de atrito de acessórios

$C_{ar\ entrada}$  é a velocidade do ar na entrada (m/s)

g é a velocidade gravitacional (m/s<sup>2</sup>)

$\gamma_{ar}$  é o peso específico do ar (kg/m<sup>3</sup>)

Para o desenvolvimento da Equação (19) deve-se definir o valor do coeficiente de atrito dos acessórios no ciclone, o qual é definido pela equação (20).

$$\lambda_1 = 12 \times \frac{b \times h}{k \times e^2} \times \left( \frac{D_t^2}{L \times H} \right)^{1/3} \quad (20)$$

Onde:

$\lambda_1$  é o coeficiente de atrito de acessórios

b é a largura do bocal de entrada (mm)

h é a altura da parte cilíndrica do ciclone (mm)

L é a Comprimento tubulação (m)

H é a altura da tubulação (m)

k é uma constante

D<sub>c</sub> diâmetro do ciclone

Onde os parâmetros para o cálculo são definidos através da Figura 22.

Nesta equação a variável K pode ser definida conforme dados a seguir.

K=5 a 10;

k=0,5 para ciclones comuns;

k=1,0 para ciclones com entrada helicoidal;

k=2,0 para ciclones com defletor de saída.

#### 2.10.6. Perda de carga na tubulação de ar

A tubulação de ar considera-se o trecho desde a saída do ciclone até a entrada no ventilador. Deste modo a perda de carga na tubulação de ar é expressa pela Equação (21), (NONNENMACHER, 1983).

$$J_6 = \lambda \frac{L_{eq} (C_{ar})^2}{1 D \quad 2g} \gamma_{ar} \quad (21)$$

Onde:

J<sub>6</sub> é a perda de carga tubulação de ar (mmH<sub>2</sub>O)

λ<sub>m</sub> é o coeficiente de atrito do material

L<sub>eq</sub> é o comprimento da tubulação de ar (m)

C<sub>ar</sub> é a velocidade do ar (m/s)

D<sub>t</sub> é o diâmetro da tubulação (m)

#### 2.10.7. Perda de carga devido à introdução da partícula na tubulação de descarga

Devido a necessidade de regulagem, admite-se na carga de introdução dos grãos da área por meio de uma chapa defletora, a qual é calculada pela Equação (22).

Considera-se no caso, uma regulagem de até 20% no duto de descarga, alterando-se a área e a velocidade (NONNENMACHER, 1983).

$$J_7 = J_{introdução\ dos\ grãos} = \lambda_1 \left( \frac{C_{ar}^2}{2g} \right) \gamma_{ar} \quad (22)$$

Onde:

J<sub>7</sub> é a perda de carga na entrada dos grãos (mmH<sub>2</sub>O)

λ<sub>1</sub> é o coeficiente de atrito

C<sub>ar</sub> é a velocidade do ar de transporte (m/s)

γ<sub>ar</sub> é o peso específico do ar (kg/m<sup>3</sup>)

### 2.10.8. Perda de carga total do sistema

Nonnenmacher (1983), descreve que através da Equação (23) define-se o diferencial de pressão máxima, este diferencial refere-se ao somatório das Equações 19 a 26:

$$J = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5 + J_6 + J_7 \quad (23)$$

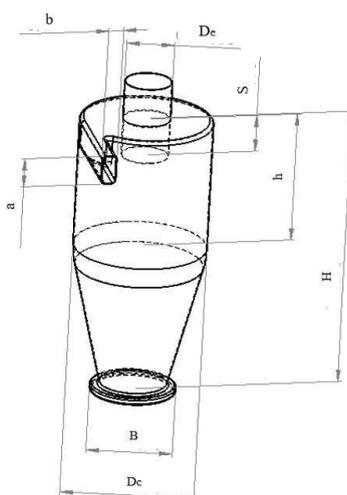
Onde:

J é o diferencial de pressão máximo do sistema.

### 2.11. Dimensionamento do ciclone

O projeto de ciclones é embasado em relações geométricas mostradas na Figura 22 e suas partes identificadas no Quadro 8. As dimensões, expressas como uma percentagem do diâmetro do ciclone  $D_c$ , são fixas para uma mesma família de ciclones.

Figura 22 – Esquema típico de ciclone



Fonte: WANG et al. (2004).

Quadro 8 – Nomenclatura das partes do ciclone.

NOMENCLATURA		
SÍMBOLO	UNIDADE	DESCRIÇÃO
$D_c$	m	Diâmetro do ciclone
a	m	Altura do bocal de entrada
b	m	Largura do bocal de entrada
S	m	Comprimento do cilindro de saída
$D_e$	m	Diâmetro do duto de saída de gás
h	m	Altura da parte cilíndrica do ciclone
H	m	Altura total do ciclone
B	m	Diâmetro da saída de pó

Fonte: WANG et al. (2004).

O ciclone no transportador pneumático proposto serve para separação e depósito transitório dos grãos (NONNENMACHER, 1983). A força de separação centrífuga é proporcional ao quadrado da velocidade periférica e inversamente proporcional ao raio de rotação, conforme apresentado na Equação (24).

$$F_c = \frac{mv^2}{g_c r} \quad (24)$$

Onde:

$F_c$  é a força centrífuga (kgf)

$m$  é a massa (kg)

$g_c$  a constante gravitacional ( $m/s^2$ )

$v$  é a velocidade periférica (m/s)

$r$  é o raio de rotação (m)

Observando-se a Equação 24 verifica-se que o efeito de separação será maior quanto maior o tamanho da partícula, maior a velocidade de entrada e menor o raio do cilindro do corpo do ciclone.

Os ciclones de fluxo reverso são classificados em famílias. As dimensões de cada família estão relacionadas em função ao diâmetro do ciclone. As famílias do mesmo tipo possuem semelhanças no desempenho. As famílias de ciclone são classificadas como alta eficiência, de uso geral ou de alta capacidade.

O ciclone de fluxo reverso, tipo *Standard*, é um dos projetos comumente utilizado na construção de ciclones novos. A chave do sucesso do ciclone tipo *Standard*, se encontra nas ótimas proporções geométricas (UTIKAR et al., 2010).

Pequenas mudanças, nas dimensões geométricas, influenciam no cálculo da eficiência de coleta. A Tabela 7 apresenta as relações geométricas para as famílias de ciclones mais comuns na indústria (WANG et al., 2004), onde é possível observar que as dimensões variam ligeiramente entre as colunas, mas o desempenho do ciclone é influenciado fortemente com as mudanças nas dimensões.

Tabela 7 – Relações geométricas para diversas famílias de ciclones.

DIMENSÃO	PROPÓSITO GERAL		ALTA EFICIÊNCIA		ALTA VAZÃO	
	LAPPLE	SWIFT	STAINRMAND	SWIFT	STAIRMAND	SWIFT
$D_c$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$D_e/D_c$	0,5	0,5	0,5	0,4	0,75	0,75
$a/D_c$	0,5	0,5	0,5	0,44	0,75	0,8
$b/D$	0,25	0,25	0,20	0,21	0,375	0,35
$H/D_c$	4,0	3,75	4,0	3,9	4,0	3,7
$h/D_c$	2,0	1,75	1,5	1,4	1,5	1,7
$B/D_c$	0,25	0,4	0,375	0,4	0,375	0,4
$S/D_c$	0,625	0,6	0,5	0,5	0,875	0,85

Fonte: WANG et al. (2004).

Segundo Wang et al. (2004), a metodologia para se projetar um ciclone varia de acordo com as necessidades de cada projetista, entretanto, cinco passos são fundamentais:

- Cálculo das dimensões do ciclone;
- Cálculo da perda de carga do ciclone;
- Cálculo da potência do exaustor;
- Determinação das curvas de eficiência fracionária do ciclone;
- Determinação da eficiência global do ciclone.

A dimensão básica de projeto de um ciclone é dada pela Equação (25):

$$D_c = \sqrt{\frac{Q}{R}} \quad (25)$$

Onde:

$D_c$  o diâmetro do ciclone

$Q$  a vazão volumétrica do ar que passa pelo ciclone

$R$  um parâmetro de projeto

Para as famílias padronizadas de ciclones, o parâmetro  $R$  tem os valores mostrados na Tabela 8 (WANG et al., 2004).

Tabela 8 – Razões de projeto para ciclones.

	FAMÍLIA DE CICLONES	R [m/h]
Propósito geral	Lapple	6860
	Swift	6680
Alta eficiência	Stairmand	5500
	Swift	4940
Alta vazão	Stairmand	16500
	Swift	12500

Fonte: SILVA (1970).

## 2.12. Sistema gerador do fluxo de ar

O sistema gerador do fluxo de ar proporciona vazão e pressão adequada para o deslocamento do material nos transportadores pneumáticos.

Em vista das características denotadas pelos ventiladores e em referência à compatibilidade do transportador em estudo, o ventilador centrífugo é o tipo mais empregado em instalações pneumáticas (HENDERSON; PERRY, 1976).

Para efeito de projeto considerando-se a hipótese mais desfavorável, a perda de carga total do sistema e a vazão de ar necessária ao sistema são os dados e parâmetros para escolha do gerador do fluxo de ar. Tendo-se em vista que devido à mudança do peso específico do particulado ocorrem variações na vazão e pressão, estas devem ser ajustadas. A regulagem de vazão e pressão disponíveis devem ser ajustadas pela rotação do ventilador e nas eclusas de regulagem situadas na entrada e saída de ar do ventilador.

### 2.12.1. Potência mínima requerida pelo soprador

Considerando-se uma compressão adiabática e reversível, pode-se calcular a potência necessária mediante o uso da Equação (26). O cálculo das quedas de pressão e da vazão requerida de ar, permitem a estimativa da potência requerida pelo soprador (KLINZING et al., 1990).

$$P = 3,5p_1Q_1 \left[ \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{0,286/n} - 1 \right] \quad (26)$$

Onde

$p_2$  é a pressão total absoluta (Pa)

$n$  o número de estágios do soprador

$P_{\min}$  é a potência mínima (Pa)

$Q_1$  é a vazão volumétrica do ar ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$p_1$  é a pressão atmosférica (Pa)

### 2.12.2. Potência de instalação

A potência da instalação de transporte pneumático de material a granel depende essencialmente:

- Quantidade de material a ser transportado;
- Distância de transporte;
- Desnível;
- Tipo de instalação (de aspiração, de compressão ou mista);

- Natureza do material (peso específico);
- Relação em peso aditada;
- Layout da tubulação e acessórios adotados.

O cálculo da potência é feito partindo-se da soma de todas as perdas de carga envolvidas no sistema, a qual deve ser identificada com a diferença de pressão total do ventilador e deste modo pode-se calcular a potência do motor pela Equação (27) (COSTA, 2005).

$$P_m = \frac{Q_{ar}\Delta p_t}{75\eta_t} \left( \frac{10.332 \pm \frac{\Delta p_t}{2}}{10.332} \right) \quad (27)$$

Onde:

$P_m$  é a potência do motor em HP

$Q_{ar}$  é dado em ( $m^3/s$ )

$\Delta p_t$  é dado em (mmH<sub>2</sub>O)

$\eta_t$  é o rendimento total

Para sistema de aspiração =  $+\frac{\Delta p_t}{2}$

Para sistema de compressão =  $-\frac{\Delta p_t}{2}$

Para ventilador centrífugo  $\eta = 0,3$  à  $0,6$

Para compressor de embolo  $\eta = 0,6$  à  $0,7$

Para turbo compressor  $\eta = 0,7$  à  $0,9$

### 2.13. Patente

Ter a patente de invenção de um produto significa ter o direito de impedir terceiro de produzir, usar, colocar à venda, vender ou importar, sem o consentimento do titular, o produto objeto de patente obtido diretamente por processo patentado (BRASIL, 2022). O titular da patente poderá conceder licença de sua patente a terceiros, mediante remuneração ou não.

A propriedade intelectual (PI) é um direito imaterial, originária do intelecto humano e não da sua força de trabalho, que se concretiza através de sua capacidade inventiva e/ou criadora na forma de invenções, literais ou artísticas, em que o homem emprega tal capacidade criativa para se desenvolver e progredir. Tais definições denotam, portanto, a tênue ligação entre o criador e sua criação, que acabaram por originar diversas teorias com o objetivo de explicar esta relação (JUNGMANN; BONETTI, 2010).

Ainda, a propriedade intelectual tem por objetivo reconhecer o direito de propriedade dos criadores sobre suas criações. Mas não só isso, pois o reconhecimento do direito à propriedade, tendo a publicidade dos inventos à sociedade como contrapartida, também funciona como um vetor promotor à criação de novas soluções, novos inventos ou mesmo em incrementos inventivos àqueles inventos já de posse de seus inventores. Cria-se um círculo virtuoso à criação, respaldado em um arcabouço de segurança jurídica. Tais direitos, como qualquer outro direito de propriedade, também permitem que seus criadores ou proprietários, de, por exemplo, patentes, marcas comerciais ou trabalhos com direitos autorais, se beneficiem do trabalho ou investimento que dispuseram em determinada criação pela comercialização exclusiva da mesma, por exemplo (JUNGMANN; BONETTI, 2010).

O inventor tem seus direitos sobre a propriedade intelectual explicitados no artigo 27 da Declaração Universal dos Direitos Humanos, que declara o direito dos criadores de se beneficiarem da proteção dos interesses morais e materiais decorrentes de autoria de suas produções científicas, literárias ou artísticas (JUNGMANN; BONETTI, 2010). Antes disso, os mesmos direitos foram reconhecidos na Convenção de Paris para a proteção da propriedade industrial, CUP (1883) e na Convenção de Berna para a Proteção das Obras Literárias e Artísticas (1886). Ambos os tratados são atualmente administrados pela *World Intellectual Property Organization - WIPO* (Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI).

Segundo a Lei da Propriedade Industrial, no seu artigo 19 (BRASIL, 1996), um pedido de patente é constituído de relatório descritivo, reivindicações, desenhos (se for o caso) e resumo. Este arcabouço documental, que compreende o pedido de patente, é precedido por uma folha de rosto, onde se compila os tópicos principais e mais importantes do pedido de patente, na forma de informações bibliográficas. Tais informações são organizadas na forma de uma padronização internacional, que enumera os diversos campos específicos, como, por exemplo, o título, que recebe o código 54, ou o depositante, que recebe o código 72. Este sistema bibliográfico é seguido por todos os escritórios de patente e é conhecido pela sigla INID, que significa *International Agreed Numbers for the Identification of Data* (Números de Identificação de Dados Acordados Internacionalmente).

Assim, da propriedade intelectual, destaca-se o tema de interesse desta dissertação, a propriedade industrial, que é o ramo do direito que objetiva fornecer a proteção jurídica das invenções industriais (patentes), dos modelos de utilidade, dos desenhos industriais,

das marcas (sejam elas de produto, de serviço; sejam de certificação e coletivas), dos segredos industriais e das indicações geográficas. Deste, de maior interesse ao estudo proposto, destacam-se os documentos de patentes.

No Brasil existe o INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), que é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Economia, essa instituição é responsável pela disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual (BRASIL, 2022).

O processo de depósito de patente é um conjunto de procedimentos sequenciais exigidos pelo INPI (BRASIL, 2022). No Quadro 9 estão relacionadas as etapas de um pedido de patente, depois de descrito deve-se realizar o depósito do pedido de patente junto ao INPI, em seguida o mesmo avaliará o pedido e caso necessário solicitará alterações. Após esse processo vem a publicação que pode ocorrer até 18 meses depois do depósito realizado, em seguida o depositante deve requerer o exame técnico, no qual o examinador irá avaliar o documento e dizer se o item é patenteável ou não, ao findar esta última fase, é publicado e expedido o documento carta patente.

Quadro 9 – Etapas de uma solicitação de patente de acordo com Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

<b>PARTES DO PEDIDO DE PATENTE</b>	<b>OBRIGATORIEDADE</b>
Relatório descritivo	Obrigatório
Reivindicações	Obrigatório
Resumo	Obrigatório
Figura	Não obrigatório

Fonte: BRASIL (2022).

#### **2.14. Resumo da revisão bibliográfica**

Foram apresentados neste capítulo os principais fundamentos e equipamentos, classificação e os regimes de escoamento do transporte pneumático de partículas. Com essas informações optou-se na utilização de escoamento de transporte diluído, devido a velocidade do fluido de transporte.

Foi apresentado também, as principais variáveis de transporte pneumático, como a classificação, velocidade e perda de carga, optando-se por dutos de transporte em PVC, que irá aumentar a perda de carga, mas em compensação terá uma maleabilidade na movimentação durante o abastecimento da semeadora.

Além disso, por meio de uma breve análise dos produtos relacionados ao abastecimento de semeadoras, observou-se a ergonomia inadequada para o trabalho. Uma

vez que o transporte pneumático é utilizado em outras áreas, este poderá facilitar o escoamento do produto e o abastecimento das semeadoras.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais e métodos para o desenvolvimento conceitual de um sistema de abastecimento de semeadoras. O projeto foi desenvolvido e adaptado a metodologia de Norton (2013). Porém, a fim de sanar algumas dificuldades encontradas pelos profissionais da área de plantio, algumas partes, como linha mestra, matriz morfológica e seleção de variantes foram feitas de acordo com Pahl et al. (2005).

Conforme descrito inicialmente no subcapítulo 2.1, a metodologia de Norton (2013) possui 10 fases, onde inicia-se na identificação das necessidades e finaliza na avaliação da produção. Neste trabalho não utilizaremos as fases nove e 10, as quais tratam de protótipo/testes e produção, pelo fato de que este trabalho se destina a avaliação do projeto e não será realizada a construção do protótipo.

Para organizar melhor as atividades, foi subdividido as fases de Norton (2013) em 3 estágios, definindo os estágios como: definição, projeto preliminar e projeto detalhado.

O Quadro 10 apresenta como ficou dividido as fases da metodologia de Norton.

Quadro 10 – Estágios pré-definidos das etapas do projeto.

ESTÁGIO	FASE
1° estágio – Definição	Identificação das necessidades
	Pesquisa e suporte
	Definição do objetivo
	Especificações da tarefa
	Síntese
2° Estágio – Projeto preliminar	Análise
	Seleção
3° Estágio – Projeto	Projeto detalhado

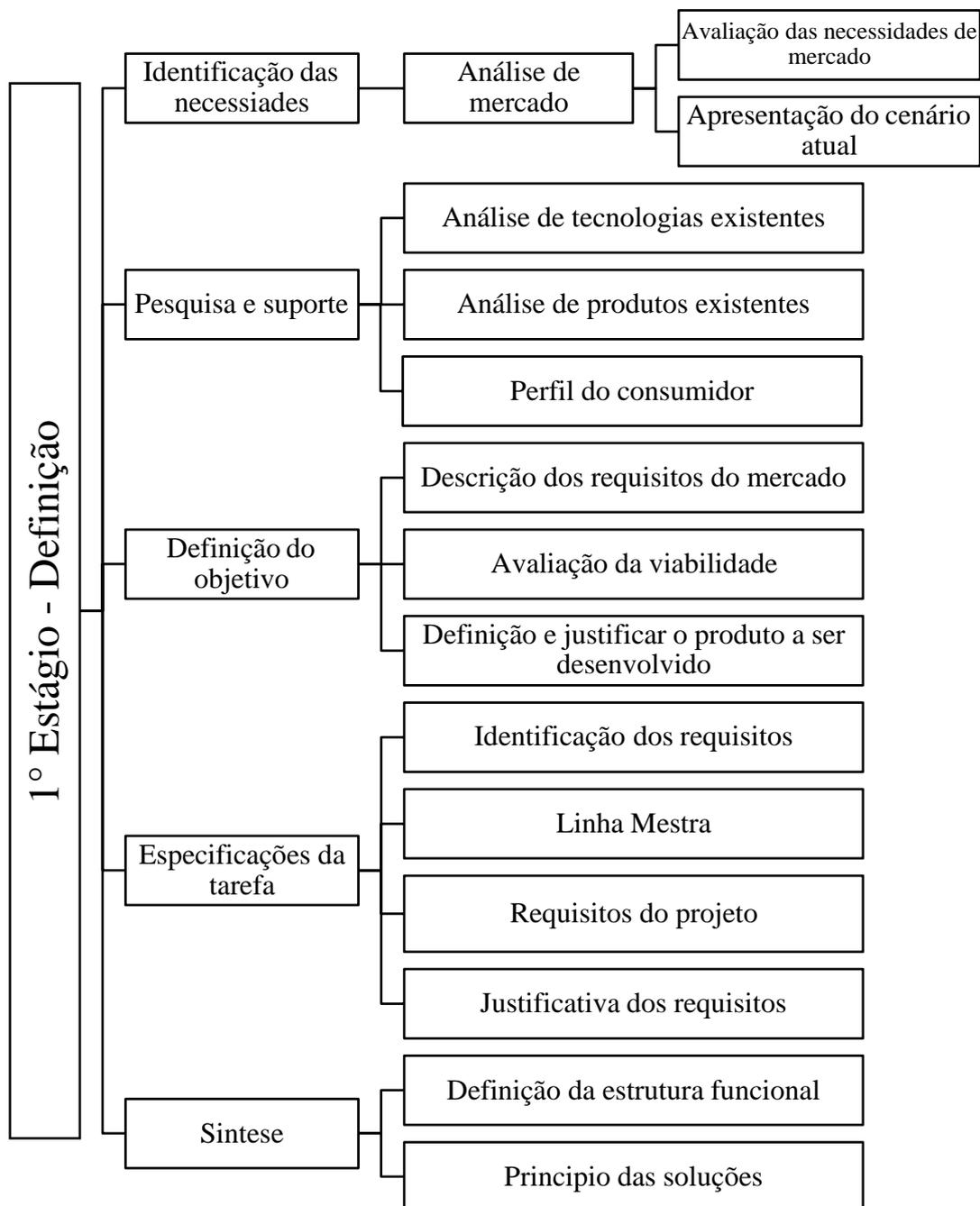
Fonte: Adaptado de Norton (2013).

Ao avaliar o Quadro 10, percebe-se que as oito fases de Norton (2013) estão subdivididas em três estágios, permitindo melhor visualização e entendimento das pesquisas realizadas.

O primeiro estágio (Figura 23), estuda as necessidades do mercado bem como a avaliação do mercado atual, seguindo para avaliação das tecnologias existentes e o perfil do consumidor que irá adquirir o projeto projetado. Com as avaliações apresentadas, consegue-se realizar a definição dos requisitos de mercado e viabilidade, definindo assim se é viável desenvolver o projeto. Após a definição da viabilidade de projeto, identifica-se os requisitos de projeto e através da linha mestra, definir e justificar os requisitos de

projeto. Por fim nesse primeiro estágio se deve realizar a estrutura funcional e a matriz morfológica do projeto.

Figura 23 - Fluxograma do 1º estágio – definição da viabilidade de projeto.

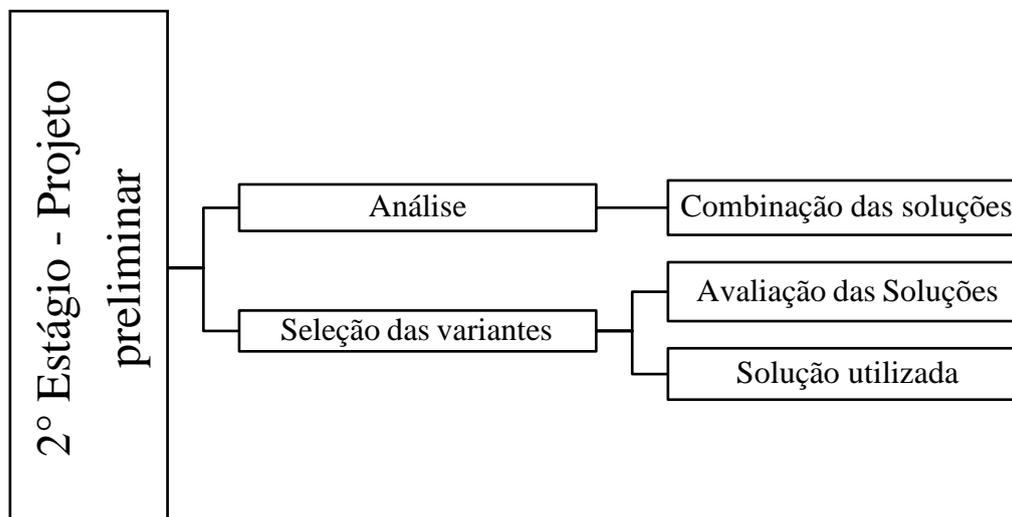


Fonte: Autor (2023).

A Figura 24 apresenta o fluxograma do 2º estágio, que se refere ao projeto preliminar, onde é avaliada as informações obtidas no primeiro estágio. Em primeiro momento o trabalho é iniciado com a análise das possíveis variações de projeto construído

através da matriz morfológica e em seguida é realizada a análise das soluções, bem como, definida a solução que deverá ser utilizado no projeto.

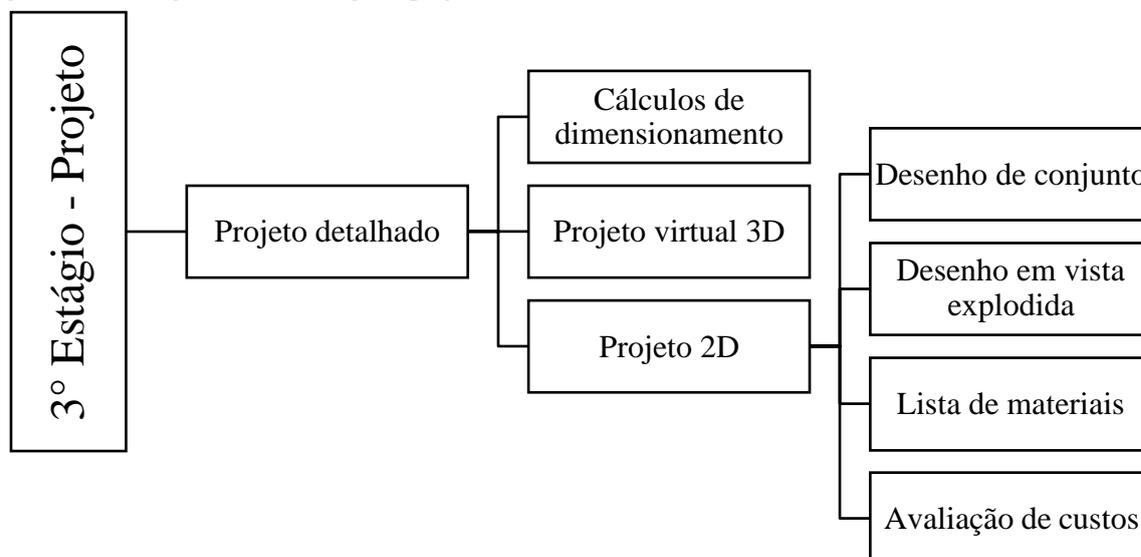
Figura 24 - Fluxograma do 2º estágio – Projeto preliminar.



Fonte: Autor (2023).

Por fim, a Figura 25 demonstra o fluxograma do 3º estágio, que se refere ao projeto. Nesse momento será calculado o projeto, sendo que os principais cálculos e os cálculos completos estão apresentados nos Apêndices A1 a A13. Com os cálculos realizados, desenvolve-se o projeto 3D com todos os itens necessários. E por fim o detalhamento do projeto, mostrando todos os componentes e explicando se vai ser comprado ou fabricado.

Figura 25 - Fluxograma do 3º estágio – projeto detalhado.



Fonte: Autor (2023).

### **3.1. 1º Estágio - Definição**

Este 1º estágio consiste em coletar as informações sobre a necessidade do projeto, verificando a real necessidade da implementação no mercado. Através da avaliação de mercado consegue-se definir o que ele precisa conter, possibilitando desenvolver os requisitos e viabilidade do projeto, criando um projeto de forma organizada e documentada com todas as informações que o mesmo deve apresentar.

#### 3.1.1. Identificação das necessidades

O passo inicial é a identificação de uma necessidade, que pode surgir de muitas maneiras. O mais comum é que apareça a insatisfação com a situação atual. Essa tarefa pode ser de vital importância para a sociedade, uma vez que a necessidade, usualmente, surge na ânsia de reduzir custos, aumentar a confiabilidade ou o desempenho de algo existente.

Muitas vezes, uma necessidade pode não estar evidente e se encontrar ofuscada por outra, exigindo, um árduo trabalho para descobri-la. Um exemplo é a rotina de trabalho que, por muitos anos ou gerações, é realizado de tal forma e não verificar outras formas, imaginando-se que esteja realizando da melhor forma possível.

##### 3.1.1.1. Análise de mercado

A análise de mercado é uma avaliação de todos os indicadores responsáveis por determinar se um projeto é importante ou não, evitando decisões estratégicas erradas e prejuízos financeiros. Todo esse processo de estudo é impactado pela análise de mercado. Em outras palavras, a análise de mercado é que torna o estudo de viabilidade técnica e econômica possível.

##### 3.1.1.1.1. Avaliações das necessidades de mercado

A avaliação do mercado é uma ferramenta muito importante a ser realizada antes do início de um projeto. Ela pode trazer uma condição de assertividade do projeto antes mesmo de ser lançado, sendo que, muitas empresas desistem de seus projetos antes mesmo de iniciá-los, pois perceberam a não necessidade do projeto no momento, decisões essas tomadas através da avaliação do mercado.

A avaliação do mercado permite ainda conhecer de perto o ambiente onde o produto se encontra. Essa avaliação é composta pelo ambiente onde a empresa e produto se localizam, concorrência e perfil de consumidor.

Para conseguir realizar uma avaliação de mercado com eficiência, inicialmente necessita-se definir o segmento do mercado para o produto proposto e após conhecer o segmento, ficará mais claro de onde buscar informações para definir as soluções do projeto. Para realizar a avaliação do mercado utiliza-se três perguntas (UNESPE, 2022):

- 1°. Quem irá comprar?
- 2°. O que está comprando?
- 3°. Por que está comprando?

A Figura 26 apresenta uma forma esquemática de visualizar a avaliação de mercado, conseguindo assim, ter uma ideia prévia sobre o produto a ser projetado.

Figura 26 - Forma esquemática do segmento de mercado.



Fonte: Autor (2023).

Para realizar a análise de mercado, duas formas podem ser utilizadas nesta situação, a análise de gabinete e a pesquisa de mercado. A análise de gabinete é realizada internamente, sem necessidade de entrar em contato com o público e a pesquisa de mercado é realizada através do contato direto com os futuros clientes.

Neste trabalho foi utilizado a análise de gabinete, realizando uma pesquisa ampla através de sites na *internet*, onde buscou-se concorrentes diretos, a forma de abastecimento, tipo de comando. No Quadro 11 encontra-se a pesquisa realizada, onde no total foram pesquisadas 20 empresas e as sete principais foram selecionadas.

Quadro 11 – Comparação dos sistemas de abastecimento disponibilizados no mercado.

<b>EMPRESA</b>	<b>FORMA DE ABASTECIMENTO</b>	<b>TIPO DE COMANDO</b>
VALTRA	Guincho Frontal big bag	Hidráulico – manual
INW SOLUÇÕES	Rosca sem fim (carreta)	Hidráulico
TKA GUINDASTES	Guincho caminhões	Hidráulico – manual
IMAVI	Rosca sem fim (carreta)	Hidráulico
VENCE TUDO	Guincho Frontal big bag	Hidráulico – manual
GRAZMEC	Guincho Frontal big bag	Hidráulico – manual
PANTER	Guincho Frontal big bag	Hidráulico – manual

Fonte: Autor (2023).

Com essa pesquisa, consegue-se observar que muitos fabricantes desenvolvem equipamento de abastecimento utilizando sacos *big bag* e outros em menor quantidade, trabalham com rosca sem fim. O sistema de movimentação dos equipamentos é hidráulico.

### 3.1.1.1.2. Apresentação do cenário atual

A técnica de plantio com equipamentos mecânicos (semeadoras) existe há mais de 30 anos no Brasil e vem se aperfeiçoando a cada ano, trazendo equipamentos maiores e com mais tecnologias, onde já existem pesquisas de semeadoras autônomas que não necessitarão de trator para se locomoverem e o operador irá opera-la de seu escritório, não estando permanentemente junto com a semeadora na lavoura.

Ao analisar a tecnologia de abastecimento para semeadoras, constata-se um grande avanço, onde no início o trabalho era muito manual e o carregamento era 100% realizado por sacarias que variam de 20 a 50 Kg. Depois foram desenvolvidos os sacos *big bag* que comportam até 1.000 Kg e são movimentados através de guinchos específicos (Figura 27). Observa-se que o operador se posiciona abaixo do saco *big bag*, apresentando uma operação perigosa para o abastecimento da semeadora.

Figura 27 - Abastecimento semeadora com *big bag*.



Fonte: Autor (2023).

Conforme mencionado nas semeadoras, a tecnologia no abastecimento está voltada ao grande agricultor, onde foram desenvolvidas carretas agrícolas/caminhões com braços e roscas sem fim (Figura 28), de modo a alcançar o reservatório das semeadoras. Este tipo de abastecimento pode ser exclusivamente utilizado para semeadoras com reservatório central, onde as sementes são armazenadas em um único local da semeadora.

Figura 28 - Abastecimento de semeadora com carreta agrícola.



Fonte: Autor (2023).

Conforme visualizado nas Figuras 27 e 28, as indústrias estão buscando tecnologias para acelerar o plantio. Na Figura 28, com a utilização de carretas agrícolas/graneleiras para abastecimento, o inconveniente é abastecer de

adubo/fertilizante rapidamente. O abastecimento de sementes também demora, pois os reservatórios são individuais, o que prolonga o trabalho.

### 3.1.2. Pesquisa e suporte

A pesquisa e suporte é uma atividade que procede e prepara o desenvolvimento de um produto específico, utilizando a avaliação de mercado junto com o cenário atual, para avaliar as tecnologias e produtos existentes e abordando por final a análise do consumidor. Por isso, planejar um produto consiste essencialmente em pesquisar ideias sistematicamente e selecionar a mais promissora, sendo que muitas vezes estas pesquisas ocorrem em áreas totalmente diferentes da sua necessidade.

#### 3.1.2.1. Análise de tecnologias existentes

A tecnologia de plantio vem desenvolvendo a cada ano e as empresas do ramo agrícola vem buscando melhorar as condições de trabalho no campo, aumentando velocidade de plantio, reduzindo tempo de abastecimento, em função da janela de plantio estar cada vez menor e necessita de períodos certos para conseguir uma eficiência melhor no desenvolvimento da planta.

Ao se tratar do abastecimento, nos últimos anos as empresas estão trabalhando com semeadoras com reservatórios centrais, reduzindo assim o trabalho de abastecer todos os reservatórios individuais em cada linha. Porém, os reservatórios centrais acabam gerando um custo maior na semeadora e muitos agricultores optam pelos reservatórios individuais nas linhas.

Ao avaliar as tecnologias existentes para abastecimento de semeadoras, encontra-se um serviço bastante manual, onde muitas vezes carregam sacos entre 20 a 60 Kg ou até mesmo o trabalhador precisa ficar embaixo do saco *big bag* de 1.000 Kg (Figura 25). Com a chegada dos reservatórios centrais nas semeadoras, algumas empresas estão trabalhando com o abastecimento através do canudo com rosca sem fim (helicoidal), sendo essa opção viável apenas nas caixas centrais e inviável para abastecer as semeadoras quando os reservatórios de sementes são individuais.

#### 3.1.2.2. Análise de produtos existentes

Ao se tratar de abastecimento de semeadora o mercado atual, tanto em pequenas quanto grandes propriedades, utilizam-se do abastecimento de três formas, manual, *big bag* ou rosca sem fim (helicoidal).

O abastecimento manual é o formato de abastecimento mais conhecido do mercado, pois o operador agrícola precisa pegar as sacas de 20 a 60 kg no caminhão e levar até a semeadora, gerando grande esforço e posições não ergométricas de trabalho (Figura 29). Com o aumento do tamanho dos implementos, define-se uma média de 20 linhas por semeadora onde cada reservatório tem capacidade de 60 Kg de semente resultando nesse caso 1200 Kg de semente para abastecer.

Figura 29 - Abastecimento da semeadora manualmente.



Fonte: Autor (2023).

Já o abastecimento com sacos *big bag* não gera tanto esforço para o trabalhador, mas ao abrir e movimentar o saco no percurso da semeadora o *big bag* fica suspenso por um guincho (Figura 30) e o trabalhador ao realizar o abastecimento posiciona-se abaixo do saco, se submetendo ao risco de acidente.

Figura 30 - Operador movendo o *big bag* para abastecimento da semeadora.



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 31 observa-se o momento que o operador desloca lateralmente o saco *big bag* para abastecer uniformemente a semeadora.

Figura 31 - Abastecimento com saco *big bag*.



Fonte: Autor (2023).

O terceiro formato de abastecimento que está ficando muito conhecido é o com rosca sem fim (helicoidal) que passou a ser bastante utilizado nos últimos anos com o avanço na tecnologia das semeadoras com reservatórios centrais. Na Figura 32 observa-se o carregamento com a tecnologia de rosca helicoidal.

Figura 32 - Abastecimento de semeadora com rosca helicoidal.



Fonte: Autor (2023).

Neste formato de abastecimento com rosca sem fim tem o inconveniente do atrito da semente com a rosca, podendo ocasionar o esmagamento da mesma e conseqüentemente, perda de germinação da semente.

### 3.1.2.3. Perfil do consumidor

Para lançar um novo produto ou serviço ou modificar as estratégias já adotadas para a sua comercialização, é preciso conhecer quem são os consumidores.

A análise do mercado consumidor precisa determinar quais são as expectativas desses clientes, bem como o grau de satisfação em relação aos produtos oferecidos atualmente no mercado e sua opinião sobre o que pode ser melhorado em relação aos produtos existentes.

Para o presente projeto tem-se o objetivo de alcançar clientes que realizam plantio, independentemente do tamanho de sua lavoura, sendo pequeno, médio e grande agricultor.

### 3.1.3. Definição do objetivo

A definição do objetivo é uma peça fundamental para conseguir implementar um produto no mercado, pois através do objetivo que é conhecido e dos requisitos que o mercado está solicitando, consegue-se saber se o projeto é ou não viável, finalizando assim com a definição e justificativa do produto. Após estas avaliações engenheiro define se possível dar seqüência no projeto.

#### 3.1.3.1. Descrição dos requisitos do mercado

Conforme descrito no PMBOK (2013), coletar requisitos é o processo de determinar, documentar e gerenciar as necessidades e requisitos das partes interessadas a fim de entender aos objetivos do projeto. O grande benefício deste processo é o fornecimento da base para definição e gerenciamento do escopo do projeto. Para coletar os requisitos existem algumas ferramentas e técnicas, como: Entrevista, grupos de discussão e oficinas facilitadas.

Para a realização deste projeto foi utilizado a técnica de grupo de discussão, para verificar os requisitos de mercado neste projeto. Sendo assim, reuniu-se as partes interessadas realizando uma prévia do que o mercado está precisando e realizou-se uma reunião com especialistas (quatro engenheiros de semeadoras com experiência em plantio), buscando entender melhor sobre as expectativas em relação a este novo produto.

Após as duas reuniões realizadas, foi definido os requisitos do mercado para o projeto proposto (Quadro 12).

Quadro 12 - Análise dos requisitos de mercado.

PARTICIPANTES DAS REUNIÕES	REQUISITOS DE MERCADO
Partes interessadas e equipe técnica	Rapidez no abastecimento de semeadoras
	Sistema semiautomático
	Melhorar a segurança e ergonomia dos trabalhadores
	Reduzir riscos de acidente

Fonte: Autor (2023).

A técnica de discussão em grupo agrega valor na avaliação do problema, pois traz pessoas com alto conhecimento na área para discutir e avaliar o problema encontrado. Nesse caso, foi definido quatro requisitos que o projeto necessita ter para sanar a dificuldade encontrada inicialmente.

### 3.1.3.2. Avaliação da viabilidade

Segundo Ignição Digital (2021) a viabilidade de um projeto é entender se ele é viável ou não para a empresa, ou seja, se vale a pena colocá-lo em prática. Essa análise engloba entender se ele é economicamente e tecnicamente alcançável.

Sendo assim, a viabilidade de projeto permite que se faça projeções assertivas, para conseguir definir essas projeções deve ser avaliado as três fases da viabilidade, a financeira, econômica e técnica. No projeto proposto, não será avaliado a viabilidade financeira, pois o protótipo do projeto não será fabricado, assim não haverá dados necessários para essa avaliação.

A avaliação de viabilidade técnica consiste no estudo técnico que serve de base para a implementação e/ou adaptação de um processo produtivo. Sua essencialidade fundamenta-se que não pode avaliar somente se o processo terá lucro considerável. Além disso, é necessário avaliar se a técnica necessária para produzir é alcançável. Nesse caso a viabilidade técnica é baseada em estimativas, pois a mesma não será fabricada inicialmente.

A análise de viabilidade é realizada com informações com a equipe técnica, essa equipe técnica é formada por 4 engenheiros com conhecimento em agricultura, nessa reunião, foi utilizado a ferramenta de *Brainstorming*, levando em conta os prós e contras desse projeto, assim determinando a viabilidade do projeto (Quadro 13).

Quadro 13 - Análise de viabilidade por *brainstorming*.

PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Agilidade no abastecimento	Tanque de óleo
Utilização da força do trator	Necessidade de colocar grafite após o abastecimento
Forma de armazenamento da semente	
Sistema hidráulico independente	
Ergonomia no abastecimento	

Fonte: Autor (2023).

Com a utilização da ferramenta de *Brainstorming*, a equipe técnica definiu pontos positivos e negativos do projeto. Nos pontos negativos, já foram mencionadas possíveis correções para sanar a dificuldade. Sendo assim, destaca-se os pontos positivos e negativos:

Pontos positivos:

- Agilidade no abastecimento – Com o pouco tempo de plantio o agricultor necessita reduzir seu tempo com semeadora parada, assim com a proposta neste trabalho consegue-se agilizar o trabalho de abastecimento.
- Utilização de força do trator – Como o equipamento está na lavoura, a utilização de energia elétrica teria um custo alto.
- Forma de armazenamento da semente – O armazenamento da semente pode ser dentro de um caminhão ou carreta agrícola, não necessitando estar em bolsas individuais.
- Ergonomia no abastecimento – O trabalhador não pode exercer forças que venham a prejudicar sua saúde física e nem correr risco de vida ao realizar o abastecimento da semeadora.

Pontos negativos:

- Tanque de óleo – O tanque de óleo é um item necessário quando o trator a ser utilizado não contém óleo suficiente para operar o sistema. Avaliando o cenário atual, onde 100% dos agricultores utilizam o pior trator da fazenda para realizar o abastecimento. O projeto proposto deverá conter o tanque de óleo, que está representado na coluna negativo, devido ao grande cuidado que precisamos ter com o mesmo, evitando contaminação ao solo.
- Necessidade de colocar pó de grafite após abastecimento – A prática do plantio necessita muitas vezes de acréscimo de pó de grafite na semente como forma de lubrificação, nesse caso será necessário adicionar o pó de grafite individualmente em cada reservatório.

### 3.1.3.3. Definição e justificativa do produto desenvolvido

Através das avaliações de mercado e dos equipamentos existentes para o abastecimento de semeadora, visualiza-se uma grande oportunidade de mercado com o equipamento proposto, sendo que mesmo é algo inovador para o segmento.

A tecnologia no setor agrícola vem aumentando a cada ano, trazendo novas características nas sementes, adubos, tratores, semeadoras e colhedoras, devido as mudanças climáticas e os objetivos de realizar mais que um plantio a cada período. Nesse sentido, a janela de plantio fica menor para o agricultor, necessitando semeadoras maiores e com mais velocidade de plantio.

Para o abastecimento das semeadoras, o trabalhador pode abastecer manualmente sacos de adubo (50 kg) e semente (25 kg) ou abastecer com sacos *big bag* (1.000 kg). As duas formas de abastecimento podem trazer inconvenientes ao trabalhador, onde pode ocorrer o excesso de peso que o operador carrega e a ergonomia inadequada, além da demora para o abastecimento. Ao se tratar de sacos *big bag* tem o inconveniente do trabalhador se posicionar abaixo deste, gerando risco a própria saúde no caso de um acidente, pois nesse caso o guincho que carrega o saco *big bag* necessita realizar manobras para o abastecimento, ocorrendo uma certa demora até o enchimento de todos os reservatórios.

Para auxiliar esse trabalho e agilizar no momento do plantio, o presente projeto busca uma tecnologia inovadora para o segmento do plantio, oportunizando o agricultor abastecer a semeadora de forma rápida, com segurança e ergonomia. O projeto de pesquisa busca a possibilidade de abastecimento da semeadora através de um sistema pneumático com capacidade de recolher a semente na carroceria do caminhão e abastecer os reservatórios da semeadora, com ele o agricultor não fica refém de saco *big bag* e/ou carreta graneleira. Será possível transportar a semente em um caminhão com fundo plano, pois o projeto proposto possui sistema de sucção da semente na carroceria de caminhões e ou carretas agrícolas. Outra grande vantagem deste sistema é que a semeadora e o caminhão ficam parados e a tubulação do sistema percorre a carroceria do caminhão e a largura da semeadora, abastecendo todos os reservatórios sem necessidade de movimentação.

### 3.1.4. Especificações das tarefas

Esta fase do capítulo tem por objetivo coletar as várias informações verificadas e esclarecidas nos subcapítulos 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3, como identificar as necessidades que o

projeto propõe solucionar, realizar a pré-identificação dos requisitos e verificar as necessidades do mercado. Após o estabelecimento de uma linha mestra para estabelecer os requisitos do projeto (apresentada no subcapítulo 3.1.4.2), será possível realizar um levantamento inicial do problema, a fim de que a necessidade seja atendida de maneira mais clara. Com estas informações, consegue-se relacionar os requisitos do projeto, e, por fim, justificar estes requisitos.

#### 3.1.4.1. Identificação dos requisitos

Os requisitos refletem as necessidades e expectativas dos clientes que se beneficiarão do projeto/melhoria desenvolvida, por isso, é muito importante conhecer a necessidade desses clientes. Por sua vez antes de iniciar o projeto, deve-se avaliar as condições e/ou capacidades que eles desejam, fazendo com que o engenheiro precise ter grande conhecimento no segmento do mercado para conseguir os dados sem realizar uma pesquisa no mercado em que este produto será inserido, além dos aspectos legais, normas de segurança e leis vigentes.

O desenvolvimento dos requisitos inicia com a análise das informações obtidas nas reuniões com especialistas anteriormente, pois os requisitos consistem em analisar as características a serem atendidas pelo sistema para que atenda às necessidades e expectativas do mercado.

Para a elaboração da lista de requisitos do sistema de abastecimento para semeadoras foram seguidos os seguintes critérios:

- **Segmentação (mercado que o produto será inserido):** Agrícola;
- **Modelo de máquina no mercado:** Abastecedor de semeadoras;
- **Fabricação do produto:** Indústria metal mecânica;
- **Clientes:** Agricultores que buscam melhorar e agilizar o processo de abastecimento das semeadoras.

No Quadro 14 apresenta a identificação dos requisitos fundamentais.

Quadro 14 - Lista de requisitos fundamentais para o abastecedor de semeadoras.

<b>IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS FUNDAMENTAIS DO ABASTECEDOR DE SEMEADORAS</b>		
<b>1 - BÁSICO</b>	<b>2 – TÉCNICOS E ESPECÍFICOS</b>	<b>3 - ATRATIVIDADE</b>
Atende as normas vigentes de segurança	Fácil instalação	Garantir a segurança dos usuários
Abastecimento de semeadoras	Utilização da barra de tração do trator	Sistema hidráulico de acionamento
Transporte de semente	Capacidade de transporte	Simple operação
Mangueira móvel	Pressão positiva e negativa	Alto desempenho

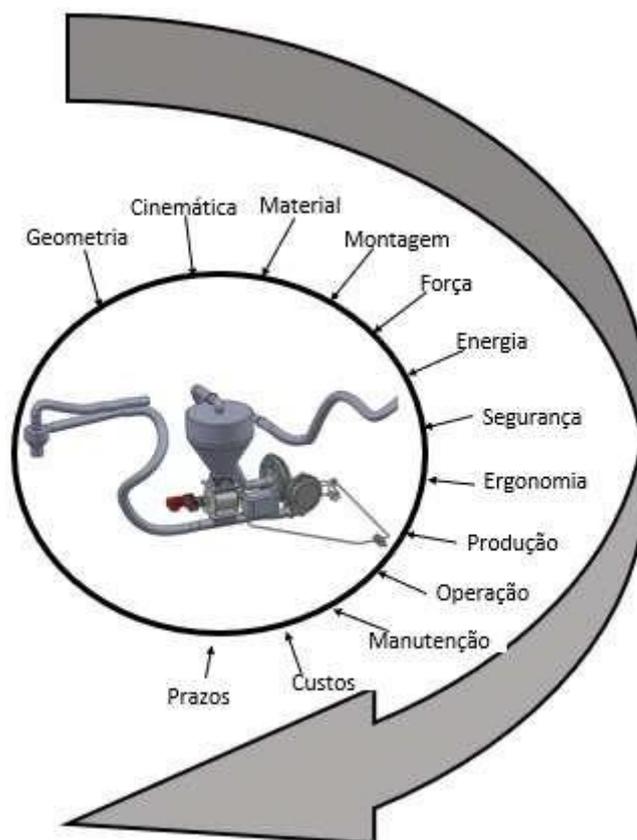
Fonte: Autor (2023).

#### 3.1.4.2. Linha mestra

Outra parte fundamental do projeto é a elaboração da linha mestra, que será muito importante para o bom andamento do projeto. A linha mestra deve conter grandezas e condições que influenciarão no desenvolvimento do produto e estão relacionadas e organizadas através de condicionantes. Para elaboração da linha mestra, deve ser realizado uma avaliação para que as necessidades identificadas sejam atendidas de maneira clara e objetiva. Segundo Pahl et al. (2005) a linha mestra é caracterizada pela elaboração de uma lista de requisitos do produto, contendo aspectos de funcionalidade, desempenho do produto, construção, contendo também prazos e custos.

Com base nas características que o produto deverá apresentar, foi elaborada a linha mestra que deverá ser considerada ao longo do processo de realização do projeto, com as principais características que o produto deverá apresentar. Suas condicionantes resultam nos requisitos do projeto. A Figura 33 apresenta a linha mestra realizada para o desenvolvimento do presente projeto.

Figura 33 - Linha mestra para o desenvolvimento da abastecedora de sementes.



Fonte: Autor (2023).

A linha mestra é a ferramenta utilizada para avaliação e elaboração da lista de requisitos, sendo composta das principais características do produto e desenvolvida considerando as principais funções atribuídas. Para o desenvolvimento da linha mestra consideraram-se características propostas pelo autor e outras novas que vem a atender as especificidades para o produto em desenvolvimento. A linha mestra trata-se de várias características importantes do projeto como geometria, material, acionamento, segurança, ergonomia, entre outras.

As características principais desejadas descritas na linha mestra serão a base para a elaboração dos requisitos para o projeto e influenciarão no desenvolvimento e na construção do produto. O Quadro 15 apresenta o que se deseja nas características apontadas na linha mestra, para assim obter a primeira direção no desenvolvimento e na construção do projeto.

Quadro 15 - Características desejadas da linha mestra.

<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESEJADAS</b>
Geometria	Tamanho, altura, comprimento, demanda de espaço, disposição
Cinemática	Velocidade de transporte, Acionamento
Material	Resistente
Montagem	Execução de montagem que possibilita produção
Força	Carregamento, rigidez, estabilidade, capacidade
Energia	Potência, eficiência, energia de abastecimento, pressão, humidade
Segurança	Princípios de segurança, segurança durante o trabalho, segurança ambiental, sistemas protetores.
Ergonomia	Relação homem-máquina: operação, manutenção
Produção	Limitações no local de produção, meios de produção, qualidade, tolerância.
Operação	Baixo ruído, taxa de desgaste, aplicação.
Manutenção	Revisões em intervalos programados
Custos	Economia, custo de fabricação
Prazos	Fim do desenvolvimento, prazo de entrega.

Fonte: Autor (2023).

Esta etapa da linha mestra é importante para definição das características desejadas, assim na próxima etapa, ao desenvolver a lista de requisitos, consegue-se filtrar importantes características e desejos e com essa clareza, consegue-se conduzir o desenvolvimento do projeto de forma clara e objetiva.

### 3.1.4.3. Requisitos do projeto

Baseado na linha mestra foi elaborado a lista de requisitos observando as necessidades do projeto. A lista servirá de referência, onde estão estabelecidos os requisitos de projeto que deverão ser observados durante todo seu desenvolvimento. Na linha mestra foram mesclados conceitos que devem estar presentes nos projetos para absorver a demanda levantada na pesquisa de mercado e um perfeito funcionamento do produto, de acordo com as especificações técnicas, o projeto ficará mais assertivo e o produto de ótima qualidade. A lista foi dividida em 12 itens que são: geometria, material, montagem, força, energia, segurança, ergonomia, produção, operação, manutenção, custos e prazos.

Para o desenvolvimento da lista de requisitos foi utilizado os fundamentos de Pahl et al. (2005). No Quadro 16 apresenta a lista de requisitos, onde, na primeira coluna consta a etapa da linha mestra, na segunda são classificadas as características dos produtos

analisados e separado de acordo com suas condicionantes em desejáveis (D) e exigidas (E), na terceira coluna está a listagem dos requisitos e na quarta coluna está o responsável pela definição dos requisitos.

Quadro 16 - Lista de requisitos para avaliação do projeto.

<b>USUÁRIO: VALTER KURZ</b>		<b>LISTA DE REQUISITOS PARA O ABASTECEDOR DE SEMEADORA</b>	<b>PÁGINA: 01 FOLHA: 01</b>
<b>LINHA MESTRA</b>	<b>E/D</b>	<b>EXIGÊNCIAS</b>	<b>RESPONSÁVEL</b>
<b>Geometria</b>	D	600 kg/min	Valter
	E	250 kg/min	
	E	Distância da mangueira 15 metros	
	E	Altura de alcance 3 metros	
	E	Quando somente pressão positiva, montar no vão livre da carreta graneleira	
	D	Mais compacta possível	
<b>Cinemática</b>	E	Tempo de abastecimento com 30 linhas 9 minutos	
	E	Acionamento hidráulico	
	E	Transporte pneumático	
<b>Material</b>	D	Componente de grande vida útil	
	E	Resistente a variação climática	
	E	Usuais de mercado	
	E	Mangueira flexível	
	D	Estrutura em aço baixo carbono	
	D	Componentes hidráulicos e pneumáticos padrão comercial	
<b>Montagem</b>	D	Simple e Rápida	
	D	Fácil acesso	
	E	Confecções padrão	
<b>Força</b>	E	Capacidade de abastecimento mínima 250kg/min	
	E	Capacidade de abastecimento máxima 600kg/min	
<b>Energia</b>	E	Hidráulica	
	E	Barra TDP do trator	
<b>Segurança</b>	E	Proteção aos operadores no momento da operação	
	D	Sistema que impeça acidentes	
<b>Ergonomia</b>	E	Facilidade de movimentação da tubulação no momento do abastecimento da semeadora	
	D	Acesso a manutenção	
	D	Baixo médio	

Quadro 16 - Lista de requisitos para avaliação do projeto (continuação).

<b>LINHA MESTRA</b>	<b>E/D</b>	<b>EXIGÊNCIAS</b>	
<b>Produção</b>	E	Fabricação simples	
	E	Não haver impureza no sistema hidráulico e pneumático	
<b>Operação</b>	D	Baixo ruído	
	D	Operação por controle remoto	
	D	Sensores de fluxo	
	D	Sensores de nível	
<b>Manutenção</b>	D	Manutenção anual no sistema hidráulico e pneumático	
	D	Substituição das mangueiras a cada 4 anos	
<b>Custos</b>	E	Material barato para fabricação	
	D	Preço máximo R\$100.000,00	
<b>Fornecedor</b>	D	Curto prazo de entrega	
	D	Custo baixo das peças e sistemas	

D= Desejáveis; E= Exigidas

Fonte: Autor (2023).

#### 3.1.4.4. Justificativa dos requisitos

Após a fase de requisitos do projeto, necessita-se realizar a justificativa destes requisitos, onde será detalhado cada requisito mostrando a necessidade do mesmo, sendo assim, no Quadro 17 definiu-se a justificativa dos projetos.

Quadro 17 - Justificativa dos requisitos.

<b>JUSTIFICATIVA DOS REQUISITOS PARA PROJETO DE UM ABASTECEDOR DE SEMEADORA PNEUMÁTICO</b>		
<b>LINHA MESTRA</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
<b>Geometria</b>	600 Kg/min	Abastecimento de uma máquina de 30 linhas em 3,5 minutos considerando 2100Kg de semente
	300 Kg/min	Volume de abastecimento do equipamento, considerando o abastecimento de semente na máquina acima em 7 minutos.
	Distância de mangueiras 15 metros	Considerando possibilitar o abastecimento de uma máquina com 60 linhas a distância de 45cm entre linhas
	Altura de alcance 5 metros	Condição de abastecer semeadora com caixa central na altura de 5 metros.
	Quando somente pressão positiva montar no vão livre da carreta graneleira.	A carreta graneleira tem formato de cone ou "V" assim sobra espaço em seu chassi, possibilitando a montagem do sistema.

Quadro 17 - Justificativa dos requisitos (continuação).

<b>LINHA MESTRA</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
<b>Geometria</b>	Mais compacta possível	Possibilidade de armazenamento de locais compactos.
<b>Cinemática</b>	Tempo de abastecimento de 30 linhas em 8 minutos	Agilidade no abastecimento da semeadora
	Acionamento hidráulico	Utilização de motores hidráulicos para acionamento das turbinas e rotor
<b>Cinemática</b>	Transporte Pneumático	Transporte mais rápido e seguro, evitando danificação no grão, ergonomia do operador, evitando excesso de esforços.
<b>Material</b>	Componente de grande vida útil	Os materiais devem ser resistentes e duráveis para que o equipamento tenha uma vida útil longa, pois irá trabalhar com material abrasivo.
<b>Materia'l</b>	Resistente a variação climática	Atualmente no Brasil ocorrem plantio no inverno e verão, assim o equipamento deve suportar temperaturas baixas e altas.
	Usuais do mercado	Para conseguir menor custo no equipamento é necessário utilizar materiais disponíveis no mercado, evitando peças exclusivas.
	Mangueiras flexíveis	Tanto o equipamento quanto a semeadora deverão ficar paradas, assim, a mangueira deverá percorrer todo o percurso da semeadora.
	Estrutura em aço baixo carbono	Material mais usual e padrão comercial
	Componentes hidráulicos e pneumáticos padrão comercial	Evitar projetos exclusivos na parte hidráulica e/ou pneumática
<b>Montagem</b>	Simple e rápida	O processo de montagem muitas vezes pode envolver sistemas complicados, principalmente por tratar de hidráulico e pneumático, deverá ser realizado testes no final da montagem, facilitar esse tipo de processo agiliza no momento da fabricação.
	Fácil acesso	Esse cuidado deverá ser realizado principalmente durante o projeto, pois o acesso aos itens facilita a montagem e manutenção do equipamento.
	Confecção padrão	Processos de montagens padrão, dispositivos, equipamentos de teste.

Quadro 17 - Justificativa dos requisitos (continuação).

<b>LINHA MESTRA</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
<b>Força</b>	Capacidade de abastecimento mínimo 300Kg/min	Volume de abastecimento do equipamento, considerando o abastecimento de semente na máquina acima em 7 minutos.
	Capacidade de abastecimento 600Kg/min	Abastecimento de uma máquina de 30 linhas em 3,5 minutos considerando 2100Kg de semente
<b>Energia</b>	Hidráulica	Sistema hidráulico independente para movimentar as turbinas e rotor
	Barra de tração do trator	Utilização da barra de tração do trator para tocar a bomba hidráulica.
<b>Segurança</b>	Proteção aos operadores no momento da operação	O equipamento deverá possuir métodos de segurança, garantindo o bem estar dos operadores.
	Sistema que impeça acidentes	Ao trabalhar com pressão, precisamos ter válvulas de segurança, que acionam em altas pressões.
<b>Ergonomia</b>	Facilidade de movimentação da tubulação no momento do abastecimento da semeadora	A operação deve ser facilitada, pois o processo de abastecimento deve ser rápido.
	Acesso a manutenção	Deve ser avaliado o projeto possibilitando condição de manutenção
	Baixo ruído	Ao trabalhar com turbinas, sabe-se que tem grandes ruídos, assim precisamos reduzi-lo o máximo possível.
<b>Produção</b>	Fabricação simples	Evitar dificultar a fabricação dos itens, possibilitando produção em alta demanda
	Não haver impureza no sistema hidráulico e pneumático	Local de montagem limpo, evitando impurezas na parte interna do sistema
<b>Operação</b>	Baixo Ruído	Evitar altos ruídos no sistema, mantendo o mesmo dentro das normas.
	Operação por controle remoto	Controle do sistema por controle remoto possibilita uma pessoa a realizar o abastecimento
	Sensor de fluxo	Permite o operador identificar a falta de fluxo no sistema, identificando problemas
	Sensor de nível	Possibilita o operador a identificar o nível dos reservatórios

Quadro 17 - Justificativa dos requisitos (continuação).

LINHA MESTRA	REQUISITO	JUSTIFICATIVA
<b>Manutenção</b>	Manutenção anual do sistema hidráulico e pneumático	Após cada safra o ideal é realizar uma manutenção no sistema, evitando desgastes prematuros.
	Substituição das mangueiras a cada 4 anos.	Quando o equipamento não estiver sendo usado (entre safras) deve ser guardado em local apropriado, conseguindo um tempo de duração das mangueiras até 4 anos.
<b>Custos</b>	Material barato para fabricação	Ao saber que equipamentos hidráulicos e pneumáticos tem alto custo, devemos realizar pesquisa de fornecedores com custo definidos.
	Preço máximo R\$70.000,00	Ao definir a utilização por médios e grandes produtores, precisamos um custo máximo mais espaço no mercado.
<b>Fornecedores</b>	Curto prazo de entrega	Para evitar estoque, precisa-se negociar para o fornecedor entregar as peças em prazo pequeno.
	Custo baixo das peças e sistema	Ao tentar conquistar pequenos agricultores, precisa-se reduzir o custo final do item.

Fonte: Autor (2023).

### 3.1.5. Síntese

Na etapa de síntese, conforme mencionado por Norton (2013), é a etapa de concepção e invenção, onde nesse momento não se deve avaliar qualidade e custo do projeto e sim buscar o maior número de variedades do projeto possível, sendo este o momento da criatividade do projeto.

#### 3.1.5.1. Definição da estrutura funcional

Ao iniciar o estudo da estrutura funcional, o primeiro passo é a elaboração de um modelo de função total, ou global, deste produto. A função total deve expressar as principais funções do produto através do relacionamento entre as entradas e saídas (PAHL et al., 2005). Deve ser um resumo do que se esperar do produto funcionalmente.

No presente projeto, os critérios foram formalizados da seguinte maneira: a variável de entrada de matéria são os insumos do equipamento, de energia é a hidráulica e de sinal são as informações (isso já avaliando um projeto futuro com a automatização do sistema). Na variável de saída é o abastecimento da semeadora, a transformação de energia cinética e os sinais que serão convertidos em controle de sistema. O Quadro 18 apresenta a forma esquemática da função global.

Quadro 18 - Relação das entradas e saídas da função global.

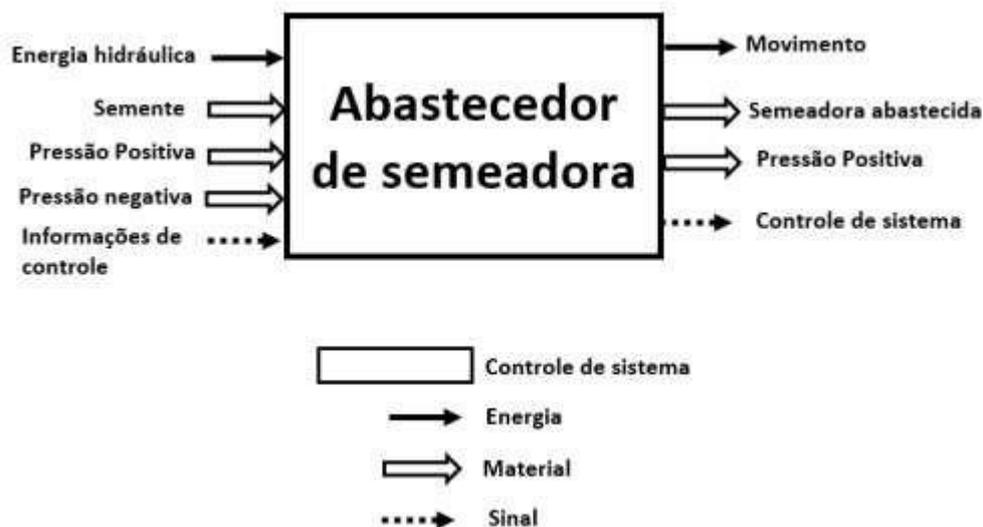
ANÁLISE FUNCIONAL	ENTRADA	SAÍDA
Matéria	Insumo	Abastecimento semeadora
Energia	Energia hidráulica	Energia cinética (rotação)
Sinal	Informações	Controle sistema

Fonte: Autor (2023).

A função global é caracterizada por auxiliar no abastecimento de semeadora durante o plantio. A definição do fluxo de entrada e saída são: entrada para a função global a semente, e, a saída para a função global, a semeadora abastecida.

A Figura 34 exibe a representação gráfica da função total é realizada e fluxos de energia, material e sinal, em um lado a entrada e no outro a saída do sistema. O desenvolvimento da função total foi baseado na metodologia de Pahl et al. (2005).

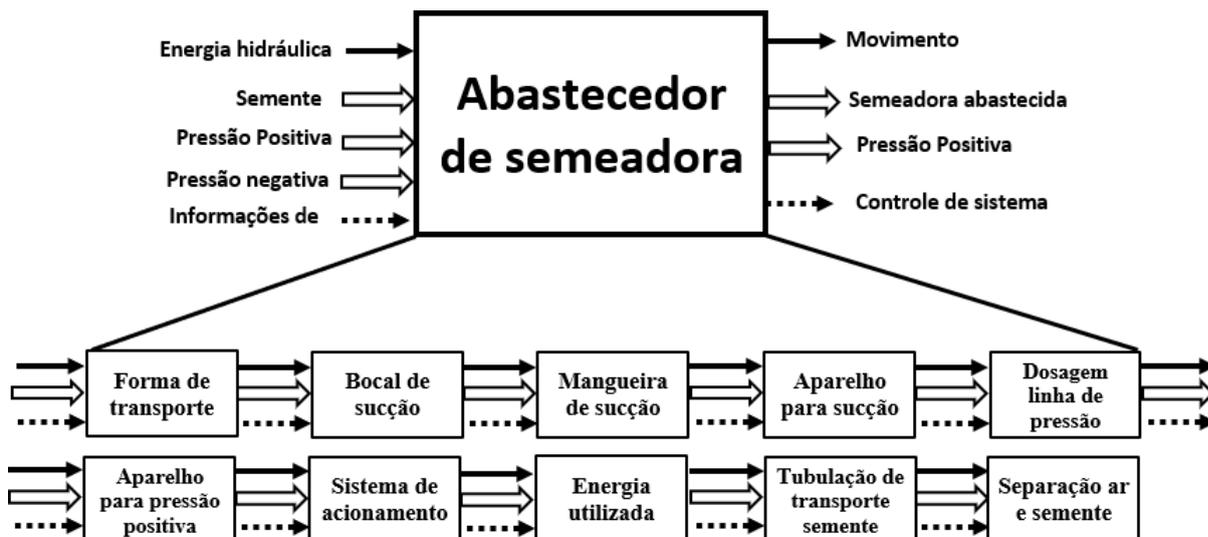
Figura 34 - Função global do abastecedor de semeadora.



Fonte: Autor (2023).

A função global pode ser desdobrada em subfunções às quais corresponderão em subtarefas de menor complexibilidade (PAHL et al., 2005). A integração das subfunções na função global conduz a estrutura de funções que representa a função global. O objetivo é simplificar a função global e interligar as subfunções em uma estrutura, formando assim o fluxograma que relaciona as funções do equipamento à função principal (Figura 35), possibilitando a busca de soluções para concepção do projeto.

Figura 35 - Estrutura de funções com subfunções secundárias.



Fonte: Autor (2023).

Elaborada a estrutura de funções e subfunções, onde se observou as necessidades para transportar a semente de seu local de armazenamento (carreta graneleira, caminhão, etc.). Como exemplos de transportes em silos graneleiros, definindo assim, os princípios de funcionamento que o projeto necessita para sanar o problema existente. O próximo passo é a busca de soluções que atendam a função global do projeto.

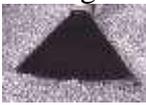
### 3.1.5.2. Princípios de soluções

A partir da identificação das subfunções, é o momento de ir para a etapa que se busca as soluções específicas para cada uma delas, mantendo a sistemática de funcionamento de todo o conjunto. Com o auxílio de Pahl et al. (2005), que propõem um esquema organizador, são listadas as funções e as respectivas soluções propostas. Para esse esquema de organização precisa analisar individualmente cada problema e encontrar soluções para ele. Esse formato de avaliação é denominado matriz morfológica.

Na estruturação dos princípios de funcionamento de cada subfunção, foram pesquisadas de duas a três opções para atender as necessidades do projeto. As variantes elencadas tratam possibilidades de funcionamento tendo em vista a aplicação similares e já existentes.

Aplicando o princípio da Matriz Morfológica (PAHL et al., 2005), o Quadro 19 apresenta as possíveis soluções do projeto, sendo composta por 10 linhas e quatro colunas, nas quais são apresentadas as alternativas de solução para cada parte do projeto que correspondem a subfunção da função global.

Quadro 19 - Matriz morfológica identificando as possíveis soluções do projeto.

SOLUÇÃO				
	FUNÇÃO	A	B	C
1	Forma de transporte	Pressão negativa / positiva		
2	Bocal de sucção	Redondo 	Retangular 	Quadrado 
3	Mangueira de sucção	Tubulação de PVC 	Tubulação de aço 	Tubulação borracha termoplástica 
4	Aparelho de sucção	Compressor radial 	Turbina negativa 	Motor
5	Dosagem linha de pressão	Rosca sem Fim 	Rotor 	
6	Aparelho pressão positiva	Compressor 	Turbina positiva 	
7	Sistema de acionamento	Elétrico 	Hidráulico 	
8	Energia utilizada	Elétrica 	Barra de tração do trator 	Gerador elétrico 
9	Tubulação de transporte de semente	Tubulação de PVC 	Tubulação de aço 	Tubulação borracha termoplástica 
10	Separação do ar e semente	Peneira 	Ciclone 	

Fonte: Autor (2023).

Através da matriz morfológica apresentada no Quadro 19 observa-se todas as opções para as possíveis soluções do problema do projeto e no Quadro 20 encontra-se uma explanação para cada proposta apresentada.

Quadro 20 - Descrições das soluções na matriz morfológica.

<b>DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES NA MATRIZ MORFOLÓGICA</b>	
<b>1</b>	Para o transporte da semente do local de armazenamento até a semeadora consideramos duas possibilidades que venham a atender a segurança e ergonomia do operador, assim, destacou-se na coluna A o sistema pneumático trabalhando inicialmente com pressão negativa (vácuo) sugando a semente de seu local de armazenamento.
<b>2</b>	Para o bocal de sucção das sementes, coloca-se na coluna A o bocal redondo considerando o próprio duto de sucção, já na coluna B opta-se por um bocal retangular, e coluna C apresenta-se um bocal quadrado, ambos os três consegue-se realizar a limpeza da superfície de armazenamento da semente.
<b>3</b>	Ao considerar como será transportado, identificou-se forma de transporte considerando tanto sistema pneumático. Na coluna A apresenta uma tubulação em PVC, na coluna B, optou-se pela tubulação em aço carbono e na coluna C destacou-se as mangueiras de borrachas termoplásticas.
<b>4</b>	Ao destacar a opção de utilização do sistema pneumático, precisa-se definir o aparelho a utilizar para geração do vácuo, neste caso a coluna A apresenta um compressor radial e na coluna B encontra-se uma turbina de pás radiais.
<b>5</b>	Ao destacar a opção de utilização do sistema pneumático, após a sucção e separação da semente, precisa-se dosar o produto para uma linha de pressão positiva, para ocorrer isso, apresenta-se na coluna A um dosador com sistema de dosagem de precisão do tipo rosca sem fim e na coluna B apresenta-se o sistema de dosagem por rotor, bastante utilizado nas indústrias.
<b>6</b>	Ao destacar a opção de utilização do sistema pneumático, necessita-se deslocar a semente até o reservatório da semeadora, nesse caso pode-se utilizar um compressor radial apresentado na coluna A ou uma turbina de pás radiais apresentado na coluna B.
<b>7</b>	Independente do sistema escolhido para transporte da semente o sistema de acionamento pode ser através de motor elétrico mostrado na coluna A ou por motor hidráulico apresentado na coluna B.
<b>8</b>	Para realizar o acionamento dos motores, necessita-se de uma fonte de energia, essa pode ser elétrica apresentado na coluna A, pode-se utilizar a barra de tração do trator conforme mostrado na coluna B ou até mesmo a utilização de um gerador elétrico movido a diesel C.
<b>9</b>	Ao considerar como será transportado nessa segunda etapa, na coluna A apresenta uma tubulação em PVC, na coluna B, optou-se pela tubulação em aço carbono e na coluna C destacou-se as mangueiras de borrachas termoplásticas.
<b>10</b>	Ao considerar o sistema pneumático de transporte, no final da tubulação a semente precisa separar do fluído de transporte (ar), assim na coluna A apresenta uma peneira para e na coluna B mostra um mini ciclone.

Fonte: Autor (2023).

### **3.2. 2º estágio – Projeto preliminar**

No 2º estágio que corresponde ao projeto preliminar, é o momento de realizar a análise e combinação das soluções do projeto, quais devem ser avaliadas com a utilização

da função global, subfunções e a matriz morfológica. A análise deve ser técnica de forma a solucionar o problema existente.

### 3.2.1. Análise

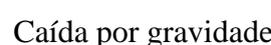
Este é o momento de definir o projeto e através das soluções encontradas, definir qual a melhor alternativa que vai solucionar o problema. Nesta análise serão apresentadas a combinação de soluções apresentadas através da matriz morfológica.

#### 3.2.1.1. Combinação das soluções

A combinação de soluções é uma parte muito importante do projeto onde após as avaliações da função global e suas subfunções, foi construído a matriz morfológica com as possíveis soluções para o projeto e agora é o momento de construir uma sequência da solução. Esta combinação da solução intuitiva deve levar em conta variáveis físicas e geométricas, deve empregar características apropriadas para a solução do problema, tendo assim uma compatibilidade entre cada escolha interligada.

Para conseguir realizar esta tarefa de combinação, utiliza-se a matriz morfológica desenvolvida anteriormente e nela deve ser traçado as sequencias de combinação de soluções, o Quadro 21, mostra as 2 sequências de soluções encontradas para este projeto.

Quadro 21 - Matriz morfológica com variantes.

		SOLUÇÃO		
	FUNÇÃO	A	B	C
1	Forma de transporte	Pressão negativa		
2	Bocal de sucção	Redondo 	Retangular 	Quadrado 
3	Mangueira de sucção	Tubulação de PVC 	Tubulação de aço 	Tubulação borracha termoplástica 
4	Aparelho de sucção	Compressor radial 	Turbina negativa 	Motor 
5	Dosagem linha de pressão	Rosca sem Fim 	Rotor 	Caída por gravidade 
6	Aparelho pressão positiva	Compressor 	Turbina positiva 	
7	Sistema de acionamento	Elétrico 	Hidráulico 	
8	Energia utilizada	Elétrica 	TDP do trator 	Motor combustão 
9	Tubulação de transporte de semente	Tubulação de PVC 	Tubulação de aço 	Tubulação borracha termoplástica 
10	Separação do ar e semente	Peneira 	Ciclone 	Por gravidade 

Fonte: Autor (2023)

V1 V2

Após a avaliação das possíveis soluções, foram encontradas duas possíveis soluções, V1 e V2. Nestas soluções observamos que a V1 partiu de processo de transporte pneumático com pressão negativa e positiva, seguindo com tubulação em PVC com duas turbinas, uma para cada sistema pneumático, utilizando motor hidráulico nas turbinas e força da tomada de pressão do trator, sendo assim sistema hidráulico independente. Já a V2 optou pela versão em transporte pneumático também, mas utilizando tubulação de borracha termoplástica, sistema de geração fluido de transporte o compressor radial, utilizando um apenas para as duas tarefas, nesse caso a energia partiu de motor a combustão e um gerador de energia e com motores elétricos.

### 3.2.2. Seleção das variantes

Após a identificação das possíveis soluções através da matriz morfológica, o próximo passo é analisar essas soluções e através de metodologias adequadas, definir a solução ideal para o problema apresentado.

#### 3.2.2.1. Avaliação da solução

Com o objetivo de facilitar o processo de escolha das combinações definidas, que levam diferentes variantes de conceito para o produto, buscando o atendimento dos requisitos do projeto, foi realizado uma análise quantitativa das necessidades principais. Essa ferramenta de análise foi apresentada por Pahl et al. (2005) e com base nestas condicionantes de seleção, as necessidades descritas foram avaliadas e identificadas com o símbolo de (+) quando atendem completamente as exigências e com sinal (-) quando não atende as exigências, o sinal de (?) quando necessário mais informações e o sinal de (!) quando for necessário verificar na lista de requisitos. Caso alguma variação apresentar sinal negativo em alguns dos critérios, ela será reprovada e não avançará para próxima etapa. Através do grupo de engenheiros especialistas em plantio, foi avaliado e descrito os critérios de avaliação descritos no Quadro 22, tais critérios foram definidos por:

- Satisfaz as exigências da lista de requisitos;
- É funcional;
- Segurança durante o abastecimento;
- Consegue levar/deslocar até a lavoura, e;
- Custo aceitável.

Quadro 22 - Lista de soluções quantitativas.

Variantes da solução	Lista de seleção: Abastecedor de semeadoras					Decisão	
	Critério de avaliação da variante						Decidir: Marcar variantes da solução
	(+), sim, (-) Não						
	(?) Faltam informações						(+), Continuar com o desenvolvimento
	(!) Verificar lista de requisitos						
	Satisfeitas as exigência na lista de requisitos						(-) Eliminar solução
	É funcional						
	Segurança durante abastecimento						(?) Obter informação reavaliar solução
	Facilidade de transporte até a lavoura						
	Custo aceitável						(!) Verificar lista de requisitos sobre a alteração
A	B	C	D	E	Observações: (Sugestões e Justificativas)		
V1	+	+	+	+	+		
V2	+	+	+	-	-	Quando trabalhado com gerador de energia o custo do produto eleva e necessita de transporte especial devido ao tamanho do equipamento	

Fonte: Autor (2023).

Com a análise quantitativa eliminou-se uma das variantes que existiam para solucionar o problema, com a aplicação da seleção sistemática e com a lista de seleção ficou a variante (V1). A principal diferença entre as duas variantes avaliadas é a forma de obtenção de energia, o que impactou na escolha de uma das variantes.

Ao se trabalhar com sistema hidráulico independente, consegue-se utilizar trator desde mais antigo (sem bamba hidráulica) até os modelos mais novos. O gerador de energia é um equipamento de grande porte, o qual necessitaria de um transporte específico e exclusivo para ele, aumentando o custo.

A variante escolhida irá utilizar motores hidráulicos para geração de rotação, sendo assim utilizarão a TDP do trator, tanque de óleo, bomba hidráulica, válvulas e motores hidráulicos.

### 3.2.2.2. Solução utilizada

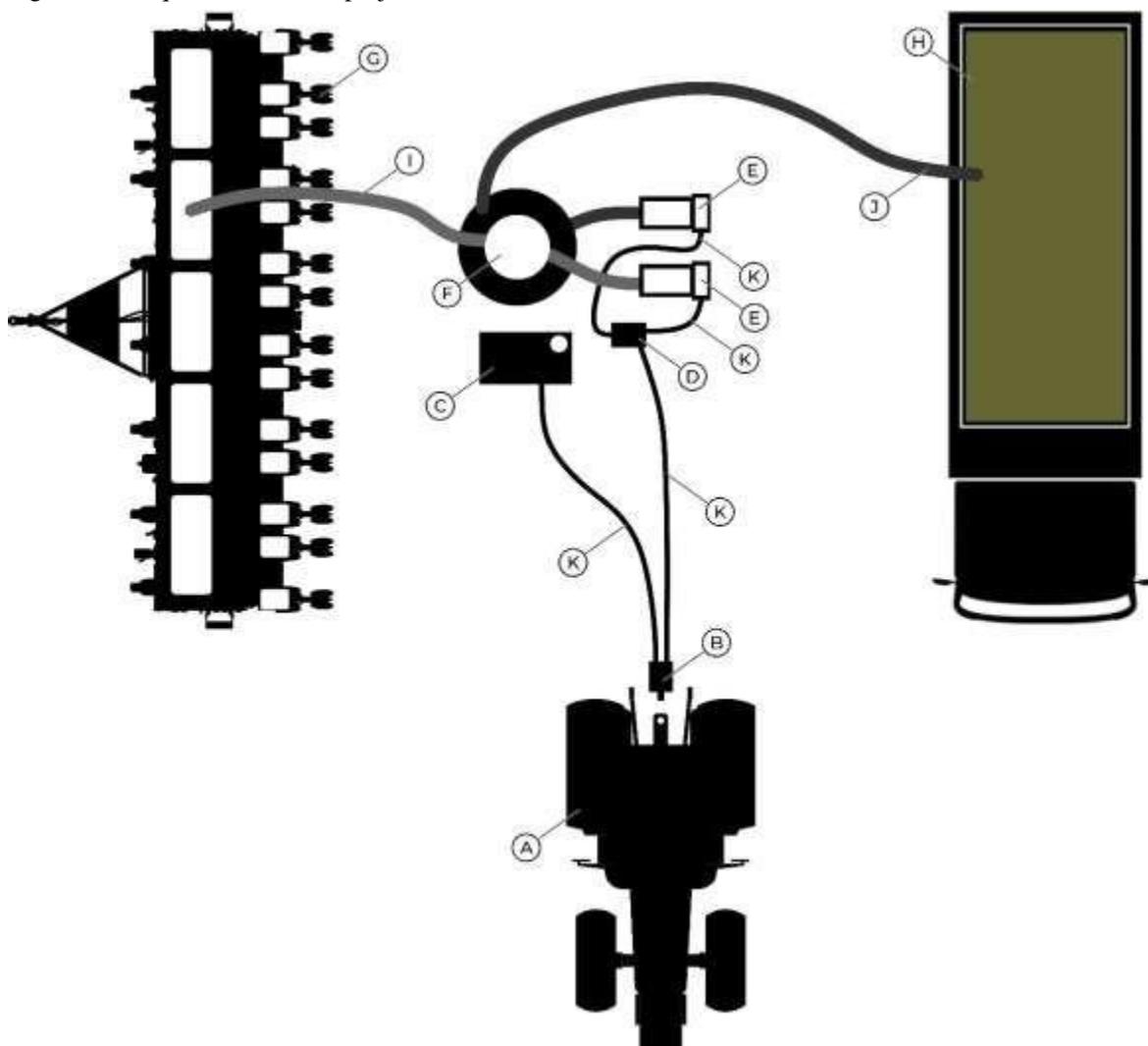
Os estudos desenvolvidos direcionaram para a variante V1, a qual, por sua vez é o conceito ideal para solucionar o problema apresentado neste trabalho. Na V1 destaca-se a utilização de transporte pneumático de produtos, iniciando com a sucção e posteriormente a pressão positiva, que levará os produtos de seu local de armazenamento até a semeadora, realizando assim o abastecimento da mesma.

Após a definição da variante que será utilizada para solução do problema, agora é momento de definir quais as etapas do projeto. Nesse primeiro momento será definido

quais os caminhos e o que a semente irá percorrer em cada etapa, verificando assim as necessidades para o desenvolvimento do projeto.

A Figura 36 apresenta a sequência que o projeto deverá ter, iniciando na sucção da semente no caminhão, passando pelo ciclone e em seguida realizando o abastecimento da semeadora.

Figura 36 - Esquema teórico do projeto.



Fonte: Autor (2023).

O Quadro 23 apresenta a sequência de itens que inicialmente farão parte do projeto.

Quadro 23 - Partes do projeto preliminar.

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
A	Trator
B	Bomba hidráulica
C	Reservatório hidráulico
D	Válvula divisora de fluxo
E	Turbina com motor hidráulico
F	Ciclone e rotor
G	Semeadora
H	Caminhão e/ou carreta agrícola
I	Mangueira da pressão positiva
J	Mangueira da pressão negativa
K	Mangueiras hidráulicas

Fonte: Autor (2023).

Com o pré-projeto definido verifica-se as necessidades, iniciando pelo local de armazenagem da semente, tubulação de sucção, ciclone, turbina pressão negativa, rotor de dosagem, turbina pressão positiva, mangueira de transporte, mini ciclone e a formação de energia, que vai ser realizada com o trator através da tomada de potência TDP. A TDP que vai tocar uma bomba hidráulica utilizará o óleo de tanque independente para realizar a movimentação dos três motores hidráulicos e para conseguir enviar óleo para os três motores vai ser utilizado uma válvula divisora de fluxo.

Depois de definido a solução a ser utilizada, é o momento de iniciar a identificação e definição dos produtos a ser selecionados. Para conseguir selecionar/projetar o item adequando primeiramente necessita-se da realização dos cálculos, verificando o dimensional de cada item.

## 4. discussão dos Resultados

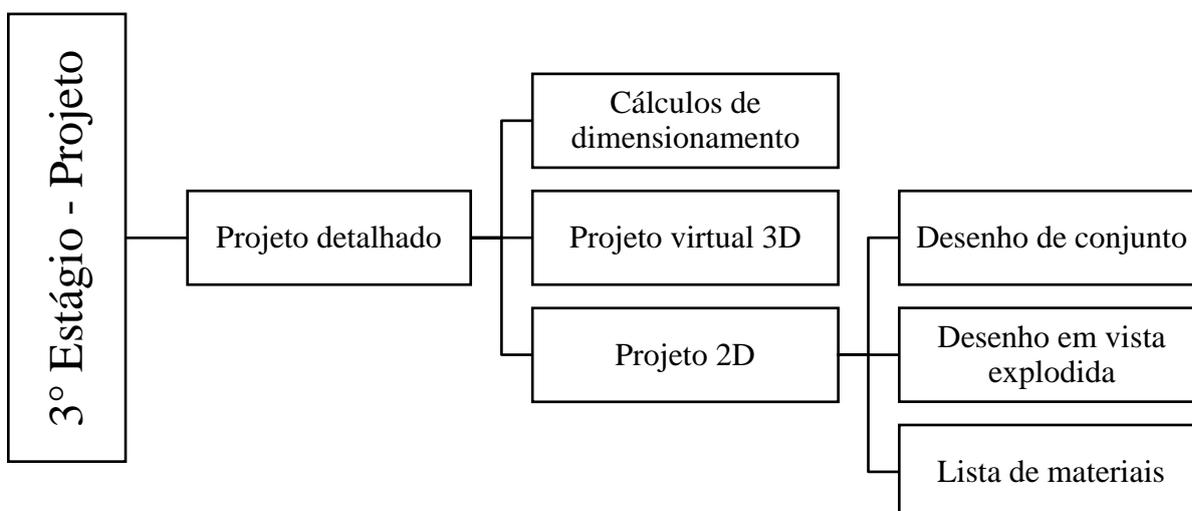
Neste capítulo estão sendo abordado os resultados encontrados através das avaliações realizadas nos capítulos 2 e 3, nos quais foram apresentados o que existe no mercado, uma avaliação de qual a necessidade do agricultor e por fim o que o agricultor necessita, chegando-se assim à definição do projeto que será apresentado neste capítulo.

Neste capítulo é o momento de avaliar e definir quais peças serão fabricadas e ou adquiridos no mercado externo. Sendo assim, serão apresentados os principais cálculos de forma a definir partes fundamentais do projeto, possibilitando a realização da compra das peças de fornecedores externos.

### 4.1. 3º estágio - Projeto detalhado

Neste terceiro estágio é o momento do dimensionamento do equipamento, definindo quais modelos de itens utilizar. A Figura 37 apresenta a estruturação deste capítulo por meio da metodologia apresentada no fluxograma.

Figura 37 - Fluxograma das etapas da estrutura de conceito.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.1.1. Cálculo de dimensionamento

Este subcapítulo aborda os cálculos de cada parte do equipamento, onde serão dimensionadas tubulações, estruturas, turbinas, rotor entre outras partes.

Para um entendimento das escolhas definidas, serão apresentados os cálculos principais, e todos os cálculos para chegar no dimensionamento correto do equipamento encontra-se nos Apêndices A1 a A13.

#### 4.1.1.1. Tubulação de sucção e pressão

Para realizar o transporte dos produtos serão utilizadas mangueiras de plástico flexível, dimensionadas de modo a permitir a flutuação dos grãos no ar de transporte com o máximo de descarga e o mínimo de perda de pressão. O produto precisa ser transportado de modo a evitar o contato com as paredes da mangueira, pois ao encostar, gera perda de pressão por atrito. Devido a mangueira ser flexível, ela permite movimentar-se e abastecer a semeadora sem a necessidade de mudar o equipamento de lugar durante o abastecimento.

Para realização dos cálculos trabalhou-se com uma necessidade de vazão de 15.000 Kg/h de produto. Avaliando a necessidade de abastecer uma semeadora com 20 linhas e 50kg de semente cada linha, nessa máquina necessita 1.000 Kg de semente, o abastecimento desta vai ocorrer em 4 minutos mais o tempo de deslocamento do operador.

Para uma melhor durabilidade e rendimento, através de pesquisas, a mangueira escolhida para exercer a função de transporte neste projeto foi a mangueira KPU-BOR fornecida pelo fabricante Kanaflex, conforme catálogo no Anexo 2.

Para realizar o cálculo do diâmetro interno da mangueira deverão ser utilizadas as Equações 2, 3 e 4, apresentadas o capítulo 2.6.4.

$$Q_{ar} = A * C_{ar}$$

$Q_{ar}$  – Vazão de ar [ $m^3/s$ ]

A – Área da secção da tubulação [m]

$C_{ar}$  – Velocidade do ar [m/s]

Transformando a equação teremos que:

$$A = \frac{Q_{ar}}{C_{ar}} = \frac{0,67}{41,41} = 0,016 \text{ m}^2$$

Com a aplicação das fórmulas encontrou-se uma área necessária de  $0,016 \text{ m}^2$ .

Da área, decorre o diâmetro da tubulação:

$$D_t = \sqrt{4 * \frac{A}{\pi}} = \sqrt{4 * \frac{0,016}{\pi}} = 0,143 \text{ m} = 0,143 \times 1000 = 143 \text{ mm}$$

Onde:

$D_t$  – Diâmetro da tubulação de transporte

Após os cálculos realizados, foi encontrado diâmetro necessário para a tubulação de transporte de 143 mm.

Com diâmetro da tubulação calculada, utilizou-se do catálogo do fornecedor e verificou-se que a medida mais próxima interna é 140 mm.

#### 4.1.1.2. Dimensionamento do ciclone

As dimensões de um ciclone projetado para um ótimo desempenho dependerão, portanto, de sua aplicação real, ou seja, da natureza do material sólido a ser separado e da eficiência de separação necessária. Para alta eficiência de coleta, a forma do ciclone seria modificada diminuindo a área da seção transversal da entrada gás-sólido e da saída de gás e reduzindo a profundidade na qual o duto de saída de gás se estende para dentro do cilindro do ciclone. Também para alta eficiência, um ciclone de menor diâmetro seria selecionado (MILLS, 2004).

Através da utilização da Equação 25, consegue-se encontrar o valor de  $D_c$  que se refere ao diâmetro maior do ciclone.

$$D_c = \sqrt{\frac{Q}{R}} = \sqrt{\frac{2400}{6860}} = 0,59m \times 1000 = 590mm$$

Com o valor de  $D_c$  definido, conseguimos calcular as demais medidas através da tabela de Wang (2004).

Wang (2004), apresenta quatro famílias com diferentes propósitos, sendo, alta eficiência, de uso gera ou de alta capacidade, nesse projeto inicialmente será utilizado a coluna para propósito geral rápido. Sendo assim, a Tabela 9 apresenta as fórmulas e resultado para cada medida do ciclone central.

Tabela 9 - Dimensões calculadas para o ciclone.

DIMENSÃO	PROPÓSITO GERAL	
	SWIFT	VALOR CALCULADO (MM)
$D_c$	1,0	590,25
$D_e / D_c$	0,5	295,6
$a / D_c$	0,5	295,6
$b / D$	0,25	147,8
$H / D_c$	3,75	2217,2
$h / D_c$	1,75	1034,7
$B / D_c$	0,4	236,5
$S / D_c$	0,6	354,8

Fonte: Autor (2023).

#### 4.1.1.3. Cálculo da vazão do ar de transporte

Definir o valor da vazão do ar de transporte é muito importante, pois esta variante define várias partes do equipamento, como diâmetro da tubulação, potência da turbina, motor hidráulico, bomba hidráulica e tamanho do tanque de óleo.

Ao aplicar a Equação 12 conseguimos encontrar o valor de vazão de ar necessário para o transporte de 15000 kg de produto por hora.

$$V_{ar} = \frac{G_{ar}}{\gamma_{ar}} = \frac{G_m}{r_p \gamma_{ar}}$$

$$V_{ar} = \frac{15000}{1,2 \times 5,21} = 2400 \text{ m}^3/h = 0,67 \text{ m}^3/s$$

Nesta etapa foi definido os principais cálculos necessários para dimensionar o equipamento, os demais cálculos encontram-se no Apêndice 1, onde eles estão detalhados e de forma a entender como foi obtido os valores apresentados acima.

#### 4.1.2. Projeto virtual 3D

A etapa de especificação de projeto nos estágios 1 e 2 foi essencial para classificação das necessidades, servindo de base para o desenvolvimento do produto. Foi possível o atendimento da lista de requisitos que foi elaborada a partir da linha mestra minimizando erros no projeto.

No Quadro 24 apresenta os requisitos e o comentários sobre o atendimento deles no projeto final.

Quadro 24 – Verificação do atendimento dos requisitos.

<b>JUSTIFICATIVA DOS REQUISITOS PARA PROJETO DE UM ABASTECEDOR DE SEMEADORA PNEUMÁTICO</b>		
<b>LINHA MESTRA</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
<b>Geometria</b>	250 Kg/min	Inicialmente vamos trabalhar com a possibilidade de transporte com 250 Kg/min, após a realização do protótipo, será avaliado a possibilidade de aumentar a velocidade.
	Distância de mangueiras 15 metros	Foi considerado a utilização de mangueira de descarga com 15 metros, possibilitando estacionar a semeadora em posição que o equipamento fique no centro da mesma e possibilitando o abastecimento total de 30 metros.
	Altura de alcance 3 metros	Foi considerado uma altura de sucção de 3 metros e de descarga (semeadora) de 3 metros
<b>Geometria</b>	Quando somente pressão positiva montar no vão livre da carreta graneleira.	Através da avaliação foi verificado a possibilidade da utilização do sistema com pressão positiva somente
	Mais compacta possível	Ficou um equipamento compacto com dimensões 1700x2600 mm e uma altura de 1600mm
<b>Cinemática</b>	Tempo de abastecimento de 30 linhas em 9 minutos	Com os cálculos obtidos conseguiremos abastecer o implemento em 8,4 min.
	Acionamento hidráulico	Os sistemas de acionamento são hidráulicos, com reservatório de óleo, fazendo um sistema independente.
	Transporte Pneumático	Sistema de transporte 100% pneumático, iniciando com sucção de semente e posteriormente transporte com pressão positiva.
<b>Material</b>	Componente de grande vida útil	Materiais utilizados são de empresas com grandes experiencias no mercado, trazendo matérias de alta qualidade e durabilidade.
	Resistente a variação climática	Mangueiras (tubulações) são as partes que mais sofrem avarias com a variação climática, mas foi pesquisado empresas fornecedoras com vasta experiencia deste sistema de transporte, possibilitando uma vida útil aceitável de 4 a 6 anos (nas mangueiras).

Quadro 24 - Verificação do atendimento dos requisitos (continuação).

<b>LINHA MESTRA</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
<b>Material</b>	Usuais do mercado	Produtos selecionados são de empresas com vasta experiência em transporte pneumático e com produtos em exposição ao clima.
	Mangueiras flexíveis	Mangueira utilizada são flexíveis, possibilitando manuseio ágil no momento do abastecimento das semeadoras.
	Estrutura em aço baixo carbono	As estruturas produzidas internamente são de aço baixo carbono.
	Componentes hidráulicos e pneumáticos padrão comercial	Inicialmente serão utilizados equipamentos hidráulicos padrão de mercado, após aprovado o projeto, poderá desenvolver um bloco hidráulico padrão exclusivo para o equipamento.
<b>Montagem</b>	Simple e rápida	O desenvolvimento do projeto é com componentes padrão de mercado, possibilitando assim uma montagem simples e rápida.
	Fácil acesso	Equipamento projetado com acessos fáceis para realização da montagem e manutenção do equipamento.
	Confecção padrão	Equipamento com peças compradas e fabricadas, possibilitando uma confecção e montagem padrão.
<b>Força</b>	Abastecimento mínimo de 350Kg/min	Devido a utilização de equipamentos padrão de mercado, quais já estão testados e aprovados, foi projetado para uma capacidade de transporte de 250 Kg/min.
<b>Energia</b>	hidráulica	Com a utilização de um reservatório de óleo, foi possível desenvolver um sistema hidráulico independente para movimentar as turbinas e rotor.
	Barra de tração do trator TDP	Foi utilizado uma bomba acoplada na TDP do trator possibilitando o acionamento do sistema hidráulico independente.
<b>Segurança</b>	Proteção dos operadores no momento da operação	Os operadores não necessitarão se expor ao perigo durante a utilização do equipamento, não necessita ficar embaixo do equipamento e nem carregar peso.
	Sistema que impeça acidentes	As turbinas já vêm com válvula de segurança e as mangueiras possuem sua extremidade abertas, evitando o acidente por excesso de pressão.

Quadro 24 - Verificação do atendimento dos requisitos (continuação).

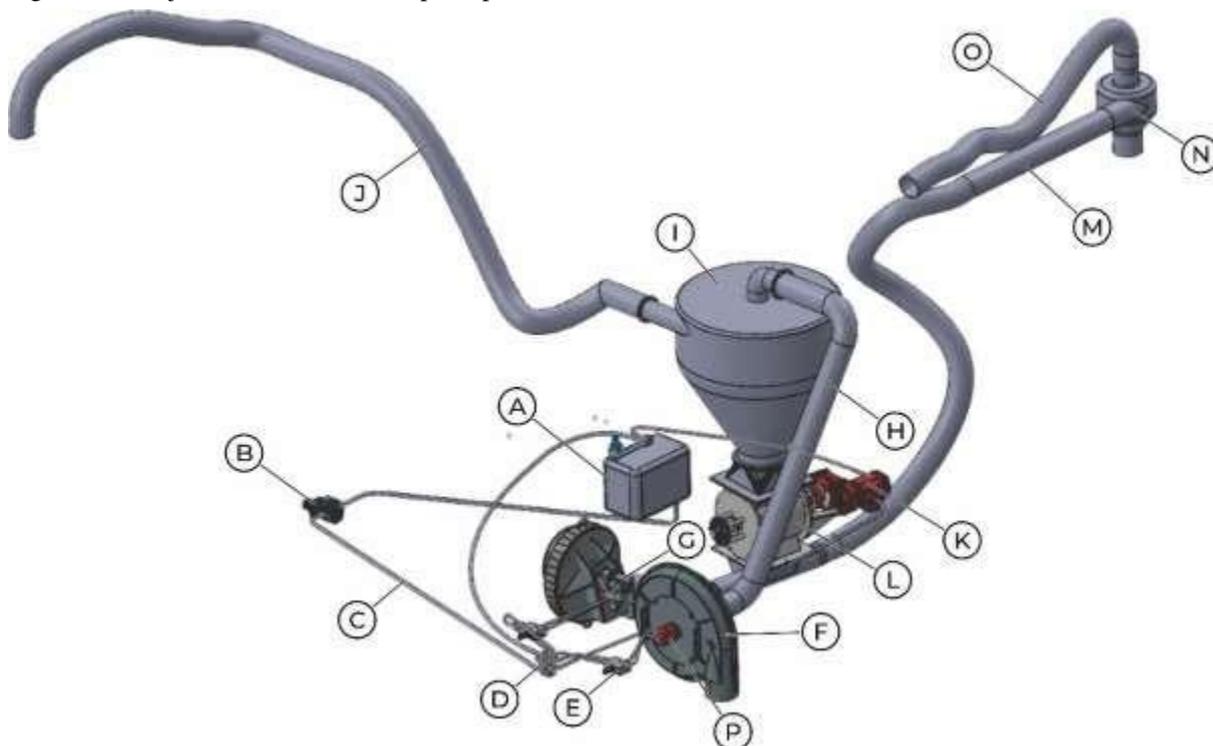
<b>LINHA MESTRA</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>
<b>Ergonomia</b>	Facilidade de movimentação da tubulação no momento do abastecimento da semeadora	Com a utilização de mangueiras flexíveis consegue-se realizar movimentação da tubulação facilmente.
	Acesso a manutenção	Acesso facilitado para manutenção.
	Baixo médio	Com a utilização de 2 (duas) turbinas não conseguiu o baixo médio.
<b>Produção</b>	Fabricação simples	Fabricação de poucas peças e demais peças são compradas.
	Impureza no sistema	Ao finalizar a montagem precisa ser realizado a limpeza do sistema.
<b>Operação</b>	Operação por controle remoto	Sistema deve ser realizado em próximo estudo
	Sensor de fluxo	Sistema deve ser realizado em próximo estudo
	Sensor de nível	Sistema deve ser realizado em próximo estudo
<b>Manutenção</b>	Manutenção anual do sistema hidráulico e pneumático	Sistema com possibilidade de manutenção anual
	Substituição das mangueiras a cada 4 anos.	Mangueiras com vida útil de 4 a 6 anos
<b>Custos</b>	Preço máximo R\$100.000,00	Com a intenção de reduzir custos operacionais e custos de desenvolvimento de sistemas o projeto foi desenvolvido com peças padrões de mercado, conseguindo um preço médio de venda de R\$83.000,00.
<b>Fornecedores</b>	Curto prazo de entrega	Dever ter uma programação assertiva, pois fornecedores tem por padrão prazo de entrega 90 dias.

Fonte: Autor (2023).

Conforme visto no Quadro 24, o projeto desenvolveu-se conforme necessidades dos clientes. O sistema projetado destina-se a sucção de semente e o abastecimento da semeadora utilizando sistema de pressão positiva e negativa.

A Figura 38 apresenta o projeto definitivo, produzido a partir do conceito estabelecido no 2º estágio da metodologia de Norton (2013), o qual tem por objetivo realizar a sucção de semente no caminhão e abastecer a semeadora.

Figura 38 - Projeto do sistema de transporte pneumático.



Fonte: Autor (2023).

Com o projeto desenvolvido, chegou o momento de desenvolver a lista de itens que o projeto utilizará e se o item será fabricado ou comprado, assim o Quadro 26 apresenta o detalhamento dos itens com o fornecedor definido.

Quadro 25 - Descrição dos componentes do projeto.

NÚMERO	DESCRIÇÃO	FORNECEDOR
A	Reservatório Hidráulico	Fabricado
B	Bomba hidráulica – 100 litros	Cassapa
C	Mangueira hidráulica	Hennings
D	Válvula divisora de fluxo	Marrucci
E	Válvula direcional de fluxo	Sun Hydraulics
F	Turbina pressão negativa	Otan (Soler Palau)
G	Turbina pressão positiva com motor hidráulico	Conect Design
H	Mangueira de transporte – KPU-BOR	Kanaflex
I	Ciclone	Fabricado
J	Mangueira – KPU-BOR	Kanaflex
K	Motor hidráulico PLM 20.3,9S	Casappa
L	Conjunto rotor	Gericke
M	Mangueira – KPU-BOR	Kanaflex
N	Ciclone separador final	Fabricado
O	Mangueira – KPU-BOR	Kanaflex
P	Motor hidráulico	Bucher

Fonte: Autor (2023).

Conforme visualizado no Figura 38, o projeto tem um conceito simples com poucas peças, facilitando a montagem e operação do mesmo, nessa concepção inicial necessitará de dois operadores para o abastecimento da semeadora, sendo um operando a sucção de produto e outro no abastecimento.

O presente projeto constitui-se de duas turbinas (G) e (F), uma para operação de sucção da semente (F) no seu local de armazenamento. Este local pode ser tanto um saco *big bag*, caminhão, carreta graneleira ou outra forma de armazenamento de preferência do agricultor.

Então, a turbina (F) gera a pressão negativa a qual é conectado ao ciclone (I), este por sua vez, é conectado ao tubo de transporte (J) com pressão negativa. O produto seccionado pela tubulação (J) é mantido na parte inferior do ciclone (I) pronto para ser inserido na tubulação (M) de pressão positiva.

A turbina (G) de pressão positiva está ligada ao rotor de dosagem (L) de produto, o qual dosa na quantidade determinada o produto na linha de pressão (M), levando este até o ciclone menor (N). No ciclone menor (N) o ar é separado da semente saindo assim pela parte superior na tubulação de escape (O) e a semente cai por gravidade no reservatório da semeadora. O sistema do rotor de dosagem (L) é composto de rotor de dosagem e um sistema que injeta a semente dentro da linha de dosagem, este formato de injeção do produto é muito importante para o ar da tubulação não entrar no sistema do rotor.

As turbinas (G) e (F) e o rotor de dosagem (L) são movidos por motores hidráulicos (P), (Q) e (K), este sistema hidráulico é independente, pois, possui um reservatório hidráulico (A). Para a movimentação do óleo hidráulico o sistema é constituído de uma bomba hidráulica (B) ligada a tomada TDP do trator. Sendo assim, a bomba hidráulica (B) envia o óleo hidráulico para as válvulas divisora de fluxo (D) na qual a válvula divisora de fluxo (D1) deve separar o fluxo do óleo em 70% e 30%, sendo 30% do óleo para o motor hidráulico (K) que gira o rotor dosador (L) e 70% para os motores hidráulicos (P) e (Q) responsáveis pela movimentação das turbinas (G) e (F). Na sequência do fluxo encontra-se mais uma válvula divisora de fluxo (D2) a qual vai dividir 50% e 50%, dividindo assim por igual a quantidade de óleo para cada motor hidráulico (P) e (Q) que movimenta as turbinas.

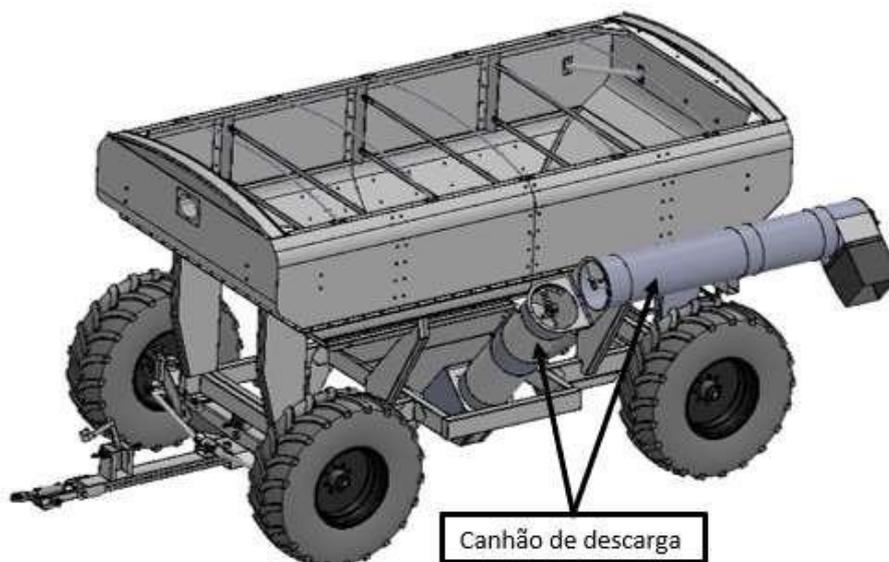
Para o sistema pneumático ter um funcionamento correto, antes de cada equipamento é necessário o uso de uma válvula direcionadora de fluxo (E). O retorno

desse óleo volta ao tanque através de mangueiras hidráulicas maiores até o reservatório hidráulico (A), reduzindo assim a pressão de retorno.

Conforme mencionado nos objetivos, o projeto destina-se a construção de duas variantes, sendo assim, nesta segunda variante do projeto vamos utilizar somente a parte da pressão positiva apresentada no primeiro projeto, adicionando um suporte de armazenamento de semente. Nessa segunda opção será apresentado uma concepção com menor custo e mais compacta, possibilitando o agricultor conectar na carreta agrícola que possui, permitindo assim o armazenamento de semente para abastecimento de semeadoras.

A Figura 39 apresenta uma carreta agrícola onde identifica o canhão de descarga, o qual possui um tubo com rosca sem fim, que é responsável pela descarga dos grãos contidos dentro dele.

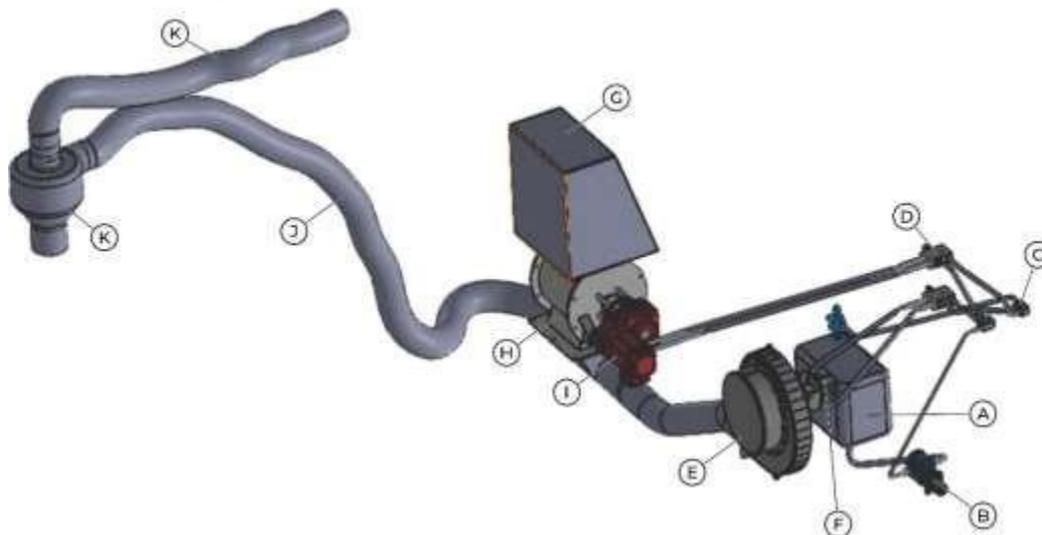
Figura 39 - Carreta agrícola.



Fonte: Autor (2023)

Nesse projeto mais otimizado, foi trabalhado somente com pressão positiva. Nesse caso, o agricultor deverá desmontar o canhão de descarga (Figura 39) e montando nesse local a base de encaixe (G), mostrado na Figura 40, na qual está fixado o rotor de dosagem. Nesse projeto otimizado deve ser projetado um modelo de base de encaixe (G) para cada modelo de carreta agrícola.

Figura 40 - Variante de projeto com sistema de pressão positiva.



Fonte: Autor (2023).

Com a opção de realizar um projeto mais compacto, nessa concepção será utilizado uma turbina de pressão positiva (E), a qual vai enviar a semente até o reservatório da sementeira.

Então, nesse projeto encontra-se a base de encaixe (G) a qual vai fixa na carreta agrícola, esta base de encaixe (G) é preenchida pela semente que está no reservatório da carreta agrícola.

Na base de encaixe (G) é montado o rotor de dosagem (H) que por sua vez realiza a dosagem do produto na linha de pressão sendo a mangueira (J). A realização da pressão interna da mangueira (J) é realizada através da turbina (E), enviando assim o produto até o ciclone menor (K), onde vai separar o ar do produto transportado, assim o ar é conduzido para atmosfera através da mangueira (K).

A turbina (E) e o rotor de dosagem (H) são movidos por motores hidráulicos (F) e (I), este sistema hidráulico é independente, pois possui um reservatório hidráulico (A). Para a movimentação do óleo hidráulico, o sistema é constituído de uma bomba hidráulica (B) ligada a tomada TDP do trator. Sendo assim, a bomba hidráulica (B) envia o óleo hidráulico para a válvula divisora de fluxo (C) a qual, deve separar o fluxo do óleo em 40% e 60%, sendo 40% do óleo para o motor hidráulico (I) que gira o rotor dosador (H) e 60% para os motores hidráulicos (F) responsável pela movimentação da turbina (E).

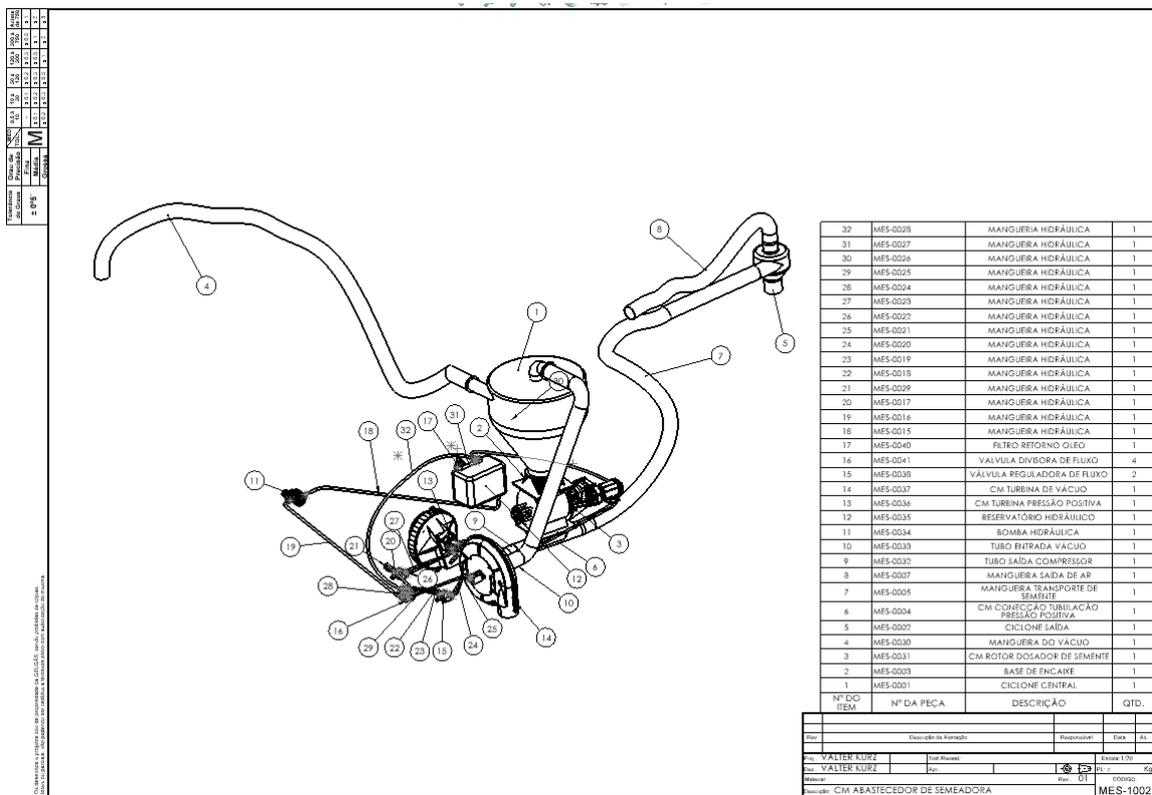
Para o sistema pneumático ter um funcionamento correto, antes de cada equipamento é necessário o uso de uma válvula direcionadora de fluxo (D). O retorno desse óleo volta ao tanque através de mangueiras hidráulicas maiores até o reservatório hidráulico (A), reduzindo assim a pressão de retorno.

### 4.1.3. Projeto do equipamento

Após realizada a avaliação e definição do projeto, definindo as necessidades de cada peça, realiza-se o detalhamento do projeto, mostrando todos os detalhes técnicos das peças e conjuntos, definições de fornecedores e configurações para comercialização.

A Figura 41 apresenta uma vista em perspectiva do projeto com a lista de peças, onde consegue-se observar os seus componentes. Neste desenho é apresentado o projeto combinado em pressão negativa (vácuo) e pressão positiva (Figura 41).

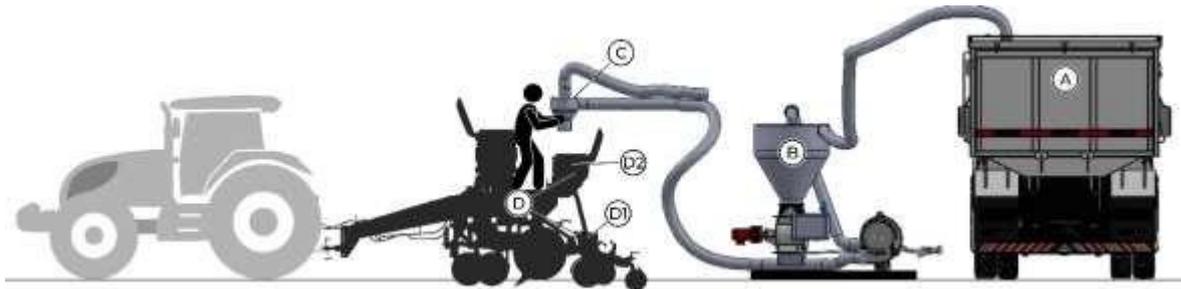
Figura 41 - Desenho de conjunto em perspectiva do projeto.



Fonte: Autor (2023).

Na Figura 42 observa-se o abastecimento de semente na semeadora, onde o produto é sugado da sua origem (A – caminhão) até o ciclone (B) e deste, soprado para o bocal distribuidor (C) que é direcionado pelo operador na semeadora e por gravidade, as sementes caem nos reservatórios da semeadora (D). Nessa ocasião foi utilizado uma semeadora com reservatório tipo pipoqueira individuais nas linhas (D1) e um reservatório maior (D2).

Figura 42 - Abastecimento de semente.



Fonte: O autor (2023)

#### 4.1.4. Lista de peças

Com a avaliação do projeto 2D consegue-se avaliar a lista de peças a ser utilizada no projeto definindo assim as características de cada uma das peças conforme descrito neste capítulo.

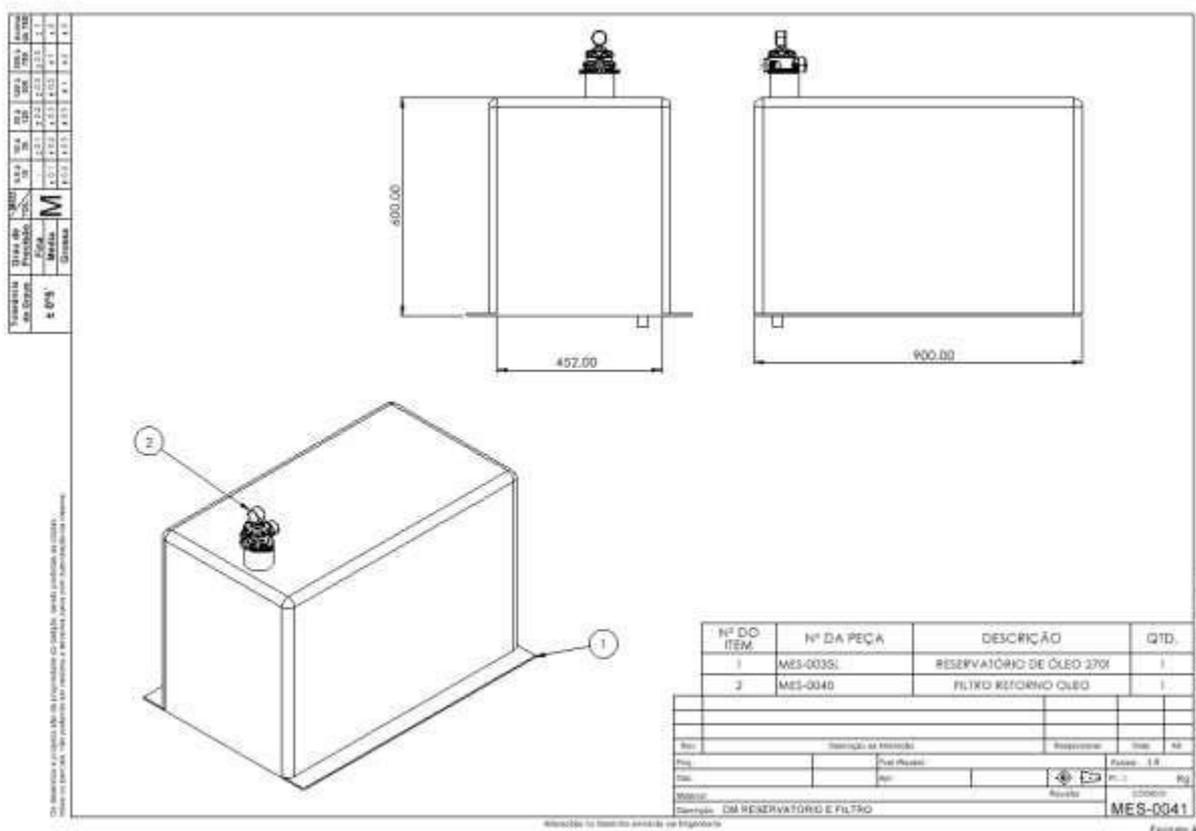
##### 4.1.4.1. Reservatório hidráulico

Atualmente existem várias empresas que possuem reservatórios hidráulico, mas no momento que optamos por fazer projetos especiais, os quais poderão ser montados no equipamento do agricultor, optou-se em fabricar o reservatório hidráulico.

Conforme já visualizado, teremos de dois a três motores hidráulicos, sendo um deles com necessidade de 50 litros e outros dois com necessidade de 25 litros. O reservatório deve ser dimensionado para acomodar duas vezes a quantidade de consumo do óleo (FIALHO, 2004), sendo assim nosso reservatório deverá ter capacidade de 270 litros de óleo.

O reservatório hidráulico conta ainda com alguns componentes essenciais como bocal de enchimento com peneira, filtro de sucção e retorno, sendo que os três itens têm o objetivo de eliminar ou reduzir danos por contaminação do sistema hidráulico, protegendo e prolongando a vida do equipamento. Estes itens se fazem necessários principalmente, devido o equipamento trabalhar em locais com poeira e impurezas. O filtro de sucção retém partículas maiores que 150  $\mu\text{m}$  e suporta vazão de até 250 L/min. A Figura 43 mostra o design construtivo do reservatório.

Figura 43 - Reservatório de óleo 270 litros.



Fonte: O autor (2023)

#### 4.1.4.2. Bomba hidráulica

A bomba hidráulica tem a função de produzir pressão para movimentar os fluidos que compõem os sistemas hidráulicos. Funciona basicamente pela ação mecânica que cria um vácuo parcial na entrada da bomba, isso faz com que a pressão atmosférica force o escoamento do fluido do tanque, por meio da linha de sucção. A bomba, por sua vez, conduz para a saída, forçando-o sob pressão do sistema hidráulico.

A bomba hidráulica a ser selecionada para movimentar o sistema, precisará enviar óleo para os três motores, sendo que, o motor do rotor necessita de 20 L/min de óleo, e os motores das turbinas de pressão positiva e negativa necessitam de 50 L/min cada para movimentar conforme orientação do fornecedor, sendo assim a bomba a ser selecionada deverá ter no mínimo a capacidade de 120 L/min de óleo.

Para o sistema neste projeto, foi definido a bomba hidráulica Cassapa KP-40.151. Esta tem capacidade de 150 L/min, conseguindo enviar óleo para os três motores ao mesmo tempo. Esta bomba tem ligação própria para a tomada TDP do trator. A Figura 44 apresenta uma imagem representativa da bomba a ser utilizada.

Figura 44 - Bomba hidráulica Cassapa KP-40.151.



Fonte: SUGAI COMERCIAL (2022).

#### 4.1.4.3. Mangueira hidráulica

As mangueiras hidráulicas foram definidas pela empresa Hennings por ser uma empresa que possui mangueiras com três tramas de aço. Para trabalhos em implementos agrícolas necessita-se três tramas devido à pressão exercida. A Figura 45 apresenta uma imagem ilustrativa da mangueira selecionada para o projeto.

Figura 45 - Mangueira hidráulica Hennings.



Fonte: HENNINGS (2022).

#### 4.1.4.4. Válvula divisora de fluxo

O circuito hidráulico deste projeto possui três motores hidráulicos e uma bomba. Para conseguir realizar a distribuição do óleo será necessário utilizar duas válvulas divisoras de óleo, sendo assim, a primeira divisão será direcionado 25% para o motor hidráulico do rotor e 75% para os motores das turbinas, o óleo da segunda válvula divisora vai ser direcionado 50% para o motor da turbina de pressão positiva e 50% para a turbina

de pressão negativa, assim, cada motor receberá óleo suficiente para girar conforme orientação do fabricante.

Para a finalidade de divisão de fluxo foi optado pela válvula da empresa SUN HYDRAULICX. A Figura 46 apresenta uma imagem representativa da válvula divisora de fluxo.

Figura 46 - Válvula divisora de fluxo Sun Hydraulicx.



Fonte: SUN HYDRAULIX (2022).

No Anexo 1 apresenta a seleção das duas válvulas divisoras de fluxo sendo que para divisão 25/75 será utilizado a válvula código FSFDXDN e para a divisão 50/50 será utilizado a válvula FSFDXAN.

#### 4.1.4.5. Turbina de pressão negativa (sucção)

A turbina de ar é o item responsável pela formação do fluído de transporte do produto este trabalhará com pressão negativa realizando a sucção da semente em seu local de armazenamento, portanto, não pode ter variação na vazão de ar definida em projeto. Por isso, é aconselhável o dimensionamento com capacidade maior devido as perdas de carga no sistema, após a realização do protótipo consegue-se ter valores reais das perdas de carga realizando assim a configuração correta da turbina.

Para a realização do trabalho com esta turbina foi contatado o fornecedor Soler Palau (OTAM), o qual, nos auxiliou na escolha do produto adequado para a vazão de solicitada no cálculo do item 4.1.1.3, no qual definiu-se uma vazão de ar de 2400m<sup>3</sup>/h ou 0,67 m<sup>3</sup>/s. O fornecedor nos disponibilizou duas turbinas de seu portfólio, sendo a PB500 e a PBD500. Para a realização inicial de nosso projeto vai ser trabalhado com a PB500 a qual possibilita uma vazão de 2400m<sup>3</sup>/h de sucção a uma pressão 650mmca e uma velocidade de 3500 RPM (informações não disponíveis no site da empresa). Este momento necessita de cautela, pois caso aumentar a pressão, será necessário aumentar a

velocidade da turbina, ou seja, se a pressão chegar a 900mmca será necessária uma velocidade de 4000 RPM.

A Figura 47 apresenta uma imagem ilustrativa enviado pelo fornecedor (não disponível no site da empresa).

Figura 47 - Turbina OTAM OB-500.



Fonte: OTAM (2022).

#### 4.1.4.6. Turbina pressão positiva com motor hidráulico

Como já comentado anteriormente a turbina de ar é o item responsável pela formação do fluido de transporte do produto e a presente turbina trabalhará com pressão positiva, conduzindo a semente do ciclone até o reservatório, sendo assim, não pode haver variação na vazão de ar definida em projeto. Portanto, é aconselhável o dimensionamento com capacidade maior devido as perdas de carga no sistema. Após a construção do protótipo será possível obter valores reais das perdas de carga e então realizar a configuração correta da turbina.

Para a realização do trabalho com a necessidade de pressão positiva, foi contatado a empresa Design Concept instalada na Argentina, a qual nos indicou a turbina com uma vazão de ar de 3.000 m<sup>3</sup>/h com uma rotação de 3.500 RPM. Essa turbina é entregue com o motor hidráulico já dimensionado para mesma, sendo o consumo de óleo deste motor de 50 L/min. Para este item não foi informado os dados de pressão, sendo assim deverá ser avaliado no momento da realização do protótipo.

A Figura 48 apresenta uma imagem ilustrativa da turbina de pressão positiva fornecida pelo fornecedor para utilização no projeto.

Figura 48 - Turbina de pressão positiva Design Concept.



Fonte: DESIGN CONCEPT (2022)

#### 4.1.4.7. Mangueira de transporte

A escolha correta da mangueira de transporte é muito importante, pois é um item que tem muito contato com os intemperes da natureza, sol, umidade, poeira entre outros. No mercado existem muitas opções de mangueiras para transporte pneumático, mas devido as experiências em outros projetos, percebeu-se que muitas não tem a vida útil necessária para o projeto. Atualmente as empresas do setor agrícola trabalham com resistências entre quatro e seis anos de vida útil da mesma.

A escolha da mangueira foi realizada através das características apresentadas pelo fabricante, sendo uma mangueira resistente tanto a baixa quanto a alta temperatura, pois no Brasil encontra-se variações de temperaturas (sensação térmica) abaixo de 0°C até acima de 50°C, e estas temperaturas ocorrem durante o ano e em vários locais durante o trabalho.

O fabricante escolhido para o fornecimento das mangueiras foi a empresa Kanaflex, a qual possui o modelo de mangueira KPU-BOR com diâmetro de 140mm, conseguindo assim, uma durabilidade conforme solicitada pelas empresas do ramo agrícola, por ser uma mola com espiral em aço mola e borracha termoplástica.

Conforme definido no item 4.1.1.1, precisamos de uma mangueira com diâmetro de 140mm para os dois sistemas, tanto na linha de sucção quanto na linha de pressão positiva. O Anexo 2 apresenta prospecto da mangueira selecionada para o transporte pneumático da semente.

#### 4.1.4.8. Ciclone

Ciclone inicialmente será produzido com aço ASTM A36, por ser um para aplicações em componentes estruturais, suas propriedades permitem a utilização em projetos que necessitam de dobras e a boa soldabilidade, sendo assim, ele nos permitirá eficiência e qualidade no projeto (Figura 49). Os cálculos dimensionas estão descritos no item 4.1.1.2 deste capítulo e Apêndice A.12, bem como seu desenho encontra-se no Apêndice F.

Figura 49 - Ciclone central.



Fonte: Autor (2023).

#### 4.1.4.9. Motor hidráulico PLM 20.3,9S

Para realizar a escolha correta do motor a ser utilizado no projeto, foi conversado com representante da CASAPPA, o qual orientou com a utilização do motor PLM 20.3,9S. Este motor conseguirá atender as necessidades para movimentação do rotor de dosagem selecionado para este projeto. O motor indicado utilizará de no mínimo 20 L/min de óleo hidráulico e possibilita uma variação de velocidade entre 400 e 6000 RPM.

A Figura 50 apresenta uma imagem representativa do motor hidráulico selecionado e o Anexo 3 apresenta o desenho do motor com as características dele.

Figura 50 - Motor PLM 20.3,9S Casappa.



Fonte: CASAPPA (2022).

#### 4.1.4.10. Conjunto rotor dosador

Para realização da dosagem na linha de pressão positiva, vamos trabalhar com a válvula rotativa da empresa Gericke, o modelo escolhido para realizar a necessidade necessária é HDM direct drive 400. Este modelo foi escolhido devido a capacidade de dosagem de  $2,85 \text{ m}^3/\text{h}$ , sabendo-se que utilizaremos em torno de  $1 \text{ a } 2 \text{ m}^3/\text{h}$  conseguiremos trabalhar com a velocidade de rotação para conseguir dosar a quantidade necessária.

A Figura 51 apresenta uma imagem ilustrativa do dosador escolhido e o Anexo 5 apresenta catálogo com os dados técnicos do produto.

Figura 51 - Rotor de dosagem HDM 400 – Gericke.



Fonte: GERICKE (2022).

Este modelo de rotor de dosagem é apresentado no catálogo com motor elétrico, mas o fornecedor consegue nos entregar com acoplamento para motor hidráulico. O catálogo e os dados apresentados pelo fornecedor não especificam claramente volume de dosagem por rotação, sendo necessário realizar um estudo planilhado do rotor, avaliando velocidade do motor por dosagem do rotor, pois pode ser realizado uma variação na velocidade e assim resultar na dosagem.

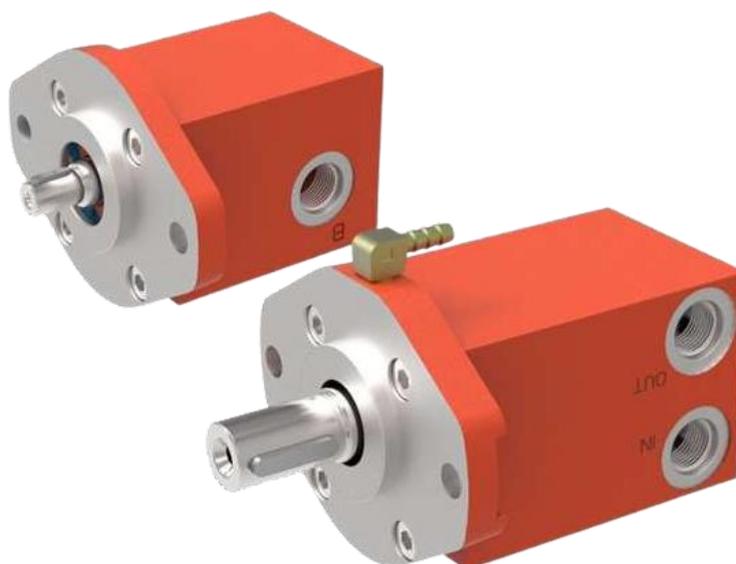
#### 4.1.4.11. Motor hidráulico Bucher

Para a gerar movimento na turbina de pressão negativa foi definido o motor hidráulico da empresa Bucher, este motor necessita de no mínimo 10 L/min para seu funcionamento e pode chegar a uma velocidade máxima de 6000 RPM, a velocidade aumento conforme aumenta a quantidade de óleo que passa pelo motor.

Conforme informado pelo fabricante da turbina, necessitaremos de uma velocidade de 4000 RPM, sendo assim a turbina selecionada conseguirá dar o suporte necessário para o projeto.

A Figura 52 apresenta uma imagem representativa do motor hidráulico selecionado e o Anexo 4 apresenta o desenho do motor e a tabela de seleção dele.

Figura 52 - Motor hidráulico QXM22-00.L-GAT – BUCHER.



Fonte: BUCHER (2022).

#### 4.1.4.12. Ciclone de saída

O ciclone de saída será produzido de material polietileno com variação 25% alta densidade e 75% média densidade, conseguindo assim um material com maior

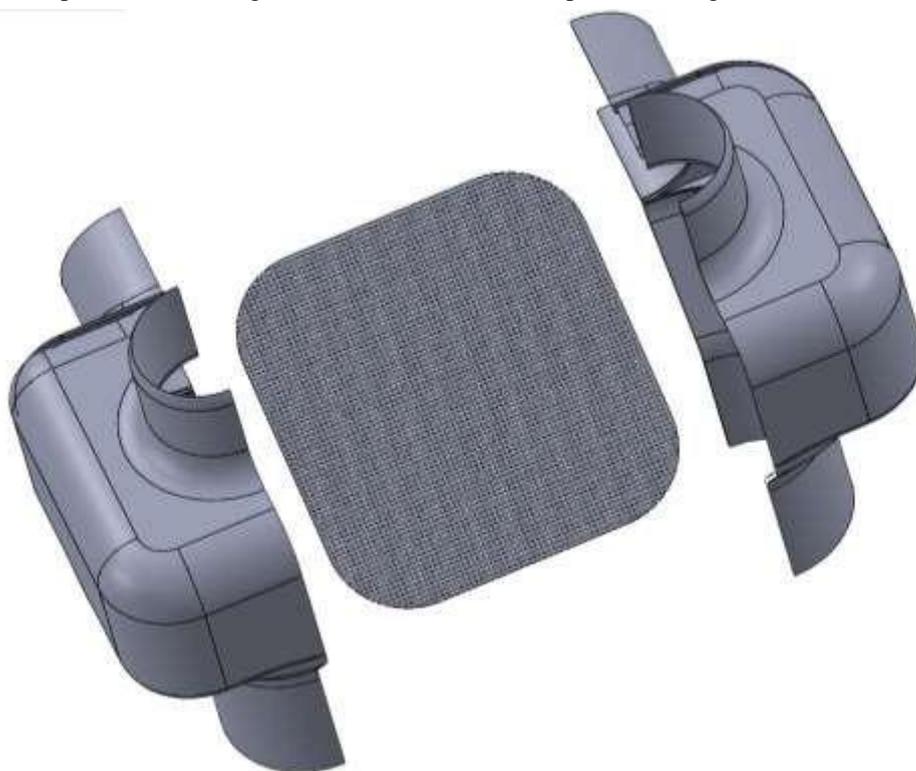
resistência.

Na parte interna do ciclone será montado uma tela de separação, a qual tem a função de separar o ar da semente, fazendo assim com que a semente caia por gravidade para o reservatório na semeadora e o ar saia pela parte superior (Apêndice E).

O ciclone foi dimensionado para suportar a saída do ar e semente, visto avaliações realizadas em componentes de saída em equipamentos de transporte pneumático utilizados em portos.

A Figura 53 apresenta uma imagem do ciclone de saída em vista explodida, mostrando a chapa perfurada interna de separação do ar e semente.

A Figura 53 apresenta uma imagem do ciclone final aberto, apresentado a grade interna.



---

Fonte: Autor (2023).

#### **4.2. Patente**

Neste subcapítulo apresenta o resultado obtido no desenvolvimento da solução. De acordo com a Figura 53 foi realizado um depósito do pedido de patente de invenção referente ao projeto desenvolvido nesse trabalho, junto ao INPI. O Apêndice B apresenta o pedido de patente completo. Conforme normativa interna do INPI o pedido ficará em sigilo num prazo máximo de 18 meses, durante esse prazo necessita-se realizar o pedido de publicação.

Figura 53 - Pedido de patente de invenção junto ao INPI.



**Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT**

Número do Processo: BR 10 2022 013710 2

**Dados do Depositante (71)**

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: VALTER ODAIR KURZ

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 81099690030

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: rua dos Ipes

Cidade: Ibiruba

Estado: RS

CEP: 98200000

País: Brasil

Telefone: 54999012684

Fonte: Autor (2023)

A patente, como já citado neste trabalho, é um instrumento de proteção para as empresas. Também pode ser utilizado como atributo de venda e forma de inibir concorrentes.

O pedido de patente é voltado a proteger ideias, evitando outras pessoas e/ou empresas se utilizem dessas para benefícios próprios com fins lucrativos ou sem fins lucrativos. Sendo assim, neste pedido de patente foi além do projeto realizado, já foi sinalizado a possibilidade de melhorias no projeto, como destacado nas propostas de estudos futuros no subcapítulo 5.3. Então, foi mencionado e reivindicado no pedido de patente, a possibilidade do sistema ser todo eletrônico, a condição de trabalho somente com pressão positiva e a possibilidade de utilizar guias lineares nos caminhões permitindo a movimentação automática durante a sucção da semente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo aborda a conclusão do trabalho sobre os seguintes aspectos: Atendimento aos objetivos, contribuições e propostas futuras para pesquisa.

### 5.1. Atendimento aos objetivos

Após um longo período de trabalho foi alcançado o objetivo principal de desenvolver o conceito de um equipamento para abastecimento de semeadoras através de um sistema pneumático, fato que foi muito facilitado com a utilização do procedimento metódico de Norton (2013), que teve algumas contribuições de Pahl et al. (2005). Através do desenvolvimento deste conceito, percebe-se que a união da experiência do engenheiro, unido com a metodologia de projeto facilita o entendimento da real necessidade de campo, expondo através de pesquisas e discussões a real necessidade atribuída, qual o cliente que vai adquirir o equipamento projetado.

Adotar uma metodologia para projetos de engenharia é uma prática cada vez mais difundida entre os engenheiros. Com essa avaliação completa através de metodologia de projeto consegue-se um desenvolvimento com precisão, evitando desperdícios e altos custos, pois já define possíveis fornecedores e especificando as peças que podem ser compradas auxilia muito quando realizar o protótipo. Atualmente com o grande número de fornecedores de serviços e componentes, se torna mais prático o desenvolvimento de itens complexos.

O objetivo de reduzir o tempo de parada para abastecimento foi atingido, com o conceito de abastecimento através de um sistema pneumático consegue-se realizar abastecimento muito rápidos, ao exemplificar um modelo de máquina com 30 linhas e capacidade de semente aproximadamente de 1800 kg, estima-se um tempo de parada para abastecimento entre 8 a 11 minutos, isso vem a acelerar o plantio da lavoura. Com a possibilidade de atender a necessidade do campo foi desenvolvido dois conceitos para o projeto, no primeiro utilizado o transporte pneumático combinado em pressão negativa com pressão positiva e no segundo um sistema com somente pressão positiva para abastecimento de semeadoras foi alcançado. O projeto concebido realiza o abastecimento de diferentes modelos de máquina e culturas, com uma configuração básica, aplicando uma metodologia de projeto adequada para obter melhor concepção construtiva, resultado em baixo custo para fabricação do equipamento.

Na configuração combinada de pressão negativa com positiva, o equipamento permite seccionar a semente de qualquer reservatório, podendo ser caminhão, carreta agrícola, *big bag*, entre outras formas de armazenamento. Já o sistema de pressão positiva, é apropriado para acoplamento nas carretas agrícolas disponíveis no mercado.

## **5.2. Contribuições**

A agricultura vem evoluindo com o passar do tempo, e as tecnologias de automação tem se mostrado cada vez mais eficazes em todas as operações, desde depósito da semente no solo, transporte dos equipamentos e agora a abastecimento das semeadoras. Muitas pesquisas estão surgindo dentro desses novos padrões tecnológicos, a fim de contribuir com a indústria de máquinas e equipamentos agrícolas.

Este trabalho teve uma grande contribuição ao desenvolver o conceito de um equipamento para abastecimento de semeadora através de um sistema pneumático que vem a eliminar o risco de abastecimento e melhora a ergonomia dos trabalhadores, eliminando riscos de acidentes de trabalho, bem como da ocorrência de doenças ocupacionais.

O equipamento pode abastecer qualquer semeadora, independentemente do tamanho e configuração.

## **5.3. Propostas futuras**

Considerando as informações obtidas durante o desenvolvimento do projeto, é possível sugerir estudos que possam ampliar o alcance da proposta.

- Desenvolvimento de um bloco único do sistema hidráulico, possibilitando acionamentos elétricos.
- Automatizar o sistema de sucção, através da montagem de guias lineares nos caminhões e sensores de altura, qual monitora a altura necessária da mangueira de sucção.
- Desenvolver um sistema elétrico com sensores que permite o abastecimento sem a necessidade do contato humano, realizando assim uma única pessoa o trabalho através de controle elétrico.
- Realizar estudo com protótipo do ciclone central com objetivo de otimizar o dimensionamento dele.
- Realizar estudos e protótipos com a finalidade de utilização de transporte de adubo/fertilizante.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATMSSOMA. Sistema de transporte pneumático. 2016. Disponível em: <https://www.atmssoma.com.br/transporte-pneumatico>

BRAGA, C.O. **Análise ergonômica do trabalho e exigências laborais em unidade de beneficiamento de tomate de mesa.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 2007.

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996.** Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9279.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm)

BRASIL. **INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes>

BRIDGER, R.S. **Introduction to Ergonomics.** 2 Ed. Londres: Taylor & Francis, 2003.

BUCHER. Motor hidráulico QXM22-00.L-GAT – BUCHER. Disponível em: <https://www.bucherhydraulics.com>. Acesso em 11 de setembro 2022.

CADORE, D. **Projeto de um bocal de sucção para um Transportador Pneumático por Aspiração.** 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2009.

CHONG, Y. O.; LEUNG, L. S. Comparison of choking velocity correlations in vertical pneumatic conveying. **Powder Technology**, v.47, n.1, p. 43-50, 1986.

COSTA, E.C. **Ventilação.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

CRUZ, F.D.R. **Transporte pneumático de granulados em fase diluída.** 2013. Dissertação (Mestrado em Equipamentos e Sistemas Mecânicos) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2013.

DESIGN CONCEPT. Turbina de pressão positiva Design Concept. Disponível em: <https://www.conceptdesignsa.com.ar>. Acesso em 11 de setembro 2022.

FIALHO, A.B. **Automação hidráulica.** 2º Ed. São Paulo: Editora Érica. 2004.

FOKEER, S. et al. Characterization of the cross-sectional particle concentration distribution in horizontal dilute flow conveying - a review. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 43, n. 6, p. 677–691, 2004.

GEMMA, S.F.B. **Aspectos do trabalho agrícola no cultivo orgânico de frutas: Uma abordagem ergonômica.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, 2004.

GERICKE. Rotor de dosagem HDM 400 – Gericke. Disponível em: <https://www.gerickegroup.com>. Acesso em 11 de setembro 2022.

HENDERSON, S.M. PERRY, R.L. **Agricultural Process Engineering.** The AVI Publishing Company, Westport Connecticut, 1976.

HENNINGS. Mangueira hidráulica. Disponível em <https://hennings.com.br>. Acesso em 11 de setembro 2022.

HIPERCON. Estufagem e desova de grãos em containers. Disponível em: <https://www.hiperconterminais.com.br/estufagem-e-desova-de-graos.html>. Acesso em 11 de setembro 2022.

[https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/guia\\_docente\\_iel-senai-e-inpi.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/composicao/arquivos/guia_docente_iel-senai-e-inpi.pdf)

IGNIÇÃO DIGITAL. Porque se faz o estudo de viabilidade de projetos? 2021. Disponível em: <https://www.ignicaodigital.com.br/por-que-se-faz-o-estudo-de-viabilidade-de-projetos/>

IMAVI. Abastecedor de adubo. Disponível em: <http://imavi.com/produto/abastecedor-de-adubo/>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

INW Soluções. Canudão 3.000 SR. Disponível em: <https://www.inwsolucoes.com.br/canudao?lightbox=dataItem-jgilzmzq>. Acesso em: 23 de novembro de 2021

INW Soluções. Canudo 1300. Disponível em: <https://www.inwsolucoes.com.br/canudo-1300?lightbox=dataItem-jgil6pzt>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.

JILLAVENKATESA, A.; DAPKUNAS, S. J.; LUM, H. L. **Particle size characterization**. National Institute of Standards and Technology, 2001, 164 p.

JONES, P.J.; LEUNG, L.S. A comparison of correlations for saltation velocity in horizontal pneumatic conveying. **Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development**, v.17, n. 4, p.571-575, 1978.

JUNGMANN, D.M.; BONETTI, E.A. **Inovação e propriedade intelectual: guia para o docente**. Brasília: SENAI, 2010.

KLINZING, G. E., MARCUS, R. D., RIZK, F, LEUNG, L. S. **Pneumatic conveying of solids**. Chapman & Hall, New York, 1990.

KLINZING, G.E. Dilute-phase pneumatic conveying. In: YANG, W.C. **Handbook of fluidization and fluid-particle systems**. Boca Ratón, Estados Unidos da América. CRC Press, 2003.

KLINZING, G.E.; RIZK, F.; MARCUS, R.; LEUNG, L.S. **Pneumatic conveying of solids: a theoretical and practical approach**. 3 ed., New York: Springer, 2010.

KNOWLTON, T.M. Cyclone separators. In: YANG, W.C. **Handbook of fluidization and fluid-particle systems**. Boca Ratón, Estados Unidos da América. CRC Press, 2003.

LOPES, C. S. **Estudo da alimentação de sólidos em sistemas de transporte pneumático**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

MILLS, D. **Pneumatic conveying design guide**. 2 ed. Amsterdam: Elsevier Butterworth Heinemann, 2004.

MORAES, M. S. **Convecção forçada de partículas poliméricas em fase diluída: Curvas de pressão e distribuição de partículas**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Química) -Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

NONNENMACHER, H. **Curso de transporte pneumático**. Santa Maria: FATEC, 1994.

NONNENMACHER, H. **Projeto, construção e teste de um transportador pneumático de grãos**. 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 1983.

NORTON, R.L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

O PRESENTE RURAL. **Qualificação da mão de obra**. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/pragas-falta-de-mao-de-obra-e-desperdicios-como-superar-os-desafios-que-persistem-no-campo/> Acesso em: 06 de agosto de 2022.

OGA. Quatro fatores indispensáveis na seleção de sistemas de transporte pneumático. Disponível em: <https://www.oga.com.co/ogabr/4-fatores-indispensaveis-na-selecao-de-sistemas-de-transporte-pneumatico/>. Acesso em: 11 de setembro de 2022

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2005.

PALINIALVES EQUIPAMENTOS. Transportador metálico pneumático. Disponível em: [https://www.palinialves.com.br/produto?produto=202&transportador\\_metalico\\_pneumatico](https://www.palinialves.com.br/produto?produto=202&transportador_metalico_pneumatico)> Acesso em 11 de setembro de 2022.

PMBOK. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. 5 Ed. Pennsylvania: Project Management Institute, Inc., 2013.

RABINOVICH, E.; KALMAN, H. Flow regime diagram for vertical pneumatic conveying and fluidized bed systems. **Powder Technology**, v.207, n.1-3, p.119-133, 2011.

SANTOS, S. M.; TAMBOURGI, E. B.; FERNANDES, F. A. N.; MORAES JÚNIOR, D.; MORAES, M.S. Diluted-phase pneumatic conveying of polystyrene particles: pressure drop curve and particle distribution over the pipe cross-section. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. Vol. 28, pp 81-88, 2011.

SILVA, D.R. **Transporte pneumático: tecnologia, projetos e aplicações na indústria e nos serviços**. São Paulo: Artliber Ltda, 2005.

SILVA, R. B. **Ventilação**. D.L.P. Politécnica USP. São Paulo, 1970.

SUGAI COMERCIAL. Bomba hidráulica Cassapa KP-40.15. Disponível em <https://www.sugai.com.br/>. Acesso em: 11 de setembro 2022.

SUN HYDRAULICS. Válvula divisora de fluxo Sun Hydraulicx. Disponível em: <https://www.sunhydraulics.com/model/FSFD/XAN>. Acesso em: 11 de setembro 2022.

TKA Guindastes. **TKA 14.700C**. Disponível em: <https://www.tkacranes.com/produtos/14.700c>. Acesso em: 11 de setembro 2022.

TKA Guindastes. **TKA 30.700**. Disponível em: <https://www.tkacranes.com/produtos/30.700>. Acesso em: 11 de setembro 2022.

UTIKAR, R.; DARMANWAN, N.; TADE, M.; LI, Q.; EVANS.; GLENNY, M. E.; PAREEK, V. Hydrodynamic simulation of cyclone separation. In: HYONG, W. O. **Computational fluid dynamic**. Rijeka, Croatia: In Tech, 2010.

UNESP – Universidade Estadual Paulista – disponível em <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/analise-de-mercado.pdf>. Acesso 14 de novembro 2022

WANG, L.K.; PEREIRA, N.C.; HUNG, Y.T.; LI, K.H. (Eds.) **Air pollution control engineering**. Totowa-NJ: Humana Press, 2004.

YANG, W.C. Estimating the solid particle velocity in vertical pneumatic conveying lines. **Industrial & Engineering Chemistry Fundamentals**, v. 12, n. 3, p. 349-352, 1973.

YANG, W.C. **Handbook of fluidization and fluid-particle systems**. Boca Ratón, Estados Unidos da América. CRC Press, 2003, 861p.

## APÊNDICE A – CÁLCULOS DO SISTEMA

### Calculo do trecho de descarga com pressão positiva

#### A.1 - Peso específico

Varição do peso específico aparente

Peso específico aparente superior (soja) -  $\gamma_{as} = 768,96 \text{ kgf/m}^3$

Peso específico aparente inferior (arroz) -  $\gamma_{ai} = 576,76 \text{ kgf/m}^3$

Peso específico médio

$$\gamma_{ms} = 16 \times \gamma_a^{2/3} \text{ kgf/m}^3$$

$$\gamma_{ms} = 16 \times 768,96^{2/3} \quad - \quad \gamma_{ms} = 1342,94 \text{ kgf/m}^3$$

$$\gamma_{mi} = 16 \times 576,76^{2/3} \quad - \quad \gamma_{mi} = 1108,62 \text{ kgf/m}^3$$

#### A.2 - Velocidade teórica do ar de transporte

$$C_{ars} = K \times \sqrt{\gamma_{ms}}$$

$$C_{ari} = K \times \sqrt{\gamma_{mi}}$$

Conforme avaliado por Nonnenmacher (1983) vamos utilizar o fator  $K=1,13$

$$C_{ars} = 1,13 \times \sqrt{1342,94} \quad - \quad C_{ars} = 41,41 \text{ m/s}$$

$$C_{ari} = 1,13 \times \sqrt{1108,62} \quad - \quad C_{ari} = 37,62 \text{ m/s}$$

#### A.3 - Relação em peso aconselhável

$$r_p = \frac{G_m}{G_{ar}} \quad \rightarrow \quad \eta_p = \frac{7000}{\gamma_m}$$

$$r_{ps} = \frac{7000}{1342,94} \quad - \quad r_{ps} = 5,21$$

$$r_{pi} = \frac{7000}{1108,62} \quad - \quad \eta_p = 6,31$$

Sendo assim, para cada Kgf de material utiliza 5,21 Kgf de ar na tubulação.

#### A.4 - Vazão do ar

$$Q_{ar} = \frac{G_m}{\gamma_{ar} \times r_p}$$

O sistema está sendo desenvolvido para uma capacidade de transporte de 15.000 Kg/h de produto, sendo assim o  $G_m=15.000$

$$O \gamma_{ar} = 1,2 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{ars} = \frac{15000}{1,2 \times 5,21} - Q_{ars} = 0,67 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{ari} = \frac{15000}{1,2 \times 6,31} - Q_{ars} = 0,55 \text{ m}^3/h$$

### A.5 - Seção do conduto

$$A = \frac{Q_{ar}}{C_{ar}}$$

$$A_s = \frac{0,67}{41,41} - A = 0,016 \text{ m}^2$$

$$A_i = \frac{0,55}{37,62} - A_i = 0,015 \text{ m}^2$$

Para encontrar o diâmetro interno do tubo, vamos transformar essa equação de área para diâmetro.

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi_s = \sqrt{4 \times \frac{0,016}{\pi}} - \phi = 0,143 \text{ m} = 143 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \sqrt{4 \times \frac{0,015}{\pi}} - \phi_s = 0,136 \text{ m} = 136 \text{ mm}$$

Durante a avaliação da mangueira a ser utilizada, encontrou-se a mangueira com diâmetro interno de 140mm.

### A.6 - Velocidade teórica corrigida do ar de transporte

$$C_{ar} = \frac{Q_{ar}}{A}$$

$$A = \pi \times \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 - A = \pi \times \left(\frac{0,14}{2}\right)^2 - A = 0,015 \text{ m}^3$$

$$C_{ars} = \frac{0,67}{0,015} - C_{ars} = 43,27 \text{ m/s}$$

$$C_{ari} = \frac{0,55}{0,015} - C_{ars} = 35,72 \text{ m/s}$$

#### Calculo do trecho de pressão negativa (vácuo)

### A.7 - Velocidade teórica do ar de transporte

$$C_{ars} = K \times \sqrt{\gamma_{ms}}$$

$$C_{ari} = K \times \sqrt{\gamma_{mi}}$$

Conforme avaliado por Nonnenmacher (1983) vamos utilizar o fator  $K=1,13$

$$C_{ars} = 1,13 \times \sqrt{1342,94} - C_{ars} = 41,41 \text{ m/s}$$

$$C_{ari} = 1,13 \times \sqrt{1108,62} - C_{ari} = 37,62 \text{ m/s}$$

### A.8 - Relação do peso aconselhável

$$r_p = \frac{G_m}{G_{ar}} \rightarrow \eta_p = \frac{7000}{\gamma_m}$$

$$r_{ps} = \frac{7000}{1342,94} - r_{ps} = 5,21$$

$$r_{pi} = \frac{7000}{1108,62} - \eta_p = 6,31$$

### A.9 - Vazão do vácuo

$$Q_{ar} = \frac{G_m}{\gamma_{ar} \times r_p}$$

O sistema está sendo desenvolvido para uma capacidade de transporte de 15.000 Kg/h de produto, sendo assim o  $G_m=15.000$

$$O \gamma_{ar} = 1,2 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{ars} = \frac{15000}{1,2 \times 5,21} - Q_{ars} = 0,67 \text{ m}^3/h$$

$$Q_{ars} = \frac{15000}{1,2 \times 6,31} - Q_{ars} = 0,55 \text{ m}^3/h$$

### A.10 - Seção do conduto no vácuo

$$A = \frac{Q_{ar}}{C_{ar}}$$

$$A_s = \frac{0,67}{41,41} - A = 0,016 \text{ m}^2$$

$$A_i = \frac{0,55}{37,62} - A_i = 0,015 \text{ m}^2$$

Para encontrar o diâmetro interno do tubo, vamos transformar essa equação de área para diâmetro.

$$\phi = \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$$

$$\phi_s = \sqrt{4 \times \frac{0,016}{\pi}} - \phi = 0,143 \text{ m} = 143 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \sqrt{4 \times \frac{0,015}{\pi}} - \phi_s = 0,136 \text{ m} = 136 \text{ mm}$$

Durante a avaliação da mangueira a ser utilizada, encontrou-se a mangueira com diâmetro interno de 140mm.

### A.11 - Velocidade teórica corrigida do ar de transporte

$$C_{ar} = \frac{Q_{ar}}{A}$$

$$A = \pi \times \left(\frac{\emptyset}{2}\right)^2 - A = \pi \times \left(\frac{0,14}{2}\right)^2 - A = 0,015 \text{ m}^3$$

$$C_{ars} = \frac{0,67}{0,015} - C_{ars} = 43,27 \text{ m/s}$$

$$C_{ari} = \frac{0,55}{0,015} - C_{ars} = 35,72 \text{ m/s}$$

### A.12 - Dimensionamento do ciclone

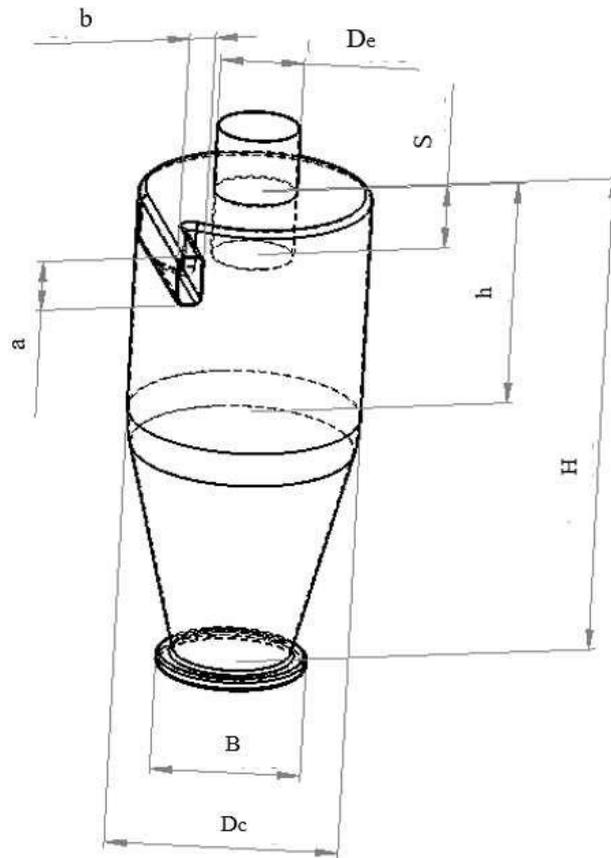
$$D_c = \sqrt{\frac{Q}{R}}$$

Para o cálculo do ciclone vai ser utilizado um ciclone de propósito geral e da família Swift conforme especificado por WANG (2004), sendo assim a variante R terá um valor 6860.

$$D_c = \sqrt{\frac{2398,1}{6860}} - D_c = 0,59\text{m} = 590\text{mm}$$

Com o valor de  $D_c$  definido, conseguimos calcular as demais medidas através da tabela de (WANG, 2004).

DIMENSÃO	Propósito Geral	
	Swift	Valor calculado (mm)
$D_c$	1,0	590,25
$D_e / D_c$	0,5	295,6
$a / D_c$	0,5	295,6
$b / D_c$	0,25	147,8
$H / D_c$	3,75	2217,2
$h / D_c$	1,75	1034,7
$B / D_c$	0,4	236,5
$S / D_c$	0,6	354,8



### A.13 - Perda de carga no sistema

- Tubulação de sucção –  $J_1$

$$J_1 = J_{entrada} = \lambda_1 \frac{C_{entrada}^2}{2g} \gamma_{ar}$$

$$J_1 = J_{entrada} = \lambda_1 \frac{(C_{ar} \times 1,15)^2}{2g} \gamma_{ar}$$

Conforme recomendação de Nonnenmacher (1983) o coeficiente de atrito de acessórios a ser utilizado  $\lambda_1=0,5$

$$J_{1s} = 0,5 \times \frac{(43,27 \times 1,15)^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{1s} = 75,73 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$J_{1i} = 0,5 \times \frac{(35,72 \times 1,15)^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{1s} = 51,61 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_1 = 75,75 \text{ mmH}_2\text{O}$

- Perda de carga inercial –  $J_2$

$$J_2 = J_{inercial} = r_p \left( \frac{C_{ar}}{1,5} \right)^2 \gamma_{ar}$$

$$J_{2s} = 5,21 \times \left( \frac{43,27^3}{2 \times 9,81} \right) \times 1,2 \quad - \quad J_{2s} = 265,326 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$J_{2i} = 6,31 \times \left( \frac{35,72^3}{2 \times 9,81} \right) \times 1,2 \quad - \quad J_{2i} = 219,03 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_2 = 265,32 \text{ mmH}_2\text{O}$

➤ Perda de carga nos condutos – J3

$$J_3 = J_{\text{tubulação}} = \lambda_m \frac{L_{eq}}{D} \frac{C_{ar}^2}{2g} \gamma_{ar}$$

$$\lambda_m = \lambda_{ar} \left( 1 + \frac{r_p}{k} \right)$$

Conforme recomendação de Nonnenmacher (1983) o coeficiente de atrito de ar puro a ser utilizado  $\lambda_{ar} = 0,015$  e a constante K a ser utilizada é 3,5.

$$\lambda_{ms} = 0,015 \times \left( 1 + \frac{5,21}{3,5} \right) \quad - \quad \lambda_{ms} = 0,0373$$

$$\lambda_{mi} = 0,015 \times \left( 1 + \frac{6,31}{3,5} \right) \quad - \quad \lambda_{ms} = 0,0421$$

Na sucção

$$J_{3s} = 0,0373 \times \frac{8}{0,14} \frac{43,27^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{3s} = 244,37 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$J_{3i} = 0,0421 \times \frac{8}{0,14} \frac{35,72^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{3i} = 187,59 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Na descarga

$$J_{3s} = 0,0373 \times \frac{7}{0,14} \frac{43,27^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{3s} = 213,82 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$J_{3i} = 0,0421 \times \frac{7}{0,14} \frac{35,72^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{3i} = 164,14 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_{3s}$  na sucção e  $J_{3s}$  na descarga

$$J_3 = J_{3s \text{ sucção}} + J_{3s \text{ descarga}}$$

$$J_3 = 244,37 + 213,83 \quad - \quad J_3 = 458,2 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_3 = 458,2 \text{ mmH}_2\text{O}$

➤ Perda de carga devido ao desnível – J4

$$J_4 = J_{\text{desníveis}} = r_p H \gamma_{ar}$$

Neste caso vai ser utilizado  $H=3$  tanto para a sucção quanto para descarga

$$J_{4s} = 5,21 \times 2 \times 1,2 \quad - \quad J_4 = 18,76 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$J_{4i} = 6,32 \times 2 \times 1,2 \quad - \quad J_4 = 22,73 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a avaliação da carga devido ao desnível vai ser utilizado o somatório tanto para sucção quanto para descarga, nesse caso é igual para as duas, então multiplica-se por x2.

$$J_4 = j_4 \times 2 = 22,73 \times 2 \quad - \quad J_4 = 45,462 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_4 = 45,462 \text{ mmH}_2\text{O}$

➤ Perda de carga devido ao ciclone

$$J_5 = J_{\text{Ciclone}} = \lambda_1 \frac{(C_{ar \text{ entrada}})^2}{2g} \gamma_{ar}$$

Conforme recomendação de Nonnenmacher (1983) o coeficiente de atrito de acessórios a ser utilizado  $\lambda_1$  nesse caso é através da fórmula abaixo:

$$\lambda_1 = 12 \times \frac{b \times h}{k \times e^2} \times \left( \frac{D^2}{L \times H} \right)^{1/3}$$

$$\lambda_1 = 12 \times \frac{b \times h}{k \times e^2} \times \left( \frac{D^2}{L \times H} \right)^{1/3}$$

$$\lambda_1 = 12 \times \frac{0,09 \times 0,225}{2 \times 0,3^2} \times \left( \frac{1^2}{0,6 \times 0,4} \right)^{1/3} \quad - \quad \lambda_1 = 2,17$$

$$C_{ar} = \frac{Q_{ar}}{A} = \frac{Q_{ar}}{b \times h}$$

$$C_{ars} = \frac{0,666}{0,09 \times 0,225} \quad - \quad C_{ars} = 32,9 \text{ m/s}$$

$$C_{ari} = \frac{0,550}{0,09 \times 0,225} \quad - \quad C_{ars} = 27,2 \text{ m/s}$$

Sendo assim:

$$J_{5s} = 2,17 \times \frac{(32,9)^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{5s} = 143,78 \text{ mmH}_2\text{O}$$

$$J_{5i} = 2,17 \times \frac{(27,16)^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_{5s} = 97,98 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_5 = 143,78 \text{ mmH}_2\text{O}$

➤ Perda de carga no duto de ar –  $J_6$

$$J_6 = \lambda_1 \frac{L_{eq} (C_{ar})^2}{D} \gamma_{ar}$$

Conforme recomendação de Nonnenmacher (1983) o duto de ar deverá ser considerado da saída do ciclone até o ponto de descarga, por ser um trecho de mangueiras,

assim tendo curvas adota-se um diâmetro maior para reduzir a perda por atrito, nesse caso será utilizado um valor de diâmetro de mangueira de 0,203m.

A altura de descarga será 3 metros.

$$C_{ar} = \frac{Q_{ar}}{A} = \frac{0,67}{\pi \times \left(\frac{0,203}{2}\right)^2} \quad - \quad C_{ar} = 20,6 \text{ m/s}$$

$$J_6 = 0,0373 \times \frac{3}{0,203} \times \frac{(20,6)^2}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_6 = 14,3 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_6 = 14,3 \text{ mmH}_2\text{O}$

➤ Perda de carga devido a introdução do grão no conduto de descarga –  $J_7$

$$J_7 = J_{\text{introdução dos grãos}} = \lambda_1 \left(\frac{C_{ar}^2}{2g}\right) \gamma_{ar}$$

$$C_{ar} = \frac{Q_{ar}}{A} = \frac{Q_{ar}}{b \times h}$$

$$C_{ars} = \frac{0,666}{0,01008} \quad - \quad = 66,09 \text{ m/s}$$

$$C_{ari} = \frac{0,550}{0,01008} \quad - \quad = 54,55 \text{ m/s}$$

$$J_7 = 0,15 \times \frac{(66,09^2)}{2 \times 9,81} \times 1,2 \quad - \quad J_7 = 40,067$$

Para a hipótese mais desfavorável  $J_7 = 40067 \text{ mmH}_2\text{O}$

➤ Perca de carga total

$$J = J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5 + J_6 + J_7$$

$$J = 75,733 + 265,326 + 458,192 + 45,462 + 143,778 + 14,297 + 40,067$$

$$J = 1042855 \text{ mmH}_2\text{O}$$

## Apêndice B – Patente depositada



### Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2022 013710 2

#### Dados do Depositante (71)

---

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: VALTER ODAIR KURZ

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 81099690030

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: rua dos Ipes

Cidade: Ibiruba

Estado: RS

CEP: 96200000

País: Brasil

Telefone: 54999012684

Fax:

Email: valterkurz@hotmail.com

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 09/07/2022 às 20:14, Petição 870220060691

**Depositante 2 de 2****Nome ou Razão Social:** MARCIO WALBER**Tipo de Pessoa:** Pessoa Física**CPF/CNPJ:** 69832315034**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Engenheiro, arquiteto e afins**Endereço:** AV BRASIL, 1630/1001**Cidade:** PASSO FUNDO**Estado:** RS**CEP:** 99025-054**País:** BRASIL**Telefone:** (54) 981 116432**Fax:****Email:** mwalber@upf.br**Referência Petição**

---

**Pedido :** BR102022013710-2**Documentos anexados**

---

<b>Tipo Anexo</b>	<b>Nome</b>
Reivindicação	Reivindicação.pdf
Esclarecimento	ESCLARECIMENTO.pdf

**Declaração de veracidade**

---

Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Peticionamento Eletrônico em 30/09/2022 às 16:39, Petição 870220090030

**Dados do Pedido**

---

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL

**Resumo:** DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL

Que tem por objetivo principal o transporte de semente/fertilizante de seu local de armazenamento (Bag, caminhão, carreta agrícola, etc...) até a plantadeira durante o reabastecimento no plantio. O equipamento é movido por um sistema hidráulico independente do sistema hidráulico no trator, utilizando apenas a tomada de força do trator.

O equipamento trabalha com uma ou duas turbinas, a turbina de pressão negativa tem a função de captar a semente/fertilizante em seu local de armazenamento e levar até o ciclone central o qual possui em sua parte inferior uma válvula rotativa que vai dosar a semente/fertilizante até a linha de pressão positiva a qual leva a semente/fertilizante até o ciclone de saída, após a passagem por este, cai por gravidade até o reservatório da plantadeira.

**Figura a publicar:** 1

**Dados do Procurador**

---

**Procurador:**

**Nome ou Razão Social:** VALTER ODAIR KURZ

**Numero OAB:**

**Numero API:**

**CPF/CNPJ:** 81099690030

**Endereço:** RUA DOS IPES, 1416

**Cidade:** Ibiruba

**Estado:** RS

**CEP:** 98200000

**Telefone:**

**Fax:**

**Email:** engenharia.otimiza@gmail.com

**Dados do Inventor (72)**

Inventor 1 de 1

Nome: VALTER ODAIR KURZ

CPF: 81099690030

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: rua dos Ipês, 1416

Cidade: Ibirubá

Estado: RS

CEP: 98200-000

País: BRASIL

Telefone: (54) 999 012684

Fax:

Email: engenharia.otimiza@gmail.com

**Documentos anexados**

Tipo Anexo	Nome
Relatório Descritivo	DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL.pdf
Resumo	Resumo.pdf
Reivindicação	Reivindicação.pdf
Desenho	desenhos.pdf

**Acesso ao Patrimônio Genético**

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

**Declaração de veracidade**

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

1/7

## **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] Refere-se ao presente relatório descritivo a um **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, que foi projetado para ser empregado, dentre outras, em semeadoras/plantadeiras e fertilizadoras e que tem por objetivo se tornar mais simples, prático e eficiente a realização do abastecimento dos implementos durante o trabalho na lavoura, além de proporcionar segurança aos operadores durante o trabalho de abastecimento dos implementos.

[002] A finalidade da invenção apresentada, é acelerar o processo de descarregamento de grãos em semeadoras para o plantio, e com isso reduzir o tempo de máquinas paradas. Essa redução resulta em lucros, redução do tempo de serviço e necessidade de menos pessoas envolvidas no processo de plantio, removendo-as de trabalhos não ergonômicos.

[003] Esse dispositivo de invenção foi desenvolvido visando atender as necessidades do pequeno, médio e grande produtor de grãos, considerando o seu poder aquisitivo, a estrutura da propriedade, a praticidade na utilização e manutenção do equipamento, e também a quantidade total de área de planta que o produtor possui.

### **SUMÁRIO DA INVENÇÃO**

[004] De acordo com a presente invenção, é fornecido um **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, que incorpora um sistema de pressão positiva e/ou negativa permitindo o transporte de semente e/ou fertilizante de seu local de armazenamento, podendo ser, saco BAG, carreta agrícola, caminhão de transporte, até o implemento agrícola. Esse transporte vem a permitir um rápido abastecimento do implemento sem danificar a semente e/ou fertilizante,

devido o produto ser transportado fluido (ar) reduzindo o contato com as paredes do sistema de transporte.

### ANTECEDENTES DA TÉCNICA

[005] O aumento populacional dos últimos anos contribuiu para que a base da agricultura focasse cada vez mais na produção de alimentos, e com isso surge também a necessidade de mecanizar operações, visando o aumento da produtividade e a agilidade no desenvolvimento das atividades agrícolas. A implantação de sistemas mecanizados é muito visível em propriedades de produtores de grãos como soja, milho e trigo, os quais em sua grande maioria encontram-se bem capitalizados e com grandes extensões de terras para produzir.

[006] Outro fator determinante é a questão da mão de obra rural, que está cada vez mais escassa e é motivo de preocupação para produtores, os quais se veem obrigados a apelar para o uso da tecnologia modernizando-se e desta forma passando a depender de menos pessoas para desempenhar as atividades rotineiras da agricultura. Existem também as normas regulamentadoras vigentes no Brasil, as quais são orientações trabalhistas que estabelecem padrões a serem cumpridos, e além disso visam proteger o trabalhador e evitar que esses desempenhem atividades que comprometam sua saúde. Relacionado ao tema do presente estudo existem as normas NR 11, NR 12, NR17 e NR 31.

[007] Conforme destacado por Braga ( ) Atualmente as normas estão convergindo a segurança dos trabalhadores rurais, neste sentido destaca:

[008] *Analisar a atividade exercida em situações inadequadas, cuidar desta inadequação, tornar o trabalho eficiente, tanto do ponto de vista do desempenho das pessoas (saúde, conforto) como da eficiência e eficácia do processo produtivo (qualidade, produtividade e segurança). (BRAGA, 2007).*

[009] Conforme Eduardo da Silva Lopes, (**Esforço Físico na Execução do Trabalho Rural**,2016), que também destacou no que se refere a ergonomia na agricultura, são visíveis os riscos ergonômicos que os trabalhadores rurais são submetidos diariamente. Os trabalhadores rurais exercem suas atividades em locais abertos, geralmente ficando expostos a condições desfavoráveis com relação à clima, luminosidade, ruído, vibração, poeiras e gases. Além disso, com

freqüência manuseiam equipamentos e ferramentas que necessitam elevado esforço físico e posturas inadequadas.

[010] De acordo com Bidger (**Introdução à ergonomia**, 2.ed., 2003), o levantamento de cargas é o motivo da grande maioria de traumas musculares entre trabalhadores. Estima-se que 60% dos problemas musculares são causados por levantamento de cargas, e 20% resulta do processo de puxar ou empurrar cargas.

[011] Para Kruger (**A ergonomia utilizada como ferramenta na educação para o trabalho do carpinteiro na construção de edifícios**, 2001) uma das partes do corpo que mais sofre com o levantamento de cargas é a musculatura das costas. Isso acontece porque a coluna vertebral é composta por discos superpostos, e possui baixa resistência a forças que não possuem a direção do seu eixo.

[012] De acordo com Employer (**As dificuldades de contratar mão e obra para o campo**, 2017), a mecanização no campo surgiu de duas necessidades eminentes: a otimização de processos para redução do custo produtivo e a falta de empregados no campo. Entre os anos de 2005 e 2011, de acordo com o IBGE, houve uma redução de 16% nesta mão de obra. Por longos anos, os trabalhos desenvolvidos no campo viveram na informalidade. A partir de 1988 a Constituição Federal criou leis que passaram a regulamentar as atividades rurais.

[013] Atualmente ocorre grande desgaste no abastecimento dos implementos agrícolas, em alguns procedimentos os agricultores precisam carregar sacas de 50Kg de adubo, realizando assim o abastecimento dos reservatórios, por outro lado carregam sacas de 20Kg para abastecimento de semente, vindo assim a trabalhar em condições de muito esforços.

[014] Outra situação ocorre no abastecimento com sacos BAG de 1.000Kg, o agricultor eleva o BAG a uma altura superior do reservatório e em seguida outra pessoa se posiciona abaixo do BAG abrindo-o e direcionando para o bocal do reservatório.

### FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[015] As operações de plantio, em face das técnicas e sistemas empregados, têm exigido, não só por parte dos operadores de máquinas e implementos agrícolas, mas, principalmente, por parte das empresas desenvolvedoras do setor, a disponibilização, cada vez maior, de recursos para tal finalidade, em especial, para

o abastecimento de plantadeiras/semeadeiras, promovendo trabalhos conforme normas de ergonomia adequada.

[016] No intuito de superar os inconvenientes decorrentes das técnicas atuais, foi desenvolvido o presente **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, que tem por objetivo principal reduzir o tempo de carregamento das plantadeiras/semeadeiras durante o plantio e permitir variadas formas de transporte e armazenamento da semente/fertilizante, sendo que, para isso, o dispositivo de transporte encontra-se dotado de sistema de pressão positiva e negativa, e ou somente pressão positiva, permitindo a captura da semente/fertilizante no seu local de armazenamento e enviando a mesma até o reservatório da plantadeira / semeadeira.

[017] O presente **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, objetiva melhorar a ergonomia do trabalhador do campo, facilitando o transporte de semente durante o abastecimento dos implementos durante o plantio.

[018] O presente **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, objetiva a sucção da semente/fertilizante em seu local de armazenamento de forma automática ou manual, na forma automática, o sistema é composto de guias lineares na transversal e longitudinal que deverão ser montados no caminhão ou carretão de transporte, junto dos tais guias lineares é montado dois eixos de rosca sem fim com o intuito de movimentar o tubo de sucção nos eixos X e Y, estes eixos roscados são acionados por um motor elétrico. No dito guia linear transversal é composto de um sistema que movimenta o tubo de sucção no eixo Z, realizando a captura do grão na parte interna do caminhão e ou carreta agrícola, dito sistema realiza uma varredura na parte interna. Este sistema de varredura é controlado por um controle remoto.

[019] O presente **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, também disponibiliza um sistema que permite a montagem na saída do carretão, assim necessariamente deverá ser retirado o tubo de descarga e

adicionado este novo sistema. Nesta condição o sistema de transporte trabalhará somente com pressão positiva.

[020] Para um melhor entendimento do presente mecanismo **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**, faz-se referência aos desenhos representativos, de tal modo que o equipamento possa ser integralmente reproduzido por técnica adequada, permitindo a plena caracterização da sua funcionalidade, sendo estes desenhos meramente ilustrativos, podendo apresentar variação desde que não fujam do princípio funcional ora proposto, e onde:

Figura 1 – Ilustra uma imagem em perspectiva do sistema ora proposto com pressão positiva e negativa no mesmo sistema.

Figura 2 – Ilustra uma imagem em perspectiva do sistema de sucção automática da semente / fertilizante no caminhão.

Figura 3 – Ilustra uma imagem em perspectiva do sistema ora proposto com a opção com somente pressão positiva.

### **CONSTRUTIVIDADE PREFERIA DA INVERÇÃO**

[021] Em conformidade com o quanto ilustram as figuras em anexo, o **DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL** ora proposta, se constitui de duas turbinas, sendo uma turbina pressão positiva (6.1) e a outra turbina de pressão negativa (6.2), ditas turbinas são acionadas através de motores hidráulicos. O sistema hidráulico é independente, com isso, ele possui o tanque de óleo (9) e a bomba hidráulica (10), a bomba hidráulica (10) é movimentada pela tomada de força do trator, permitindo assim o fluxo de óleo necessário para os três motores. Ao acionar a bomba hidráulica, ligará a turbina com pressão negativa (vácuo) (6.2), esse vácuo percorrerá o ciclone central (2) e a linha de sucção (1), no final da linha de sucção o tubo estará posicionado para o recolhimento do grão, este local de recolhimento pode ser qualquer tipo de armazenamento disponível, carroceria de caminhão, Bag, carretão agrícola entre outros. Ao succionar o grão/fertilizante, o mesmo percorrerá a linha de sucção até chegar no ciclone central (2), neste local ocorre a separação do vácuo e o grão/fertilizante, onde o

vácuo vai até a turbina (6.2) e a semente/fertilizante fica armazenada no ciclone central (2), ciclone este que possui em sua parte inferior uma válvula rotativa (7), que é acionada pelo motor hidráulico (5), a dita válvula rotativa (7), tem a função de dosar a semente na linha de pressão positiva (4), onde esta é alimentada pela turbina de pressão positiva (6.1). O sistema de pressão positiva empurra a semente/fertilizante pela linha de pressão (4) até o ciclone de saída (8), este tem a função de separar a semente/fertilizante do fluido de transporte (ar), sendo assim a semente/fertilizante cai por gravidade no reservatório da plantadeira e o ar sai pelo duto de saída (3).

[022] A figura 2 ilustra uma primeira variante construtiva do presente DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL., através do qual pode-se contatar um mecanismo automático de sucção (13), qual é constituído de guia linear transversal (13.1) e guia linear longitudinal (13.2), estes guiar possibilita o guia do tubo percorrer toda a carroceria (14) do caminhão. O guia do tubo possui 3 motores, o primeiro motor realiza o movimento decida e subida da linha de sucção (1) na carroceira (14) do caminhão, o segundo motor movimenta a linha de sucção (1) no sentido transversal e o terceiro motor realiza o movimento longitudinal da linha de sucção (1), esses movimentos são controlados por controle remoto.

[023] A figura 3 ilustra uma segunda variante construtiva do presente DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL., através do qual nessa variação construtiva trabalha-se somente com pressão positiva. Nesta variante, teremos um acoplador (15) que é acoplado nas carretas agrícolas no lugar do canhão de rosca, dito acoplamento (15) é fabricado especial para cada modelo de carreta agrícola, esse acoplador (15) armazena a semente/fertilizante e conduz até a parte inferior do mesmo que possui uma válvula rotativa (7) que é movida por um motor hidráulico (5), esta válvula rotativa (7) realiza a dosagem da semente/fertilizante na linha de pressão (4), essa linha de pressão (4) é alimentada por fluido de transporte que é o ar com pressão positiva, esta pressão positiva é gerada através da turbina (12), que é movida por um motor hidráulico, ambos os motores hidráulicos são acionados através da bomba (10), a qual, é acionada pela tomada de força do trator, a bomba (10) movimenta o óleo contido no reservatório

7/7

(9). Então, com fluido de transporte (ar) sob pressão positiva, empurra a semente/fertilizante até o ciclone de saída (8), qual irá realizar a separação da semente/fertilizante e fluido de transporte (ar), sendo assim, a semente/fertilizante cairá por gravidade até o reservatório da plantadeira e o fluido de transporte sairá pelo duto de saída (3).

## REININDICAÇÕES

1. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, **caracterizado por** possuir uma turbina de pressão negativa a vácuo (6.2) na qual é responsável pela sucção da semente/fertilizante através de uma linha de sucção (1), levando até o ciclone central (2) que faz a separação da semente/fertilizante com o fluido de transporte, sendo que abaixo do ciclone central (2) existe uma válvula rotativa (7) que tem a função de dosar a semente/fertilizante na linha de pressão positiva (4), onde essa linha de pressão positiva (4) é pressurizada através da turbina pressão positiva (6-1) que empurra a semente/fertilizante até o ciclone de saída (8), onde nesse ocorre novamente a separação do fluido de transporte e a semente/fertilizante, de modo que a semente/fertilizante caem no reservatório por gravidade e o fluido sai pelo duto de saída (3).

2. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o sistema alimentado por 3 motores hidráulicos, um na válvula rotativa (7) e outros dois nas turbinas de pressão positiva (6.1) e pressão negativa (6.2), este sistema hidráulico que alimenta o equipamento é totalmente independente do sistema hidráulico do trator, pois possui o tanque de óleo (9) e sua bomba (10).

3. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** o sistema poder trabalhar com captação de semente/fertilizante, de forma manual ou automático, quando trabalhar com sistema automático é composto de guias lineares (13-1 e 13-2) que montadas e fabricadas conforme carroceria do caminhão, tal sistema automático possui motores de transporte que movimentam a linha de sucção (1) conforme altura e posição interna da carroceria (14) do caminhão, sendo este sistema é controlado por controle remoto a distância.

4. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, **caracterizado por** o sistema poder trabalhar somente com a turbina pressão positiva (6-1), no qual nesse sistema teremos um acoplador (15) no qual é montado em carretas agrícolas, na parte inferior do dito acoplador (15) possui uma válvula rotativa (7) que dosa o semente/fertilizante na linha de pressão (4), assim, o fluido de transporte que sai da turbina (12) empurra a semente/fertilizante até o ciclone de saída (8), que tem a função de separar a semente/fertilizante do fluido de transporte, nesse momento a semente/fertilizante caem por gravidade no reservatório da semeadora e o fluido de transporte sai pelo duto de saída (3).

5. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado por** o sistema possuir um acoplador (15) que pode ser moldado de acordo com o modelo de carreta agrícola, sendo assim, adaptável a qualquer carreta agrícola.

6. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado por** o sistema ser alimentado por 3 motores hidráulicos, um na válvula rotativa (7) e outros dois nas turbinas de pressão positiva (6.1) e pressão negativa (6.2), e este sistema hidráulico que alimenta o equipamento é totalmente independente do sistema hidráulico do trator, pois possui o tanque de óleo (9) e sua bomba (10).

7. DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL, de acordo com a reivindicação 1 e 4, **caracterizado por** o sistema transportar semente/fertilizante de dentro de uma carreta agrícola ou caminhão até o semeadora e este sistema ser hidráulico e independente, dependendo somente da barra de tração do trator.

**RESUMO****DISPOSITIVO DE TRANSPORTE PNEUMÁTICO DE ADUBO E SEMENTE  
EM MÁQUINAS E IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EM GERAL**

Que tem por objetivo principal o transporte de semente/fertilizante de seu local de armazenamento (Bag, caminhão, carreta agrícola, etc...) até a plantadeira durante o reabastecimento no plantio. O equipamento é movido por um sistema hidráulico independente do sistema hidráulico no trator, utilizando apenas a tomada de força do trator.

O equipamento trabalha com uma ou duas turbinas, a turbina de pressão negativa tem a função de captar a semente/fertilizante em seu local de armazenamento e levar até o ciclone central o qual possui em sua parte inferior uma válvula rotativa que vai dosar a semente/fertilizante até a linha de pressão positiva a qual leva a semente/fertilizante até o ciclone de saída, após a passagem por este, cai por gravidade até o reservatório da plantadeira.

Figura 1

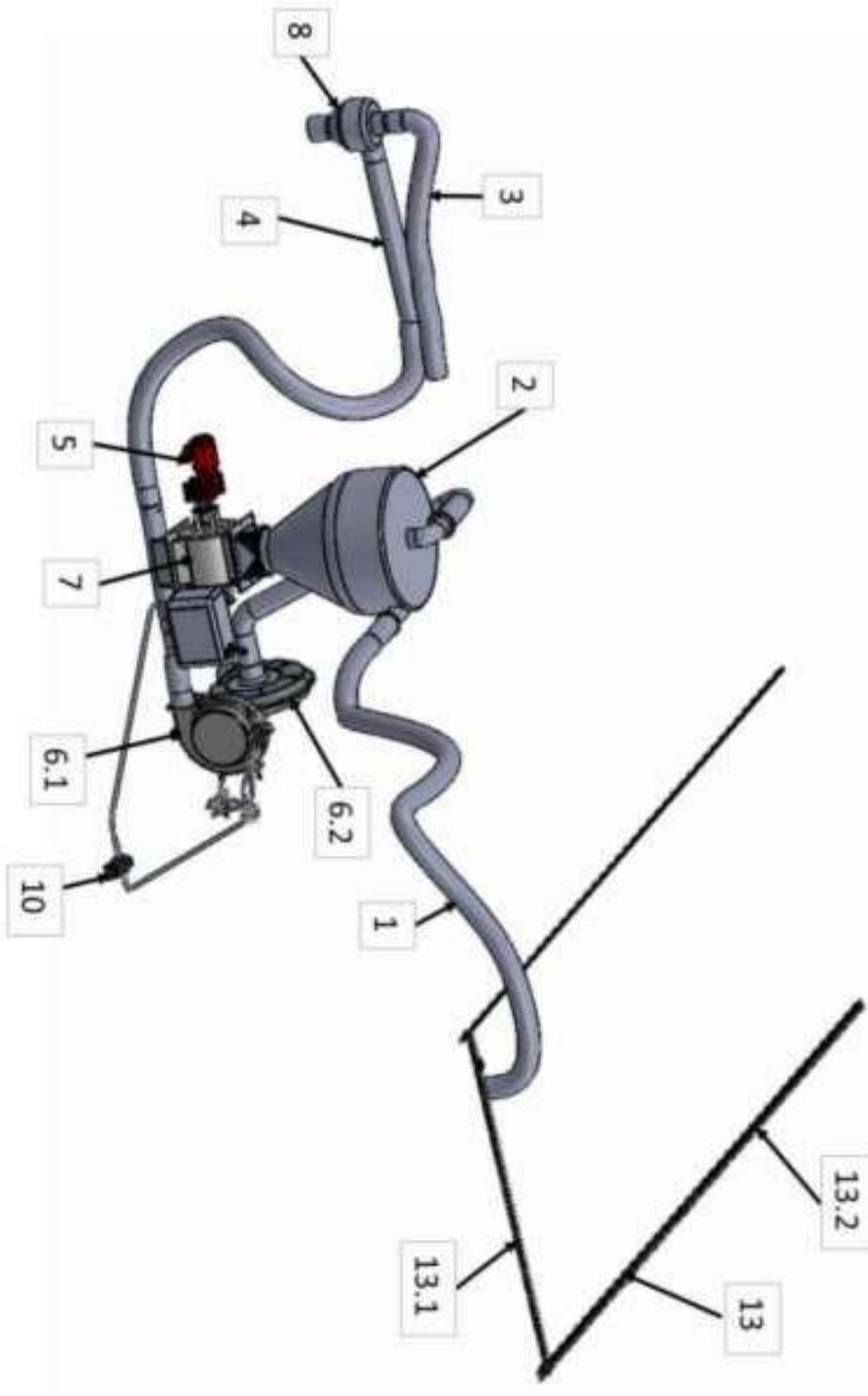


Figura 2

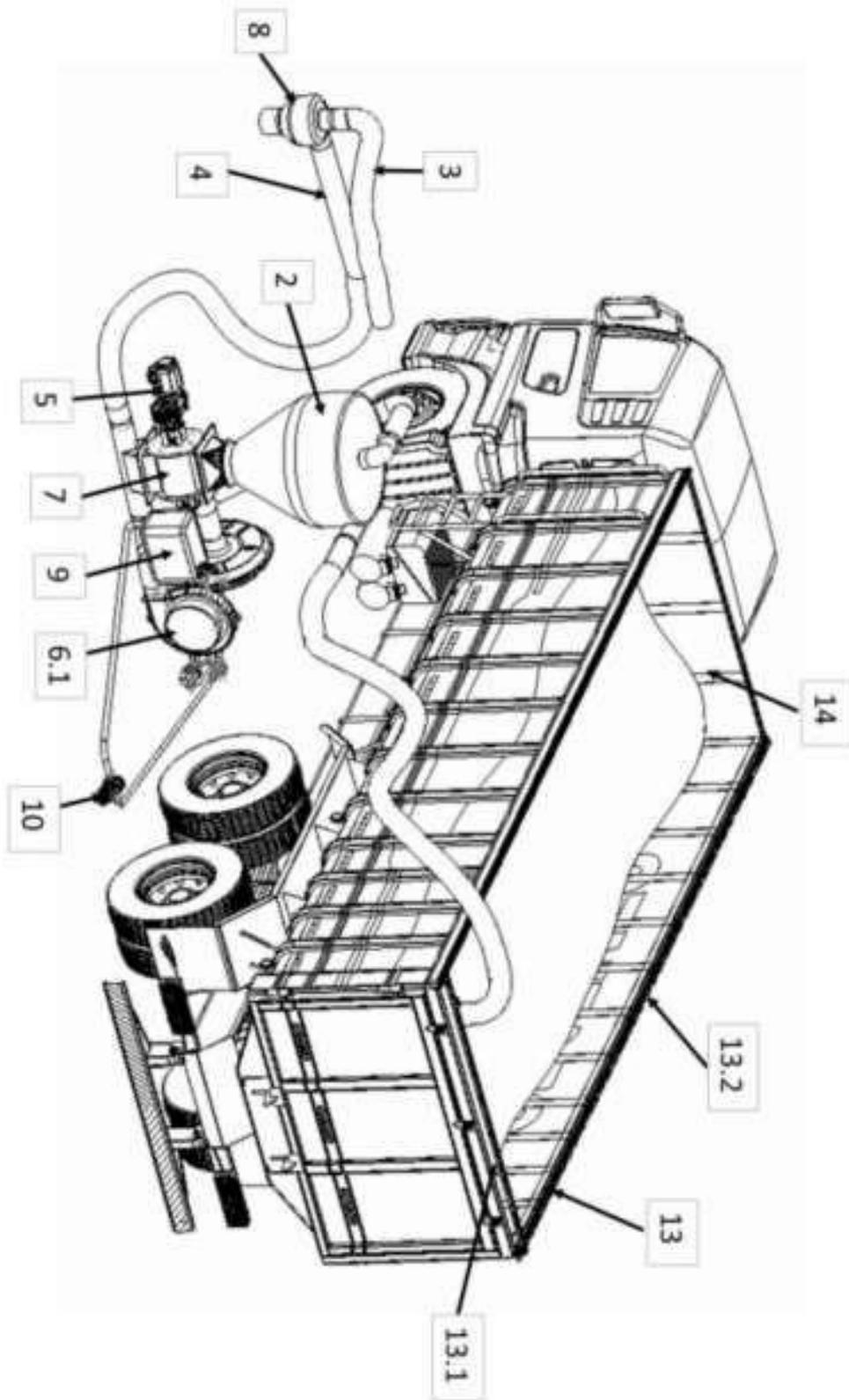
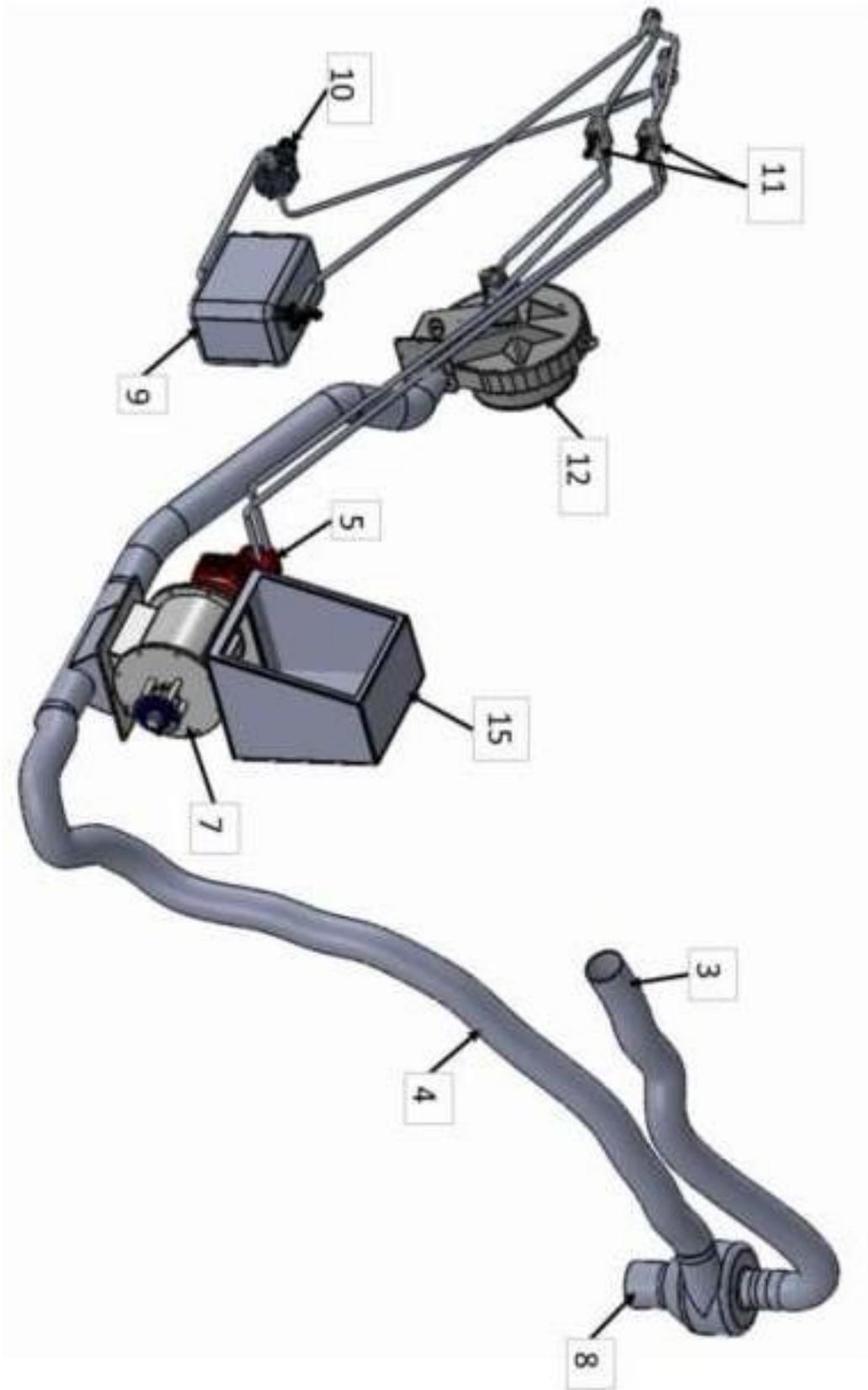


Figura 3

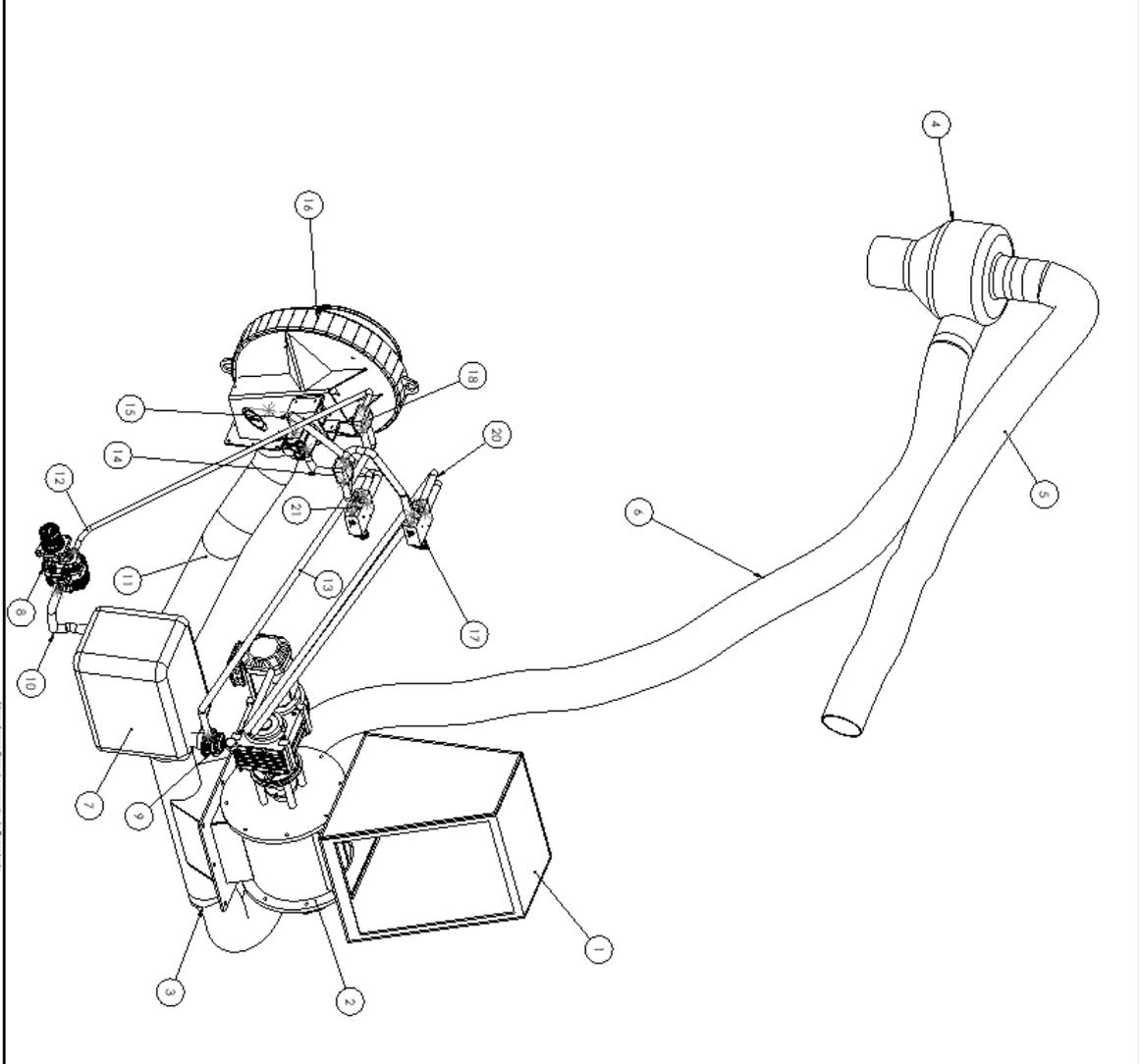


# Apêndice C – Desenho montagem sistema de transporte pressão positiva

1:1

Tolerância de Graus	Grau de Precisão	Módulo	Módulo					
			0,5 a 10	10 a 30	30 a 120	120 a 200	200 a 700	Acima de 700
± 0°5'	Fina	M	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1
	Média	M	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1	±1,5
	Grossa	M	±0,3	±0,5	±0,8	±1	±1,5	±2,5

Os desenhos e projetos são de propriedade da BELGAS, sendo proibida a cópia, a reprodução, a distribuição, a utilização ou a transferência sem a autorização da empresa.



ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	MES-0042	BOMBA SAÍDA-SEMENTE PRESSÃO POSITIVA	1
2	MES-0031	CM ROTOR DOSADOR DE SEMENTE	1
3	MES-0004	CM CONEXÃO TUBILHAÇÃO PRESSÃO POSITIVA	1
4	MES-0002	CICLONE SAÍDA	1
5	MES-0007	CM CONEXÃO TUBILHAÇÃO PRESSÃO POSITIVA	1
6	MES-0043	MANEIRA AR PRESSÃO POSITIVA	1
7	MES-0035	RESERVATÓRIO HIDRÁULICO	1
8	MES-0034	BOMBA HIDRÁULICA	1
9	MES-0040	FILTRO ROTÓRICO ÓLEO	1
10	MES-0008	MANEIRA HIDRÁULICA	1
11	MES-0045	TUBO SAÍDA-SEMENTE PRESSÃO POSITIVA	1
12	MES-0006	MANEIRA HIDRÁULICA	1
13	MES-0009	MANEIRA HIDRÁULICA	1
14	MES-0044	MANEIRA HIDRÁULICA	1
15	MES-0011	MANEIRA HIDRÁULICA	1
16	MES-0036	MANEIRA HIDRÁULICA	1
17	MES-0038	VALVULA REGULADORA DE FLUXO CM TURBINA PRESSÃO POSITIVA	2
18	MES-0041	VALVULA DIVISORA DE FLUXO	1
19	MES-0013	MANEIRA HIDRÁULICA	1
20	MES-0014	MANEIRA HIDRÁULICA	1
21	MES-0014	MANEIRA HIDRÁULICA	1

Proj. VALTER KURZ	Rev. VALTER KURZ	Desenho	CM SISTEMA DE TRANSPORTE PRESSÃO POSITIVA
Proj. 01	Rev. 01	MES-1001	

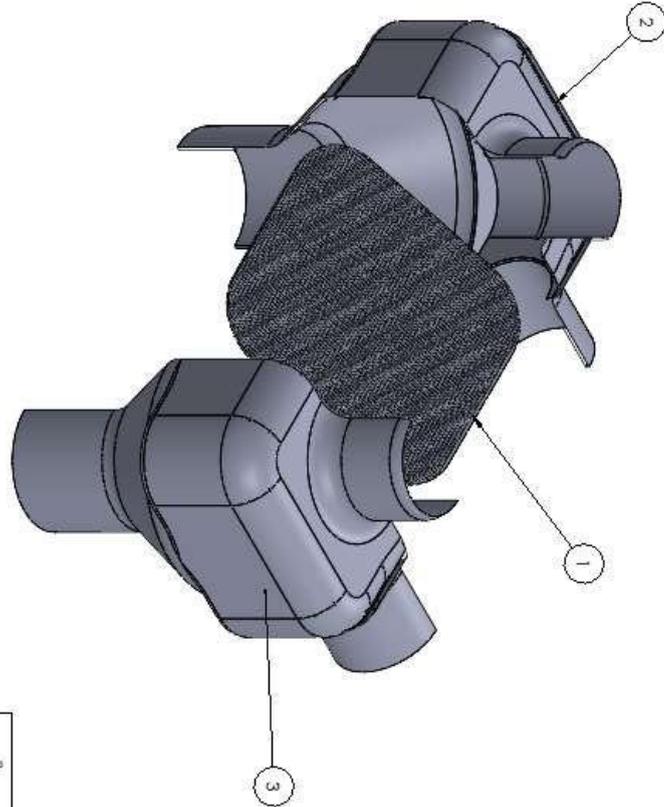
© 2008, DossMESTRADO, todos os direitos reservados.



## Apêndice E – Ciclone de saída

Tolerância de Graus	Grau de Precisão	MED. TOL.	0,5 a 10	10 a 30	30 a 120	120 a 300	300 a 750	Acima de 750
			$\pm 0^{\circ}5'$	Fina	M	-	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$
	Média		$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 2$
	Grossa		$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	$\pm 2$	$\pm 3$

Os desenhos e acessórios são de propriedade da Geigis, sendo proibidas as cópias, totais ou parciais, não podendo ser cedidas a terceiros, salvo com autorização da mesma.



Nº DO ITEM	Nº DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
3	MES-0049	CICLONE SAÍDA	1
2	MES-0048	CICLONE SAÍDA	1
1	MES-0047	GRADE DE SEPARAÇÃO	1

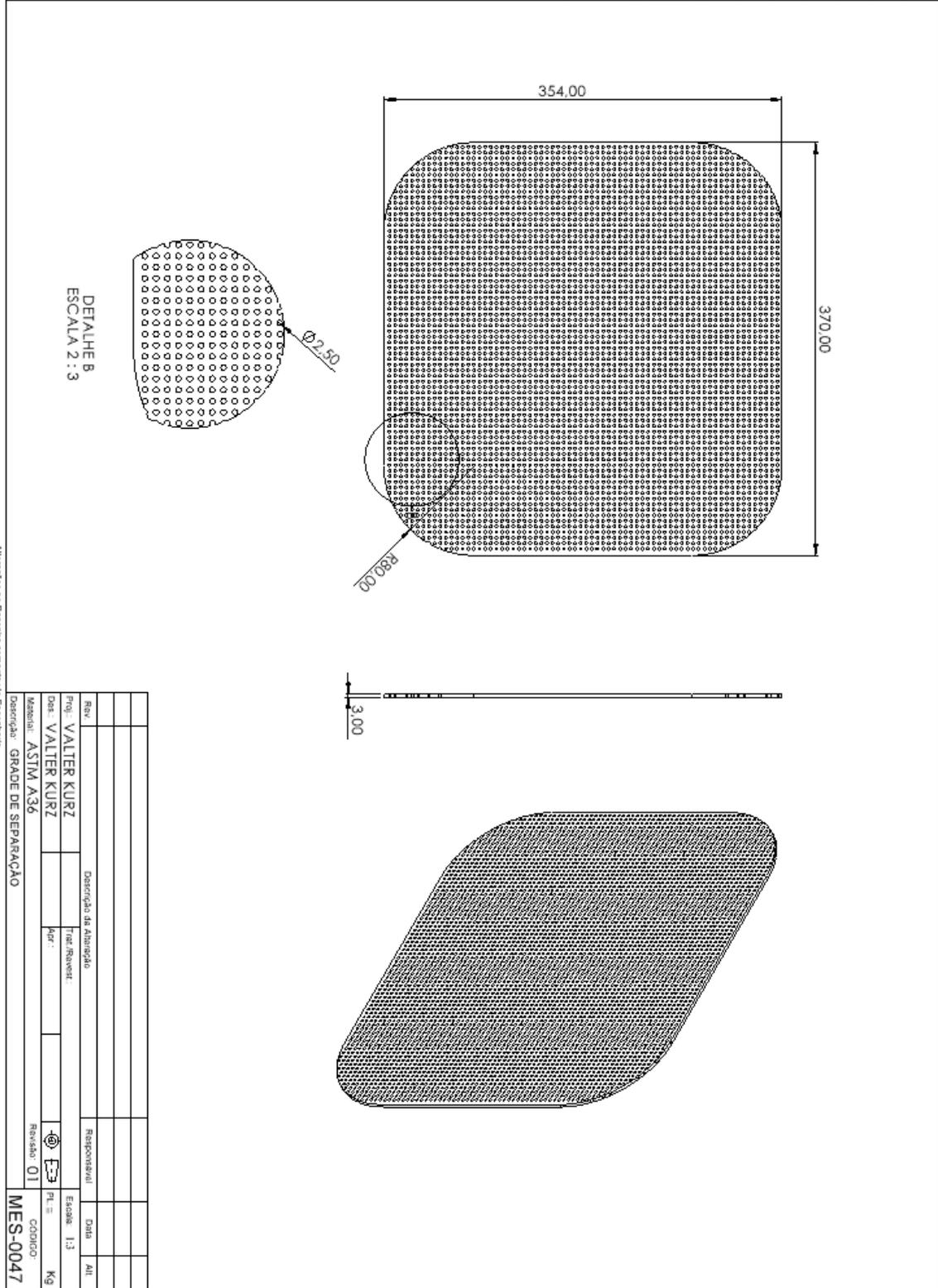
Reviz		Descrição da Alteração		Responsável	Data	Ass
Proj	Des	Rev	Apr			
Material		Revisão		Escala: 1:1		
Designação: CM CICLONE MENOR		Revisão		Kg		
Material		Revisão		CÓDIGO: MES-0100		

Alterações no Desenho somente via Engenharia

Formato A3

Tolerância de Graus	Grau de Precisão	MED. TOL.					
		0,5 a 10	10 a 30	30 a 120	120 a 360	360 a 750	Acima de 750
± 0°5'	Fina	-	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1
	Média	M	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1
	Grossa		± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2

Os desenhos e projetos são de propriedade da Geopla, sendo proibidas as cópias, totais ou parciais, não podendo ser cedidos a terceiros, salvo com autorização da mesma.



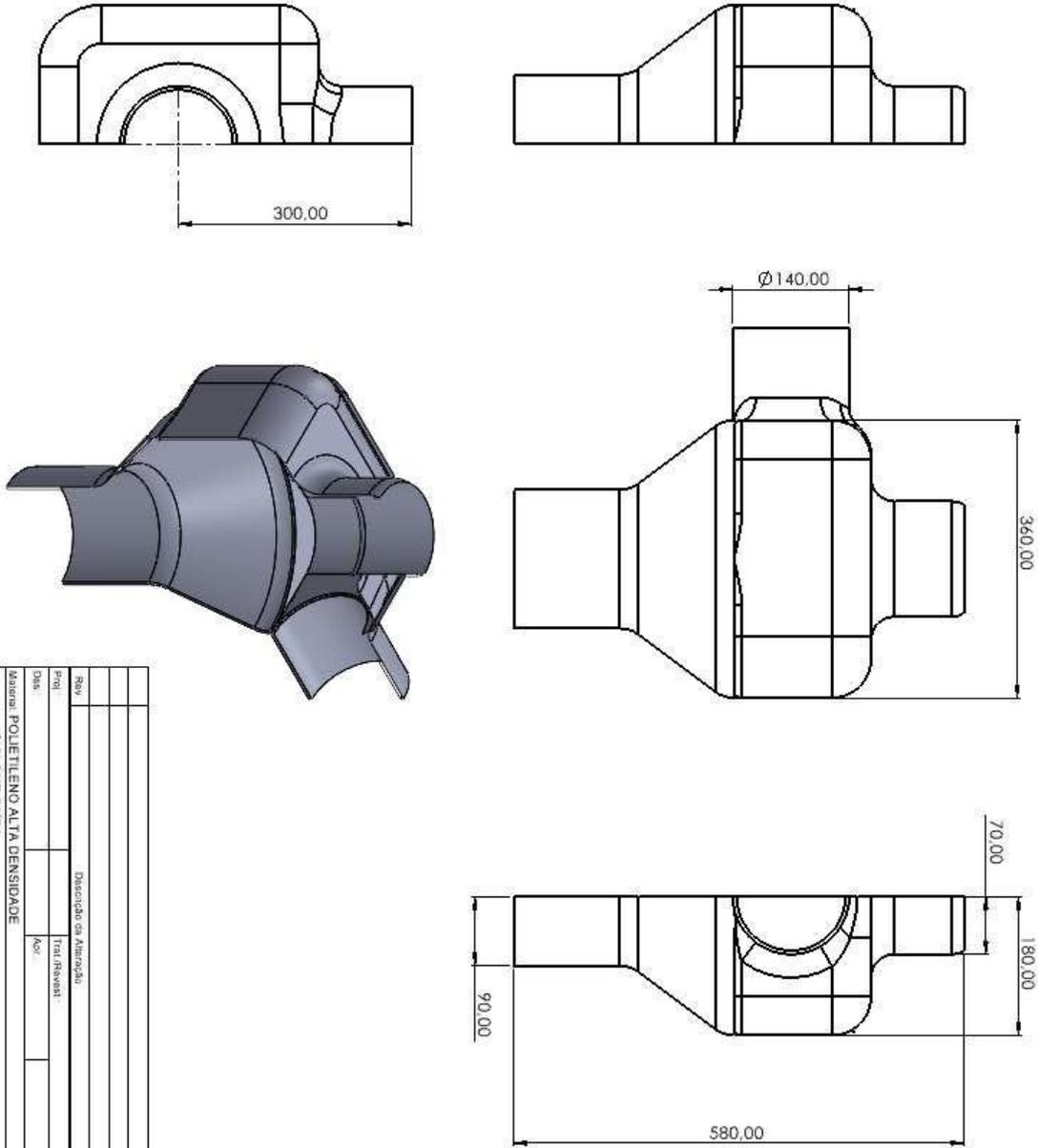
Atirada no Desenho somente via Engenharia

Rev:	Proj.: VALTER KURZ		Descrição da Atirada		Responsável	Data	Aut.
Des:	VALTER KURZ		Trat./Revest:				
Mat:	ASTM A36		Revestido				
Descrção:	GRADE DE SEPARAÇÃO		Revestido 01				
	CÓDIGO		MES-0047				
	Kg						

Formato A3

Tolerância de Graus	Grau de Precisão	MED TOL	0,5 a 10	10 a 30	30 a 120	120 a 300	300 a 750	Acima de 750
			± 0°5'	Fina	M	± 0,1	± 0,2	± 0,3
	Média		± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2	± 3
	Grossa							

Os desenhos e projetos são de propriedade da Gelgas, sendo proibidas as cópias, totais ou parciais, não podendo ser cedidos a terceiros, salvo com autorização da mesma.



Alterações no Desenho somente via Engenharia

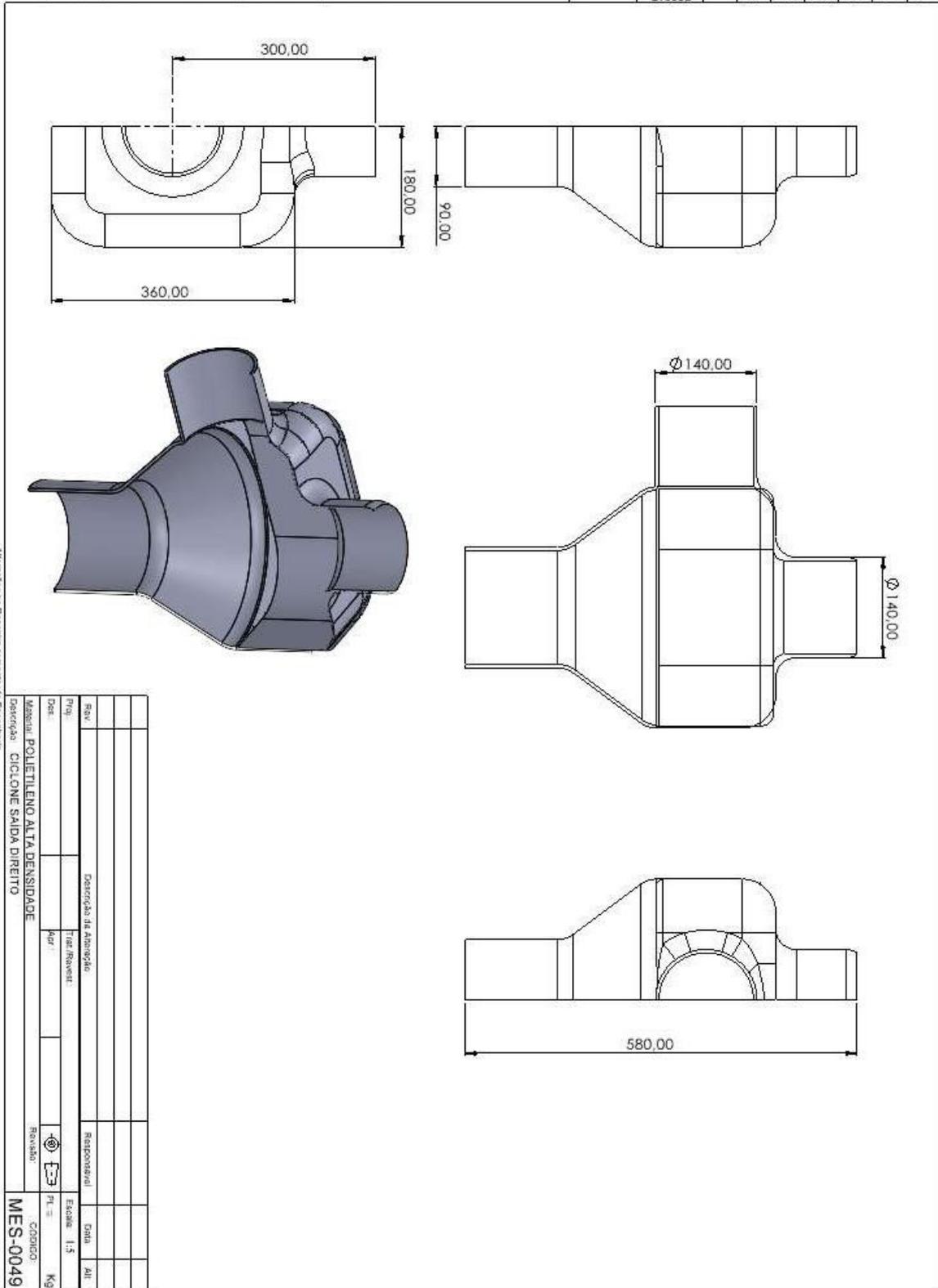
Rev	Descrição da Alteração	Responsável	Data	Alt
01	Tratamento			
Dis	Ac			
Material: POLIETILENO ALTA DENSIDADE				
Descrição: CICLONE SAÍDA				
Revisão:				
Escala: 1:1				
Peso: Kg				
MENS-0048				
CONSID				

Formato A3

G:\Meu Drive\MESTRADO\disseriatio\desenhos

Tolerância de Graus	Grau de Precisão	MED TOL	MED					
			0,5 a 10	10 a 30	30 a 120	120 a 300	300 a 750	Acima de 750
± 0°5'	Fina	M	-	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1
	Media		± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2
	Grossa		± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2	± 3

Os desenhos e projetos são de propriedade da Geigás, sendo proibidas as cópias, totais ou parciais, não podendo ser cedidos a terceiros, salvo com autorização da mesma.



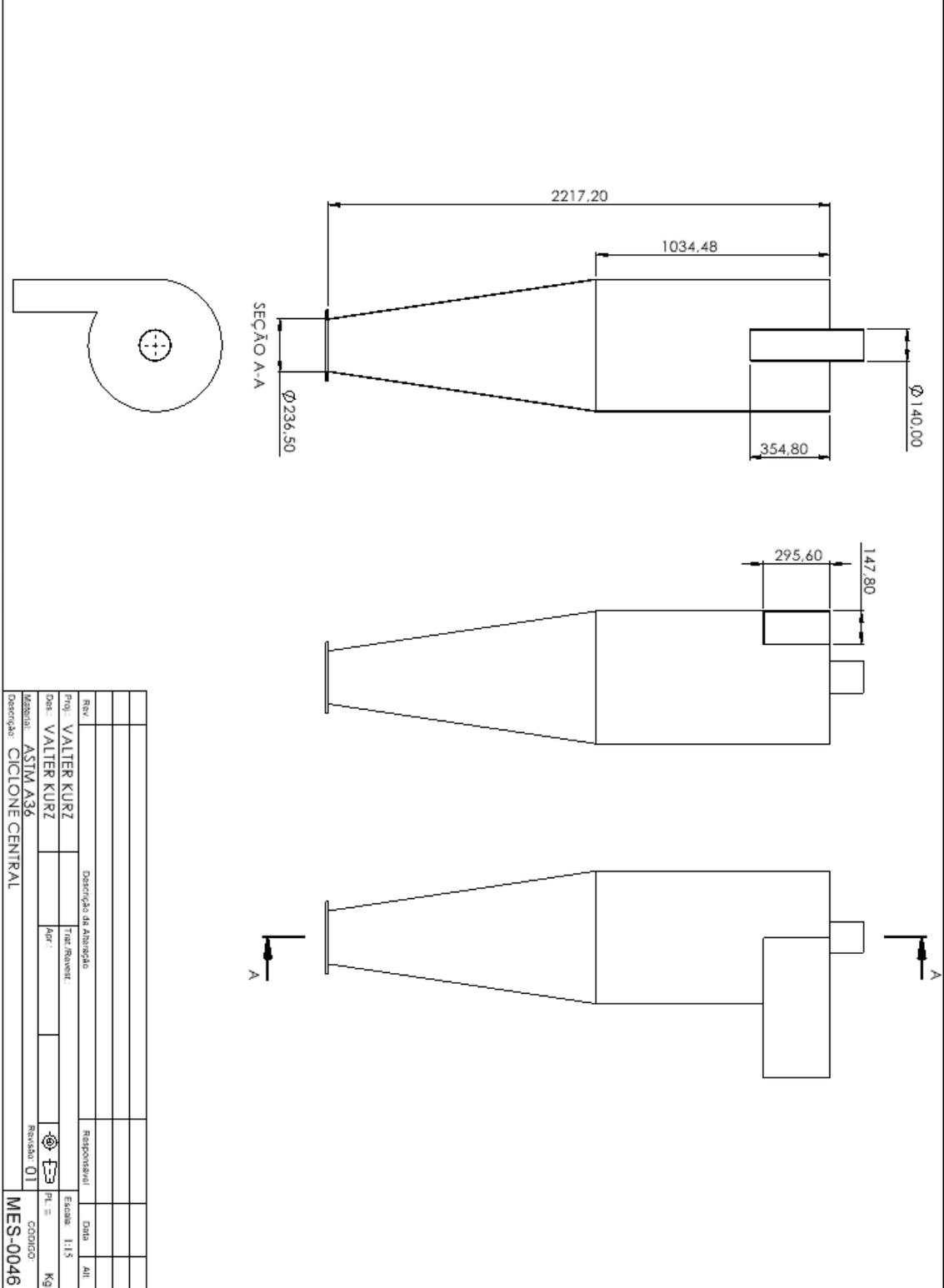
Alterações no Desenho somente via Engenharia

Fórmula A3

### Apêndice F – Ciclone central

Tolerância de Graus	Grau de Precisão	MED. TOL.	MED.					
			0,5 a 10	10 a 30	30 a 120	120 a 300	300 a 750	Acima de 750
± 0°5'	Fina	M	-	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1
	Média		± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2
	Grossa		± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 1	± 2	± 3

Os desenhos e projetos são de propriedade da Geigás, sendo proibidas as cópias, totais ou parciais, não podendo ser cedidos a terceiros, salvo com autorização da mesma.



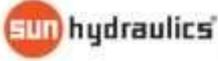
Alterações no Desenho somente via Engenharia

Rev.	Descrição da Alteração		Responsável	Data
Proj.	VALTER KURZ			
Des.	VALTER KURZ			
Material	ASTM A36			
Descrição	CICLONE CENTRAL			
Revisão	01			
Escala	1:1,5			
PL.				
KG				
COODIGO	MES-0046			

Formato A3

## Anexo 1 – Válvula divisora de fluxo

### Válvula divisória de fluxo – 25/75

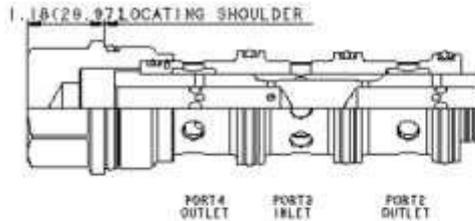
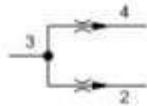


**MODEL**  
**FSFD**

Flow divider valve  
**SERIES 4 / CAPACITY: 45 - 240 L/min. / CAVITY: T-34A**



[sunhydraulics.com/model/FSFD](http://sunhydraulics.com/model/FSFD)



#### CONFIGURATION

<b>X</b>	Control	Not Adjustable
<b>D</b>	Flow Split	25/75
<b>N</b>	Seal Material	Buna-N
<b>(none)</b> Material/Coating		

Flow dividers are sliding-spool, pressure-compensated devices used to split oil flow to two different branches of a circuit in a designated ratio. These valves are suitable for applications that use the following: unidirectional hydraulic motors, hydraulic cylinders where flow division in one direction only is required, and multiple circuits that are serviced from one pump supply.

#### TECHNICAL DATA

NOTE: DATA MAY VARY BY CONFIGURATION. SEE CONFIGURATION SECTION.

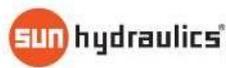
Maximum Operating Pressure	350 bar
Divisional Accuracy at Minimum Input Flow	±6.5%
Divisional Accuracy at Max Input Flow	±3.5%
Pressure Drop at Minimum Rated Input Flow	2 bar
Pressure Drop at Maximum Rated Input Flow	18 bar
Rated Input Flow with 50/50 Split	45 - 240 L/min.
Rated Input Flow with 40/60 Split	38 - 200 L/min.
Rated Input Flow with 33/67 Split	36 - 180 L/min.
Seal kit - Cartridge	Buna: 990034007
Seal kit - Cartridge	Polyurethane: 990034002
Seal kit - Cartridge	Viton: 990034006

#### CONFIGURATION OPTIONS

Model Code Example: **FSFDXDN**

CONTROL	(X) FLOW SPLIT	(D) SEAL MATERIAL	(N) MATERIAL/COATING
<b>X</b> Not Adjustable	<b>D</b> 25/75 A 50/50 B 40/60	<b>N</b> Buna-N V Viton	Standard Material/Coating /AP Stainless Steel, Passivated /LH Mild Steel, Zinc-Nickel

Válvula divisória de fluxo 50/50

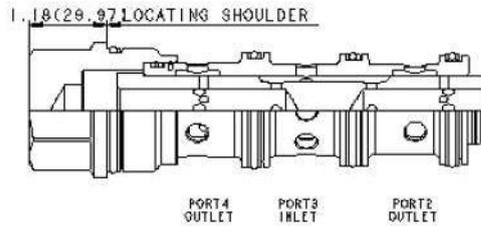
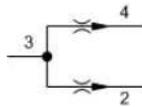


MODEL  
**FSFD**

Flow divider valve  
**SERIES 4 / CAPACITY: 45 - 240 L/min. / CAVITY: T-34A**



sunhydraulics.com/model/FSFD



**CONFIGURATION**

<b>X</b>	Control	Not Adjustable
<b>A</b>	Flow Split	50/50
<b>N</b>	Seal Material	Buna-N
<b>(none)</b> Material/Coating		

Flow dividers are sliding-spool, pressure-compensated devices used to split oil flow to two different branches of a circuit in a designated ratio. These valves are suitable for applications that use the following: unidirectional hydraulic motors, hydraulic cylinders where flow division in one direction only is required, and multiple circuits that are serviced from one pump supply.

**TECHNICAL DATA**

NOTE: DATA MAY VARY BY CONFIGURATION. SEE CONFIGURATION SECTION.

Maximum Operating Pressure	350 bar
Divisional Accuracy at Minimum Input Flow	±6.5%
Divisional Accuracy at Max Input Flow	±3.5%
Pressure Drop at Minimum Rated Input Flow	2 bar
Pressure Drop at Maximum Rated Input Flow	18 bar
Rated Input Flow with 50/50 Split	45 - 240 L/min.
Rated Input Flow with 40/60 Split	38 - 200 L/min.
Rated Input Flow with 33/67 Split	36 - 180 L/min.
Seal kit - Cartridge	Buna: 990034007
Seal kit - Cartridge	Polyurethane: 990034002
Seal kit - Cartridge	Viton: 990034006

**CONFIGURATION OPTIONS**

Model Code Example: **FSFDXAN**

CONTROL	(X)	FLOW SPLIT	(A)	SEAL MATERIAL	(N)	MATERIAL/COATING
<b>X</b> Not Adjustable		<b>A</b> 50/50 <b>B</b> 40/60		<b>N</b> Buna-N <b>V</b> Viton		Standard Material/Coating /AP Stainless Steel, Passivated

## Anexo 2 - Catalogo de mangueira Kanaflex



Borracha Termoplástica - Indicada para condução de ar quente, gases e vapores químicos.  
 Temperatura de Trabalho: -40°C ~ +125°C (BARR TERMOPL).

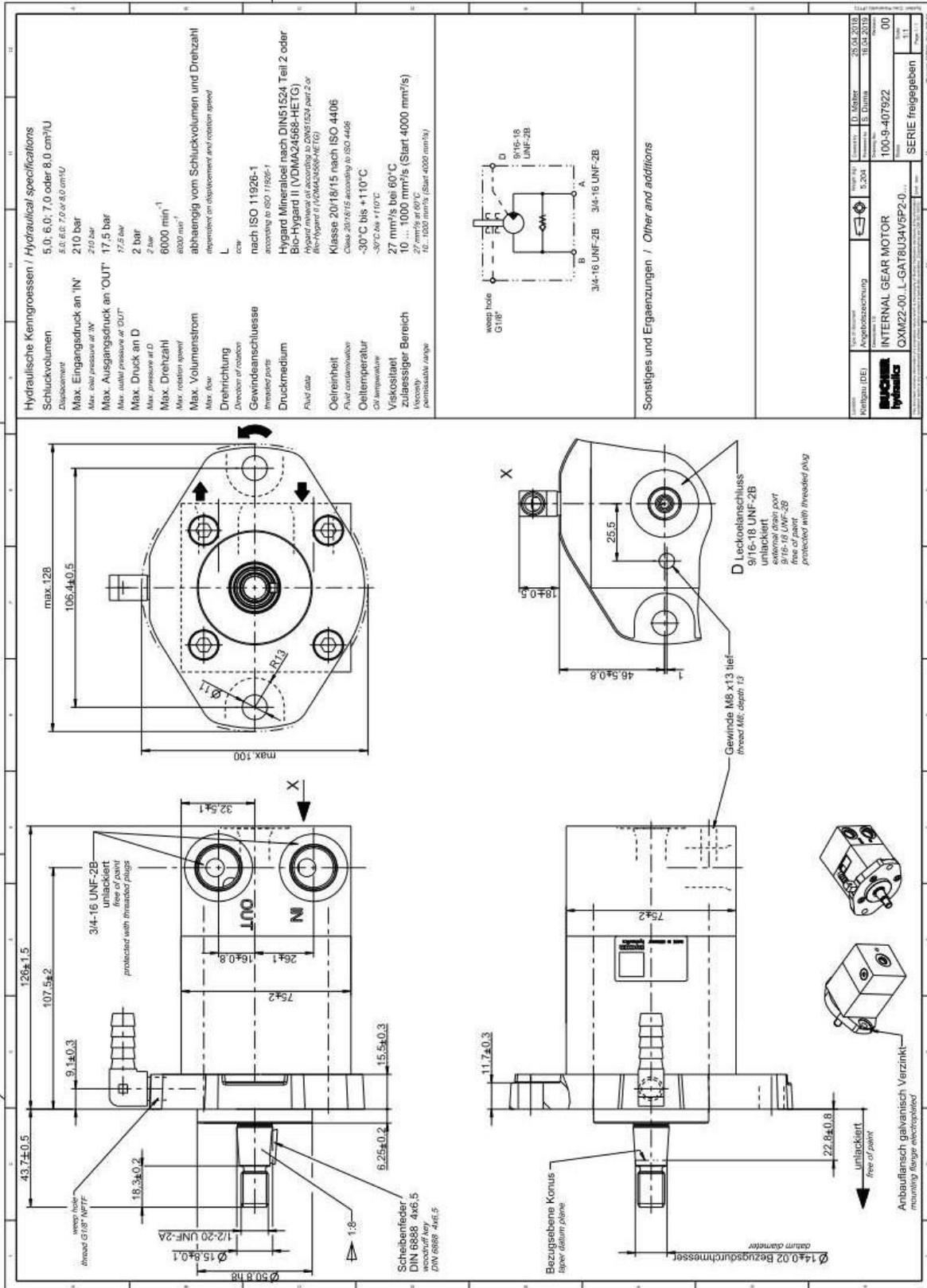


DIÂMETRO NOMINAL mm	DIÂMETRO INTERNO mm	VÁCUO 25°C mmHg	RAIO DE CURVATURA Trabalho - Mínimo 25°C mm	LANCE m
40	40,0	150	32	20
45	45,0	150	36	20
50	51,0	150	40	20
60	60,0	127	50	20
65	63,0	127	55	20
70	70,0	127	60	20
75	76,0	127	65	20
80	80,0	120	65	20
90	90,0	120	75	20
100	102,0	97	85	15
110	110,0	90	90	15
120	120,0	75	100	15
125	127,0	75	105	15
130	130,0	60	105	15
140	140,0	60	115	15
150	152,0	60	125	15
160	160,0	52	130	15
180	180,0	37	150	15
200	203,0	30	165	15
225	228,0	30	185	15
250	254,0	30	210	10
280	279,0	30	230	10
300	305,0	22	250	10
350	356,0	22	300	10
400	406,0	22	350	10

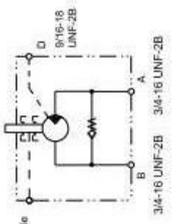
Sob consulta diâmetros intermediários entre 40 a 600mm poderão ser fornecidos.



ANEXO 4 – DESENHO DO MOTOR HIDRÁULICO DA BUCHER



Sonstiges und Ergänzungen / Other and additions



Hersteller Hersteller	D. Meber	Datum Date	20.04.2010
Proj. Nr. Project No.	5.204	Gezeichnet Drawn	S. Dittus
Gezeichnet Drawn	S. Dittus	Geprüft Checked	S. Dittus
Geprüft Checked	S. Dittus	Freigegeben Released	00
Angebotzeichnung Offer drawing			
100-9-407922			
SERIE freigegeben			
CXM22-00..L-GAT8U3VSP2-0			
INTERNAL GEAR MOTOR			
Montbau (DE)			
hydraulics			

Desenvolvido para utilização em máquinas de trabalho móveis

## Motores de engrenamento interno QXM Mobil



### Características

- Motor de deslocamento fixo
- Funções de válvula integradas
- Com rolamentos externos integrados
- Especialmente adequado para acionamentos de ventiladores e ventoinhas
- Faixa de viscosidade:
  - 10 - 300 mm<sup>2</sup>/s para a operação com carga
  - máx. 400 mm<sup>2</sup>/s para partida a frio sem carga

### Vantagens

- Absorção de forças externas muito elevadas
- Vedação estanque no eixo do motor
- Adequado para altas velocidades de operação
- Excelentes características de partida
- Até 30% de economia de energia

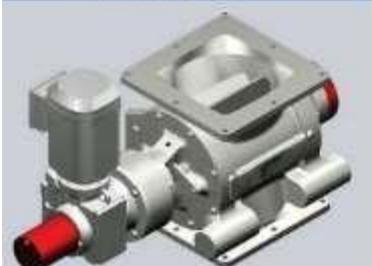
Tamanho		QXM12	QXM22
Deslocamento	cm <sup>3</sup> /rev	2.5 - 4.1	5.1 - 8
Pressão de operação máx.	bar	210	210
Velocidade máxima	min <sup>-1</sup>	6 000	6 000
Velocidade mínima	min <sup>-1</sup>	100	100
Torque	Nm	8.3 - 13.4	16.7 - 26.7

## ANEXO 5 – ROTOR DE DOSAGEM DE PRODUTO

### HDM heavy duty modular rotary valves and BSM blowing seals



BSM Blowing seal with direct drive



HDM Rotary valve with direct drive



HDM Rotary valve with chain drive

Recently developed HDM Rotary and BSM Blowing seal valves have been designed using finite element analysis to make the housing even more robust. Where the valve feeds directly into a conveying line, the BSM range has been designed to optimise product conveying using computational fluid dynamics techniques. A new casting pouring method has been used to improve the external finish of the valves and standard, cleanable and fast clean versions use just one body configuration.

With frequent spares requests for valves over 30 years old, our rotary valves and blowing seals have already gained a superb reputation for reliable long service life.

#### Typical applications

- Metering device, airlock, explosion containment, flame barrier and system isolation.
- Suitable for gravity, positive pressure and vacuum conveying systems.
- Powders, granules, pellets, grain, feed and chips.
- Can be adapted for virtually all types of product characteristics.

#### Advantages:

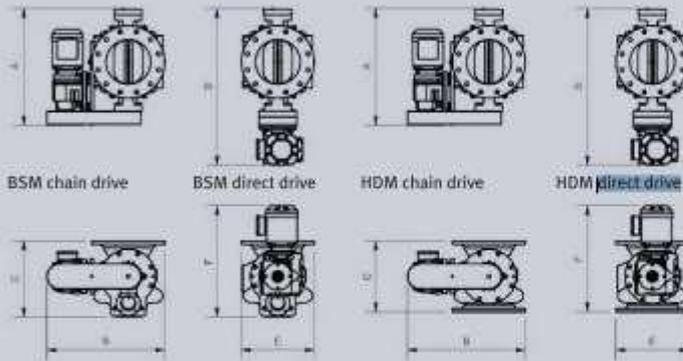
- Over 15,000 different configurations that can be adapted to suit virtually all applications.
- Bespoke versions and sizes.
- 18 Month warranty.
- Valve housings are individually pressure tested for 10 bar(g) explosion and flame containment requirements.
- Backed up by 90 years collective applications experience.

**Rota Val**

Keeping the World's Industries Solidly in Control

# Specifications

<b>Size</b>	• 150-400 mm
<b>Throughput</b>	• Up to 50 m <sup>3</sup> /hr
<b>Flanges</b>	• Round or square, special flange configurations available
<b>Construction</b>	• Cast iron, aluminium or stainless steel, special material grades available
<b>Drive</b>	• SEW chain or direct drive as standard
<b>Finishes</b>	• Polished, wear-resist hard chrome or tungsten carbide, non stick PTFE
<b>ATEX</b>	• Full range of dust and gas zones - 10 bar(g) fully autonomous versions



## Approx Dimensions

Valve	A	B	C	D	E	F
BSM 150	514	577	315	674	280	477
BSM 200	564	586	356	724	343	528
BSM 250	647	657	429	873	406	625
BSM 300	727	837	476	923	483	694
BSM 350	803	912	557	1044	534	790
BSM 400	853	944	618	1094	597	789

VALVE SIZE	150	200	250	300	350	400
PIPE SIZE O/D	63.5	76.2	88.9	101.6	127	152.4
PIPE SIZE I/D	57	69.7	82.4	95.2	120.5	145.9

## Approx Dimensions

Valve	A	B	C	D	E	F
HDM 150	514	417	380	674	280	477
HDM 200	564	586	325	724	343	486
HDM 250	647	657	400	873	406	596
HDM 300	727	837	460	923	483	678
HDM 350	803	912	530	1024	534	733
HDM 400	853	944	590	1094	597	763

VALVE SIZE	150	200	250	300	350	400
CAPACITY m <sup>3</sup> /hr/rpm	0.14	0.35	0.68	1.21	1.88	2.85

Switzerland ...  
Gericke AG  
T +41 44 871 36 36

Great Britain ...  
Gericke Ltd.  
T +44 16 13 44 11 40

France ...  
Gericke SAS  
T +33 1 39 98 29 29

Brasil ...  
Gericke Brasil Ltda.  
T +55 11 2598 2669

China ...  
Gericke  
(Shanghai) Pte Ltd.  
T +86 21 5382 0108

Germany ...  
Gericke GmbH  
T +49 77 31 929 0

Great Britain ...  
Rota Val Ltd.  
T +44 12 49 65 11 38

Netherlands ...  
Gericke B.V.  
T +31 33 25 42 100

Singapore ...  
Gericke Pte Ltd.  
T +65 64 52 81 33

Indonesia ...  
Gericke Indonesia  
(Rep. Office)  
T +62 21 2958 6753

**Rota Val**

Keeping the World's Industries Solidly in Control

sales@rotaval.co.uk

www.rotaval.co.uk



**UPF**  
UNIVERSIDADE  
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José  
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900  
(54) 3316 7000 - [www.upf.br](http://www.upf.br)