

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EDSON VIEIRA DA SILVA

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA MÁQUINA PARA PRODUÇÃO DE  
MUDAS DE CAFÉ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2017

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EDSON VIEIRA DA SILVA

**PROJETO CONCEITUAL DE UMA MÁQUINA PARA PRODUÇÃO DE  
MUDAS DE CAFÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Celso Naves de Souza

CORNÉLIO PROCÓPIO

2017



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Cornélio Procópio  
Departamento Acadêmico de Mecânica  
Curso de Engenharia Mecânica**



## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**Edson Vieira da Silva**

### **Projeto Conceitual de uma Máquina para Produção de Mudanças de Café**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às 10:00hs do dia 17/11/2017, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Celso Naves de Souza - Presidente (Orientador)

---

Prof. Dr. Adriano Silva Borges - (Membro)

---

Prof. Dr. Celso Alves Correa - (Membro)

Dedico este trabalho a minha família e amigos, que sempre me prestaram apoio ao longo de todo o curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador prof. Dr. Celso Naves de Souza pela atenção e disposição durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos professores do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal Campus Cornélio Procópio, pela dedicação e empenho em transmitir conhecimento aos alunos no decorrer das disciplinas do curso.

## RESUMO

SILVA, Edson V. **Projeto Conceitual de uma Máquina para Produção de Mudanças de Café**. 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a realização de um projeto de uma Máquina para Produção de Mudanças de Café. Tradicionalmente este processo é feito manualmente por trabalhadores, utilizando o método da semeadura direta em saquinhos de polietileno preenchidos com substrato. A máquina fará o enchimento dos saquinhos com o substrato previamente preparado, deixando-os prontos para a semeadura. Com isso pretende-se alcançar uma produção cerca de 10 vezes maior em relação ao processo manual.

**Palavras-Chave:** Projeto de máquinas. Mudanças de café. Redução de Custos.

## ABSTRACT

SILVA, Edson V. **Conceptual Design of a Machine to Production of Coffee Seedlings**. 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2017.

This work has the intention of development a Conceptual Design of a machine capable to help in production of coffee seedlings. Traditionally this process is done manually by workers, using direct seeding method in polyethylene plastic bags filled with substrate. The machine will do the filling process of the plastic bags with the substrate previously prepared, leaving them ready to seeding. This is intended to achieve a production 10 times greater than the manual process.

**Keywords:** Machine Design. Coffee seedlings. Cost reduction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Muda de café pronta para o plantio.....	17
Figura 2 - Exemplo de mudas de café acondicionadas em um viveiro.....	18
Figura 3 - Modelo feito em CAD -Perspectiva Isométrica.....	22
Figura 4 - Vista lateral do modelo, indicando os principais componentes .....	23
Figura 5 – Dosador Volumétrico.....	23
Figura 6 – Funcionamento do Dosador Volumétrico de Canecas .....	24
Figura 7 – Exemplo de Motorreductor MAGMAX .....	28
Figura 8 - Helicóide com passo Igual a metade do diâmetro (Half Pitch).....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores de enchimento para alguns materiais .....	31
Tabela 2 - Parâmetro $C_0$ para alguns materiais .....	33
Tabela 3 – Tempo para produção manual e mecanizada .....	38

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Fator de Inclinação K.....	32
Gráfico 2 – Comparação entre a produção manual e mecanizada .....	38

## LISTA DE SÍMBOLOS

$h$	Altura da caneca
$H$	Altura do Transportador Helicoidal
$L$	Comprimento do Transportador Helicoidal
$\rho$	Densidade do material transportado
$d$	Diâmetro do eixo do transportador
$D_C$	Diâmetro da caneca
$D$	Diâmetro do Helicoide
$\gamma$	Fator de enchimento
$K$	Fator de inclinação
$J$	Momento de Inércia
$C_0$	Parâmetro adimensional do material transportado
$p$	Passo do helicoide
$P_D$	Potência de acionamento do Dosador Volumétrico
$P_T$	Potência de acionamento do Transportador Helicoidal
$i_{D,R}$	Redução para o redutor do Dosador Volumétrico
$i_P$	Redução do sistema correia- polias
$i_D$	Redução total para o Dosador Volumétrico
$N_D$	Rotação do Dosador Volumétrico
$N_T$	Rotação do Transportador Helicoidal
$t$	Tempo de aceleração
$M$	Torque no Dosador Volumétrico
$Q$	Vazão do Transportador Helicoidal
$V_C$	Volume da caneca

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1	Objetivo Geral.....	16
2.2	Objetivos Específicos .....	16
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
3.1	Produção de Mudanças de Café .....	17
3.2	Viveiro.....	18
3.3	Embalagem Utilizadas .....	18
3.4	Preparo do Substrato.....	19
3.5	Enchimento dos Saquinhos .....	19
3.6	Semeadura .....	20
<b>4</b>	<b>MÁQUINA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAFÉ.....</b>	<b>21</b>
4.1	Características da Máquina .....	21
4.2	Componentes Principais.....	22
4.3	Dosador Volumétrico .....	23
4.3.1	Funcionamento .....	24
4.3.2	Dimensões da Caneca .....	24
4.3.3	Rotação do Dosador Volumétrico .....	25
4.3.4	Seleção do Motorreductor para o Dosador Volumétrico.....	25
4.3.4.1	Redução Necessária .....	26
4.3.4.2	Potência do motor.....	26
4.3.4.3	Motorreductor escolhido .....	27
4.3.4.4	Redução da Transmissão por Correias .....	28
4.4	Transportador Helicoidal.....	29
4.4.1	Vazão do Transportador Helicoidal.....	29

4.4.2	Rotação do Transportador Helicoidal .....	29
4.4.2.1	Diâmetros do Helicoide e do Eixo.....	30
4.4.2.2	Passo do Helicóide .....	30
4.4.2.3	Fator de Enchimento .....	31
4.4.2.4	Fator de Inclinação .....	31
4.4.2.5	Calculo da Rotação .....	32
4.4.3	Potência de Acionamento do Transportador Helicoidal .....	33
4.4.4	Escolha do Motorreductor .....	34
4.5	Recálculo da Vazão do Transportador Helicoidal e da Rotação do Dosador Volumétrico.....	34
<b>5</b>	<b>COMPARAÇÃO: PRODUÇÃO MANUAL E MECANIZADA .....</b>	<b>36</b>
5.1	Estimativa de Produção da Máquina .....	36
5.2	Produção manual.....	37
5.3	Comparação .....	37
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
	<b>APENDICE A – Dimensões de Instalação do Transportador Helicoidal.....</b>	<b>41</b>
	<b>APENDICE B – Dimensões do Reservatório de Alimentação.....</b>	<b>43</b>
	<b>APENDICE C – Momentos de Inércia dos Eixos Principais Obtidos no Modelo CAD do Dosador Volumétrico.....</b>	<b>45</b>
	<b>ANEXO A – Motorredutores MAGMAX WEG CESTARI.....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO B – Diâmetros Padronizados de Transportadores Helicoidais Fornecidos pela Fabricante BECHTEL.....</b>	<b>49</b>
	<b>ANEXO C – Densidade dos Materiais.....</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de café no Brasil foi introduzido em 1727 no estado do Pará, e em pouco tempo se espalhou para os outros estados, com destaque para São Paulo e Minas Gerais, se tornando já em 1830, o principal produto de exportação brasileiro, desde então sua importância econômica não diminuiu, sendo que atualmente o Brasil é o maior exportador e também o segundo maior consumidor de café do mundo (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, 2017). Segundo o levantamento de safra feito em 2017 pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o país possui uma área plantada de 2,212 milhões de hectares, e uma produção nacional estimada em 45,57 milhões de sacas beneficiadas, sendo que aproximadamente 35,43 milhões de sacas são de café arábica (*Coffea arábica*) e 10,14 milhões de sacas são de café Conilon (*Coffea canéfora*) (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2017).

Apesar de termos um cenário bastante favorável para o cultivo do café, os custos de produção no Brasil são considerados altos, em um estudo divulgado em 2016 pela Confederação de Agricultura e Pecuária, ocorreu um considerável aumento nos Custos de produção do café em relação a 2015, sendo houve um acréscimo de 6,34% por saca de café, nos municípios que utilizam a produção manual, e um acréscimo de apenas 2,29% para municípios que utilizam a produção mecanizada (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA NO BRASIL, 2016). Esse aumento nos custos de produção se deu principalmente pelo aumento do salário mínimo, o que deixa bastante claro o impacto que os custos de mão de obra têm em relação aos custos finais. Percebemos também que a mecanização tem se mostrado uma boa solução para redução de custos, uma vez que se reduz a mão de obra empregada.

Uma das etapas mais importantes no cultivo do café é a produção de mudas para o plantio, uma vez que o desenvolvimento de mudas saudáveis garante também plantas adultas bem desenvolvidas e bastante produtivas, por isso deve-se ter bastante atenção a esta etapa uma vez que erros cometidos podem resultar em perdas consideráveis de produção mais adiante. Além disso o custo para produção de mudas de café constitui uma grande parte dos custos de implantação de uma lavoura de cafeeira.

Apesar da importância da produção de mudas de café, existe muito pouco ou nenhuma mecanização nesta etapa, conseqüentemente os custos de mão de obra são bastante altos.

Em um estudo feito na Embrapa Cerrados, Pereira et al. (2001) avaliou os custos para produzir cerca de 20.000 mudas de café, utilizando pessoal treinado e viveiro devidamente preparado, constatou-se que os custos de mão de obra foram de longe o mais impactante, sendo responsável por 49,83% dos custos finais.

Tendo como motivação a importância estratégica da produção de mudas de café, e as vantagens que a mecanização traz em relação à redução dos custos de mão de obra, este Trabalho de Conclusão de Curso propõe-se a desenvolver um projeto conceitual de uma Máquina para a Produção mecanizada de mudas de café, a fim de aumentar a produtividade e conseqüentemente reduzir os custos com mão de obra.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo o projeto de uma máquina para produção de mudas de café, a máquina fará o enchimento de saquinhos com substrato previamente preparado, deixando-os prontos para a semeadura.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Elaboração de um modelo tridimensional da máquina em CAD;
- Realização de cálculos de dimensionamento dos componentes principais do ponto de vista funcional da máquina;
- Fazer uma estimativa de produtividade da máquina e comparar com o processo manual;



### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Realizou-se uma pesquisa teórica a fim de se esclarecer como é feito todo o processo de produção de mudas de café pelos meios tradicionais.

#### 3.1 Produção de Mudas de Café

O plantio do café, era feito no passado, depositando-se a semente diretamente no solo em um sulco ou cova devidamente preparada, porém as técnicas de plantio evoluíram, hoje em dia o método mais usado consiste em cultivar a muda em uma embalagem específica, geralmente usa-se saquinhos de polietileno ou tubos de polipropileno (tubete), preenchidos com um substrato previamente preparado, a seguir as mudas são armazenadas em viveiros até atingir certo tamanho, e por último as mudas são transferidas para o solo (plantio), esse processo melhora muito a chance de crescimento e desenvolvimento da planta.

A Figura 1 abaixo mostra uma muda de café cultivada em saquinho de polietileno.

**Figura 1 - Muda de café pronta para o plantio**



Fonte: Tomaz et. al. (2012, pág 84)

### 3.2 Viveiro

O viveiro é o local onde são armazenadas as mudas são armazenadas até atingirem o tamanho necessário para o plantio. Geralmente é um local cercado e coberto com telas conhecidas como sombreadores ou sombrite, o que tem a função de proteger as plantas contra o excesso de sol. Dentro do viveiro as mudas são organizadas em canteiros geralmente de 1,0 a 1,2 m de largura, com uma distância de 0,6 m entre eles para facilitar o acesso durante a irrigação (BERGO, 2002). A Figura 2 abaixo mostra um exemplo de mudas de café acondicionadas em um viveiro.

**Figura 2 – Mudanças de café em um viveiro**



**Fonte: CaféPoint.**

### 3.3 Embalagem Utilizadas

Existem dois tipos de embalagens que são normalmente usadas na produção de mudas de café: as embalagens plásticas de polietileno (saquinhos) e os tubos rígidos de polipropileno (tubete).

As embalagens plásticas de polietileno (saquinhos) são os mais utilizados para a produção de mudas de café. Podem variar de 9 a 11 cm de largura x 18 a 20 cm de comprimento para mudas de meio ano e de 12 a 14 cm de largura x 25 a 28

cm de comprimento para mudas de ano, devem ter de 30 a 36 furos na sua metade inferior, para drenagem do excesso de água (CERÁVOLO, 2008)

Para o desenvolvimento deste trabalho serão utilizadas especificamente as embalagens plásticas de polietileno (saquinhos), para mudas de meio ano, nas dimensões padrões de 10 cm de largura e 20 cm de altura, porém quando cheias com substrato, essas embalagens assumem um formato cilíndrico, com cerca de 6,0 cm de diâmetro e 16 cm de altura, o que dá um volume útil aproximado de 452 cm<sup>3</sup>.

### **3.4 Preparo do Substrato**

O substrato é o material usado para encher os saquinhos, é o meio no qual se faz germinar a semente, deve conter todos nutrientes necessários para garantir uma boa nutrição da planta até atingir o tamanho ideal para o plantio. O substrato é composto de uma mistura de terra, adubo orgânico e adubo químico, podendo também receber a adição de calcário no caso de solos ácidos, a terra deve ser retirada de um local com solo de boa qualidade e deve ser isenta de ervas daninhas nematoides e fungos (CERÁVOLO, 2008).

Para cada metro cúbico de substrato deve ser utilizado 700 litros de terra, 300 litros de adubo orgânico (esterco de curral), 1,0 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (adubo químico a base de fósforo) e 0,3 kg de K<sub>2</sub>O (óxido de potássio). A terra deve ser devidamente peneirada para retirada de pedras e torrões.

### **3.5 Enchimento dos Saquinhos**

O enchimento dos saquinhos com o substrato é feito de forma manual por trabalhadores, é um processo que geralmente possui produtividade bastante baixa, uma vez que um trabalhador enche em média apenas 500 saquinhos por dia (BERGO, 2002).

Um fato importante, é que não é desejável ao produtor que se gaste muito tempo com o enchimento dos saquinhos, pois existem prazos a serem considerados, como o tempo de crescimento da muda no viveiro, tempo para o plantio etc, por isso é muito comum a contratação de mão de obra extra apenas para esta etapa, para que esse processo seja concluído o quanto antes.

### **3.6 Semeadura**

A semeadura é feita depositando duas sementes em cada saquinho de substrato, a uma profundidade de um ou dois centímetros, os saquinhos então devem ser acondicionados em canteiros e cobertos com uma fina camada de substrato. A irrigação correta é fundamental após esta etapa, recomenda-se ainda cobrir os canteiros com palha de arroz ou capim seco para conservar a umidade e evitar que as sementes sejam descobertas pela ação da chuva ou irrigação (BERGO, 2002).

## **4 MÁQUINA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAFÉ**

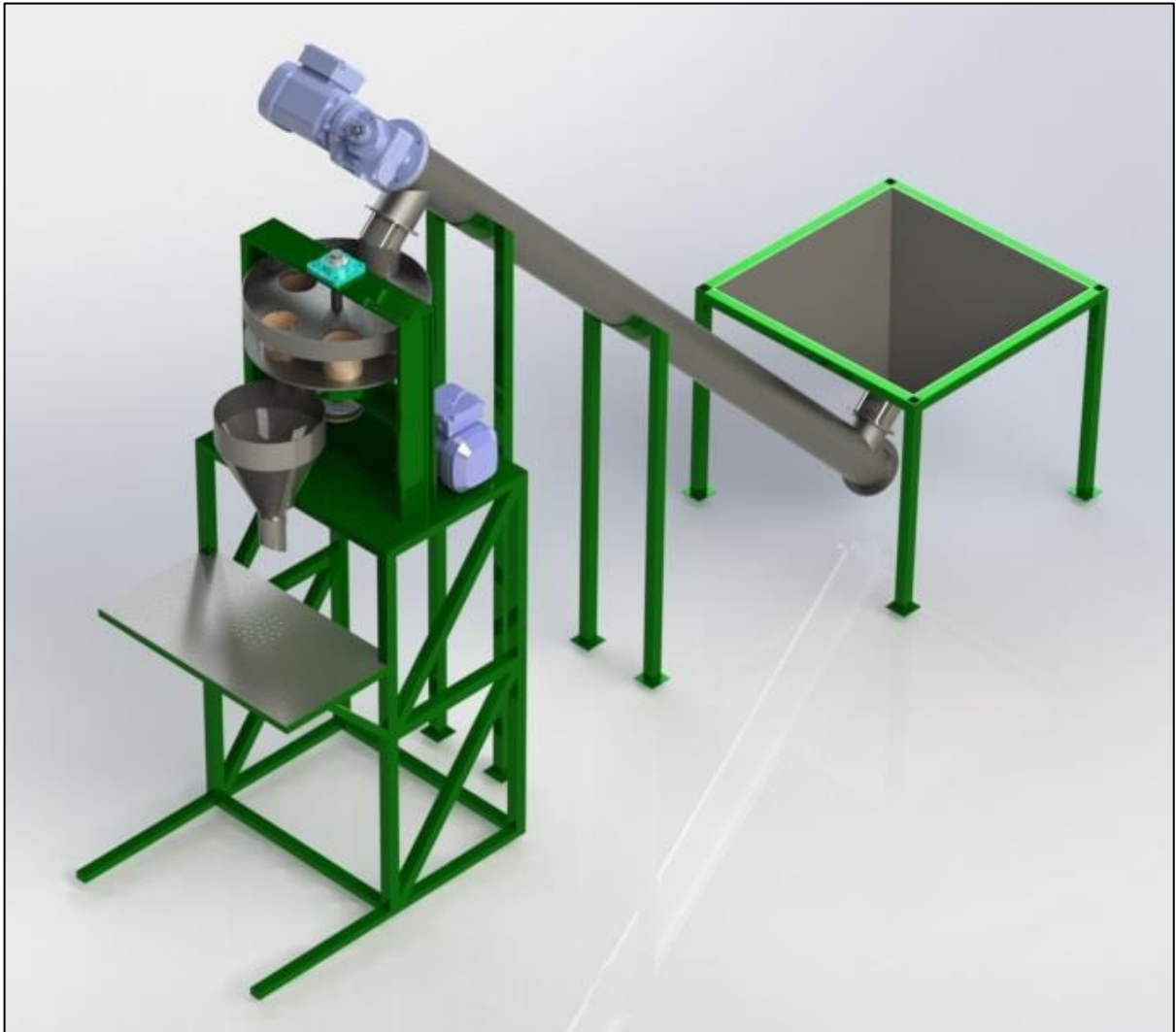
A máquina fará o enchimento dos saquinhos com substrato deixando-os prontos para a semeadura, pretende-se aumentar a produção e conseqüentemente reduzir a necessidade de mão de obra empregada nesta etapa.

### **4.1 Características da Máquina**

A máquina será provida de um reservatório onde será alimentada com substrato, a partir do reservatório o substrato será elevado por meio de um transportador helicoidal até chegar ao dosador volumétrico cuja função é a de garantir que cada embalagem receba a mesma quantidade de substrato, por último o substrato desce por gravidade por meio de um funil (caída) para então ser embalado pelo operador em uma mesa de trabalho. Poderá ser utilizado um carrinho para acomodar as embalagens já cheias para depois serem levadas até o viveiro para semeadura.

A figura 3 mostra o modelo tridimensional da máquina em uma vista de perspectiva elaborado no software SolidWorks 2010.

**Figura 3 - Modelo feito em CAD - Perspectiva Isométrica**

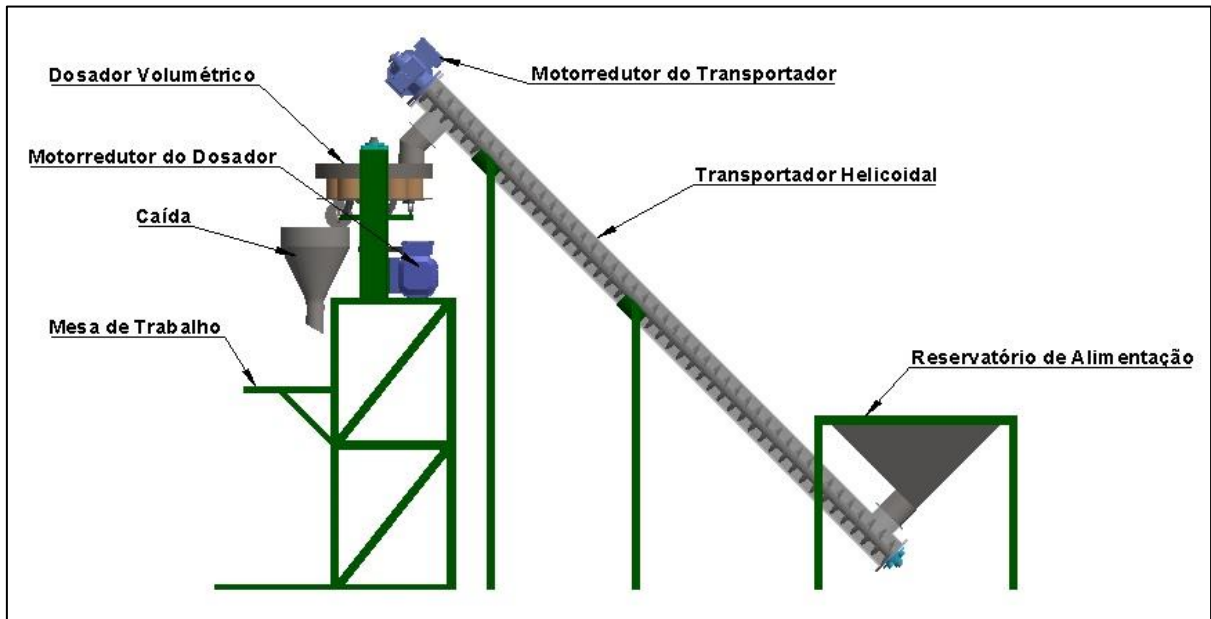


Fonte: Autoria Própria

## 4.2 Componentes Principais

Os principais componentes são o Dosador Volumétrico e o Transportador Helicoidal, são eles que vão garantir o funcionamento adequado da máquina, devem ser devidamente dimensionados para trabalhar em conjunto de modo a fornecer uma vazão constante de substrato proveniente do reservatório. A Figura 4 é possível observar a maioria dos componentes em uma vista lateral do modelo.

Figura 4 - Vista lateral do modelo, indicando os principais componentes

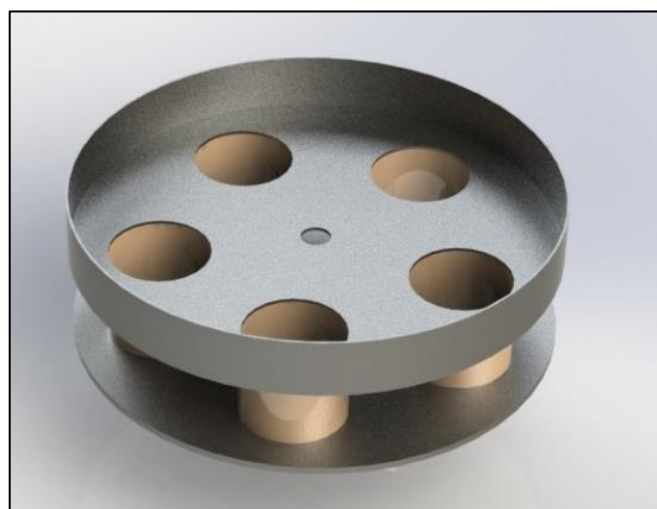


Fonte: Autoria Própria

### 4.3 Dosador Volumétrico

O Dosador Volumétrico é o componente que vai garantir que cada saquinho receba a mesma quantidade de substrato. O tipo de dosador utilizado no projeto é usualmente conhecido como “Dosador Volumétrico de Canecas”. É composto de cinco compartimentos cilíndricos denominado canecas, que são igualmente distribuídas em torno de um eixo árvore que gira a uma velocidade constante.

Figura 5 – Dosador Volumétrico



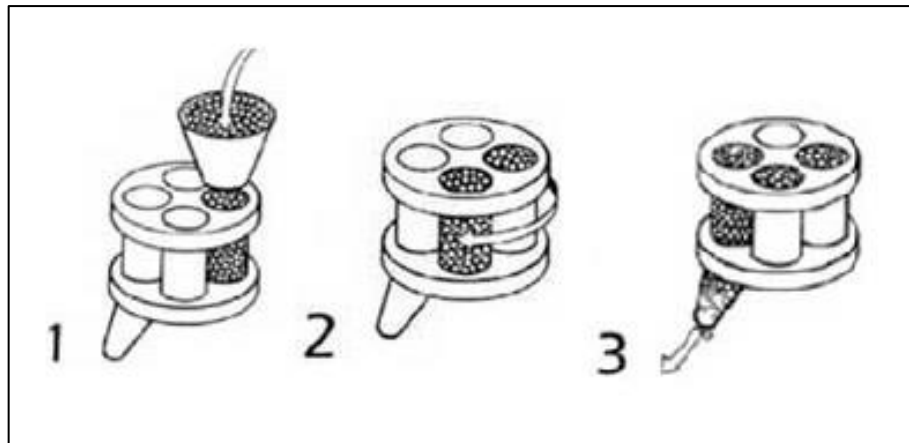
Fonte: Autoria Própria



### 4.3.1 Funcionamento

O funcionamento é bastante simples, conforme ilustrado pela Figura 6 abaixo, primeiro a caneca é cheia com substrato (1), em seguida o conjunto rotaciona movendo a caneca cheia para o funil de descarga (2) então a caneca cheia se abre derramando seu conteúdo (3).

**Figura 6 – Funcionamento do Dosador Volumétrico de Canecas**



Fonte: Adaptado de Spee-Dee Packaging Machinery Inc.

### 4.3.2 Dimensões da Caneca

Conforme mencionado na seção 2.2, a máquina será projetada para utilizar embalagens 10x20 cm para mudas de meio ano, que possuem um volume útil de 452 cm<sup>3</sup>, portanto a caneca deve ser dimensionada de modo a ter o mesmo volume da embalagem, a caneca possui formato cilíndrico, então o volume é dado pela fórmula:

$$V_c = \frac{D_c^2 \times \pi}{4} \times h \quad (1)$$

Fixando-se uma altura  $h = 8,4$  cm (84 mm) e substituindo na Equação (1), temos:

$$D_c = \sqrt{\frac{4 \times 452}{\pi \times 8,4}} \approx 8,27 \text{ cm (82,7 mm)} \quad (2)$$



Então a caneca terá as dimensões de 8,4 cm (84 mm) de altura e 8,27 cm (82,7 mm) de diâmetro, o que nos dá um volume de 451,21 cm<sup>3</sup>.

#### 4.3.3 Rotação do Dosador Volumétrico

A rotação do dosador volumétrico depende de dois fatores, o número de canecas e a produtividade que se deseja alcançar. O número de canecas foi arbitrado durante a elaboração do desenho como sendo 5 canecas. A produtividade é o número de saquinhos cheios em um intervalo de tempo, foi definido como sendo um saquinho a cada 4 segundos, vale lembrar que deve-se ter tempo suficiente para o operador posicionar o saquinho vazio no funil para que este seja cheio com substrato após a descarga da caneca. Assumindo que o trabalhador tenha sempre embalagens vazias ao alcance, 4 segundos é um tempo razoável.

Tendo em mente a geometria do Dosador Volumétrico, ou seja, 5 canecas distribuídas ao redor de um eixo de rotação, podemos perceber que uma caneca sendo descarregada a cada 4 segundos, compreende 1/5 de rotação a cada 4 segundos, para transformar isso em rotações por minutos basta fazer alguns cálculos:

$$N_D = \frac{1/5 \text{ rotação}}{4 \text{ segundos}} = 0,05 \frac{\text{rotação}}{\text{segundo}} \times \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minuto}} = 3,0 \text{ RPM} \quad (3)$$

#### 4.3.4 Seleção do Motorreductor para o Dosador Volumétrico

O Motorreductor é o conjunto composto por motor um elétrico acoplado a uma caixa redutora de velocidade, tem função de fornecer movimento rotacional ao eixo do Dosador Volumétrico. A rotação proveniente do motor é alta, por isso ela deve ser diminuída ao passar pelo conjunto de engrenagens da caixa redutora até chegar a rotação necessária.

Para a escolha do motorreductor necessita-se de dois parâmetros principais, que são a redução e a potência do motor.

#### 4.3.4.1 Redução Necessária

Para cálculo da redução simplesmente divide-se a rotação proveniente do motor pela rotação que se quer obter. A rotação do motor depende do tipo de motor e do número de polos.

O tipo de motor escolhido foi o motor de indução trifásico de 4 polos, que são os mais usados na indústria para a maioria das aplicações, possuem uma rotação em torno de 1750 Rpm. Utilizando a equação (4) obtemos a redução para o Dosador:

$$i_D = \frac{1750}{3,0} = 583,33 \quad (4)$$

Como a redução obtida foi um valor considerado alto, optou-se por fazer a redução em duas etapas, primeiro reduz-se a velocidade de 1750 RPM para 10 RPM utilizando o redutor, em seguida reduz-se a velocidade de 10 RPM para 3,0 RPM utilizando um sistema Correia-Polias. O motivo para se fazer dessa forma é que uma redução muito alta, implica no uso de uma caixa redutora maior e mais cara.

A Equação (5) e (6) estabelece as reduções necessárias para o redutor e para o sistema correia-polias respectivamente.

$$i_{R,D} = \frac{N_{motor}}{N_{S,R}} = i_{R,D} = \frac{1750}{10} = 175 \quad (5)$$

$$i_p = \frac{N_{S,R}}{N_D} \rightarrow i_p = \frac{10}{3,0} = 3,33 \quad (6)$$

#### 4.3.4.2 Potência do motor

É possível calcular a potência necessária no eixo do Dosador Volumétrico para fazê-lo girar a partir da inércia até uma rotação de 3,0 RPM utilizando a Equação (7):

$$P_D = \frac{M \times N}{9550} \quad (7)$$

Onde M é o torque dado por:

$$M = \frac{J \times \pi \times N_D}{30 \times t} \quad (8)$$

O momento de inércia  $J$  foi obtido a partir do modelo feito em CAD e equivale a  $J = 0,32 \text{ Kg.m}^2$  (ver Apêndice A).

A variável  $t$  na equação é o tempo necessário para o Dosador Volumétrico atingir a velocidade de 3,0 RPM partindo da inércia, foi estimado em 1,0 s.

Substituindo os dados em (8) e (7):

$$M = \frac{0,32 \times \pi \times 3,0}{30 \times 1,0} = 0,1 \text{ Nm} \quad (9)$$

$$P_D = \frac{0,1 \times 3,0}{9550} = 0,00003 \text{ KW (0,03 W)} \quad (10)$$

Apesar do valor obtido em (10), se tratando de motor elétrico de indução trifásico da série industrial, a menor potência fornecida pelo fabricante é de 0,12 KW (0,16 cv), portanto é a potência que será adotada para a escolha do motorreductor do Dosador Volumétrico.

#### 4.3.4.3 Motorreductor escolhido

O motorreductor escolhido foi do tipo coroa e rosca sem fim da série MAGMAX código G51245, fornecido pelo Fabricante WEG CESTARI (Ver Anexo A), com as seguintes características:

- Potência do motor: 0,12 KW
- Rotação de entrada: 1750 RPM
- Rotação de saída: 9,87 RPM
- Redução total: 177
- Eixo de saída: Maciço
- Fixação: Pés

A figura 7 mostra um exemplo de motorreductor da série MAGMAX, porém o modelo utilizado na máquina deverá ter o eixo de saída maciço, e não eixo vazado como mostrado na figura.

**Figura 7 – Exemplo de Motorreductor MAGMAX**



**Fonte: WEG CESTARI REDUTORES E MOTORREDUTORES SA**

#### 4.3.4.4 Redução da Transmissão por Correias

Conforme mencionado na seção 4.3.4.1, a redução se fará em duas etapas, primeiro utilizando o redutor e depois utilizando transmissão por correias. Após selecionado o motorreductor a ser utilizado, é necessário calcular novamente a redução que deve ser fornecida pelo sistema Correia-Polias.

$$i_p = \frac{N_{S,R}}{N_{E,D}} i_p = \frac{9,87}{3,0} = 3,29 \quad (11)$$

Definindo-se um diâmetro de 75 mm para a polia motora que será acoplada ao eixo de saída do motorreductor, podemos calcular o diâmetro da polia movida que será acoplada ao eixo do Dosador Volumétrico.

$$i_p = \frac{D_{movida}}{D_{motora}} \rightarrow 3,29 = \frac{D_{movida}}{75} \rightarrow D_{movida} \cong 246 \text{ mm} \quad (12)$$

#### 4.4 Transportador Helicoidal

O transportador helicoidal é o componente que realizará o transporte do substrato, levando-o desde o reservatório de alimentação até o dosador volumétrico.

O transportador helicoidal, ou transportador de rosca, é um equipamento muito utilizado para o transporte de produtos na forma de grão ou na forma de pó.

O funcionamento é bastante simples, consiste em uma hélice ou helicoides rotativo, montado no interior de um tubo que permanece estacionário. O material no interior do tubo é deslocado pelo movimento de rotação do helicoides (SILVA, 2008).

##### 4.4.1 Vazão do Transportador Helicoidal

A vazão de substrato fornecida pelo transportador helicoidal deve ser suficiente para garantir o enchimento das canecas do Dosador Volumétrico. Conhecendo-se o ritmo de descarga do dosador volumétrico e o volume da caneca é possível determinar a vazão necessária.

Como visto anteriormente o dosador volumétrico trabalha em um ritmo de uma caneca sendo descarregada a cada 4 segundos, e cada caneca possui 451,21 cm<sup>3</sup>, logo:

$$Q = \frac{1 \text{ caneca}}{4 \text{ segundos}} = \frac{451,21 \text{ cm}^3}{4 \text{ segundos}} = 112,8 \text{ cm}^3/\text{s} = 0,406 \text{ m}^3/\text{h} \quad (13)$$

Então a vazão Necessária do Transportador Helicoidal é de 112,8 cm<sup>3</sup>/s, o que é equivalente á 0,406 m<sup>3</sup>/h.

##### 4.4.2 Rotação do Transportador Helicoidal

A rotação do Transportador Helicoidal pode ser determinada pela Equação (14).

$$N_T = \frac{Q}{\frac{(D - d)^2 \times \pi}{4} \times \gamma \times p \times K \times 60} \quad (14)$$

Onde:

$N$  – Rotação [rpm]

$Q$  – Vazão [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$D$  – Diâmetro do helicóide [m]

$d$  – Diâmetro do eixo [m]

$p$  – Passo [m]

$\gamma$  – Fator de enchimento [adimensional]

$K$  – Fator de Inclinação [adimensional]

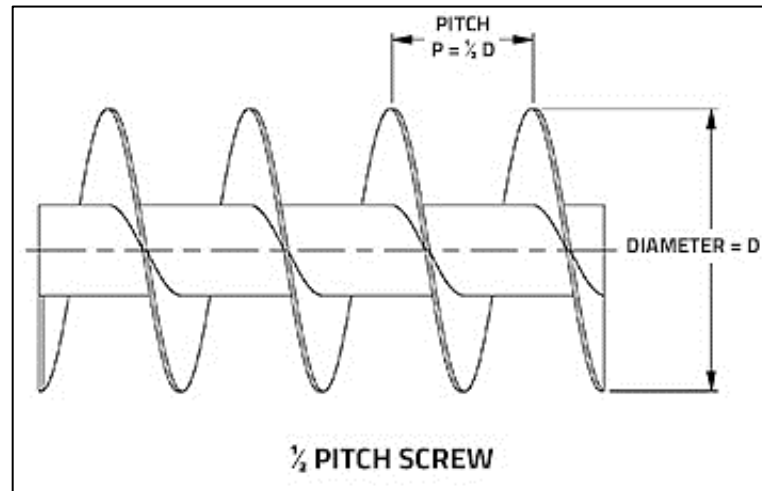
#### 4.4.2.1 Diâmetros do Helicoide e do Eixo

Os Diâmetros do helicoide e do eixo foram adotados levando em conta as dimensões que são normalmente oferecidas por fabricantes de transportadores helicoidais, conforme mostra o catálogo da Bechtel Gmbh (Ver Anexo B). A escolha de um diâmetro menor implica em um equipamento mais compacto, porém pode resultar em altas rotações de trabalho, é recomendado que a rotação se mantenha abaixo dos 150 Rpm para a maioria das aplicações. O diâmetro escolhido foi de 130 mm com eixo de 34 mm.

#### 4.4.2.2 Passo do Helicoide

O passo do helicoide é a distância de uma hélice até a outra, geralmente é adotado em função do diâmetro do helicoide, podendo ser *Full Pitch*, no caso do passo ser igual ao diâmetro ou *Half Pitch*, no caso do passo ser metade do diâmetro, conforme indicado na figura 6. Será adotado o passo de 65mm (*Half Pitch*) pois possui maior eficiência em transportadores inclinados.

**Figura 8 - Helicoide com passo Igual a metade do diâmetro (*Half Pitch*)**



**Fonte: KWS Manufacturing Company Ltd**

#### 4.4.2.3 Fator de Enchimento

O fator de enchimento (ou grau de enchimento) representa a área ocupada pelo material dentro do transportador, e depende de algumas características do material a ser transportado, como a fluidez (facilidade do material escoar) e abrasividade. De acordo com a Tabela 1, é conveniente adotarmos um fator de enchimento de 30%, ou seja  $\gamma = 0,3$ , pois o substrato utilizado é composto principalmente de terra.

**Tabela 1 - Fatores de enchimento para alguns materiais**

<b>Tipo de Material:</b>	<b>Fator de Enchimento:</b>
Materiais com boa fluidez: Cereais, Farinha, Carvão Vegetal, Café, milho.	45%
Materiais com fluidez média: Lodo, Terra, Cavacos, Serragem de madeira Leite em pó, Fertilizantes, Areia de fundição	30%
Materiais com baixa fluidez: Cinzas, Minérios, Pó de eletrofiltro, Carvão, Areia, Materiais com granulometria maior.	15%

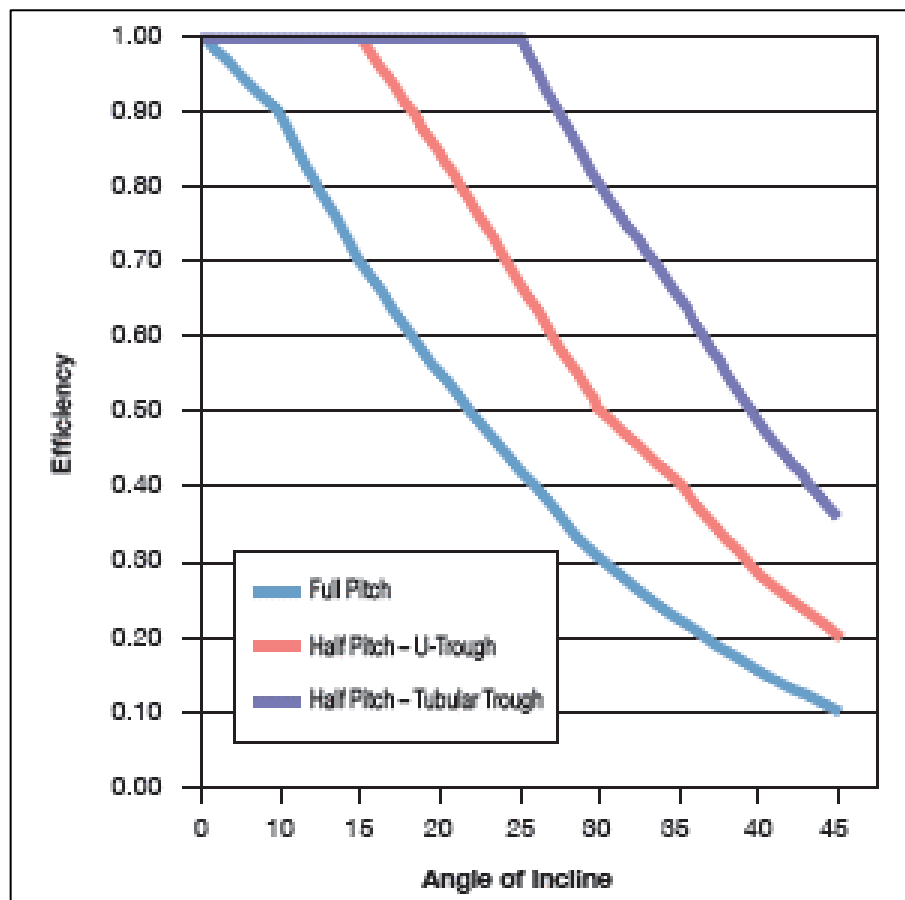
**Fonte: Adaptado de AVAC Ltda**

#### 4.4.2.4 Fator de Inclinação

O Fator de Inclinação  $K$  representa a eficiência de um Transportador Helicoidal Inclinado em relação ao um transportador vertical sendo que  $K=1$  para um

transportador na horizontal, a eficiência vai diminuindo a medida que aumenta a inclinação, tipicamente a inclinação do transportador varia até 45°, acima disso já é considerado um transportador vertical e os critérios para dimensionamento mudam (KWS MANUFACTURING COMPANY LTD, 2015). No Gráfico 1 obtemos o fator K (*Efficiency*), em função da inclinação, do tipo de passo e tipo de calha. Para um passo com metade do diâmetro (*Half Pitch*) e calha tubular (*Tubular Trough*), para uma inclinação próxima a 45° obtêm-se um valor de **K=0,4**.

**Gráfico 1 Fator de Inclinação K**



Fonte: KWS Manufacturing Company

#### 4.4.2.5 Cálculo da Rotação

Utilizando a Equação (14), substituindo os parâmetros, obtemos a rotação em RPM:



$$N_T = \frac{0,406}{\frac{(0,13 - 0,034)^2 \times \pi}{4} \times 0,3 \times 0,065 \times 0,4 \times 60} = 119,8 \text{ RPM} \quad (15)$$

#### 4.4.3 Potência de Acionamento do Transportador Helicoidal

A potência necessária para fazer funcionar o Transportador Helicoidal e dada em função da vazão, dimensões do transportador e material a ser transportado e pode ser calculada pela Equação (16).

$$P_T = \frac{Q \times \rho \times (C_0 \times L + H)}{367} + \frac{D \times L}{20} \quad (16)$$

O parâmetro  $C_0$  é empírico e depende do material a ser transportado, pode ser obtido consultando-se a Tabela 2.

**Tabela 2 - Parâmetro  $C_0$  para alguns materiais**

Material	$C_0$
Farinha, Pó de Serra, Material granular	1,2
Fibra Vegetal, Soda, Carvão em pó	1,6
Antracito, Carvão, Sal em pedra	2,5
Gesso, Argila seca, Solo Fino, Cimento, Lodo, Areia	4,0

**Fonte: Adaptado de VENKATESH (2015)**

Dentre os materiais listados na Tabela 2, o substrato utilizado na máquina é mais semelhante ao solo fino, por isso foi adotado um valor de  $C_0$  igual a 4,0.

Para a densidade  $\rho$  foi utilizado o valor correspondente a densidade da terra vegetal seca que é de 1,3 t/m<sup>3</sup>, segundo a tabela da Operation (Ver Anexo C).

As dimensões de Instalação do Transportador são: altura H= 1,7m e L=2,3 m (ver Apêndice B).

Substituindo os dados na Equação (16):

$$P_T = \frac{0,406 \times 1,3 \times (4,0 \times 2,3 + 1,7)}{367} + \frac{0,13 \times 2,3}{20} = 0,03 \text{ KW} \quad (17)$$

#### 4.4.4 Escolha do Motorreductor

O motorreductor para o Transportador Helicoidal, pertence ao mesmo modelo usado no Dosador Volumétrico (Figura 7), ou seja, do tipo coroa e rosca sem fim da série MAGMAX código G51224, fornecido pelo Fabricante WEG CESTARI (Ver Anexo A), com as seguintes características:

- Potência do motor: 0,12 KW
- Rotação de entrada: 1750 RPM
- Rotação de saída: 112 RPM
- Redução total: 15,6
- Eixo de saída: Eixo Vazado
- Fixação: Flange

A fixação por flange permite ao motorreductor ser acoplado diretamente no eixo do Transportador Helicoidal.

#### 4.5 Recálculo da Vazão do Transportador Helicoidal e da Rotação do Dosador Volumétrico

Uma vez que a rotação fornecida pelo motorreductor escolhido na seção 4.4.4, difere ligeiramente da rotação calculada na Equação (15), é necessário calcular novamente a vazão:

$$Q = N_T \times \frac{(D - d)^2 \times \pi}{4} \times \gamma \times p \times K \times 60 \quad (18)$$

$$\begin{aligned} Q &= 112 \times \frac{(0,13 - 0,034)^2 \times \pi}{4} \times 0,3 \times 0,065 \times 0,4 \times 60 \\ &= 0,3793 \text{ m}^3/\text{h} \quad (105,36 \text{ cm}^3/\text{s}) \end{aligned} \quad (19)$$

A partir da vazão recalculada do Transportador Helicoidal, calculou-se novamente a rotação do Dosador Volumétrico, bem como o novo tempo de descarga da caneca

$$Q = \frac{1 \text{ caneca}}{x \text{ segundos}} \rightarrow 105,36 = \frac{451,21 \text{ cm}^3}{x \text{ segundos}} \rightarrow x = 4,28 \text{ s} \quad (20)$$

$$N_D = \frac{1 \text{ caneca}}{4,28 \text{ segundos}} = \frac{1/5 \text{ rotação}}{4,28 \text{ segundos}} = 0,046 \frac{\text{rotação}}{\text{segundo}} \quad (21)$$

$$= 2,8 \text{ RPM}$$

A nova rotação do Dosador Volumétrico é de 2,8 RPM, porém não é necessário selecionar um novo motorreductor, pode se fazer o ajuste na rotação apenas alterando o diâmetro da polia movida que foi calculado nas Equação (12) e (13), logo:

$$i_p = \frac{N_{S,R}}{N_{E,D}} i_p = \frac{9,87}{2,8} = 3,525 \quad (22)$$

$$i_p = \frac{D_{movida}}{D_{motora}} \rightarrow 3,535 = \frac{D_{movida}}{75} \rightarrow D_{movida} \cong 264 \text{ mm} \quad (23)$$

## 5 COMPARAÇÃO: PRODUÇÃO MANUAL E MECANIZADA

Realizou-se uma comparação entre os tempos necessário para fazer o enchimento dos saquinhos com substrato, pelo processo manual e pelo processo mecanizado, a fim de se determinar a viabilidade da máquina.

### 5.1 Estimativa de Produção da Máquina

Para uma comparação mais justa entre o processo mecanizado e o processo manual, é preciso levar em conta os tempos de parada de máquina, que é essencialmente o tempo necessário para o operador encher a máquina com substrato e pegar novas embalagens vazias.

Tendo em vista as dimensões do reservatório de alimentação (ver Apêndice B), é possível determinar o seu volume, uma vez que o reservatório possui formato piramidal pode ser calculado facilmente.

$$V_R = \frac{64 \times 64 \times 32,3}{3} = 44100,3 \text{ cm}^3 \quad (24)$$

Dividindo o volume do reservatório pelo volume do saquinho, é possível calcular quantos saquinhos podem ser cheios até que se necessite encher o reservatório novamente.

$$\frac{44100,3 \text{ cm}^3}{451,2 \text{ cm}^3} \cong 97 \text{ saquinhos} \quad (25)$$

Então a cada 97 saquinhos cheios é necessário ao operador parar a máquina para encher o reservatório com substrato, o que pode ser facilmente feito utilizando um carrinho de mão e uma pá, operador deve também já repor as embalagens vazias para evitar novas paradas de máquinas. Para efeito de cálculo este tempo de máquina parada será estimado em 3 minutos.

Vale lembrar que esse tempo de parada de máquina pode ser eliminado usando-se um trabalhador para fazer o enchimento do reservatório da máquina e

repor as embalagens, porém vai contra a ideia deste trabalho que é o menor uso de mão de obra.

Conforme estabelecido na Equação (20), a máquina é capaz de encher 1 saquinho a cada 4,28 segundos, então o tempo total para encher 97 saquinhos, contando os 3 minutos de parada de máquina pode ser calculado na Equação (26)

$$\frac{97 \text{ saquinhos}}{1 \text{ saquinho}} \times \frac{4,28 \text{ segundos}}{1} + 3 \text{ minutos} \times 60 = 595,16 \text{ segundos} \quad (26)$$

$$\cong 9,92 \text{ minutos}$$

Finalmente a produção da máquina em quantidade de saquinhos cheios por hora é dada pela Equação (27).

$$\frac{97 \text{ saquinhos}}{595,16 \text{ segundos}} \times \frac{3600 \text{ segundos}}{\text{hora}} \cong 587 \frac{\text{saquinhos}}{\text{hora}} \quad (27)$$

## 5.2 Produção manual

Conforme foi mencionado na seção 3.5, um trabalhador é capaz de encher em média 500 saquinhos por dia, considerando uma jornada de 8 horas diárias, podemos calcular a produção por hora.

$$\frac{500 \text{ saquinhos}}{8 \text{ horas}} = 62,5 \frac{\text{saquinhos}}{\text{hora}} \quad (28)$$

## 5.3 Comparação

Geralmente as mudas de café são produzidas em grandes quantidades em viveiros, então para uma boa visualização entre o processo manual e o mecanizado foi elaborada uma tabela dividida em múltiplos de 20.000 mudas.

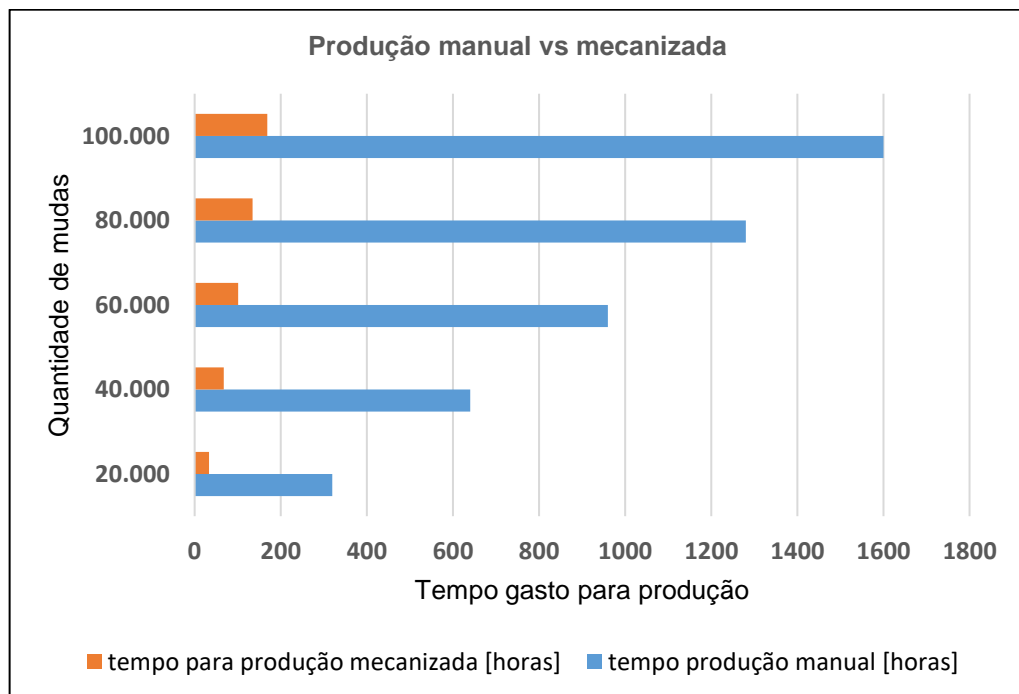
Tabela 3 – Tempo para produção manual e mecanizada

Quantidade de mudas	Tempo produção manual [horas]	Tempo para produção mecanizada [horas]
20.000	320	34,1
40.000	640	68,1
60.000	960	102,2
80.000	1280	136,3
100.000	1600	170,4

Fonte: Autoria própria

Podemos visualizar melhor os valores da Tabela 3 plotando-os em um gráfico.

Gráfico 2 – Comparação entre a produção manual e mecanizada



Fonte: Autoria Própria

Analisando os dados da Tabela 3 e do Gráfico 2, podemos observar que utilizando a máquina de encher saquinhos de mudas de café, pode se concluir o trabalho em um tempo 9,4 vezes menor do que o processo manual tradicional.

Na prática isso pode até eliminar a necessidade de se contratar mão de obra extra, resultando em economia para o produtor.

## 6 CONCLUSÃO

Pode se concluir, que teoricamente, utilizando-se a Máquina para Produção de Mudas de Café apresentada neste trabalho pode se obter uma produção de 9,4 vezes maior que o processo manual tradicional o que diminui consideravelmente a necessidade de mão de obra e conseqüentemente gera uma redução nos custos finais.

Já no que diz respeito a viabilidade prática da máquina, muitos outros fatores estão envolvidos, como por exemplo o transporte da máquina, montagem da máquina no local do viveiro, fonte de energia elétrica, treinamento do operador etc.

Uma maneira definitiva de avaliar todos estes fatores seria a construção de um protótipo juntamente com a realização de testes práticos.

## REFERÊNCIAS

AVAC COMÉRCIO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS E ASSESSORIA TÉCNICA LTDA. Disponível em: <<http://www.avac.ind.br/transporteroscashelicoidais.aspx>>. Acesso em: 25 set. 2017.

BECHTEL GMBH. Screw Conveyors. Disponível em: <<https://www.bechtel-wuppertal.com/media/1858/screw-conveyor-bechtel.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2017.

BERGO, C. L. Produção de Mudanças de Cafeeiros por Sementes e Estacas. **Circular Técnica**, Rio Branco, Acre, V. 44, 2002.

CERÁVOLO, S. A. M. **Produção, comercialização e transporte de mudas de coffea arabica L. no método convencional**. [S.l.], p. 50f. 2008.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA NO BRASIL. **Boletim Ativos do Café n.24**. Brasília. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira - Café. V.4 -Safra 2017 ,n1. Primeiro Levantamento**. Brasília. 2017.

CRISTIANO. Mudanças de café em um viveiro. **Cafepoint**, 2015. Disponível em: <[https://www.cafepoint.com.br/mypoint/237578/f\\_mudas\\_de\\_cafe\\_mudas\\_de\\_cafe\\_28269.aspx](https://www.cafepoint.com.br/mypoint/237578/f_mudas_de_cafe_mudas_de_cafe_28269.aspx)>. Acesso em: 25 set. 2017.

FEVEREIRO, J. L. **Como Calcular a Potência do Motor e Selecionar o Redutor em Máquinas e Equipamentos**, 2014. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/212055702/Como-calcular-a-potencia-do-motor-e-selecionar-o-redutor-no-acionamento-de-maquinas-e-equipamentos#>>. Acesso em: 26 set. 2017.

KWS MANUFACTURING COMPANY LTD. Screw Conveyor Engineering Guide, 2015. Disponível em: <<http://www.kwsmfg.com/services/screw-conveyor-engineering-guide/>>. Acesso em: 25 Setembro 2017.



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Café no Brasil. **Ministério da Agricultura**, 30 Janeiro 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>.

OPERATION. Densidade dos Materiais. Disponível em: <<http://www.operation.com.br/diario-do-comercio--09042014>>. Acesso em: 30 set. 2017.

PEREIRA, G. E. A. **Custos de Produção de Mudas de Café na Embrapa Cerrados**, Dezembro 2001. 20. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/23696/1/doc-35.pdf>>.

SACRAMENTO, C. L. et al. **Projeto e Construção de um Transportador Helicoidal**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 33. 2003.

SILVA, J. D. S. E. **Manuseio de Grãos**. 2. ed. Viçosa-MG: Aprenda Fácil, 2008. 560 p.

SPEE-DEE PACKAGING MACHINERY INC. Disponível em: <<http://www.spee-dee.com/cup-fillers/>>. Acesso em: 29 set. 2017.

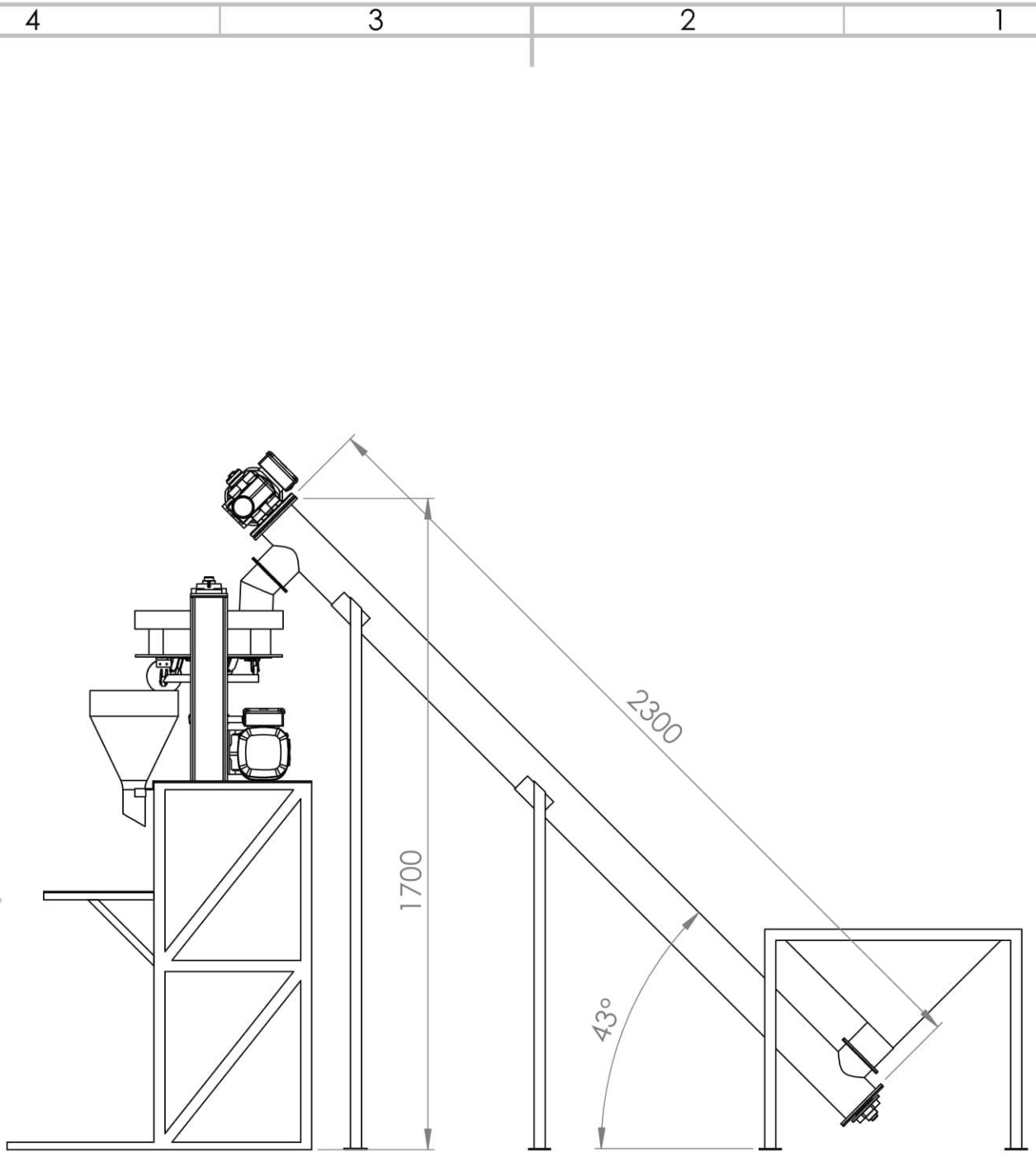
TOMAZ ET AL., M. A. **Produção de mudas de café de qualidade: bases para a sustentabilidade da lavoura cafeeira**. In: TOMAZ ET AL., M. A. **Inovação, difusão e integração: bases para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre,ES: CAUFES, 2012. Cap. 5, p. 270.

VENKATESH, K.; BHARADWAJ, J.; RAHUL, K. **Design and Fabrication of Screw Conveyor**, 2015. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/VenkateshKokala/design-analysis-of-screw-conveyor>>.

WEG CESTARI REDUTORES E MOTORREDUTORES SA. Disponível em: <<http://www.wegcestari.com.br/index.php/pt/magmax>>. Acesso em: 29 set. 2017.

WEG S.A. Seleção de Motores Elétrico. Disponível em: <[http://catalogo.weg.com.br/tec\\_cat/tech\\_motor\\_sel\\_web.asp](http://catalogo.weg.com.br/tec_cat/tech_motor_sel_web.asp)>. Acesso em: 26 set. 2017.

## **APENDICE A – Dimensões de Instalação do Transportador Helicoidal**



CÓD DA PEÇA: 000.001

DESENHO: EDSON VIEIRA DA SILVA



TÍTULO:  
MONTAGEM GERAL

DATA: 27/09/2017

ESCALA: 1:20

UNIDADE : mm

FOLHA:

## **APENDICE B – Dimensões do Reservatório de Alimentação**

4

3

2

1

F

F

E

E

D

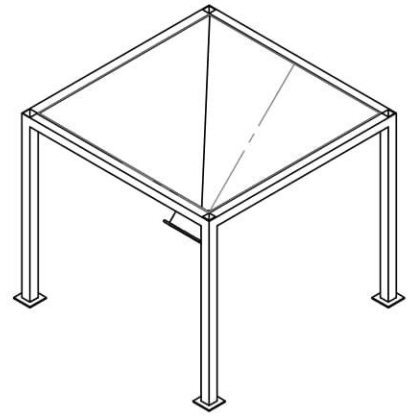
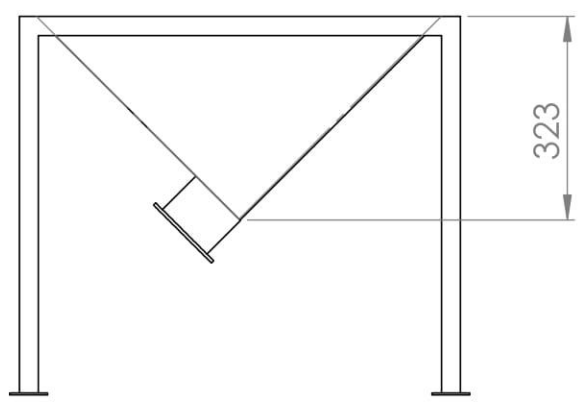
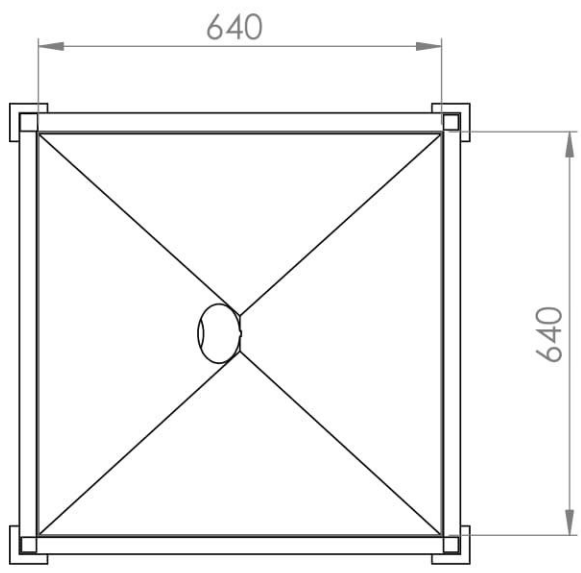
D

C

C

B

B



CÓD DA PEÇA: 000.002

DESENHO: EDSON VIEIRA DA SILVA



TÍTULO:  
Reservatório

DATA: 27/09/2017

ESCALA: 1:12

UNIDADE : mm

FOLHA:

4

3

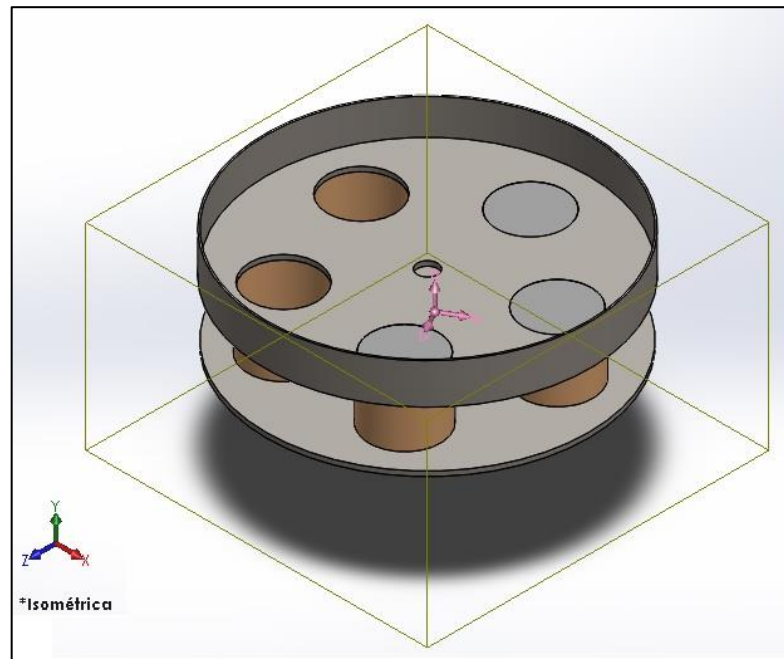
2

1

A

A

**APENDICE C - Momentos de Inércia dos Eixos Principais Obtidos no Modelo  
CAD do Dosador Volumétrico**



### Propriedades de massa de momento de inercia

Configuração: Valor predeterminado

Sistema de coordenadas: -- valor predeterminado --

Massa = 15.29 quilogramas

Volume = 3080753.69 milímetros cúbicos

Área de superfície = 0.95 metros quadrados

Centro de massa: (metros)

X = -0.01

Y = -0.03

Z = 0.40

Eixos principais de inércia e momentos de inércia principais: (quilogramas \* metros quadrados)

Tomado no centro da massa.

$I_x = (0.50, 0.01, 0.86)$

$P_x = 0.18$

$I_y = (0.86, 0.00, -0.50)$

$P_y = 0.19$

$I_z = (-0.01, 1.00, -0.01)$

$P_z = 0.32$

Momentos de inércia: ( quilogramas \* metros quadrados )

Obtido no centro de massa e alinhado com o sistema de coordenadas de saída.

$L_{xx} = 0.19$

$L_{xy} = 0.00$

$L_{xz} = 0.00$

$L_{yx} = 0.00$

$L_{yy} = 0.32$

$L_{yz} = 0.00$

$L_{zx} = 0.00$

$L_{zy} = 0.00$

$L_{zz} = 0.18$

Momentos de inércia: ( quilogramas \* metros quadrados )

Tomados no sistema de coordenadas de saída.

$I_{xx} = 2.67$

$I_{xy} = 0.01$

$I_{xz} = -0.09$

$I_{yx} = 0.01$

$I_{yy} = 2.79$

$I_{yz} = -0.21$

$I_{zx} = -0.09$

$I_{zy} = -0.21$

$I_{zz} = 0.20$

**ANEXO A – Motorreductores MAGMAX WEG CESTARI**

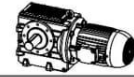










## Potência de Entrada



0,12 kW - 1750 rpm



rpm	$i_{tot}$	$fs$	Fr (N)	código	páginas
					
235	7,44	14,14	1600	G51218	51 a 53
197	8,90	15,97	1700	G51219	51 a 53
174	10,0	15,32	1800	G51220	51 a 53
161	10,9	15,41	2000	G51221	51 a 53
147	11,9	15,51	2200	G51222	51 a 53
127	13,7	13,47	2400	G51223	51 a 53
112	15,6	11,83	2500	G51224	51 a 53
99,3	17,6	10,49	2800	G51225	51 a 53
85,7	20,4	9,05	2900	G51226	51 a 53
81,3	21,5	9,88	3000	G51227	51 a 53
72,1	24,3	8,74	3000	G51228	51 a 53
60,8	28,8	7,37	3000	G51229	51 a 53
52,6	33,3	6,38	3000	G51230	51 a 53
46,2	37,9	5,60	3000	G51232	51 a 53
41,0	42,6	4,98	3000	G51233	51 a 53
35,4	49,4	4,30	3000	G51234	51 a 53
32,7	53,4	3,98	3000	G51235	51 a 53
29,7	59,0	3,60	3000	G51236	51 a 53
22,8	76,8	3,42	3000	G51238	51 a 53
19,7	88,7	2,96	3000	G51239	51 a 53
17,3	101	2,60	3000	G51240	51 a 53
15,4	114	2,30	3000	G51241	51 a 53
13,3	132	1,99	3000	G51242	51 a 53
12,3	143	1,84	3000	G51243	51 a 53
11,1	157	1,67	3000	G51244	51 a 53
9,87	177	1,48	3000	G51245	51 a 53
8,67	202	1,30	3000	G51246	51 a 53
7,70	227	1,85	3000	G51247	51 a 53
6,64	264	1,59	3000	G51248	51 a 53
5,56	315	1,33	3000	G51250	51 a 53
19,4	90,0	5,25	5000	G52239	54 a 56
17,9	97,6	4,85	5000	G52240	54 a 56
15,7	111	4,26	5000	G52241	54 a 56
13,9	126	3,75	5000	G52242	54 a 56
12,4	141	3,35	5000	G52243	54 a 56
10,8	162	2,92	5000	G52244	54 a 56
10,00	175	2,70	5000	G52245	54 a 56
9,11	192	2,46	5000	G52246	54 a 56

**ANEXO B – Diâmetros Padronizados de Transportadores Helicoidais  
Fornecidos pela Fabricante BECHTEL**



## Endless spirals

Endless spirals are rolled out of one single piece. In lengths of 3.000 mm and made of the following materials: S235JRG2 and stainless steel 304, with a left or a right pitch. The following table shows the standard sizes of endless spirals.

Endless spirals (parameters in mm )			
outer diameter	inner diameter	pitch	blade thickness
			inside / outside
80	17	80	2,5 / 1,2
85	22	85	3,0 / 1,5
90	25	90	2,5 / 1,3
100	34	100	2,5 / 1,3
120	34	120	2,5 / 1,3
125	34	125	2,5 / 1,3
130	34	130	4,0 / 2,0
140	42	140	2,5 / 1,3
150	49	150	3,0 / 1,6
160	49	160	3,0 / 1,6
160	49	160	6,0 / 3,0
180	49	180	3,0 / 1,5
200	49	200	3,5 / 1,7
200	49	200	6,0 / 3,0
250	60	250	4,0 / 2,0
250	60	250	6,0 / 3,0
250	76	250	6,0 / 3,0
300	76	300	5,0 / 2,5
300	76	300	6,0 / 3,0
315	76	315	5,0 / 2,5
350	89	350	5,0 / 2,5
350	89	350	6,0 / 3,0
400	102	400	6,0 / 3,0
400	102	400	8,0 / 4,0
450	102	450	7,0 / 3,5

Additional diameters, shaft sizes, or material thicknesses are available on demand.

## **ANEXO C – Densidade dos Materiais**

## Densidade dos Materiais:

<b>MATERIAL</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
AREIA SECA	1300 a 1600
AREIA ÚMIDA	1700 a 2300
AREIA FINA SECA	1500
AREIA GROSSA SECA	1800
ARGILA SECA	1600 a 1800
ARGILA ÚMIDA	1800 a 2100
CAL HIDRATADA	1600 A 1800
CAL HIDRÁULICA	700
CAL EM PÓ	1000
CAL VIRGEM	1400 a 1600
CIMENTO A GRANEL	1400 a 1600
CIMENTO EM SACOS	1200
GESSO EM PÓ	1400
GESSO HIDRATADO (EM BLOCO)	1800 a 2600
MINÉRIO DE FERRO	2800
TERRA APILOADA SECA	1000 a 1600
TERRA APILOADA ÚMIDA	1600 a 2000
TERRA ARENOSA	1700
TERRA VEGETAL SECA	1200 a 1300
TERRA VEGETAL ÚMIDA	1600 a 1800
ENTULHO DE OBRAS	1500

**Fonte: OPERACTION**