

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ALEX OLIVEIRA DE SOUZA**  
**CAIO BALARIN RODRIGUES**  
**JOSÉ CARLOS GUIMARÃES JÚNIOR**  
**TALES FURTADO DE ALMEIDA SANTOS**

**DIMENSIONAMENTO DAS DEMANDAS OPERACIONAIS E CONSTRUTIVAS E**  
**ESPECIFICAÇÃO DE UM TRANSPORTADOR HELICOIDAL**

**VOLTA REDONDA**

**2018**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DIMENSIONAMENTO DAS DEMANDAS OPERACIONAIS E CONSTRUTIVAS E  
ESPECIFICAÇÃO DE UM TRANSPORTADOR HELICOIDAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do UniFOA como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe

**VOLTA REDONDA**

**2018**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Alunos:

Alex Oliveira de Souza

Caio Balarin Rodrigues

José Carlos Guimarães Júnior

Tales Furtado de Almeida Santos

PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM TRANSPORTADOR HELICOIDAL

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe

---

Prof. Dr. Alexandre Fernandes Habibe

---

Prof. Dr. Alexandre Alvarenga Palmeira

---

Prof. Esp. Antônio de Pádua Sobreira Leal

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho de conclusão de graduação à Deus, aos nossos familiares e amigos que nos apoiaram durante essa trajetória até a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus pela oportunidade de estarmos fazendo o que amamos, e poder compartilhar todo esse conhecimento.

Ao nosso Orientador Professor Dr. Alexandre Fernandes Habibe pela paciência e disponibilidade no auxílio das atividades e discussões sobre o andamento desta Monografia de conclusão de curso.

Aos colegas e professores pela dedicação prestada ao longo do curso.

Além das Empresas Martin Sprocket Inc., Marquez Indústria e Comércio Ltda. e demais idealizadores, coordenadores e funcionários do Centro Universitário de Volta Redonda.

## **RESUMO**

No Brasil há poucos trabalhos sobre transportadores helicoidais. Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de fornecer parâmetros para especificação de um transportador helicoidal, com base na CEMA e ANSI.

Posteriormente foi feito uma análise de revestimentos da extremidade da hélice do helicóide, com a intenção de reduzir o desgaste à abrasão no helicóide.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transportador Helicoidal, Projeto, Dimensionamento

## **ABSTRACT**

In Brazil, there are few studies about screw conveyors. This work was developed with the purpose of providing parameters for specifying a screw conveyor, based on CEMA and ANSI.

After that was done an analysis of covering of the end of the helix of the screw, with the intention of reducing the abrasion wear in the screw.

**KEYWORDS:** Screw Conveyor, Project, Scaling

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Correia transportadora .....	19
Figura 2- Elevador de canecas.....	200
Figura 3- Canecas do “Belt wall” .....	211
Figura 4 - Transporte “Belt wall” .....	211
Figura 5- Conceito de pressão absoluta e pressão relativa .....	222
Figura 6- Transportador pneumático .....	233
Figura 7- Transportador magnético .....	244
Figura 8 - Transportador de correntes .....	244
Figura 9- Transportador de corrente com acessórios.....	255
Figura 10 - Trincheira transportadora.....	266
Figura 11- Transportador helicoidal .....	277
Figura 12 - Motorreductor .....	31
Figura 13 - Acoplamento .....	322
Figura 14 - Helicóide.....	322
Figura 15- Mancais.....	333
Figura 16 - Carcaça.....	333
Figura 17 - Bocal de entrada .....	344
Figura 18 - Bocal de descarga .....	344
Figura 19 - Suporte de fixação .....	355
Figura 20 - Tampa de fechamento.....	355
Figura 21- Especificação do helicóide .....	366
Figura 22 - Sentido e direção do helicóide .....	377
Figura 23- Detalhe da extremidade do helicóide.....	37
Figura 24 - Trajetória única com passo padrão .....	38
Figura 25- Trajetória única com passo longo .....	38
Figura 26 - Trajetoria única com passo padrao cônico.....	39
Figura 27 - Trajetória única com passo variável .....	39
Figura 28- Trajetoria única com passo curto .....	400
Figura 29 - Trajetoria única com meio passo .....	400
Figura 30 - Duplo passo padrão.....	411
Figura 31- Trajetória única de corte com passo padrão.....	411

Figura 32 - Corte e fluxo dobrado .....	422
Figura 33 - Passo padrão com pá.....	422
Figura 34 - Pás.....	433
Figura 35 - Passo padrão com pá.....	433
Figura 36 - Flange angular .....	444
Figura 37 - Flange composto .....	444
Figura 38 - Canal .....	455
Figura 39 - Queda inferior .....	45
Figura 40 - Revestido .....	46
Figura 41- Flange formado.....	46
Figura 42 - Padrão .....	47
Figura 43 - Flange formado .....	47
Figura 44 - Flange angular .....	48
Figura 45 - Flange angular .....	48
Figura 46 - Flange formado .....	49
Figura 47 - Tampas flangeadas.....	49
Figura 48 - Tampa plana.....	500
Figura 49 - Tampas de calhas alargadas.....	500
Figura 50 - Moderno revestimento da tampa .....	511
Figura 51 - Tampa envolvente.....	511
Figura 52- Cobertura da tampa.....	522
Figura 53- Padrão .....	522
Figura 54 - De extremidade com pés.....	533
Figura 55 - Extremidade fora da borda.....	533
Figura 56 - Descarregamento no fluxo de saída .....	54
Figura 57 - Descarregamento de saída .....	54
Figura 58- Dentro da extremidade da calha.....	55

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Características físicas do cimento .....	622
Tabela 2- Característica do material.....	622
Tabela 3 - Classificação de material.....	633
Tabela 4 - Capacidade .....	64
Tabela 5- Ff .....	65
Tabela 6 - Fp.....	65
Tabela 7- Grupos de componentes .....	66
Tabela 8- Designação dos grupos de componentes .....	67
Tabela 9 - Tipos de Rolamentos .....	68
Tabela 10 – Fd.....	69
Tabela 11- Fo.....	700
Tabela 12 – e.....	711
Tabela 13 - Curva HP por RPM .....	711
Tabela 14- Acabamento de solda.....	73
Tabela 15- Do aço ASTM A-36 .....	78
Tabela 16 - Especificação do cromo .....	79
Tabela 17- Aplicações das camadas de cromo .....	800
Tabela 18 - Comparação dos processos de revestimento .....	81
Tabela 19 - Característica do AR 400 .....	82

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

mm – milímetros

kgf – quilograma força

cm<sup>2</sup> - centímetros quadrados

a.c. – antes de cristo

% - porcentagem

D – diâmetro

ASME – American Society of Mechanical Engineers

In – polegada

CEMA – Conveyor Equipment Manufacturers Association

ANSI – American National Standards Institute

M – metro

M<sup>3</sup>/h – metros cúbicos por hora

CP – Cimento Portland

MPa – Mega Pascal

µm – micrômetro

≥ - maior ou igual

≤ - menor ou igual

Kg/m<sup>3</sup> - quilogramas por metros cúbicos

V – vertical

Fm – fator do material

Lbs/ft<sup>3</sup> - libras por pés cúbicos

t/m<sup>3</sup> - tonelada por metro cúbico

” – polegadas

Kg/h – quilograma por hora

C – capacidade

N – rotação

RPM – rotações por minuto

FF – “Flightfactor”

FP – fator das pás

° - graus

Ga. – gauges

Lbs/ft – libras por pé

Fb – fator de rolamento

Fd – fator de diâmetro

HP – “Horse Power”

L – comprimento

W – densidade

e - eficiência da transmissão

Fo – fator de sobrecarga

HPf – potência para mover o helicóide sem material

HPm – potência para mover o helicóide com material

D – Flexão no centro do helicóide

W – peso total do helicóide

I – momento de inércia do eixo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.1. Justificativa .....	16
1.2. Objetivos .....	16
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1. Transporte de Materiais à Granel.....	17
2.2. Cimento à Granel .....	17
2.3. Tipos de Transportadores.....	19
2.3.1. Correia transportadora .....	19
2.3.2 Elevador de canecas .....	20
2.3.3. “Belt wall” .....	21
2.3.4. Transportador pneumático .....	22
2.3.5. Transportador magnético .....	23
2.3.6. Transportador de corrente.....	24
2.3.7. Trincheira transportadora .....	25
2.4. Transportadores Helicoidais .....	27
2.4.1. Definição .....	27
2.4.2. Evolução histórica .....	27
2.4.3. Características do transportador .....	28
2.4.3.1. Ocupação .....	28
2.4.3.2. Ocupação máxima e mínima.....	28
2.4.3.3. Influência do material na ocupação .....	28
2.4.3.4. Tamanho do transportador .....	29
2.4.4. Aplicações .....	29
2.4.5. Componentes .....	31
2.4.6. Definição do helicóide.....	36
2.4.7. Sentido do helicóide .....	37
2.4.8. Tipos de helicóides .....	38
2.4.8.1. Padrão – Para transporte horizontal .....	38
2.4.8.2. Para transporte inclinado ou vertical (alimentação contínua).....	40
2.4.8.3. Recortado – Transportador e misturador .....	41
2.4.8.4. Fita – Para produtos viscosos ou picados .....	43
2.4.9. Calha.....	44

2.4.9.1. Tipo U .....	44
2.4.9.2 Tipo alargado .....	46
2.4.9.3 Invólucro tubular .....	47
2.4.9.4 Tipo Retangular .....	48
2.4.10. Tampa .....	49
2.4.11. Tipos de mancais .....	52
2.4.12. Acionamento.....	55
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>58</b>
3.1 Levantamento da Base Teórica.....	59
3.2 Delimitação do Escopo do Projeto.....	59
3.3 Análise e Modelamento Físico do Sistema.....	59
3.4 Análise das Alternativas de Sistemas Mecânicos .....	59
3.5 Modelo Mecânico .....	59
3.6 Projeto/Especificação do Sistema.....	60
<b>4. DESENVOLVIMENTO/ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>61</b>
4.1. Dimensionamento .....	61
<b>5. PLANO DE MANUTENÇÃO .....</b>	<b>75</b>
5.1 Inspeção .....	75
5.2 Lubrificação .....	75
5.3 Recomendações de segurança.....	75
<b>6. ANÁLISE DE MATERIAIS PARA HELICÓIDE .....</b>	<b>78</b>
6.1. Revestimento de cromo duro sobre o aço ASTM A36.....	78
6.1.1. Aço ASTM A36 .....	78
6.1.2. Cromo duro .....	79
6.1.3. Revestimento de Cromo Duro.....	80
6.1.4. Processo de Revestimento .....	81
6.1.5. Custo do helicóide A36 com revestimento .....	81
6.2. Aço AR400 .....	82
6.2.1 Custo do helicóide AR400 .....	82
<b>7. SUMÁRIO EXECUTIVO.....</b>	<b>83</b>
<b>8. CONCLUSÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>85</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Como o enfoque do trabalho é o transporte de cimento, este equipamento é muito utilizado neste meio, pois para transportar este tipo de material, requer condições específicas, que são atendidas pelo transportador helicoidal.

Apresentaremos os componentes fundamentais para o funcionamento do transportador e alguns adicionais.

Além das especificações dimensionais de um transportador horizontal exclusivo para o transporte cimento à granel. Com isso foi possível executar uma análise de material empregado no helicoide para garantir uma melhoria em seu desempenho e durabilidade.

### **1.1. Justificativa**

Boa parte dos custos operacionais de uma empresa, se deve ao transporte de materiais, que pela quantidade exigida, acaba sendo essencial uma automatização no meio. Em meio a esse cenário, o transportador helicoidal, trata de facilitar a mão-de-obra, assim como diminuir a longo prazo o custo operacional da empresa.

Além deste fato, podemos levar em consideração, a segurança e confiabilidade deste tipo de equipamento em levar diversos tipos de materiais, que também usam diversos tipos de componentes para cada finalidade.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo é dimensionar e fazer um estudo de caso de um transportador helicoidal, com a finalidade de variar o tipo de material empregado no helicóide, para que ofereça ao material, perfeitas condições de transporte, sem afetar a estrutura de ambos.

Em sua estrutura, o trabalho, seguirá alguns passos, como analisar falhas do transportador, assim podendo alterar sua estrutura para perfeito desempenho. Além de análises de custos e estruturais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Transporte de Materiais à Granel**

A movimentação da produção se dá em sua maioria pelo transporte interno, no processo de produção, no armazenamento e no processo dos materiais. O transporte externo também acresce ao valor unitário do produto final. Portanto, a administração logística e financeira dos transportes almeja uma aplicação adequada para os materiais, combustíveis, equipamentos, mão de obra, energias e espaço.

O intuito do transporte interno de materiais nas linhas de produção, se deve à reposição e ao transporte dos mesmos em processamento. O propósito dos equipamentos de transporte é garantir apoio na carga e descarga no processo de expedição, fabricação e armazenagem dos aparatos.

Na indústria existem numerosas condições a serem consideradas na seleção dos equipamentos com a função de movimentar materiais, tais como: velocidade, forma, tamanho, volume das cargas, custos e peso.

### **2.2. Cimento à Granel**

O cimento é o principal ingrediente básico do concreto, de uma mistura de calcário, obtém-se um pó fino, argila e minério de ferro em um forno. O clínquer é o principal ingrediente do cimento que é triturado com gesso e outros aditivos químicos para produção do mesmo.

O material primordial em construções ao redor do mundo é o cimento. Ele fornece propriedades benéficas e desejáveis, como resistência à compressão, durabilidade e estética para diversas aplicações de construção.

As etapas de fabricação de cimento são várias:

- explosão de rochas em pedreiras para a obtenção das matérias primas;
- o transporte da matéria prima para a fábrica;

- trituração e/ou esmagamento dos pedaços da matéria prima, através dos trituradores;
- pré-homogeneização;
- armazenamento das matérias primas para os silos específicos;
- esfarelamento da matéria prima através da pressão, nas siderúrgicas;
- homogeneização da matéria prima em silos;
- calcinação, onde a matéria prima é transformada em clínquer;
- moagem de cimento – clínquer é triturado – o gesso é adicionado para estender o tempo de fixação do cimento;
- expedição do cimento a partir dos silos em que está estocado e embalado em sacos ou fornecido a granel.

Diferentes misturas de cimento usadas na construção são caracterizadas por suas propriedades físicas. Alguns parâmetros-chave controlam a qualidade do cimento. As propriedades físicas do bom cimento são baseadas em:

- finura de cimento;
- solidez;
- consistência;
- força;
- definir hora;
- calor de hidratação;
- perda de ignição;
- densidade aparente;
- gravidade específica (densidade relativa).

O tamanho das partículas do cimento demonstra a sua pureza. A pureza necessária de um bom cimento é obtida através da moagem do clínquer na última etapa do processo de produção de cimento. Como a taxa de hidratação do cimento está diretamente relacionada ao tamanho das partículas de cimento, a pureza do cimento é muito importante.

## 2.3. Tipos de Transportadores

### 2.3.1. Correia transportadora

Correias transportadoras são comumente usadas no transporte de materiais a granel (grãos, minério de ferro, areia, etc.). É o transportador mais utilizado.

É composto basicamente de duas ou mais polias, sendo uma delas a polia do conjunto de acionamento e outra de retorno, e uma tira larga de borracha com material têxtil (que é a correia propriamente dita), entre as polias. Nos casos onde há mais de duas polias, são correias transportadoras que possuem esticador (tem a função de garantir a tensão conveniente na correia).

Para o correto funcionamento da correia são necessários outros componentes como, roletes de carga (sustenta a carga e faz com que a correia deslize, facilitando o transporte), roletes de retorno (auxiliam o retorno da correia na parte de baixo), roletes auto alinhadores (evitam o desalinhamento da correia), raspadores (fazem a limpeza da correia), freio, etc.

Os transportadores podem ser horizontais ou inclinados (como na figura 1), depende do layout do local.



*Figura 1- Correia transportadora*

**Fonte: Jiangsu Machinery Technology co. Ltd.**

### 2.3.2 Elevador de canecas

O elevador de canecas é um equipamento para transporte de material à granel, vertical, como indicado na figura 2, com uma granulometria de até 50 mm, transporta tanto produtos alimentares quanto não alimentares.

Os elevadores são fabricados em vários tipos, em função do material a ser transportado.

Podem ser contínuos ou centrífugos, com as canecas fixas em correntes ou em correias. O elevador de canecas é composto de três partes básicas:

- cabeça de motorização;
- estrutura central;
- conjunto de pé com esticador e tambor de retorno.



**Figura 2- Elevador de canecas**

**Fonte: Fábrica do Projeto 2018**

### 2.3.3. “Belt wall”

Este tipo de transportador é semelhante ao elevador de canecas, porém as “canecas”, não são feitas de aço, mas sim do próprio material da correia. Também não podem ter as canecas fixas em correntes apenas em correias. O detalhe das “canecas” está mostrado na figura 3.



**Figura 3- Canecas do “Belt wall”**

**Fonte: BeltService Corporation 2018**

Podem ser inclinados ou totalmente verticais (sendo o segundo mais comumente usado), como indicado na figura 4.

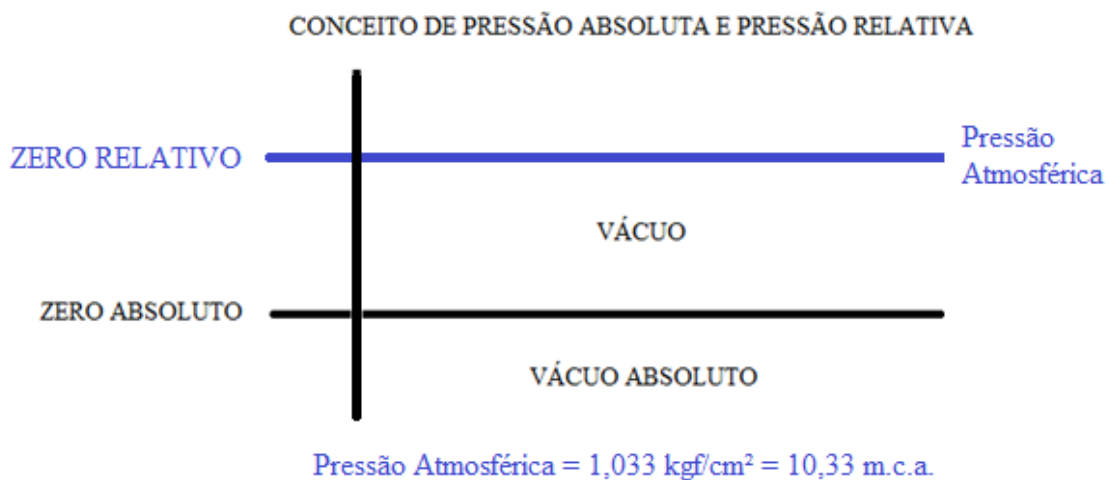


**Figura 4 - Transporte “Belt wall”**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.3.4. Transportador pneumático

Sistema de transporte pneumático (indicado na figura 6) é um sistema de manuseio de materiais a granel. Baseia seu princípio de funcionamento na utilização da pressão pneumática ou pressão de vácuo assegurada por um soprador ou bomba de vácuo respectivamente. O produto é transportado pelo ar que circula pela diferença de pressão. Há a opção de configurar um transporte pneumático de sucção a vácuo ou de pressão relativa, demonstrado na figura 5.

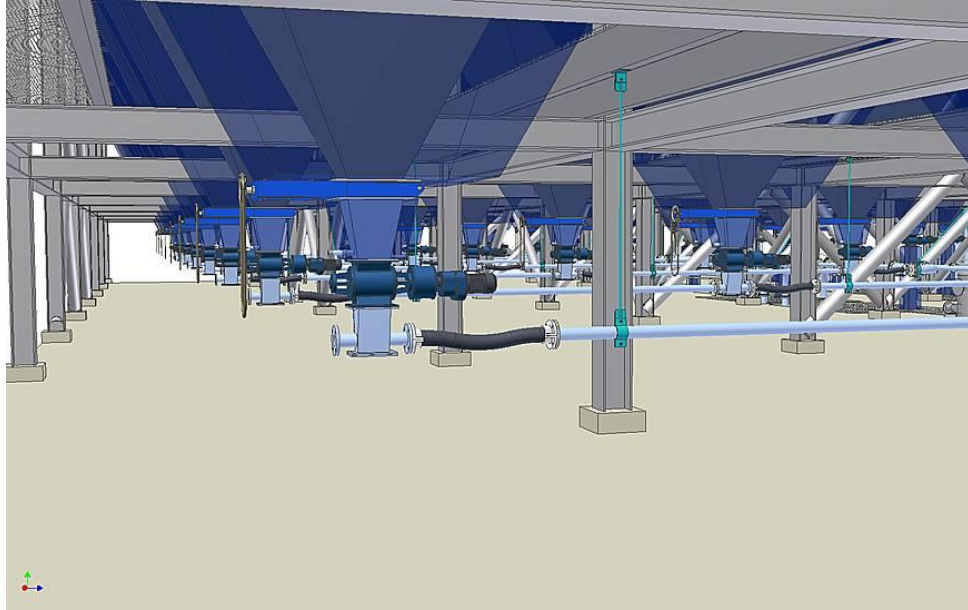


**Figura 5- Conceito de pressão absoluta e pressão relativa**

**Fonte: Próprio autor**

Transporte a vácuo: o produto é succionado do ponto de alimentação até o ponto de chegada. O vácuo que caracteriza essa configuração aumenta o grau de limpeza de todo o sistema. Válvulas rotativas, brocas de extração podem ser instalados opcionalmente. Um dispositivo de filtragem separará o ar do produto no ponto de chegada.

Transporte por pressão acima da pressão atmosférica: o produto é conduzido do ponto de alimentação até o ponto de chegada. Para evitar vazamento excessivo de ar do tubo, o produto deve ser introduzido no circuito por uma válvula rotativa. Possui maior pressão que a versão de sucção.



**Figura 6- Transportador pneumático**

**Fonte: STAG 2018**

### **2.3.5. Transportador magnético**

Ao contrário de correias transportadoras, transportadores magnéticos (figura 7) possuem uma construção selada e, portanto, expostos sem peças móveis. Isso os torna uma excelente opção para o transporte de peças de aço afiado como sucata, materiais reciclados, limalhas, pregos ou parafusos. Também é adequado para uso em um ambiente impregnado com óleo. É utilizado também sobre outras correias, retirando pregos, parafusos e arruelas, do material a granel a ser transportado.

O funcionamento se dá por ímãs espaçados uniformemente ao longo do comprimento do transportador, escondido, sob a correia e a chapa de aço inoxidável fixa. Estes ímãs movem as peças ao longo da correia e as leva para a descarga final (na altura desejada).

Exigem pouca manutenção; sujeira e umidade não têm efeito na operação; completamente selado, sem peças móveis.



**Figura 7- Transportador Magnético**

**Fonte: Indiamart 2018**

### **2.3.6. Transportador de corrente**

O transportador de corrente é um tipo de sistema de transporte para a movimentação de material através de linhas de produção. Transportadores de corrente são constituídos por um conjunto de correntes contínuas, formando uma série de elos, indicado na figura 8. O conjunto de correntes é acionado por um motorreductor que aciona uma roda dentada ou uma polia com revestimento, o material suspenso sobre os elos é transportado por conta do movimento da corrente, o retorno da corrente pode ser feito por uma roda dentada ou polia revestida.

Os transportadores de correntes são de fácil instalação e possuem o mínimo de manutenção para o usuário.

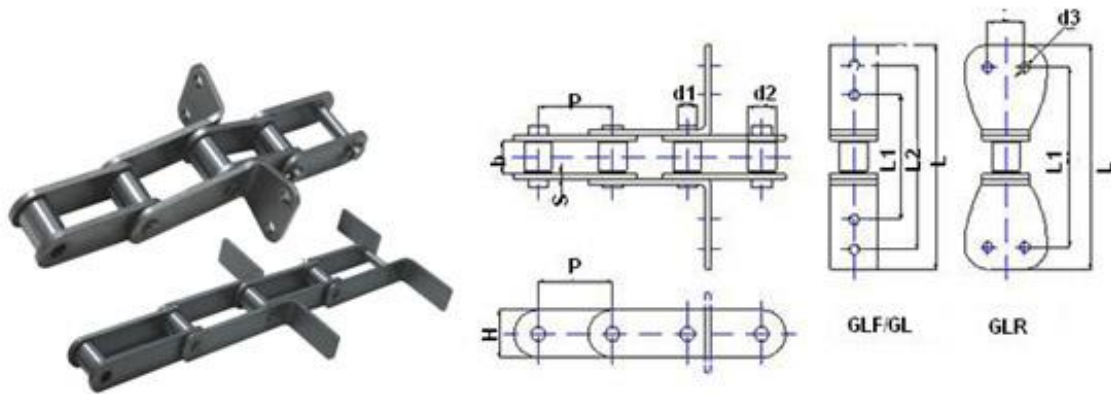


**Figura 8 - Transportador de correntes**

**Fonte: Kisspng 2018**

Os transportadores podem ser abertos ou enclausurados, quase sempre são horizontais, mas há possibilidade de aplicar certo grau de inclinação, dependendo do material a ser transportado.

Podem ser de única ou múltiplas correntes, a corrente pode ter alguns acessórios (figura 9), como chapas metálicas e outros tipos, como mostrado na figura abaixo, isto faz com que possa transportar materiais granulados.



**Figura 9- Transportador de corrente com acessórios**

**Fonte: Modern conveyor 2018**

### **2.3.7. Trincheira transportadora**

Uma trincheira enterrada no chão, usa uma haste com o curso pré-determinado que empurra o material para frente (figura 10).

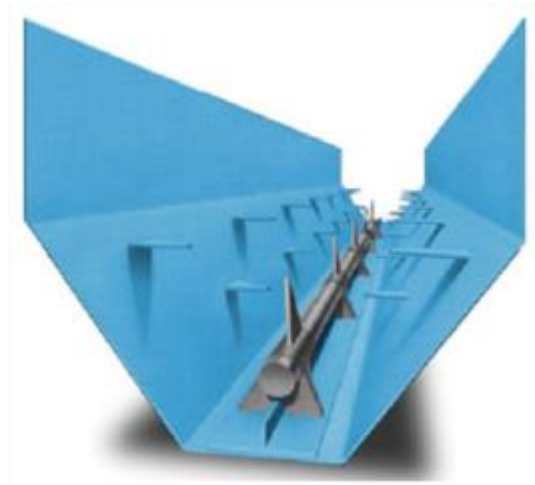
Os fincos, tanto sobre a haste quanto sobre as bordas, garantem que os materiais não se movam para trás quando a haste é recolhida.

São transportadores, geralmente pequenos no tamanho, que transportam os materiais que entram no equipamento pelas aberturas no chão.

Transportadores articulados magnéticos ou tradicionais podem ser usados dependendo do material a ser transportado.

A colocação desta trincheira pode ser o espaço entre as máquinas e as paredes exteriores das instalações de produção, onde pode ser possível implementar a solução sem ter tempo de inatividade longo e dispendioso.

Caso seja magnética, a trincheira pode ser construída ao longo de todo o caminho até a área do ponto de coleta de cavacos (aparos metálicas), no caso de grandes oficinas de usinagem.



**Figura 10 - Trincheira transportadora**

**Fonte: Mayfran International 2018**

Vantagens: baixos custos operacionais; uma operação confiável e durável; pode-se incluir a drenagem do fluido de corte.

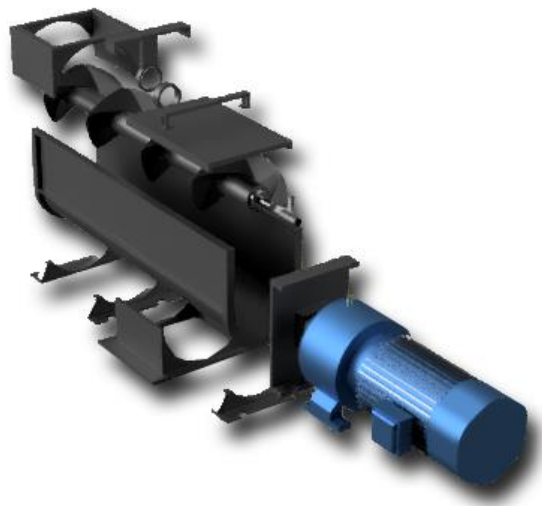
Desvantagens: investimento inicial elevado; difícil construir a trincheira sem interromper dia-a-dia de trabalho; problemas de espaço na construção da trincheira; deve ser construído em uma linha reta, senão a construção fica muito complexa.

## 2.4. Transportadores Helicoidais

### 2.4.1. Definição

É um equipamento simples e muito utilizado para fazer a movimentação de materiais granulares e farelos (figura 11). Basicamente, consiste de um helicóide com movimento rotativo e de um condutor estacionário, tubo, calha e etc.

O transporte é realizado, quando o material é colocado em uma abertura de recebimento do condutor fixo, e deslocado ao longo do helicóide por seu movimento de rotação até a abertura de descarga.



**Figura 11- Transportador helicoidal**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.2. Evolução histórica

O equipamento de transportador helicoidal, também conhecido como parafuso de Arquimedes, é um sistema muito antigo (uma invenção do matemático e filósofo, que viveu de 212 a 287 a.C.) e foi utilizado pelas mais velhas civilizações para poder transportar materiais de uma altura para o outra.

Foi utilizado no transporte de água para os poços, minas e do Rio Nilo para áreas elevadas, pela civilização egípcia. Esse parafuso tem uma rosca encravada em um eixo, que no momento que o parafuso gira, o material em contato é transportado até a saída da outra extremidade.

Um exemplo a se destacar é a semelhança de uma furadeira, que tem o mesmo sistema helicoidal, usado antes na Grécia, no Século III a.C.

### **2.4.3. Características do transportador**

#### **2.4.3.1. Ocupação**

A ocupação do transportador é de essencial importância para o funcionamento do mesmo, podendo ela assumir diferentes taxas. Em base, são designadas para este equipamento um mínimo e máximo como forma de trabalhar com o material e os componentes em segurança.

#### **2.4.3.2. Ocupação máxima e mínima**

Os transportadores helicoidais são normalmente projetados para transportar materiais a granel costumeiramente na faixa de 15 a 45% da carga, dependendo das características do material específico a granel. Como regra geral, a carga de 45 por cento pode ser usada para materiais a granel leves, de fluxo livre e não abrasivos. Cargas de 15 e 30% são normalmente usadas para materiais a granel mais densos, lentos e mais abrasivos.

#### **2.4.3.3. Influência do material na ocupação**

Os materiais apresentam diferentes ocupações no equipamento, dependendo de suas características. Além da existência de materiais especiais que podem ultrapassar a média das taxas de ocupação dos transportadores.

#### 2.4.3.4. Tamanho do transportador

Para os transportadores de grandes dimensões ou que trabalham em uma posição fixa, as extremidades tanto de carga como de descarga devem ser apoiadas em mancais com rolamentos blindados. No caso de o transportador apresentar grande comprimento, o helicóide deve ser apoiado em um ou mais mancais intermediários.

#### 2.4.4. Aplicações

O transportador helicoidal é um mecanismo aplicado para o deslocamento de materiais, cuja designação engloba sobretudo a movimentação de materiais a granel, diversificando desde cimento, produtos químicos, minérios, grãos fertilizantes e madeira, entre vários outros, normalmente aqueles de granulometria inferior a 50 mm e densidades diversas, apesar de que também possa ser empregado com materiais de maior granulometria, com carregamentos excessivos e podendo ser empregado sob moegas e silos, bem como para a homogeneização e combinação de materiais.

Equipamento elaborado para o fluxo de transporte enclausurado horizontal ou inclinado, seus helicóides dispõem de perfis específicos para cada tipo de material transportado, e algumas de suas características, como inclinação, vazão nominal e comprimento, podendo diversificar de acordo com a primordialidade.

Satisfazem a uma extensa gama de áreas, incluindo cimento, minerais, farmacêutico, petróleo e gás, produtos químicos, alimentos (incluindo farinha e grãos), plásticos, mineração e pedreiras, ferro e aço, tratamento de água, transporte de materiais abrasivos, rações para animais, necessidade de refrigeração, geração de energia e petróleo e gás.

Com classificação dos tipos materiais comuns em:

- **leves** (subprodutos de moagem, farinhas)
- **pesadas** (alimentos para gados, cereais, farinha)
- **extrapesadas** (cimento, cal, gesso, produtos minerais)

Com aplicações comuns nos seguintes setores:

- mineração – cal, pedra, carvão, areia, minério de ferro e etc;
- química – sulfatos, enxofre, sais, adubos, ureia e etc;
- alimentícia – cereais, Açúcar, cacau, farinha, sal e etc;
- tratamento de efluentes – de esgoto e água;
- construção civil e até cerâmica – areia com umidade elevada, massa de concreto e cimento.

Com numerosas possibilidades referentes à capacidades de vazão e escolhas de velocidades apropriadas, à funcionalidades em produção de dosagem, pesagem, podendo do mesmo modo atuar em aplicações específicas de resfriamento, aquecimento e assim por diante em outros processos de manejo de materiais.

Pode ser empregado para o transporte de produtos a graneis como pó ou outros tipos de biomassa, cascas, alimentador ou dosador de material e cavaco de pinus.

Em concordância com as características dos materiais, modelos diferentes de alimentadores ou transportadores são aplicações na produção de asfalto (filtro de poeira fria e quente), fundições (bentonita, areia), produção de concreto (fumos de sílica, cimento, filtro de poeira, cinzas), processamento de vidro (areia, carbonato de cálcio, soda, etc.), material de construção pré-misturados (aditivos, argamassa seca, cimento, areia) e muitas outras.

O transportador é versátil para pequenas distâncias empregado para exercer conjuntamente outros tipos de procedimentos como:

- mistura;
- lavagem;
- cristalização;
- resfriamento;
- extração;
- secagem.

É um equipamento utilizado para transporte de cargas de fácil dispersão em principais linhas de montagem industriais como:

- indústria alimentícia;
- indústria de cimento;
- transporte de cereais;
- indústria civil;
- siderurgia/metalurgia;
- despoeiramento.

#### 2.4.5. Componentes

Basicamente, um transportador helicoidal é composto pelos seguintes elementos:

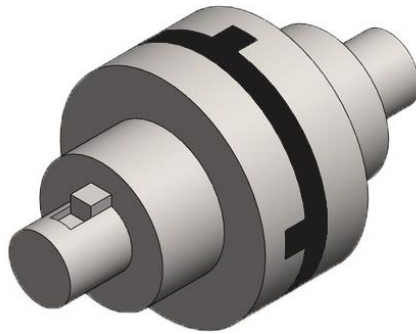
- Motorreductor – Conjunto de acionamento (figura 12).



**Figura 12 - Motorreductor**

**Fonte: Próprio autor**

- Acoplamento – Elemento de ligação entre duas pontas de eixo por intermédio de uma chaveta (figura 13).



**Figura 13 - Acoplamento**

**Fonte: Próprio autor**

- Helicóide – Rosca transportadora do material (figura 14).



**Figura 14 - Helicóide**

**Fonte: Próprio autor**

- Mancais – Suporte do eixo do helicóide (figura 15).



**Figura 15- Mancais**

**Fonte: Próprio autor**

- Carcaça – Elemento que envolve o equipamento, onde o material é transportado (figura 16).



**Figura 16 - Carcaça**

**Fonte: Próprio autor**

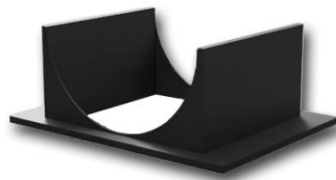
- Bocal de entrada – Entrada do material a ser transportado (figura 17).



**Figura 17 - Bocal de entrada**

**Fonte: Próprio autor**

- Bocal de descarga - Saída do material já transportado (figura 18).



**Figura 18 - Bocal de descarga**

**Fonte: Próprio autor**

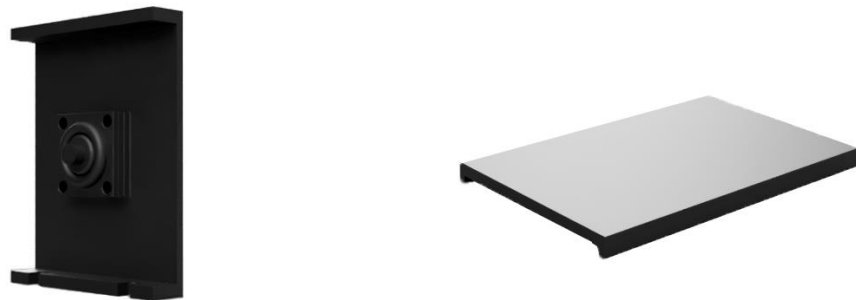
- Suporte de fixação – elemento que sustenta a carcaça e conseqüentemente todo o equipamento (figura 19).



**Figura 19 - Suporte de fixação**

**Fonte: Próprio autor**

- Tampas de Fechamento – Vedação das extremidades da carcaça (figura 20).



**Figura 20 - Tampa de fechamento**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.6. Definição do helicóide

Para cada variedade de material transportado, os helicóides exibem tipos de perfis específicos e são produzidos a começar de uma chapa plana adequadamente cortada e conformada, preparados por cima de um eixo que roda numa calha cilíndrica, ou semicilíndrica (figura 21).

Dessa forma os helicóides são determinados por:

**Passo (P):** é o afastamento atingido entre duas cristas seguintes proporcionalmente paralelamente ao eixo do transportador. Conforme o padrão de helicóide, o passo tem a mesma medida do diâmetro do helicóide. Na situação quando utilizamos helicóides dosadores em que existe há obrigação de regularidade no deslocamento do material, a proporção de tamanho do passo consegue ser de  $1/3$  a  $1/2$  menor que o diâmetro do helicóide.

**Diâmetros:** associado aos transportadores helicoidais, são apontados os diâmetros do eixo do helicóide ( $e$ ) e do helicóide ( $C$ ). O diâmetro do helicóide condiz com o intervalo vertical entre duas cristas seguintes.

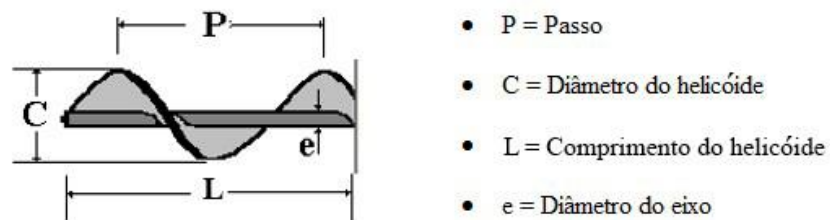
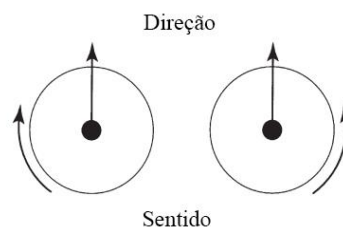


Figura 21- Especificação do helicóide

Fonte: Próprio autor

### 2.4.7. Sentido do helicóide

O transportador tem o sentido tanto horário, como anti-horário, dependendo somente da forma da hélice (figura 22). O sentido do helicóide é facilmente identificado analisando a extremidade do helicóide (figura 23). A hélice é envolvida entre a seção no sentido anti-horário, ou lado esquerdo. Sendo arbitrariamente assim denominada de sentido anti-horário do helicóide.

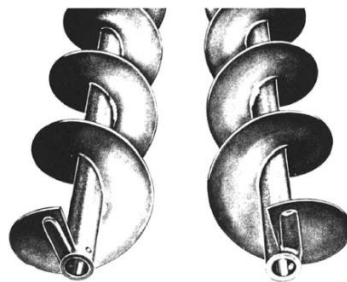


**Figura 22 - Sentido e direção do helicóide**

**Fonte: Próprio autor**

O transportador no sentido horário, tem a hélice envolvida entre a seção. Sendo seu funcionamento assemelhado ao do anterior, porém mudando sua extremidade e seu sentido.

Um transportador helicoidal visto de qualquer extremidade irá mostrar a mesma configuração. Se a extremidade do parafuso do transportador não é visível e, em seguida, simplesmente imaginando que a sua extremidade tenha sido cortada, o sentido do helicóide pode ser facilmente determinado.



**Figura 23- Detalhe da extremidade do helicóide**

**Fonte: Martin 2018**

### 2.4.8. Tipos de helicóides

Dependendo do material a ser transportado e do trabalho a ser executado, haverá uma característica específica para o helicóide e para o condutor. Abaixo são exemplificados os tipos de helicóides mais comuns utilizados para o transporte de produtos agrícolas.

#### 2.4.8.1. Padrão – Para transporte horizontal

##### - Trajetória única com passo padrão

Transportadores helicoidais com passo igual ao diâmetro do transportador são considerados padrão (figura 24). Eles são adequados para uma grande variedade de materiais nas aplicações mais convencionais.

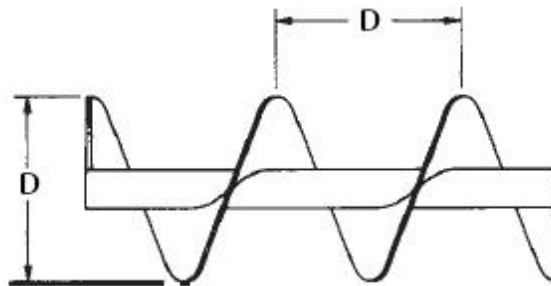


Figura 24 - Trajetória única com passo padrão

Fonte: Próprio autor

##### - Trajetória única com passo longo

Passo é igual a 1,5 do diâmetro. Usado para misturar materiais líquidos ou para materiais leves de rápido movimento (figura 25).

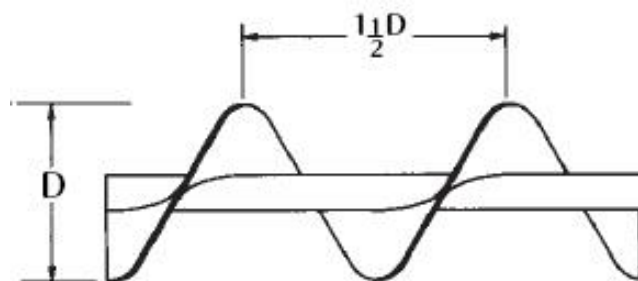


Figura 25- Trajetória única com passo longo

Fonte: Próprio autor

### - Trajetória única com passo padrão cônico

A trajetória do helicóide aumenta  $\frac{2}{3}$  do diâmetro completo. Usado no alimentador do helicóide para proporcionar uma retirada uniforme de materiais granulares (figura 26).

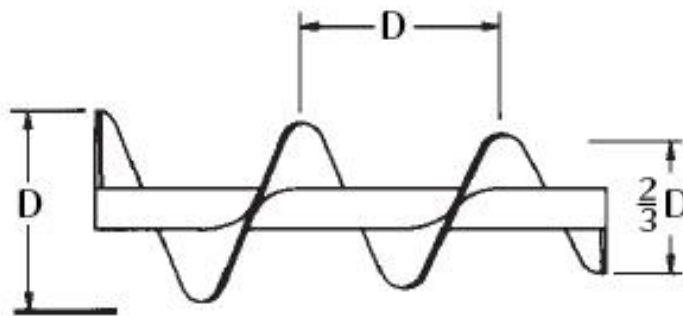


Figura 26 - Trajetória única com passo padrão cônico

Fonte: Próprio autor

### - Trajetória única com passo variável

A trajetória aumenta o passo e são usadas no alimentador do helicóide e para proporcionar uma retirada refinada uniforme, os materiais leves ficam ao longo do comprimento total da abertura de entrada (figura 27).

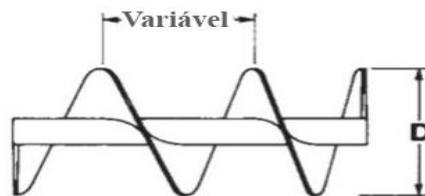


Figura 27 - Trajetória única com passo variável

Fonte: Próprio autor

### 2.4.8.2. Para transporte inclinado ou vertical (alimentação contínua)

#### - Trajetória única com passo curto

A trajetória do passo é reduzida à  $\frac{2}{3}$  do diâmetro. É recomendado para aplicações verticais e inclinadas. Usados em roscas alimentadoras. O passo mais curto retarda o alinhamento dos materiais fluidos (figura 28).

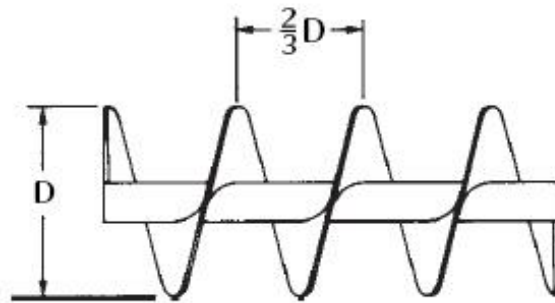


Figura 28- Trajetória única com passo curto

Fonte: Próprio autor

#### - Trajetória única com meio passo

Similar a passo pequeno, com exceção de que o passo é reduzido à metade do passo padrão. É usado para aplicações verticais ou inclinadas. Para materiais leves e para o manuseio de materiais de extrema fluidez (figura 29).

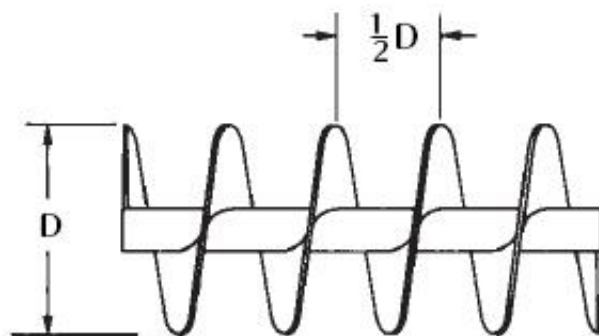


Figura 29 - Trajetória única com meio passo

Fonte: Próprio autor

### - Duplo passo padrão

Dupla rotação, o helicóide com passo padrão promove uniformidade, fluxo regular do material e movimento uniforme de certos tipos de materiais (figura 30).

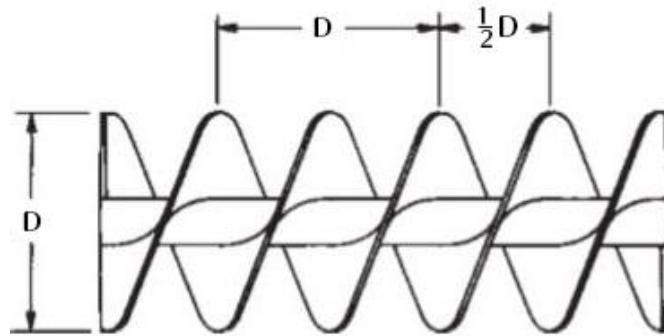


Figura 30 - Duplo passo padrão

Fonte: Próprio autor

### 2.4.8.3. Recortado – Transportador e misturador

#### - Trajetória única de corte com passo padrão

Helicóides são observadas em intervalos periódicos no limite externo. Para realizar a ação de misturar e agitar o material em movimento. Usualmente para materiais em movimento que tendem a compactar (figura 31).

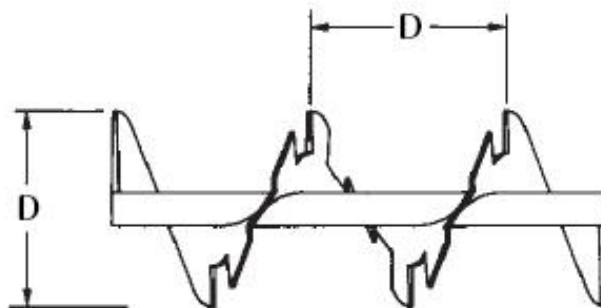
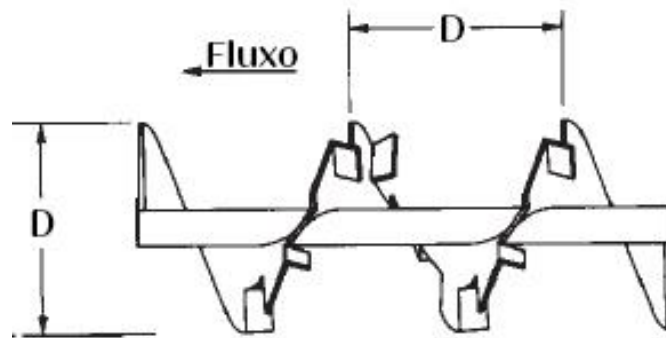


Figura 31- Trajetória única de corte com passo padrão

Fonte: Próprio autor

### - Corte e fluxo dobrado

Trajetória cruzada no levantamento e no derramamento do material. Parcialmente pouco reduzida pela ação de mistura. Excelente para aquecimento, refrigeração e ventilação de substâncias leves (figura 32).

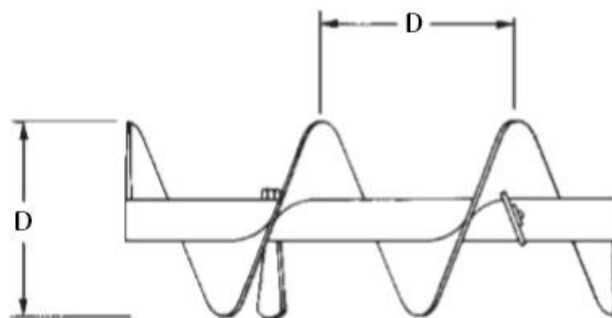


**Figura 32 - Corte e fluxo dobrado**

Fonte: Próprio autor

### - Passo padrão com pá

Pás ajustáveis posicionadas entre a trajetória do helicóide e oposto ao fluxo para promover uma suave e completa ação de mistura (figura 33).



**Figura 33 - Passo padrão com pá**

Fonte: Próprio autor

### - Pás

Pás ajustáveis promovem uma ação de mistura completa e controle do fluxo de material (figura 34).

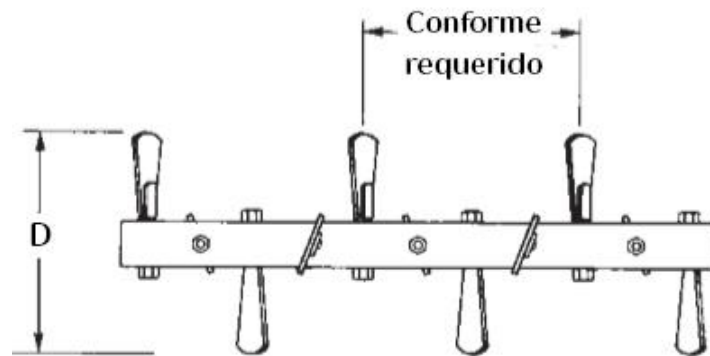


Figura 34 - Pás

Fonte: Próprio autor

#### 2.4.8.4. Fita – Para produtos viscosos ou picados

##### - Passo padrão com pá

Excelente para transporte de materiais viscosos ou pegajosos. Abre espaço entre a trajetória e a tubulação retirando o excesso de material (figura 35).

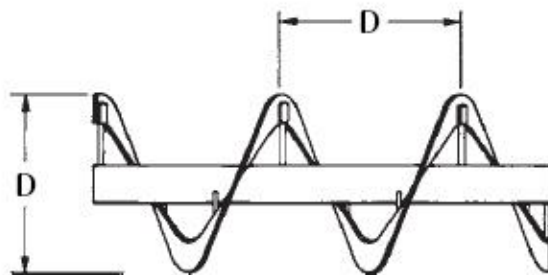


Figura 35 - Passo padrão com pá

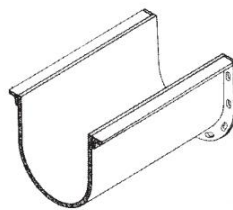
Fonte: Próprio autor

## 2.4.9. Calha

### 2.4.9.1. Tipo U

#### - Flange angular

O mais comum empregado no tipo U é do tipo flange angular. O flange superior é fabricado com estruturas angulares metálicas pesadas soldadas, alinhados com a borda superior (figura 36).

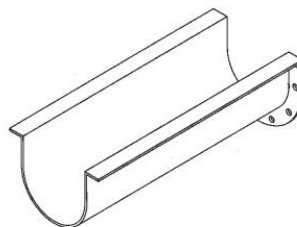


**Figura 36 - Flange angular**

**Fonte: Próprio autor**

#### - Flange composto

O topo do flange é formado pela mesma chapa da calha, resultando em um design leve, mesmo que rígido. Os flanges são soldados em suas extremidades para um perfeito alinhamento com as outras seções (figura 37).

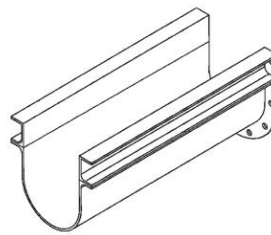


**Figura 37 - Flange composto**

**Fonte: Próprio autor**

### - Canal

O canal tipo U é bem adequada para aplicações que requer longas distâncias entre os suportes do transportador. O lado superior da calha, é fabricado por meio de aços estruturais no qual o corte de contorno inferior da seção, pode ser aparafusado ou mola fixada (figura 38).

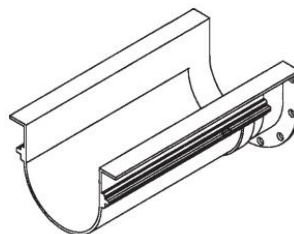


**Figura 38 - Canal**

**Fonte: Próprio autor**

### - Queda inferior

Usadas para aplicações que são rápidas, e requerido acesso prático ao interior do transportador, a queda inferior consiste na rigidez da parte superior do canal, no qual o contorno inferior é acoplado. Um lado da seção inferior é articulado enquanto o outro é acoplado por um fecho ou por outro tipo de equipamento de abertura rápida (figura 39).

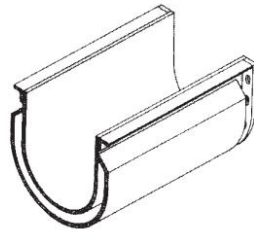


**Figura 39 - Queda inferior**

**Fonte: Próprio autor**

### - Revestido

O tipo revestido consiste em revestimento de aço soldado contínuo no qual forma uma cavidade entre as paredes interiores e exteriores para os meios de aquecimento ou resfriamento. Construído nas especificações do conjunto nos requerimentos individuais. Pode ser fabricado nas especificações das normas ASME (figura 40).



**Figura 40 - Revestido**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.9.2 Tipo alargado

#### - Flange formado

Utilizado primeiramente para materiais pegajosos ou levemente viscosos, a calha alargada, é usualmente mais empregada em transportadores de tiras. Os flanges superiores são formados pela mesma chapa do invólucro. A extremidade do flange é soldada para um perfeito alinhamento com outras seções (figura 41).



**Figura 41- Flange formado**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.9.3 Invólucro tubular

#### - Padrão

No invólucro tubular estão presentes pós inerentes e firmemente resistentes, rígidos e podem ser prontamente carregados para a travessia completa da seção. O invólucro padrão tubular é laminado por uma única chapa e continuamente soldadas nas juntas (figura 42).



**Figura 42 - Padrão**

**Fonte: Próprio autor**

#### - Flange formado

O invólucro do flange tubular angular consiste em uma forma semicircular formado por cortes pela metade, no qual cada um inclui um flange angular na estrutura metálica. As duas seções são aparafusadas juntas no invólucro tubular (figura 43).



**Figura 43 - Flange formado**

**Fonte: Próprio autor**

### - Flange angular

Este tipo é similar ao do flangeado angular, exceto pelo fato que os flanges são formados pela mesma chapa, como o contorno das meio seções, com isso, resultando em uma estrutura rígida, e uma seção tubular leve e compacta. As metades são aparafusadas juntas para formar um invólucro completo (figura 44).



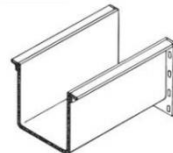
**Figura 44 - Flange angular**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.9.4 Tipo Retangular

#### - Flange angular

Invólucros retangulares são adequadas para aplicações altamente abrasivas. O material é alocado na forma da calha inferior, assim prevenindo abrasão diretamente contra a parede da calha. Os flanges superiores são fabricados por uma estrutura metálica angular, que é soldada alinhada à borda superior do invólucro (figura 45).

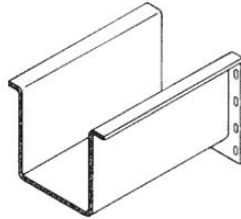


**Figura 45 - Flange angular**

**Fonte: Próprio autor**

### - Flange formado

O flange superior para este tipo de invólucro é formado pela mesma chapa da calha, assim promovendo uma rigidez, ainda que leve (figura 46).



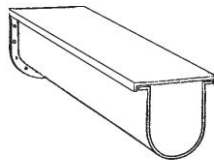
**Figura 46 - Flange formado**

**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.10. Tampa

#### - Tampas flangeadas

Tampas flangeadas são reduzidas aproximadamente 19,05 mm (3/4 in) de cada lado. Pode ser vedada para uma mais completa operação impermeável não crítica. Eles são assegurados em forma de parafuso ou numa alternância de garras (figura 47).

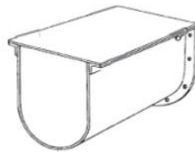


**Figura 47 - Tampas flangeadas**

**Fontes: Próprio autor**

### - Tampa plana

Tampas planas ajustam o fluxo do invólucro superior. Elas podem ser parafusadas por fixação ou ligados com o helicóide ou com alternância de garras. Apesar da tampa plana serem utilizadas primeiramente em aplicações interiores, elas também podem ser vedadas pela operação “dust-proof” (figura 48).



**Figura 48 - Tampa plana**

**Fonte: Próprio autor**

### - Tampa de calhas alargadas

Tampas padrões para calhas alargadas são semelhantes as tampas flangeadas padrão exceto pelo fato que elas são fabricadas especificamente para calhas alargadas. Eles podem ser aparafusados ou fixados com o helicóide ou a alternância da garra (figura 49).

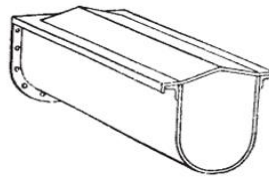


**Figura 49 - Tampas de calhas alargadas**

**Fonte: Próprio autor**

### - Moderno revestimento da tampa

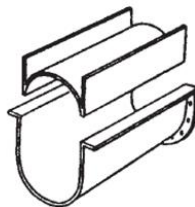
São confeccionados para aplicações exteriores. No pico das coberturas de galpões contra chuvas e neve. Ambos os lados são flangeados permitindo uma melhor resistência climática. Esse tipo de tampa pode ser vedada com aplicação de materiais impermeáveis (figura 50).



**Figura 50 - Moderno revestimento da tampa**  
Fonte: Próprio autor

### - Tampa envolvente

São designadas para as calhas de padrão tipo U, quando o corte transversal tubular é o padrão exigido. São frequentemente utilizadas para prevenir o acúmulo de material estranho e a umidade no entorno da tampa (figura 51).



**Figura 51 - Tampa envolvente**

Fonte: Próprio autor

### - Cobertura da tampa

É usada principalmente para aplicações onde vapores ou calor devem ser retirados. As linhas de ventilação são prontamente relacionadas ao tipo de tampa. As coberturas são feitas nas exigências específicas (figura 52).



**Figura 52- Cobertura da tampa**

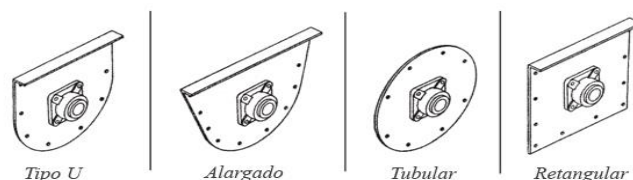
**Fonte: Próprio autor**

### 2.4.11. Tipos de mancais

#### - De extremidade

##### - Padrão

Os mancais de extremidade padrão são comumente mais utilizados. O suporte é promovido por meio de flanges separados ou assento. Este tipo de extremidade confere ao equipamento uma montagem e desmontagem prática (figura 53).

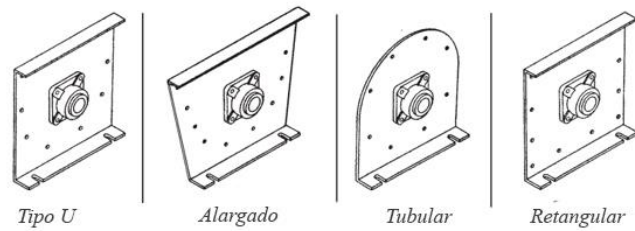


**Figura 53- Padrão**

**Fonte: Próprio autor**

### - De extremidade com pés

São idênticos ao do padrão, exceto pelo fato que são fabricados com flange inferior integrado nos pés (figura 54).

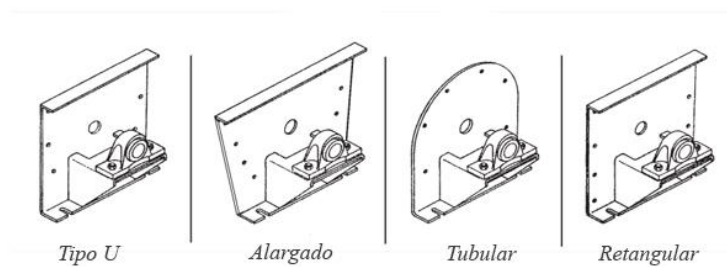


**Figura 54 - De extremidade com pés**

**Fonte: Próprio autor**

### - Extremidade fora da borda

Pode ser usado para arranjos de duplo rolamento. Uma base integrada dá suporte ao mancal de extremidade (figura 55).

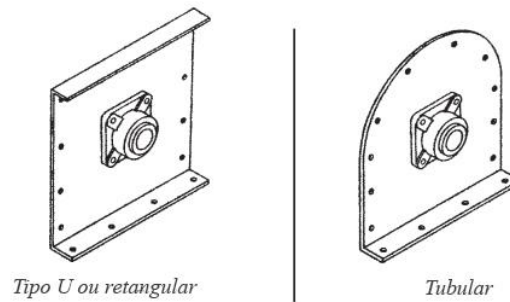


**Figura 55 - Extremidade fora da borda**

**Fonte: Próprio autor**

### - Descarregamento no fluxo de saída

São designados para o uso industrial com descarregamento na saída do fluxo. O flange inferior é perfurado com o padrão de descarga do flange.

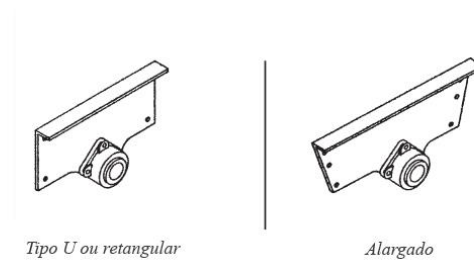


**Figura 56 - Descarregamento no fluxo de saída**

**Fonte: Próprio autor**

### - Descarregamento de saída

São designados para permitir o descarregamento diretamente do invólucro de saída.

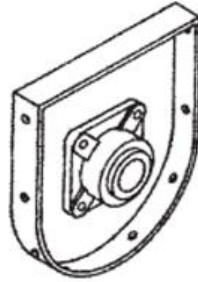


**Figura 57 - Descarregamento de saída**

**Fonte: Próprio autor**

### - Dentro da extremidade da calha

São fabricados por dentro do conjunto. São requeridos suportes separados e o padrão do flange da calha devem ser dispensados.



*Somente para tipo U*

**Figura 58- Dentro da extremidade da calha**

**Fonte: Próprio autor**

### **2.4.12. Acionamento**

O local recomendado para unidade de acionamento é na extremidade de descarga de um transportador helicoidal que puxa o material a granel para a extremidade do acionamento. Com esta disposição, cada secção do helicóide é colocada em tensão à medida que o material a granel é transportado para a descarga de um transportador helicoidal, reduzindo o desgaste e a fadiga nos componentes do transportador. Os materiais utilizados no transporte vão determinar quais tipos de itens recomendados para o uso da máquina.

O transportador helicoidal pode ser acionado por motorreductor (conjunto composto por reductor de engrenagens e motor elétrico) acoplado direto no eixo e sustentado por mancais, com uso de rodas dentadas com correntes ou com a utilização de polias com correias. Contudo é planejada instalações nas indústrias ou em canteiros de obras com índices reduzidos de ruídos sonoros.

Relacionados aos acionamentos, verificar periodicamente o motor, redutor, anel de fixação, correias e mancais, para não ser surpreendido com defeitos/quebras.

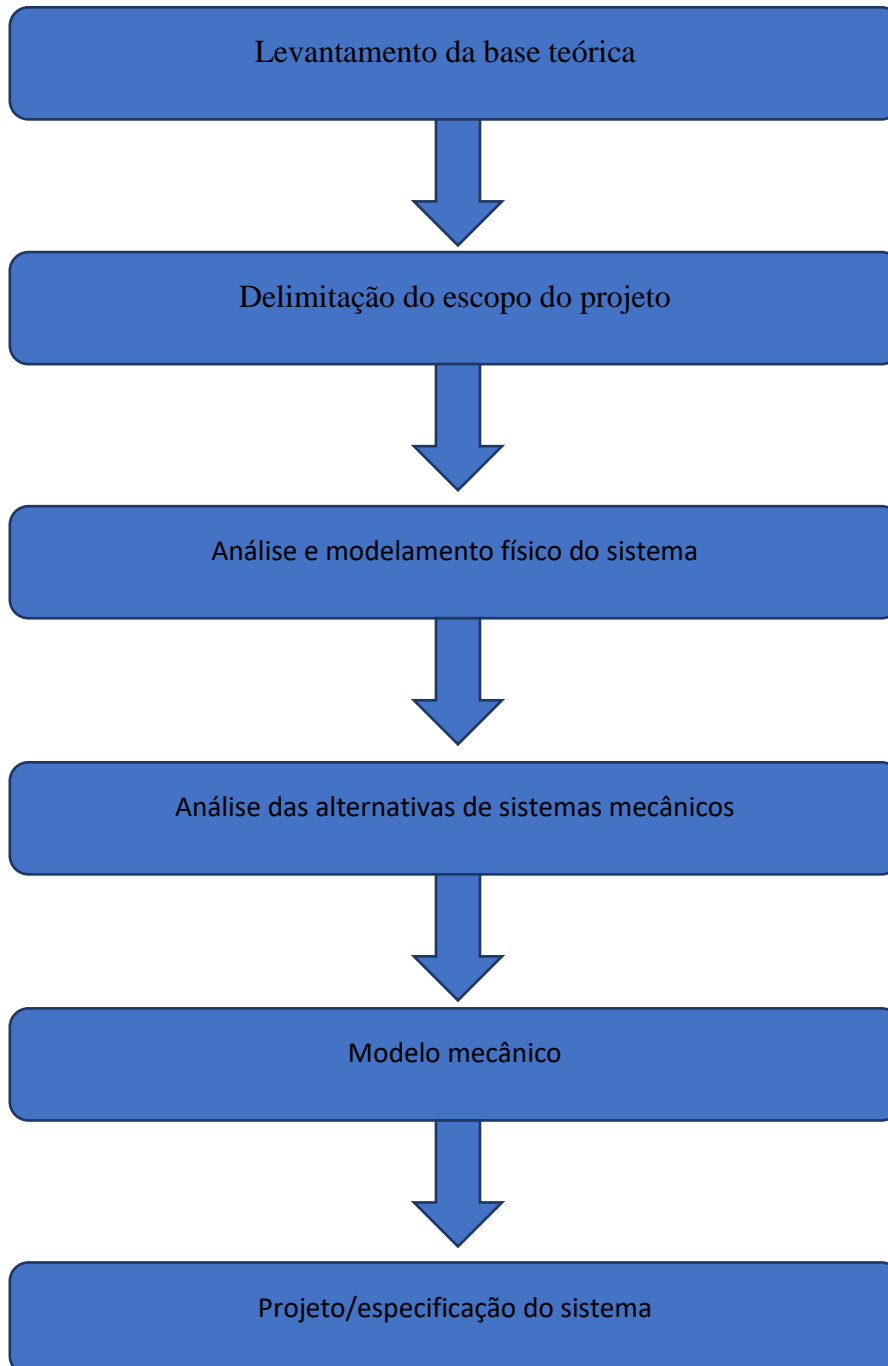
Atualmente no mercado, existem diversos tipos de motorreduzores, conforme alguns exemplos abaixo:

- motorreductor de engrenagem helicoidal – Quando um equipamento necessita trabalhar em velocidades e torques particulares, esta é a aplicação ideal. Aplicável na indústria naval, em turbinas de alta velocidade, assim como em transmissão de energia;
- motorreductor de eixo paralelo – Máquinas para eliminação e reciclagem de resíduos, transportadores de rolos e máquinas de laminação, máquinas para empresas de processamento de madeira, agitadores, equipamento de mistura, equipamento de empilhamento, separadores, transportadores helicoidais, transmissões para guias, soldadura equipamentos e aeradores de superfície;
- motorreductor de engrenagem cônica – Suas principais vantagens são de permitir movimentos de posicionamentos precisos e reproduzíveis. Todos os tamanhos podem ser fornecidos opcionalmente com folga reduzida;
- motorreductor de rosca sem-fim – As particularidades de uma combinação de rosca sem fim e de engrenagens helicoidais onde proporcionam no equipamento um rendimento mais elevado, em sua maioria compara-se aos redutores com engrenagens do tipo coroa e sem fim. Outro atributo importante do redutor de rosca sem fim é a precisão de ele ter uma boa durabilidade e resistência, e também é um dispositivo com um bom custo-benefício;
- motorreductor spiroplan – Se diferem dos redutores de rosca sem-fim pela combinação do material usado na engrenagem. Com isso, os motorreduzores spiroplan não sofrem desgaste, assim sendo muito leves e silenciosos;
- redutor para sistemas de transportadores aéreos – Motorreduzores exclusivos com acoplamento integrado são de grande relevância para a operação de monovias eletrificadas (“trolley”). Tem uma elevada força radial permissível: as cargas mais altas possíveis; precisão de parada pode ser reproduzida; elevado rendimento;
- redutores de aço inoxidável – Se direciona à indústrias de bebidas e alimentícia, farmacêutica e a áreas úmidas, onde sua superfície é de fácil limpeza e resistente a ácidos e detergentes;

- motovariador varibloc – Torque inicial ampliado; elevadas forças radiais permissíveis no redutor secundário, adaptação manual ou remota da rotação, manuseio facilitado, alta quantidade de reduções no redutor secundário dependendo do tamanho;
- motor de torque engrenado – Os motorreductores giromagneto movem tampas, aparelhos de mudança de via ou portões. Também são muito usados em aplicações como enrolador de cabos e bobinagem.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia foi utilizada conforme o fluxograma abaixo:



### **3.1 Levantamento da Base Teórica**

Toda literatura de pesquisa utilizada no projeto foi encontrada em artigos e pesquisas advindas do exterior, e teses de mestrado. Com isso foi realizado o levantamento de dados, sendo possível o dimensionamento do transportador. Além das especificações técnicas que obtidas, foram designadas para definir o tipo de manutenção, inspeção do equipamento e a proposta de materiais para confecção do transportador.

### **3.2 Delimitação do Escopo do Projeto**

O transportador foi projetado com o intuito de viabilizar economicamente o processo, e elaborar uma solução para que o sistema realize o transporte de materiais abrasivos com eficiência.

### **3.3 Análise e Modelamento Físico do Sistema**

O sistema tem seu funcionamento voltado diretamente ao transporte de material granular. Dentro de uma empresa, este equipamento é parte de uma operação de produção que se baseia na recepção de materiais, para que assegure o transporte sem afetar o material em questão.

### **3.4 Análise das Alternativas de Sistemas Mecânicos**

Baseado em estudos, o sistema pode ser empregado em diversos tipos de sistemas mecânicos, assim como, elevador de canecas, transportador helicoidal, transportador pneumático e etc.

### **3.5 Modelo Mecânico**

Com base no projeto foi determinado que a melhor escolha é o transportador helicoidal, pois apresenta a melhor performance, perfil e características exclusivas diante das alternativas citadas.

### **3.6 Projeto/Especificação do Sistema**

Como alternativa de melhoria do sistema, foi utilizado um revestimento apropriado para o transporte de cimento, para que, as características tanto do material, quanto do transportador não sejam afetadas, além de otimizar o processo da produção.

## 4. DESENVOLVIMENTO/ESTUDO DE CASO

### 4.1. Dimensionamento

Para realizar este dimensionamento, partiu-se do princípio teórico de que há um processo pré-definido e é necessário dimensionar um equipamento para atender tal processo.

O dimensionamento se deu a partir da coleta de informações com empresas e profissionais com anos de experiência em projetos industriais.

Para dimensionar o transportador helicoidal adotaremos alguns passos para seguir uma lógica de raciocínio estabelecendo uma memória de cálculo.

Os cálculos tem como fonte de pesquisa principal a norma CEMA/ANSI 350-2015, CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) que é certificada ANSI (American National Standards Institute).

Esclarecendo que até a conclusão deste trabalho não há normas brasileiras que regulamentem o dimensionamento de transportadores helicoidais.

#### Passo 1

Recolher informações do processo:

- tipo do material a ser transportado – Cimento Portland;
- posição do transportador – Horizontal;
- comprimento – 2 m;
- capacidade – 28 m<sup>3</sup>/h;
- não há oscilação no carregamento, há um fluxo constante de cimento na calha.

#### Passo 2

- Tipo do material a ser transportado – Cimento Portland.

Materiais, em primeiro lugar, são classificados de acordo com o tamanho das partículas (tabela 1). É importante ter uma tela análise feita do material, se for possível.

Tabela 1- Características Físicas do Cimento

Tipo de cimento		Clinker e gesso		Escória granulada de alto forno				Material carbonático			
CP III		25 - 65%		35 - 70%				0 - 5%			
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO DO CIMENTO CP III											
Tipo de cimento	Classe	Resistência a compressão				Finura Resíduo da peneira (75 µm)	Tempo de pega		Expansabilidade		
		Mpa 3 dias	Mpa 7 dias	Mpa 28 dias	Mpa 91 dias		Início (horas)	Fim (horas)	À frio (mm)	À quente (mm)	
CP III	40	≥ 12	≥ 23	≥ 40	≥ 48	≤ 8,0	≥ 1	≤ 12	≤ 5	≤ 5	
	32	≥ 10	≥ 20	≥ 32	≥ 40						

Classificação do material:

- O material deve ser classificado de acordo com a tabela 2, caso o material não esteja nela, deve-se necessariamente ser classificado de acordo com a tabela 3.

Tabela 2- Característica do material

CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL					
Material	Massa específica (lbs/ft <sup>3</sup> )	CEMA Código do Material	Séries de Componentes	Factor de Material (Fm)	V
Cevada moída fina	24-38	31 B6-35	1	0,4	
Celite	-	-	-	-	
Cimento, portland aerado	60-75	68 A100-16M	2	1,4	X
Cimento, clínquer	75-95	85 D3-36	3	1,8	
Cimento, argamassa	133	133 B6-35Q	3	3	
Cimento, portland	94	94 A100-26M	2	1,4	X
Cinzas de alto forno	57	57 D3-36T	3	1,9	

Nota: Os transportadores que mostram um X podem ser manuseados na vertical.

Obs.: O cimento Portland é listado na tabela como, cimento Portland e cimento aerado (Portland). Será considerado cimento aerado nos cálculos. Porque a ação de um transportador helicoidal vai arejar o cimento, por conta da finura da partícula.

- Cimento Portland: 94 lbs/ft<sup>3</sup> - 1505 kg/m<sup>3</sup> - 1,5 t/m<sup>3</sup>

- Código do material – 94A10026M

- Séries de componentes – 2D


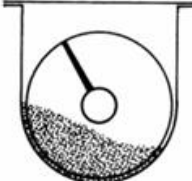
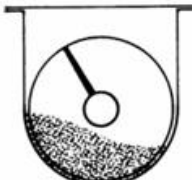
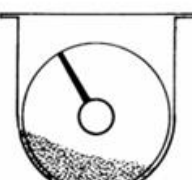
- Fator do material – 1.4 (fm); será usado posteriormente na fórmula da potência para mover o material HPm.

**Tabela 3 - Classificação de Material**

<b>Classe</b>	<b>Característica do material</b>	<b>Código</b>	
Densidade	Densidade a granel, sem compactar	lbs/ft <sup>3</sup>	
Tamanho	Muito fino Malha N°. 200 (0,0029") e menor	A200	
	Malha N°. 100 (0,0059") e menor	A100	
	Malha N°. 40 (0,0016") e menor	A40	
	Fino Malha N°. 6 (0,132") e menor	B6	
	Granular	1/2" e menor (malha 6" a 1/2")	C 1/2
		3" e menor (1/2" a 3")	D3
7" e menor (3" a 7")		D7	
Pelotas	16" e por debaixo (0" a 16")	D16	
	Acima de 16" a ser especificado X = Tamanho máximo	DX	
Irregular	Fibroso, cilíndrico, etc.	E	
Fluidez	Fluidez muito livre	1	
	Fluido livre	2	
	Fluido médio	3	
	Fluido lento	4	
Abrasividade	Abrasividade média	5	
	Abrasividade moderada	6	
	Abrasividade extrema	7	
Propriedades variadas e insalubres	Acumulação e endurecimento	F	
	Gerar energia estática	G	
	Decomposição - Se deteriora Armazenado	H	
	Inflamabilidade	J	
	Torna-se plástico ou tende a suavizar	K	
	Muito empoeirado	L	
	Quando se torna arejado, fica fluido	M	
	Explosividade	N	
	Pegajoso - Adesão	O	
	Contaminado - Afeta o uso	P	
	Degradável - Afeta o uso	Q	
	Emite gases tóxicos perigosos	R	
	Altamente corrosivo	S	
	Mediamente corrosivo	T	
	Higroscópico	U	
	Entrelaça, emaranha ou aglomera	V	
	Presença de óleos	X	
	É comprimido sob pressão	W	
	Muito leve - Pode ser levantada pelo vento	Y	
Temperatura elevada	Z		

## Passo 3

Tabela 4 - Capacidade

CAPACIDADES DO TRANSPORTADOR HELICOIDAL					
Código da classe do material	Carga da calha	Diâmetro da helicóide (polegadas)	Capacidade em m <sup>3</sup> /h (Passo completo)		Máxima RPM
			A 1 RPM	A MÁX RPM	
A-15 A-25 B-15 B-25 C-15 C-25	45% 	4	0,0176	3,2281	184
		6	0,0631	10,4206	165
		9	0,2322	35,9624	155
		10	0,3228	48,4218	150
		12	0,5493	79,8535	145
		14	0,8835	123,7446	140
		16	1,3224	171,6001	130
		18	1,9142	229,9328	120
		20	2,6533	291,6635	110
		24	4,6440	464,3963	100
		30	9,1463	823,1707	90
A-35 E-15 A-45 E-25 B-35 E-35 B-45 E-45 C-35 C-45 D-15 D-25 D-35 D-45	30% A 	4	0,0116	1,5008	130
		6	0,0422	5,0970	120
		9	0,1543	15,4327	100
		10	0,2143	20,3881	95
		12	0,3653	32,8475	90
		14	0,5890	50,1208	85
		16	0,8835	70,7921	80
		18	1,2743	95,7109	75
		20	1,7783	123,7446	70
		24	3,0865	201,0496	65
		30	6,1164	366,9863	60
A-16 C-26 A-26 C-36 A-36 C-46 A-46 D-16 B-16 D-26 B-26 D-36 B-36 D-46 B-46 E-16 C-16 E-26 E-36 E-46	30% B 	4	0,0116	0,8212	72
		6	0,0422	2,5485	60
		9	0,1543	8,4950	55
		10	0,2152	11,8364	55
		12	0,3653	18,2644	50
		14	0,5890	29,4495	50
		16	0,8835	39,6436	45
		18	1,2743	57,3416	45
		20	1,7783	70,7921	40
		24	3,0865	123,4615	40
		30	6,1164	214,0754	35
A-17 C-37 A-27 C-47 A-37 D-17 A-47 D-27 B-17 D-37 B-27 D-47 B-37 E-17 B-47 E-27 C-17 E-37 C-27 E-47	15% 	4	0,0059	0,4247	72
		6	0,0212	1,2743	60
		9	0,0770	4,2475	55
		10	0,1076	5,9465	55
		12	0,1812	9,2030	50
		14	0,2944	14,7248	50
		16	0,4417	19,8218	45
		18	0,6371	28,6000	45
		20	0,8835	35,3960	40
		24	1,5461	61,7307	40
		30	3,0582	107,0377	35

A partir da Tabela 4, para um material de um código de Classe A26, a carga da calha correspondente é 30% de material abrasivo. Da mesma tabela, em rotação máxima, são pelo menos 14 polegadas de diâmetro, que deve ser empregado. A capacidade na velocidade máxima de um helicóide de 14 polegadas é 29m<sup>3</sup>/h, e para lidar com o 28 m<sup>3</sup>/h, a velocidade pode ser:

$$N = \frac{28}{29} \cdot 50 = 48 \text{ RPM}$$

#### Passo 4

O transportador é simplesmente um dispositivo de transporte desprovido de qualquer requisito de controle de volume. Não há outras peculiaridades que exigiria um passo reduzido e o helicóide pode então, ser designado como padrão ou passo completo. O fator de percurso (“Flight Factor” – FF), a partir da tabela 5, para passo padrão em 30% do carregamento é 1. Não há requisitos de mistura, nem necessidade de pás, conseqüentemente, o fator das pás (FP) é 1 de acordo com a tabela 6.

**Tabela 5- Ff**

Tipo de helicóide	(Ff) Fator por porcentagem de carga do transportador			
	15%	30%	45%	95%
Padrão	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicóide com corte	1.10	1.15	1.20	1.30
Com corte e dobras	N.R.	1.50	1.70	2.20
Helicóide de fita	1.05	1.14	1.20	
	N.R. = Não recomendada			

**Tabela 6 - Fp**

FATOR DAS PÁS (Fp)					
Pá padrão por passo. Pá ajustadas a 45º do passo inverso					
Número de pás por passo	0	1	2	3	4
Fator das pás - Fp	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

## Passo 5

Se referindo a tabela 7 na qual sugere um transportador helicoidal e especificações da calha para os requisitos do serviço de componentes de materiais pesados (grupo de componentes 2D).

Tabela 7- Grupos de componentes

<b>GRUPOS DE COMPONENTES 2A, 2B, 2C e 2D PERCURSO REGULAR E SERVIÇO PESADO</b>					
<b>Diâmetro do helicoides (Polegadas)</b>	<b>Diâmetro do eixo (Polegadas)</b>	<b>Número do helicoides</b>		<b>Espessura, Calibre padrão americano (Polegadas ou gauges)</b>	
		<b>Helicoides contínuos</b>	<b>Helicoides dividos</b>	<b>Calha</b>	<b>Tampa</b>
6	1 1/2	6H308	6S309	14 ga.	16 ga.
9	1 1/2	9H312	9S309	10 ga.	14 ga.
9	2	9H412	9S412	10 ga.	14 ga.
12	2	12H412	12S412	3/16"	14 ga.
12	2 4/9	12H512	12S512	3/16"	14 ga.
12	3	12H614	12S616	3/16"	14 ga.
14	2 4/9	-	14S512	3/16"	14 ga.
14	3	14H614	14S616	3/16"	14 ga.
16	3	16H614	16S616	3/16"	14 ga.
18	3	-	18S616	3/16"	12 ga.
20	3	-	20S616	3/16"	12 ga.
24	3 4/9	-	24S716	3/16"	12 ga.
30	3 4/9	-	30S716	3/16"	12 ga.

Sendo o escolhido o 14H614, a espessura da calha é 3/16" e a tampa é 14 gauges equivalente a 0,845".

## Passo 6

Usando o código do tamanho do material A, o número do código abrasivo 6, e a série de componentes 2D, seleciona da tabela 9, rolamentos de aço pesado para a folga.

**Tabela 8- Designação dos grupos de componentes**

Código da classificação do material				Designação dos grupos de componentes					
Classificação do tamanho do material		Número da abrasividade	Corrosividade	Grupo do número de designação	Tipos intermediários de rolamentos				
					Mancal ou bronze	Lubrificação	Rolamento	Aço duro	Teflon, nylon, plástico
A200	B6	5	Não corrosivo	1	B	B	A	-	C
A100	C 1/2			2	B	B	-	-	C
A40				3	B	B	-	-	C
D3	ou E	5	Não corrosivo	2	B	B	A	-	C
D7				2	B	B	-	-	C
D16				3	B	B	-	-	C
Dx									
A200	B6	6	Não corrosivo	2	-	-	-	D	-
A100	C 1/2			3	-	-	-	D	-
A40				3*	-	-	-	D	-
D3	ou E	6	Não corrosivo	2	-	-	-	D	-
D7				3	-	-	-	D	-
D16				3*	-	-	-	D	-
Dx									
A200	B6	7	Não corrosivo	3	-	-	-	D	-
A100	C 1/2			3	-	-	-	D	-
A40				3*	-	-	-	D	-
D3	ou E	7	Não corrosivo	3	-	-	-	D	-
D7				3	-	-	-	D	-
D16				3*	-	-	-	D	-
Dx									

## Passo 7

O fator de rolamento  $F_b$  na tabela 10, para rolamento de ferro endurecido é 4,4.

O fator de diâmetro  $F_d$  para 18 polegadas de diâmetro é de 135, na tabela 11.

A distância em polegadas entre o centro do chute de alimentação e o eixo de descarga.

Tabela 9 - Tipos de Rolamentos

Componentes do grupo	Tipos de rolamentos	Fb
Grupo A	Rolamento de esferas	1,0
Grupo B	Rolamento de liga metálica Bronze *Grafite, bronze *Base de lona fenólica *Bronze, impregnado no óleo *Madeira, impregnada no óleo	1,7
Grupo C	*Plástico *Nylon *Teflon	2,0
Grupo D	*Ferro duro resfriado *Capa de liga endurecida	4,4

\*Rolamentos não lubrificados ou sem lubrificação adicional.

Há agora informação suficiente para calcular a potência.

$$HP_f = \frac{LN.Fd.fb}{1000000} \quad \rightarrow \quad \text{Potência para mover o transportador vazio.}$$

$$HP_f = \frac{6,56.48.78.4,4}{1000000} = 0,108 \text{ HP}$$

- N = Velocidade de operação (rpm)

- Fd = Fator do Ø do transportador (tabela 11)

- Fb = Fator de bucha (tabela 10)

Tabela 10 - Fd

FATOR DO DIÂMETRO DO TRANSPORTADOR (Fd)			
Diâmetro do helicóide (polegadas)	Fator (Fd)	Diâmetro do helicóide (polegadas)	Fator (Fd)
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

$$HP_m = \frac{CLW.F_f.F_m.F_p}{1000000} \Rightarrow \text{Potência para mover o material.}$$

$$HP_m = \frac{988.6,56.94.1.1,4.1}{1000000} = 0,85 \text{ HP}$$

- F<sub>f</sub> = Fator do helicóide (tabela 1.14)
- F<sub>p</sub> = Fator das paletas, quando se requer (tabela 1.15)
- F<sub>m</sub> = Fator do material (tabela 1.2)
- C = Capacidade em (ft<sup>3</sup>/h)
- L = Comprimento total do transportador (ft)
- W = Massa específica (lbs/ft<sup>3</sup>)

$$HP_{total} = \frac{(HP_f + HP_m) \cdot f_o}{e}$$

$$HP_{total} = \frac{(0,108 + 0,85) \cdot 2,05}{0,95} = 2,06 \text{ HP}$$

- Obs.: 0,95 = Motorreductor com acoplamento.

- Fo = Fator de sobrecarga (tabela 12)

- e = Eficiência da transmissão (tabela 13)

**Tabela 11- Fo**

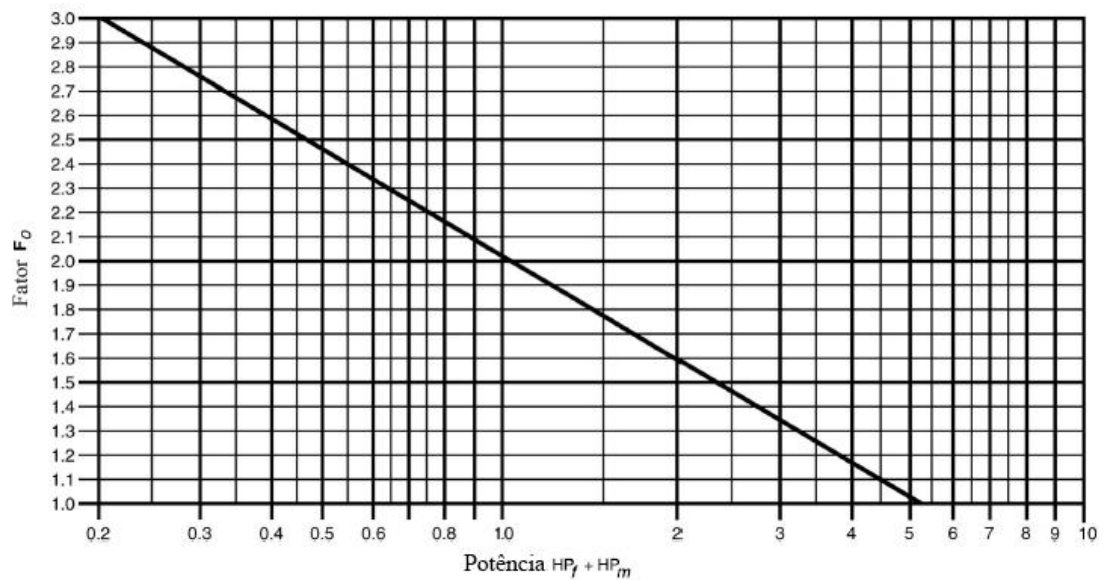


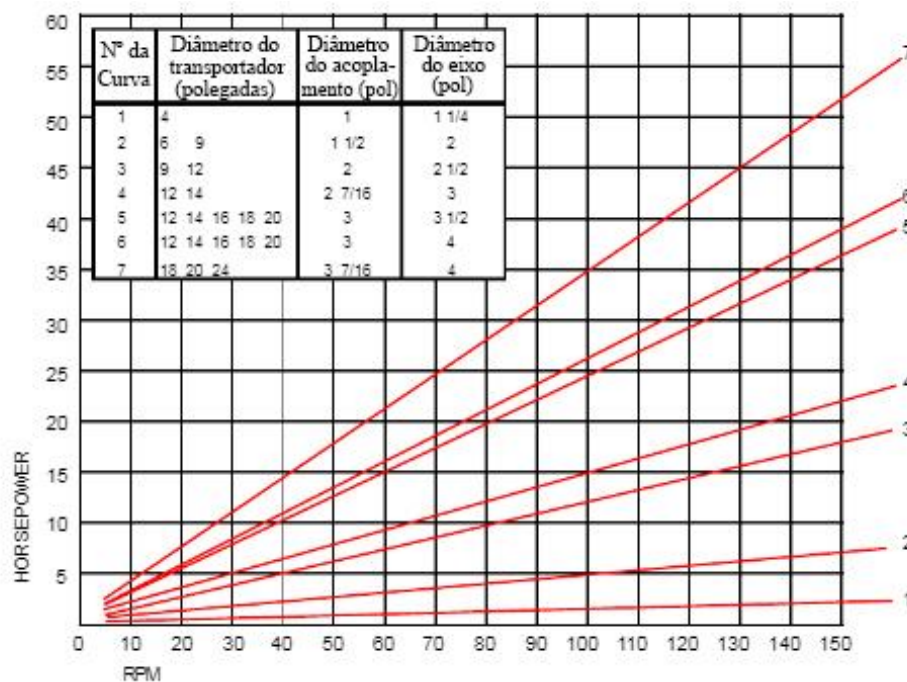
Tabela 12 - e

Fator de eficiência das transmissões			
Transmissão para transportador helicoidal, montado com transmissão de correia em "V"	Redutor de engrenagens helicoidais com transmissão de correia em "V" e acoplamento	Motorreductor com acoplamento	Motorreductor com transmissão por corrente
.88	.87	.95	.87

## Passo 9

Conferir o acoplamento do transportador e eixo para determinar se sua potência é adequada para lidar com a potência do motor. Curva 4 (tabela 14) para um helicóide de 14" a 4 RPM, verifica-se que o eixo de 3" possui capacidade nominal de 8 HP, com capacidade nominal de 7" do HP motor.

Tabela 13 - Curva HP por RPM



## Passo 10

Como a seção do transportador helicoidal que foi usada é de comprimento padrão, pode não ser necessário verificar, a deflexão do helicóide se for maior que a seção padrão uma verificação seria necessária.

$$D = \frac{5.W.L^3}{384.(29000000).I} \quad \text{Onde:}$$

- D = Flexão no centro do helicóide (polegadas);
- W = Peso total do helicóide em lbf;
- L = Comprimento do helicóide (polegadas);
- I = Momento de inércia do eixo.

### - Classes de enclausuramento

Os transportadores podem ser projetados para proteger o material que está sendo transportado, de ambientes perigosos ou para proteger o ambiente de algum produto perigoso que deva ser transportado. Na classificação a seguir se estabelecem os diferentes tipos de construção para o enclausuramento dos transportadores independente de seu uso ou aplicação. As diferentes classes exibem coisas específicas que devem ser realizadas para um transportador helicoidal padrão para diferentes graus de proteção.

### - Classificação de enclausuramento

Classe I E – São aqueles fornecidos principalmente para proteger os funcionários ou quando o enclausuramento é parte integral ou funcional do transportador ou de sua estrutura. Se utilizam principalmente onde o controle de pó não é um fator importante ou onde não é necessária a proteção contra o pó devido ao material que está se transportando. Pelo fato de ter enclausuramento no transportador, já existe certa proteção.

Classe II E – Usam construções que proporcionam alguma proteção contra o pó dos materiais que estão sendo transportados.

Classe III E – Usam construções que proporcionam o maior grau de proteção de todas as classes, contra o pó para o material que está sendo transportado.

Classe IV E – São para aplicações ao ar livre. Sob circunstâncias normais que evitam que a água entre no interior da calha. Não se deve considerar que a construção é a prova d'água, pois isso pode não ser sempre o caso.

**Tabela 14- Acabamento de solda**

Operação	Classe de acabamento				
	I	II	III	IV	V
Respingo de solda e escória removida	X	X	X	X	X
Esmerilhar a solda áspera para remover a ondulação de solda ou aspereza incomum (equivalente 40-50 acabamento de grão)		X			
Triturar soldas médias - deixando alguns buracos e fissuras (equivalente 80 - 100 acabamento de grão)			X		
Esmerilhar as soldas finas - sem buracos ou fendas admissíveis (equivalente a 140 - 150 acabamento de grão)				X	X
Para um acabamento uniforme e brilhante					X

Acabamento Classe I tem a solda e escórias, removido, mas sem trituração das soldas (tabela 15).

Classe II, o acabamento é um refinamento da "como condição de soldado" com os lugares trabalhados com solda para remover a rugosidade, ondulação de solda ou incomum.

Acabamento Classe III tem um fino grau de acabamento de solda com alguns buracos ou fendas. Este acabamento é recomendado para materiais que não tendem a contaminar.

Classe IV & V têm as soldas finas, solo sem buracos ou fendas. A única diferença entre os dois acabamentos é o grau de polimento. Estes regulamentos são recomendados onde

há regulações sanitárias que ditam a exclusão dos materiais que estão sendo manipulados a partir da superfície soldada. O tipo de acabamento é dependente da aplicação e/ou indústria.

Observações a serem consideradas

A capacidade constitui o fator primordial na escolha do transportador, assim como as características do material e das propriedades físicas e químicas que devem ser consideradas, muito especialmente a fluidez. Também são importantes a dureza (que determina a capacidade de abrasão), a fragilidade (substância que é facilmente desmontada), o tamanho dos fragmentos ou dos pedaços e os efeitos químicos (ex.: o óleo sobre a borracha ou os ácidos sobre os metais).

A umidade e a oxidação atmosférica podem ser nocivas ao material transportado, que exigirá então a vedação completa do equipamento e até mesmo uma atmosfera artificial.

O custo inicial de um sistema transportador está usualmente relacionado com a depreciação e com a taxa de fluxo que se deseja ter. Os custos comparativos dos sistemas transportadores só podem ser baseados no estudo de problemas específicos.

No geral o custo é influenciado:

- pela qualidade dos rolamentos;
- pela espessura das chapas;
- pelo diâmetro dos eixos;
- pelas facilidades de manutenção e de reparo.

Nos transportadores podem ser adaptados dispositivos para várias operações, tais como:

- misturação;
- desidratação;
- aquecimento;
- resfriamento.

## **5. PLANO DE MANUTENÇÃO**

Transportadores helicoidais, podem ser equipados por completo ou por componentes individuais. Estas unidades também incluem todo o sistema necessário, incluindo parafusos. Os componentes individuais devem ser cuidadosamente montados conforme NR's garantindo alinhamento adequado para o funcionamento mais eficiente.

No ato do recebimento dos transportadoras, deve-se verificar o mesmo, incluindo as listas da embalagem para certificar-se de que todos os componentes estão presentes e não estão danificados devido a algum dano no trajeto.

### **5.1 Inspeção**

Uma inspeção periódica do transportador é recomendada para assegurar uma operação adequada. Deve-se verificar se há desgaste excessivo, componentes danificados ou desalinhados. Os eixos de transmissão estão sujeitos a cargas iniciais do transportador, portanto, devem receber uma maior atenção.

### **5.2 Lubrificação**

Transportador helicoidal utiliza sistemas de rolamentos variados, portanto, os requisitos de lubrificação podem variar para diferentes sistemas. Os rolamentos devem ser lubrificados de acordo com padrões de lubrificação dos fabricantes. Há a possibilidade do rolamento ser blindado, nesse caso não requerem lubrificação.

O motorreductor deve ser lubrificado com óleo específico recomendado pelo fabricante. Deve-se seguir a frequência de trocas de óleo do fabricante.

### **5.3 Recomendações de segurança**

Para garantir que não haja nenhum emperramento ou desalinhamento no sistema transportador, pode-se girar lentamente com a mão. Se o sistema for grande para girar com a mão, deve-se aplicar energia apenas momentaneamente e verificar cuidadosamente o transportador.

Não tente qualquer manutenção ou reparo do transportador até que a energia tenha sido bloqueada e devidamente etiquetada. Controle de energia armazenada: Use blocos de segurança entre partes perigosas que possam se mover e ocasionar ferimentos.

A segurança deve ser considerada um fator básico na operação de máquinas em todos os momentos. A maioria dos acidentes são o resultado de descuido ou negligência.

As seguintes instruções de segurança são básicas e devem ser considerado as normas. Informações adicionais devem ser obtidas pelo American Society of Mechanical Engineers, ANSI B20.1, ANSI B15.1, ANSI A12.1, ANSI MH4.7 e ANSI Z244.

Para evitar acidentes, os conjuntos ou peças devem ser instalados e operados de acordo com as seguintes disposições mínimas.

- Transportadores, e todos os outros rotativos e vibratórios não devem ser operados a menos que tampas e / ou proteções do equipamento e unidade de acionamento estejam no lugar. Se o equipamento é para ser aberto para limpeza de inspeção, ou observação, a energia elétrica fornecida ao motorreductor que conduz o transportador, deve ser bloqueada e etiquetada enquanto alguém esteja trabalhando de maneira que o equipamento não pode ser iniciado por qualquer pessoa; da área remota, até que a cobertura do equipamento ou proteções de acionamento forem substituídas corretamente.
- Antes de iniciar qualquer atividade avise ao operador do equipamento sobre a sua presença no local.
- A seção do equipamento deve ser protegida por corrimão ou vedação.
- Sempre operar transportador em conformidade com estas instruções e etiquetas de advertência afixados ao equipamento.
- Não coloque as mãos ou os pés no equipamento.
- Nunca ande sobre coberturas de equipamentos, grades ou guarda-corpo.
- Não use equipamentos para qualquer outra finalidade para o qual foi destinado.
- Não introduzir ou empurrar material para o equipamento com uma barra ou gancho inserindo através das aberturas.

- Mantenha a área ao redor do acionamento do equipamento e estação de controle livre de detritos e obstáculos.
- Sempre regule a alimentação de material para a unidade de uma taxa uniforme e contínua.
- Não tente limpar equipamentos encravados até que a energia seja bloqueada e etiquetada.
- Não tente modificar o equipamento ou componentes.
- Existem muitos tipos de dispositivos elétricos para intertravamento de equipamentos tais que se um item de equipamento em um sistema ou processo é interrompido outro equipamento alimentado também pode ser estaticamente parado.
- Controles elétricos, tampa de proteção de máquinas, grades, passarelas e arranjo de instalação, são necessários para um local de trabalho seguro.

## 6. ANÁLISE DE MATERIAIS PARA HELICÓIDE

### 6.1. Revestimento de cromo duro sobre o aço ASTM A36

Para se obter uma melhoria na helicoide, como resistência à abrasão, desgaste, além de ter baixo coeficiente de atrito e elevada dureza, tem como opção o aço A36 com revestimento de cromo duro catalisado.

#### 6.1.1. Aço ASTM A36

Os aços são aplicação em componentes estruturais onde as propriedades físicas são bem definidas para permitirem sua utilização em projetos que exijam boa soldabilidade e dobramento. Quando são fabricados em chapas de aço possuem resistência intermediária e são aplicadas em componentes estruturais variados, os mais comuns até os mais elaborados tais como: pontes, locomotivas, galpões, estruturas de máquinas, edifícios e etc.

Aplicações:

Parafusos sem fim e setores de direção, eixos de comandos de válvulas, árvores secundárias, engrenagens para caminhões, coroas, pinhões e cruzetas. Ele também é utilizado na fabricação de rolamentos cementados (tabela 16).

**Tabela 15- Do aço ASTM A-36**

CARBONO	0,26%
MANGANÊS	0,75%
ENXOFRE	Máximo de 0,05%
FÓSFORO	Máximo de 0,04
COBRE	0,2%

(TENAX, 2018)

### 6.1.2. Cromo duro

Cromo duro é uma camada superficial de cromo metálico depositado galvanicamente para conferir diversas propriedades e vários tipos de peças (tabela 17).

**Tabela 16 - Especificação do cromo**

CROMO ( Cr )	
Número atômico	24
Peso atômico	51,996
Valência	2,3,6
Peso específico	6,9 – 7,1
Potencial normal ( ativo )	- 0,56 V
Potencial normal ( passivo )	+ 1,36 V
Equivalente eletroquímico	0,3234 g/Ah
Dureza HV	750 – 1050 kg/mm <sup>2</sup>
Ponto de Fusão	1890°C

(DILETA, 2018)

Características:

- alta Dureza: da ordem de 950 a 1050HV (65 a 70 Rc)
- alta Resistência a abrasão e desgaste.
- boa resistência à Corrosão (devido à formação de uma fina camada incolor de óxido de cromo em sua superfície)
- facilidade na desmoldagem de peças
- baixo coeficiente de Atrito
- alto brilho conseguindo-se superfícies espelhadas
- resistente a Altas Temperaturas (até 350°C sem perder dureza)
- espessura da Camada: de 0.001mm até 0.35mm ( acima deste valor pode ocorrer a fragilização do material devido ao hidrogênio retido na camada , e o processo torna-se anti-econômico.

### 6.1.3. Revestimento de Cromo Duro

O revestimento de cromo duro é um tratamento eletrolítico que confere ótimas propriedades de resistência física quanto mecânica. O processo acontece quando o elemento químico Cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) + ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) é aplicado eletroliticamente em metais não-ferrosos ou ferrosos pelos eletrólitos aquosos, surgindo camadas microfissuradas.

Um dos benefícios desse banho evidencia-se a agilidade de aplicação tanto em peças velhas e desgastadas quanto em peças novas. Nas novas peças, esse banho de cromo duro dá um aumento da vida útil da peça e melhorando seu desempenho (tabela 18). Falando da recuperação de peças desgastadas, esse banho de cromo duro promove completa restauração da peça, possibilitando reconstituir suas medidas e propriedades técnicas originais, assim como a recuperação da qualidade de superfície do equipamento. O banho de cromo duro é uma opção de economia de revestimento, com um ótimo custo-benefício.

**Tabela 17- Aplicações das camadas de cromo**

<b>Chapas</b>	0,03mm 0,05mm	a
<b>Cilindros</b>	0,02mm 0,05mm	a
<b>Matrizes</b>	0,01mm 0,05mm	a
<b>Hastes hidráulicas</b>	0,025mm 0,07mm	a
<b>Peças de recuperação</b>	0,10mm 0,30mm	a

(Portal do cromo, 2018)

#### 6.1.4. Processo de Revestimento

Existem dois tipos de processos, são eles o convencional e o catalisado (tabela 19).

O que diferencia o cromo duro convencional do catalisado é a sua alta velocidade de deposição. O processo de revestimento com cromo duro catalisado é até três vezes mais rápido, quando comparado ao cromo duro convencional.

Essa grande velocidade ocorre, pois à grande aceitação da corrente elétrica proveniente da excelente composição química dos catalisadores, já que nesse processo não tem o compromisso na baixa densidade de corrente.

Por ter uma grande formação de microfissuras e dureza, além de um depósito nivelado e brilhante, o cromo duro catalisado pode até evitar, em alguns casos a retificação posterior.

Quadro de comparação dos processos convencional e catalisado:

**Tabela 18 - Comparação dos processos de revestimento**

<b>Comparação de cromo duro microm / h a 45 asd</b>	
Convencional	Catalisado
30 u / h microns	90 u / h microns (depósito brilhante e nivelado)
<b>Rugosidade da superfície</b>	
RA (uin) 6,6	RA (uin) 2,5
<b>Dureza</b>	
58 a 64 HRC	65 a 73 HRC

<b>Teste</b>	
Convencional	Catalisado
Salt Spray 100 a 150h	Salt Spray 200 a 300h
Salt Kascher 03 a 05 h	Salt Kascher 18 a 30h

(Portal do cromo, 2018)

#### 6.1.5. Custo do helicóide A36 com revestimento

Foram realizados orçamentos através de empresas especializadas no ramo e tivemos como melhor valor para o revestimento de R\$3.418,00 da empresa Marquez Indústria e Comércio e o valor da helicóide usando aço A36 foi orçado em R\$1.200,00 pela Martin Sprocket.

## 6.2. Aço AR400

AR400 é um aço-liga da classe USI-SAR e USI-AR, temperada e revenida. Este tipo de aço apresenta alta resistência à abrasão e dureza com características boas com soldabilidade e conformabilidade (tabela 20). A adição de carbono e manganês juntamente com têmpera e revenimento aumentam a dureza do aço e criam uma superfície durável e resistente a impactos. No entanto, à medida que a dureza aumenta, a capacidade de usinar e soldar a liga diminuem facilmente. Processos especiais de usinagem são necessários para evitar o endurecimento durante a fabricação.

Aplicações:

De acordo com TENAX (2018), é usada em aplicações onde materiais abrasivos como grãos, carvão, minério, cimento, cascalho, agregado leve e terra estão sendo manuseados. É um material comum para transportadores, calhas, revestimentos, tremonhas e equipamentos de manuseio nas indústrias de manuseio de materiais e mineração.

Os aços resistentes à abrasão não são destinados a aplicações estruturais. Estes aços não devem ser usados para membros estruturais ou de suporte principal devido à possibilidade de fratura frágil, nesses aços de alta dureza dos altos níveis de tensão encontrados em tais aplicações.

**Tabela 19 - Característica do AR 400**

Propriedades mecânicas	Formas	Acabamentos	Bitolas
Dureza: 360 – 440 HRB	Chapas e Placas	Preta ou Galvanizadas	$6,0 \leq E \leq 75,0$ mm

### 6.2.1 Custo do helicóide AR400

Foram realizados orçamentos através de empresas especializadas e tivemos como melhor valor para helicoide usando aço AR400 R\$4.125,00 pela Martín Sprocket.

## 7. SUMÁRIO EXECUTIVO

Tamanho do helicoide	2000 mm
----------------------	---------

Diâmetro do eixo	3"
Diâmetro do helicóide	14"
Passo do helicóide	Passo padrão
Calha	Tipo "U"
Acionamento	Motorreductor
Material a ser transportado	Cimento Portland
Posição do transportador	Horizontal
Capacidade	28 m <sup>3</sup> /h
Ocupação	30%

## 8. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos, podemos exemplificar desde o princípio até a especificação normatizada de um transportador helicoidal.

Os conhecimentos absorvidos neste trabalho foram suficientes para comprovar a eficiência da graduação, onde aplicamos conceitos adquiridos ao longo do curso.

## **9. BIBLIOGRAFIA**

ALEXANDROV. M., **Equipamentos e máquinas de elevação e transporte**, Ano: 1976, editora: Mir

HELLMUT. E., **Máquinas de elevação e transporte.**, Editora: Blume

IVANTCHENKO. F.K., “**Cálculo de transportadores e máquinas para elevar cargas**”, Editora “Escola Superior”, Kiev, 1978

ROBERTS, A.W. "An Investigation of Grain Vortex Motion with Relation to the Performance within Vertical Grain Augers" Proc. of the Instn. of Mech. Engrs, 178 (1963-1964), 293.

ROBERTS, A.W. and Willis, A.H. "Performance of Grain Augers". Proc. Instn of Mech. Engrs. 176 (1962) 165.

ROBERTS, A.W. "The Influence of Granular Vortex Motion on the Volumetric Performance of Enclosed Screw Conveyors". Powder Technology, 104, (1999) 56-67.

SPIVAKOVSKY, A.O. & DYACHKOV, V.K. **Conveying machines**, Mir Publishers, Moscou, Vol I, 1985, 229p.

SPIVAKOVSKY, A.O. & DYACHKOV, V.K. **Conveying machines**, Mir Publishers, Moscou, Vol II, 1985, 262p.

ZHURAVLEV. N.P., MALIKOV O.B. , “**Sistemas de transporte e carregamento**”, Moscou, 2005

<https://www.beltservice.com/our-products/beltwall> dia do acesso 20/04/2018

<http://www.fabricadoprojeto.com.br/tag/mt/> dia do acesso 03/05/2018

<http://www.tenax.com.br/tenax/produtos/chapas-e-placas-de-aco/usi-ar-400/> 10/05/2018

<http://www.portaldocromo.com.br/cromo.php> 13/05/2018

<http://www.cromofix.com.br/ocromoduro.asp> 12/05/2018