

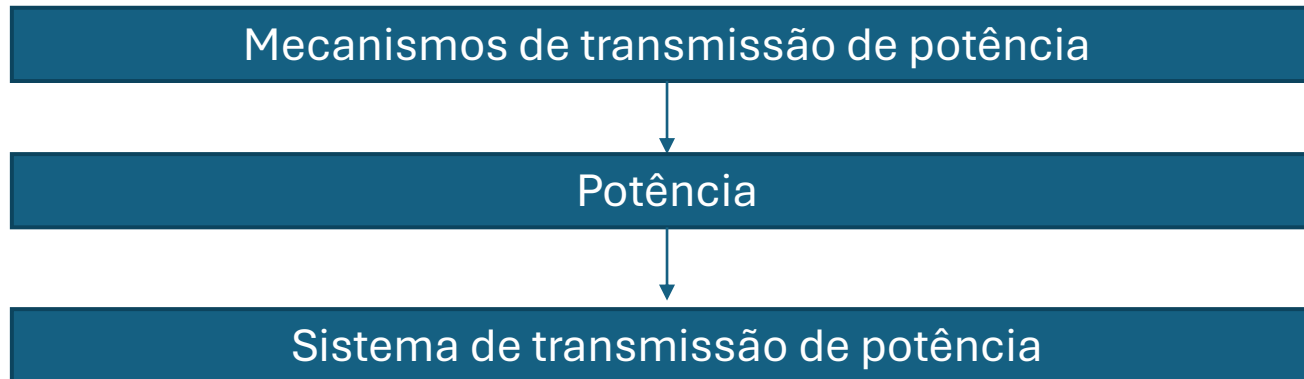


UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
ENGENHARIA FLORESTAL  
Motores, Máquinas e Implementos Florestais (40219930)

# Mecanismos de transmissão de potência dos tratores

Prof. Gabriel Agostini Orso  
gabrielorso16@gmail.com

# 1. Tópicos da aula

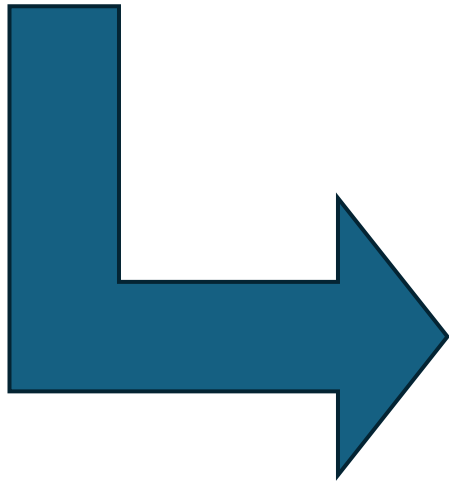


## 2. Introdução

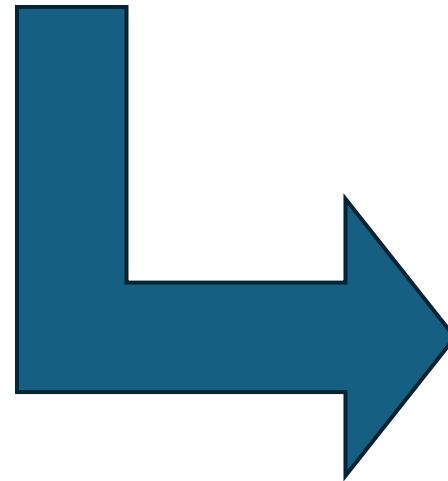
- O **sistema de transmissão** é um conjunto de mecanismos responsáveis pela recepção, transformação e transmissão da potência do motor até locais de sua utilização nos tratores

## 2. Introdução

**Energia Térmica**



**Trabalho Mecânico**



**Trabalho Útil**

## 2. Introdução

# Como utilizamos os tratores agrícolas

### 1 – Como meio de tração

- Velocidade X Força = potência do implemento agrícola.
  - Exemplo: Trabalho com arados, grades, ...
- Problema técnico e funcional: Aderência
- Mecanismos: Características de projeto, lastreamento, garras, etc.

## 2. Introdução

# Como utilizamos os tratores agrícolas

### 2 – Como central móvel:

- Acionamento dos mecanismos (implementos conectados) via TDP. Com movimento relativo entre trator e máquina agrícola.
  - Exemplo: Pulverizadores, enxadas rotativas, roçadoras, ...

### 3 – Como central fixa:

- Utilização somente da TDP – Ex: Bombas de água, trilhadora, serraria, ...

### 3. Mecanismos de transmissão de potência

- Ao se dividir as máquinas em elementos distintos, conhecidos como "elementos de máquinas" algumas outras subdivisões podem ser realizadas, sendo um deles, os elementos de transmissão aplicados as máquinas e equipamentos;
- Estes elementos são responsáveis pela transmissão e movimento ou potência (torque ou rotação).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias

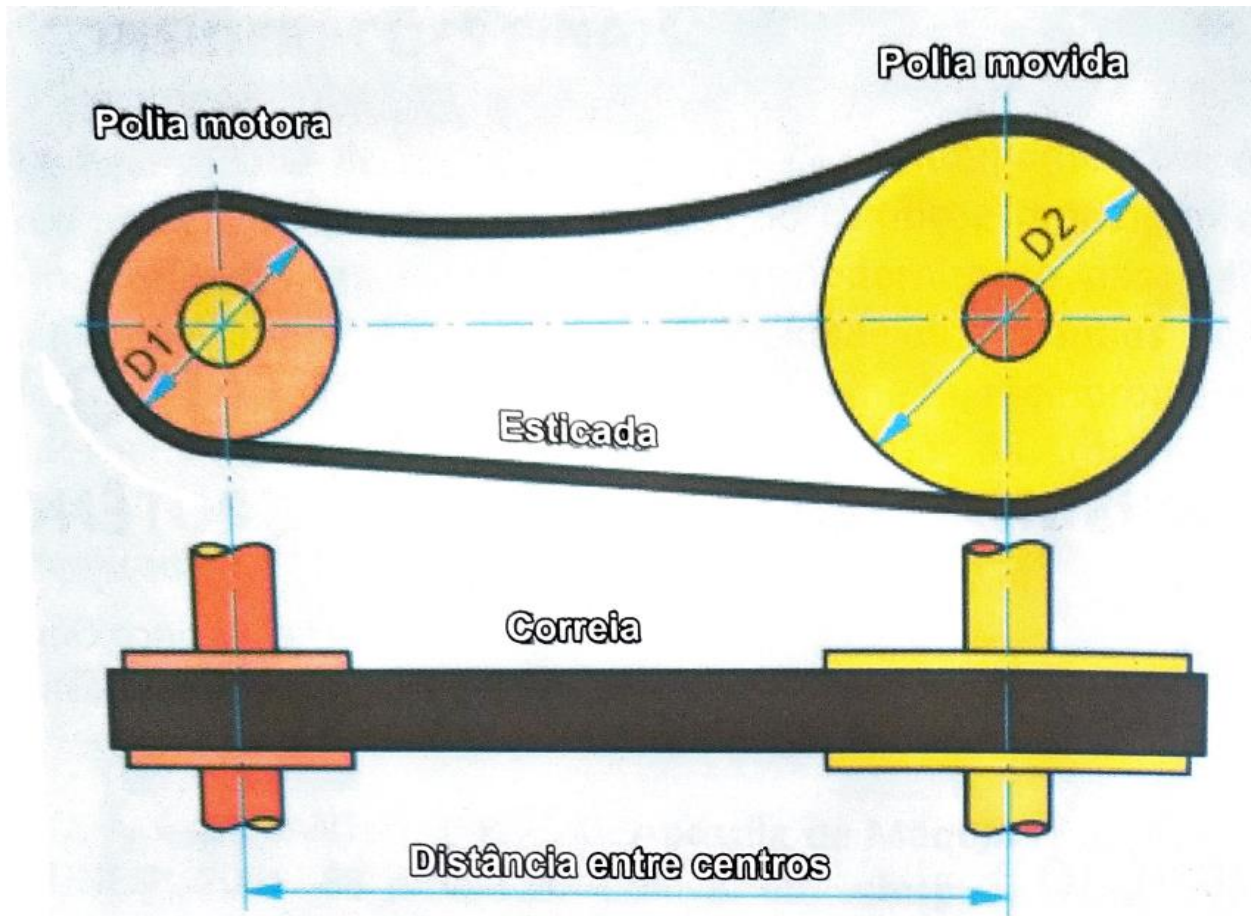


Figura 1: Conjunto, correia, polia motora e polia movida.  
Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

- Para transmitir movimento e potência entre eixos, alguns elementos podem ser utilizados;
- O conjunto correia e polia possui algumas vantagens em relação as engrenagens, como:
- Custo inicial menor;
- Alto coeficiente de atrito;
- Funcionamento silencioso;
- Elevada resistência ao desgaste;
- As correias são elásticas e flexíveis, ideais para grandes distâncias entre eixos;



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias

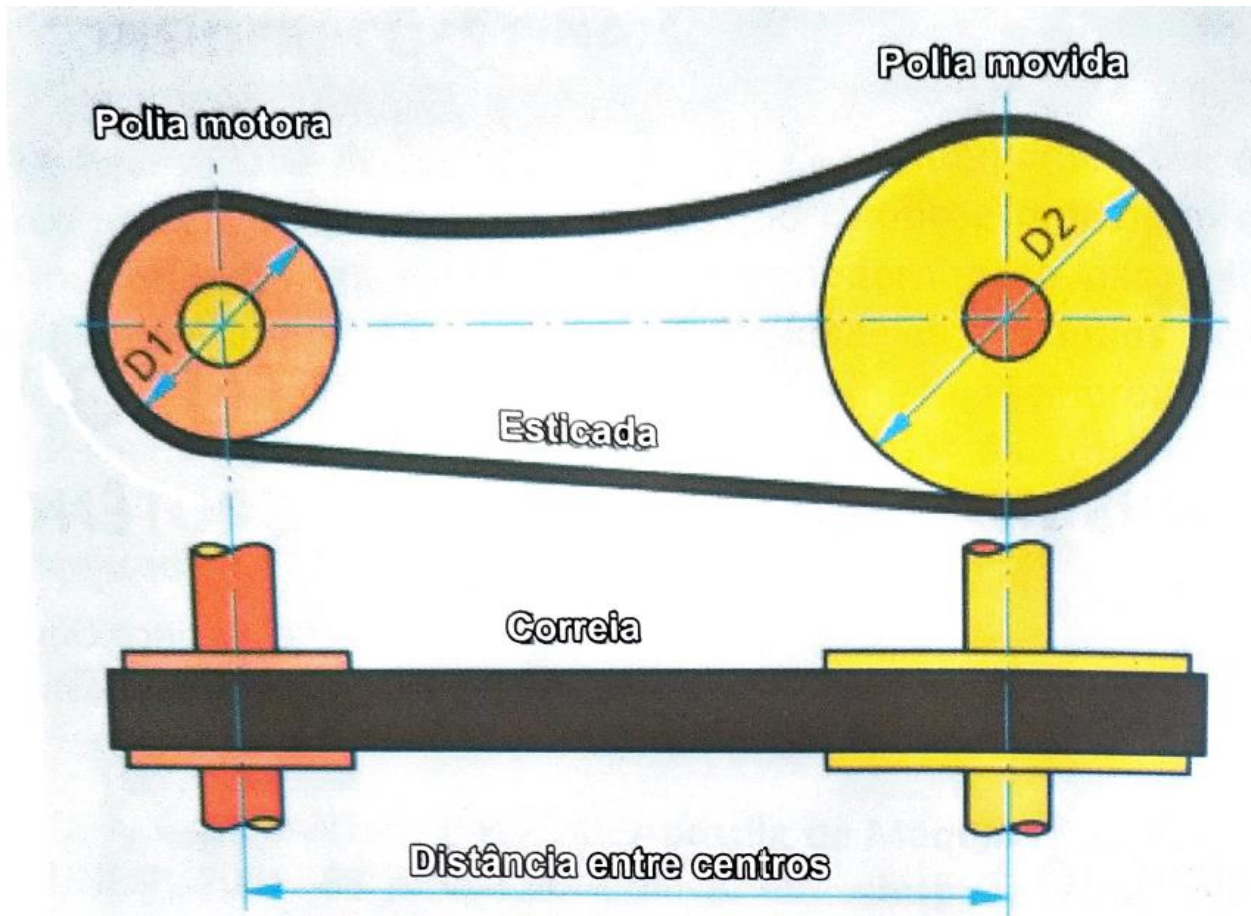


Figura 1: Conjunto, correia, polia motora e polia movida.  
Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

- O conjunto pode absorver **sobrecargas** (não é totalmente rígido);
- Os conjuntos correia e polia podem ser classificados em **correias planas**, **correias em "V"** e **correias dentadas**.

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias planas)



- Esse tipo de transmissão ocorre através da **ação do atrito** que pode ser **simples**, quando existe apenas uma **correia**, ou **composto** quando existe **mais de uma correia atuando paralelamente**;
- As correias planas quando em serviço **deslizam em relação a polia**, fazendo que a velocidade da polia motora seja sempre menor que a velocidade da polia movida.
- Essa diferença da velocidade será sempre uma função do atrito existente entre o conjunto correia e polia.

Figura 2: Conjunto Correia plana de dupla ação e polia.  
Fonte: Ciclo (2017) apud Fiedler e Oliveira (2018).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias planas)

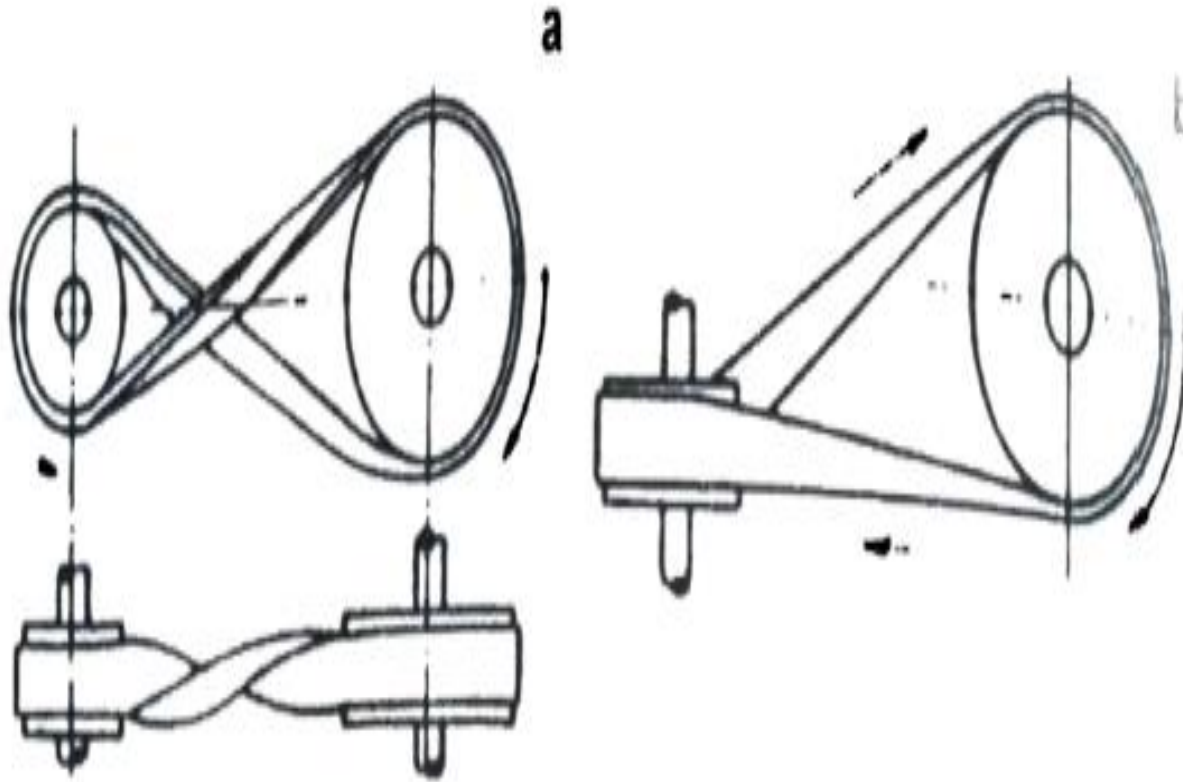


- Quanto maior for a distância entre os eixos maior será o ângulo de contato, por outro lado quanto maior for a diferença entre os tamanhos das polias menor será o ângulo de contato.

Figura 2: Conjunto Correia plana de dupla ação e polia.  
Fonte: Ciclo (2017) apud Fiedler e Oliveira (2018).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias planas)



- O Conjunto de correia plano e polia pode ter **acionamento direto** (paralelo na mesma direção), **cruzado** (paralelo em direções opostas) e **não paralelo**;
- É importante ressaltar que para conjuntos correia e polia que operam em **modo cruzado ou não paralelo**, a **vida útil da correia é diminuída principalmente sobre o efeito de fadiga**, que nesse sistema pode ter uma pequena influência térmica, porém, o mecanismo dominante é mecânico.

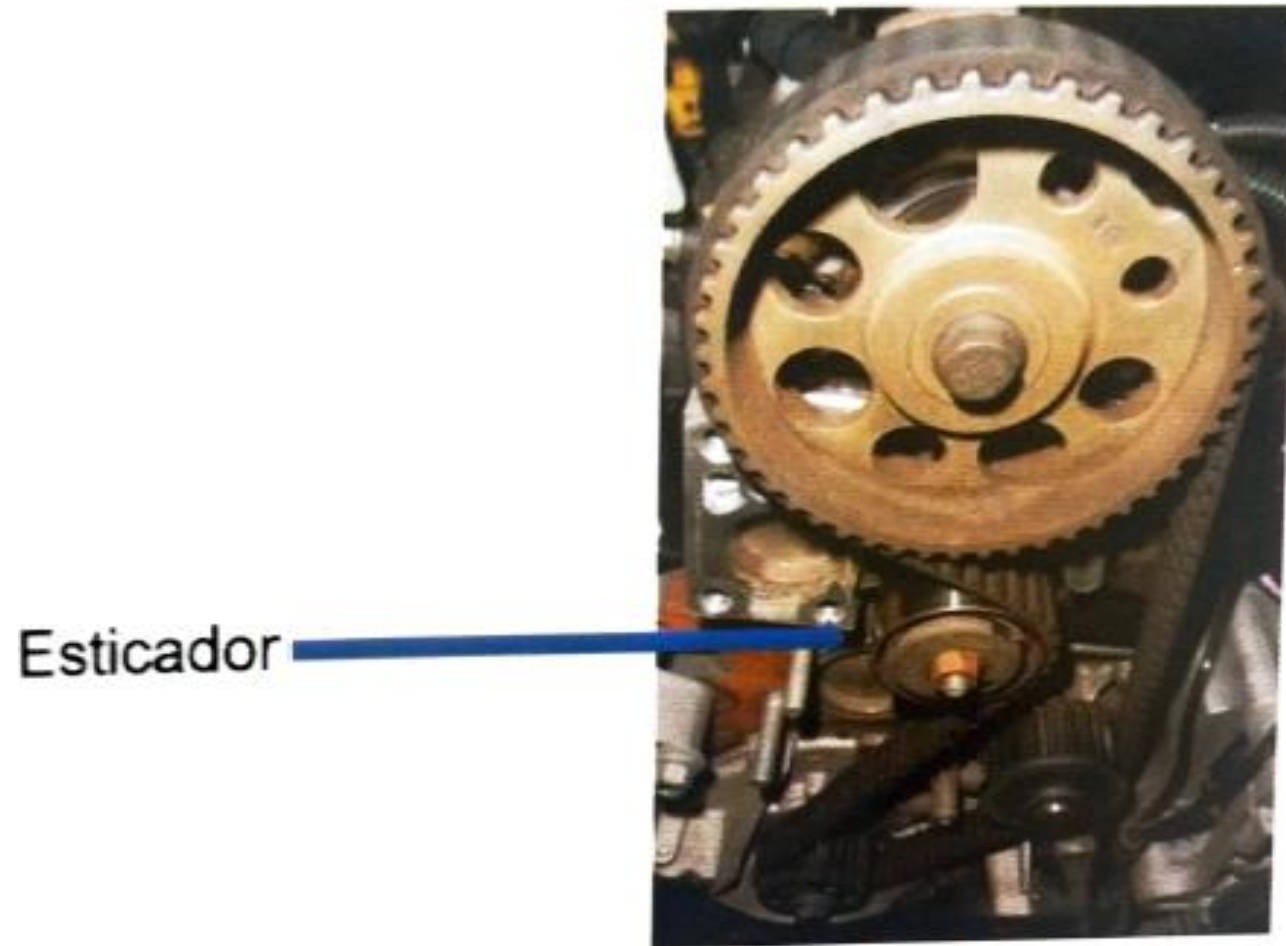
Figura 3: Conjunto correia polia; a - cruzado; b - em 90°.

Fonte: Pauli (1996) apud Fiedler e Oliveira (2018).



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias planas)



- Quando a superfície de contato se torna **muito pequena** seja devido a grandes relações, ou a distâncias encurtadas entre as polias, **tensores e esticadores** deverão ser **utilizados**, para minimizar o deslizamento das correias.

Figura 5: Mecanismos de tensionamento de uma correia dentada. Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias em “V”)

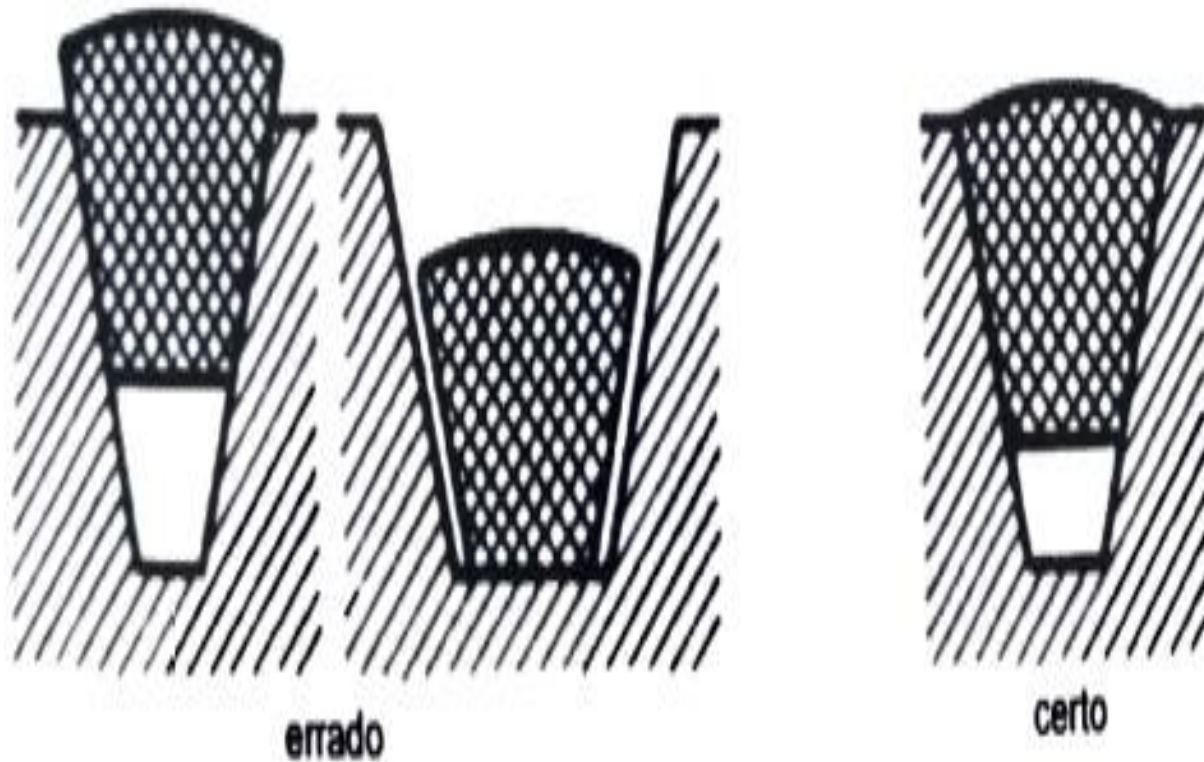


Figura 6: Correia e polia em "V". Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

- Devido ao seu formato permitem uma **maior área superficial** se comparada com as correias planas, o que faz com que o sistema opere utilizando uma **menor tensão entre as polias**, (podendo desta forma aumentar a vida útil dos rolamentos do eixo);
- Devido a **maior área superficial de contato**, as **distâncias entre as polias pode ser diminuída**, e as relações podem ser aumentadas, outro fator a ser relacionado é o **menor ruído**, se comparado com as correias planas, principalmente pela ausência de emenda;

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias em “V”)



- As dimensões das correias são normatizados, assim como as polias, entretanto cabe salientar que a correia não deve tocar o fundo do canal da polia, e também não deve se sobrepor a polia.

Figura 7: Dimensionamento das correias e polias.  
Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correias dentadas)



- Na transmissão por correia dentada no lugar de uma polia lisa é utilizado a correia dentada, esse sistema tem grande diferença dos outros apresentados, pois não permite o deslizamento da correia;
- Isso faz com que a transmissão seja precisa, é muito utilizado em sistemas onde perdas na cadência influenciam o funcionamento;
- As correias são construídas de borracha com alma de cabos de aço ou fibras, especialmente de vidros e outros polímeros.

Figura 8: Conjunto correia e polia dentada. Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.1 Correias e polias (Correntes)

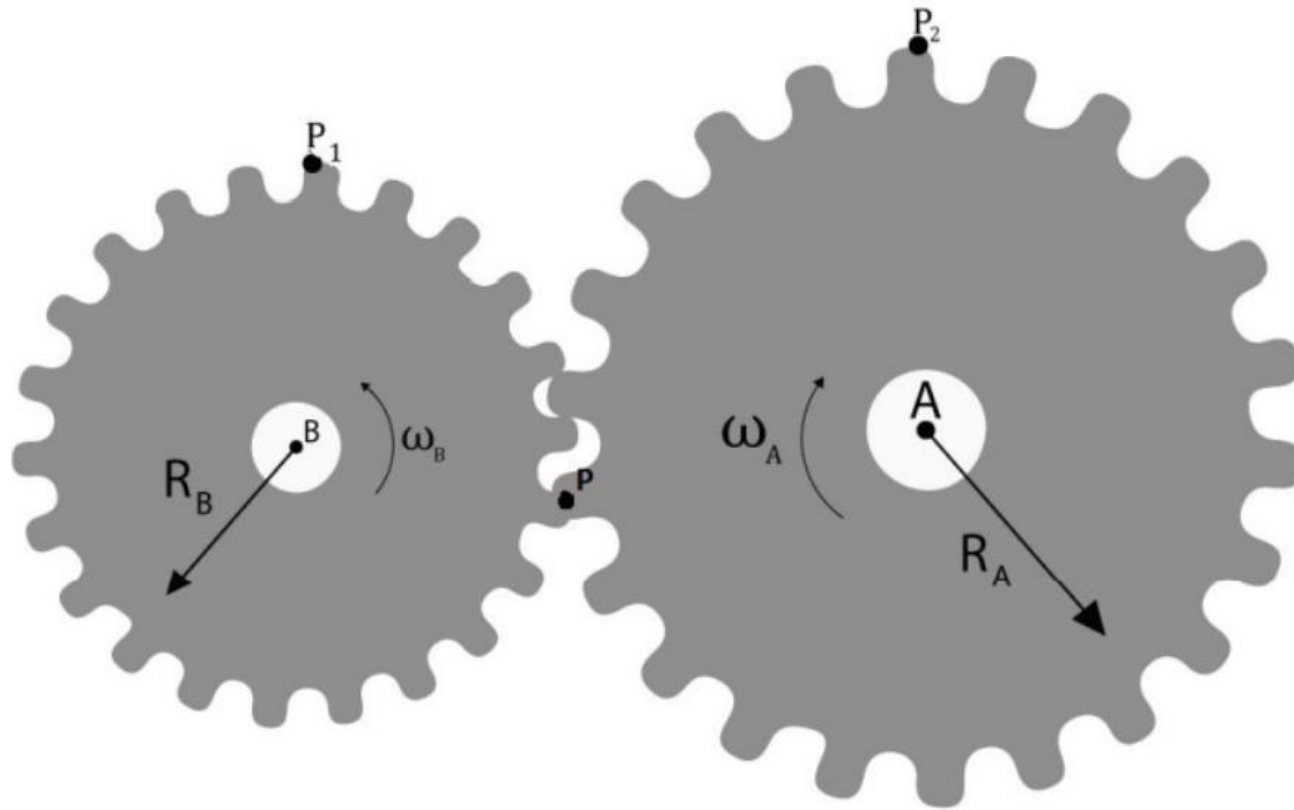


- Com características parecidas com as correias dentadas, as correntes também proporcionam uma transmissão rígida e sem deslizamento entre as polias;
- As correntes são utilizadas nos ambientes com alta temperatura, alta umidade e até mesmo em contato com vapores ácidos, onde as correias seria facilmente degradadas;
- Nas transmissões por corrente o conjunto corrente e coroa devem estar paralelos, diferente das transmissões por correia as correntes suportam somente pequenos desalinhamentos.

Figura 9: Correntes de transmissão. Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.2 Engrenagens



- Engrenagens também podem ser utilizadas para transmissão de potência;
- Suas relações de transmissão entre engrenagens é similar à transmissão por polias e correias;
- Existem diversos tipos de engrenagens, e de modo geral não sofrem de problemas de patinagem;
- O alto contato entre as engrenagens faz com que o Sistema sempre esteja lubrificado.

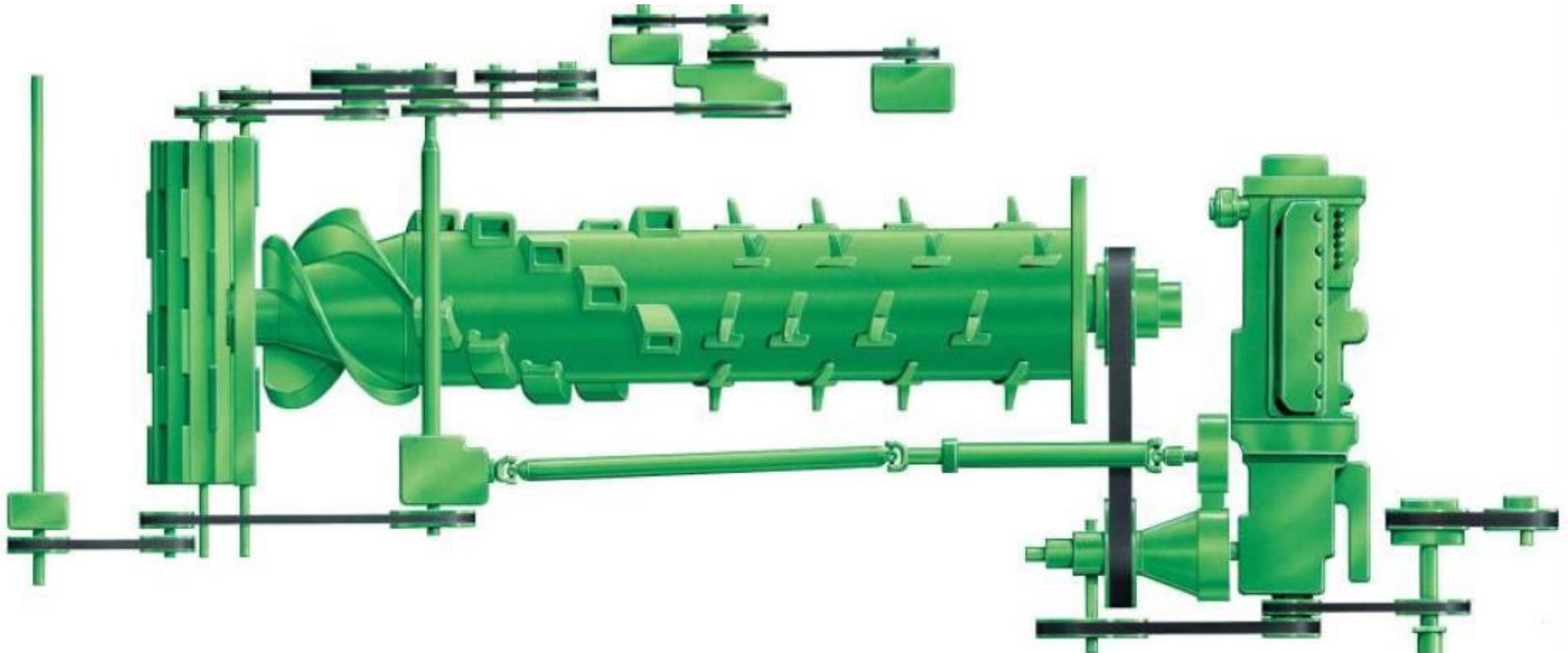
# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões

- É importante conhecer os aspectos de dimensionamento dos conjuntos de transmissão, pois deste depende o bom funcionamento e a aplicabilidade do sistema;
- As transmissões podem transmitir força e rotação **na mesma intensidade** ou, **modificar a magnitude** dessas grandezas;
- As relações de transmissão **desconsideram os possíveis deslizamentos** que podem ocorrer nas **correias/polias**, desta forma, pode-se **assumir que as velocidades periféricas** das polias ligadas por uma correia **é a mesma**.

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões

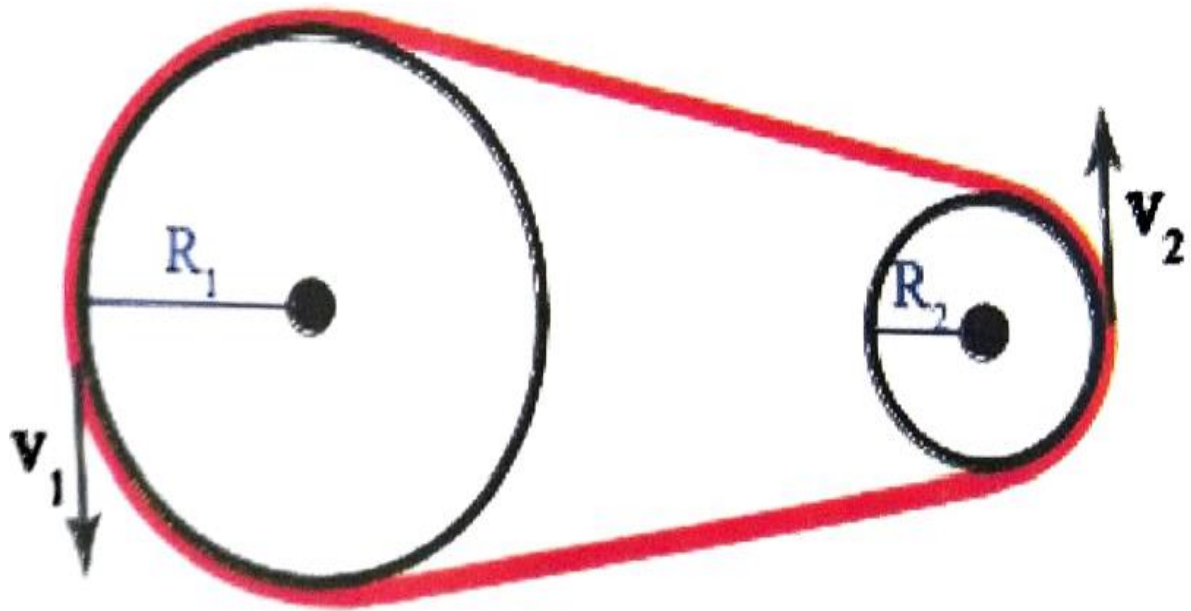


Figura 10: Esquema de um sistema de transmissão.  
Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

- Se  $V_1$  e  $V_2$  forem as velocidades das polias em RPM e o sistema não permitir deslizamento, essa relação podem ser relacionadas através do raio ( $R_{1,2}$ ) de cada polia;

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Diâmetro das polias

Número de rotações por minuto

$$n_1 \cdot D_1 = n_2 \cdot D_2$$
$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões

- Para o comprimento da correia o seguinte cálculo é realizado:

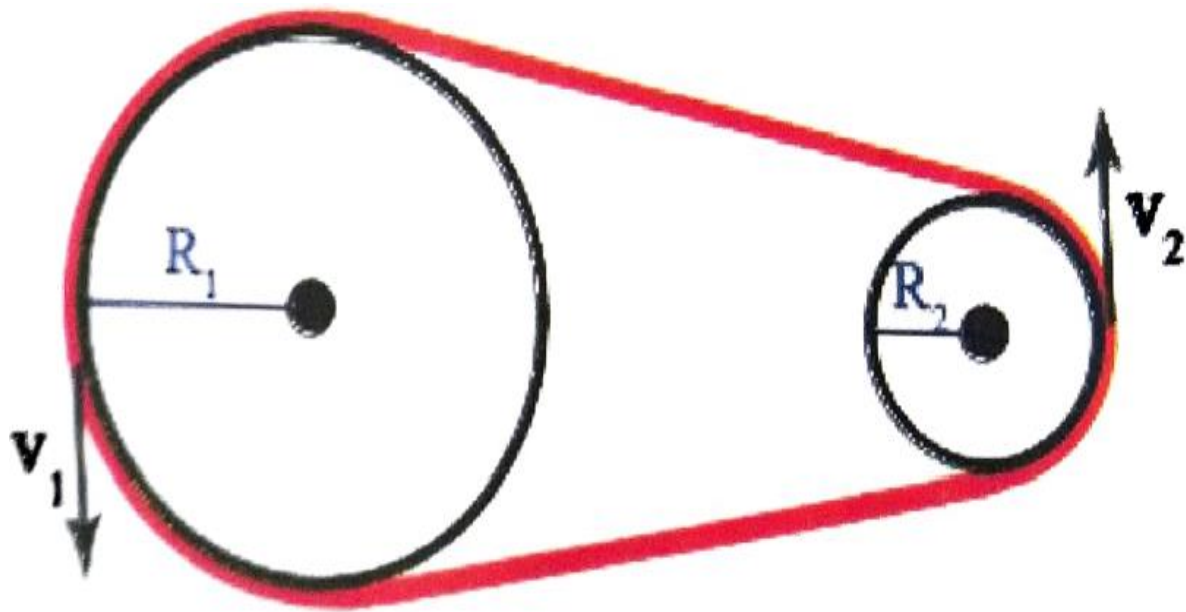


Figura 10: Esquema de um sistema de transmissão.  
Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

Distância entre eixos

Raio da polia menor

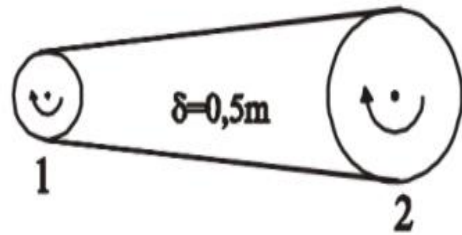
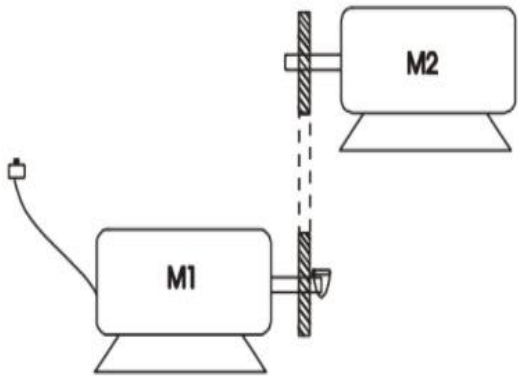
$$L = \pi \cdot (r + r') + 2\sqrt{\delta^2 + (r - r')^2} \text{ (direta)}$$

Raio da polia maior

$$L = \pi \cdot (r + r') + 2\sqrt{\delta^2 + (r + r')^2} \text{ (cruzada)}$$

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões



- Qual o comprimento da correia a ser adquirida?

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r1 \cdot n}{60} \rightarrow r1 = \frac{60 \cdot V}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

$$r1 = \frac{60 \cdot 12}{2 \cdot \pi \cdot 1450} = 0,079 \text{ m} \therefore D1 = 0,158 \text{ m}$$

$$0,158 \cdot 1450 = 500 \cdot D2 \rightarrow D2 = 0,46 \text{ m} \therefore r2 = 0,23 \text{ m}$$

$$L = \pi \cdot (r + r') + 2\sqrt{\delta^2 + (r - r')^2} \text{ (direta)}$$

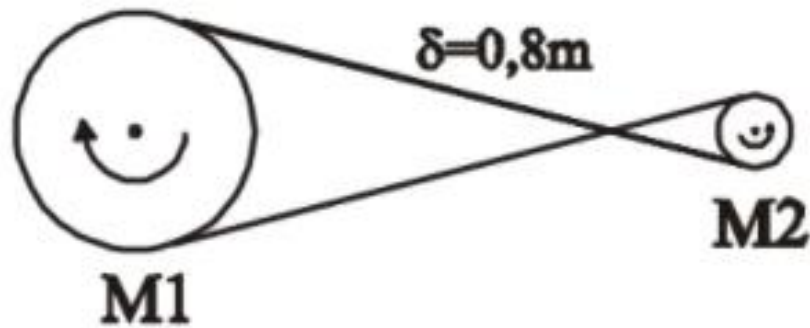
$$L = \pi \cdot (0,23 + 0,079) + 2\sqrt{0,5^2 + (0,23 - 0,079)^2} = 2,15 \text{ m}$$

$M_1 \Rightarrow P = 7,0 \text{ cv}$   
 $n = 1450 \text{ rpm}$   
 $V = 12 \text{ m/s}$

$M_2 \Rightarrow n = 500 \text{ rpm}$

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões



$M_1 \Rightarrow P = 9,0 \text{ cv}$   
 $n = 2200 \text{ rpm}$   
 $V = 30 \text{ m/s}$

$M_2 \Rightarrow n = 4350 \text{ rpm}$

- Dimensionar os diâmetros das polias e comprimento da correia a ser adquirida.

$$r_1 = \frac{60.30}{2.\pi.2200} = 0,13 \text{ m} \therefore D1 = 0,26 \text{ m}$$

$$0,26.2200 = 4350.D2 \longrightarrow D2 = 0,13 \text{ m} \therefore r2 = 0,065 \text{ m}$$

$$L = \pi.(0,13 + 0,065) + 2\sqrt{0,8^2 + (0,13 + 0,065)^2} = 2,26 \text{ m}$$



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.3 Dimensionamento de Transmissões

- Muitas combinações de torque e velocidade podem ser utilizadas em diversos sistemas mecânicos, o que nunca se altera é a potência transmitida;
- Assim sendo, sempre que se aumenta o torque diminui-se a rotação, como pode ser deduzido por meio das equações anteriores;
- E importante salientar que por mais eficaz que seja o conjunto de transmissão sua eficiência nunca alcançará 100%, desta forma sempre existirá uma perda de potência útil entre as engrenagens/polias.

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Deslizamento)

- Os mancais são elementos utilizados nas máquinas responsáveis por permitir o movimento relativo (radial e axial) minimizando o atrito, e diminuindo desta forma a perda de potência;
- Os mancais de deslizamento tem funcionamento similar ao de uma bucha de contenção, são responsáveis por minimizar o atrito entre eixos (elemento girante) e as partes fixas das máquinas;
- Estes mancais necessitam de uma película continua de lubrificante para minimizar o atrito, pois os movimentos ocorrem pelo mecanismo de deslizamento;
- O material que compõem o mancal deverá ter menor dureza que os materiais da carcaça (parte fixa) e do eixo (parte móvel), para que não ocorra um desgaste dessas partes durante o funcionamento;

### 3. Mecanismos de transmissão de potência

#### 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Deslizamento)



Figura 11: Mancais de deslizamento. Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

### 3. Mecanismos de transmissão de potência

#### 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Deslizamento)

- Os materiais do mancal também devem possuir **alta porosidade**, permitindo permeabilidade do lubrificante. Assim, os poros conseguem reter por mais tempo o lubrificante;
- Dentre os materiais comumente utilizados para compor os mancais de deslizamento se destacam as **ligas de cobre**, como bronze e latão, **ligas de alumínio**, e até mesmo materiais poliméricos;
- Os mancais de deslizamento apresentam como **vantagem**:
- **Suportam grandes cargas radiais**;
- **Ocupam espaços menores se comparados com os mancais de rolamento**;
- **Baixo custo**.

### 3. Mecanismos de transmissão de potência

#### 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Deslizamento)

Os mancais de deslizamento apresentam como **vantagem**:

- Suportam grandes cargas radiais;
- Ocupam espaços menores se comparados com os mancais de rolamento;
- Baixo custo;
- Podem suportar altas cargas dinâmicas;
- Menor ruído durante a operação.

### 3. Mecanismos de transmissão de potência

#### 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Deslizamento)

Os mancais de deslizamento apresentam como **desvantagem**:

- Não suportam cargas axiais;
- Devem ser lubrificados constantemente;
- Menor vida útil;
- Menor velocidade de operação devido ao aquecimento.

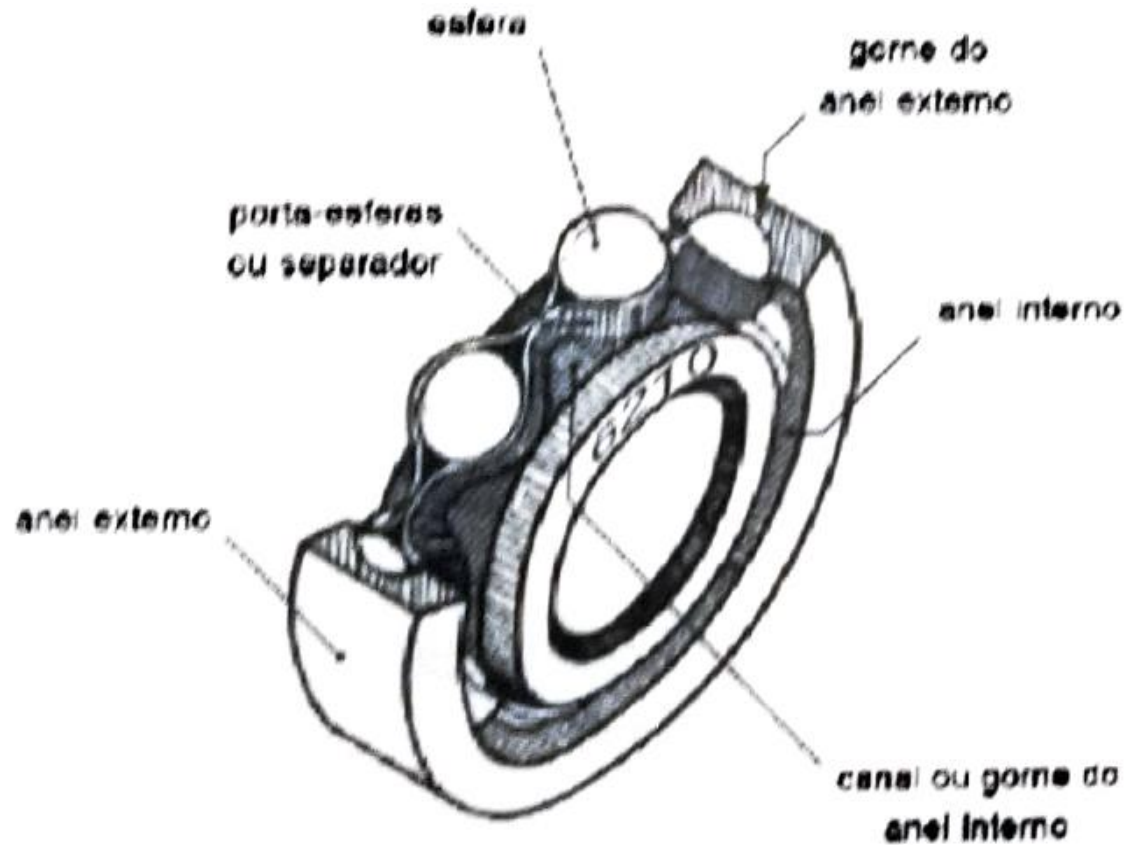
# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Rolamento)

- Nos mancais de rolamento um elemento girante é responsável pela diminuição do atrito entre as partes (móveis e girante), neste caso não existe atrito de deslizamento, somente o atrito de rolamento;
- O atrito do rolamento é menor que o de deslizamento, desta forma os mancais de rolamento apresenta uma maior eficiência quando comparado ao de deslizamento;
- O elemento girante destes mancais pode ser de esferas, roletes (cilindros e cônicos) e agulhas. Cada tipo de elementos desempenha uma função específica. A aplicação do mancal determinará o elemento escolhido;

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Rolamento)



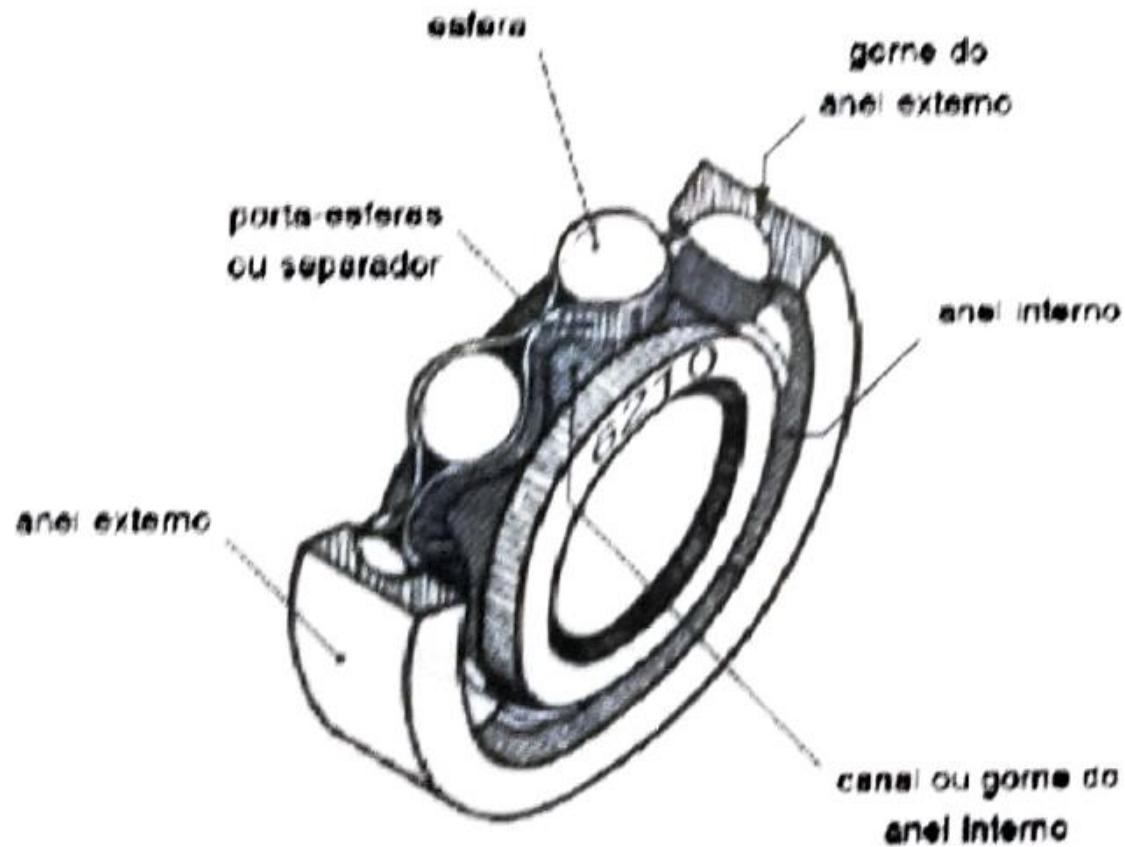
- Diferentemente dos mancais de deslizamento a carcaça, o elemento girante e o canal interno do mancal são em geral **constituídos de materiais de alta dureza (aço ligado)**, para minimizar o desgaste provocado pelo movimento relativo entre as suas partes.
- O porta esfera, ou separador, pode ser construído com material de menor dureza (ligas de aço de baixo carbono e até mesmo polímeros), pois não desempenha função estrutural;

Figura 12: Diferentes partes que compõem um mancal de rolamento. Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).



# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Rolamento)



- Quanto ao elemento girante que compõe o mancal as suas características variam da seguinte forma:
- **Agulhas**: Onde o espaço é reduzido e as oscilação de cargas são constantes os mancais de agulhas são ideias, porem as velocidades de utilização não podem ser elevadas.

Figura 12: Diferentes partes que compõem um mancal de rolamento. Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

# 3. Mecanismos de transmissão de potência

## 3.4 mancais de rolamento e deslizamento (Rolamento)

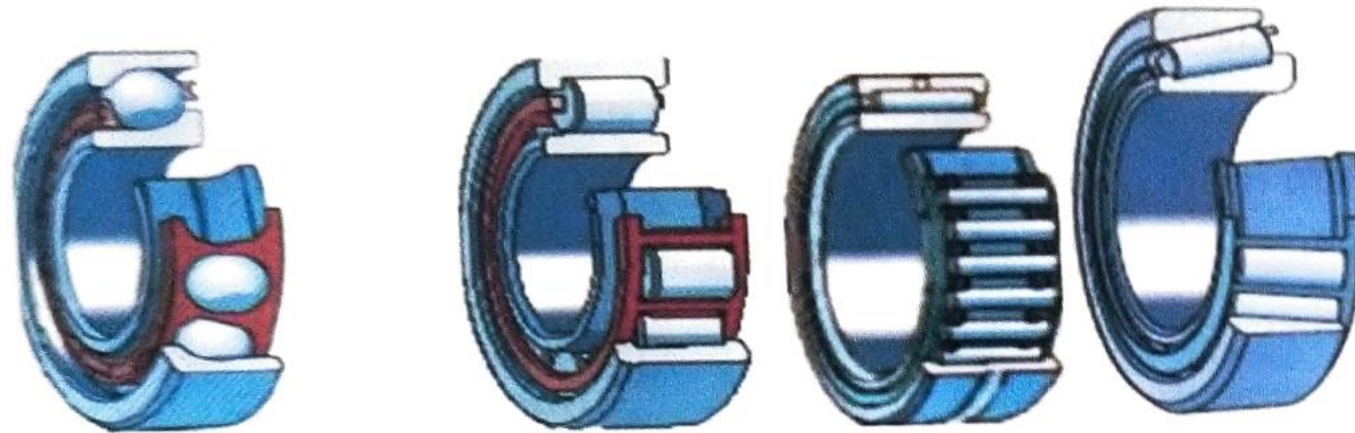


Figura 13: Elementos girantes dos mancais de rolamento.  
Fonte: Fiedler e Oliveira (2018).

# 4. Potência

## 4.1 Definições

- **Força:** É definida como a ação que um corpo exerce sobre outro, tendendo a mudar ou modificar seus movimentos, posição, tamanho ou forma.  $F = m \cdot a$ ;
- **Trabalho:** O trabalho está associado a um movimento e a uma força. Toda vez que uma força atua sobre um corpo produzindo movimento, realizou-se trabalho.  $T = F \cdot d$ ;
- **Torque:** É um momento de força que tende a produzir ou que produz rotação. É o produto de uma força por um raio.  $\tau = F \cdot r$ . Ou então a razão entre Potência e velocidade angular.  $\tau = \frac{P}{\omega}$
- **Potência:** É definido como a quantidade de trabalho realizado numa unidade de tempo.  $P = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot d}{t} = F \cdot V$ .

# 4. Potência

## 4.1 Definições

- **Inércia:** É a resistência que todos os corpos materiais opõem a uma mudança de movimento;
- **Peso (carga):** É a força gravitacional de atração exercida pela terra sobre um corpo. Força na vertical (carga).  $P = m \cdot g$ ;

# 4. Potência

## 4.2 Unidades

Unidades	Sistema técnico (ST)	Sistema Internacional (SI)
Comprimento	m	m
Força	Kgf	N
Tempo	s	S
Massa	utm	Kg
Velocidade	m/s	m/s
Trabalho	mKgf	Nm=J
Potência	Kgfm/s	J/s=W
Torque	mKgf	mN

# 4. Potência

## 4.2 Unidades

- Algumas relações:
  - ❖  $1 \text{ utm} = 9,8 \text{ Kg}$ ;
  - ❖  $1 \text{ Kgf} = 9,8 \text{ N}$ ;
  - ❖  $1 \text{ pé (ft)} = 0,3048 \text{ m}$ ;
  - ❖  $1 \text{ lb} = 0,4536 \text{ Kgf}$ ;
  - ❖  $1 \text{ pol (in)} = 25,4 \text{ mm}$ ;
  - ❖  $1 \text{ cv} = 75 \text{ Kgf. m/s}$ ;
  - ❖  $1 \text{ Hp} = 76 \text{ Kgf. m/s}$ ;
  - ❖  $1 \text{ cv} = 735,5 \text{ W} = 0,7355 \text{ kW}$ ;
  - ❖  $1 \text{ Hp} = 745,0 \text{ W} = 0,745 \text{ kW}$ ;

## 4. Potência

### 4.3 Exercícios

- Sabendo-se que  $1 \text{ Hp} = 33.000 \text{ lb.pé/min}$ , determine seu valor correspondente em  $\text{Kgfm/s}$ ?

$$1 \text{ Hp} = 33.000 \text{ lb.pé/min}$$

$$1 \text{ Hp} = \frac{33.000 \times 0,4536 \text{ Kgf} \times 0,3048 \text{ m}}{60\text{s}}$$

$$1 \text{ Hp} = 76 \text{ Kgf m/s}$$

# 4. Potência

## 4.3 Exercícios

- Se  $1 \text{ cv} = 75 \text{ Kgf.m/s}$ , qual o seu valor correspondente em  $\text{lb.pé/min}$ ?

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ lb} & = & 0,4536 \text{ Kgf} \\ X & = & 1 \text{ kgf} \end{array}$$

$$X = 2,2045 \text{ lb}$$

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ pé} & = & 0,3048 \text{ m} \\ X & = & 1 \text{ m} \end{array}$$

$$X = 3,2808 \text{ pe}$$

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ min} & = & 60 \text{ s} \\ X & = & 1 \text{ s} \end{array}$$

$$X = 0,0166 \text{ min}$$

$$1 \text{ cv} = \frac{75 (2,2045 \text{ lb}). (3,2808 \text{ pe})}{0,0166 \text{ min}} = 32.677 \text{ lb.pe/min}$$



# 4. Potência

## 4.3 Exercícios

- Qual a massa do corpo cujo peso é 240 Kgf num local onde a aceleração da gravidade é  $9,83 \text{ m/s}^2$  ?

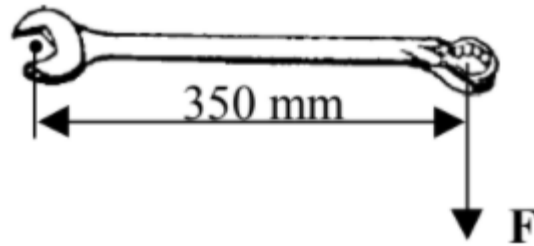
$$P = m \cdot g \longrightarrow 240 \text{ Kgf} = m \cdot 9,83 \longrightarrow m = \frac{240 \text{ kgf}}{9,83 \text{ m/s}^2} = 24,4 \text{ utm (ST)}$$

$$P = 240 \cdot 9,8 \text{ N} \longrightarrow P = 2353,6 \text{ N} \longrightarrow m = \frac{2353,6 \text{ N}}{9,83 \text{ m/s}^2} = 239,41 \text{ kg (SI)}$$

# 4. Potência

## 4.3 Exercícios

- Qual o torque aplicado ao parafuso pela chave de boca, quando é aplicada uma força de 200 N no cabo da referida chave, no SI?

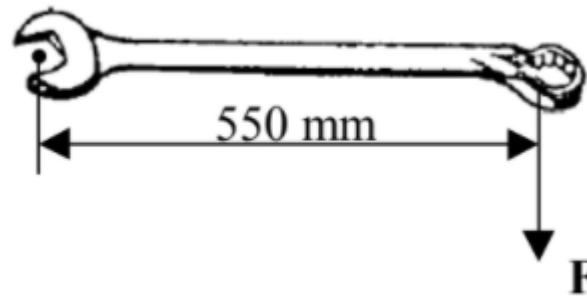


$$\tau = F \cdot r \longrightarrow \tau = 200 \cdot 0,35 \longrightarrow \tau = 70 \text{ Nm}$$

# 4. Potência

## 4.3 Exercícios

- Qual o torque aplicado ao parafuso pela chave de boca, quando é aplicada uma força de 200 N no cabo da referida chave, no SI?



$$\tau = F \cdot r \longrightarrow \tau = 200 \cdot 0,55 \longrightarrow \tau = 110 \text{ Nm}$$

# 4. Potência

## 4.3 Exercícios

- Um trator de potência igual a 70 cv gasta 100s para tracionar uma grade num percurso de 150m. Qual o percentual de sua potência que é consumida, sabendo que a força necessária para a tração correspondente a 1200 Kgf, no ST.

$$P = F.V \longrightarrow P = \frac{F.d}{t} \longrightarrow P = \frac{1200 \text{ Kgf} \cdot 150 \text{ m}}{100 \text{ s}} \longrightarrow P = 1800 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}$$

$$P(cv) = \frac{1800 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}}{75 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}} \longrightarrow P = 24 \text{ cv}$$

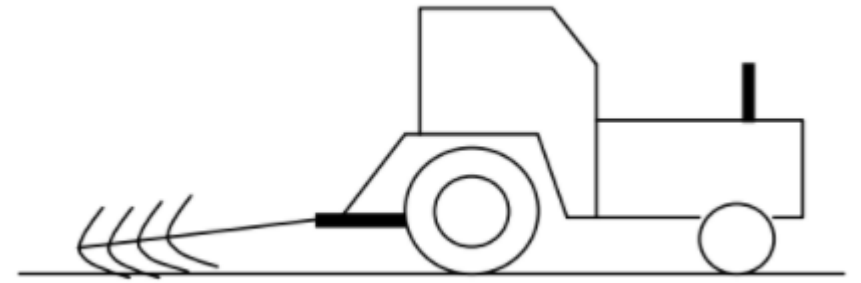
$$P. \text{ cons.} = \frac{24 \text{ cv}}{70 \text{ cv}} \longrightarrow P. \text{ cons.} = 34,28 \%$$

# 4. Potência

## 4.3 Exercícios

- Qual a potência (kW) consumida para tracionar um arado de discos, sabendo que a força necessária para a tração é 1200 Kgf, numa velocidade de trabalho igual a 6,0 Km/h.

$$v = \frac{6,0 \text{ Km/h}}{3,6} = 1,67 \text{ m/s}$$



$$P = F.V = 1200 \text{ Kgf} \cdot \frac{1,67 \text{ m}}{\text{s}} = 2004 \text{ kgf.m/s} \div 75 = 26,72 \text{ cv}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cv} = 0,7355 \text{ kW} \\ 26 \text{ cv} = x \end{array}$$

$$x = 19,65 \text{ kW}$$

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.1 Introdução

- Os mecanismos de transmissão são responsáveis pela **recepção, transformação e transmissão da potência** desenvolvida pelo motor;
- Desta forma a potência é transmitida para os seguintes componentes: **rodas motrizes, a tomada de potência (TDP), ao sistema hidráulico** e a outros sistemas quando presentes;
- A transmissão pode ser classificada em três grandes grupos: **transmissão mecânica, transmissão hidráulica e transmissão hidromecânica.**

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.1 Introdução

- Na transmissão hidráulica a potência é transmitida com o uso de fluido, ou seja, com um fluxo de óleo;
- As transmissões hidráulicas podem ser hidrodinâmicas, quando se utiliza a energia cinética do fluido para transmissão de potência, ou hidrostáticas, quando a transmissão é baseada na pressão estática do fluido;



# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.1 Introdução

- Na transmissão hidromecânica são associados componentes da transmissão mecânica e hidráulica;
- Na transmissão mecânica a potência do motor é transmitida por meio de mecanismos de contato direto, como uso de engrenagens. A transmissão mecânica é composta por: embreagem, caixa de marchas e transmissão final.

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.1 Introdução

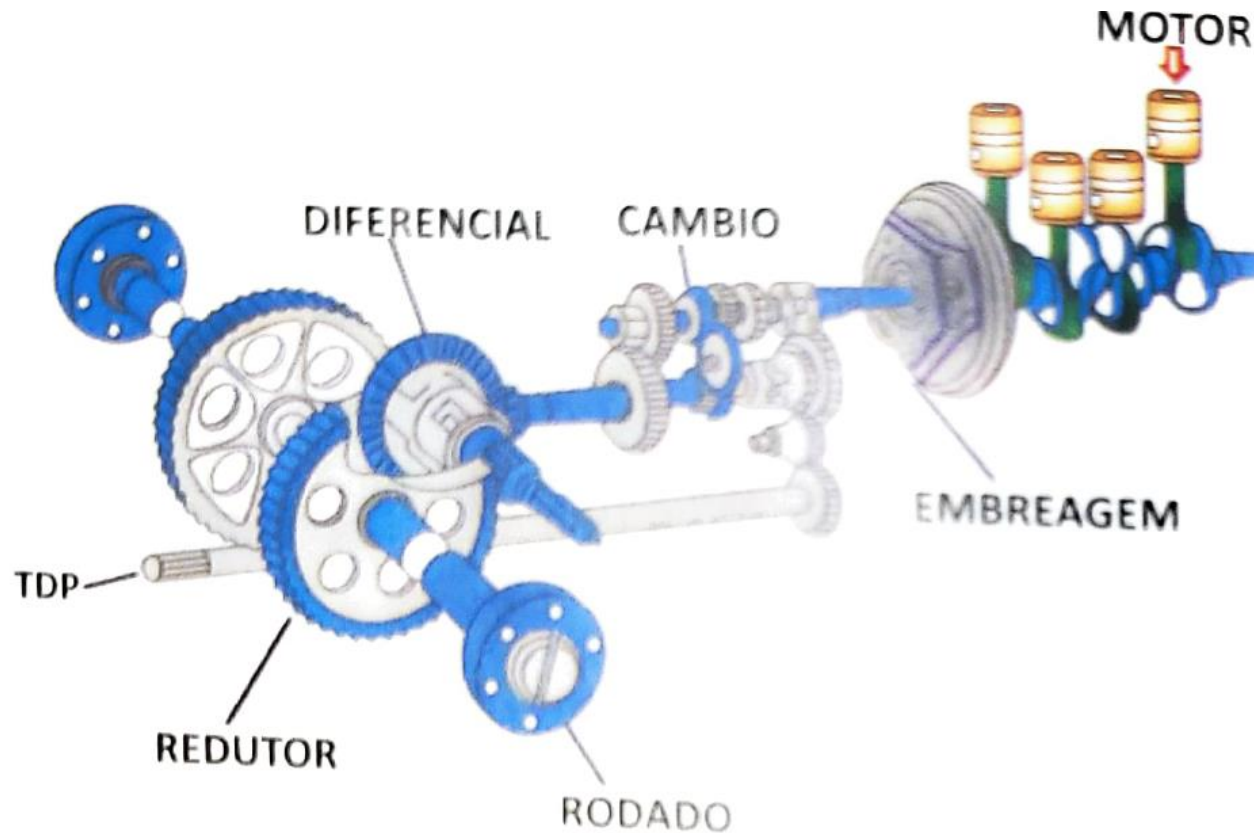


Figura 14 - Componentes da transmissão mecânica. Fonte: Padovan et al. (2010) apud Fiedler e Oliveira (2018).

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2 Embreagem

- A embreagem está localizada entre o volante do motor e o eixo primário da caixa de marchas;
- Sua função é promover ou interromper a transferência de potência do motor a caixa de marchas e, por conseguinte, aos demais órgãos de transmissão;

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2 Embreagem

- O acoplamento feito entre a embreagem e o volante do motor é realizado de forma gradativa, para iniciar o movimento durante o arranque do trator e após as mudanças de marcha;
- O acoplamento e desacoplamento da embreagem ao volante são feitos pelo acionamento do pedal ou alavanca de embreagem.

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2 Embreagem

- As embreagens de disco são as mais utilizadas em tratores, e podem ser do tipo monodisco, dois discos ou discos múltiplos;
- Seu funcionamento é baseado no atrito entre duas partes: uma motora (volante do motor) e outra movida (disco de embreagem);
- Existem também as embreagens hidráulicas que possui acoplamento fluído, ou seja, um fluído, geralmente um óleo, é utilizado na transmissão de movimento.

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2 Embreagem

- Os elementos constituintes das **embreagens hidráulicas** são: o **impulsor** (elemento do motor) e o **impelido** (elemento movido). Este tipo de embreagem não é muito usada atualmente.
- A lubrificação da embreagem de disco pode ser a seco ou úmida.

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2.1 Embreagens monodisco

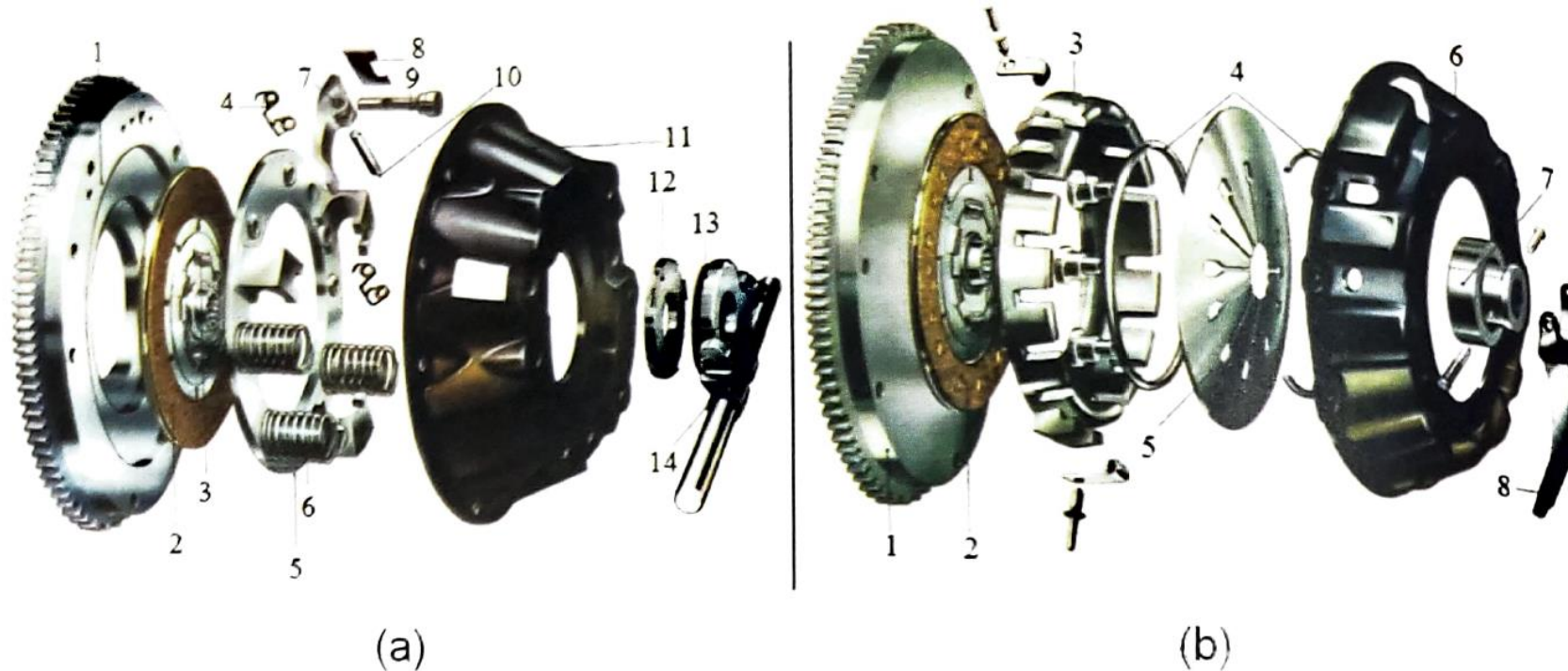


Figura 15 - Partes constituintes da embreagem de um disco. (a) Componentes da embreagem de molas helicoidais: 1-volante, 2-disco de embreagem, 3-molas amortecedoras, 4 - presilhas da mola, 5- platô, 6-molas helicoidais, 7- patilha, 8- batente, 9 pino de fixação do eixo, 10- eixo da patilha, 11 - Tampa do platô, 12-anel de encosto, 13-disco de carbono, garfo da embreagem. (b) Componentes da embreagem de mola-diafragma: 1-volante, 2-disco de embreagem, 3 - platô, 4 -anéis de apoio, 5 - mola diafragma, 6 - tampa do platô, 7 - rolamento da embreagem, 8 – garfo. Fonte: Martins et al. (1988) apud Fiedler e Oliveira (2018).



# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2.2 Embreagens dois discos

- As embreagens de dois discos, também denominadas de dupla ação, são utilizadas nos tratores com tomada de potência de acionamento independente. São constituídas por um conjunto de duas embreagens, cada uma com um disco, sendo que um disco serve à tomada de potência e outro ao deslocamento do trator;

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.2.3 Embreagens de discos múltiplos

- As embreagens de discos múltiplos são constituídas de duas séries de discos, posicionados de forma intercalada. Por possuírem grande capacidade transmissão de torque, são bastante utilizadas como órgãos de direção dos tratores de esteira.





ENTENDENDO A EMBREAGEM

## 5. Sistema de transmissão de potência



# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.3 Caixa de marchas

- A caixa de marchas, ou caixa de câmbio, está localizada após a embreagem. Suas funções são: seleção adequada de velocidade e torque transmitido às rodas motrizes, e mudança no sentido do movimento do trator;
- Os tipos de caixa de marchas encontradas no mercado, tem-se:
  - ❖ Sistema caixa seca: Também conhecido como caixa de marchas convencional, é o tipo de caixa de marchas mais simples.

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.3 Caixa de marchas

- ❖ **Sistema de caixa parcialmente sincronizada:** A primeira marcha deve ser engatada com o trator parado e as demais trocas podem ser realizadas com o trator em movimento;
- ❖ **Sistema de caixa sincronizada:** Neste sistema, as trocas de marchas e de grupos podem ser realizadas com o trator em movimento, apenas debreando o trator. Este tipo de caixa de marchas é mais eficiente que o sistema caixa seca;



# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.3.1 Caixa de convencional

- É constituída por um conjunto de engrenagens, locadas no interior de uma caixa de ferro fundido que possui aberturas para o enchimento e drenagem do óleo lubrificante;

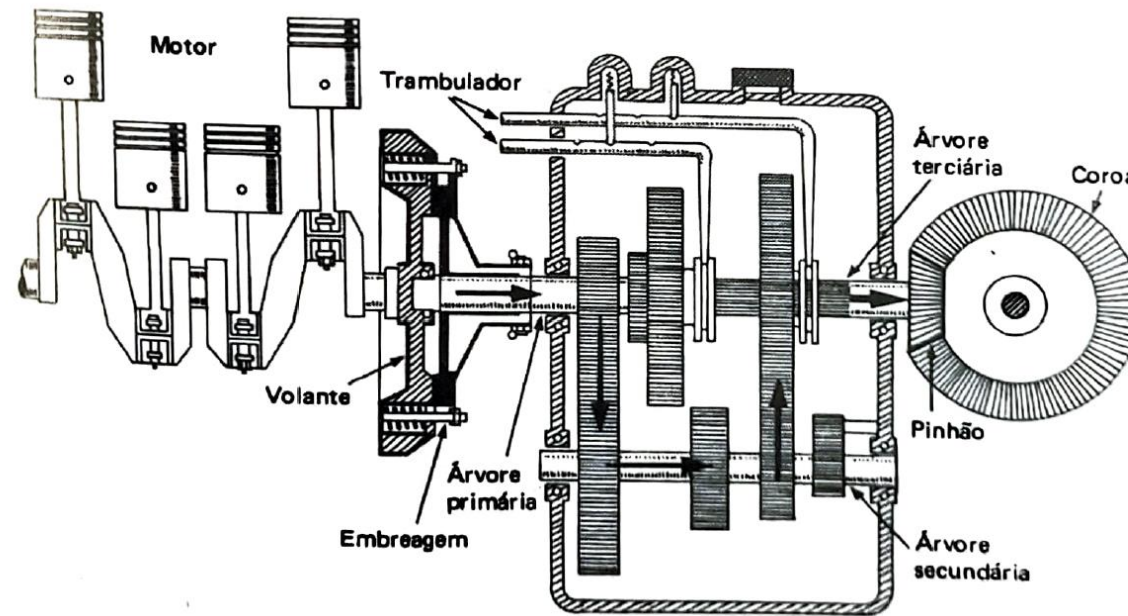
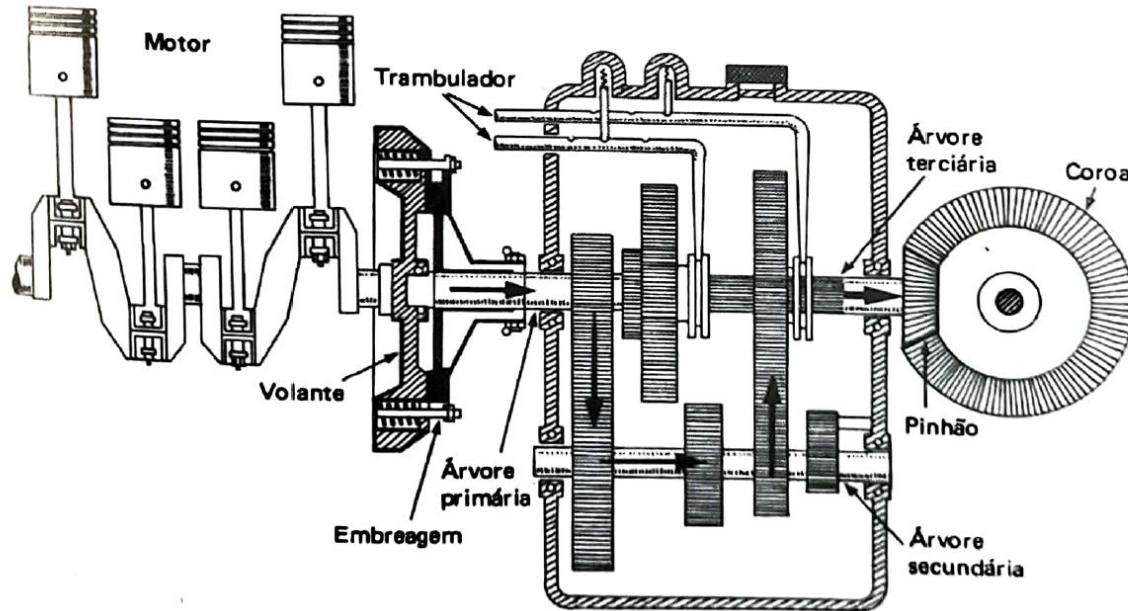


Figura 15 - Arranjo geral de uma caixa de marchas convencional de quatro velocidades, três à frente e uma à ré.  
Fonte: Mialhe (1980) apud Fiedler e Oliveira (2018).



# 5. Sistema de transmissão de potência

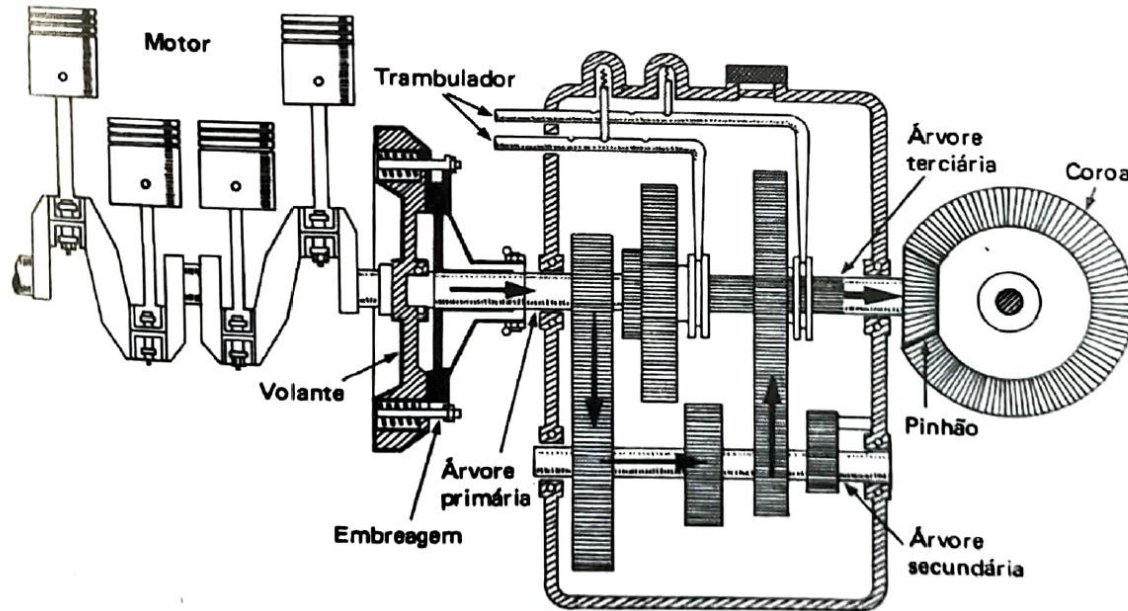
## 5.3.1 Caixa de convencional



- Nesta construção, as engrenagens deslocam-se em eixos com ranhuras para engatar-se às outras;
- Seu funcionamento baseia-se no recebimento do movimento do motor pela árvore primária (eixo piloto), por meio da embreagem;

# 5. Sistema de transmissão de potência

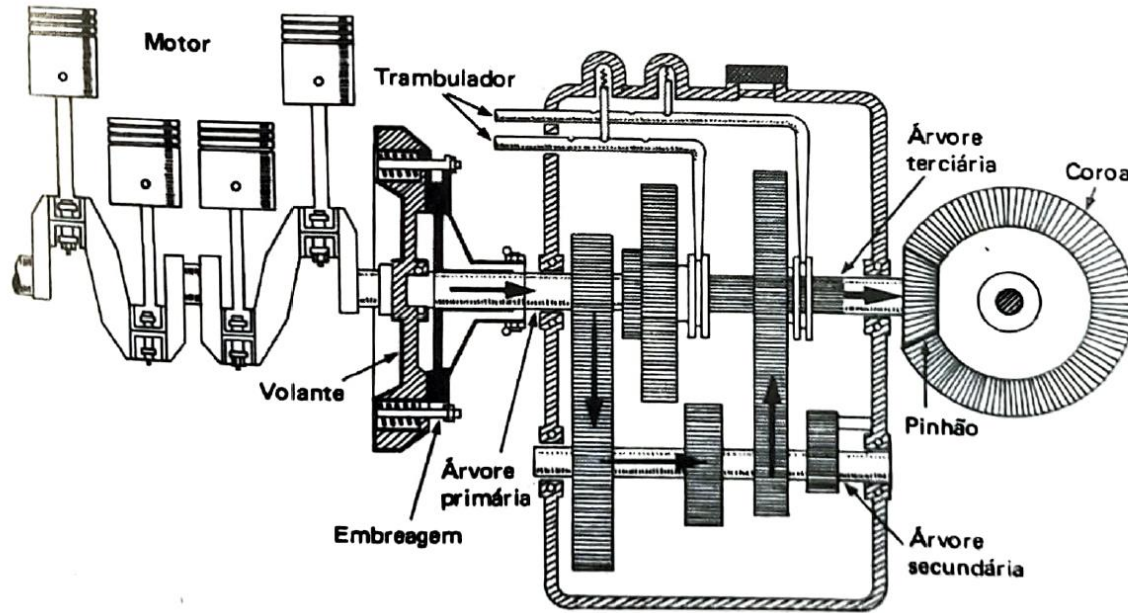
## 5.3.1 Caixa de convencional



- A rotação da árvore primária é transmitida para a **árvore secundária** (eixo intermediário ou carretel) **através do acoplamento permanente entre a engrenagem motora**, situada na extremidade da árvore primária, e a **engrenagem intermediária movida**, solidária a árvore secundária;

# 5. Sistema de transmissão de potência

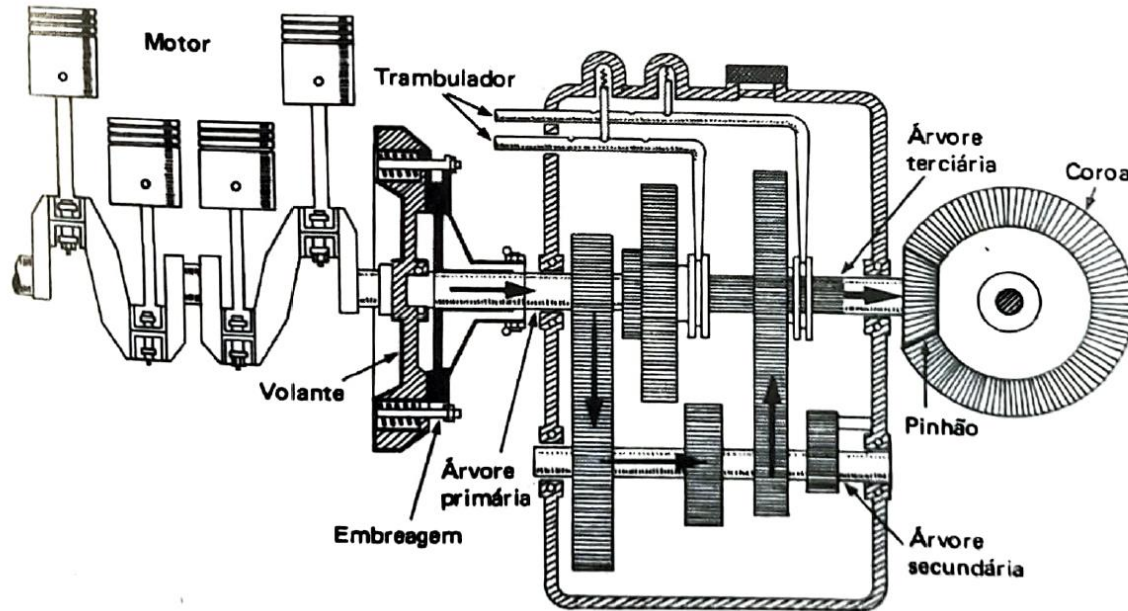
## 5.3.1 Caixa de convencional



- A árvore secundária possui várias engrenagens fixas, de tamanhos diferentes que combinam-se com as engrenagens deslizantes da árvore terciária (eixo entalhado), transmitindo a rotação a esta;
- A árvore terciária, com engrenagens das marchas avante, encontra-se acima da árvore secundária, no mesmo eixo longitudinal da árvore primária;

# 5. Sistema de transmissão de potência

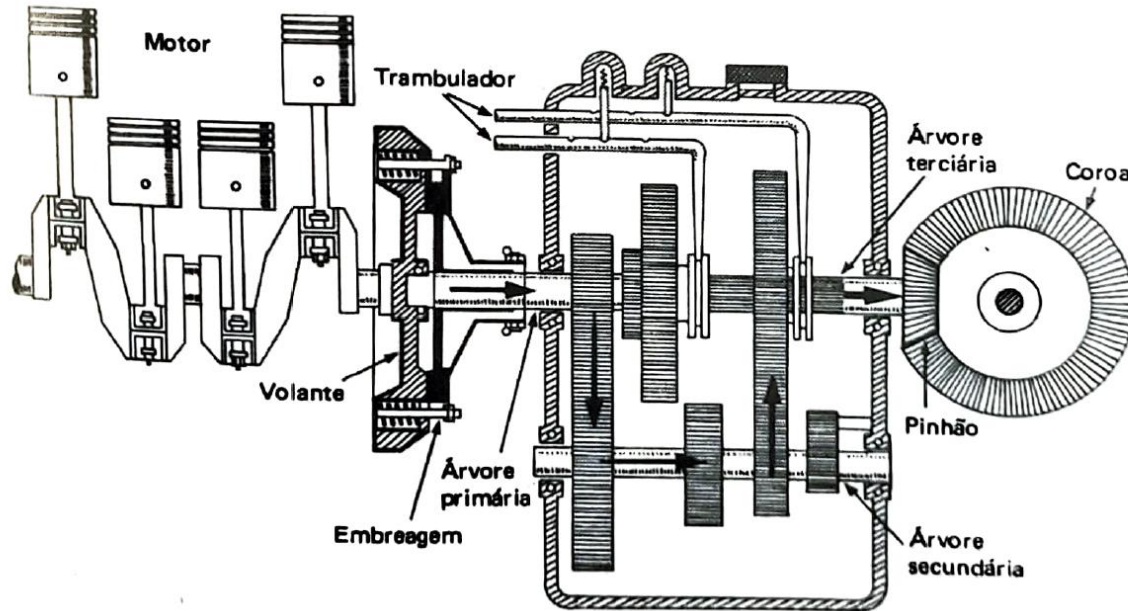
## 5.3.1 Caixa de convencional



- A velocidade de saída depende do número de pares e de dentes das engrenagens engatadas;

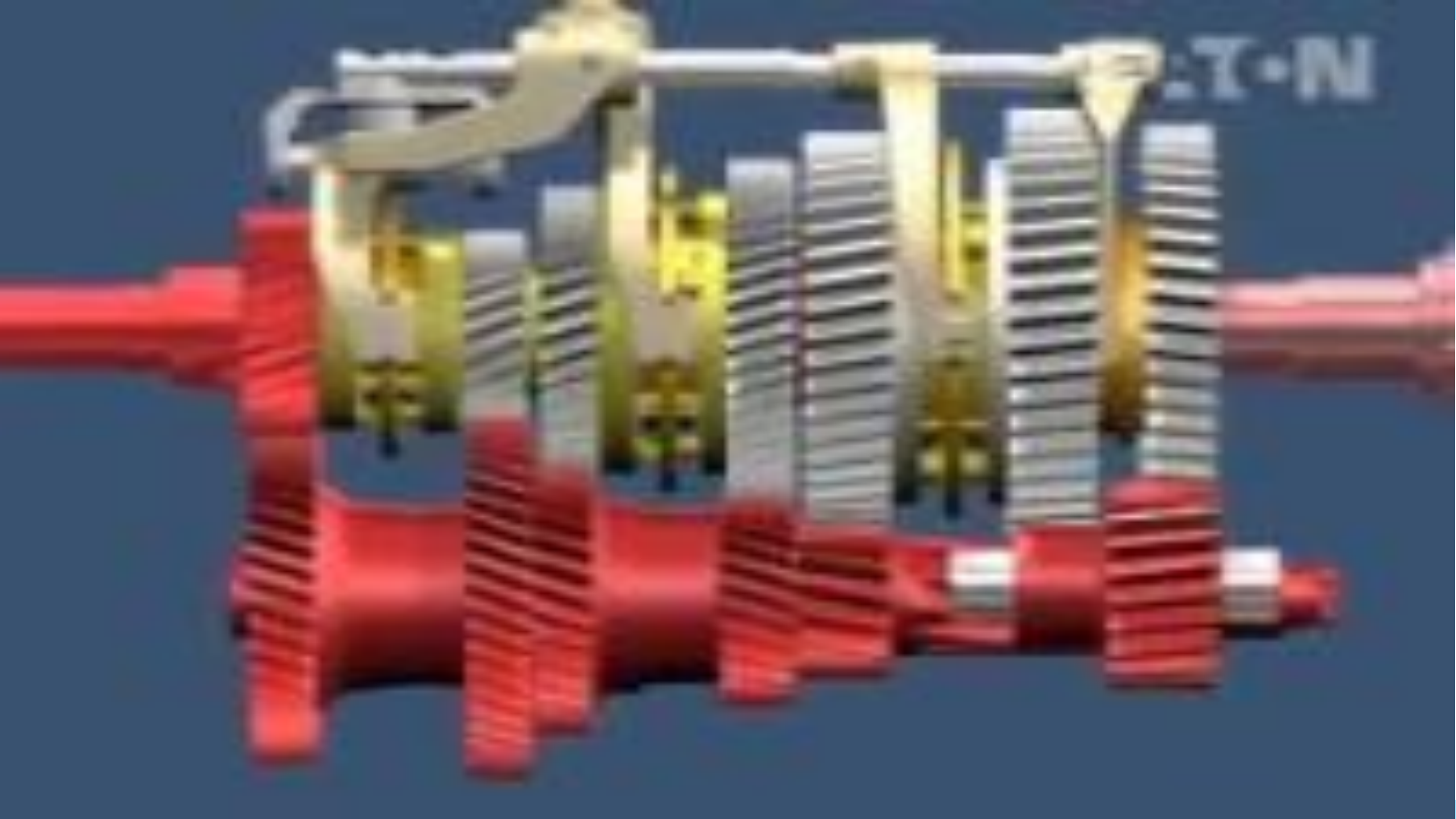
# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.3.1 Caixa de convencional



- A **marcha à ré**, ou seja, a mudança de sentido de movimento do trator, é obtida pela introdução de uma **engrenagem livre** (pinhão da ré ou pinhão livre), que encontra-se **acoplado a última engrenagem da árvore secundária**;
- As engrenagens deslizantes da árvore terciária são comandadas pela alavanca de mudança de marchas (alavanca de câmbio), cuja extremidade interna está acoplada à um sistema de garfos deslizantes (trambulador);





# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4 transmissão final

- A transmissão final é constituída pelo conjunto de mecanismos responsáveis pela transmissão de movimento da caixa de mudança de marchas para os rodados;
- Apresenta como composição: Coroa e pinhão, diferencial, semi-árvores motoras e redução final;

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4 transmissão final

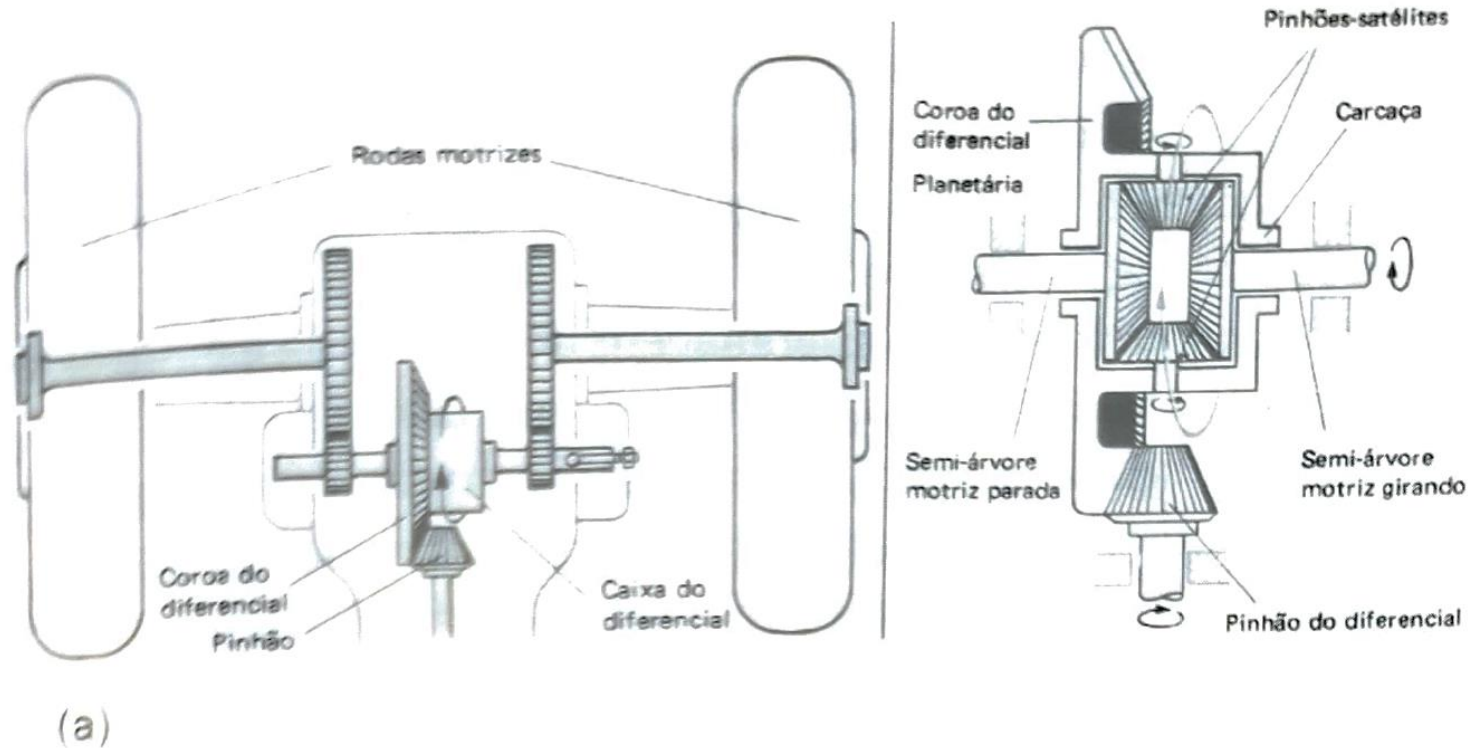


Figura 16 - a) Partes constituintes da transmissão final. (b) Mecanismo do diferencial (as setas indicam o sentido do movimento das engrenagens para um trator realizando uma curva). Fonte: Mialhe (1980) apud Fiedler e Oliveira (2018).



# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4.1 coroa e pinhão

- Tem como função **inverter em  $90^\circ$**  o eixo geométrico da linha de transmissão de movimento;
- O conjunto também é um **reductor de velocidade**, convertendo o torque com uma relação de transmissão fixa.

# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4.1 coroa e pinhão

- **Coroa**, também denominada de roda, esta engrenagem possui maior numero de dentes e fica acoplada às semi-árvores motoras, por meio do diferencial;
- **Pinhão**, conhecido também por carrete, esta engrenagem possui menor número de dentes, e está acoplado a árvore terciária ou a saída da caixas de marchas.

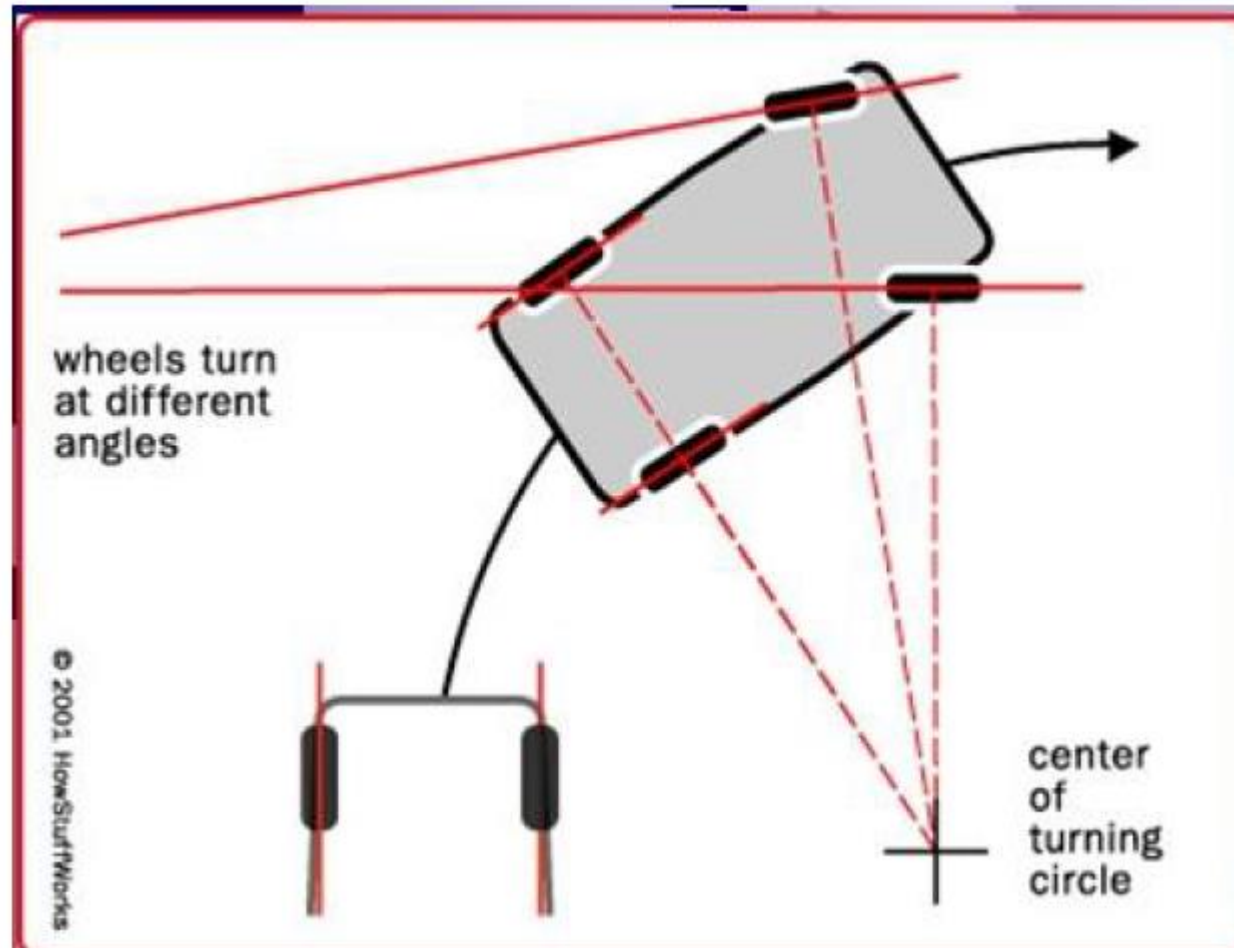
# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4.2 Diferencial

- Este mecanismo é responsável por compensar a diferença de rotação das motrizes;
- Quando o trator se deslocando em linha reta, as rodas giram com mesma rotação já quando o trator **faz uma curva**, as rodas que estão na **parte interna da curva giram a uma velocidade menor** que as rodas localizadas na **parte externa da curva**;

# 5. Sistema de transmissão de potência

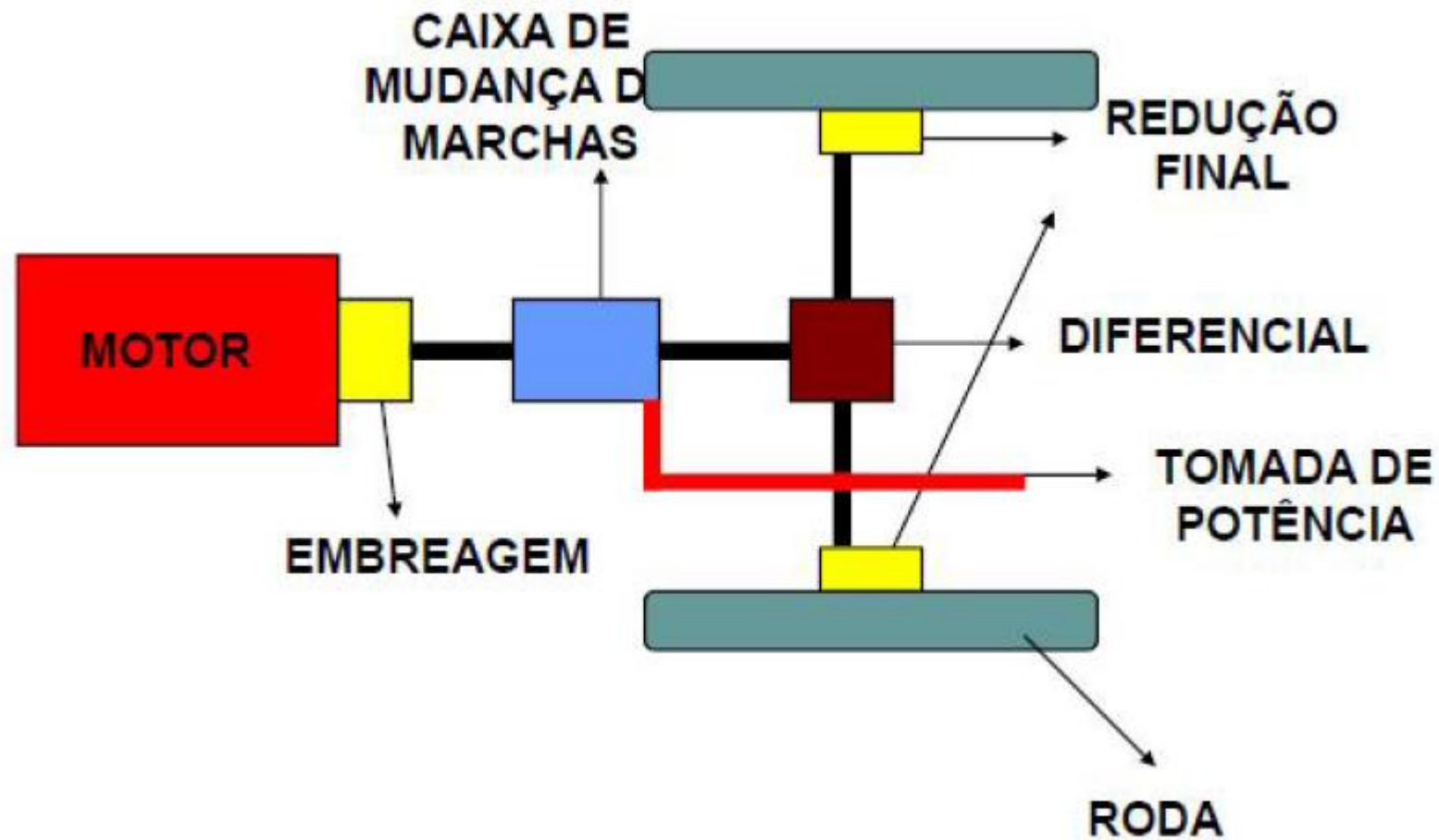
## 5.4.2 Diferencial





# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4.3 Resumo



# 5. Sistema de transmissão de potência

## 5.4.2 diferencial

- **Desvantagem do diferencial:** Funcionamento deficiente em solos desuniformes (teor de umidade). Provoca **patinamento diferente** entre as rodas.
  - Diferencial atua como se estivesse fazendo curva
- **Bloqueio do diferencial:** Acionamento de um dispositivo para interromper a ação do diferencial.
- **Exemplo:** Atolamento do trator. O bloqueio divide a rotação: 50% para cada lado
- **Cuidado para não fazer curvas!** (danificaria o diferencial)

## 6. Referências

- FERNANDES, H. C. Mecânica e mecanização agrícola. 36 p.
- FIEDLER, N. C.; OLIVEIRA, M. P. Motores e máquinas florestais. CAUFES: Alegre-ES, 323 p. 2018.