

main

June 25, 2023

Projete um rachador de troncos de madeira que seja seguro e que possua as seguintes características:

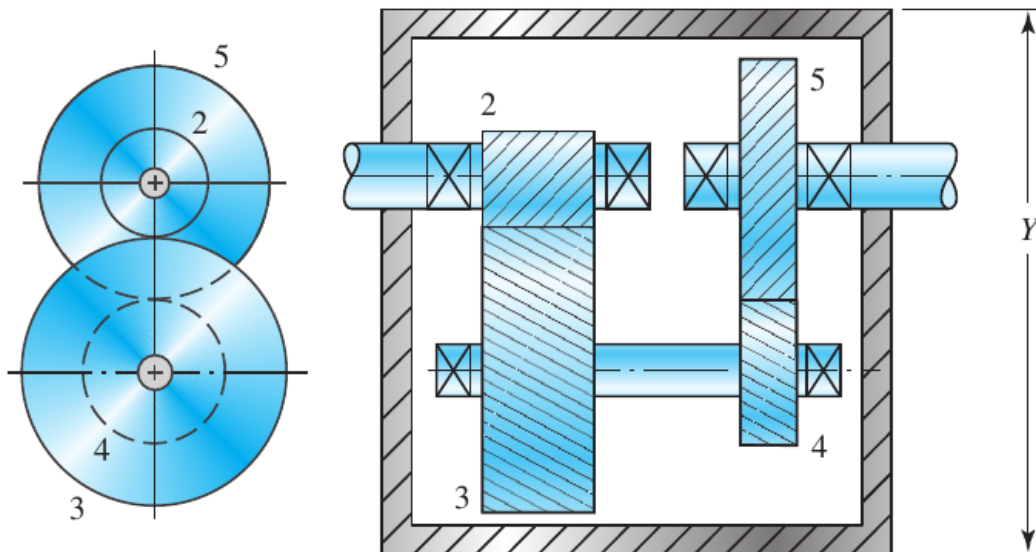
- Que possa ser guinchado a velocidades de rodovia atrás de uma caminhonete grande - Um motor a gasolina de 8 HP - Que acomode troncos de madeira de 2ft de comprimento - Que gere 15 toneladas de força de corte - Que tenha uma gaiola de segurança que cubra a área do tronco durante a divisão para prevenir ferimentos no operador.

```
[ ]: import sympy as sy
import numpy as np
import pandas as pd
from IPython.display import display, Math, Image
from math import radians, degrees, ceil
```

Neste projeto, a principal referência para os cálculos e configuração da caixa de redução é o Shigley's Mechanical Engineering Design

```
[ ]: Image('exemplo_shigley.png')
```

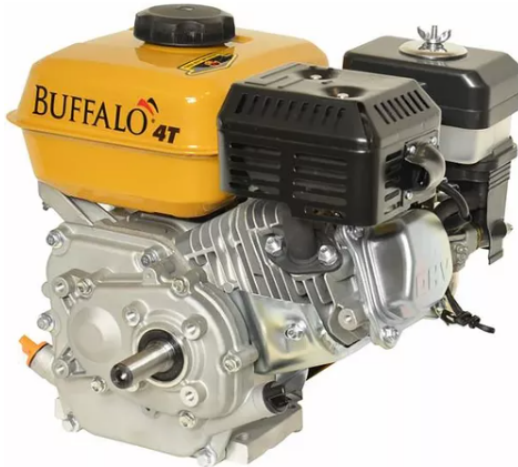
```
[ ]:
```




Todas as notações utilizadas nos cálculos seguem a mesma numeração da figura acima.

```
[ ]: Image('motor.png')
# https://produto.mercadolivre.com.br/
  ↪MLB-2868528523-motor-a-gasolina-buffalo-bfg-7hp-1800rpm-4t-com-reductor-b7r-_JM
```

[]:



Novo | +5 vendidos

Motor A Gasolina Buffalo Bfg 
7hp 1800rpm 4t Com Redu-
tor B7r

MAIS VENDIDO 12° em Motores Estacionários Buffalo

R\$ 1.498⁴⁸

em 12x R\$ 145²⁸

[Ver os meios de pagamento](#)

 **Chegará grátis sexta-feira**

Comprando dentro das próximas 11 h 45 min

[Ver mais formas de entrega](#)

 **Retire grátis a partir de quinta-feira em uma agência Mercado Livre**

Comprando dentro das próximas 11 h 45 min

[Ver no mapa](#)

Estoque disponível

```
[ ]: # Dados
H = 7           #hp - Potência nominal (motor mais próximo encontrado)
2 = 1800        #RPM - Rotação do eixo motor
5 = 30          #RPM - Rotação do eixo movido
display(f'Rotação de entrada (2): {sy.latex(2)} RPM')
display(f'Rotação de saída (5): {sy.latex(5)} RPM')
```

'Rotação de entrada (2): 1800 RPM'

'Rotação de saída (5): 30 RPM'

```
[ ]: # Redução final para um trem de engrenagens
# Ambos os estágios têm a mesma redução
e = 5 / 2
mG = sy.sqrt(2/5)
display(Math('e = \\frac{1}{%s} = \\frac{N_2}{N_3} \\frac{N_4}{N_5}'%sy.
  ↪latex(2/5)))
display(Math('\\frac{N_2}{N_3} = \\frac{N_4}{N_5} = \\sqrt{\\frac{1}{%s}} =_\\_
  ↪\\frac{1}{%s}'%(sy.latex(2/5), mG)))
```

$$e = \frac{1}{60.0} = \frac{N_2}{N_3} \frac{N_4}{N_5}$$

$$\frac{N_2}{N_3} = \frac{N_4}{N_5} = \sqrt{\frac{1}{60.0}} = \frac{1}{7.74596669241483}$$

```
[ ]: # Número de dentes
N2 = N4 = 16
N3 = ceil(mG*(N2)) # ceil() arredonda pro int acima
N5 = N3
display(Math(f'N_2 = N_4 = {sy.latex(N2)} teeth'))
display(Math(f'N_3 = N_5 = {sy.latex(N3)} teeth'))
```

$$N_2 = N_4 = 16 \text{teeth}$$

$$N_3 = N_5 = 124 \text{teeth}$$

```
[ ]: # Razão também é levemente arredondada
mG = N3/N2
```

```
[ ]: # Recalculando rotação de saída
5 = ((N2/N3)**2 * 2).evalf(4)
display(Math(f'\\omega_5 = {sy.latex(5)} RPM'))
```

$$\omega_5 = 29.97 \text{RPM}$$

```
[ ]: 3 = 4 = (N2/N3)*1800
display(Math(f'\\omega_3 = \\omega_4 = %s RPM'%sy.latex(3.evalf(3)))))
```

$$\omega_3 = \omega_4 = 232.0 \text{RPM}$$

Determinando torques usando a relação de potência:

$$H = T_2\omega_2 = T_5\omega_5$$

```
[ ]: T2 = (H/2)*((550))*(1/(2*np.pi))*(60)
display(Math(f'T_2 = {T2:.2f} \text{ lbf.ft}'))
```

$$T_2 = 20.42 \text{lbf.ft}$$

```
[ ]: T3 = T2 * (2/3)
display(Math(f'T_3 = {T3:.2f} \text{ lbf.ft}'))
```

$$T_3 = 158.29 \text{lbf.ft}$$

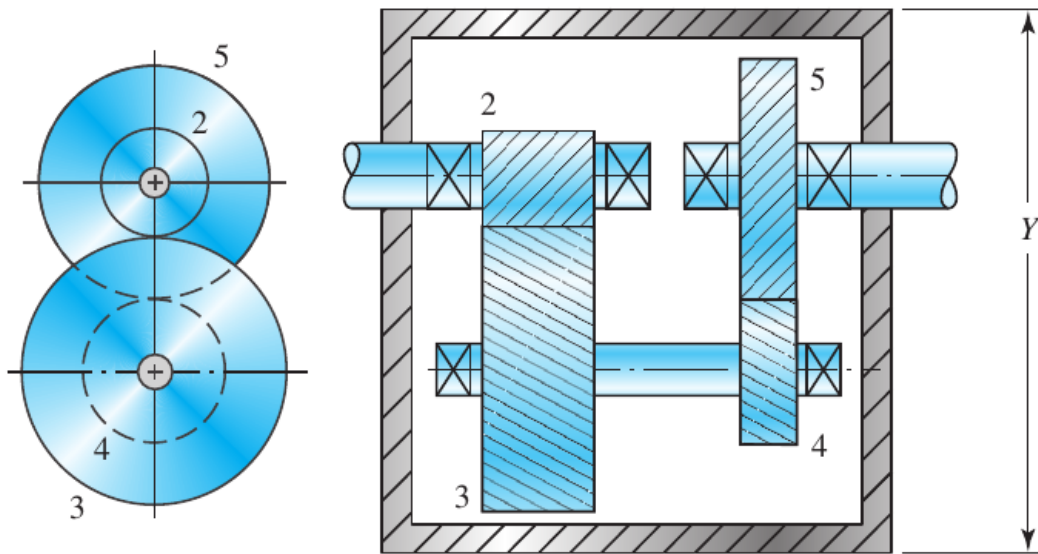
```
[ ]: T5 = T2 * (2/5)
display(Math(f'T_5 = {T5:.2f} \text{ lbf.ft}'))
```

$$T_5 = 1226.77 \text{lbf.ft}$$

Foi necessário definir um valor máximo pra altura da caixa. Como neste projeto, em relação às dimensões, o único requisito é que seja transportado numa caminhonete, para uma caixa de reduções existem infinitas possibilidades. Arbitrariamente, escolheu-se 25in para a altura Y, de acordo com a figura abaixo.

```
[ ]: Image('exemplo_shigley.png')
```

```
[ ]:
```



Nota-se que

$$Y = d_3 + \frac{d_2}{2} + \frac{d_5}{2} + \frac{2}{P} + folga + espessura$$

$$Y = \frac{N_3}{P} + \frac{N_2}{2P} + \frac{N_5}{2P} + \frac{2}{P} + folga + espessura$$

Como escolheu-se $Y = 41\text{in}$, $folga = 0.5\text{in}$ e $espessura = 1\text{in}$, pode-se resolver essa equação para P afim de encontrar o passo diametral mínimo para esta altura de caixa.

Obs.: espessura da parede da caixa

```
[ ]: # Dimensões pensadas para a caixa (in)
Y = 41          # Altura
folga = 0.5     # Folga no interior da caixa para não dar interferência
espessura = 1   # Espessura da caixa
```

```
[ ]: # Estimou-se o passo diametral mínimo com base na altura Y
P_min = (N3 + N2/2 + N5/2 + 2) / (Y - folga - espessura)
display(f'P_min = {P_min} teeth/in')
```

```
'P_min = 4.96202531645570 teeth/in'
```

```
[ ]: # Arredondou-se para o próximo passo diametral padrão acima do mínimo obtido.
P = 5          # TODO: Caso altere valores no projeto, conferir P
d2 = d4 = N2 / P
display(Math(f'd_2 = d_4 = {sy.latex(d2)} in'))
d3 = d5 = N3 / P
display(Math(f'd_3 = d_5 = {sy.latex(d3.evalf())} in'))
```

```
dp = d2
```

$$d_2 = d_4 = 3.2in$$

$$d_3 = d_5 = 24.8in$$

```
[ ]: # Velocidade na linha primitiva
V23 = (np.pi*d2* 2/12)
display(Math('V_{23} = %s ft/min'%sy.latex(V23)))
V45 = (np.pi*d5* 5/12)
display(Math('V_{45} = %s ft/min'%sy.latex(V45)))
```

$$V_{23} = 1507.9644737231ft/min$$

$$V_{45} = 194.575849997023ft/min$$

```
[ ]: # Carga transmitida
W23 = (33000*(H/V23))
display(Math("W^t_{23} = %s lbf"%W23))
W45 = (33000*(H/V45))
display(Math("W^t_{45} = %s lbf"%W45))
```

$$W_{23}^t = 153.18663272594927lbf$$

$$W_{45}^t = 1187.19769181805lbf$$

0.1 Desgaste da Engrenagem 4

0.1.1 Está é a engrenagem mais crítica do projeto, que transmite a maior carga

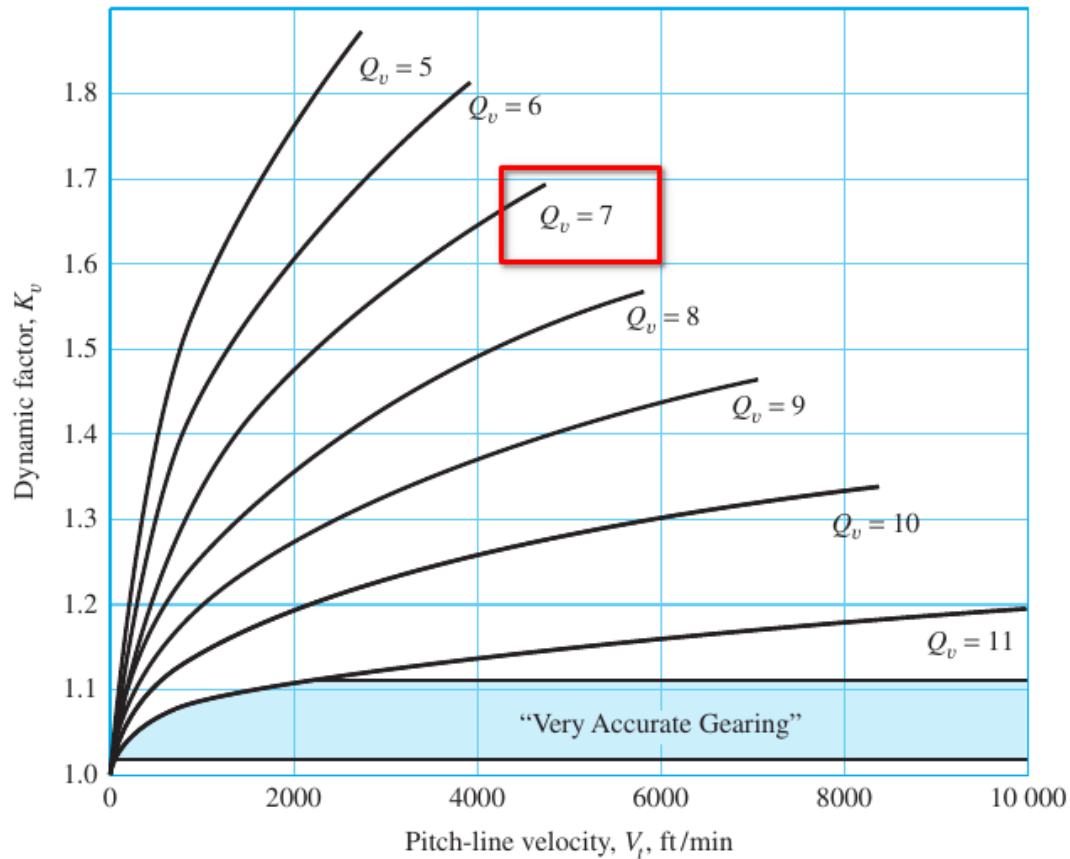
```
[ ]: mN = 1      # para este tipo de engrenagem
Φ = radians(20)
I = ((np.cos(Φ)*np.sin(Φ))/(2*mN))*(mG / (mG+1))
display(Math(f'I = {I:.5f}'))
```

$$I = 0.14233$$

A AGMA define um conjunto de números de qualidade, Q_v . Números de qualidade de 3 a 7 incluem maior parte das engrenagens comerciais. De 8 a 12 inclui engranagens de extrema precisão. Neste projeto, escolheu-se $Q_v = 7$.

```
[ ]: Image('qv.png')
```

```
[ ]:
```



```
[ ]: # Kv - Fator Dinamico

Qv = 7

B = 0.25*(12 - Qv)**(2/3)
A = 50+56*(1-B)

Kv = ((A + sy.sqrt(V45)) / A)**B
display(Math(f'K_v = {Kv}'))
```

$K_v = 1.15256735362156$

```
[ ]: # Largura de face
F = 3*(np.pi/P)
display(Math(f'F = {sy.latex(F)} in'))

# Arredondou-se F = 2in
F = 2 #TODO: Conferir caso haja alteração
display(Math(f'F = {sy.latex(F)} in'))
```

$$F = 1.88495559215388in$$

$$F = 2in$$

```
[ ]: Image('table14-9.png') # Utilizado em Cma
```

```
[ ]:
```

Table 14-9

Empirical Constants A , B , and C for Eq. (14-34), Face Width F in Inches*

Source: ANSI/AGMA 2001-D04.

Condition	A	B	C
Open gearing	0.247	0.0167	$-0.765(10^{-4})$
Commercial, enclosed units	0.127	0.0158	$-0.930(10^{-4})$
Precision, enclosed units	0.0675	0.0128	$-0.926(10^{-4})$
Extraprecision enclosed gear units	0.00360	0.0102	$-0.822(10^{-4})$

*See ANSI/AGMA 2101-D04, pp. 20–22, for SI formulation.

```
[ ]: # Fator de distribuição de carga Km
```

```
Cpf = ((F)/(10*(d4))) - 0.0375 + 0.0125*(F)
display(Math('C_{pf} = %s'%Cpf))

Cmc = 1
Cpm = 1
Cma = 0.127 + 0.0158*(F) + (-0.930*10**-4)*(F)**2
display(Math('C_{ma} = %s'%Cma))
Ce = 1

Km = 1 + Cmc*(Cpf*Cpm + Cma*Ce)
display(Math('K_m = %s'%Km))
```

$$C_{pf} = 0.05$$

$$C_{ma} = 0.158228$$

$$K_m = 1.208228$$

```
[ ]: Image('table14-8.png')
```

```
[ ]:
```

Table 14-8

Elastic Coefficient C_p (Z_E), $\sqrt{\text{psi}}$ ($\sqrt{\text{MPa}}$) Source: AGMA 218.01

Pinion Material	Pinion Modulus of Elasticity E_p psi (MPa)*	Gear Material and Modulus of Elasticity E_G , lbf/in ² (MPa)*					
		Steel 30×10^6 (2×10^5)	Malleable Iron 25×10^6 (1.7×10^5)	Nodular Iron 24×10^6 (1.7×10^5)	Cast Iron 22×10^6 (1.5×10^5)	Aluminum Bronze 17.5×10^6 (1.2×10^5)	Tin Bronze 16×10^6 (1.1×10^5)
Steel	30×10^6 (2×10^5)	2300 (191)	2180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Malleable iron	25×10^6 (1.7×10^5)	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Nodular iron	24×10^6 (1.7×10^5)	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Cast iron	22×10^6 (1.5×10^5)	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Aluminum bronze	17.5×10^6 (1.2×10^5)	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Tin bronze	16×10^6 (1.1×10^5)	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

Poisson's ratio = 0.30.

```
[ ]: Cp = 2300
```

```
[ ]: # Considerou-se 1 (AGMA)
Ko = Ks = Cf = 1
```

```
[ ]: # Tensão de contato
c = Cp*sy.sqrt(W45*Ko*Kv*Ks*(Km/(dp*F))*(Cf/I))
display(Math(f'\sigma_c = \{int(c)\} psi'))
```

$$\sigma_c = 97984 \text{ psi}$$

```
[ ]: # Número de ciclos para vida de 12000 h
L4 = 12000*60* 4
display(Math(f'L_4 = \{(L4*10**-8):.3f\} *10 rev'))
```

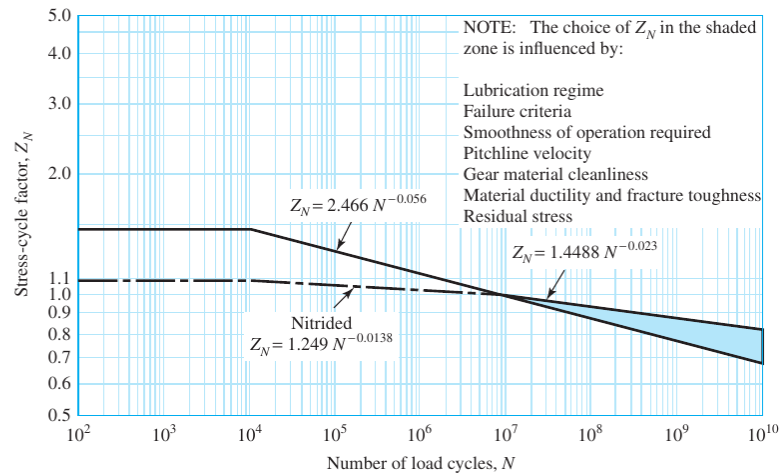
$$L_4 = 1.672 * 10^8 \text{ rev}$$

```
[ ]: Image('figure14-15.png')
```

```
[ ]:
```


Figure 14-15

Pitting resistance stress-cycle factor Z_N (ANSI/AGMA 2001-D04.)



```
[ ]: # Fator de vida
ZN = 1.4488*L4**-0.023
display(Math(f'Z_N = {ZN:.3f}'))
```

$$Z_N = 0.937$$

```
[ ]: # Fator de confiabilidade, temperatura e razão de dureza
KR = KT = CH = 1
```

```
[ ]: # Considerou-se fator de projeto de 1.2
SH = 1.2
SC = SH*c / ZN
display(Math(f'S_c = {int(SC)} psi'))
```

$$S_c = 125448psi$$

```
[ ]: Image('table14-6.png')
```

```
[ ]:
```

Table 14-6Repeatedly Applied Contact Strength S_c at 10^7 Cycles and 0.99 Reliability for Steel Gears

Source: ANSI/AGMA 2001-D04.

Material Designation	Heat Treatment	Minimum Surface Hardness ¹	Allowable Contact Stress Number, ² S_c , psi		
			Grade 1	Grade 2	Grade 3
Steel ³	Through hardened ⁴	See Fig. 14-5	See Fig. 14-5	See Fig. 14-5	—
	Flame ⁵ or induction hardened ⁵	50 HRC	170 000	190 000	—
		54 HRC	175 000	195 000	—
	Carburized and hardened ⁶	See Table 9*	180 000	225 000	275 000
	Nitrided ⁵ (through hardened steels)	83.5 HR15N	150 000	163 000	175 000
		84.5 HR15N	155 000	168 000	180 000
2.5% chrome (no aluminum)	Nitrided ⁵	87.5 HR15N	155 000	172 000	189 000
Nitralloy 135M	Nitrided ⁵	90.0 HR15N	170 000	183 000	195 000
Nitralloy N	Nitrided ⁵	90.0 HR15N	172 000	188 000	205 000
2.5% chrome (no aluminum)	Nitrided ⁵	90.0 HR15N	176 000	196 000	216 000

```
[ ]: SC = 150000
```

```
[ ]: # Fator de Segurança recalculado
nc = (SC*ZN) / c
display(Math(f'n_c = {nc}'))
```

$$n_c = 1.43485270922380$$

0.2 Flexão engrenagem 4

```
[ ]: Image('figure14-6.png')
# Fator de geometria J
```

```
[ ]:
```

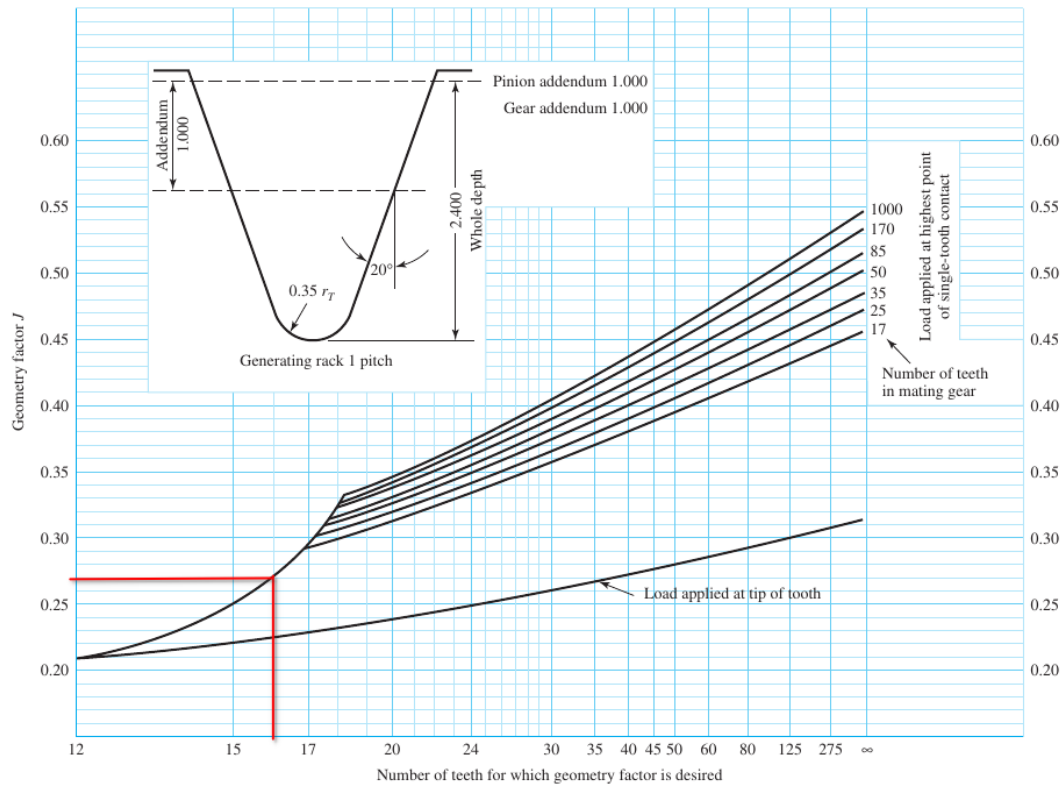


Figure 14-6

Spur-gear geometry factors J . Source: The graph is from AGMA 218.01, which is consistent with tabular data from the current AGMA 908-B89. The graph is convenient for design purposes.

```
[ ]: J = 0.27
```

```
[ ]: = W45*Kv*(P/F)*((Km)/J)
display(Math(f'\sigma = \{:.0f\} \text{ psi}'))
```

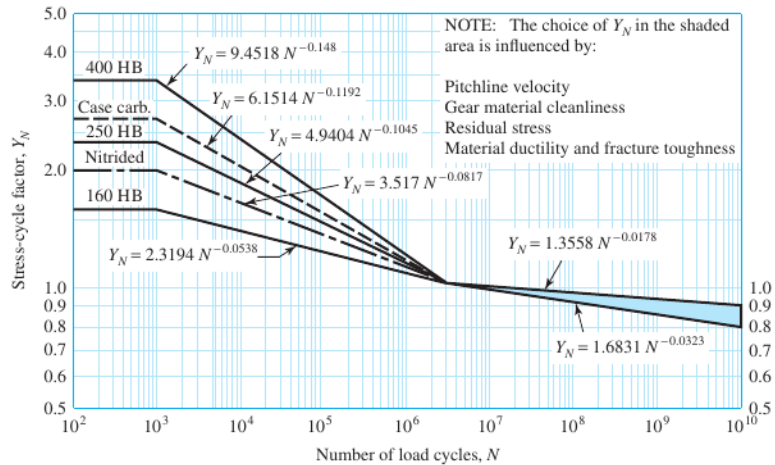
$\sigma = 15308 \text{ psi}$

```
[ ]: Image('figure14-14.png')
```

```
[ ]:
```

Figure 14-14

Repeatedly applied bending strength stress-cycle factor Y_N .
(ANSI/AGMA 2001-D04.)



```
[ ]: YN = 1.6831*L4**-0.0323
display(Math(f'Y_N = {YN:.3f}'))
```

$$Y_N = 0.913$$

```
[ ]: Image('table14-3.png')
```

```
[ ]:
```

Table 14-3

Repeatedly Applied Bending Strength S_t at 10^7 Cycles and 0.99 Reliability for Steel Gears

Source: ANSI/AGMA 2001-D04.

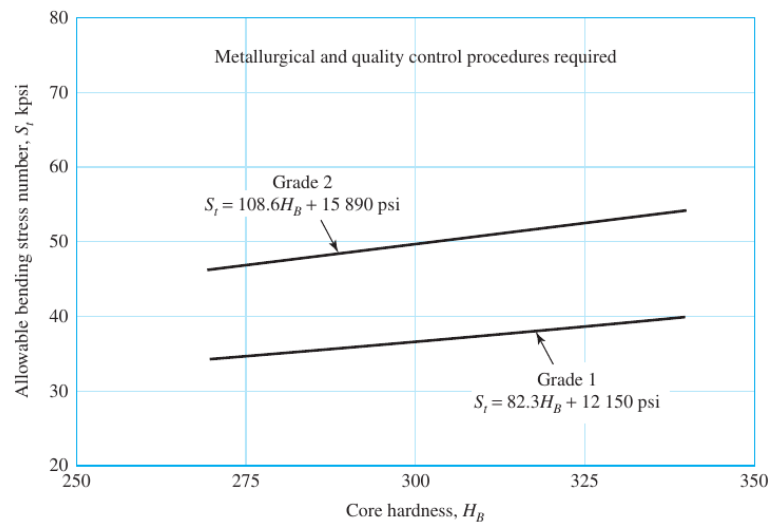
Material Designation	Heat Treatment	Minimum Surface Hardness ¹	Allowable Bending Stress Number S_t^2 , psi		
			Grade 1	Grade 2	Grade 3
Steel ³	Through-hardened Flame ⁴ or induction hardened ⁴ with type A pattern ⁵	See Fig. 14-2 See Table 8*	See Fig. 14-2 45 000	See Fig. 14-2 55 000	—
	Flame ⁴ or induction hardened ⁴ with type B pattern ⁵	See Table 8*	22 000	22 000	—
	Carburized and hardened	See Table 9*	55 000	65 000 or 70 000 ⁶	75 000
	Nitrided ^{4,7} (through-hardened steels)	83.5 HR15N	See Fig. 14-3	See Fig. 14-3	—
Nitralloy 135M, Nitralloy N, and 2.5% chrome (no aluminum)	Nitrided ^{4,7}	87.5 HR15N	See Fig. 14-4	See Fig. 14-4	See Fig. 14-4

```
[ ]: Image('figure14-3.png')
```

```
[ ]:
```

Figure 14-3

Allowable bending stress number for nitrided through-hardened steel gears (i.e., AISI 4140, 4340), S_t . The SI equations are: $S_t = 0.568H_B + 83.8$ MPa, grade 1, and $S_t = 0.749H_B + 110$ MPa, grade 2. (Source: ANSI/AGMA 2001-D04 and 2101-D04.)



```
[ ]: St = 82.3*325 + 12150
     _all = St*YN
     display(Math('\sigma_{all} = %s psi'%( _all)))
```

$\sigma_{all} = 35515.5801174513psi$

```
[ ]: # Fator de segurança para flexão da engrenagem 4
     n = _all /
     display(Math(f'n = {n}'))
```

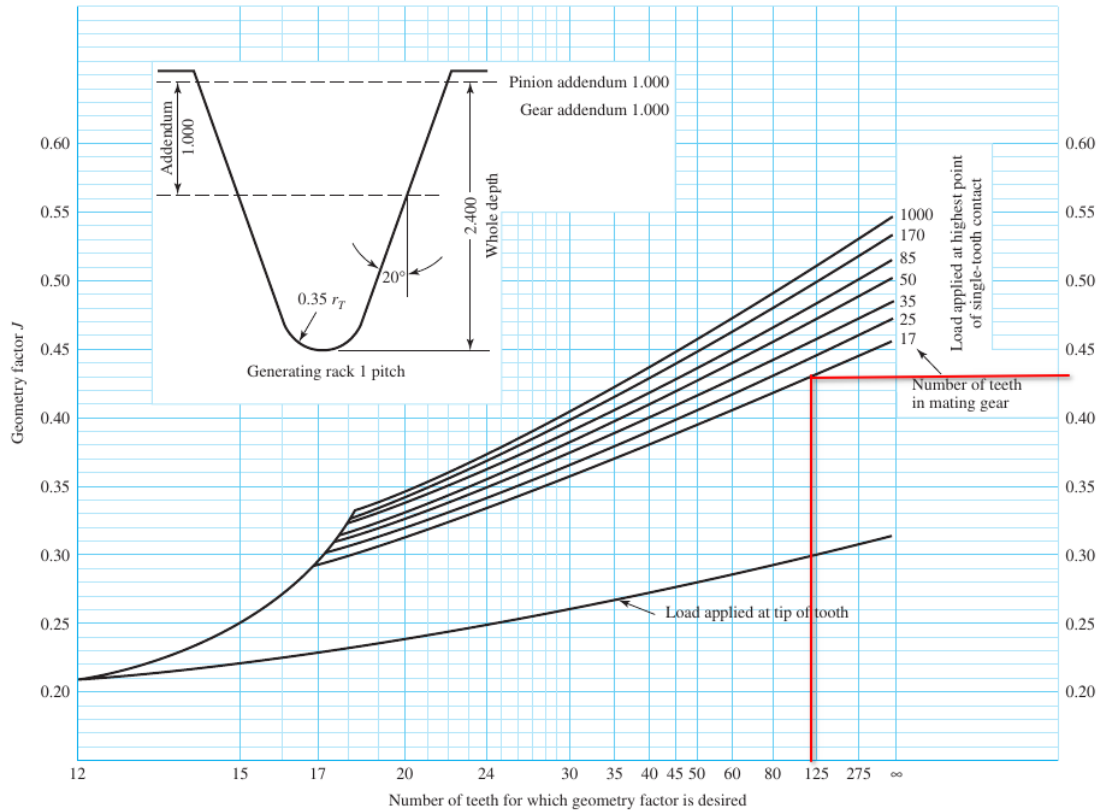
$n = 2.32008776977278$

0.3 Flexão e Desgaste da Engrenagem 5

0.3.1 Quase tudo é o mesmo que a Engrenagem 4, exceto J, Y_N, Z_N

```
[ ]: Image('14-6-2.png')
```

```
[ ]:
```



```
[ ]: J = 0.43
L5 = 12000*60* 5
display(Math(f'L_5 = {(L5*10**-7):.3f} *10 rev'))
```

$$L_5 = 2.158 * 10^7 rev$$

```
[ ]: YN = 1.6831*L5**-0.0323
display(Math(f'Y_N = {YN:.3f}'))
```

$$Y_N = 0.975$$

```
[ ]: ZN = 1.4488*L5**-0.023
display(Math(f'Z_N = {ZN:.3f}'))
```

$$Z_N = 0.982$$

```
[ ]: # Tensão de contato
c = Cp*sy.sqrt(W45*Ko*Kv*Ks*(Km/(dp*F))*(Cf/I))
display(Math(f'\sigma_c = {int(c)} psi'))
```

$$\sigma_c = 97984 psi$$

```
[ ]: = W45*Kv*(P/F)*((Km)/J)
display(Math(f'\sigma = {:.0f} psi'))
```

$$\sigma = 9612psi$$

```
[ ]: nc = (SC*ZN) / c
display(Math(f'n_c = {nc}'))
```

$$n_c = 1.50404657502894$$

```
[ ]: _all = St*YN
display(Math('\sigma_{all} = %s psi'%(_all)))
```

$$\sigma_{all} = 37944.0244351238psi$$

```
[ ]: n = _all /
display(Math(f'n = {n}'))
```

$$n = 3.94760403814920$$

0.4 Desgaste Engrenagem 2

```
[ ]: # Kv - Fator Dinamico
```

$$Q_v = 7$$

$$B = 0.25*(12 - Q_v)**(2/3)$$

$$A = 50+56*(1-B)$$

$$K_v = ((A + \text{sy.sqrt}(V23)) / A)**B$$

$$\text{display}(\text{Math}(f'K_v = \{K_v\}'))$$

$$K_v = 1.40794142055001$$

```
[ ]: # Reduziu-se para F = 1.5in já que essa engrenagem é menos requisitada
F = 1.5 #TODO: Conferir caso haja alteração
display(Math(f'F = {sy.latex(F)} in'))
```

$$F = 1.5in$$

```
[ ]: # Fator de distribuição de carga Km
```

$$C_{pf} = ((F)/(10*(dp))) - 0.0375 + 0.0125*(F)$$

$$\text{display}(\text{Math}(f'C_{pf} = \%s\%C_{pf}))$$

$$C_{mc} = 1$$

$$C_{pm} = 1$$

$$C_{ma} = 0.127 + 0.0158*(F) + (-0.930*10**{-4})*(F)**2$$

$$\text{display}(\text{Math}(f'C_{ma} = \%s\%C_{ma}))$$

$$C_e = 1$$

```
Km = 1 + Cmc*(Cpf*Cpm + Cma*Ce)
display(Math('K_m = %s'%Km))
```

$$C_{pf} = 0.028125000000000004$$

$$C_{ma} = 0.15049075$$

$$K_m = 1.17861575$$

```
[ ]: c = Cp*sy.sqrt(W23*Ko*Kv*Ks*(Km/(dp*F)))*(Cf/I))
display(Math(f'\sigma_c = {int(c)} psi'))
```

$$\sigma_c = 44365 \text{ psi}$$

```
[ ]: L2 = 12000*60* 2
display(Math(f'L_2 = {(L2*10**-9):.3f} *10 rev'))
```

$$L_2 = 1.296 * 10^9 \text{ rev}$$

```
[ ]: ZN = 1.4488*L2**-0.023
display(Math(f'Z_N = {ZN:.3f}'))
```

$$Z_N = 0.894$$

```
[ ]: SC = SH* c / ZN
display(Math(f'S_c = {int(SC)} psi'))
```

$$S_c = 59539 \text{ psi}$$

```
[ ]: Image('table14-6.png')
```

```
[ ]:
```

Table 14-6

Repeatedly Applied Contact Strength S_c at 10^7 Cycles and 0.99 Reliability for Steel Gears

Source: ANSI/AGMA 2001-D04.

Material Designation	Heat Treatment	Minimum Surface Hardness ¹	Allowable Contact Stress Number, ² S_c , psi	Grade 1	Grade 2	Grade 3
Steel ³	Through hardened ⁴	See Fig. 14-5	See Fig. 14-5	See Fig. 14-5	See Fig. 14-5	—
	Flame ⁵ or induction hardened ⁵	50 HRC	170 000	190 000	—	—
		54 HRC	175 000	195 000	—	—
	Carburized and hardened ⁴	See Table 9*	180 000	225 000	275 000	—
	Nitrided ⁵ (through hardened steels)	83.5 HR15N	150 000	163 000	175 000	—
		84.5 HR15N	155 000	168 000	180 000	—
		87.5 HR15N	155 000	172 000	189 000	—
2.5% chrome (no aluminum)	Nitrided ⁵	87.5 HR15N	155 000	172 000	189 000	—
Nitralloy 135M	Nitrided ⁵	90.0 HR15N	170 000	183 000	195 000	—
Nitralloy N	Nitrided ⁵	90.0 HR15N	172 000	188 000	205 000	—
2.5% chrome (no aluminum)	Nitrided ⁵	90.0 HR15N	176 000	196 000	216 000	—


```
[ ]: SC = 150000
```

```
[ ]: nc = (SC*ZN) / c
display(Math(f'n_c = {nc}'))
```

$$n_c = 3.02318200262943$$

0.5 Flexão Engrenagem 2

```
[ ]: J = 0.27 # Assim como engrenagem 5
YN = 1.6831*L2**-0.0323
display(Math(f'Y_N = {YN:.3f}'))
```

$$Y_N = 0.855$$

```
[ ]: = W23*Kv*(P/F)*((Km)/J)
display(Math(f'\sigma = {:.0f} psi'))
```

$$\sigma = 3138psi$$

```
[ ]: Image('table14-3.png')
```

```
[ ]:
```

Table 14-3

Repeatedly Applied Bending Strength S_t at 10^7 Cycles and 0.99 Reliability for Steel Gears

Source: ANSI/AGMA 2001-D04.

Material Designation	Heat Treatment	Minimum Surface Hardness ¹	Allowable Bending Stress Number S_t ² psi		
			Grade 1	Grade 2	Grade 3
Steel ³	Through-hardened	See Fig. 14-2	45 000	55 000	—
	Flame ⁴ or induction hardened ⁴ with type A pattern ⁵	See Table 8*			
	Flame ⁴ or induction hardened ⁴ with type B pattern ⁵	See Table 8*	22 000	22 000	—
	Carburized and hardened	See Table 9*	55 000	65 000 or 70 000 ⁶	75 000
	Nitrided ^{4,7} (through-hardened steels)	83.5 HR15N	See Fig. 14-3	See Fig. 14-3	—
Nitralloy 135M, Nitralloy N, and 2.5% chrome (no aluminum)	Nitrided ^{4,7}	87.5 HR15N	See Fig. 14-4	See Fig. 14-4	See Fig. 14-4

```
[ ]: _all = St*YN
display(Math(f'\sigma_{all} = %s psi'%(_all)))
```

$$\sigma_{all} = 33242.56050678136psi$$

```
[ ]: n = _all /
display(Math(f'n = {n:.3f}'))
```

$n = 10.593$

0.6 Desgaste e Flexão Engrenagem 3

```
[ ]: # Fator de distribuição de carga Km

Cpf = ((F)/(10*(dp))) - 0.0375 + 0.0125*(F)
display(Math('C_{pf} = %s'%Cpf))

Cmc = 1
Cpm = 1
Cma = 0.127 + 0.0158*(F) + (-0.930*10**-4)*(F)**2
display(Math('C_{ma} = %s'%Cma))
Ce = 1

Km = 1 + Cmc*(Cpf*Cpm + Cma*Ce)
display(Math('K_m = %s'%Km))
```

$C_{pf} = 0.028125000000000004$

$C_{ma} = 0.15049075$

$K_m = 1.17861575$

```
[ ]: J = 0.43
L3 = 12000*60* 3
display(Math(f'L_3 = {(L3*10**-8):.3f} *10 rev'))

YN = 1.6831*L3**-0.0323
display(Math(f'Y_N = {YN:.3f}'))

ZN = 1.4488*L3**-0.023
display(Math(f'Z_N = {ZN:.3f}'))

c = Cp*sy.sqrt(W23*Ko*Kv*Ks*(Km/(dp*F))*(Cf/I))
display(Math(f'\sigma_c = {int(c)} psi'))

= W23*Kv*(P/F)*((Km)/J)
display(Math(f'\sigma = {:.0f} psi'))

SC = SH* c / ZN
display(Math(f'S_c = {int(SC)} psi'))

_all = St*YN
display(Math(f'\sigma_{all} = %s psi'%(_all)))
```

```
nc = (SC*ZN) / c
display(Math(f'n_c = {nc}'))

n = _all /
display(Math(f'n = {n:.3f}'))
```

$$L_3 = 1.672 * 10^8 rev$$

$$Y_N = 0.913$$

$$Z_N = 0.937$$

$$\sigma_c = 44365 psi$$

$$\sigma = 1971 psi$$

$$S_c = 56800 psi$$

$$\sigma_{all} = 35515.5801174513 psi$$

$$n_c = 1.2000000000000000$$

$$n = 18.023$$

Resumo:

$$P = 5$$

```
[ ]: display(Math(f'd_2 = {d2} in, F = 1.5 in, 16 teeth'))
display(Math(f'd_3 = {d3.evalf(3)} in, F = 1.5 in, 124 teeth'))
display(Math(f'd_4 = {d4} in, F = 2 in, 16 teeth'))
display(Math(f'd_5 = {d5.evalf(3)} in, F = 2 in, 124 teeth'))
```

$$d_2 = 3.2 in, F = 1.5 in, 16 teeth$$

$$d_3 = 24.8 in, F = 1.5 in, 124 teeth$$

$$d_4 = 3.2 in, F = 2 in, 16 teeth$$

$$d_5 = 24.8 in, F = 2 in, 124 teeth$$