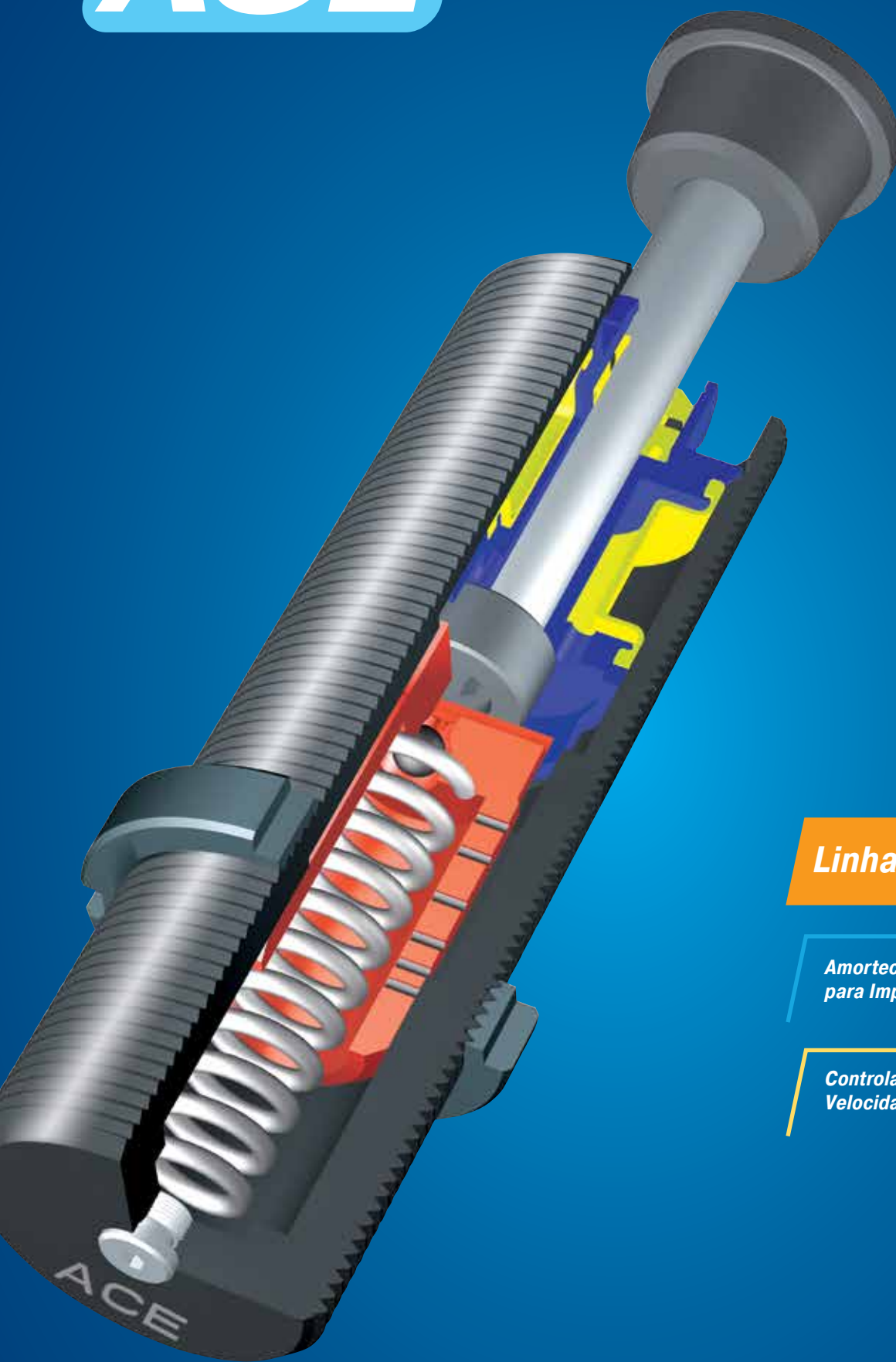


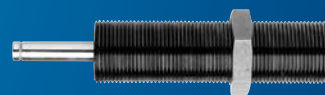
# ACE

Automation Control Equipment



## Linha de Amortecimento

Amortecedores  
para Impacto



Controladores de  
Velocidade



Distribuidor Exclusivo  
[www.obr.com.br](http://www.obr.com.br)

Os amortecedores ACE proporcionam desaceleração linear e, portanto, são superiores em relação a outras formas de amortecimento. Cerca de 90% das aplicações podem ser facilmente dimensionadas, conhecendo apenas os parâmetros à seguir:

Legenda dos símbolos empregados

W <sub>1</sub>	Energia cinética por ciclo	Nm	** ST	Fator de torque (normalmente 2.5)	1 a 3
W <sub>2</sub>	Força propulsora por ciclo	Nm	M	Torque propulsor	Nm
W <sub>3</sub>	Energia total por ciclo (W <sub>1</sub> + W <sub>2</sub> )	Nm	I	Momento de inércia	kgm <sup>2</sup>
W <sub>4</sub>	Energia total por hora (W <sub>3</sub> · c)	Nm/hr	g	Aceleração da gravidade = 9.81	m/s <sup>2</sup>
m <sub>e</sub>	Massa efetiva	kg	h	Altura da queda excluindo curso do amortecedor	m
m	Massa a ser desacelerada	kg	s	Curso do amortecedor	m
n	Quantidade de amortecedores (em paralelo)		L/R/r	Raio	m
* v	Velocidade da massa em movimento	m/s	Q	Força de reação	N
* v <sub>D</sub>	Velocidade de impacto no amortecedor	m/s	μ	Coefficiente de atrito	
ω	Velocidade angular	rad/s	t	Tempo de desaceleração	s
F	Força propulsora	N	a	Desaceleração	m/s <sup>2</sup>
c	Ciclos por hora	1/hr	α	Ângulo da carga lateral	°
P	Potência do motor	kW	β	Ângulo de inclinação	°

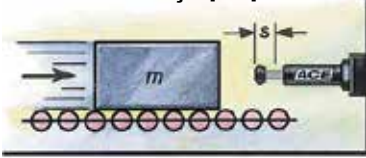
1. Massa a ser desacelerada (peso) m (kg)
2. Velocidade de impacto no amortecedor v<sub>D</sub> (m/s)
3. Força propulsora F (N)
4. Ciclos por hora c (/hr)
5. Quantidade de amortecedores em paralelo n

\* v ou v<sub>D</sub> é a velocidade de impacto final da massa. Com movimento acelerado, a velocidade de impacto pode ser de 1,5 a 2 vezes maior que a média. Não esqueça esse dado ao calcular a energia cinética.

** ST	Fator de torque (normalmente 2.5)	1 a 3
M	Torque propulsor	Nm
I	Momento de inércia	kgm <sup>2</sup>
g	Aceleração da gravidade = 9.81	m/s <sup>2</sup>
h	Altura da queda excluindo curso do amortecedor	m
s	Curso do amortecedor	m
L/R/r	Raio	m
Q	Força de reação	N
μ	Coefficiente de atrito	
t	Tempo de desaceleração	s
a	Desaceleração	m/s <sup>2</sup>
α	Ângulo da carga lateral	°
β	Ângulo de inclinação	°

\*\* ST é relação entre o torque inicial e o de operação do motor (dependendo do design)  
**Em todos os exemplos a seguir, a escolha dos amortecedores a partir da tabela de capacidades, baseia-se nos valores de (W<sub>3</sub>), (W<sub>4</sub>), (m<sub>e</sub>) e no curso (s) desejado do amortecedor.**

1 Massa sem força propulsora



Fórmulas

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.5$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = v$$

$$m_e = m$$

Exemplo

$$m = 100 \text{ kg}$$

$$v = 1.5 \text{ m/s}$$

$$c = 500 \text{ /hr}$$

$$s = 0.050 \text{ m (selec.)}$$

$$W_1 = 100 \cdot 1.5^2 \cdot 0.5 = 113 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 0$$

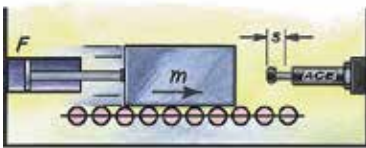
$$W_3 = 113 + 0 = 113 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 113 \cdot 500 = 56500 \text{ Nm/hr}$$

$$m_e = m = 100 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
**Modelo MC3350M-2 auto-compensado**

2 Massa com força propulsora



Fórmulas

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.5$$

$$W_2 = F \cdot s$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = v$$

$$m_e = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

$$W_2 = (F - m \cdot g) \cdot s$$

$$W_2 = (F + m \cdot g) \cdot s$$

Exemplo

$$m = 36 \text{ kg}$$

$$* v = 1.5 \text{ m/s}$$

$$F = 400 \text{ N}$$

$$c = 1000 \text{ /hr}$$

$$s = 0.025 \text{ m (selec.)}$$

$$W_1 = 36 \cdot 1.5^2 \cdot 0.5 = 41 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 400 \cdot 0.025 = 10 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 41 + 10 = 51 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 51 \cdot 1000 = 51000 \text{ Nm/hr}$$

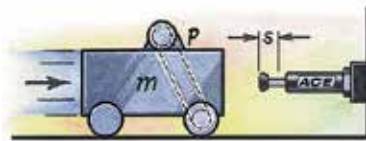
$$m_e = 2 \cdot 51 : 1.5^2 = 45 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
**Modelo MC600M auto-compensado**

2.1 para movimento vertical ascendente →  
 2.2 para movimento vertical descendente →

\* v é a velocidade de impacto final da massa. Em sistemas acionados com aceleração, ela poderá ser de 1,5 a 2 vezes a velocidade média. Não esqueça de considerar a energia cinética.

3 Massa com acionamento motorizado



Fórmulas

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.5$$

$$W_2 = \frac{1000 \cdot P \cdot ST \cdot s}{v}$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = v$$

$$m_e = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

Exemplo

$$m = 800 \text{ kg}$$

$$v = 1.2 \text{ m/s}$$

$$ST = 2.5$$

$$P = 4 \text{ kW}$$

$$c = 100 \text{ /hr}$$

$$s = 0.100 \text{ m (selec.)}$$

$$W_1 = 800 \cdot 1.2^2 \cdot 0.5 = 576 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 1000 \cdot 4 \cdot 2.5 \cdot 0.1 : 1.2 = 834 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 576 + 834 = 1410 \text{ Nm}$$

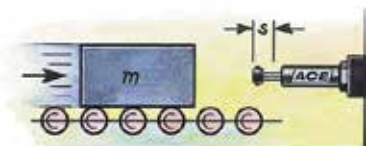
$$W_4 = 1410 \cdot 100 = 141000 \text{ Nm/hr}$$

$$m_e = 2 \cdot 1410 : 1.2^2 = 1958 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
**Modelo MC64100M-2 auto-compensado**

Nota: Não esqueça de incluir a energia rotacional do motor, acoplamento e caixa de câmbio no cálculo de W<sub>1</sub>.

4 Massa sobre roletes motorizados



Fórmulas

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.5$$

$$W_2 = m \cdot \mu \cdot g \cdot s$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = v$$

$$m_e = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

Exemplo

$$m = 250 \text{ kg}$$

$$v = 1.5 \text{ m/s}$$

$$c = 180 \text{ /hr}$$

$$(Steel/Steel) \mu = 0.2$$

$$s = 0.050 \text{ m (selec.)}$$

$$W_1 = 250 \cdot 1.5^2 \cdot 0.5 = 281 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 250 \cdot 0.2 \cdot 9.81 \cdot 0.05 = 25 \text{ Nm}$$

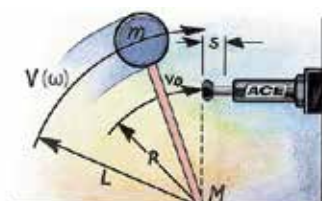
$$W_3 = 281 + 25 = 306 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 306 \cdot 180 = 55080 \text{ Nm/hr}$$

$$m_e = 2 \cdot 306 : 1.5^2 = 272 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
**Modelo MC4550M-2 auto-compensado**

5 Massa oscilante com torque propulsor



Fórmulas

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.5 = 0.5 \cdot l \cdot \omega^2$$

$$W_2 = \frac{M \cdot s}{R}$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = \frac{v \cdot R}{L} = \omega \cdot R$$

$$m_e = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

Exemplo

$$m = 20 \text{ kg}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

$$M = 50 \text{ Nm}$$

$$R = 0.5 \text{ m}$$

$$L = 0.8 \text{ m}$$

$$c = 1500 \text{ /hr}$$

$$s = 0.012 \text{ m (selec.)}$$

$$W_1 = 20 \cdot 1^2 \cdot 0.5 = 10 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 50 \cdot 0.012 : 0.5 = 1.2 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 10 + 1.2 = 11.2 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 306 \cdot 180 = 16800 \text{ Nm/hr}$$

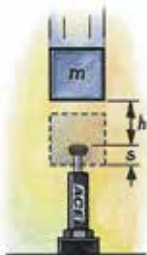
$$v_D = 1 \cdot 0.5 : 0.8 = 0.63 \text{ m/s}$$

$$m_e = 2 \cdot 11.2 : 0.63^2 = 56 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
**Modelo MC150MH auto-compensado**

Verifique o ângulo de carga lateral, tan α = s/R, em relação ao "Máx. Ângulo de Carga Lateral" na tabela de capacidades.

**6 Massa em queda livre**



**Fórmulas**

$$W_1 = m \cdot g \cdot h$$

$$W_2 = m \cdot g \cdot s$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$me = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

**Exemplo**

$$m = 30 \text{ kg}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$c = 400 \text{ /hr}$$

$$s = 0.050 \text{ m (selec.)}$$

$$W_1 = 30 \cdot 0.5 \cdot 9.81 = 147 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 30 \cdot 9.81 \cdot 0.05 = 15 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 147 + 15 = 162 \text{ Nm}$$

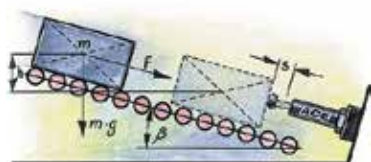
$$W_4 = 162 \cdot 400 = 64800 \text{ Nm/hr}$$

$$v_D = \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.5} = 3.13 \text{ m/s}$$

$$me = \frac{2 \cdot 162}{3.13^2} = 33 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
Modelo MC3350M-1 auto-compensado

**6.1 Massa deslizando em uma rampa**



**Fórmulas**

$$W_1 = m \cdot g \cdot h = m \cdot v_D^2 \cdot 0.5$$

$$W_2 = m \cdot g \cdot \sin\beta \cdot s$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

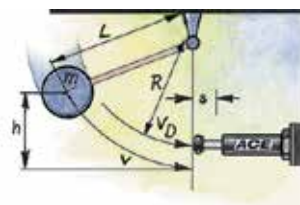
$$me = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

6.1a uma força propulsora ascendente na rampa →  
6.1b uma força propulsora descendente na rampa →

$$W_2 = (F - m \cdot g \cdot \sin\beta) \cdot s$$

$$W_2 = (F + m \cdot g \cdot \sin\beta) \cdot s$$

**6.2 Massa em queda livre por pêndulo**

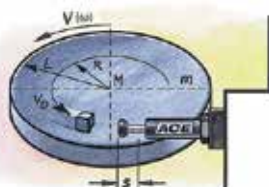


Ângulo da carga lateral em relação ao eixo do amortecedor  
 $\tan \alpha = \frac{s}{R}$

Cálculo de acordo com o exemplo 6.1 exceto  $W_2 = 0$   
 $W_1 = m \cdot g \cdot h$   
 $v_D = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \cdot \frac{R}{L}$

Verifique o ângulo de carga lateral,  $\tan \alpha = s/R$ , em relação ao "Máx. Ângulo de Carga Lateral" na tabela de capacidades.

**7 Mesa giratória com torque de propulsão (carga uniformemente distribuída)**



**Fórmulas**

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.25 = 0.5 \cdot l \cdot \omega^2$$

$$W_2 = \frac{M \cdot s}{R}$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = \frac{v \cdot R}{L} = \omega \cdot R$$

$$me = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

**Exemplo**

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$v = 1.1 \text{ m/s}$$

$$M = 1000 \text{ Nm}$$

$$s = 0.050 \text{ m (selec.)}$$

$$L = 1.25 \text{ m}$$

$$R = 0.8 \text{ m}$$

$$c = 100 \text{ /hr}$$

$$W_1 = 1000 \cdot 1.1^2 \cdot 0.25 = 303 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 300 \cdot 0.025 : 0.8 = 63 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 28 + 9 = 366 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 37 \cdot 1200 = 36600 \text{ Nm/hr}$$

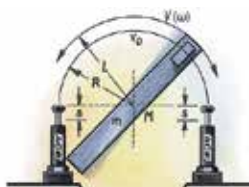
$$v_D = 1.1 \cdot 0.8 : 1.25 = 0.7 \text{ m/s}$$

$$me = 2 \cdot 366 : 0.7^2 = 1494 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
Modelo MC4550M-3 auto-compensado

Verifique o ângulo de carga lateral,  $\tan \alpha = s/R$ , em relação ao "Máx. Ângulo de Carga Lateral" na tabela de capacidades.

**8 Braço oscilante com torque de propulsão (carga uniformemente distribuída)**



**Fórmulas**

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.17 = 0.5 \cdot l \cdot \omega^2$$

$$W_2 = \frac{M \cdot s}{R}$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = \frac{v \cdot R}{L} = \omega \cdot R$$

$$me = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

**Exemplo**

$$l = 56 \text{ kgm}^2$$

$$\omega = 1 \text{ rad/s}$$

$$M = 300 \text{ Nm}$$

$$s = 0.025 \text{ m (selec.)}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$R = 0.8 \text{ m}$$

$$c = 1200 \text{ /hr}$$

$$W_1 = 0.5 \cdot 56 \cdot 1^2 = 28 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 300 \cdot 0.025 : 0.8 = 9 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 28 + 9 = 37 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 37 \cdot 1200 = 44400 \text{ Nm/hr}$$

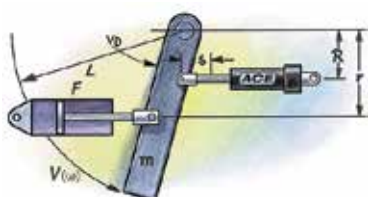
$$v_D = 1 \cdot 0.8 = 0.8 \text{ m/s}$$

$$me = 2 \cdot 37 : 0.8^2 = 116 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
Modelo MC600M auto-compensado

Verifique o ângulo de carga lateral,  $\tan \alpha = s/R$ , em relação ao "Máx. Ângulo de Carga Lateral" na tabela de capacidades.

**9 Braço oscilante com força de propulsão (carga uniformemente distribuída)**



**Fórmulas**

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.17 = 0.5 \cdot l \cdot \omega^2$$

$$W_2 = \frac{F \cdot r \cdot s}{R} = \frac{M \cdot s}{R}$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = \frac{v \cdot R}{L} = \omega \cdot R$$

$$me = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

**Exemplo**

$$m = 1000 \text{ kg}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$F = 7000 \text{ N}$$

$$M = 4200 \text{ Nm}$$

$$s = 0.050 \text{ m (selec.)}$$

$$r = 0.6 \text{ m}$$

$$R = 0.8 \text{ m}$$

$$L = 1.2 \text{ m}$$

$$c = 900 \text{ /hr}$$

$$W_1 = 1000 \cdot 2^2 \cdot 0.17 = 680 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 7000 \cdot 0.6 \cdot 0.05 : 0.8 = 263 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 680 + 263 = 943 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 943 \cdot 900 = 848700 \text{ Nm/hr}$$

$$v_D = 2 \cdot 0.8 : 1.2 = 1.33 \text{ m/s}$$

$$me = 2 \cdot 943 : 1.33^2 = 1066 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
Modelo CA2x2-1 auto-compensado

**10 Massa em queda com velocidade controlada (Massa apoiada)**



**Fórmulas**

$$W_1 = m \cdot v^2 \cdot 0.5$$

$$W_2 = m \cdot g \cdot s$$

$$W_3 = W_1 + W_2$$

$$W_4 = W_3 \cdot c$$

$$v_D = v$$

$$me = \frac{2 \cdot W_3}{v_D^2}$$

**Exemplo**

$$m = 6000 \text{ kg}$$

$$v = 1.5 \text{ m/s}$$

$$s = 0.305 \text{ m (selec.)}$$

$$c = 60 \text{ /hr}$$

$$W_1 = 6000 \cdot 1.5^2 \cdot 0.5 = 6750 \text{ Nm}$$

$$W_2 = 6000 \cdot 9.81 \cdot 0.305 = 17952 \text{ Nm}$$

$$W_3 = 6750 + 17952 = 24702 \text{ Nm}$$

$$W_4 = 24702 \cdot 60 = 1482120 \text{ Nm/hr}$$

$$me = 2 \cdot 24702 : 1.5^2 = 21957 \text{ kg}$$

Selecionado a partir da tabela de capacidades:  
Modelo CA3x12-2 auto-compensado

Força de reação Q [N]  $Q = \frac{1.5 \cdot W_3}{s}$

Tempo de parada t [s]  $t = \frac{2.6 \cdot s}{v_D}$

desaceleração a [m/s<sup>2</sup>]  $a = \frac{0.75 \cdot v_D^2}{s}$

Os valores aproximados assumem ajustes de arredondamento. Adicione uma margem de segurança se necessário. (Os valores exatos dependerão dos dados da aplicação real, que poderão ser fornecidos sob solicitação).





**OBR Equipamentos Industriais Ltda**

**PR/SC/RS: (47) 3435-4464 | São Paulo (Demais Localidades): 4003-1630**  
**SAC 0800 704 36 98 | atendimento@obr.com.br | www.obr.com.br**