

# BALANCEAMENTO ATUALIDADES

 SCHENCK

Publicado por Schenck do Brasil

Técnica de Balanceamento

Dez 90

Caro Leitor,

Esta é a 3ª edição de Balanceamento Atualidades.

Neste número apresentamos a 2ª parte do artigo que abordamos na edição **Balanceamento Atualidades** de dezembro/88 - Valores Limite para Máquinas de Balancear, com a qual podem ser avaliadas as limitações da rotações em uma máquina de balancear em função da inércia dos rotores.

No sentido de auxiliar nossos leitores, ao se defrontarem com a necessidade de balancear algum rotor ou poucos conjuntos de peças, apresentamos um artigo no qual nos apresentamos como empre-

sa prestadora de serviços de balanceamento. Fornecemos também serviços de análise e medição de vibrações.

Apresentamos outro artigo com diversas sugestões para se melhorar a qualidade de balanceamento em função da utilização de dispositivos adaptadores para balancear rotores sem eixo próprio. Finalmente, gostaríamos de chamar a atenção de nossa Programação de Seminários sobre balanceamento, análise e medição de vibrações. Essa Programação encontra-se na contra-capa interna.

A Redação

**Índice**

ELIO R. G. MARQUES  
Engenheiro Mecânico

Pág.

**Serviço de balanceamento e balanceamento no campo**

1

**Valores limite para máquinas de balancear**

2

**Melhoria da qualidade do balanceamento através do emprego de dispositivos de precisão**

4

**Quebra-cabeça**

5-7

**Seminários**

6

## Serviços de balanceamento e balanceamento no campo

O que fazer quando não dispomos de uma máquina de balancear para alguma tarefa especial? Às vezes não se justifica comprar uma máquina para uma pequena quantidade de rotores, ou ainda quando certos rotores são raramente fabricados. E se nos confrontamos com rotores que possuam dimensões incomuns ou então tenham comportamento flexível?

Nesses casos, um serviço especial de balanceamento pode ajudar. Geralmente nos deparamos com o problema de achar quem faça o serviço no tempo requerido e que seja tecnicamente qualificado. A Schenck do Brasil possui

os requisitos acima, colocando à sua disposição máquinas de balancear rotores com pesos variando desde alguns gramas até 2.000 kg (Fig. 1). A vantagem para o cliente ao utilizar os serviços de balanceamento é que ele economiza a aquisição de uma máquina que certamente teria pouco uso. Por outro lado, o nosso pessoal de balanceamento está constantemente atualizado. Trabalhando com uma grande variedade de rotores, eles podem resolver problemas complicados de forma econômica.

Existem ainda uma série de outras empresas que possuem máquinas de balance-

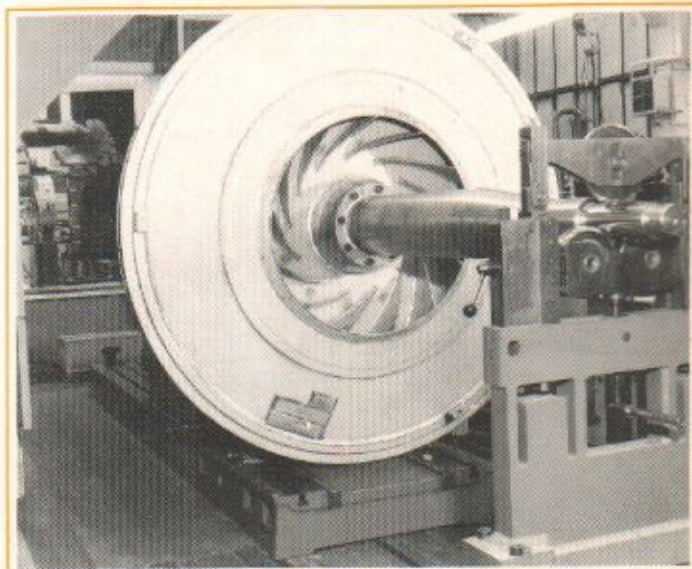


Fig. 1: Máquina de balancear

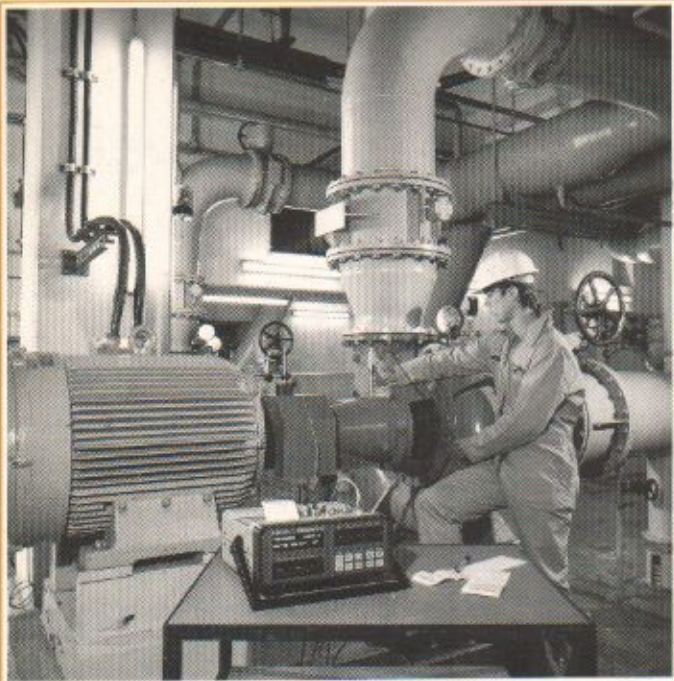


Fig. 2: Aparelho para balanceamento de campo

ar não totalmente utilizadas, ou seja, que apresentam tempo ocioso. Muitas vezes esses clientes aceitam de bom grado executar serviços para terceiros.

Em cada um desses casos você pode acionar nossos serviços técnicos ou nossos representantes para colocá-lo em contato com alguém ou alguma empresa que possa ajudá-lo.

Caso a necessidade de se balancear somente seja descoberta quando o rotor estiver montado e em operação, o balanceamento no campo é o mais recomendado (Fig. 2 - Vibrotest).

Nesse caso, "a máquina de

balancear" vai ao rotor, e não o contrário. O equipamento necessário é consideravelmente mais econômico (especialmente para rotores pesados). O processo, que até então era normalmente bem mais complicado, tem se tornado bastante simplificado com o uso de microprocessadores, que por sua vez também reduzem o tempo de balanceamento. Também neste campo a Schenck do Brasil possui serviços especializados com técnicos e aparelhos adequados para o balanceamento no campo. Consulte-nos sem compromisso.

## Valores limite para máquinas de Balancear

O que significam e o que deve ser feito quando estes são ultrapassados.

### Parte 2

(continuação do Balanceamento Atualidades-Dez/88)

**Valores limite para a máxima rotação de balanceamento, isto é, para o máximo momento de inércia a ser acelerado.**

As máquinas de balancear Schenck da série H são universais, isto é, são produzidas de tal forma que um espectro mais amplo possível de rotores, no que tange às suas formas e dimensões, possa ser balanceado em uma única máquina de balancear. As especificações indicam então os limites da máquina.

Para a maioria das dimensões (por ex. peso do rotor, diâmetro do rotor e de seus munhões, afastamento entre planos, etc.), esses limites são perfeitamente definidos.

Existem, porém, outras características para as quais temos que relacionar valores. Na equação abaixo faremos uma análise para

$$Gr^2n^2 = x \cdot 10^6 \text{ kgm}^2/\text{min}^2$$

Para se poder medir um desbalanceamento dinâmico na máquina de balancear, o rotor necessariamente terá que ser submetido a uma rotação. Para que isso ocorra, é necessário um acionamento. De forma geral isto é alcançado por meio de um motor com elementos de transmissão mecânica. Para que serve então a potência, ou melhor, o torque de um motor de transmissão? Terá que vencer os seguintes fenômenos:

- a) Atrito nos mancais.
- b) Perdas por ventilação que

ocorrem por turbulência do ar no próprio rotor.

- c) Energia necessária relacionada ao momento de inércia do rotor durante a aceleração e frenagem.

No apoio do rotor sobre mancais de roletes, as perdas por atrito poderão ser desprezadas na prática.

Nos rotores com mancais deslizantes, o atrito depende da relação de atrito no mancal e geralmente cresce linearmente com a rotação.

A potência absorvida por ventilação deverá ser desconsiderada inicialmente. Restam ainda a potência necessária para aceleração e frenagem do rotor até a sua rotação de balanceamento e daí até a sua parada.

Das equações da física resultam que um momento de acio-

namento disponível terá que ser tanto maior:

- quanto maior for o momento de inércia que tiver que ser acelerado;
- quanto maior for a rotação de balanceamento, e
- quanto menor tiver que ser o tempo de aceleração.

Se colocarmos um momento torsor constante  $M_d$ , teremos:

$$M_d = \frac{J \cdot \omega}{t}$$

ou com:  $P = M_d \cdot \omega$ :

$$J \omega^2 = P \cdot t$$

Aqui temos o momento de inércia de massa representado como  $J$ , e  $\omega$  a velocidade angular na rotação de balanceamento. Ambas são grandezas específicas dos rotores.

A potência máxima de acionamento  $P$  e o máximo tempo de aceleração  $t$  são grandezas fixas do motor. Por esse motivo, podemos dizer também:

$$J \cdot \omega^2 = \text{const.}$$

Transformando esse parâmetro em unidades que são usuais na prática, resultará:

$$G \cdot r^2 \cdot n^2 = \text{const.}$$

onde  $G$  é o peso do rotor,  $r$  seu raio de inércia e  $n$  a rotação.

A constante conterá a potência do motor, assim como o tempo de aceleração admissível e é fornecido para o tipo de motor utilizado nas especificações da máquina de balancear.

Como valores aproximados para tempos de aceleração e frenagem valem:

- Motor trifásico de gaiola: 10s a 30 ciclos/hora
- Motor trifásico com anéis 300s a 3 ciclos/hora
- Motor de corrente contínua com ventilação externa.

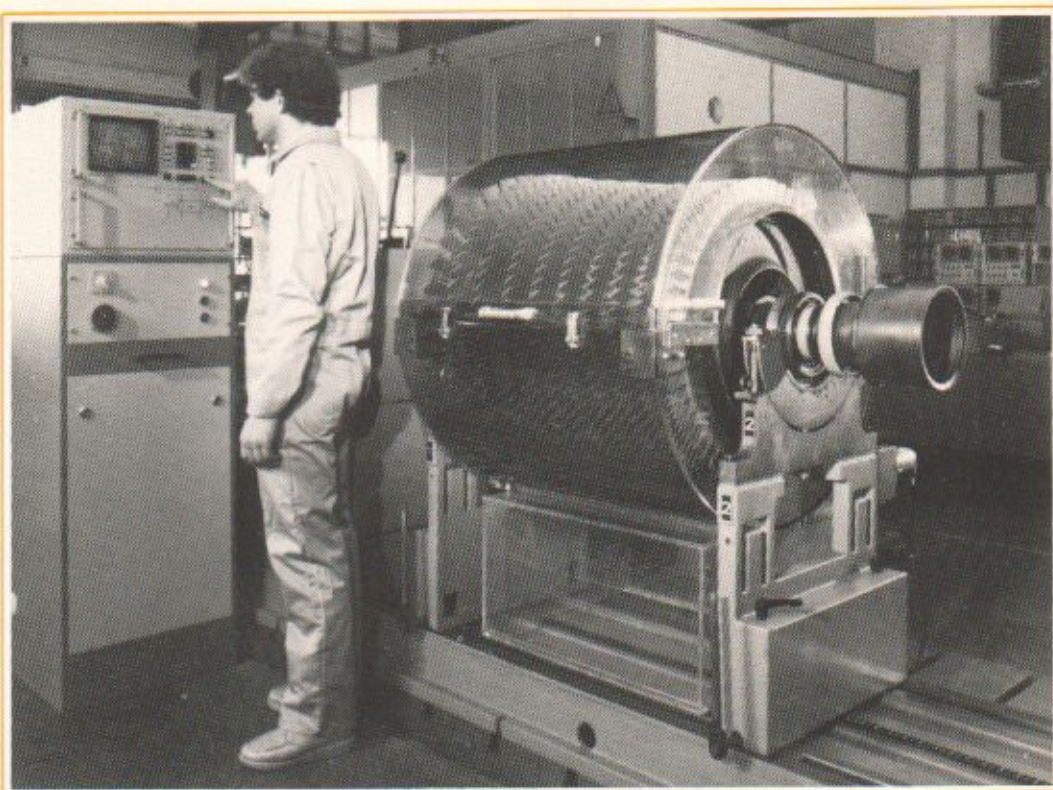


Fig. 3: Acionamento especial para acelerar rotores com elevado momento de inércia.

Quaisquer tempos de aceleração e frenagem.

A indicação sobre o número de ciclos fornece um valor de referência, quantos ciclos (aceleração, manutenção e frenagem) são permissíveis por hora, sem que o motor de acionamento seja sobrecarregado termicamente. Para cargas menores, obviamente o número de ciclos/hora poderá ser aumentado. Por outro lado, seria perigoso concluir que ao se ultrapassar o produto momento de inércia de massa x rotação de balanceamento, poder-se-ia operar com um número de ciclos menores.

De uma forma geral deve-se considerar que o motor elétrico estará sobrecarregado termicamente quando o valor  $Gr^2n^2$  for ultrapassado. No sentido de se eliminar a possibilidade de danos nos enrolamentos, os motores de acio-

namento fornecidos nas máquinas da Schenck (veja ex. na foto) possuem termosensores nos enrolamentos dos estatores, fazendo desligar o motor quando sobrecarregado.

O valor  $Gr^2n^2$  indica, portanto, qual a carga máxima permitida para motor de acionamento de uma máquina de balancear. Podemos ainda relacionar esse valor de tal forma que se possa avaliar qual a máxima rotação de balanceamento que um certo tipo de rotor pode ser acelerado, dependendo de seu momento de inércia de massa.

Caso ele não atinja o valor máximo  $Gr^2n^2$ , logicamente poderá ser dado um número maior de ciclos de balanceamento. Caso contrário, se o rotor ultrapassar o valor  $Gr^2n^2$  terá que ser considerado que haverá sobrecarga térmica no motor. Nesse caso, consulte-nos para que possamos achar a solução em conjunto.

## Melhoria da qualidade do balanceamento através do emprego de dispositivos de precisão

A qualidade na fase de produção, que chamamos de "Balanceamento", depende de uma variedade de parâmetros, alguns dos quais serão examinados neste artigo para rotores sem eixos próprios. Considerando-se o conjunto total formado pelo rotor a ser balanceado, o dispositivo de fixação, o acionamento (fuso) e o sistema de medição de uma máquina de balancear, verifica-se a possibilidade de ocorrência de erros ocasionais. Estes erros são, na prática, inevitáveis, todavia

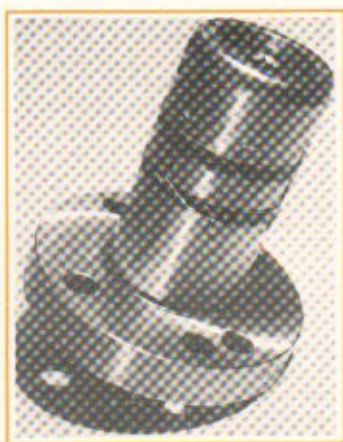


Fig. 4: Dispositivo expansivo segmentado

controláveis. Podem ser observadas diferenças de resultados quando se repetem medições e montagens do mesmo rotor sobre um determinado dispositivo. A repetibilidade dos valores medidos dependem em grande escala do seguinte:

### Erro originado após uma nova fixação do dispositivo

No caso das máquinas de balancear verticais Schenck, a incerteza da medição corresponde a uma excentricidade de 0,08 a 1,6  $\mu\text{m}$ , dependendo do tamanho da máquina, da unidade de medição e do carregamento do fuso de balanceamento (peso do rotor e dispositivo). Infelizmente não é possível transmitir esta elevada preci-

são diretamente para o rotor. A repetibilidade do dispositivo é o fator limitante. Os dispositivos de fixação devem, em geral, atender a dois requisitos básicos:

- Transmitir com segurança o torque de aceleração e frenagem.

Essa transmissão de torque, sempre que possível, não deve se fazer só por meio de forças de atrito do dispositivo, mas também ser garantida, por ex., pelo emprego de um pino arrastador.

- Centragem do rotor no dispositivo.

Neste caso fazemos distinção entre:

- a) Excentricidade relativa à montagem do dispositivo.

Dependendo das tolerâncias utilizadas, surgem desvios quando da montagem do dispositivo sobre o fuso de balanceamento. As unidades de medição Schenck podem medir esses erros e eliminá-los em todas as medições se-



Fig. 5: Dispositivo expansivo de alta precisão

guintes (balanceamento por rebatimento).

- b) Erro originado após uma nova fixação do dispositivo.

Este é muito mais importante, uma vez que não se pode compensá-lo; é o erro que se origina quando executamos uma nova montagem de uma peça.

Quando se modifica o aperto do dispositivo entre dois ciclos de medição, os resultados medidos variam entre si, e a diferença entre eles representa exatamente este erro. Isto se deve ao fato de que um furo nunca é realmente

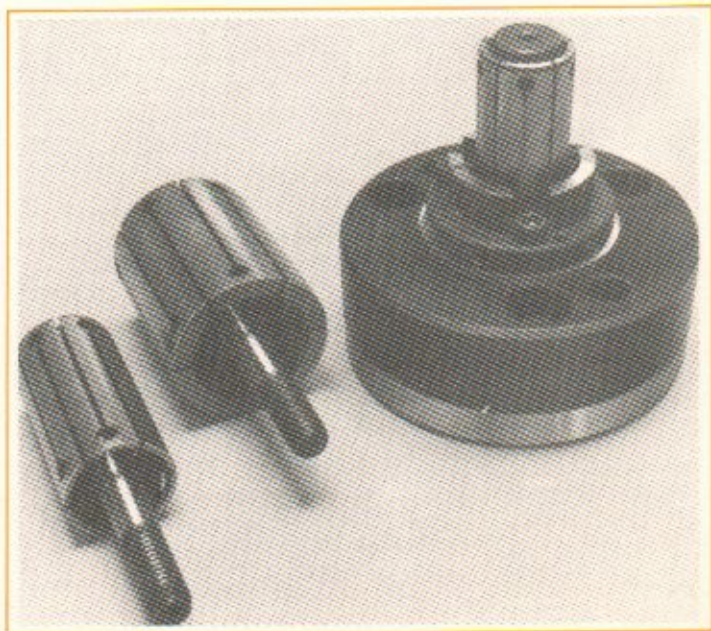


Fig. 6: Dispositivo com pino



redondo, não nos esqueceremos de que estamos trabalhando em microns. Existe também a influência da rugosidade superficial das superfícies de aperto. No caso de uma segunda montagem pode haver a influência de outras superfícies. A ordem de grandeza desse "erro de nova fixação" depende do tipo de dispositivo. Variando conforme o modo de aperto aplicado, o erro situa-se entre 2 e 20  $\mu$ . Multiplicando-se esse valor pelo peso do rotor (kg), calcula-se um desbalanceamento (em gmm), que é de tamanho muito maior que a incerteza de medição da máquina de balancear.

Na escolha do sistema de aperto do dispositivo, deve-se dar especial atenção à repetibilidade de fixação. A tabela na pág. 6 dá uma visão geral sobre sistemas de aperto comumente empregados e suas características. Os "erros de nova fixação" são entendidos para produção seriada. Melhores valores poderão ser alcançados em laboratórios com dispositivos novos. Os valores mencionados dependem do diâmetro de fixação, das variações dimensionais de fabricação dos meios de fixação, bem como da qualidade de usinagem do furo de fixação.

Fig. 7: Máquina de balancear não rotativa

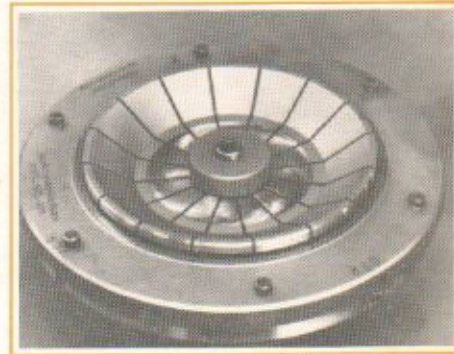


Fig. 8: Dispositivo expansivo

Fig. 9: Placa de 3 castanhas

Fig. 10: Dispositivo expansivo com membrana

## Quebra-cabeça

Nos próximos números de Balanceamento Atualidades apresentaremos aos nossos leitores quebra-cabeças que tenham algum relacionamento com balanceamento. Os métodos e fórmulas necessários para solucionar os problemas provavelmente são de seu conhecimento. Caso contrário, veja a solução que apresentamos.



### Problema

Um motociclista no Globo da Morte. Peso do motociclista e motocicleta aproximadamente 200 kg. Ele gira internamente em torno da esfera (com 7,2 m de diâmetro) a 22 km/h. Com que força ele

é pressionado de encontro à superfície? Esta força é suficiente para mantê-lo em contato com a superfície ou ele pode cair quando estiver no ponto mais alto do globo da morte?

Solução na página 7

TIPO DE DISPOSITIVO	CARACTERÍSTICAS		
	Erros por nova fixação em microns ( $10^{-6}$ mm)	Vantagens	Desvantagens
<b>PLACA DE 3 CASTANHAS</b> Especial - Consulte a Schenck (Fig. 9)	10 - 20	utilização universal, grande faixa de fixação, preço acessível	Impróprio para grandes torças axiais, como as que ocorrem por ex. na correção por furação sobre a própria máquina de balancear.
<b>DISPOSITIVO EXPANSIVO (SEGMENTADO)</b> (Fig. 7)	6 - 12	bom para automação	Precisão depende dos mancais do cone de fixação, preço elevado.
<b>DISPOSITIVO COM PINÇA (SEGMENTADO)</b> (Fig. 6)	3 - 6	Pode ser ampliado para um dispositivo de fixação com diâmetros entre 15 e 90 mm, buchas de fixação de troca rápida, bom para automação.	sensível à sujeira.
<b>EXPANSIVO (FECHADO)</b> (Fig. 5)	2 - 4	alta precisão	pequena faixa de fixação. Campo de tolerância máx. H8.

## SEMINÁRIOS 1991

### Curso

### Local

### Data

Introdução à Técnica de Balanceamento

São Paulo  
 São Paulo  
 Belo Horizonte  
 Caxias do Sul  
 Salvador  
 Recife

26 a 28/03/91  
 19 a 21/11/91  
 25 e 26/09/91  
 16 e 17/05/91  
 25 e 26/06/91  
 27 e 28/08/91

Técnica de Medição e Análise de Vibrações

São Paulo  
 Salvador  
 Belo Horizonte

15 e 16/05/91  
 23 e 24/10/91  
 04 e 05/09/91

Sob solicitação dispomos dos seguintes catálogos:

#### Catálogos Gerais

- ABC 1114 (P) SCHENCK - Seu Parceiro no Balanceamento
- A 1120 (P) Máquinas de Balancear Universais
- B 1110 (P) Máquinas de Balancear Verticais
- B 1124 (I) Máquinas de Balancear tipo VBRF - Para oficinas, inspeção, etc.

#### Máquinas de Balancear para Aplicações Especiais

- A 1101 (A, I) Balanças de Momento
- A 1104 (I) Balanceamento de Rotores Pequenos e Leves
- A 1105 (I) Máquinas de Balancear para a Indústria Aeronáutica
- A 1117 (A, I) Centrifugação de Rotores
- A 1126 (A, I) Uma Solução Econômica e Compacta para pequenos rotores, Máquinas de Balancear HT11B

#### Instrumentos de Medição para Máquinas de Balancear

- AB 1111 (I) Procedimentos de Medição e Sistemas de Indicação para as Máquinas de Balancear SCHENCK

- A 1201 (P) O Balanceamento na Fabricação de Peças Rotativas
- A 1203 (P) Recomendações para o Balanceamento de Rotores sem Eixo Próprio
- A 1205/1206 (A, I) Fontes de Erro no Balanceamento
- A 1208 (A, I) Balanceamento de Rotores Elásticos
- A 1209 (A) Qual a rotação indicada para o Balanceamento?

#### Aparelhos para Medição e Análise de Vibrações Balanceamento no Campo

- A 1210 (I) Métodos para testes de Máquinas de Balancear
- A 1211 (P) Balanceamento no Campo como Solução de um Problema
- A 1212 (I) Acionamentos em Máquinas de Balancear
- Técnicas de Balanceamento Dinâmico I
- Técnica de Balanceamento Dinâmico II
- Instrumentos para medir severidade de vibração conforme normas ISO 295.4 e DIN 45666 - VIBROMETER (P)
- Balanceador de campo e analisador de vibrações - VIBROTEST (P)
- VIBROPORT 30 (I) Analisador e Balanceador de campo com Processador e Protocolador

P = Português / I = Inglês / A = Alemão

Sob solicitação dispomos dos seguintes catálogos:

#### Catálogos Gerais

- ABC 1114 (P) SCHENCK - Seu Parceiro no Balanceamento
- A 1120 (P) Máquinas de Balancear Universais
- B 1110 (P) Máquinas de Balancear Verticais
- B 1124 (I) Máquinas de Balancear tipo VBRF - Para oficinas, inspeção, etc.

#### Máquinas de Balancear para Aplicações Especiais

- A 1101 (A, I) Balanças de Momento
- A 1104 (I) Balanceamento de Rotores Pequenos e Leves
- A 1105 (I) Máquinas de Balancear para a Indústria Aeronáutica
- A 1117 (A, I) Centrifugação de Rotores
- A 1126 (A, I) Uma Solução Econômica e Compacta para pequenos rotores, Máquinas de Balancear HT11B

#### Instrumentos de Medição para Máquinas de Balancear

- AB 1111 (I) Procedimentos de Medição e Sistemas de Indicação para as Máquinas de Balancear SCHENCK

#### Prática de Balanceamento

- A 1201 (P) O Balanceamento na Fabricação de Peças Rotativas
- A 1203 (P) Recomendações para o Balanceamento de Rotores sem Eixo Próprio
- A 1205/1206 (A, I) Fontes de Erro no Balanceamento
- A 1208 (A, I) Balanceamento de Rotores Elásticos
- A 1209 (A) Qual a rotação indicada para o Balanceamento?

#### Aparelhos para Medição e Análise de Vibrações Balanceamento no Campo

- A 1210 (I) Métodos para testes de Máquinas de Balancear
- A 1211 (P) Balanceamento no Campo como Solução de um Problema
- A 1212 (I) Acionamentos em Máquinas de Balancear
- Técnicas de Balanceamento Dinâmico I
- Técnica de Balanceamento Dinâmico II
- Instrumentos para medir severidade de vibração conforme normas ISO 295.4 e DIN 45666 - VIBROMETER (P)
- Balanceador de campo e analisador de vibrações - VIBROTEST (P)
- VIBROPORT 30 (I) Analisador e Balanceador de campo com Processador e Protocolador

P = Português / I = Inglês / A = Alemão

## Solução do quebra-cabeça

1) A força com a qual motociclista e motocicleta são comprimidos contra as paredes do globo é derivada da multiplicação da massa rotativa **m (200 kg)**, pelo **raio r (3 m)** e pela velocidade angular (força centrífuga).

$$F_F = m \cdot r \cdot \omega^2$$

onde

$$\omega = \frac{v}{r}$$

$$\omega = \frac{6,1 \text{ m/s}}{3 \text{ m}}$$

$$\omega = 2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

e  $v = 22 \text{ km/h}$

$$v = \frac{22000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$

$$v = 6,1 \text{ m/s}$$

Assim:

$$F_F = 200 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m} \cdot 4 \frac{\text{rad}^2}{\text{s}^2}$$

$$F_F = 2400 \text{ N}$$

$$\text{Lembre-se: } \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$$

2) A força centrífuga que empurra o objeto para fora é oposta por uma força que atua para baixo em direção ao centro da terra (força do peso). Esta é derivada da seguinte lei bem nossa conhecida: Força é igual à massa vezes a aceleração.

$$F_G = m \cdot g$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ (aceleração da gravidade)}$$

$$F_G = 200 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_G = 1962 \text{ N}$$

#### Conclusão:

A pior condição ocorre quando o motociclista se encontra na posição superior do globo, onde a força centrífuga é exercida para cima. Neste momento, a força centrífuga  $F_F$  é reduzida pela força-peso.

$$F_G: 2400 \text{ N} - 1962 \text{ N} = 438 \text{ N}$$

O motociclista é pressionado de encontro à parede com uma força mínima de 438 N. Ele **não** cairá.

SELO

Cartão resposta

Schenck do Brasil  
Indústria e Comércio Ltda.  
Caixa Postal 9630

01051 - São Paulo-SP  
Brasil

Nome

Empresa

Departamento

Endereço

Telefone

Sugestão do tema

SELO

Cartão resposta

Schenck do Brasil  
Indústria e Comércio Ltda.  
Caixa Postal 9630

01051 - São Paulo-SP  
Brasil

Nome


Empresa

Departamento

Endereço

Telefone

Sugestão do tema

 **SCHENCK** Pesar · Transportar · Testar

SCHENCK DO BRASIL Indústria e Comércio Ltda.

Caixa Postal 9630 - 01051 - São Paulo - SP.

Tel.: (011) 491-4455 - Telex: 1171791 - Fax: (011) 491-5564