



# INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL – INPE

## PROVA DISCURSIVA

### TG07

#### PROJETOS MECÂNICOS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO MECÂNICA



#### SUA PROVA

- Além deste caderno contendo **5 (cinco)** questões discursivas **com as respectivas folhas de rascunho**, você receberá do fiscal de prova as folhas de textos definitivos;



#### TEMPO

- Você dispõe de **4 (quatro) horas** para a realização da prova;
- **2 (duas) horas** após o início da prova, é possível retirar-se da sala, sem levar o caderno de questões;
- A partir dos **30 (trinta) minutos** anteriores ao término da prova é possível retirar-se da sala **levando o caderno de questões**.



#### NÃO SERÁ PERMITIDO

- Qualquer tipo de comunicação entre os candidatos durante a aplicação da prova;
- Anotar informações relativas às respostas em qualquer outro meio que não seja no caderno de questões e nas folhas de textos definitivos;
- Levantar da cadeira sem autorização do fiscal de sala;
- Usar o sanitário ao término da prova, após deixar a sala.



#### INFORMAÇÕES GERAIS

- Verifique se seu caderno de questões está completo, sem repetição de questões ou falhas. Caso contrário, **notifique imediatamente o fiscal da sala**, para que sejam tomadas as devidas providências;
- Confira seus dados pessoais, especialmente nome, número de inscrição e documento de identidade e leia atentamente as instruções para preencher as folhas de textos definitivos;
- Para o preenchimento das folhas de textos definitivos, use somente caneta esferográfica, fabricada em material transparente, com tinta preta ou azul;
- Assine seu nome apenas no(s) espaço(s) reservado(s) no cartão de respostas;
- Caso você tenha recebido caderno de cargo **diferente** do impresso em suas folhas de textos definitivos, o fiscal deve ser **obrigatoriamente** informado para o devido registro na ata da sala;
- O preenchimento das folhas de textos definitivos é de sua responsabilidade e **não será permitida a troca de folha de texto definitivo em caso de erro cometido pelo candidato**;
- Para fins de avaliação, serão levadas em consideração apenas os textos das folhas de textos definitivos;
- A FGV coletará as impressões digitais dos candidatos na lista de presença;
- Os candidatos serão submetidos ao sistema de detecção de metais quando do ingresso e da saída de sanitários durante a realização das provas.
- **Boa prova!**

## Questão 1

---

Matrizes de rotação são empregadas para representar, matematicamente, operações associadas às rotações de sistemas de coordenadas.

Assim,

A) Cite 5 propriedades das matrizes de rotação.

B) Determine os autovalores da matriz A dada por:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

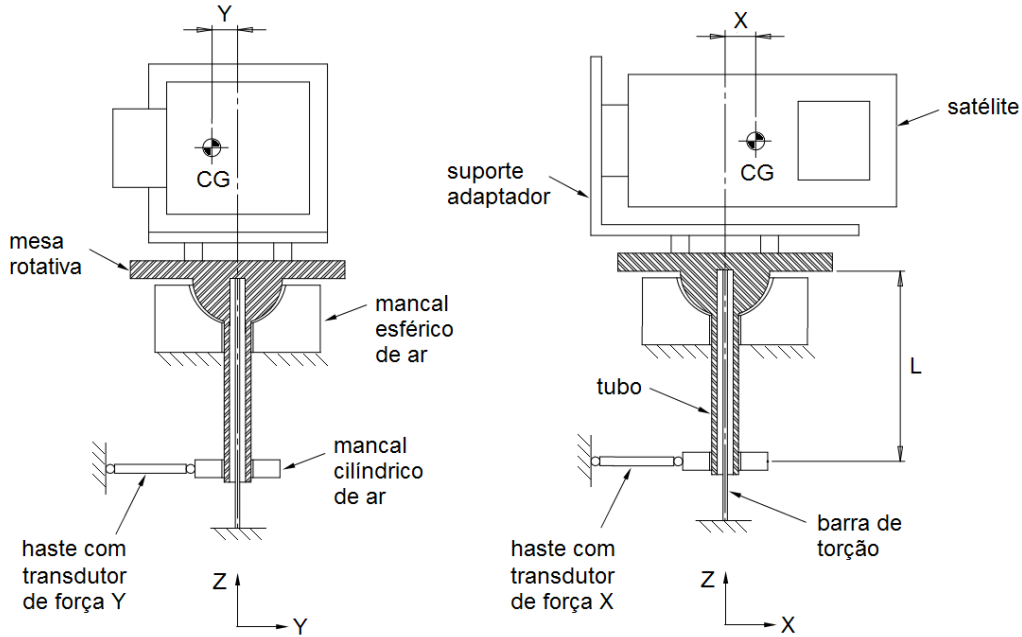
C) Determine a matriz de rotação  $M_{(3,1,3)}$  que implementa 3 rotações sequenciais, dadas por:

- I. Rotação de um ângulo  $\phi$  sentido anti-horário em torno do eixo z;
- II. Rotação de um ângulo  $\theta$  sentido anti-horário em torno do eixo x do sistema resultante da rotação anterior;
- III. Rotação de um ângulo  $\psi$  sentido anti-horário em torno do eixo z do sistema resultante da rotação anterior.

1  
-----  
2  
-----  
3  
-----  
4  
-----  
5  
-----  
6  
-----  
7  
-----  
8  
-----  
9  
-----  
10  
-----  
11  
-----  
12  
-----  
13  
-----  
14  
-----  
15  
-----  
16  
-----  
17  
-----  
18  
-----  
19  
-----  
20  
-----  
21  
-----  
22  
-----  
23  
-----  
24  
-----  
25  
-----  
26  
-----  
27  
-----  
28  
-----  
29  
-----  
30  
-----

### Questão 2

A figura a seguir mostra duas vistas de um equipamento de medição que combina uma Balança de Centro de Gravidade (CG) e um Pêndulo de Torção Invertido. O sistema de coordenadas adotado é indicado na figura.



Nesse equipamento, para minimizar o atrito entre as superfícies móveis, são usados mancais a ar. O mancal esférico restringe todas as translações e libera a rotação nos três eixos, enquanto que o mancal cilíndrico libera a rotação no eixo Z. Duas hastes com transdutores de força são instaladas no mancal cilíndrico, restringindo o movimento no plano XY, localizado a uma distância L do centro do mancal esférico. A barra de torção possui uma conexão com a mesa rotativa que transfere somente o momento Z. Para instalar o satélite sobre o equipamento é necessário o uso de um suporte adaptador.

A tabela abaixo apresenta uma lista de propriedades de massa. Utilize esta nomenclatura em suas respostas.

Componente	Massa	Posição do CG	Momento de Inércia do Eixo Fixo	Momento de Inércia no CG
Partes Rotativas do Equipamento	$M_{eq}$	$X_{eq}, Y_{eq}$	$I_{zz\_eq}$	$I_{zz\_cg\_eq}$
Suporte Adaptador + Elementos de Fixação	$M_{sup}$	$X_{sup}, Y_{sup}$	$I_{zz\_sup}$	$I_{zz\_cg\_sup}$
Satélite	$M_{sat}$	$X_{sat}, Y_{sat}$	$I_{zz\_sat}$	$I_{zz\_cg\_sat}$

Sobre o tema, responda aos itens a seguir.

- A) Descreva o procedimento para obter a posição do CG do Satélite. Apresente as equações para  $X_{sat}$  e  $Y_{sat}$ .
- B) Explique o princípio de funcionamento do Pêndulo de Torção Invertido. Informe as grandezas físicas envolvidas. Apresente a relação dessas grandezas com a propriedade de massa mensurada pelo pêndulo.
- C) Descreva o procedimento para obter o Momento de Inércia que passa pelo CG do Satélite. Apresente a equação para  $I_{zz\_cg\_sat}$ .

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

### Questão 3

Para controle de atitude e estabilização de satélites podemos usar volantes de inércia. No projeto de um satélite precisamos de volantes de inércia com as seguintes características:

Massa < 1 kg,

Inércia > 5000 kg\*mm<sup>2</sup>

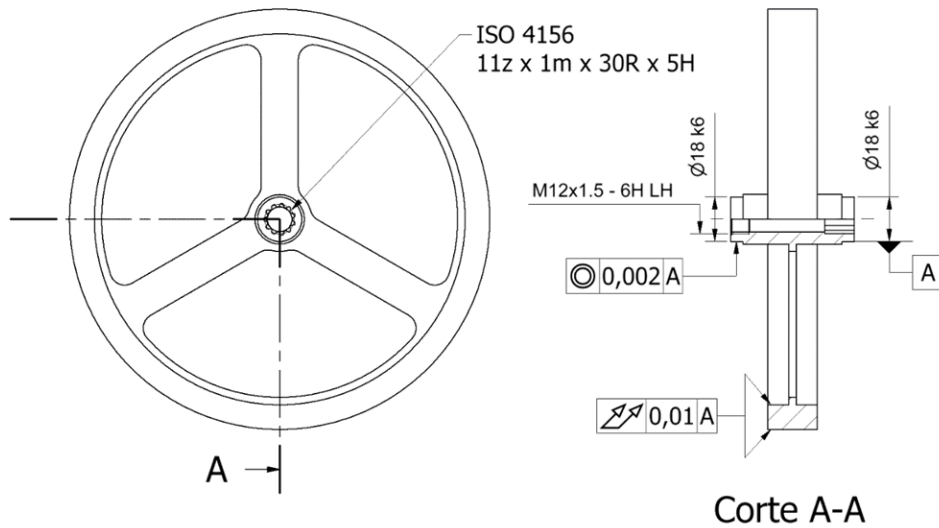
Dominância de inércia: Inércia do eixo de rotação > 1,75x os demais eixos.

Restrição de volume: 200x200x50 mm

Rotação prevista 10 000 rpm

Com base nessas premissas, responda aos itens a seguir.

- A) Qual o material mais adequando (aço inox, alumínio, plástico reforçado com fibras) para atender às especificações? Justifique a escolha.
- B) Usando o recurso de parametrização na modelagem do volante de inércia, quais cotas dispor para variar a inércia? Pensando em concentrar a massa na periferia em um anel, parametrizando por dimensões que definem a secção do anel, e pela dimensão o raio do centro desta secção. Quais parâmetros devo variar para ajustar o momento de inércia de maneira mais eficiente e quais devo variar para fazer pequenos ajustes, desenhe o esboço com estes parâmetros principais. Indicar quais cotas paramétricas esboçadas são de sensibilidade linear e qual é quadrática.
- C) Considere o desenho a seguir.



- C<sub>1</sub> As dimensões Ø18k6 são assentos de rolamentos. Considerando o furo da pista interna do rolamento como sendo H7, este ajuste é de que tipo?
- C<sub>2</sub> Qual a concentricidade entre os assentos de rolamentos Ø18k6?
- C<sub>3</sub> Qual o significado do símbolo de duas flechas com tolerância 0,01 em relação a "A"?
- C<sub>4</sub> Qual o tipo da rosca notada no desenho, qual significado dos caracteres e números de descrevem a rosca?
- C<sub>5</sub> Que tipo de geometria é o ISO 4156 no desenho?
- C<sub>6</sub> Quais são as dimensões do estriado ISO 4156 notado no desenho?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

## Questão 4

---

O departamento de uma empresa mecânica está atualmente buscando produzir um componente essencial para um novo projeto. Este componente apresenta requisitos específicos: tolerâncias apertadas, complexidade geométrica e uma demanda por produção em massa.

O projetista, ao considerar esses requisitos, avaliou diversas opções e concluiu que o processo de moldagem por injeção é a escolha mais adequada para a produção da peça. Isso se deve à capacidade desse processo de alcançar tolerâncias dimensionais precisas e repetíveis, além de ser economicamente vantajoso em comparação a outros métodos de fabricação, como usinagem, especialmente para produção em massa. Consequentemente, o projetista elaborou o projeto do molde de injeção, visando a atender eficientemente às necessidades do projeto.

**A partir dessas informações, responda aos itens a seguir.**

- A) Qual a função dos canais de refrigeração em um molde de injeção plástica? Por que são importantes para o processo de moldagem?**
- B) Indique a função do uso de bico quente em moldes de injeção plástica.**
- C) A eletroerosão é útil para usinar materiais muito duros e para criar formas complexas com alta precisão. Explique as vantagens e desvantagens em termos de precisão, velocidade e acabamento superficial deste processo na fabricação do molde em comparação com o processo de fresamento.**



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

## Questão 5

---

Uma classificação das ligas de alumínio foi desenvolvida pela *Aluminum Association* (AA), em face da infinidade de ligas de alumínio que existem. A norma brasileira **NBR 6834** é compatível com a AA.

Dependendo de como as ligas de alumínio são produzidas, elas são divididas em dois grandes grupos: ligas fundidas e ligas trabalháveis. As ligas trabalháveis são divididas em dois grupos (Ligas Trabalháveis Não-Tratáveis Termicamente (séries 1XXX, 3XXX, 4XXX e 5XXX) e as Ligas Tratáveis Termicamente (séries 2XXX, 6XXX e 7XXX).

- A) Descreva como é obtido, na prática, o aumento de resistência de mecânica das Ligas Trabalháveis Não-Tratáveis Termicamente e das Ligas Trabalháveis Tratáveis Termicamente.**
- B) É característica do alumínio e de suas ligas, a formação natural de um filme de óxido (Alumina -  $Al_2O_3$ ) sobre sua superfície. A espessura do óxido no início de sua formação é de cerca de  $15 \text{ \AA}$  ( $1,5 \text{ \mu m}$ ), mas como a taxa de crescimento subsequente decresce, a espessura de óxido normal fica em torno de  $25 - 50 \text{ \AA}$  ( $2,5 - 5,0 \text{ \mu m}$ ).**
- B<sub>1</sub> Qual o efeito da alumina em relação à corrosão das ligas de alumínio?**
- B<sub>2</sub> Qual a interferência da alumina na soldagem das ligas de alumínio?**
- B<sub>3</sub> Cite e comente uma aplicação do óxido de alumínio (alumina).**
- C) As ligas da série 2XXX possuem alta resistência e são principalmente destinadas a aplicações aeroespaciais (Al – Cu). É uma liga considerada de difícil soldabilidade.**
- C<sub>1</sub> Qual o principal problema que essa liga apresenta na ZTA (Zona Termicamente Afetada) quando soldada a arco elétrico?**
- C<sub>2</sub> Como é possível minimizar o problema da ZTA?**

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

Realização

