



## **TERMO DE REFERÊNCIA**

**Programa computacional dedicado à análise  
dinâmica de rotores com funcionalidades  
específicas**

*mm*



## 1 - OBJETO

Aquisição de Programa computacional dedicado à análise dinâmica de rotores possuindo as seguintes características e funcionalidades específicas para demandas atuais de análises rotodinâmicas do projeto TR5000 e treinamento de operação.

## 2 - JUSTIFICATIVA E OBJETIVO DA CONTRATAÇÃO

Este instrumento apresenta os requisitos mínimos necessários e as principais características técnicas que deverão ser atendidos para o fornecimento de um software dedicado à análise dinâmica de rotores possuindo as seguintes características e funcionalidades específicas para demandas atuais de análises rotodinâmicas do projeto TR5000.

No atual estágio de desenvolvimento do turbojato TR5000 faz-se necessário aprimorar o projeto do conjunto rotativo do motor. Nesta fase, alguns elementos de máquinas devem ser levados em considerações para que a operação em elevadas rotações sejam otimizadas de forma a incluir, na análise, projeto e simulação, elementos em que a análise nos softwares mais simples de rotodinâmica não são possíveis de analisar seus comportamentos. São eles: o efeito de *squeeze film dumpers* e mancais de rolamento. Até então, as ferramentas computacionais disponíveis no projeto não eram possíveis de contar com o efeito destes elementos.

Paralelamente ao fornecimento do programa computacional, deseja-se obter também um treinamento de operação deste software com foco no efeito de *squeeze film dumpers* e mancais de rolamento sobre a análise rotodinâmica na modelagem de conjuntos rotativos.

Em projeto anterior, Turbina Aeronáutica de Pequena Potência - TAPP, o qual evoluiu para o projeto TR5000, foi adquirido software Dyrobes versão 11, porém o mesmo não possui as funcionalidades atuais para o projeto. Sabe-se que a versão atual deste software já inclui estas novas funcionalidades.

Esse fornecimento de serviços, também, tem como objetivo em atender o projeto turborreator de 5000N tendo em vista as necessidades operacionais para o desenvolvimento do Convênio nº01.13.0336.01 - FINEP/SPD, ref: Convênio 4.216.000.00/13 FUNCATE- Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais, na fabricação de protótipos do motor aeronáutico.

## 3 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Programa computacional dedicado à análise dinâmica de rotores possuindo as seguintes características e funcionalidades:

3.1.1 - Ser baseado no método dos elementos finitos.

3.1.2 - Funcionar na plataforma Windows.

OTM



- 3.1.3 - Programa "stand alone", isto é não necessita de outros softwares para funcionar.
- 3.1.4 - Ser capaz de executar análises dinâmicas laterais, torsionais e axiais, assim como análises acopladas laterais-torcionais.
- 3.1.5 - Ser capaz de executar tanto análises lineares como não lineares.
- 3.1.6 - Executar as seguintes análises laterais:
- a) Deflexão estática e reações nos mancais
  - b) Velocidades Críticas Não Amortecidas
  - c) Mapa de Velocidades Críticas
  - d) Análise de Estabilidade e Críticas Amortecidas
  - e) Análise de resposta síncrona em regime permanente (análise harmônica) linear e não linear
  - f) Análise transiente tanto no domínio do tempo como da frequência, possibilitando analisar tanto a operação numa dada velocidade como a partida de um equipamento tanto linear quanto não-linear
  - g) Análise em regime permanente de excitações harmônicas
  - h) Catenária da linha do eixo a fim de prever o melhor alinhamento entre os mancais de maneira a minimizar o momento fletor ao longo da linha do eixo
  - i) Análise de aceleração constante da base em regime permanente
- 3.1.7 - Executar as seguintes análises torcionais:
- a) Frequências Naturais Torcionais e Diagrama de Campbell
  - b) Análise forçada em regime permanente
  - c) Análise Transiente no tempo, tais como curto-circuitos
  - d) Análise Transiente de Partida (domínio da frequência) tanto com curvas de motores síncronos como de indução
  - e) Possibilita modelar acoplamentos não lineares, incluindo o efeito de folga ou "backlash" e acoplamentos elastoméricos.
- 3.1.8 - Executar as seguintes análises de vibração axial: Frequências naturais não amortecidas e resposta forçada em regime permanente.
- 3.1.9 - Executar as seguintes análises acopladas (lateral-torsional-axial): estabilidade, resposta síncrona em regime permanente e transiente no tempo.
- 3.1.10 - Possuir os seguintes tipos de mancais integrados ao ambiente do programa principal:





linear, dependente da velocidade, elementos fluidos (pseudo mancais para bombas e similares), Squeeze Film Damper; Mancal cilíndrico, Mancais não-lineares isotrópicos, Mancais magnéticos lineares e não-lineares, Mancais do tipo "floating ring", Possibilidade de incluir um mancal não linear geral através de polinômios e Selos hidráulicos (efeito Lomakin).

- 3.1.11 - Ainda possuir a capacidade de executar análises transientes com mancais de lobos múltiplos acoplado às deformações elásticas do eixo.
- 3.1.12 - Possuir módulo à parte, porém integrado, para o cálculo dos coeficientes dinâmicos através da solução das equações de Reynolds dos seguintes mancais: cilíndrico, 2-lóbulos, 3-lóbulos, 4-lóbulos, offset, "Taper Land", Pressure Dam/Multi Pocket / Step Bearing e de Sapatas oscilantes e também outras características, tais como vazão do lubrificante, perdas por atrito, etc.
- 3.1.13 - Possuir capacidade de calcular mancais hidrostáticos.
- 3.1.14 - Considerar no cálculo dos coeficientes de rigidez dos mancais de sapatas, a rigidez destas e dos pivôs, em atendimento à API 612.
- 3.1.15 - Possuir uma ferramenta de cálculo para orientar o projeto de dispositivos tipo Squeeze Film Damper.
- 3.1.16 - Possuir ferramenta para cálculo dos mancais tanto através de viscosidade constante, como através de balanço de energia (perdas).
- 3.1.17 - Possuir ferramenta de cálculo para os efeitos de desestabilização dinâmica de rotores propostos por Alford e Wachel.
- 3.1.18 - Incluir ferramenta para cálculo de mancais a gás.
- 3.1.19 - Ser capaz de exportar e importar arquivos em formato Excel.
- 3.1.20 - Ser capaz de facilmente reverter um rotor que tenha sido modelado da direita para a esquerda e vice-versa.
- 3.1.21 - Possuir a possibilidade de o usuário entrar com seus próprios elementos de barra.
- 3.1.22 - Possuir a possibilidade de ter módulo integrado para cálculo dos coeficientes de rigidez cruzados oriundos de selos tipo labirinto para análises de estabilidade nível 2 da API 612.
- 3.1.23 - A licença através de hard-lock, facilitando a troca fácil de um computador para outro.
- 3.1.24 - Os elementos do eixo serem modelados através de elementos onde o diâmetro de massa é diferente do diâmetro de rigidez, possibilitando a correta modelagem de rotores de turbinas e compressores.
- 3.1.25 - Modelagem de mancais de rolamento lineares e não lineares.

*BM*



3.1.26 - Um treinamento de operação do software para 05 pessoas deve ser ministrado na cidade de São José dos Campos-SP com duração de 24h, em local a ser providenciado pelos executores do projeto TR5000, sendo IAE e TGM

*rtm*



#### **4 - DAS OBRIGAÇÕES TÉCNICAS DA CONTRATADA**

- 4.1 - O fornecedor deverá entregar licença através de hard-lock para programa contendo todas funcionalidades do item 3 – Especificações técnicas.
- 4.2 - Junto da contratação, a contratada compromete-se a aceitar as condições termos do de confidencialidade, conforme documento anexo.

#### **5 - OBRIGAÇÃO TÉCNICA DO IAE**

- 5.1 - Disponibilização de local e computador para treinamento no software comercial;

#### **6 - DO RECEBIMENTO DO OBJETO**

##### **6.1 - Critérios de Aceitação**

- 6.1.1 - O prazo de entrega licença através de hard-lock até 30 (trinta) dias, contados a partir da efetivação da contratação, no seguinte endereço: APA - Divisão de Propulsão Aeronáutica do IAE - Instituto de Aeronáutica e Espaço, Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos/SP - CEP 12228-615.
- 6.1.2 - O aceite do software, com todas as funcionalidades acima descritas, será feita pelo coordenador do projeto TR5000.

#### **7 - LOCAL DE ENTREGA**

Os itens de fornecimento da licença deverá ser na Divisão de Propulsão Aeronáutica do Instituto de Aeronáutica e Espaço, no seguinte endereço:

DCTA - Instituto de Aeronáutica e Espaço-IAE  
Divisão de Propulsão Aeronáutica / APA  
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 - São José dos Campos/SP - CEP 12.228-615.

Principal responsável pelo recebimento: Vitor Alexandre Carlesse Martins (IAE/APA)  
Email: [martinsvacm@iae.cta.br](mailto:martinsvacm@iae.cta.br); Tel: +55 12 3947-5221

#### **8 - ACRÉSCIMOS E SUPRESSÕES**

- 8.1 - Não poderá haver acréscimos ou supressões sobre o objeto deste instrumento.





Obs.: O preço por item deverá constar impostos, demais encargos, e custo de transporte/frete.

São José dos Campos, 26 de setembro de 2017.

**Vitor Alexandre Carlesse Martins, 1º Ten Eng**

*Coordenador do Projeto TR5000*



### TERMO DE CONFIDENCIALIDADE

O presente Termo de Confidencialidade é celebrado entre (NOME DA EMPRESA FORNECEDORA DOS SERVIÇOS), inscrita no CNPJ sob o nº XXX, com sede na (ENDEREÇO), (CIDADE), Estado de (ESTADO), ("COMPROMITENTE"); e o IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço, inscrito no CNPJ sob o nº 00.394.429/0140-80, com sede na Praça Marechal do Ar Eduardo Gomes, nº 90, Vila das Acácias, na cidade de São José dos Campos/SP, sendo doravante denominadas em conjunto como "PARTES" e isoladamente como "PARTE";

CONSIDERANDO que o COMPROMITENTE está mantendo tratativas com o IAE, de acordo com os termos firmados no presente instrumento, o COMPROMITENTE terá acesso a informações sobre os desenhos de projetos do IAE, em seu âmbito técnico, relativas às suas atividades de fornecimento de materiais para o motor aeronáutico que consistem em INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS do nível tecnológico do motor.

As PARTES, de mútuo e comum acordo, decidem celebrar o presente Acordo de Confidencialidade com o intuito de evitar a divulgação e utilização das INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS, nos seguintes termos e condições:

- 1) Todas as INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS que sejam fornecidas à COMPROMITENTE e respectivos representantes técnicos, por meio de apresentação de documentação e exposição por meio digital, serão tratadas sob a mais estrita confidencialidade.
- 2) O COMPROMITENTE obriga-se a manter as INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS em sigilo, utilizando o mesmo nível de cuidado e discrição para evitar a divulgação, publicação ou disseminação de tais INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS a qualquer terceiro que aquele dispensado a suas próprias informações similares que não deseja sejam divulgadas, publicadas ou disseminadas.
- 3) As INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS não deverão ser copiadas, reproduzidas sob nenhuma forma, ou armazenadas sob qualquer forma, pelo COMPROMITENTE.
- 4) Caso o COMPROMITENTE torne-se legalmente obrigada a revelar qualquer das Informações, ela prontamente notificará o IAE sobre tal obrigação. Adicionalmente, o COMPROMITENTE somente revelará a parte das INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS a que for legalmente requisitada, e envidará seus melhores esforços para utilizar todos os procedimentos disponíveis para assegurar que as Informações assim reveladas permaneçam em sigilo.
- 5) As obrigações acima não serão aplicáveis as quaisquer INFORMAÇÕES CONFIDENCIAIS pelas quais, (1) anteriormente ao seu recebimento pelo COMPROMITENTE tenham tornado-se públicas ou chegado ao poder do COMPROMITENTE por uma fonte que não o IAE, ou (2) após o recebimento pelo COMPROMITENTE, tenham tornado-se públicas por qualquer meio que não como consequência de uma violação de sua obrigação aqui prevista, ou (3) tenham sido legalmente adquiridas pelo COMPROMITENTE sem uma obrigação de sigilo, de um terceiro que não estivesse sob obrigação de manter sigilo das Informações, ou (4) tenham sido independentemente desenvolvidas pelo COMPROMITENTE.
- 6) Este Acordo vincula as PARTES e seus respectivos sucessores.

Este Termo será regido e interpretado pelas leis do Brasil, pelo prazo de 24 (vinte e quatro) meses, sendo o foro da Cidade de São José dos Campos, Estado do São Paulo, Brasil, eleito para dirimir quaisquer dúvidas ou controvérsias oriundas do presente.

EM TESTEMUNHO DO QUE, as PARTES assinam o presente instrumento em 2 (duas) vias de idêntico conteúdo e forma, no dia e ano abaixo apostos.

São José dos Campos/SP, (dia) de (mês) de (ano).

\_\_\_\_\_  
(Nome do representante, função na comprometente)

Representante da COMPROMITENTE\*

\_\_\_\_\_  
Representante do IAE

\*ASSINATURA REPRESENTANTE DA COMPROMITENTE DEVERÁ SER RECONHECIDA EM CARTÓRIO