

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LEPREG04
LABORATÓRIO	LEPR - LABORATÓRIO DE ENSAIOS EM PROPULSÃO
DIVISÃO	APR – DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	BANCO DE ENSAIO HIDRÁULICO

### **Descrição do Serviço Técnico Especializado (STE)**

O Banco de Ensaio Hidráulico realiza ensaios de caracterização hidráulica (curva de vazão *versus* pressão) para análise e desenvolvimento de componentes do motor foguete a propelente líquido ou híbrido. Esse ensaio serve para medir perdas de carga, determinar coeficientes de vazão e estudar fenômenos de cavitação em componentes do sistema propulsivo do motor foguete a propelente líquido utilizando fluido modelo.

O LEPR/BEH está habilitado a:

I - Elaborar especificações de facilidades e métodos de ensaios relacionados à motores-foguete a propelente líquido, híbrido e seus componentes;

II - Supervisionar, executar e apoiar atividades de pesquisa, integração, preparação e ensaios;

III - Realizar estudos experimentais em mecânica dos fluidos relacionados à motores-foguete a propelente líquido e híbrido.

### **Introdução ao Banco de Ensaio Hidráulico**



Figura 1 – Linhas do sistema



Figura 2 – Bombas de água de 175 e 250 HP-cv



Figura 3 – CDP instalado

O Banco de Ensaio Hidráulico – BEH (figuras 1, 2 e 3) é um sistema capaz de prover fluxo de água em regime laminar (sem perturbação), transitório (perturbação moderada) e turbulento (perturbação severa) dentro da tubulação. O fluxo de água é controlado por uma arquitetura PXI-LabVIEW integrada a sensores de pressão, medidores de vazão e atuadores pneumáticos para simular e medir os fenômenos de diferencial de pressão ( $\Delta P$ ) da entrada e saída de fluido nos diversos segmentos de um motor foguete. Os ensaios ocorrem em modelos de engenharia de válvulas controladoras, válvulas de processos, cabeçotes de injeção de motor foguete de propulsão líquida e

híbrida e de jaquetas de refrigeração de câmaras de combustão para fins de estudo tecnológico aplicado ao programa espacial.

### **Objetivos do Sistema**

O acesso a produtos e sistemas de tecnologias espaciais já desenvolvidos é restrito e a capacitação para o desenvolvimento de sistemas e produtos espaciais que se utilizam de fluido combustíveis, criogênicos e gasosos, passa pelo estudo inicial com água a vazões e pressões elevadas. Com o emprego do BEH é possível obter as primeiras validações de uso das partes de um sistema propulsivo de um motor foguete líquido ou híbrido antes do primeiro ensaio a quente reduzindo consideravelmente os custos de desenvolvimento.

### **Características e Aplicações:**

O Banco de Ensaio Hidráulico da APR-E/LEPR possui um reservatório de 10.000 litros de água deionizada, duas linhas principais de teste, A e B. Linha A equipada com uma bomba d'água de 175 HP-cv e dois ramais com tubos de 4 polegadas, Linha B equipada com uma bomba d'água de 250HP-cv e dois ramais com tubos de 4 polegadas, e a junção de A+B em espera. Os testes aplicam-se à caracterização de vazão em relação a pressão diferencial ( $\Delta P$ ) entre a entrada e a saída, para comparar o perfil de saída do fluido do cabeçote de injeção água versus criogênico e à detecção de calço hidráulico ou passagem de fluido em válvulas de processo. Ainda, com os dados de vazão e pressão é possível determinar as perdas de carga e coeficientes de vazão de diversos componentes que utilizem qualquer tipo de fluido em seu funcionamento.

### **Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE**

A sequência ordenada de atividades e tarefas da ICT/IAE que serão realizadas para a prestação do serviço técnico especializado na área de ensaio hidráulico é descrita a seguir:

- **Etapa 1:** Inicialmente, reunião técnica busca apresentar as condições de operação do BEH que devem nortear a elaboração de documento de Solicitação de Ensaio (SE). Nesta etapa são estabelecidos os requisitos funcionais, operacionais, mecânicos, de interface e de garantia do produto para o emprego do banco de ensaio na caracterização hidráulica do componente, subsistema ou sistema a ser ensaiado.
- **Etapa 2:** Análise e Validação da SE junto ao interessado com definição do cronograma físico-financeiro do STE e de ações decorrentes para viabilizar a execução da SE.
- **Etapa 3:** Fornecimento do componente, subsistema ou sistema hidráulico a ser ensaiado para limpeza e preparação para integração no banco de ensaio juntamente com desenhos de engenharia para escolha de interfaces mecânicas.
- **Etapa 4:** Execução da SE no BEH.
- **Etapa 5:** Desmontagem, limpeza e devolução de componentes.
- **Etapa 6:** Elaboração de Relatório de Ensaio e disponibilização dos dados brutos dos testes por parte do LEPR em favor do interessado.
- **Etapa 7:** Atendimento em caso de garantia da qualidade por parte da ICT/IAE do serviço prestado.

## **Pessoal envolvido para realização do STE**

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE é o efetivo do Laboratório de Ensaios de Propulsão (LEPR), da Divisão de Propulsão da ICT/IAE. De acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe ao LEPR a realização de testes relacionados a pesquisa e desenvolvimento em propulsão espacial. Neste contexto ficam cobertas as atividades/competências de Gestão, Planejamento e Logística; Montagem e Integração; Instrumentação e Controle; Aquisição e Tratamento de Dados; Operação do banco e Segurança Operacional.

Tabela 1 – Competências dos Recursos Humanos envolvidos.

<b>Serviço técnico especializado</b>	<b>RH</b>
Gestão, Planejamento e Logística	Chefe, Adjunto e Encarregado Técnico do LEPR
Montagem e Integração	Encarregado Técnico, 01 Engenheiro e 03 Técnicos
Instrumentação, Controle, Aquisição e Tratamento de Dados	Encarregado Técnico, 01 Engenheiro e 02 Técnicos
Operação do banco	Encarregado Técnico, 01 Engenheiro e 05 Técnicos
Segurança Operacional	Encarregado Técnico e 01 Engenheiro

O efetivo do LEPR opera com 04 (quatro) engenheiros efetivos, 05 (cinco) engenheiros colaboradores, 03 (três) técnicos efetivos e 01 (um) técnico colaborador.

Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas de 1 a 7.

Etapa 1	01 Servidor de Nível Superior e 03 Técnicos
Etapa 2	01 Servidor de Nível Superior e 03 Técnicos
Etapa 3	01 Servidor de Nível Superior e 05 Técnicos
Etapa 4	01 Servidor de Nível Superior e 03 Técnicos
Etapa 5	01 Servidor de Nível Superior e 05 Técnicos
Etapa 6	01 Servidor de Nível Superior e 01 Técnico
Etapa 7	01 Servidor de Nível Superior e 01 Técnico

## **Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE**

O LEPR disponibiliza Sala de Limpeza e Montagem para a preparação do Corpo de Prova (CP). Todos os insumos para a realização do STE são de responsabilidade do interessado.

### **Observações complementares:**

- O Relatório de Ensaio emitido pelo LEPR trata da apresentação dos resultados obtidos com avaliação qualitativa dos dados de ensaio.
- A contratação de análise no contexto da P&D do interessado deve ser alvo de Etapa complementar assim como eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE.

## **Formação dos custos unitários/globais do STE**

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL) e do Homem Hora (HH) referentes ao STE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do BEH e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exibe a composição de custos com base nos valores de HL e HH supracitados, tomando por exemplo um cronograma físico de 30 horas por semana e uma (01) semana por etapa.

Tabela 3 – Composição de custos H/H.

Atividade	Quantidade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
Etapa 1	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	3	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 9.831,60
Etapa 2	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	3	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 9.831,60
Etapa 3	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	5	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 16.386,00
Etapa 4	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	3	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 9.831,60
Etapa 5	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	5	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 16.386,00
Etapa 6	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	1	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 3.277,20
Etapa 7	1	Nível Superior	30	R\$ 189,81	R\$ 5.694,30
	1	Nível Técnico	30	R\$ 109,24	R\$ 3.277,20
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 99.709,80</b>			

## **Depreciação das Instalações**

A estimativa de um valor de depreciação de bancos dedicados a ensaios em propulsão espacial é complexa. Considerou-se 30hs referentes a Etapa 4. Segue estimativa de referência:

Tabela 4 – Depreciação das Instalações

Instalação	Id Prédio	Valor estimado das instalações	Tempo Estimado Vida Útil (anos)	Tempo de uso para a atividade (horas)	Horas Estimadas de Vida Útil	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
LEPR	E-011	R\$ 1.500.000,00	50	30	60280	R\$ 24,88	<b>R\$ 746,52</b>

## Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos

Depreciação dos Equipamentos e Consumo energético conforme tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Depreciação dos Equipamentos e Consumo energético

ETAPA	Equipamento	Valor	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min)	Tempo Estimado Vida Útil – em anos	Custo de Manutenção por hora de uso em R\$	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Consumo em kWh Durante o tempo de utilização	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Horas Estimadas de Vida Útil	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$	Custo de Manutenção durante o tempo de uso em R\$
4	BEH	R\$ 1,5M	317k	60,00	50	R\$ 0,00	1,00	317,00	R\$ 247,26	60280	R\$ 24,88	R\$ 24,88	R\$ 0,00
									R\$ 247,26			R\$ 24,88	R\$ 0,00
											<b>SUBTOTAL</b>		<b>R\$ 272,14</b>

## Composição final do STE

Tabela 6 – Composição final do STE

<b>CALCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO</b>	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 99.709,80
Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos	R\$ 272,14
Depreciação de Instalações	R\$ 746,52
Material de Consumo/Insumos	R\$ 0,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 100.728,46</b>

## Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.