

1. Classificação <i>INPE-COM.7/RAE</i>		2. Período <i>Abr/Set-77</i>	4. Critério de Distribuição:  interna <input type="checkbox"/>  externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor)			
5. Relatório nº <i>INPE-1163-RAE/049</i>	6. Data <i>Dezembro 1977</i>		7. Revisado por
8. Título e Sub-Título <i>RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO CONVÊNIO 272-CT-FINEP/CNPq - LABORATÓRIO DE COMBUSTÃO -</i>			9. Autorizado por  <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>
10. Setor	Código		11. Nº de cópias <i>07</i>
12. Autoria <i>Wilson Antunes de Almeida</i>			14. Nº de páginas <i>16</i>
13. Assinatura Responsável			15. Preço
16. Sumário/Notas  <i>Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas no Projeto Laboratório de Combustão, referentes ao período Abril/Setembro-77</i>			
17. Observações			

CONVÊNIO CT/272 - FINEP/CNPq

LABORATÓRIO DE PROCESSOS DE COMBUSTÃO

1 - OBJETIVOS

Implantação e operação de um laboratório visando a obtenção de infraestrutura capaz de, efetivamente, colaborar com o Governo e a Indústria na pesquisa, no desenvolvimento e na análise de sistemas de combustão.

De acordo com o exposto no II Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, tal laboratório deverá ser construído pelo INPE, que o operará em articulação com os Ministérios Militares e com a participação de outras entidades públicas ou privadas interessadas no uso de suas facilidades de pesquisa.

2 - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PERÍODO ABRIL/SET 77

A - Atividades Operacionais e de Implantação

A.1 - Planejamento

No primeiro semestre deste ano de 1977 as operações de implantação do Laboratório de Combustão foram desativadas em face de uma orientação, mais abalizada, surgida através do Aviso nº 08/COBAE, de 28/12/76.

Por meio desse aviso e com coerência aos objetivos explicitados no II PBDCT, foi criada uma Comissão Técnico-Científica, constituída por representantes de cada um dos Ministérios Militares e do INPE, com a finalidade de reavaliar o funcionamento e programação do Laboratório de Combustão.

O primeiro trabalho elaborado por essa Comissão consistiu do documento "Filosofia e Organização Básica do Laboratório de Combustão", resultado das reuniões mantidas até meados do segundo trimestre de 1977.

A elaboração do relatório técnico final, envolvendo detalhamento dos equipamentos, das instalações e da programação específica para os próximos anos, foi concretizada em meados de agosto de 1977, após várias reuniões mantidas no INPE em São José dos Campos. A transcrição deste relatório está apresentada em anexo.

#### A.2 - Prédios

Segundo o parecer da Comissão Técnico-Científica as necessidades do Laboratório de Combustão, no que se refere a construção (prédios), ficaram assim definidas:

- Um prédio para pesquisadores e instrumentação que não apresente riscos de explosão com área de construção na ordem de 600 m<sup>2</sup>.
- Um prédio, com área de construção na ordem de 250 m<sup>2</sup>, a ser usado para ensaios.
- Duas salas pequenas, tipo paiol, a serem usadas na estocagem de matérias primas que apresentam riscos de explosão.

Com relação as duas estruturas (cúpulas) já construídas foi decidido o seu aproveitamento, e já estão em andamento as obras para acabá-las.

A construção do Prédio dos Pesquisadores está planejada para o mês de dezembro próximo, logo após a concorrência pública a qual se encontra em fase de início.

### A.3 - Pessoal

Pessoal envolvido no projeto:

- Wilson Antunes de Almeida
- Darci das Neves Nobre
- João Andrade de Carvalho Jr.
- José Arthur Machado Pinheiro Alonso
- Demétrio Bastos Neto
- Luiz Renan Neves de Pinho
- Edbert Moreira
- Ivan Gaspareto
- Marco Aurélio Ferreira
- Magda Chad Braga

No segundo trimestre de 1977 foi levada a efeito a contratação de um especialista em Cromatografia e Espectrometria de Massa objetivando a criação de infraestrutura de pessoal para operação do GC/MS (Cromatógrafo/Espectrômetro de Massa).

### B - Atividades de Pesquisas

- a - Foram processadas no computador B-6700 do INPE várias formulações de propelentes, usando o programa NASA-SP 273, para o IAE/CTA.
- b - Continuam em andamento os estudos de resinas combustíveis existentes no mercado nacional objetivando a obtenção de propelentes sólidos confiáveis.
- c - Estão sendo feitos estudos de combustível líquido, da família da hidrazina, voltado ao desenvolvimento de

geradores de gases para controle de atitude de veículos espaciais.

- d - O Dr. Morton Shorr, do Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica (AIAA) passou 3 semanas no INPE, como consultor convidado. o Dr. Shorr colaborou na definição dos programas de pesquisa e na implantação do Laboratório de Combustão. Ele também concordou em participar, no futuro, dos trabalhos do Laboratório, por correspondência e através de visitas periódicas ao INPE.
- e - Um pesquisador do Laboratório participou, junto ao IAE, da campanha de lançamento de foguetes no Centro da Barreira do Inferno, no Rio Grande do Norte.

ANEXO

LABORATÓRIO DE PROCESSOS DE COMBUSTÃO  
RELATÓRIO FINAL DA COMISSÃO  
TÉCNICO - CIENTÍFICA  
(Citado na página 2)

O presente relatório trata da implantação de um Laboratório de Processos de Combustão no INPE-Cachoeira Paulista/São José dos Campos, de acordo com determinação contida no II PBDCT (página 42). Assim sendo, refere-se a um laboratório que, pretende-se, seja "capaz" de efetivamente colaborar com o Governo e a Indústria na pesquisa, no desenvolvimento e na análise de sistemas de combustão". São aqui apresentadas suas gestões e orientação sobre a organização básica e inicial do Laboratório, compreendendo suas necessidades de pessoal, infraestrutura mínima, equipamentos essenciais ao apoio de problemas atualmente conhecidos, programação inicial de atividades e os recursos necessários a tal empreendimento.

## 1 - INTRODUÇÃO

O II PBDCT reconhece, entre vários, a existência de dois objetivos básicos a serem alcançados com o cumprimento das atividades nele previstas:

- a) Desenvolvimento de uma infraestrutura básica de engenharia aeroespacial no campo da propulsão;
- b) Minimização de problemas ligados à atual crise energética.

Entre as atividades relacionadas com estes objetivos, o II PBDCT mencionou como projeto prioritário a implantação e operação de um Laboratório de Processos de Combustão, cabendo ao INPE seu planejamento, construção e operação, em articulação com os Ministérios Militares e com a participação de quaisquer entidades, públicas ou privadas que, eventualmente, estejam interessadas na utilização de suas facilidades.

É indiscutível que tal laboratório se ajuste perfeitamente as atuais necessidades e estudos de propelentes no âmbito das Forças Armadas. Entretanto, faz-se necessário que o mesmo esteja também adequado a um horizonte mais amplo. É essencial que tal laboratório, além de se prestar ao desenvolvimento e teste de propelentes e combustíveis em geral (utilizando, sempre que possível, matérias primas nacionais, assim

como o estabelecimento de tecnologia de fabricação dos mesmos em escala industrial) também se preste para, entre outros, estudos sobre poluição, estudos sobre segurança contra incêndio, treinamento de pessoal etc. Por outro lado, o componente mais importante de tal laboratório é o GC/MS, sistema que consiste de um Cromatógrafo de Gás e um Espectrômetro de Massa acoplados a um computador. Tal sistema não se presta apenas à análise de produtos de combustão e de explosivos. É capaz de determinar, por exemplo, com extrema precisão, a presença de traços de DDT em amostras de solo ou de traços de uma droga numa gota de sangue. Assim, é pertinente que seja considerada a possibilidade de tal laboratório ser estruturado de modo a poder não apenas prestar serviços para grupos, alheios ou não, a processos de combustão propriamente ditos, mas também poder vir a ter seus equipamentos operados por aqueles grupos, tentando-se, assim, uma otimização dos diversos subsistemas do laboratório que, naturalmente, contará com uma estrutura básica de pessoal permanente.

## 2 - ORGANIZAÇÃO BÁSICA FINAL DO LABORATÓRIO

Considerando-se a opção de que serão basicamente realizadas pesquisas em COMBUSTÃO, o Laboratório deverá ser constituído de duas divisões, a primeira com três setores e a outra, inicialmente, com dois setores, todos envolvidos no problema do diagnóstico de sistemas de combustão. Tais setores poderão ser implementados de per si ou conjuntamente, dependendo das prioridades a serem definidas.

### 2.1 - DIVISÃO DE PROPELENTES

- a) SETOR DE INSTABILIDADE DE COMBUSTÃO: A instabilidade de combustão se manifesta na forma de oscilações de pressão, de uma dada frequência, ocorrendo no interior do "combustor". Estas oscilações são mantidas pela energia fornecida pelo processo de combustão e seu aparecimento resulta usualmente na destruição do sistema de propulsão. O objetivo primordial, neste setor, é a criação de uma infraestrutura básica que forneça meios convenientes para estudar o comportamento e a supressão das oscilações da instabilidade de combustão;

Tal recurso experimental deve se constituir de um sistema de instrumentação moderno, capaz de permitir a investigação dos efeitos de:

- 1) Geometria do "Combustor"
- 2) Geometria do Expansor
- 3) Inibidores Acústicos

na supressão das instabilidades de combustão.

- b) SETOR DE COMBUSTÃO DE PROPELENTES E ANÁLISE DE EXPLOSIVOS: É neste setor que deverá ser realizada a análise de propelentes e explosivos em seus aspectos físico-químicos, mecânicos e balísticos. Para tal, há necessidade não apenas de um Cromatógrafo de Gás acoplado a Espectrômetro de Massa e de um computador, mas também de uma bomba de combustão para alta pressão com facilidades para filmagem em alta velocidade. Proceder-se-á, também, a investigação do resultado de queimas interrompidas, por meio de microscópio com câmeras fotográficas, à obtenção de medidas cinéticas e energéticas da decomposição dos ingredientes, por meio de calorímetro diferencial de varredura e à preparação completa de amostras por meio de equipamentos apropriados.
- c) SETOR DE ACÚSTICA DE COMBUSTÃO: O propósito deste setor é a determinação de admitâncias de sistemas de combustão, de vez que tal parâmetro é uma indicação quantitativa de grande importância para o projeto de motores. Cabem, aqui também, estudos em propagação de chama nos quais se busca estudar a radiação emitida por chamas turbulentas produzidas por vários combustíveis.

## 2.2 - DIVISÃO DE NÃO PROPELENTES

- a) SETOR DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS: Este setor deverá efetuar estudos de decomposição de materiais combustíveis e não combustíveis em geral, simultaneamente à comprovação e otimização do comportamento de equipamentos diversos de combustão.

Assim, ele tem por finalidade principal o apoio aos órgãos oficiais e as indústrias no que se refere ao teste de materiais e equipamentos em geral. Neste setor deverão se realizar testes envolvendo combustíveis conhecidos, novos ou especiais, assim como seu comportamento físico-químico durante a combustão. Também deverão ser testados e estudados componentes ou sistemas de geração de energia por combustão, visando a otimização global dos mesmos. Outra das atividades previstas corresponde ao teste de produtos que, aparentemente não combustíveis ou de difícil combustão possam, entretanto, sob certas condições, liberar traços de gases absolutamente indesejáveis.

- b) SETOR DE POLUIÇÃO: Este setor poderá colaborar no controle da poluição urbana e industrial, de vez que sua existência é subproduto dos demais setores do LPC. Além do óbvio controle de traços de poluentes, nele existirão facilidades para determinação da distribuição do tamanho das partículas de fuligem nos produtos de combustão industrial e urbana. Para tal, contar-se-á com uma câmara de testes, sistemas de amostragem, análise química e ótica de aerossóis em geral.

### 3 - PESSOAL

O Laboratório, em seu núcleo de formação, conta com 1 PhD (em tempo parcial), 3 MS, 2 BS, 3 técnicos e 5 bolsistas.

Parece a esta Comissão que o núcleo permanente do LPC deverá contar com 3 PhD, 5 MS, 10 BS, com um mínimo de 7 técnicos (1 Fotog/ótica, 1 Desenhista/Projetista, 1 Eletrônico, 1 Mecânico e 3 Químicos) e 1 Burocrata.

### 4 - INFRAESTRUTURA MÍNIMA

O LPC deverá ser instalado em Cachoeira Paulista, segundo orientação da COBAE (Aviso nº 06/COBAE, de 10 de setembro de 1976). Entre

tanto é de se observar a existência de muitas facilidades em São José dos Campos no que se refere à biblioteca, computação e forte presença industrial. O próprio Dr. B.T. Zinn, chefe do LPC da G. Tech, que esteve no Brasil, como consultor do INPE, para exatamente colaborar no planejamento do LPC deste Instituto, sugere a utilização das facilidades de São José dos Campos. Desta maneira, parece a esta Comissão que, pelo menos em sua fase inicial de funcionamento, parte do Laboratório deverá permanecer nessa localidade, a saber:

- Coordenação Geral;
- Formação de Pessoal;
- Biblioteca;
- GC/MS (já instalado e em funcionamento);
- Computação;
- Estudos Teóricos.

Para a parte de São José dos Campos aproveitar-se-á a infraestrutura existente no INPE.

Em Cachoeira Paulista, dever-se-á construir dois prédios:

O primeiro, para os pesquisadores e para execução de testes com baixo risco de explosão que deverá possuir:

- Laboratório Químico de Controle (90 m<sup>2</sup>)
- Sistema GC/MS (20 m<sup>2</sup>)
- Laboratório de Preparação de Amostras para o GC/MS (12 m<sup>2</sup>)
- Laboratório de Ensaios Mecânicos (12 m<sup>2</sup>)
- Laboratório de Manutenção Eletrônica (16 m<sup>2</sup>)
- Sala de Raios X (12 m<sup>2</sup>)
- Câmara Escura com equipamentos óticos (10 m<sup>2</sup>)
- Sala de Balanças (5 m<sup>2</sup>)

- Sala para o Micromerógrafo (12 m<sup>2</sup>)
- Almojarifado (12 m<sup>2</sup>)
- Depósito de Drogas (12 m<sup>2</sup>)
- Sala de Chefia
- Salas de Pesquisadores (120 m<sup>2</sup>)
- Banheiro (18 m<sup>2</sup>)
- Sala de Reuniões/Auditório (30 m<sup>2</sup>)

O outro prédio será destinado a ensaios. Nele serão instalados equipamentos especiais e realizados testes, onde é normal a possibilidade de explosão. Tal prédio, de projeto especial, deverá conter:

- Sala de Estufas (16 m<sup>2</sup>)
- Sala de Instrumentação (24 m<sup>2</sup>)
- Sala de Estabilidade "Tagliani" (20 m<sup>2</sup>)
- Sala para Bomba Crawford, Strand Burner e Queimadores
- Banheiro (4 m<sup>2</sup>)
- Sala para Oficina de Apoio (24 m<sup>2</sup>)
- Sala de Preparação de Amostras (16 m<sup>2</sup>)
- Sala de Inibição (20 m<sup>2</sup>)
- Sala de Prensagem.

É, também, essencial a construção de dois "Paiois" (2 x 2 m cada um); um para a estocagem de iniciadores (ignitores), outro para propelentes e explosivos.

Finalmente, poder-se-á evitar a construção de outro prédio, aproveitando-se as duas estruturas (cúpulas) existentes na área do LPC em Cachoeira Paulista. Concluídas, uma conterá um misturador, um laminador e uma seção de moldagem; na outra serão colocados moinhos, peneiras, secadores e balanças.

5 - EQUIPAMENTOS, ACESSÓRIOS E MATERIAL DE CONSUMO ESPECÍFICO PARA O LPC

Os materiais permanentes e de consumo, essenciais para a implantação e o funcionamento do Laboratório em questão, são abaixo indicados, com os respectivos preços, estimados de acordo com propostas comerciais enviadas pelos fabricantes e importadores, em resposta às consultas feitas pelo Grupo de Implantação do LPC no INPE e pelos membros desta CTC.

1 - Calorímetro adiabático "PARR"	US\$	16,000.00
2 - Viscosímetro "Brookfield-8V"	Cr\$	40.900,00
3 - "Optical System (Laser Beam in situ measurements)"	US\$	22,500.00
4 - "Whitby Analyzer and cascade impactor"	US\$	23,000.00
5 - Microscópio com acessórios	Cr\$	250.000,00
6 - Equipamento acessório do GC/MS	US\$	30,000.00
7 - Video cassete com câmera e monitores "Sanyo"	Cr\$	100.000,00
8 - Registrador (Sanborn ou equivalente)	US\$	25,000.00
9 - Banco de Provas para 5000 Lbf	US\$	5,000.00
10 - Equipamento para testes mecânicos "Instron"	US\$	19,000.00
11 - Aparelho de Raios X	US\$	8,000.00
12 - Cromatógrafo Líquido	US\$	5,000.00
13 - "Strand Burner"	US\$	29,000.00
14 - Misturador tipo sigma CAP/6ℓ	Cr\$	87.000,00
15 - Misturador com CAP/0.5ℓ	Cr\$	52.000,00
16 - Misturador "V-Shaped" CAP/5ℓ	Cr\$	47.000,00
17 - Moinho de Bolas CAP/3ℓ	Cr\$	9.500,00
18 - Transdutores de empuxo e pressão	US\$	4,000.00
19 - Balança Analítica para Padrões	Cr\$	75.200,00

20 - Destilador	Cr\$ 7.000,00
21 - Phmetro com eletrodos de iões específicos	Cr\$ 150.000,00
22 - Desumidificador (4)	Cr\$ 16.000,00
23 - Frequencímetro digital	Cr\$ 12.000,00
24 - Aparelho de ar condicionado (5)	Cr\$ 45.200,00
25 - Calculadora HP/97 com programas	US\$ 850.00
26 - Calculadora HP/25C (2)	Cr\$ 19.200,00
27 - Móveis para escritório	Cr\$ 55.000,00
28 - Equipamentos de segurança (máscaras, viseiras etc.)	Cr\$ 30.000,00
29 - "Power Supply HP 6205-13"	US\$ 500.00
30 - Acessórios para oficina mecânica	Cr\$ 60.000,00
31 - Osciloscópio "Duas Beam" com acessórios	US\$ 3,000.00
32 - Reagentes diversos	Cr\$ 500.000,00
33 - Balança "Mettler/P-11N", 5 kg	Cr\$ 52.200,00
34 - Bomba de Vácuo "Modelo 141-20V"	Cr\$ 8.700,00
35 - Vidraria para laboratório	Cr\$ 200.000,00
36 - Plasti-Corder	US\$ 6,000.00
37 - Equipamento para medida de área de queima de pó	US\$ 500.00
38 - Material de Consumo para oficina mecânica	Cr\$ 100.000,00
39 - Câmera de alta velocidade (High Speed Camera)	US\$ 15,000.00
40 - Processadora (Processing Equip)	US\$ 17,000.00
41 - Acessórios para laboratório (densitômetro, etc.)	Cr\$ 60.000,00
42 - Objetivas especiais de quartzo (IR, UV, Teleobjetiva)	Cr\$ 10.000,00
43 - Um Jeep	Cr\$ 60.000,00

## 5 - PROGRAMAÇÃO

Dever-se-ã assegurar às Forças Armadas a prioridade no uso das facilidades do LPC, tendo em vista a Segurança Nacional. Assim, o Laboratório de Processo de Combustão (LPC) deverá se equipar de maneira que sua infra-estrutura, equipamentos e pessoal, possa atender às instituições científicas em suas necessidades no campo da combustão. Esse atendimento se fará em termos de trabalhos específicos de interesse direto ou através da divulgação de resultados de pesquisas, conduzidas no Laboratório.

O programa de trabalho do LPC será elaborado prioritariamente para atender às necessidades específicas do INPE e das Forças Armadas, sem entretanto perder de vista os interesses afins da Indústria e da Universidade.

Aos membros do Laboratório competirá a coordenação dos programas em curso. Como o LPC deverá, além de desenvolver seus projetos intrínsecos, ser capaz de oferecer suas instalações a representantes de outras organizações, é mister que seu pessoal seja selecionado de modo a poder exercer, inclusive, funções de treinamento de pessoal.

As Forças Singulares e o INPE deverão fazer seus entendimentos através de planos de trabalho, que especificamente regulamentarão as atividades nas diversas áreas do LPC. Os demais usuários (entidades públicas e indústria em geral) terão acesso ao Laboratório através do INPE, o qual se encarregará do estabelecimento das normas de operação.

## 7 - RECURSOS

Para a execução do LPC, dentro do acima sugerido, serão necessários os seguintes recursos:

- a) Construção Civil (adicional) Cr\$ 3.000.000,00

b) Equipamentos, bens m̃veis e material de consumo	Cr\$ 2.000.000,00
	US\$ 293,850.00 ou Cr\$ 5.000.000,00
c) Pessoal	Cr\$ 6.000.000,00

#### 8 - CONCLUSÕES

Face a import̃ncia do assunto, esta Comiss̃o reconhece, como altamente priorit̃ria, a liberaç̃o dos recursos previstos neste do cumento, a fim de que o INPE tenha condiç̃es efetivas para concluir a implantaç̃o do Laborat̃rio.