

**AGUINALDO MARTINS SERRA JUNIOR**

**O LABORATÓRIO ASSOCIADO DE PROPULSÃO E COMBUSTÃO NO INPE –  
UMA MAIOR INTERAÇÃO TECNOLÓGICA NOS GRANDES PROGRAMAS  
INSTITUCIONAIS**

**O caráter tecnológico do LCP e sua reinserção no INPE**

**Prof. Paulo N. Figueiredo**

**Prof. Izidoro Blikstein**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso MBA em Gestão Estratégica da  
Ciência e Tecnologia em IPP's**

**Turma INPE**

**São José dos Campos – SP**

**2010**

O Trabalho de Conclusão de Curso

**O LABORATÓRIO ASSOCIADO DE PROPULSÃO E COMBUSTÃO NO INPE –  
UMA MAIOR INTERAÇÃO TECNOLÓGICA NOS GRANDES PROGRAMAS  
INSTITUCIONAIS**

**O caráter tecnológico do LCP e sua reinserção no INPE**

Elaborado por Aguinaldo Martins Serra Junior e aprovado pela Coordenação Acadêmica foi aceito como pré requisito para obtenção de curso MBA em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's, Curso de Pós-Graduação *lato sensu*, nível de Especialização, do Programa FGV in company.

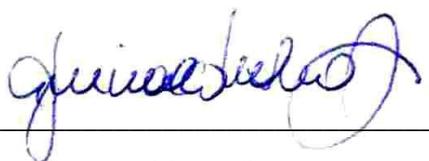
Data da aprovação: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Coordenador Acadêmico Prof. Paulo N. Figueiredo**

\_\_\_\_\_  
**Orientador do TCC Prof. Izidoro Blikstein**

O aluno Aguinaldo Martins Serra Junior, abaixo assinado, do Curso MBA em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's do Programa FGV *In Company*, realizado no período de 05/02/2009 a 20/05/2010 declara que o conteúdo do trabalho de conclusão do curso intitulado “*O Laboratório Associado de Combustão e Propulsão no INPE – uma maior interação tecnológica nos grandes programas institucionais*”, é autêntico, original, e de sua autoria exclusiva.

São José dos Campos, 30 de Agosto de 2010.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Aguinaldo M Serra Jr.', is written above a horizontal line.

Aguinaldo M Serra Jr.

## **Resumo**

A indústria aeroespacial brasileira começou a tomar forma nos anos 70. A conjuntura política teve muita influência na definição dos rumos das atividades espaciais. Em particular, a influência dos militares teve efeitos ambivalentes, pois, ao mesmo tempo em que criou programas tecnológicos que contribuiriam para instalação de uma base científica e tecnológica, a política espacial passou a ter um viés de defesa. Pode-se afirmar que houve a militarização da política espacial.

Um dos projetos prioritários que fez parte do II PBDCT – Programa Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - foi a implantação do Laboratório de Processos de Combustão (LPC) nas dependências do INPE em Cachoeira Paulista – SP. O projeto de implantação do LPC foi elaborado por uma Comissão Técnico-Científica formada por integrantes da Marinha, da Aeronáutica e do CNPQ. O LPC, mais tarde LCP, se ocuparia “de forma ampla do desenvolvimento e teste de propelentes e combustíveis em geral e estudos sobre poluição, estudos sobre segurança contra incêndio e de treinamento de pessoal, para tornar a proposta aceitável no âmbito nacional”.

Com a polarização da indústria aeroespacial e com a localização da direção do INPE em São José dos Campos, as instalações do INPE em Cachoeira Paulista entraram em um ostracismo nocivo, mas sem perder a sua importância. Os novos projetos todos se concentraram nas instalações do INPE Matriz, e o LCP deixou de ser lembrado dentro do próprio INPE mesmo em aplicações que eram o motivo de sua criação.

Este trabalho pretende expor o LCP como pólo de desenvolvimento tecnológico e de inovação, centro de formação de pessoal, além de ser um potencial parceiro nos grandes projetos do INPE e do MCT.

**Palavras chave:** propulsão, combustão, motor foguete, testes de propulsores,

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	6
<b>Histórico</b> .....	8
<b>Descrição das instalações e pessoal alocado no LCP</b>	
<b>Instalações</b> .....	15
<b>Equipamentos</b> .....	16
<b>Pessoal</b> .....	17
<b>Principais projetos em andamento</b> .....	17
<b>Projeções para o futuro</b> .....	19
<b>Conclusões</b> .....	20
<b>Bibliografia</b> .....	23

## **Introdução**

De acordo com o jornal The Washington Post, a Casa Branca publicou discretamente, no dia 06 de outubro de 2006, um decreto presidencial, assinado por George Bush e referendado pelo Capitólio, que versa sobre a nova política espacial a ser adotada pelos EUA. Essa nova política, aprovada em 31 de agosto de 2006, redefine a estratégia espacial norte-americana que, desde o governo Bill Clinton, vinha sendo implementada pelos EUA. Trata-se de um excelente exemplo da diplomacia total, desde sempre adotada por aquele país, uma vez que, no cerne desta nova política espacial, encontra-se a decisão dos EUA de garantir para si a exclusividade e a unilateralidade sobre o controle de acesso ao espaço (segundo consta desse decreto, os EUA opor-se-ão a quaisquer agências, regimes legais e/ou países que tentem restringir ou limitar o seu acesso ou sua exploração do espaço). Dentre alguns de seus itens, destacamos aqueles que afetam diretamente os interesses estratégicos de outros países igualmente voltados para o desenvolvimento de tecnologias para a exploração do espaço sideral:

“Fortalecer a liderança espacial do país, garantir que a capacidade espacial permita melhorar a segurança nacional dos EUA e alcançar objetivos de política externa. Também prioriza permitir operações dos EUA, sem obstáculos, pelo espaço, a fim de defender os interesses do país”. Nos termos do decreto, cabe ao Secretário de Defesa “desenvolver capacidades, planos e opções que garantam a liberdade de ação no espaço e, o mais importante, se assim for ordenado, negar essa mesma liberdade de ação aos adversários”. Finalmente, explicita que “a liberdade de ação no espaço é tão importante para os EUA como o poder aéreo ou o marítimo.”

Esta supremacia atual do espaço pelos Estados Unidos, reforçada pelo texto acima e facilitada com o final da Guerra Fria e a decadência econômica da antiga União Soviética, foi prevista nos anos 70 no Brasil.

Na década de 1960 não havia uma política espacial definida pelo governo federal. Quem elaborou e implementou as bases da política aeroespacial foram os primeiros pesquisadores da CNAE (Comissão Nacional de Atividades Espaciais), que mais tarde foi transformada no Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. A política científica e tecnológica que estabeleceu as principais competências do Instituto e traçou sua trajetória, estava orientada para gerar conhecimento, tecnologias e produtos a partir de dados de satélites, para atender demandas da sociedade relacionadas à gestão do território brasileiro e ao monitoramento e previsão das condições ambientais, além dos estudos sobre os fenômenos

físicos e químicos do espaço (ionosfera, atmosfera, aeronomia e astrofísica). A política presente na implantação dos programas e atividades do INPE serviu de base para a elaboração das diretrizes da Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (PNDAE), formuladas em 1970.

O primeiro documento de política explícita de C&T foi o I PBDCT, Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que integrava o I PND, Plano Nacional de Desenvolvimento, para o período 1972-74, parte do Programa de Metas e Bases para a Ação do Governo. Foi o II PBDCT (1976), integrado ao II PND (1974-79), que trouxe inovações como a criação do SNDCT - Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, e do PNPG - Programa Nacional de Pós-graduação. Com o II PBDCT tomou-se consciência que o “os dispêndios previstos significam, antes de tudo, que ciência e tecnologia são realmente coisas importantes no Brasil”.

Um dos projetos prioritários que fez parte do II PBDCT foi a implantação do Laboratório de Processos de Combustão (LPC), atualmente Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP), nas dependências do INPE em Cachoeira Paulista. O projeto de implantação do LCP foi elaborado pela Comissão Técnico-Científica formada por Demétrio Bastos Neto, capitão de mar e guerra da Marinha, Abner Maciel de Castro, tenente coronel Engenheiro da Aeronáutica e Nelson Jesus Parada, diretor do INPE (1976-1984), representante do CNPq. Em 1976, o laboratório foi transferido para instalações provisórias do INPE em Cachoeira Paulista. Essa transferência foi ditada pela necessidade de manuseio, de realização de testes com substâncias perigosas (propelentes, explosivos, materiais químicos, etc.) e, portanto, de espaço para operação com segurança.

Em carta, José Dion, presidente do CNPq, de 28 de fevereiro de 1977, enviada para o presidente da COBAE (Comissão Brasileira de Atividades Espaciais), General do Exército Moacyr Barcelos Potyguara, apresentou seu ponto de vista acerca da finalidade do LCP. Segundo José Dion, ele defendia que o LCP se ocupasse de forma ampla do desenvolvimento e teste de propelentes e combustíveis em geral e estudos sobre poluição, estudos sobre segurança contra incêndio e treinamento de pessoal para tornar a proposta aceitável no âmbito nacional. A resposta do Almirante Aripena da Marinha à proposição do presidente do CNPq era que o documento deveria dar prioridade à questão de segurança nacional no uso do LCP para não ter que aguardar o uso por parte de universidades e a indústria. Desse modo, o LCP deveria tratar prioritariamente dos problemas de combustão de propelentes sólidos, que atenderia ao Exército e ao projeto SONDA, em desenvolvimento pelo CTA.

Os debates da COBAE (Comissão Brasileira de Atividades Espaciais) nos anos de 1977, 1978 e 1979 giraram em torno da definição de uma Missão Espacial Completa Brasileira e alguns termos de cooperação com outros países além dos Estados Unidos, como a França. O Brasil tinha projetos conjuntos em andamento com os americanos na área de foguetes de sondagem e lançadores de mísseis de curto alcance, que não poderiam ser abandonados.

As aplicações civis dariam mais legitimidade e sustentação a longo prazo, independente das mudanças de governo e da oposição dos EUA ao desenvolvimento tecnológico de países como o Brasil. O fato é que a política espacial de desenvolvimento autônomo dos anos 70 não se sustentou com o fim do regime militar e as dificuldades de acesso às tecnologias sensíveis. A influência dos militares teve efeitos ambivalentes, pois, ao mesmo tempo que criou programas tecnológicos que contribuiriam para instalação de uma base científica e tecnológica, a política espacial passou a ter um viés de defesa. Pode-se afirmar que houve a militarização da política espacial.

Há evidências de que o caminho mais seguro para o desenvolvimento tecnológico é a cooperação com outros países, em especial com países em desenvolvimento, e que há menos obstáculos quando o desenvolvimento tecnológico é impulsionado pelas aplicações civis que atendam as demandas mais prementes do país, pois a geração de produtos e serviços para a sociedade civil confere mais legitimidade e sustentação do que um desenvolvimento tecnológico puxado pelo poder militar. Perseguindo estes objetivos de ser voltado a aplicações civis e procurando a cooperação com outros países para o desenvolvimento tecnológico, o LCP passou a caminhar com passos próprios a partir dos anos 80.

## **Histórico**

O LCP foi idealizado para assessorar o governo, a universidade e a indústria na concepção, no desenvolvimento e na otimização não apenas de sistemas propulsivos, mas em processos em geral de combustão. Atendia-se, assim, à orientação da Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (COBAE) de criar uma entidade civil que pudesse coordenar aquelas atividades também no âmbito espacial. Nesta época, investiu-se na formação de recursos humanos, sendo criada a opção de pós-graduação em nível de mestrado em combustão e propulsão, dentro do curso de pós-graduação em ciências espaciais e atmosféricas, a fim de que houvesse a criação de uma densa massa crítica de recursos humanos que viabilizasse o laboratório para a execução da missão a ele atribuída. Além disso, foi incentivada a realização

de programa de doutorado, paralelamente ao oferecimento de estágios ligados às áreas de estudo, tanto no país quanto no exterior.

A criação do LCP deveu-se principalmente à visão do Dr. Demétrio Bastos Netto, oficial da Marinha do Brasil e assessor da direção do INPE nas décadas de 1960 e 1970. O Dr. Demétrio orientou os primeiros alunos de mestrado na área de combustão: Wilson Antunes de Almeida, José Artur Pinheiro Alonso, Sérgio Nascimento e Darcy das Neves Nobre.

Em 1976, o laboratório foi transferido para instalações provisórias do INPE em Cachoeira Paulista. Essa transferência foi ditada pela necessidade de espaço para operações, com segurança, de manuseio e realização de testes com substâncias perigosas (propelentes, explosivos, materiais químicos, etc).

Em 1979, o estabelecimento da Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) previa o desenvolvimento pelo LCP de um sistema propulsivo monopropelente para satélites de sensoriamento remoto, empregando a decomposição catalítica de hidrazina ( $N_2H_4$ ). No mesmo ano, foram iniciadas as obras de construção do prédio de pesquisadores e do prédio de ensaios de propulsão e combustão.

Em 1980, foram inaugurados os prédios de pesquisadores e de ensaios de propulsão e combustão. Ainda em 1980, foi instalado o laboratório químico no prédio de pesquisadores, para síntese e desidratação de hidrazina.



*Prédio de pesquisadores e laboratório químico.*



*Laboratório químico*

Em 1983, foi iniciado o desenvolvimento de catalisadores para a decomposição da hidrazina, com o apoio do Prof. Guy Pannetier, da Universidade de Paris VII, que foi o responsável pelo desenvolvimento do catalisador francês CNESRO. Neste mesmo ano, foi estabelecido o procedimento de cálculo para o dimensionamento de micropropulsores a hidrazina.

Em 1984, foi testado no LCP o primeiro protótipo de micropropulsor monopropelente a hidrazina com empuxo de 2 N, em condição ambiente.

Em 1985, foi realizado no LCP o 1º Workshop de Combustão e Propulsão, com a participação de pesquisadores do LCP e de outras instituições. No mesmo ano, o Dr. Gilberto Marques da Cruz, após estágio na França com o Prof. Guy Pannetier, transferiu para o LCP o procedimento de impregnação da alumina com irídio. Ainda em 1985 foi aprovado um projeto FINEP, sob coordenação do Dr. João Andrade de Carvalho Jr., para desenvolvimento de pesquisa na área de combustão pulsante, visando o estudo de instabilidades de combustão em combustores e propulsores. Tal projeto contou com a colaboração do Prof. Ben T. Zinn da Universidade Georgia Tech que foi consultor do LCP desde o fim da década de 1970.

Em 1986, foi instalado o equipamento BET para medida de área específica total, área específica metálica e porosidade de catalisadores. Neste ano foi construído e testado um combustor de Rijke para queima pulsante de carvão, álcool e GLP, dentre outros. Várias consultorias a empresas privadas e públicas passaram a ser realizadas na área de combustão.

Em 1987, foi realizado o 2º Workshop de Combustão e Propulsão, com organização do LCP.

Em 1989, foi realizado o 3º Workshop de Combustão e Propulsão na FTI em Lorena, com organização do LCP.

Em 1992 o LCP, que era subordinado ao Centro de Tecnologias Associadas do INPE em São José dos Campos, passou a ser subordinado ao Centro Espacial de Cachoeira Paulista. No mesmo ano, foram preparados e testados catalisadores de carbetos para decomposição de hidrazina. O desenvolvimento de carbetos se deu a partir de sugestão apresentada pelo Prof. Djega-Mariadassou, da Universidade de Paris V, em visita ao LCP em 1991. Ainda em 1992, foram iniciados estudos de queimadas na Amazônia com a realização de queimadas experimentais na região de Manaus.

Em 1994, foi iniciado, junto à CAPES, a tramitação do processo de recredenciamento do curso de pós-graduação em Combustão e Propulsão, desmembrado do curso de Ciências Espaciais e Atmosféricas. Em 1996, o curso foi denominado de Engenharia e Tecnologias Espaciais.

Em 1995, a Agência Espacial Brasileira (AEB) estabeleceu acordo com o “Centre Nationale d’Études Spatiales” (CNES) da França para cooperação na área de sistemas propulsivos de satélites.

Em 1996, no escopo do acordo com o CNES, sob a coordenação do Dr. Demétrio Bastos Netto, pesquisador do LCP, foi realizada uma concorrência internacional visando a implantação de um banco de testes com simulação de altitudes para ensaios de propulsores para satélites, mono e bipropelentes, com empuxos de 20 a 200N. Neste mesmo ano, houve a aprovação pela FAPESP de projetos de modernização de infra-estrutura para a melhoria de instalações do LCP, a aquisição de equipamentos para a montagem de um banco de testes de propulsores em condições atmosféricas (BTCA) e a aquisição de equipamentos para um projeto de tomografia computadorizada de chamas. Ainda em 1996, foram testados catalisadores de carbetos de tungstênio e molibdênio em um propulsor de hidrazina de 2 N.

Em 1997, foram iniciadas as obras dos prédios para instalação do banco de testes para propulsores de satélites com simulação de altitudes. Ainda em 1997, foi aprovado um projeto na área de propulsão, dentro do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência – PRONEX, do Ministério da Ciência e Tecnologia. Foram, também, fornecidos catalisadores de irídio e alumina pelo LCP para os propulsores do subsistema propulsivo de uma plataforma suborbital. Esta foi projetada pelo INPE visando experimentos de microgravidade, porém o lançamento da plataforma foi mal sucedido.

Em 1999, foi inaugurado o Banco de Testes com Simulação de Altitudes (BTSA) pelo Vice-Presidente da República, Marco Maciel, e diversas autoridades. Também em 1999, foi implantado o laboratório de análise de propelentes (LANAP) dos testes de propulsores.



*Banco de Testes com Simulação de Altitude para Propulsores de Satélites*



*Laboratório de Análise de propelentes*

Em 2000, foram realizados ensaios de funcionamento de 3 propulsores, com empuxo de 200 N, do sistema propulsivo do veículo de transporte não tripulado do programa ATV, do programa espacial francês. Estes veículos foram projetados para atender a ISS (International Space Station). Problemas com a alfândega brasileira atrapalharam a entrada e o posterior retorno dos propulsores à França, e inviabilizaram o prosseguimento dos ensaios com estes propulsores pelo BTSA.

Em 2001, foram realizados no BTSA ensaios com o motor de rolamento do Veículo Lançador de Satélites, VLS, do CTA/IAE.

Em 2002, pesquisadores do LCP participaram da criação da Rede de Turbinas a Gás (RTG). Ainda em 2002, foi feita, através da RTG, uma proposta de ação induzida junto ao CNPq para a formação de doutores em combustão no exterior.

Em 2003, foi testado, no BTSA, um protótipo de propulsor de plasma pulsado usando tetrafluoretileno como propelente. Ainda em 2003, a ação induzida para formação de doutores em combustão no exterior foi aprovada pela Diretoria do CNPq.

Em 2004, foram realizados testes no BTSA de um modelo de engenharia do propulsor monopropelente a hidrazina de 5N, desenvolvido pela empresa Fibraforte de São José dos Campos, SP, empregando o catalisador americano Shell-405. Neste mesmo ano também foram realizados os testes de longa duração do catalisador nacional LCP-33R, contendo 33 % em massa de irídio, mostrando um desempenho similar ao do catalisador americano. Ainda em 2004, foi criada a Rede Nacional de Combustão com a participação do LCP, tendo sido designado o Dr. Demétrio Bastos Netto como um de seus coordenadores. Esta Rede visa integração entre grupos de pesquisa e entre a comunidade científica e o setor empresarial na área de combustão.

Em 2006, o LCP voltou a ser subordinado à Coordenação de Laboratórios Associados (CTE). Neste ano, foram adquiridos diversos equipamentos através de uma ação referente a tecnologias associadas a motores de propelente líquido, da Agência Espacial Brasileira, incluindo sistemas de aquisição de dados, imageamento térmico, aparelho de quimissorção e cromatógrafo a gás. Neste mesmo ano, o LCP recebeu a doação da Universidade de Southampton de uma câmara de vácuo de 250 litros para testes de propulsores elétricos. Ainda em 2006, foi construído e testado um protótipo de propulsor de plasma pulsado de duplo estágio.

Em 2007, o programa de pós-graduação em Engenharia e Tecnologias Espaciais, cuja opção em Combustão e Propulsão é coordenada pelo LCP, obteve nota 5 (cinco) na avaliação bianual da CAPES. Neste mesmo ano, foi instalado o laboratório de nano-compósitos e nanofibras de carbono, visando o desenvolvimento de novos suportes catalíticos para aplicações ambientais e industriais e para reforço de compósitos poliméricos. Ainda em 2007, foram preparados e testados catalisadores de rutênio e alumina para decomposição de hidrazina.

Em 2008, foram construídas bancadas de testes de propulsores híbridos e de propulsores eletrotérmicos. Foi testado um propulsor eletrotérmico catalítico, usando óxido

nitroso gasoso como propelente e um catalisador de rutênio e alumina. Ainda em 2008, foi construído um modelo de vôo de propulsor de plasma pulsado de duplo estágio.

Em 2009, foi inaugurado o laboratório de catálise ambiental, construído em parceria com a Petrobras, para o desenvolvimento de tecnologia de combustão com recirculação química (Chemical Looping Combustion – CLC) visando a captura de gás carbônico em processos de combustão para a mitigação do efeito estufa.



*Laboratório de Catálise Ambiental*

Neste mesmo ano, foram iniciados no BTSA os testes de qualificação dos propulsores de hidrazina de 5 N, produzidos pela Fibraforte, empregando catalisadores Shell-405, para uso na plataforma multimissão (PMM) do INPE. Ainda em 2009, foi organizada a II Escola de Combustão, com apoio do LCP, e foi testado um protótipo de propulsor híbrido de 350 N empregando parafina e óxido nitroso.

Ao longo de sua história, o LCP vem realizando estudos e testes de variados sistemas propulsivos, incluindo propulsores de satélites, propulsores a gás frio, motores de apogeu, motores de rolamento de veículos lançadores e estado-reatores subsônicos e supersônicos (RAMJETs e SCRAMJETs), além de desenvolver modelos teóricos e numéricos de câmaras de combustão de propulsores e simulações numéricas de escoamentos rarefeitos hipersônicos.

Na área de combustão foram realizadas no LCP, desde sua fundação, pesquisas sobre combustão teórica e aplicada, incluindo estudos de combustão pulsante, combustão industrial,

queima de gotas e sprays, combustão de biomassa, flamabilidade de materiais, injetores, fornos, queimadores e outros dispositivos, visando ganhos de eficiência e redução de impacto ambiental.

A combustão é uma ciência que permeia todos os setores da sociedade e é responsável por mais de 80% da energia gerada pelo homem. A poluição nas grandes cidades, as queimadas na Amazônia, a tecnologia aeroespacial, processos industriais, transportes, a queima do lixo urbano e a geração de energia elétrica são algumas das áreas ligadas diretamente com a combustão que têm grande importância para o país.

Os produtos e processos inicialmente desenvolvidos pelo grupo de catálise do LCP para fins propulsivos mostraram-se de interesse de inúmeras indústrias, dentre elas, a de refino de petróleo. Esta demanda gerou diversas formas de interação com instituições governamentais e privadas, envolvendo projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos, contratos de fornecimento de produtos de alto teor tecnológico e programas industriais de controle de qualidade de catalisadores.

## **Descrição das Instalações, Equipamentos e Pessoal alocado ao LCP**

### **Instalações**

As instalações do LCP em Cachoeira Paulista estão distribuídas em uma área de aproximadamente 1 km<sup>2</sup>. O local escolhido apresenta um relevo conveniente para instalações onde se misturam prédios de pesquisadores, bibliotecas, bancos de testes para motores foguete e paióis com propelentes e agente oxidantes e combustíveis fortes.

<b>PRÉDIOS</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Pesquisadores I (secretaria, salas de pesquisadores, tecnologistas e técnicos, laboratório químico, TI, sala de aula, lab eletrônica, compras)	770,60
Pesquisadores II (lab catálise ambiental, lab CLC, sala de pesquisadores)	163,20
2 cúpulas (sala de alunos de pós-graduação, lab catálise, lab biomassa)	190,40
Ensaio (sete bunkers, escritório e oficina mecânica)	634,51
Paiol	38,72
Depósito	49,68
Depósito de Hidrazina	46,78
BTCA (testes de propulsores de satélites em condições ambientais)	216,87
Biblioteca	309,20
Escritórios BTSA (secretaria, salas de pesquisadores, tecnologistas e técnicos)	522,92
BTSA (testes de propulsores de satélites em câmaras de vácuo)	955,68
<b>TOTAL</b>	<b>3898,56</b>

## **Equipamentos**

As principais facilidades e equipamentos existentes no LCP são:

- espectrofotômetro ultravioleta,
- termobalanças
- porosímetro de mercúrio (duas unidades)
- medidor de área superficial
- picnômetro a hélio
- aparelho volumétrico para medida de área superficial pelo método BET
- espectrômetro de massa (duas unidades)
- equipamento de quimissorção e adsorção de moléculas sondas
- cromatógrafo a gás (quatro unidades)
- dinamômetro
- estufas, muflas, balanças de precisão
- capela (seis unidades)
- sistema computadorizado de aquisição de dados (HP 6954)
- sistema para análise de gases provenientes de combustão
- combustor pulsante, tubo de Rijke, com diâmetro interno de 7,5 cm
- “ramjet”
- câmara imageadora térmica por infravermelho
- caldeira geradora de vapor para turbina tesla
- forno rotativo de cimento refratário para testes de queima de combustíveis e resíduos

industriais

- forno vertical para testes de diversos combustíveis líquidos
- bancada de testes para caracterização de combustão de materiais sólidos
- queimador de chamas turbulentas ancoradas (com e sem excitação acústica)
- sistema para tomografia computadorizada de chama
- sistema para testes de caracterização de queima de biomassa
- sistema para teste de injetor supersônico para estilhaçamento de rochas
- sistema para testes de propulsores híbridos
- sistema Laser Malvern Spraytec para medidas de sprays
- sistema composto por injetor e estabilizador de chama
- sistema para testes de combustão supersônica
- sistema para teste de propulsores de satélites em condições ambientais

- sistemas para testes de propulsores de satélites em câmara de vácuo
- sistema de análise química de propelentes
- oficina mecânica de apoio completa com fresadoras, plaina, furadeiras de bancada, tornos, equipamentos de solda, etc.
- microcomputadores, “workstations”, servidores de rede de dados
- terminal de dados ligado à biblioteca do INPE São José dos Campos
- conexão com rede internet 10/100 Mbs.

## **Pessoal**

Atualmente o LCP conta com 41 funcionários, dentre os quais 16 doutores (2 da área de gestão), 5 mestres, 1 químico, 2 engenheiros elétricos 8 técnicos, 2 bibliotecárias, 2 secretárias, 1 assistente administrativo e 3 auxiliares.

## **Principais projetos em andamento**

O LCP tem realizado convênios de cooperação científica nas áreas de combustão, propulsão e catálise com diversas universidades e institutos. Esses convênios mantêm os laboratórios com alto índice de utilização e permitem a constante aquisição e renovação de equipamentos, além de permitir colaborar de forma ativa com a formação de recursos humanos para as áreas científicas e tecnológicas.

O LCP desenvolve atualmente um sistema de gestão da qualidade buscando adequar o BTSA e o Laboratório de Análise de Propelentes às exigências da norma NBR ISO/IEC 17025:2001 - Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração, e um sistema de gestão ambiental para o tratamento de efluentes e vapores de propelentes para o controle ambiental durante os ensaios de propulsores.

Os principais projetos desenvolvidos hoje no LCP, dentro de sua esfera de atuação, estão principalmente distribuídos nas seguintes linhas.

- Realização de estudos e projetos para o desenvolvimento de técnicas para a implantação, acompanhamento da operação e montagem de experimentos com propulsores de satélites no Banco de Testes com Simulação de Altitude - BTSA (sistema de vácuo, aquisição e tratamento de dados, propelentes, segurança, caldeira, planejamento de testes, medição de empuxo etc) e também no Banco de Testes em Condições Atmosféricas. Esta atividade, de alta especificidade, é pioneira no Brasil.

- Desenvolvimento de softwares para diagnóstico e tomografia de chamas. Uma vez que processos de combustão são responsáveis pelo fornecimento de 80% ou mais um pouco da energia consumida no planeta hoje, é essencial que eles sejam adequados ao seu uso. Além disso, processos de combustão mal realizados são responsáveis diretamente pelas emissões que resultam no efeito estufa.

- P&D na área de combustão. O LCP possui uma área específica para ensaios com combustão, construída em parceria com a Universidade Estadual Paulista – UNESP e a Universidade de Washington em Seattle, EEUU. Experimentos com combustão, secagem, vaporização, combustão pulsada, incêndios e queimadas florestais e combustíveis alternativos para meios de transporte são ali realizados, como suporte ao setor privado. Trabalhos experimentais e de pesquisa dão suporte a teses de doutorado e dissertações de mestrado.

- P&D em propulsores de satélites, mono e bi propelentes, com catalisadores e combustíveis em desenvolvimento. O LCP participou de um programa junto com a FibraForte, uma empresa do pólo aeroespacial situada em São José dos Campos, para o desenvolvimento de um catalisador nacional para propulsores monopropelentes para satélites em substituição de um catalisador americano, que foi sempre usado, e tem sua aquisição cada vez mais controlada. O resultado inovador é um grande avanço para a indústria aeroespacial brasileira, e o catalisador deverá ser utilizado na PMM, Plataforma Multimissão, um dos maiores programas em andamento do INPE.

- Desenvolvimento de tanque de hidrazina para o subsistema propulsivo da Plataforma Multimissão - PMM. Os tanques de combustíveis para satélites são estratégicos e fazem parte do conjunto de tecnologias sensíveis, com poucos fornecedores no mundo, e de custo agregado muito alto. O LCP está desenvolvendo um tanque nacional, inovador para o Mercosul, conjuntamente com a ETE – Engenharia de Tecnologias Espaciais do INPE. Deverá ser construído, no LCP, um laboratório para ensaios de compatibilidade dos materiais do tanque com os combustíveis dos propulsores, principalmente o polímero que deverá formar a membrana do tanque.

- Realização de ensaios de qualificação do subsistema propulsivo da Plataforma Multimissão – PMM. Os ensaios de funcionamento e de qualificação dos propulsores individualmente e do subsistema propulsivo completo da PMM serão todos realizados no BTSA. As adaptações necessárias na planta para a realização dos ensaios com o subsistema completo já foram implementadas. O BTSA projetou e construiu uma nova balança para medição de empuxo no subsistema com 4 motores e uma ampliação no número de canais do seu Subsistema de Aquisição de Dados.

- Modelagem de chamas, de câmaras de combustão e de escoamentos. O grupo de “Combustão Teórica” tem pesquisado e disponibilizado artigos sobre modelos de chamas, de câmaras de combustão e de escoamentos diversos. Alunos de pós-graduação são incentivados a trabalharem nestas linhas de pesquisa.

- Pesquisas com nanofibras de carbono como base para catalisadores e filtros.

- Desenvolvimento de Redes e de Clusters de Computadores para modelagem de processos de combustão e escoamentos.

- Desenvolvimento de sistemas com tecnologia Wiki de planejamento e acompanhamento colaborativo de projetos.

- Sistema de Gestão de Qualidade em projetos de P&D.

- Realização de atividades de P&D na área de catalisadores para decomposição de propelentes aplicados em sistemas propulsivos de satélites.

- Pesquisas em sistemas de captura de gás carbônico resultantes de processos de combustão, para mitigação do efeito estufa. Conforme já citado, o LCP tem um convenio com a Petrobras, através do CENPES – Centro de Pesquisas da Petrobras, para programas de mitigação de efeitos causados pelo efeito estufa proveniente do acumulo de gases na atmosfera.

Para seguir com os projetos existentes nas linhas de pesquisa acima enumeradas, o LCO tem procurado e conseguido firmar convênios com outros centros de pesquisa e universidades.

Pesquisas em Combustão: Petrobras, , ITA, , VSE - Vale Soluções de Energia (convenio ainda informal).

Pesquisa tecnológica em Propulsão: Fibraforte, VSE - Vale Soluções de Energia, UNB - Universidade de Brasília, CONAE – Comissão Nacional de Actividades (Argentina).

Catalise: Universidade de Paris V e VII, VSE – Vale Soluções de Energia, Petrobras, USP/EEL – Universidade de São Paulo, Campus de Lorena.

Queimadas na Amazônia: , UNESP – Universidade Estadual Paulista, Universidade de Washington, UNB - Universidade de Brasília.

### **Projeções para o futuro**

Para o futuro próximo, o LCP está investindo em infraestrutura. Um novo laboratório para pesquisa em processos de combustão, em construção através de convenio com a Petrobrás, está sendo construído. Este laboratório será um centro de referencia, com infraestrutura montada e voltada para P&D em processos gerais de combustão, dotado de

equipamentos, instrumentação, bunkers, paióis de combustíveis líquidos e gasosos e salas para pesquisadores. Ideal para intercâmbio com indústria, universidade e para utilização de alunos de pós graduação.

O BTSA – Banco de Testes com Simulação de Altitude, deve ser ampliado para possibilitar o ensaio e qualificação de motores foguete com até 800 N de empuxo. Esta ampliação se deve à necessidade de se testar e qualificar os motores de rolamento do VLS-Veículo Lançador de Satélites, do Programa Espacial Brasileiro. O BTSA, hoje, tem capacidade para ensaiar propulsores com até 200 N de empuxo. O ensaio de desenvolvimento e qualificação dos motores do lançador nacional fazem parte das metas inicialmente traçadas na formação do LCP pelos militares que faziam parte da COBAE, em 1977.

Os dois exemplos de investimentos aplicados no LCP mostram que, num futuro próximo, mesmo depois de parecer que estava havendo uma mudança na vocação inicial do laboratório, os objetivos inicialmente traçados em sua criação, estão preservados. A proposta civil do CNPq sobrepôs-se às prioridades militares da época. O LCP, hoje, está se preparando para se ocupar do “desenvolvimento e teste de propelentes e combustíveis em geral e estudos sobre poluição, estudos sobre segurança contra incêndio e treinamento de pessoal para tornar a proposta aceitável no âmbito nacional”. A proposta inicial militar de que o LCP deveria “tratar prioritariamente dos problemas de combustão de propelentes sólidos, que atenderia ao Exército e ao projeto SONDA, em desenvolvimento pelo CTA” foi abandonada. O desenvolvimento de propulsores sólidos não depende de pesquisa, mas já é dominado pela indústria aeroespacial brasileira.

## **Conclusões**

Desde a sua criação, a missão do LCP sempre foi de ser um organismo tecnológico. A finalidade do LCP, segundo um dos seus fundadores, era “que o LCP se ocupasse de forma ampla do desenvolvimento e teste de propelentes e combustíveis em geral e estudos sobre poluição, estudos sobre segurança contra incêndio, treinamento de pessoal, para tornar a proposta aceitável no âmbito nacional”. Mas o LCP foi visto, e assim implantado na época, como priorizando a questão de segurança nacional, e “deveria tratar prioritariamente dos problemas de combustão de propelentes sólidos, que atenderia ao Exército e ao projeto SONDA, em desenvolvimento pelo CTA, para não ter que aguardar o uso por parte de universidades e a indústria”.

Apesar de ser excessivamente militarizada, a sua vocação inicial era tecnológica essencialmente. Ao longo do tempo, isto se modificou por vários motivos, e hoje o LCP é visto prioritariamente como um centro de pesquisas e de formação acadêmica. Um dos indicadores desta tendência é o aumento no número de alunos de pós-graduação, mestrado, doutorado e estágios para alunos de graduação. A sua vocação tecnológica está voltada exclusivamente para a iniciativa privada, através de convênios, consultorias e apoio tecnológico a universidades principalmente.

A trajetória percorrida pelo LCP para aquisição de conhecimento hoje acumulado iniciou-se logo em sua criação. Em 1980, quando se instalou em Cachoeira Paulista, o seu estoque de conhecimento e competências tecnológicas era praticamente zero. Era necessário que se iniciasse um processo de aprendizagem. A partir da estruturação do Laboratório, alguns pesquisadores foram enviados ao exterior para aquisição de conhecimento nas áreas afins à missão inicial do LCP. Esta fase de aquisição externa de conhecimento foi seguida pela implantação dos cursos de pós-graduação, que possibilitaram a disseminação do conhecimento dentro da instituição.

A vinda de especialistas do exterior, convênios com universidades e empresas, o intercambio contínuo com ida de especialistas ao exterior e vinda de especialistas estrangeiros, a formação de especialistas brasileiros em cursos de pós-graduação no exterior, a aquisição de equipamentos complexos com transferência de tecnologia associada ao projeto, envolvimento em projetos de pesquisa com grupos de universidades no Brasil, enfim, o LCP sempre se utilizou dos meios disponíveis para formar a sua base de conhecimento. O LCP, hoje, é referência nacional em processos de combustão.

Infelizmente, como em todo o resto do INPE, a manutenção deste conhecimento adquirido desde a sua criação, a maior parte tácito, pode se perder rapidamente. A saída dos pesquisadores e tecnólogos, que detinham a base de conhecimento do LCP, por aposentadoria, pedidos de demissão, óbitos, não está sendo acompanhada de uma reposição. O quadro vem se reduzindo ano a ano, em todos os níveis de funções. Conhecimento que não foi devidamente codificado está se perdendo, de uma forma irrecuperável. Há necessidade urgente, em todo o INPE, de manter o número de servidores em nível compatível com o número dos projetos e programas. Precisa-se de um mecanismo mais ágil para se repor, rapidamente, aqueles que se afastam do INPE. Isto não é possível com a legislação atual.

Apesar de ainda deter, hoje, uma base de conhecimento referencial em processos de combustão e propulsão, assistimos a poucos projetos tecnológicos desenvolvidos dentro do LCP voltado diretamente aos grandes programas tecnológicos institucionais do INPE. Os

existentes nasceram por iniciativa de tecnologistas do LCP, que ofereceram, e não por que foram solicitados. Talvez por causa disso, a vocação atual do LCP está muito mais direcionada à pesquisa e pós-graduação do que à áreas tecnológicas.

Esta visão atual, ligeiramente diferente da missão inicial, fez com que o LCP se afastasse dos grandes programas institucionais tecnológicos do INPE, e se dedicasse mais à pesquisa e interação com universidades. Como outros centros de pesquisa, o LCP vem se isolando em torno de si mesmo. A sua estrutura, suas instalações físicas e seu capital humano não permitem que apenas a parte acadêmica de seu potencial seja aproveitada pelo INPE.

Além disto, em virtude do distanciamento geográfico, o LCP não participa como poderia do dia a dia do INPE. Talvez esta seja uma das causas do isolamento do LCP: o contato diário com os colegas é uma das grandes formas de comunicação e cooperação em instituições. A ETE –Engenharia de Tecnologias Espaciais, que deveria ser um dos grandes, ou o maior dos seus clientes, não conhece e não se utiliza do LCP em seus projetos. Grandes questões atuais no INPE precisam da opinião do LCP que, raramente, é consultado. A sua participação nos grandes programas institucionais do INPE é muito pequena, muito menor do que deveria ser.

Bons exemplos disso são encontrados nos Programas CBERS, onde nunca participou diretamente, e PMM: apesar de ter sido criado como um centro para pesquisa e desenvolvimento em propulsores espaciais, o LCP não participou de nenhuma fase da concepção do subsistema propulsivo da PMM. No CBERS, o LCP nunca participou em nenhuma fase de transferência de tecnologia. A sua participação se dá como contratado pela iniciativa privada para a realização dos ensaios para qualificação do subsistema, seus componentes individualmente e o conjunto completo na PMM. Recentemente, o LCP começou a participar do projeto do tanque de hidrazina para satélites por iniciativa do LCP.

Estes dois fatores, a modificação dos rumos de sua vocação e o distanciamento geográfico, fazem com que alguns grupos do LCP se dediquem apenas a sua originalmente secundária vocação acadêmica, e abandonem, ou reneguem, a sua condição de pólo tecnológico dentro do INPE.

A junção de algumas áreas tecnológicas do LCP com a ETE (Engenharia de Tecnologias Espaciais) seria uma forma de se aumentar a participação eficiente de um grande grupo, com vocação tecnológica, em programas do INPE.

## **Bibliografia**

VILLAS-BÔAS, A. L. DO A.; BORGES, L. C. **O estado brasileiro e a questão das tecnologias espaciais: do GOCNAE à AEB.** In: ENCONTRO REGIONAL DE HISTÓRIA, 12., 2006, Niterói, RJ. Anais... Rio de Janeiro: ANPUH, 2006.

BOTELHO, A. J. **Da utopia tecnológica à política científica e tecnológica: o Instituto Tecnológico da Aeronáutica (1947-1967).** Revista Brasileira de Ciências Sociais, v. 14, n.39, p. 139-154, 1999.

CASTRO, A. C. et al. **Brasil em desenvolvimento: economia, tecnologia e competitividade.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005. v.1, 545p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Considerações e sugestões sobre atualização da política nacional de atividades espaciais, São José dos Campos: INPE, 1974. 40p. (INPE-509-RI/215).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Laboratório Associado de Combustão e Propulsão (LCP). Cachoeira Paulista, 2010.** Disponível na internet: <http://www.lcp.inpe.br/>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Programação do INPE para o II Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: PBDCT,** São José dos Campos: INPE, 1974. (INPE-574-PR/022). Paginação irregular.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Política nacional de ciência e tecnologia (primeira minuta).** São José dos Campos: INPE, 1975. 14p.

SERRA JÚNIOR, A. M.; SALLES, C. E. R.; LOYOLLA, E. F. C. **Administração pública no contexto das atividades espaciais no Brasil, estudo de um caso particular - INPE.** Trabalho realizado no Curso de Pós Graduação em Gestão Estratégica da Ciência e Tecnologia em IPP's, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em abr. 2010.