



PCI/MCTIC/INPE  
RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES  
<v9>

**[Referente ao período: 01/07/2016 a 31/01/2018]**

**Número do Processo Institucional: [454779/2015-1]**

**Número do Processo Individual: [301024/2016-2]**

**Bolsista: [Jonathan Ribeiro Bonifacio]**

**Supervisor: [Homero Anchieta Furquim de Souza]**

**Área: [LIT - Laboratório de Integração e Testes]**

**Vigência original da bolsa: [01/07/2016 a 31/06/2019]**

**Modalidade da bolsa: [PCI-DD]**



## RELATÓRIO TÉCNICO

### RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES – BOLSA CNPq ENSAIOS MECÂNICOS-DINÂMICOS DE SISTEMAS ESPACIAIS

#### 1) Histórico

O Laboratório de Integração e Testes (LIT) teve suas operações iniciadas em 1987 e hoje está equipado com os mais sofisticados meios para a qualificação de sistemas para aplicações espaciais. Embora tenha sido especialmente projetado e construído para atender às necessidades do Programa Espacial Brasileiro, o LIT é também um sofisticado instrumento para a qualificação de produtos industriais que exijam alto grau de confiabilidade.

Ao longo de sua história, o LIT atendeu às necessidades de vários programas na área espacial, como satélites de coleta de dados SCD, os primeiros desenvolvidos no Brasil e com tecnologia exclusivamente nacional; a série CBERS de satélites de sensoriamento remoto desenvolvidos em parceria com a China; BrasilSat B1 e B2, satélites geoestacionários de comunicação adquiridos pela Embratel nos anos 80; SAC-B, C e D, satélites científicos desenvolvidos pela Argentina; ARSAT, satélite de telecomunicações Argentino; SACI-1 e 2, satélites científicos desenvolvidos pelo INPE; VLS, veículo lançador de satélites do Brasil; HSB; do SATEC, satélite tecnológico brasileiro e vários nanosatélites desenvolvidos por instituições de ensino nacionais e internacionais.

A área de Ensaios Dinâmicos do LIT dispõe de três vibradores do tipo eletrodinâmico (13, 80 e 160 kN) que permitem a realização de ensaios de vibração e choque mecânico segundo as normas nacionais, internacionais (Normas MIL-STD, IEC, ASTM, SAE, etc.) ou normas específicas aplicáveis aos equipamentos dos programas espaciais. Uma câmara acústica reverberante de alta intensidade para simulação do ambiente vibro-acústico a que o satélite está sujeito durante o lançamento completa os meios de teste mecânicos-dinâmicos atualmente instalados no LIT. Além dos vibradores, câmara acústica e seus sistemas de controle agregados, a área de ensaios dinâmicos possui um sistema de aquisição de dados com capacidade para até 324 canais de medidas entre acelerômetros, microfones e extensômetros.

Vislumbrando o desenvolvimento de satélites de grande porte e alta complexidade como os satélites geoestacionários meteorológicos, de telecomunicações e satélites radar, o LIT está em plena execução do projeto de ampliação de suas facilidades e capacidades que inclui:

- Sala de integração para satélites de até 6.000 kg e 6,00 metros da altura e instalações de suporte.
- Sistemas de vibração para ensaios de vibração de satélite de até 6.000 kg e 6,00 metros da altura.
- Medidas de antenas para satélites de telecomunicações e radar.

- Ampliação da instrumentação para manutenção da rastreabilidade metrológica.
- Ampliação e adequação do laboratório de componentes eletrônicos.
- Ampliação e adequação da instrumentação geral.

Este projeto de ampliação este que está alinhado com o PNAE 2012 – 2021, o PSE (Programa Estratégico de Sistemas Espaciais) e o plano desenvolvimento no Brasil dos futuros satélites do programa SGDC.

## 2) Resumo do projeto

O projeto Ensaios Mecânico-Dinâmicos de Sistemas espaciais abrange atividades que são desenvolvidas pelo laboratório em preparação e atendimento às solicitações de ensaios de vibração, choque mecânico e acústicos para os programas espaciais e engloba o plano de atualização e ampliação dos meios de teste da área de Ensaios Dinâmicos em função do projeto de expansão do LIT, para dar suporte ao programa de desenvolvimento de satélites de grande porte tais como o satélite de telecomunicações e defesa SGDC. No plano de trabalho proposto é prevista a participação do bolsista nas seguintes atividades específicas:

- Elaboração de setup's e desenvolvimento de plano de instrumentação para a realização de ensaios de vibração e choque mecânico dos modelos de qualificação e voo dos subsistemas dos satélites Amazônia 1, Lattes, CBERS-04A e dos programas de Nanosatélites desenvolvidos por várias instituições;
- Elaboração de setup's e validação dos mesmos (testes “dry run”) em preparação à realização dos ensaios acústicos dos satélites Amazônia 1, Lattes e CBERS-04A;
- Participar da instrumentação do satélite e da realização dos ensaios acústicos do modelo de voo do satélite Amazônia 1, Lattes e CBERS-04A;
- Participar do estudo de atualização dos meios de teste, da definição das especificações técnicas, infra-estrutura, da elaboração e execução do plano para instalação de novos equipamentos no âmbito do projeto de expansão do LIT.

## 3) Objetivo

O objetivo deste relatório é apresentar as atividades realizadas durante o período de 01 de Julho de 2016 a 31 de Janeiro de 2018.

O projeto proposto teve como objetivo fornecer suporte às atividades desenvolvidas no âmbito do PNAE garantindo a capacitação e promovendo desenvolvimento e implantação de novas tecnologias e métodos na área de Ensaios Dinâmicos do LIT em suas atividades para qualificação e aceitação de sistemas espaciais. Com a concessão desta bolsa foi possível inserir na equipe de Ensaios Dinâmicos do LIT, um profissional qualificado para apoiá-la nas suas atividades.

#### **4) Atividades desenvolvidas durante o período da bolsa**

O plano de trabalho elaborado para o bolsista abrange atividades que são desenvolvidas pelo laboratório para atendimento às solicitações de ensaios para os programas espaciais e engloba também o plano de atualização e ampliação dos meios de teste do laboratório. Este relatório apresenta as atividades realizadas durante o período da bolsa.

##### **4.1) Elaboração de setup's e desenvolvimento de plano de instrumentação para a realização de ensaios de vibração e choque mecânico dos modelos de qualificação e voo dos subsistemas dos satélites Amazônia 1, Lattes, CBERS-04A e dos programas de Nanosatélites desenvolvidos por várias instituições**

Como integrante da equipe técnica e por estar familiarizado com os meios de ensaio de vibração, choque e acústico bem como as técnicas de instalação e utilização de sensores de medida (acelerômetros e sensores de pressão sonora), o bolsista participou direta ou indiretamente de todas as campanhas de ensaios realizados pela Área de Ensaios Dinâmicos para os programas espaciais, elaborando setup's de testes e dispositivos mecânicos, desenvolvendo planos de instrumentação (instalação e controle de sensores de vibração) e apoiando a equipe na análise de resultados e na elaboração de relatórios de ensaios.

No período abrangido por este relatório, a Área de Ensaios Dinâmicos do LIT realizou testes de aceitação e qualificação nos seguintes equipamentos/sistemas espaciais:

- Modelo de Qualificação da DCS S-Band Antenna (subsistema do Satélite CBERS-04A);
- Modelo de Qualificação do "Payload A" do projeto NanosatC-Br2;
- Modelo de Qualificação da OSRA (Optical Solar Reflector A) Experiment sample unit (RBLH) (subsistema do Satélite CBERS-04A);
- Modelo de Voo do MWT SDC – (subsistema do Satélite CBERS-04A);
- Modelos de Qualificação e voo do AWDT SDC – (subsistema do Satélite Amazônia-1);
- Adaptador de vibração e painéis do Gerador Solar - SAG/CBERS 04-A;
- Modelos de Voo dos Conversores DC/DC #2 e #3 – (subsistemas do Satélite CBERS-04A);
- Modelos de Voo (SN 01 e SN 02) do Conversor DC/DC #1 - (subsistema do Satélite Amazônia-1);
- Modelos de Voo (SN 01 e SN 02) do AWDT QPSK-TX - (equipamento do subsistema de transmissão de dados da Câmera AWF1 do Satélite Amazônia-1).

## **4.2) Participação no estudo de atualização dos meios de teste, na definição das especificações técnicas, infra-estrutura, na elaboração e execução do plano para instalação de novos equipamentos no âmbito do projeto de expansão do LIT**

Perseguindo o objetivo de garantir a capacitação e promover desenvolvimento e implantação de novas tecnologias e métodos, a área de Ensaios Dinâmicos do LIT tem se empenhado em melhorar sua infraestrutura, adquirir e instalar novos equipamentos de maneira a manter-se sempre atualizada e em sintonia com o estado da arte. No período compreendido por este relatório, o bolsista participou dos seguintes processos de melhoria, aquisição e implantação de novos equipamentos:

### **Especificação e aquisição de acelerômetros para o projeto do CBERS 4A.**

Dentro do plano de expansão do laboratório, a Área de Ensaios Dinâmicos encontra-se em processo de migração dos acelerômetros piezoelétricos convencionais para as atuais tecnologias de acelerômetros IEPE e TEDS. Acelerômetros dotados da tecnologia IEPE (Integrated Electronics Piezo-Electric, compatível com a Norma IEEE1451.4), possuem circuito eletrônico embutido, o que dispensa o uso de amplificadores de carga. Já a tecnologia TEDS (Transducer Electronic Data Sheet) significa que o transdutor apresenta gravado neste circuito interno sua identificação e características operacionais e de desempenho, (Marca, Modelo, Número de série, sensibilidade, etc.), que é reconhecida pelo equipamento que está recebendo os sinais do transdutor. Tais tecnologias que estão sendo adotadas já algum tempo por Laboratórios da Área Espacial em todo o mundo, permitem não somente uma redução significativa de tempos e custos nas campanhas de ensaios, mas, também e principalmente uma maior confiabilidade na preparação dos setups, através de eliminação do uso de amplificadores de carga e de digitação dos dados de setup da instrumentação. O laboratório está desenvolvendo e executando um planejamento para especificação e aquisição gradual de acelerômetros deste tipo. Considerando a demanda para os ensaios de vibração e acústico do modelo de vôo do satélite CBERS-04A, foi realizada com a participação do bolsista, a elaboração da especificação e documentação necessária para o processo de compras, a aquisição (dezembro de 2016) e os testes de aceitação (junho de 2017) de 30 acelerômetros triaxiais e respectivas cablagens.

### **Especificação e aquisição de acelerômetro sísmico para medidas de vibração no piso**

As atividades de integração (montagem) de satélites e sistemas espaciais requerem medições de posicionamento e orientação de instrumentos e sensores. Tais medições são realizadas por meio de teodolitos que são instrumentos ópticos de alta precisão e que para garantir a acuidade das medidas necessitam que o item a ser medido e os próprios teodolitos estejam sobre uma base estável que apresente a menor nível de vibração possível. Por este motivo, é recomendável que tais medições sejam realizadas sobre bases sísmicas.

No Hall de integração do LIT existe uma base sísmica, porém com área útil relativamente reduzida e que não é adequada para algumas medições. Para estes casos, as medições são realizadas sobre a laje do Hall de Integração. Uma forma de verificar a estabilidade e consequente adequação do local onde as medidas de alinhamento serão realizadas é através da medição dos níveis de vibração no piso. Para realizar esta medição do nível de vibração são necessários transdutores altamente sensíveis a este tipo de ambiente, dentre os quais estão os acelerômetros sísmicos. Com a finalidade de monitorar e verificar as condições de vibração nas áreas do laboratório onde medidas de alinhamento são realizadas, foi adquirido um acelerômetro tipo piezoelétrico, com eletrônica embutida tipo IEPE com sensibilidade de 10 V/g e capacidade de medir níveis de vibração da ordem de 1 micro-g RMS. A pesquisa de opções disponíveis no mercado, a elaboração da especificação e documentação necessária para o processo de compras, a aquisição (junho de 2017), recebimento e testes de aceitação (agosto de 2017) deste acelerômetro foram realizadas com a participação ativa do bolsista.

#### **Projeto e aquisição das coberturas para áreas externas do LIT**

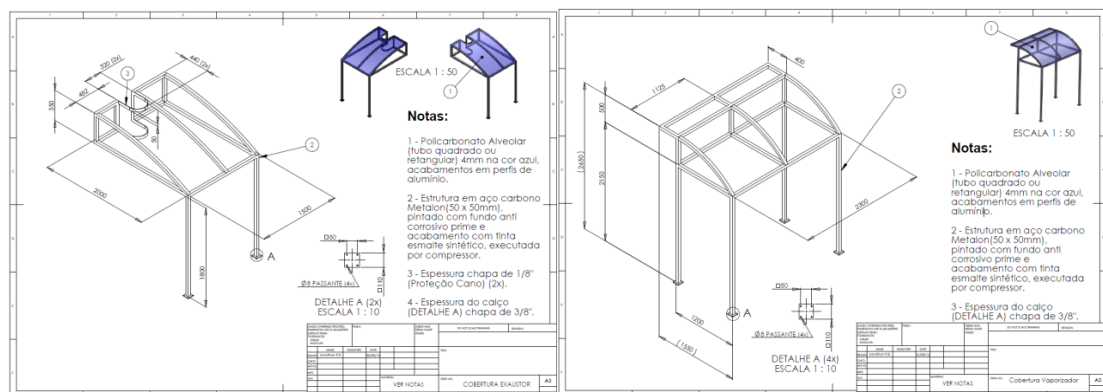
O LIT – Laboratório de Integração e Testes - possui em sua infraestrutura um número de equipamentos mecânicos e elétricos que fazem parte da Câmara Acústica Reverberante, Câmaras Vácuo-Térmicas e Laboratório de Controle de Contaminação, que possuem parte de suas instalações em áreas externas. Durante os testes que utilizam estas instalações os técnicos precisam realizar leituras em instrumentos de medição e operar dispositivos diversos como, por exemplo, válvulas, disjuntores, chaves de comandos, dentre outros. Estes acessos e operações são realizados muitas vezes durante dias de chuva, o que dificulta muito a realização destas atividades, podendo inclusive colocar em risco de acidentes os profissionais envolvidos.

Visando proteger os equipamentos, que são um patrimônio do Laboratório, e melhorar as condições de trabalho e a segurança dos técnicos durante a realização dos ensaios, foi realizado com a participação ativa do bolsista um levantamento destas áreas críticas e foram laborados projetos de coberturas para as mesmas. Neste projeto optou-se pelas coberturas em policarbonato, hoje muito difundidas no mercado, por apresentarem vantagens como facilidade na instalação, proteção contra os raios UV e não escurecerem o ambiente onde são colocadas, além de serem leves e duráveis. Além do projeto das coberturas, o bolsista participou da elaboração das especificações técnicas e da documentação necessária para o processo de compras e também da identificação de fornecedores para levantamento de propostas. O processo de aquisição destas coberturas está em atualmente suspenso devido restrições orçamentárias (contingenciamento de recursos).





**FOTO 01** - Vista geral das instalações externas a serem protegidas por coberturas.



**FOTO 02** – Parte dos desenhos elaborados para aquisição de conjunto de coberturas pré-montadas em policarbonato e estrutura tubular metálica.

### **4.3) Atividades postergadas**

Durante o período abrangido por este relatório as atividades relativas à preparação, instrumentação e realização dos ensaios acústicos dos modelos de voo dos satélites AMAZÔNIA 1 e CBERS 4A não foram realizadas, devido à atrasos na execução destes programas espaciais e que estão fora da alçada de controle do LIT. Devido a estes atrasos, o novo cronograma prevê que os ensaios de acústicos dos satélites CBERS-04A e AMAZÔNIA 1 deverão ocorrer em Julho de 2018 e Março de 2019 respectivamente. Com relação ao satélite Lattes, segundo o Plano Diretor 2016-2019 do INPE, este satélite encontra-se em fase de desenvolvimento e a previsão é que o seu modelo de voo seja ensaiado e lançado depois de 2019.

### **5) Resultados obtidos em função do plano de trabalho proposto**

O principal resultado obtido foi a garantia da capacitação da área de Ensaios Dinâmicos do LIT para atender às demandas impostas pelos programas espaciais, caracterizado pelos seguintes resultados específicos:

- Realização de ensaios de vibração e choque de sistemas e subsistemas em atendimento aos programas espaciais atualmente em desenvolvimento pelo INPE e demais instituições nacionais e internacionais;
- Definição das especificações técnicas e aquisição de novos sensores de vibração em prosseguimento ao plano de atualização do laboratório;
- Melhoria das condições de trabalho e preservação dos meios de ensaios.

### **6) Publicações Científicas (se houver) realizadas durante o período da bolsa**

Durante o período da bolsa não houve publicações científicas.

### **7) Conclusões Gerais**

No período compreendido por este relatório o bolsista teve participação ativa como integrante da equipe técnica da área de ensaios dinâmicos realizando as atividades previstas no cronograma do plano de trabalho proposto.

A atuação do bolsista contribuiu para a garantia da capacitação técnica, atualização e manutenção das atividades da área de Ensaios Dinâmicos do LIT, para atender as demandas impostas pelos programas espaciais.





São José dos Campos-SP, 31 de Janeiro de 2018

Bolsista: [Jonathan Ribeiro Bonifacio]

Homero Anchieta Furquim de Souza  
Tecnologista  
STAPE: 1253312

Supervisor(a): [Homero Anchieta Furquim de Souza]

Ricardo Sutério  
Coordenador do PCI/LIT

Coordenador(a) PCI da área: [Ricardo Sutério]