

Plano de AI&T (Assembly, Integration and Test) do primeiro Cubesat brasileiro: NANOSATC-BR1

Maurício Ricardo Balestrin,
balestrinmr@gmail.com

Lucas Lourencena Caldas Franke,

l.franke@hotmail.com

Tiago Travi Farias,

tiago.travi.farias@gmail.com

Iago Camargo Silveira,

iago7_2011@hotmail.com

Guilherma Paul. Jaenisch,

guilherme.jaenisch@gmail.com

Marcos Antônio Dal Piaz,

marcosdpiaz@gmail.com

Dr. Otávio Santos Cupertino Durão,

otavio.durao@inpe.br

Dr. Nelson Jorge Schuch,

njschuch@gmail.com

Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Caixa Postal 5021 CEP: 97110-970 – Santa Maria, RS.

RESUMO: Este trabalho possui o objetivo de realizar uma análise do Plano de AI&T (Assembly, Integration and Test) do NANOSATC-BR1. O NANOSATC-BR1 é o primeiro satélite do Projeto NANOSATC-BR – Desenvolvimento de Cubestras, que é desenvolvido nas instalações construídas através da parceria entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e o Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (LACESM/CRS/INPE/MCTI). Esse projeto visa ao desenvolvimento de instrumentações científica e, simultaneamente, o desenvolvimento do projeto, construção, qualificação e lançamento de um nanossatélite científico nacional, na forma de cubo com 100mm de aresta e aproximadamente 1,33kg de massa. O Plano de AI&T foi desenvolvido visando um controle da última fase do processo de concepção e desenvolvimento do nanossatélite, para suas montagem e integração, e planejar os testes necessários para que apresentasse todas as garantias exigidas para que fosse permitido seu lançamento e operação. Para o desenvolvimento do Plano de AI&T foram efetuados estudos de material de Assembly, Integration & Test usado no INPE e estudo de Planos de teste de outros Projetos CubeSat, além de interações com a empresa Holandesa fornecedora do CubeSat Kit, ISL/ISIS. O NANOSATC-BR1 foi lançado em 19 de Junho e está orbitando a Terra em modo nominal.

PALAVRAS-CHAVE: Plano, Cubesat, Teste

ABSTRACT: This work has the objective of conducting an analysis of the AI&T (Assembly,

Integration and Test) Plano of NANOSATC-BR1. The NANOSATC-BR1 is the first satellite belonged to NANOSATC-BR Project – Development of Cubestras, which is performed in the facilities built on the partnership between the National Institute of Space Research and the Technological Center from Federal University of Santa Maria (LACESM/CRS/INPE-MCTI). The project aims the development of scientific instrumentation and, simultaneously, the development of the design, construction, qualification and launch of a national scientific nanosatellite, in a cube shape with 100 mm of edge and near to 1,33 kg of mass. The AI&T Plan was developed to control the final stage of the design and development process nanossatélite for their assembly and integration, and planning necessary to present all the guarantees for it to be allowed its launch and operation tests. For the development of the AI&T Plan studies of Assembly, Integration & Test equipment used and the INPE study plans of other CubeSat Project test were performed, in addition to interactions with the Dutch company supplier of CubeSat Kit, ISL/ISIS. The NANOSATC-BR1 was launched in June 19th and it is orbiting the Earth in a nominal regime.

KEYWORDS: *Plan, Cubesat, Test*

INTRODUÇÃO

O NANOSATC-BR1 é o primeiro satélite científico Brasileiro da classe CubeSat desenvolvido no Brasil, segundo Schuch et al. (2011), objetivando obter um sistema simples e confiável, para rápido desenvolvimento, custos reduzidos e a qualificação de estudantes da UFSM em diversas áreas espaciais. Voltado para o desenvolvimento de um satélite da classe dos CubeSats o Projeto NANOSATC-BR tem ampla participação de alunos de diversos cursos de Ciências Naturais e de Engenharia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

O NANOSATC-BR1 encaixando-se na classe CubeSats, sendo assim é característico as dimensões reduzidas (satélite 1U = 100x100x113,5mm e massa inferior a 1,33Kg). Devido ao seu volume limitado o NANOSATC-BR1, Fig (1), possui uma arquitetura mecânica simplificada e compacta que engloba no seu interior cinco placas de circuito impressos (PCB – printed circuit board), com seus determinados componentes e suas distintas funções. O conjunto formado pela PCB e pelos seus componentes é chamado de subsistema. Para fins de simplificações, convém dividirmos o nanossatélite em módulo de serviço (subsistemas responsáveis por manter o satélite em funcionamento) e módulo de operação (subsistema de carga útil). Segue a lista com a ordem em que os subsistemas do módulo de serviço e suas determinadas funções:

- Subsistema de antenas, responsável pelo envio e recepção de dados do satélite;

- Subistema de computador de bordo, responsável pelo gerenciamento das funções do satélite;
- Subistema de comunicação, responsável pela comunicação entre o satélite e a estação terrena;
- Subistema de potência, responsável pelo armazenamento e distribuição de energia elétrica do satélite;

Além dos subsistemas do módulo de serviço, encontra-se o módulo de carga útil que engloba um magnetômetro XEN 1210, um chip FPGA produzido pela UFRGS e um chip *Driver* desenvolvido na Design House da UFSM em uma PCB única.

Os subsistemas, tanto os de operação quanto os de serviço, são fixados por quatro hastes de que são conectadas diretamente na estrutura e atravessam todos os subsistemas. Essas hastes são ligadas por parafusos ao quadro da estrutura na parte superior e inferior. Os quadros da estrutura são ligados as placas estruturais de alumínio por parafusos (quatro em cada face do cubo). Todas as partes da estrutura do nanossatélite são feitas de uma liga de alumínio AA 6061-T6. Coladas a essas placas estruturais, na parte exterior de nanossatélite, encontram-se os painéis solares, responsável pela conversão da energia absorvida do sol em energia elétrica.



Figura 1. NANOSATC-BR1, modelo de voo

Devido à grande importância do projeto e as garantias de que um cubsat precisa apresentar para poder ser lançado, uma análise dos requisitos do produto e o desenvolvimento de um plano de montagem integração e testes é de suma importância para a continuidade do projeto e o sucesso da missão.

METODOLOGIA

O Projeto NANOSATC-BR seguiu a filosofia de modelos geralmente usada em Projetos CubeSat,

adquirindo dois modelos do satélite: Engineering Model (EM) e Flight Model (FM). O primeiro foi utilizado para o aprendizado dos alunos e também para a qualificação do satélite a nível de sistema, sendo desta forma uma “fusão” do modelo de engenharia e modelo de qualificação usados em Projetos de satélites de grande porte. O EM não possui as placas solares nem o subsistema de atitude, sendo estas as únicas diferenças para o FM. O modelo de voo passou pelos testes de aceitação, logo após da integração das cargas úteis do nanossatélite.

A fase AIT (Assembly, Integration and Test) é a última fase do processo de concepção e desenvolvimento de um produto. Na grande área da engenharia de sistemas a fase AIT encontra-se na segunda parte, como vê-se no modelo em V criado para o desenvolvimento de produtos, Fig (2).

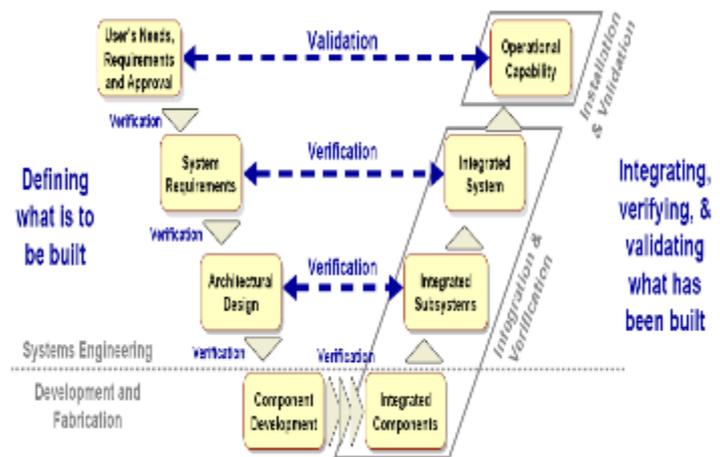


Figura 2: Modelo de V de desenvolvimento de sistemas.
(LOUREIRO, 2012 apud STEVENS et al, 1998)

Essa parte consiste basicamente de três etapas: Montagem: Fase de desenvolvimento na qual os componentes são montados formando um sistema. Por exemplo: um processador que é reunido e conectado com capacitores e demais componentes formando um sistema de controle.

Integração: Fase de desenvolvimento na qual os sistemas são conectados e se comunicam entre si formando o produto desenvolvido. Por exemplo: uma série de placas de circuito impresso (PCBs) conectadas formando um microcomputador.

Teste: Fase de desenvolvimento onde as propriedades previamente estabelecidas no projeto são verificadas e testadas com o objetivo de finalizar o produto.

A fase AIT foi realizada nas instalações do INPE em São José dos Campos/SP, mais precisamente no Laboratório de Integração e Teste (LIT), Fig (3).



Figura 3: Laboratório de Integração e Teste - INPE

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados três tipos de testes ambientais e de propriedades com o objetivo de validar o nanossatélite para voo e futura operação. Os testes realizados são divididos em:

Teste termo-vácuo: Este teste possui o objetivo de validar termicamente o satélite para voo, de maneira a simular o ambiente espacial em câmaras com controle de temperatura e pressão de maneira que o vácuo é criado internamente. O teste é realizado ciclicamente em um período de 48 horas onde o satélite é submetido as mais diversas condições de temperatura. Após o término dos ciclos, são realizados testes funcionais no nanossatélite com o objetivo de verificar suas funcionalidades e propriedades, dessa maneira, validando o nanossatélite termicamente. A Fig (4) visa demonstrar os requisitos do teste de termo-vácuo.

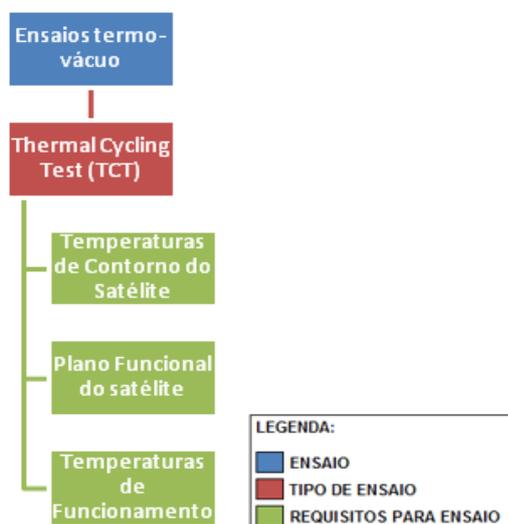


Figura 4: Requisitos do Ensaio Termo-Vácuo

A Fig (5) e a Fig (6) são mostradas com o objetivo de ilustrar os testes térmicos realizados. A Fig (7) mostra o gráfico de temperaturas em relação ao tempo para o teste termo-vácuo.



Figura 5: Câmara termo-vácuo (LIT/INPE)

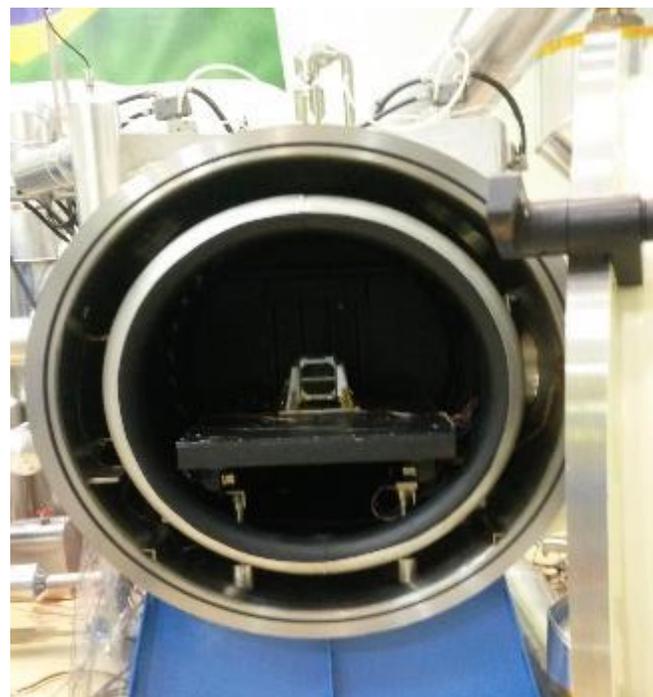


Figura 6: Câmara termo-vácuo com o nanossatélite NANOSATC-BR1

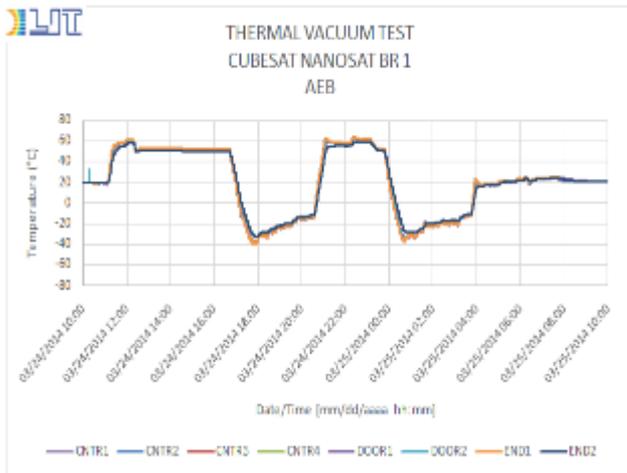


Figura 7: Resultado do teste termo-vácuo

Teste de Vibração: este teste é realizado com o objetivo de validar o satélite estruturalmente de maneira a provar que o satélite estará hábil a suportar as condições dinâmicas impostas, principalmente durante o lançamento. Dessa maneira, o teste foi realizado com o satélite já posicionado no POD (estrutura que envolve o satélite durante o lançamento). As frequências utilizadas para os testes randômicos e senoidais chegam até 2000hz. Após o término do teste, que foi realizado nos três eixos cartesianos do satélite, fez-se uma verificação funcional na qual foi detectada funcionalidade normal de todos os equipamentos. A Fig (8) vista apresentar os requisitos para o teste de vibração.

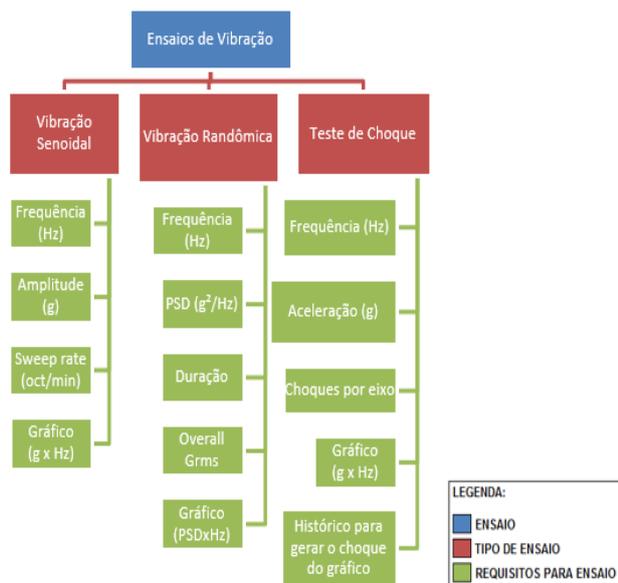


Figura 8: Requisitos Ensaio Vibração

A Fig (9) é mostrada com o objetivo de ilustrar os testes de vibração realizados. A Fig (10) mostra o gráfico de frequências em relação ao deslocamento para o teste de vibração:



Figura 9: Shaker para teste de vibração (LIT/INPE)

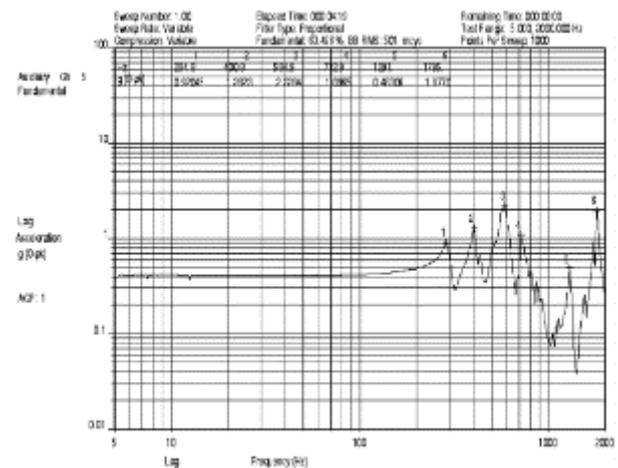


Figura 10: Resultado teste de vibração

Teste de Propriedade de massa: esses testes são realizados para determinação de momento de inércia e centro de gravidade do satélite. A Fig (11) visa apresentar os requisitos para medição das propriedades de massa.



Figura 11: Requisitos para medição das propriedades de massa

A Fig (12) e a Fig (13) ilustram esse teste.



Figura 12: Teste de propriedade de massa (LIT/INPE)

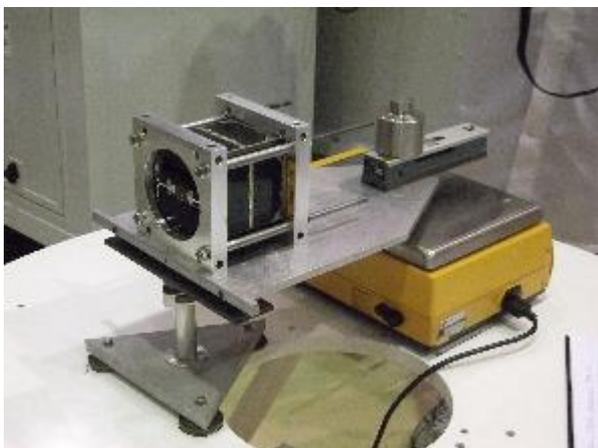


Figura 13: Teste de propriedade de massa (LIT/INPE)

CONCLUSÃO

A fase de montagem integração e testes é de fundamental importância para qualquer projeto, com os testes de termo - vácuo e de vibração simulando as condições do espaço e apresentando o desempenho do satélite nas determinadas condições, junto ao teste de propriedade de massa que determinou o momento de inércia e o centro de gravidade do satélite, o NANOSATC-BR1, a partir da análise dos resultados obtidos, apresentou as garantias necessárias para sua validação e para seu lançamento, possibilitando a continuidade do projeto.

REFERÊNCIAS

- BALESTRIN, M. R. engenharia de sistemas e gerenciamento das missões espaciais. Relatório
BOHRER, R. Z. G. desenvolvimento do projeto mecânico estrutural do nanosatc-br. Relatório Final de Atividades PCI/MCT. Maio 2011.
Final de Atividades PCI/MCT. Abril 2013.
GOMSPACE - NanoMind A702B/A712B Datasheet
GOMSPACE - NanoPower P-series Datasheet P10u and P30u V6.1
GOMSPACE - NanoPower Solar 100U Datasheet
ISIS - Innovative Solutions In Space User Manual VHF / UHF transceiver
LOUREIRO, G. LIT – laboratório de integração e testes. Apresentação Digital. Jun 2009.
NANOSATC-BR. Projeto NANOSATC-BR – Desenvolvimento de CubeSats. Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais. Santa Maria – RS, Junho 2010.
WIKIPEDIA. The Free Encyclopedia. Disponível em: <<http://wikipedia.org>>. Acesso em 12/07/2013

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Maurício Ricardo Balestrin,
balestrinmr@gmail.com

Lucas Lourencena Caldas Franke,
l.franke@hotmail.com
Tiago Travi Farias,
tiago.travi.farias@gmail.com
Iago Camargo Silveira,
iago7_2011@hotmail.com
Guilherma Paul. Jaenisch,
guilherme.jaenisch@gmail.com
Marcos Antônio Dal Piaz,
marcosdpiaz@gmail.com
Dr. Otávio Santos Cupertino Durão,
otavio.durao@inpe.br
Dr. Nelson Jorge Schuch,
njschuch@gmail.com

Os autores são os únicos responsáveis por esse artigo.