



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

**[Referente ao período: 01/09/2016 a 31/03/2018]**

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

**Número do Processo Individual: [303425/2016-4]**

**Bolsista: [Paulo José Simões de Almeida]**

**Supervisor: [Marco Antônio Strobino]**

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

**Vigência original da bolsa: [01/09/2016 a 31/08/2019]**

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



## RELATÓRIO TÉCNICO

### MONITORAMENTO E CONTROLE DOS EQUIPAMENTOS PARA OS ENSAIOS CBERS4A E AMAZÔNIA 1

#### 1. Histórico

##### 1.1. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

O INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais é um instituto brasileiro dedicado a pesquisa e exploração espacial, criado em 1961. O instituto tem instalações em doze cidades: São Paulo, Brasília, Alcântara, Atibaia, Belém, Cachoeira Paulista, Cuiabá, Eusébio, Natal, Santa Maria, São Martinho da Serra e São Luís e sua sede está em São José dos Campos, estado de São Paulo.

##### 1.1.1. Visão

Ser referência nacional e internacional nas áreas espacial e ambiente terrestre pela geração de conhecimento e pelo atendimento e antecipação das demandas de desenvolvimento e de qualidade de vida da sociedade brasileira.

##### 1.1.2. Missão

A Missão do INPE é promover e executar estudos, pesquisas científicas, desenvolvimento tecnológico e capacitação de recursos humanos, nos campos de Ciência Espacial e da Atmosfera, das Aplicações Espaciais, da Meteorologia e da Engenharia e Tecnologia Espacial, bem como em domínios correlatos, conforme as políticas e diretrizes definidas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

##### 1.1.3. Valores

Com base em princípios de ética, transparência e integridade, o INPE defende, preserva e promove um conjunto de valores que orientam continuamente suas estratégias e ações:

- Excelência: eficácia, eficiência, efetividade, qualidade e pioneirismo na execução de suas atividades.

- Pluralidade: Respeito à diversidade de ideias e opiniões e estímulo à criatividade em harmonia com a missão institucional.
- Cooperação: Valorização das alianças institucionais para compartilhar competências, definir e atingir objetivos comuns.
- Valorização das pessoas: Reconhecimento de que o desempenho do Instituto depende do desenvolvimento, da valorização, do bem-estar e da realização profissional do seu capital humano.
- Comprometimento: Compromisso dos profissionais com o atendimento dos objetivos institucionais e com a realização de propósitos comuns e duradouros.
- Comunicação: Interação permanente com a sociedade para atendimento de suas necessidades e divulgação dos resultados do Instituto, facilitando o acesso à informação, produtos e serviços gerados.
- Responsabilidade socioambiental: Atuação balizada pela ética, pela transparência e pelo respeito à sociedade, ao ambiente, à diversidade e ao desenvolvimento sustentável.



Figura 1 – INPE São José dos Campos

## 1.2. Laboratório de Integração e Testes - LIT

O Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) foi especialmente projetado e construído para atender às necessidades do Programa Espacial Brasileiro. Além de desenvolver atividades no ramo espacial, atualmente, o LIT é considerado um dos instrumentos mais sofisticados e poderosos na qualificação de produtos industriais que exijam alto grau de confiabilidade.

LIT desenvolve e/ou participa de um conjunto de complexos programas espaciais, assumindo a responsabilidade direta ou indireta, de realizar a etapa de Montagem, Integração e Testes dos sistemas em desenvolvimento.

O LIT está capacitado para realizar ensaios dinâmicos (vibração, acústica, separação e abertura de apêndices) e ensaios térmicos em vácuo e ciclagem térmica. Também realiza testes de compatibilidade e interferência eletromagnéticas, verifica o desempenho de antenas, faz o alinhamento mecânico, ensaios de vazamento em sistemas de propulsão de satélites e a determinação das propriedades de massa de equipamentos espaciais, medidas de contaminação para garantir o grau de limpeza de suas áreas limpas e câmaras vácuo-térmicas.

Nos programas espaciais da instituição a Área de Interferência Eletromagnética e Compatibilidade Eletromagnética (EMI/EMC) tem como objetivo realizar ensaios de EMI/EMC que visam medir o nível de interferência produzido por um equipamento verificando seu comportamento quando submetido a certos níveis de campo, pré-determinados por normas, tentando-se simular as condições críticas do ambiente para se assegurar que o equipamento está apto a operar em um determinado ambiente, verificando se equipamentos emitem ou são suscetíveis a perturbações eletromagnéticas estão aptos a operar num determinado ambiente, com outros equipamentos ao seu redor e sob fatores ambientais presentes neste meio.



Figura 2 – Hall de Testes LIT

O laboratório de EMI/EMC é composto por duas câmaras anecóicas:

Câmara 1 - CBA1: Ensaios de Compatibilidade Eletromagnética em Câmara Anecóica.

Câmara Blindada Anecóica: 14 x 7 x 7 (m);

Sala de Controle Blindada: 5 x 3 x 3 (m);

Sistema de Ensaios de Imunidade Conduzida e Radiada até 18GHz;

Sistemas de Ensaios de Emissão Conduzida e Radiada até 40GHz;

Mesa Giratória (Diâmetro 2m / Capacidade 1ton.).

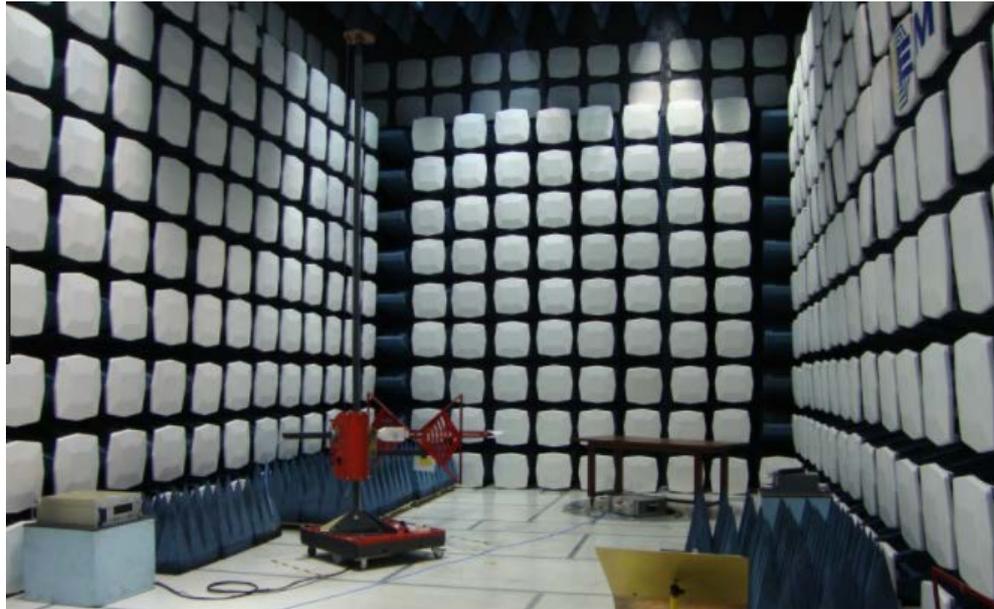


Figura 3 – Câmara CBA1

Câmara 2: CBA2: Ensaio de Compatibilidade Eletromagnética em Câmara Anecóica.

Câmara Blindada Anecóica: 24 x 11 x 10 (m);

Sala de Controle Blindada: 7 x 4 x 4 (m);

Sistema de Ensaio de Imunidade Conduzida e Radiada até 40GHz;

Sistemas de Ensaio de Emissão Conduzida e Radiada até 40GHz;

Mesa Giratória 1 (Diâmetro 2m / Capacidade 1ton.);

Mesa Giratória 2 (Diâmetro 9m / Capacidade 25ton.).

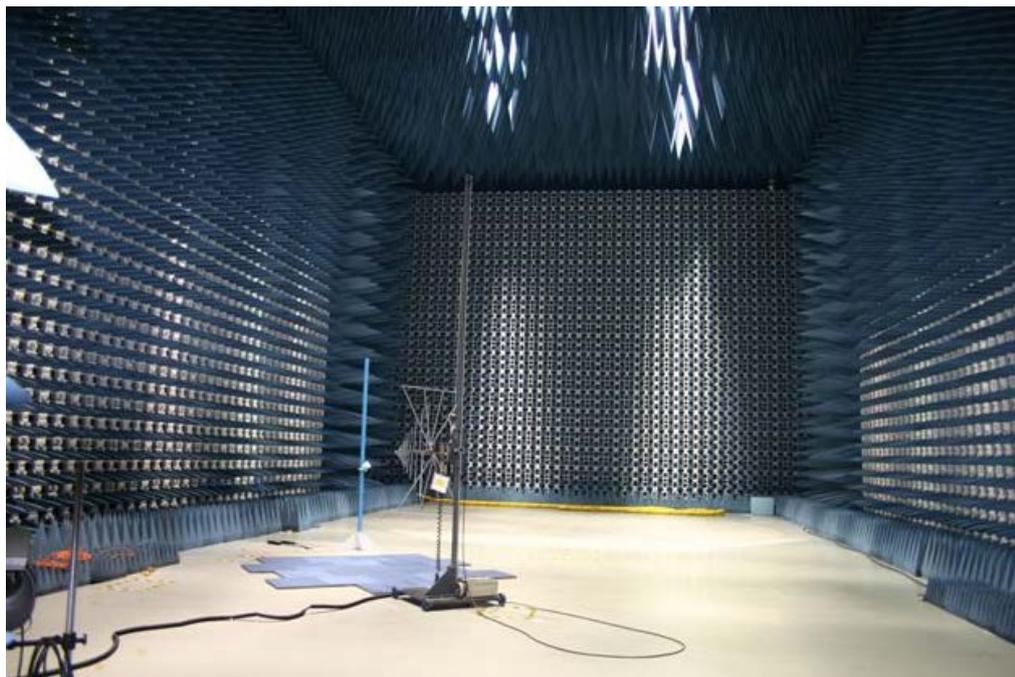


Figura 4 – Câmara CBA2

## 2. Resumo do Projeto

O bolsista desenvolve suas atividades no laboratório de EMI/EMC/Antenas e Telecomunicações do LIT, fazendo o monitoramento e controle dos equipamentos utilizados para os ensaios CBERS4A e AMAZÔNIA 1.

Todos equipamentos utilizados nos ensaios dos satélites, devem estar frequentemente calibrados e aptos para realizar tais testes, sendo assim o monitoramento constante e o controle é essencial no dia a dia do laboratório, para dar a garantia e confiabilidade total dos ensaios realizados.

Para o cumprimento destas atividades o bolsista irá atuar ativamente no controle e monitoramento, realizando verificações, plano de calibrações, estudando procedimentos de ensaios. O monitoramento e controle consiste em garantir que cada equipamento utilizado no ensaio esteja calibrado e apto para os testes.

As principais atividades do bolsista serão:

1. Estudar os procedimentos de ensaios de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética (EMI/EMC) aplicáveis a Satélites e seus subsistemas,

para obter um conhecimento de testes que são utilizados durante esses ensaios;

2. Elaborar um plano de calibração e verificações intermediárias dos equipamentos que serão utilizados para a realização dos ensaios nos satélites;
3. Realizar as verificações intermediárias dos equipamentos;
4. Participar da realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética nos Satélites Amazônia e CBERS;

### **3. Objetivo**

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas pelo bolsista no Laboratório de EMI/EMC no período de 01 de setembro de 2016 a 31 de março de 2018.

### **4. Atividades Desenvolvidas durante o período de vigência da bolsa**

#### **4.1. Estudar os procedimentos de ensaios de interferência e Compatibilidade Eletromagnética (EMI/EMC) aplicáveis a Satélites e seus subsistemas, para obter um conhecimento de testes que são utilizados durante esses ensaios**

No período vigente da bolsa o bolsista estudou procedimentos para ensaios (EMI/EMC) com aplicações em satélites, aos quais são eles:

- Procedimento de Teste Emissão Irradiada (LIT03-LIT03-TP-129);
- Procedimento de Teste Imunidade Irradiada (LIT03-LIT03-TP-134);
- Procedimento de Teste Emissão Conduzida (LIT03-LIT03-TP-135);
- Procedimento de Teste Imunidade Conduzida (LIT03-LIT03-TP-136);

✓ **Procedimento de Teste Emissão Irradiada (LIT03-LIT03-TP-129);**

O objetivo deste ensaio é de medir a emissão irradiada ao meio ambiente pelo EST e seus cabos de interconexão permanentemente conectados ao EST. Neste ensaio mede-se a emissão irradiada ao meio ambiente pelo EST e seus cabos de interconexão permanentemente conectados ao EST.

O EST não deverá emitir sinais de RF a qual sua intensidade de campo ultrapasse o limite apresentado na figura 6. Acima de 30 MHz, os limites devem ser cumpridos para as polarizações verticais e horizontais.

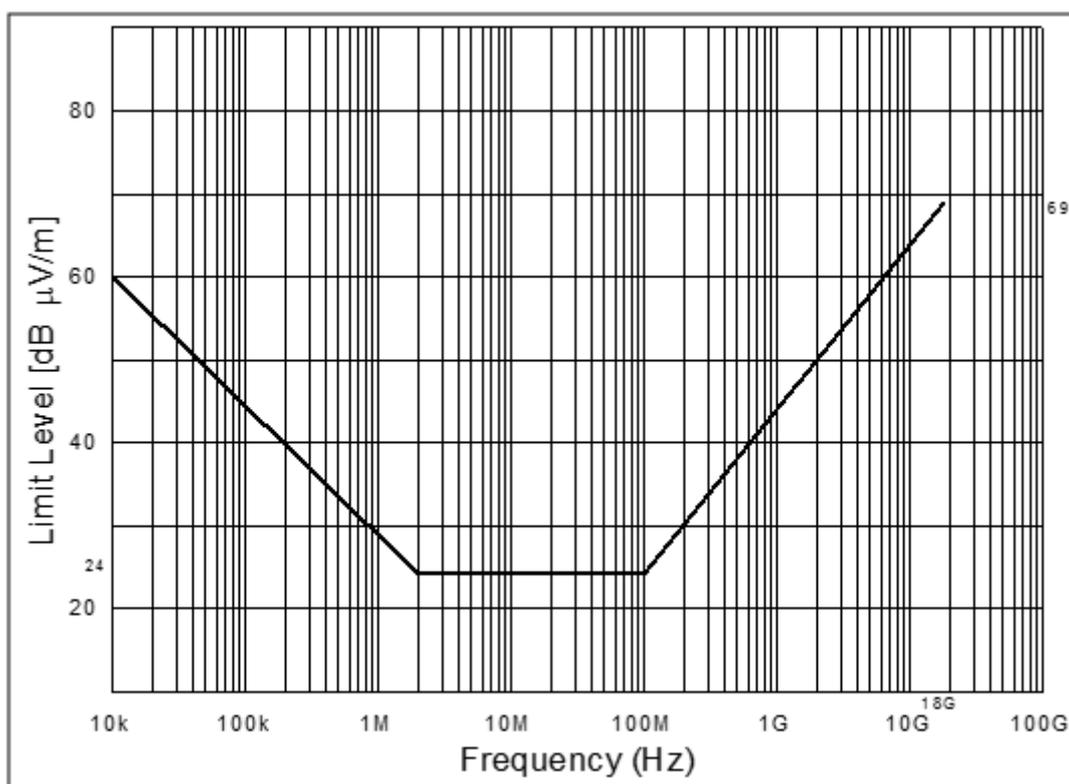


Figura 6 – Limite de Especificação

✓ **Procedimento de Teste Imunidade Irradiada (LIT03-LIT03-TP-134);**

Objetivo deste teste é simular possíveis ruídos eletromagnéticos RF proveniente a partir dos outros subsistemas instalados dentro do satélite e que possam vir a perturbar o funcionamento do EST. Com isso o teste consiste em fazer com que uma antena irradie um sinal de RF sobre o EST varrendo-se uma faixa ampla de frequências, enquanto observa-se qualquer anomalia no funcionamento, ou seja, a sua sensibilidade a estes sinais. O campo é irradiado

não somente sobre o EST, mas também sobre todos os cabos que irão interconectá-lo com os outros subsistemas dentro do satélite, como os cabos de alimentação, de sinais, de telecomando, etc.

O EST não deve apresentar falhas, degradação de eficiência ou desvios da especificação para além das tolerâncias indicadas para um equipamento individual ou o subsistema, quando submetido a uma intensidade do campo elétrico irradiado de 20 V/m sobre o EST, com exceção a frequência de sintonização de um receptor conectado a uma antena. O ensaio deve respeitar e não ultrapassar os limites da figura 7.

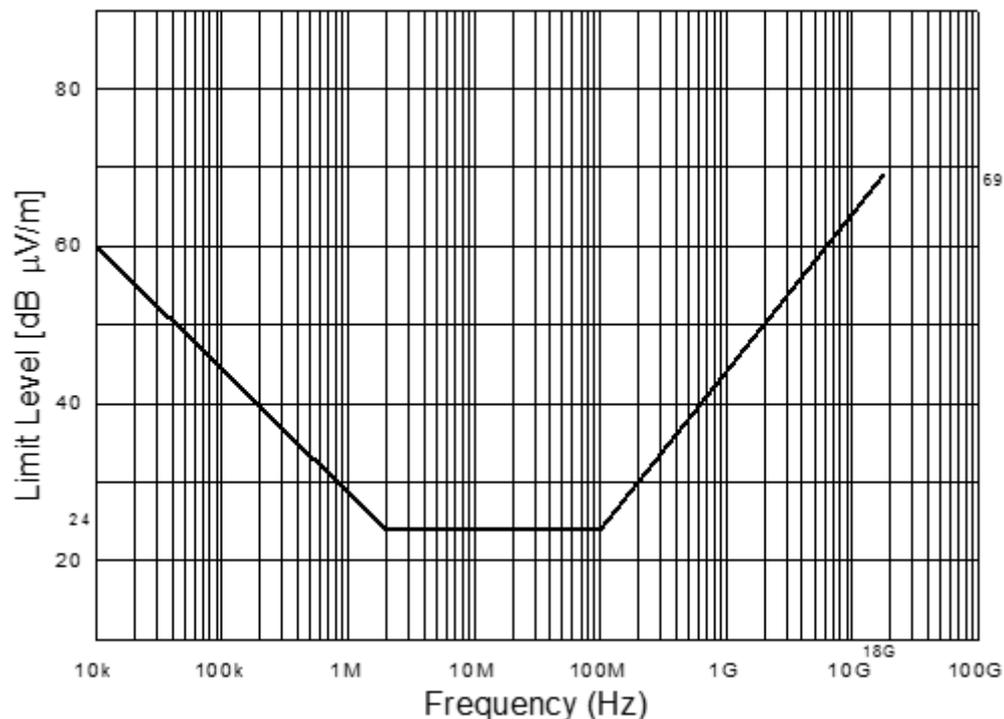


Figura 7 – Limite de Especificação

✓ **Procedimento de Teste Emissão Conduzida (LIT03-LIT03-TP-135);**

O objetivo deste ensaio é de medir o nível de tensão dos sinais espúrios gerados pelo equipamento e conduzidos na sua rede de alimentação. Neste ensaio mede-se o nível de tensão dos sinais espúrios gerados pelo equipamento e conduzidos na sua rede de alimentação. O ensaio deve respeitar e não ultrapassar os limites da figura 8.

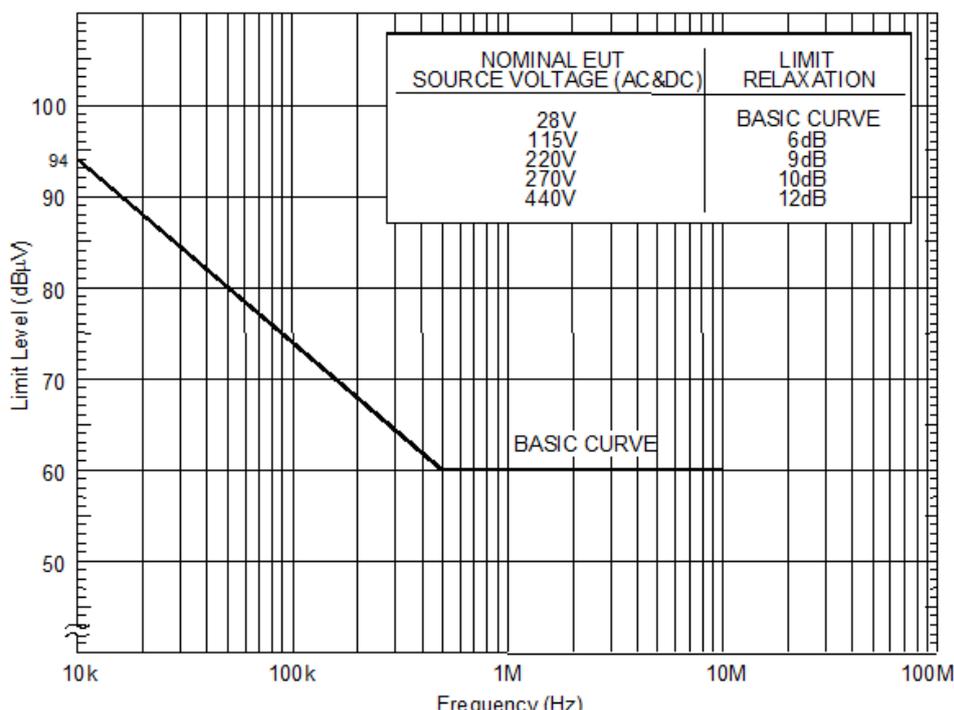


Figura 8 – Limite de Especificação

✓ **Procedimento de Teste Imunidade Conduzida (LIT03-LIT03-TP-136);**

O objetivo deste teste é de verificar a capacidade do EST de suportar sinais de RF acoplados dentro do satélite e que possam vir a perturbar o funcionamento do EST. Para este fim o teste consiste em fazer com que uma probe de corrente induza um sinal de rádio frequência sobre o EST varrendo-se uma faixa ampla de frequências, enquanto observa-se qualquer anomalia no funcionamento, ou seja, a sua sensibilidade a estes sinais. O campo é induzido nos cabos de alimentação e também nos cabos que irão interconectá-lo com os outros subsistemas dentro do satélite, de sinais, de telecomando, etc.

O EST não deve apresentar qualquer anomalia, degradação de desempenho ou desvio de indicações especificadas para além das tolerâncias indicadas nos equipamentos individuais ou especificação do subsistema, quando submetidos a um nível de corrente que foi pré-calibrado para o limite adequado mostrado na figura 9 e com uma modulação de pulso de 1 kHz, 50% de ciclo de trabalho (500 µs).

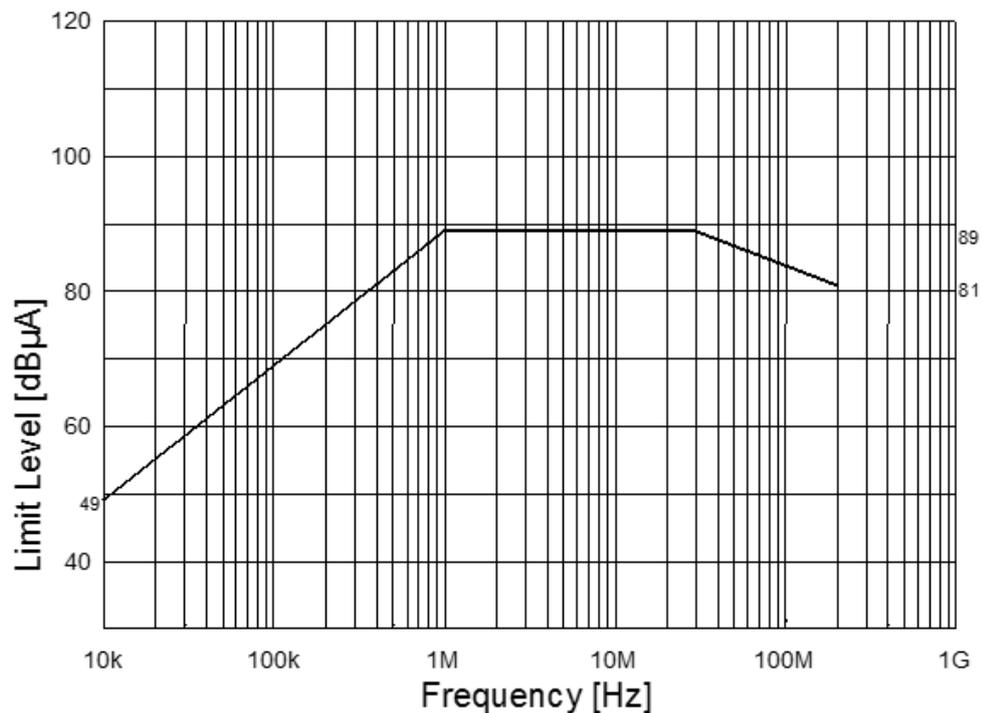


Figura 9 – Limite de Especificação

#### **4.2. Elaborar um plano de calibração e verificações intermediárias dos equipamentos que serão utilizados para a realização dos ensaios nos satélites**

O plano de calibração é um método utilizado para analisar e gerenciar os equipamentos que necessitam de calibração e verificação, desta forma é necessário um plano eficaz para garantir que todos os equipamentos que serão utilizados nos testes estejam aptos para o uso, garantindo assim a máxima qualidade e confiabilidade dos resultados nos testes que utilizam os mesmos. Para tal atividade será necessário que o bolsista elabore um plano de calibração dos equipamentos que serão utilizados nos ensaios dos Satélites CBERS4A e Amazônia 1.

Atualmente o laboratório utiliza uma interface em rede para controlar todas as calibrações e verificações dos equipamentos, através do “eLit”. Todos os equipamentos de medições são cadastrados e constantemente monitorados, com isso é capaz de se garantir um eficaz e eficiente plano para calibrações e verificações.

No período vigente da bolsa, o bolsista auxiliou nas verificações de equipamentos utilizados nos ensaios de EMI/EMC nos projetos de satélites. Neste período, o bolsista ficou responsável por controlar através do plano os diversos tipos de equipamentos que são utilizados durante os ensaios necessário na área de EMI/EMC.

Nas figuras 10 e 11 é possível ver todas as ações e acompanhamentos dos equipamentos utilizados nos ensaios dos satélites.

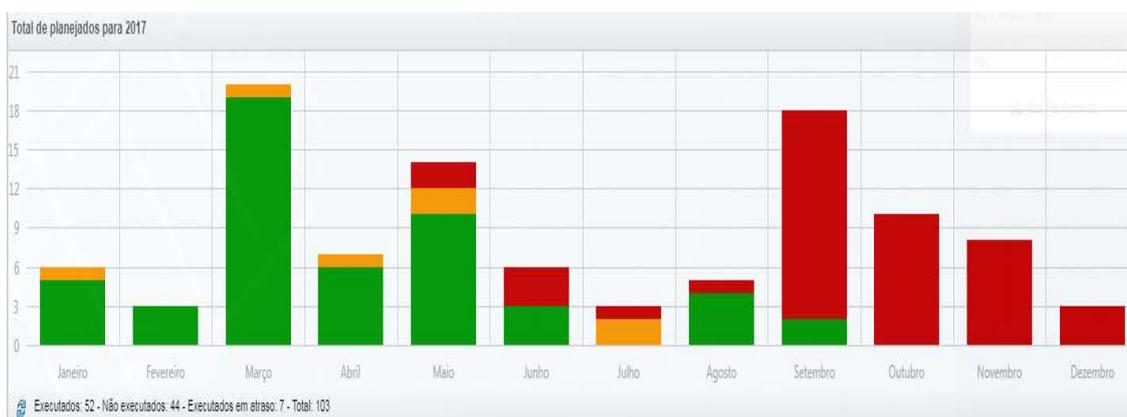


Figura 10 – Gráfico do plano de Calibração e Verificação

Data	Responsável	Tipo	Marca	Modelo	Ns
05/06/2017	Daniel Santana Lelis	Power Meter	Anritsu	ML2488A	6K00001561
05/06/2017	Daniel Santana Lelis	Power Sensor	Anritsu	MA2472D	1515193
15/06/2017	Daniel Santana Lelis	Analisador de Espectro	R&S	fsp40	100113
19/06/2017	Daniel Santana Lelis	Power Meter	R&S	NRVD	101846
19/06/2017	Daniel Santana Lelis	Insertion Unit	R&S	URV5-Z2	100801
19/06/2017	Daniel Santana Lelis	Insertion Unit	R&S	URV5-Z2	100800

Figura 11 – Descrição dos Equipamentos

Na figura 10 é possível identificar na cor verde os equipamentos que foram calibrados dentro do prazo planejado, na cor amarela se identifica os equipamentos que foram calibrados após o prazo planejado e na cor vermelha é possível identificar os equipamentos que ainda não foram calibrados, entretanto os equipamentos que excederam o prazo planejado recebem um etiqueta “NÃO

UTILIZAR ATÉ SER CALIBRADO” assim o mesmo não poderá ser utilizado até que seja realizada a sua calibração/verificação.

Através do Plano de calibração é possível que o laboratório mantenha sempre a exatidão de suas medidas, atuando em um plano eficaz e hábil os equipamentos são capazes de estar apto frequentemente para realização de ensaios. O plano é uma ferramenta importante do dia a dia laboratorial, tornando viável o controle da calibração e verificação de todos os equipamentos.

### **4.3. Realizar as Verificações Intermediárias dos Equipamentos**

No período vigente da bolsa, o bolsista começou a auxiliar nas verificações de equipamentos utilizados nos ensaios de EMI/EMC nos projetos de satélites. Neste período, o bolsista ficou responsável pela verificação intermediária do estado de utilização e conservação do analisador de espectro que é utilizados durante os ensaios necessário na área de EMI/EMC.

#### **✓ Analisadores de Espectro**

Este tipo de equipamento, é utilizado para a varredura no domínio da frequência de um determinado ambiente, para verificar possíveis emissões indesejadas dentro, e fora da banda de operação do satélite. Desta maneira, os analisadores de espectro, devem, periodicamente, sofrerem verificações de diversas maneiras, para garantir seu bom estado de conservação e utilização, tendo em mente a qualidade da medida realizada.

 		FICHA DE VERIFICAÇÃO
		Versão 1.0
<input checked="" type="checkbox"/> Intermediária <input type="checkbox"/> Funcional <input type="checkbox"/> Extraordinária		
EQUIPAMENTO:	Analisador de Sinais	
FABRICANTE:	R&S	
MODELO:	FSV40	
Nº. SÉRIE:	101074	
PATRIMÔNIO:	102.633	
DATA PREVISTA:	14/09/2017	
DATA REALIZADA:	11/09/2017	
RESPONSÁVEL PELA VERIFICAÇÃO:	Paulo Almeida	
RESPONSÁVEL PELA AVALIAÇÃO:	Tiago Meissner	
PONTO VERIFICADO:	Vide Anexo	
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO:	Conforme especificação do fabricante	
OBS.:	Equipamentos Utilizados: SMR40 – NS: 100469 N1911A – NS: MY50000168 N1922A – NS: MY50070001 MF2414B – NS: 6200415051	

Figura 12 – Ficha padrão de Verificação Intermediária

MEDIÇÃO DE NÍVEL DE POTÊNCIA							
Frequência	Valor Nominal		Valor Medido		Delta	Especificação	Situação do Equipamento
10.00 MHz	-10.00	dBm	-9.89	dBm	0.11	0.30	OK
	0.00	dBm	-0.29	dBm	-0.29	0.30	OK
	10.00	dBm	9.74	dBm	-0.26	0.30	OK
50.00 MHz	-10.00	dBm	-10.02	dBm	-0.02	0.30	OK
	0.00	dBm	-0.02	dBm	-0.02	0.30	OK
	10.00	dBm	9.96	dBm	-0.04	0.30	OK
100.00 MHz	-10.00	dBm	-10.09	dBm	-0.09	0.30	OK
	0.00	dBm	0.01	dBm	0.01	0.30	OK
	10.00	dBm	10.04	dBm	0.04	0.30	OK
1.00 GHz	-10.00	dBm	-10.11	dBm	-0.11	0.30	OK
	0.00	dBm	-0.08	dBm	-0.08	0.30	OK
5.00 GHz	-10.00	dBm	-10.37	dBm	-0.37	0.50	OK
	0.00	dBm	-0.41	dBm	-0.41	0.50	OK
10.00 GHz	-10.00	dBm	-10.23	dBm	-0.23	1.50	OK
	0.00	dBm	-0.12	dBm	-0.12	1.50	OK
15.00 GHz	-10.00	dBm	-9.96	dBm	0.04	2.00	OK
	0.00	dBm	0.13	dBm	0.13	2.00	OK
20.00 GHz	-10.00	dBm	-10.69	dBm	-0.69	2.00	OK
	0.00	dBm	-0.63	dBm	-0.63	2.00	OK
25.00 GHz	-10.00	dBm	-10.60	dBm	-0.60	2.00	OK
	0.00	dBm	-0.63	dBm	-0.63	2.00	OK
30.00 GHz	-10.00	dBm	-10.76	dBm	-0.76	2.50	OK
	0.00	dBm	-0.49	dBm	-0.49	2.50	OK
40.00 GHz	-10.00	dBm	-9.09	dBm	0.91	2.50	OK
	0.00	dBm	0.94	dBm	0.94	2.50	OK
Especificação retirada do datasheet, considerar: 10 MHz até 3.6 GHz = 0.30 dB 3.6 GHz até 7 GHz = 0.50 dB 7 GHz até 13.6 GHz = 1.50 dB 13.6 GHz até 30 GHz = 2.00 dB 30 GHz até 40 GHz = 2.50 dB							

Figura 13 – Resultado da Verificação Intermediária para Medição de nível de Potência

MEDIÇÃO DE FREQUÊNCIA						
Valor Convencional		Valor Indicado		Delta	Especificação	Situação do Equipamento
10.000000000	MHz	9.999971297	MHz	-0.000028703	0.000075400	OK
100.000000000	MHz	99.999712773	MHz	-0.000287227	0.000750400	OK
500.000000000	MHz	499.998563640	MHz	-0.001436360	0.003750400	OK
1.000000000	GHz	0.999997118	GHz	-0.000002882	0.000007500	OK
5.000000000	GHz	4.999985619	GHz	-0.000014381	0.000037500	OK
10.000000000	GHz	9.999971250	GHz	-0.000028750	0.000075000	OK
20.000000000	GHz	19.999942573	GHz	-0.000057427	0.000150000	OK
30.000000000	GHz	29.999913557	GHz	-0.000086443	0.000225000	OK
40.000000000	GHz	39.999886953	GHz	-0.000113047	0.000300000	OK
Especificação retirada do datasheet, considerar a variáveis de envelhecimento, temperatura e accuracy						

Figura 14 – Resultado da Verificação Intermediária para Medição de Frequência

#### 4.4. Participar da realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética nos Satélites Amazônia e CBERS

Estava previsto para o bolsista iniciar tais atividades, porém com o atraso do projeto não foram iniciadas nenhuma atividade de realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética até a presente data, porém o bolsista atuou ativamente nas demais atividades que prepararam o laboratório para estar capacitado tecnicamente para desenvolver os ensaios nos Satélites Amazônia e CBERS.

### 5. Resultados Obtidos em função do Plano de Trabalho proposto

De acordo com o plano de trabalho proposto, as atividades desenvolvidas pelo bolsista foram satisfatórias, tendo em vista nos itens acima a descrição de tais atividades.

Dentro do plano de execução de trabalho proposto ao bolsista, ele foi capaz de desenvolver suas atividades dentro do esperado, assim garantindo uma



confiabilidade dos resultados dos ensaios nos programas espaciais, viabilizando assim a rastreabilidade dos equipamentos utilizados em tais ensaios.

As execuções das etapas do plano de trabalho do bolsista, foi sempre preenchido periodicamente, assim que as não conformidades se geravam e também as ações corretivas eram apresentadas.

## 6. Conclusões Gerais

Conclui-se que durante o período de início até o prezado momento, mesmo com os atrasos nos projetos as atividades realizadas no laboratório EMI/EMC do LIT, foram cumpridas dentro do cronograma de execução do plano de trabalho para o período de cada atividade designada. Através do plano de trabalho proposto ao bolsista, o mesmo desenvolveu as atividades de maneira satisfatória e relevante sempre atuando e estando envolvido em todas as atividades, sendo assim mesmo com o atraso o bolsista pode contribuir ativamente no dia a dia do laboratório.

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

Bolsista: [Paulo José Simões de Almeida]

Supervisor(a): [Marco Antônio Strobino]

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