



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

[Referente ao período: 01/05/2018 a 31/12/2018]

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

Número do Processo Individual: [300814/2018-6]

Bolsista: [Felipe Augusto Pereira]

Supervisor: [Marco Antônio Strobino]

Área: [LIT - Laboratório de Integração e Testes]

Vigência original da bolsa: [01/05/2018 a 31/12/2018]

Modalidade da bolsa: [PCI-DD]

RELATÓRIO TÉCNICO

Desenvolvimento de Métodos para Otimização dos Ensaios de Imunidade

1. Histórico

1.1. Laboratório de Integração e Testes - LIT

O Laboratório de Integração e Testes (LIT) do INPE, inaugurado em 02 de dezembro de 1987, 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.



Figura 1 – Hall de Testes do LIT

O LIT tem como missão:

- Contribuir para a progressiva autonomia do País em áreas estratégicas.
- Prover suporte técnico para os esforços do setor produtivo nacional em desenvolver sua competitividade no mercado internacional.

- Criar o ambiente necessário para a promoção de programas espaciais nacionais e em cooperação com outros países, provendo serviços de alta qualidade, baixo custo e nos prazos corretos.

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

As áreas do LIT são:

- Antenas
- Aquisição de Dados
- Desenvolvimento de Sistemas de Informação
- Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética
- Garantia de Qualidade
- Laboratório de Contaminação
- Laboratório de Qualificação de Componentes
- Laboratório Vácuo - Térmico
- Manutenção
- Metrologia
- Montagem, Integração e Testes Funcionais
- Pintura Espacial
- Soldagem para Aplicação Espacial
- Vibração
- LSIS - Laboratório de Engenharia Simultânea de Sistemas



Figura 2 – Prédio do LIT

1.1.1. Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética

Dentro do complexo de laboratórios que integram o LIT, o Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética têm por finalidade realizar os ensaios de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética dos satélites e seus subsistemas do Programa Espacial Brasileiro, bem como dos equipamentos dos diversos setores industriais, como: eletroeletrônica, automação, informática, eletromédico, telecomunicação, militar, aeroespacial e automobilístico.

Os ensaios de Compatibilidade Eletromagnética garantem que um sistema, equipamento ou dispositivo eletroeletrônico não provoque perturbações eletromagnéticas, além dos limites estabelecidos pelos documentos normativos aplicáveis aos equipamentos, bem como não sofra uma interferência eletromagnética, quando submetido aos níveis de severidade de perturbações eletromagnéticas determinados na norma técnica.

O Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética do LIT possui uma infraestrutura de ensaios subdividida em três áreas de atividades.

Área 1: Ensaios de Compatibilidade Eletromagnética em Câmara Anecóica Meios de Teste (Câmara Anecóica 1):

- 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.).

Área 2: Ensaios de Compatibilidade Eletromagnética em Câmara Anecóica Meios de Teste (Câmara Anecóica 2):

- Câmara Blindada Anecóica: 24 x 11 x 10 (m);
- Sala de Controle Blindada: 7 x 4 x 4 (m);
- Sistema de Ensaios de Imunidade Conduzida e Radiada até 40GHz;
- Sistemas de Ensaios de Emissão Conduzida e Radiada até 40GHz;
- Mesa Giratória 1 (Diâmetro 2m / Capacidade 1ton.);

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

Área 3: Ensaios de Compatibilidade Eletromagnética em Bancada: Meios de Teste:

- Sistema de Ensaios de Imunidade aos Surtos de Tensão;
- Sistema de Ensaios de Imunidade aos Transitórios Elétricos Rápidos;
- Sistema de Ensaios de Imunidade à Redução e Variação de Tensão;
- Sistema de Ensaios de Imunidade aos Campos Magnéticos;
- Sistema de Ensaios de Imunidade às Descargas Eletrostáticas - ESD;
- Sistema de Ensaios de Emissão de Harmônicos e Flickers;
- Sistema de Ensaios de Emissão Conduzida de Transientes Elétricos.



Figura 3 – Câmara Anecóica 2 do LIT

2. Resumo do Projeto

O Laboratório de Integração e Testes (LIT), do INPE, especialmente projetado e construído para atender às necessidades do Programa Espacial Brasileiro que representa um importante instrumento na qualificação de sistemas espaciais que exigem alto grau de confiabilidade, tem a responsabilidade direta ou indireta, de realizar a etapa de Montagem, Integração e Testes dos sistemas em desenvolvimento.

As metas do Objetivo Estratégico 1 do plano diretor 2016-2019 são apresentadas a seguir:

- Lançar, até 2018, o primeiro satélite da série Amazônia.
- Lançar, até 2018, o satélite CBERS 04A.
- Desenvolver o segundo satélite da série Amazônia.
- Iniciar o desenvolvimento do Satélite de Pesquisa Atmosférica Equatorial (EQUARS).
- Desenvolver o terceiro satélite da série Amazônia.
- Definir os requisitos do satélite CBERS-5.
- Definir os requisitos do satélite CBERS-6.

Conforme o plano diretor, estão previstos, durante o período da bolsa, a realização de ensaios nos satélites: CBERS-4A (Satélite Sino Brasileiro de Recursos Terrestres), PMM- AMAZÔNIA (plataforma Multimissão).

Durante o período de vigência da bolsa, o colaborador desenvolverá métodos visando otimizar os ensaios de Imunidade realizados pelo grupo de Interferência e Compatibilidade Eletromagnética (EMI/EMC).

As atividades a serem desenvolvidas pelo bolsista são:

1. Efetuar medidas de isolamento dos instrumentos de testes com o intuito de verificar e garantir que não haverá sobreposição de ruído às emissões radiadas pelo satélite e seus subsistemas.
2. Aplicar os testes de imunidade radiada em dispositivos simulados, de modo a verificar a consistência dos ensaios em todos o volume ocupado pelo satélite e suas diversas faces.
3. Participar da configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia.

3. Objetivo

O objetivo principal desse projeto é a otimização dos ensaios de Imunidade realizados pelo grupo de (EMI/EMC). Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas pelo bolsista no Laboratório de EMI/EMC no período de 01 de Maio de 2018 a 31 de Dezembro de 2018 referentes ao plano de trabalho proposto.

4. Atividades Desenvolvidas Durante o Período da Bolsa

4.1. Efetuar medidas de isolamento dos instrumentos de testes com o intuito de verificar e garantir que não haverá sobreposição de ruído às emissões radiadas pelo satélite e seus subsistemas

A partir de Maio de 2018 foram realizadas diversas medidas a fim de averiguar o isolamento dos instrumentos de testes para os ensaios de emissão radiada nos satélites. A seguir são apresentadas algumas medidas realizadas:

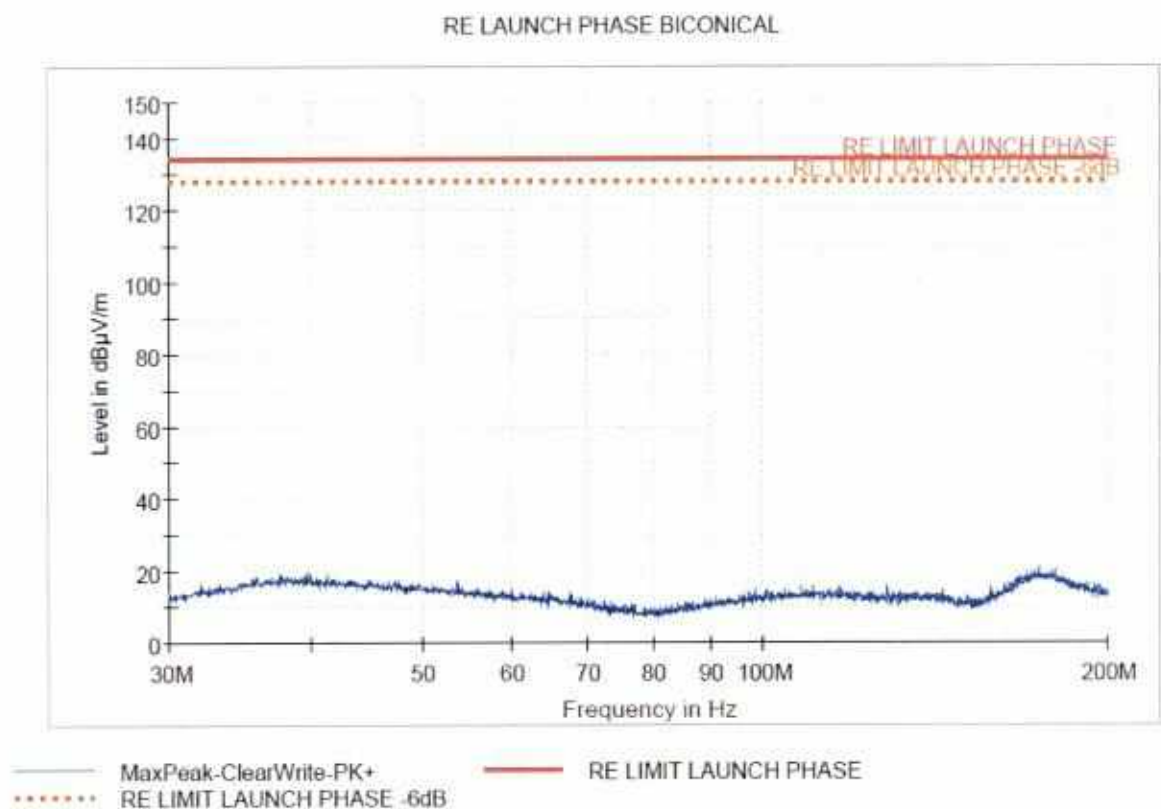


Gráfico 1 - Ruído de fundo, emissão radiada modo de lançamento, antena BICONICAL, polarização horizontal, faixa de frequência 30-200 MHz

RE LAUNCH PHASE BICONICAL

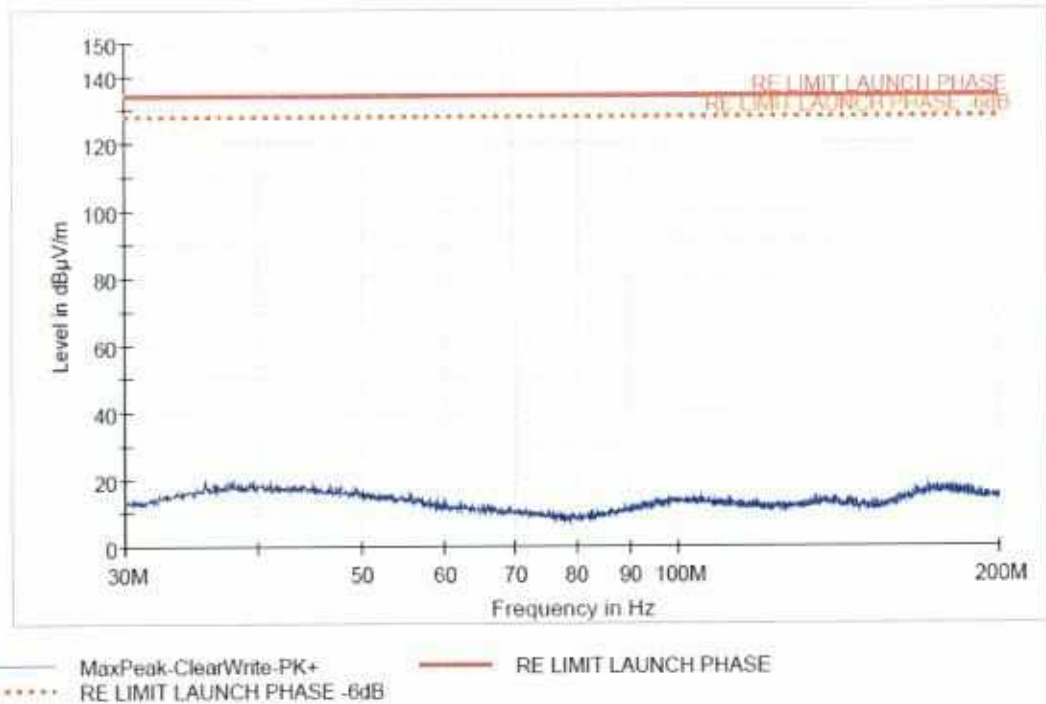


Gráfico 2 - Ruído de fundo, emissão radiada modo de lançamento, antena BICONICAL, polarização vertical, faixa de frequência 30-200 MHz:

RE LAUNCH PHASE LOG

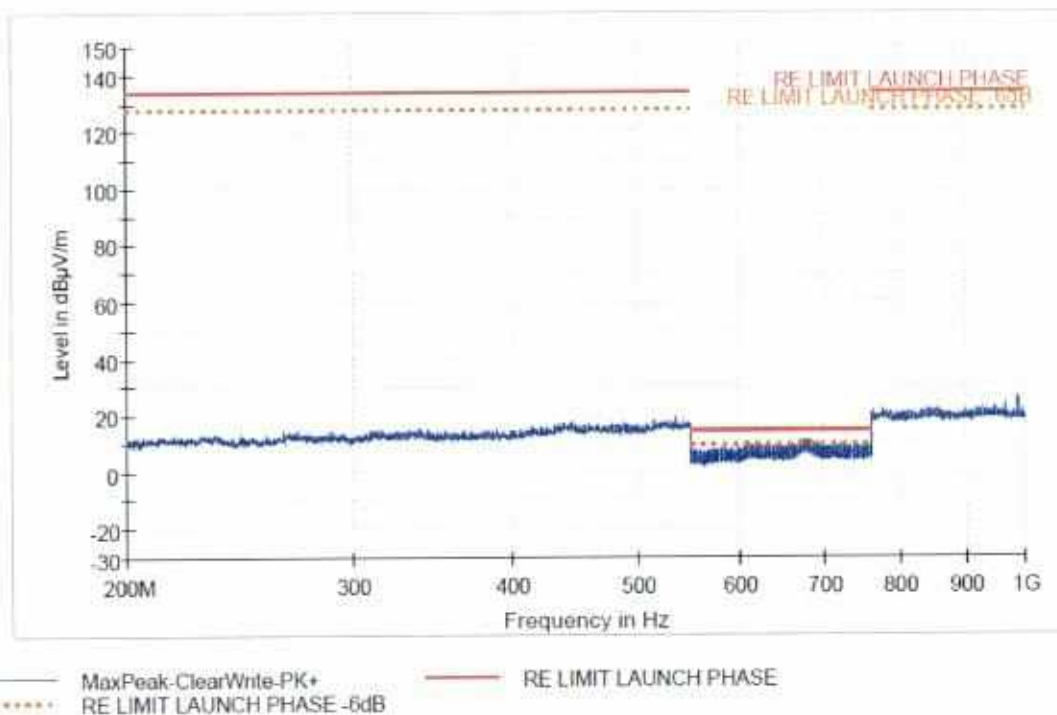


Gráfico 3 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena LOG, polarização horizontal, faixa de frequência 200-1000 MHz

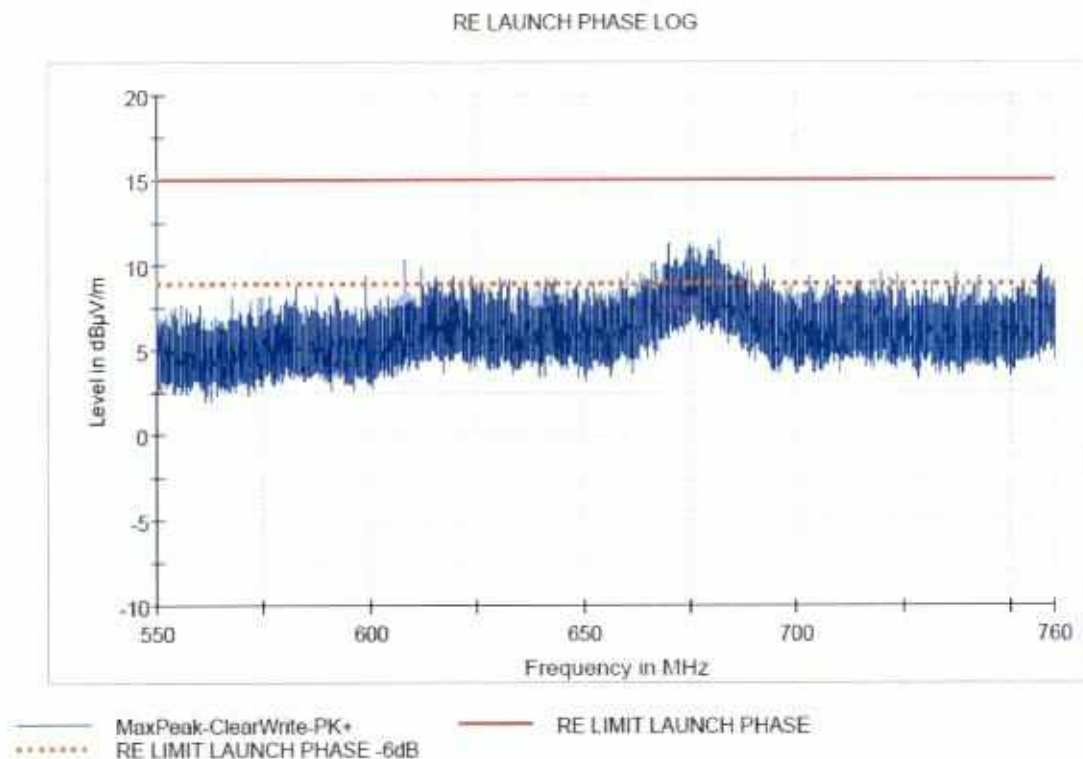


Gráfico 4 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena LOG, polarização horizontal, faixa de frequência 550-760 MHz:

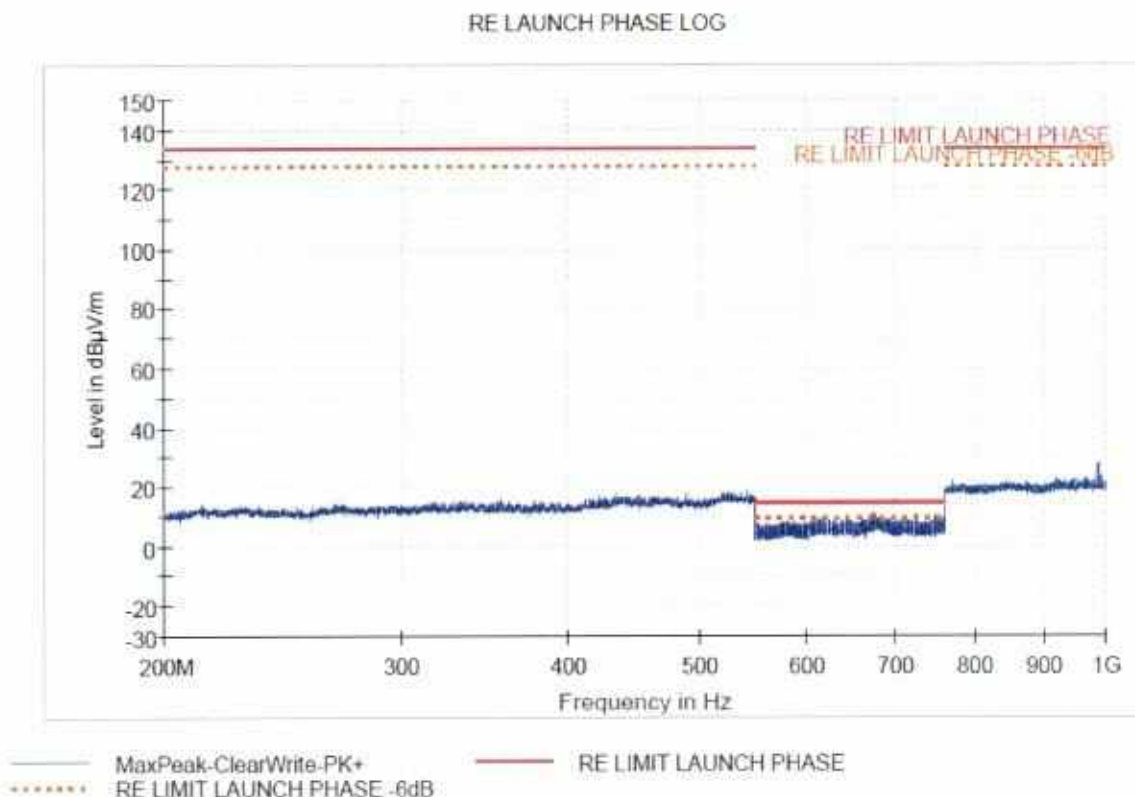
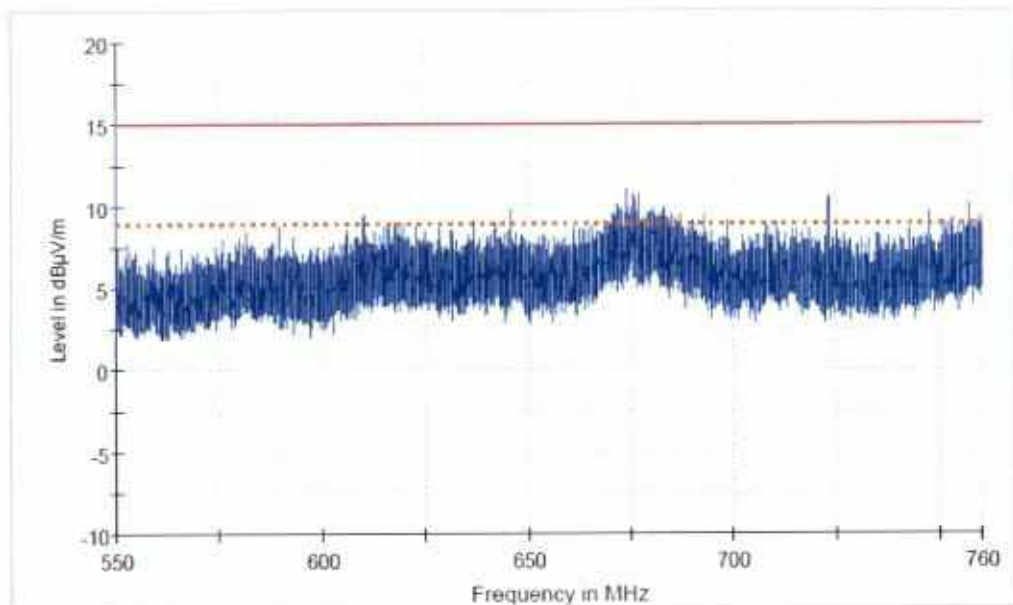


Gráfico 5 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena LOG, polarização vertical, faixa de frequência 200-1000 MHz:

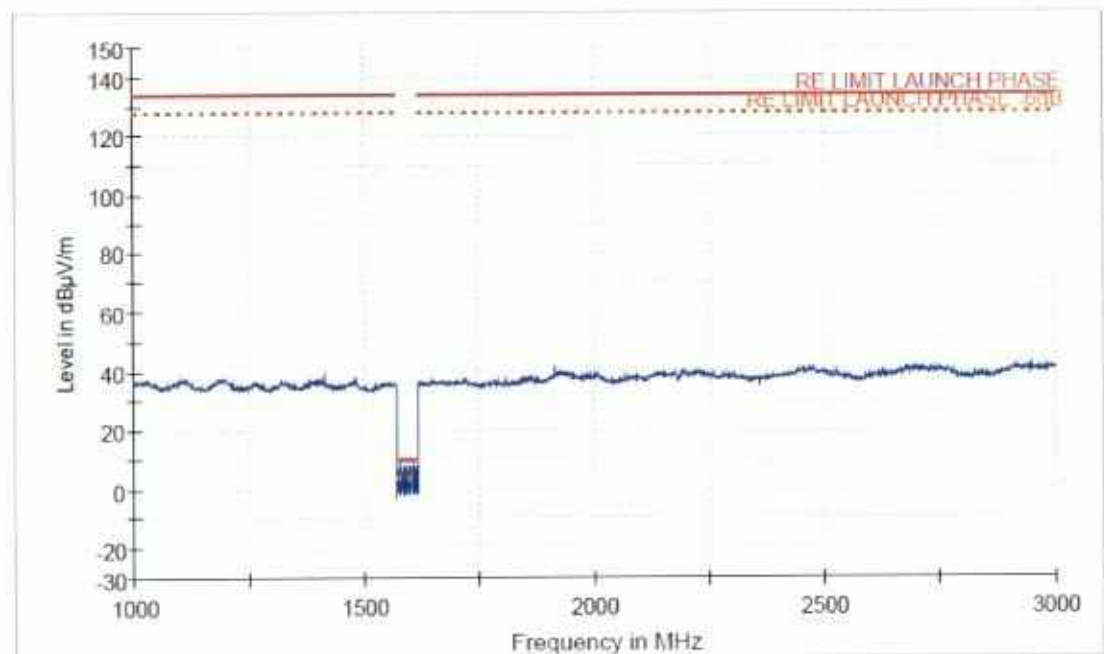
RE LAUNCH PHASE LOG



MaxPeak-ClearWrite-PK+ RE LIMIT LAUNCH PHASE
 RE LIMIT LAUNCH PHASE -6dB

Gráfico 6 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena LOG, polarização vertical, faixa de frequência 550-760 MHz:

RE LAUNCH PHASE DRG 3,5GHz



MaxPeak-ClearWrite-PK+ RE LIMIT LAUNCH PHASE
 RE LIMIT LAUNCH PHASE -6dB

Gráfico 7 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena DRG, polarização horizontal, faixa de frequência 1-3 GHz:

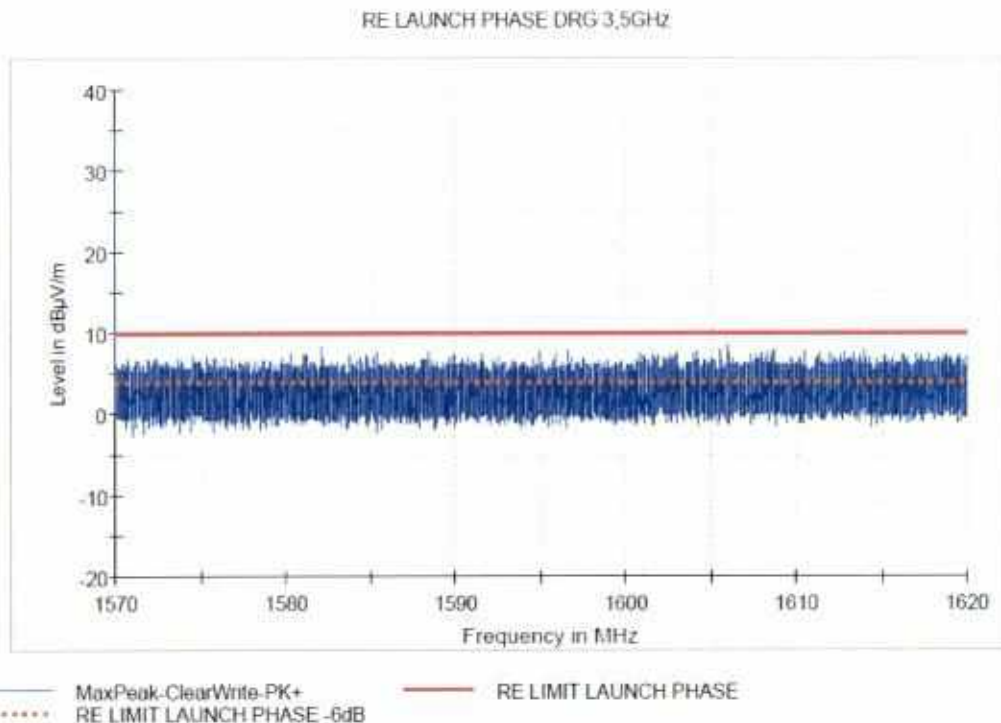


Gráfico 8 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena DRG, polarização horizontal, faixa de frequência 1,57-1,62 GHz:

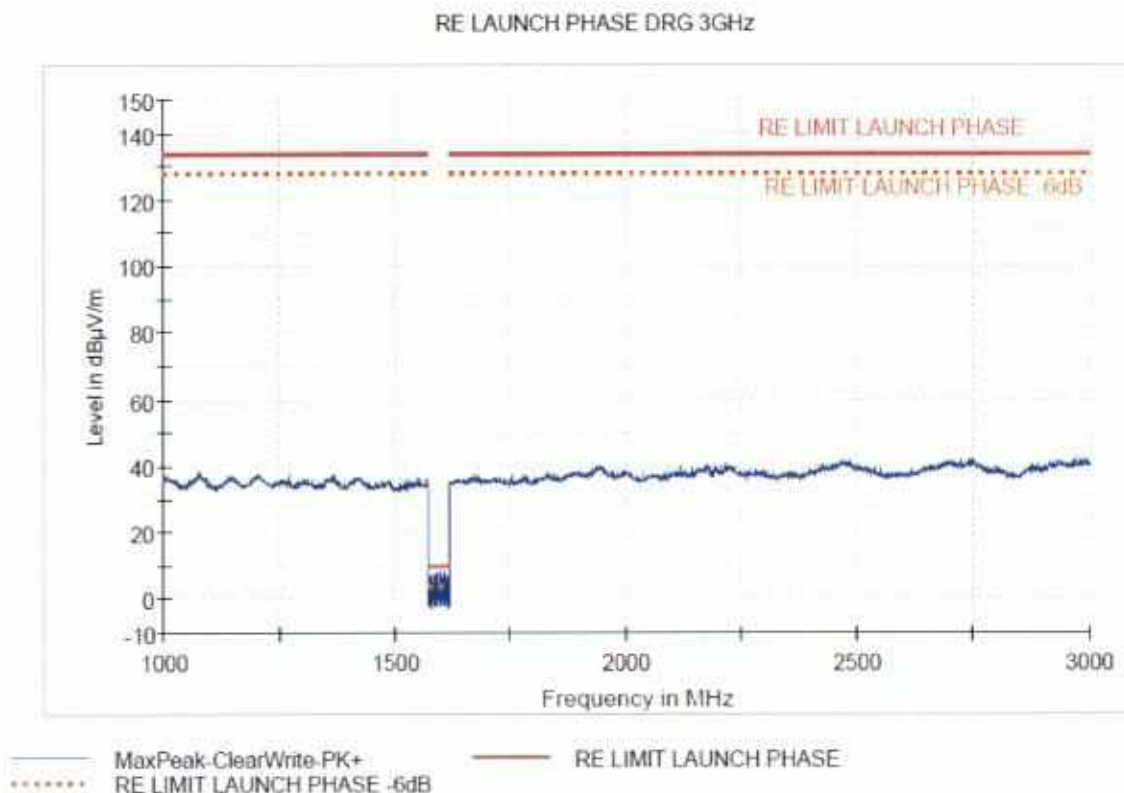
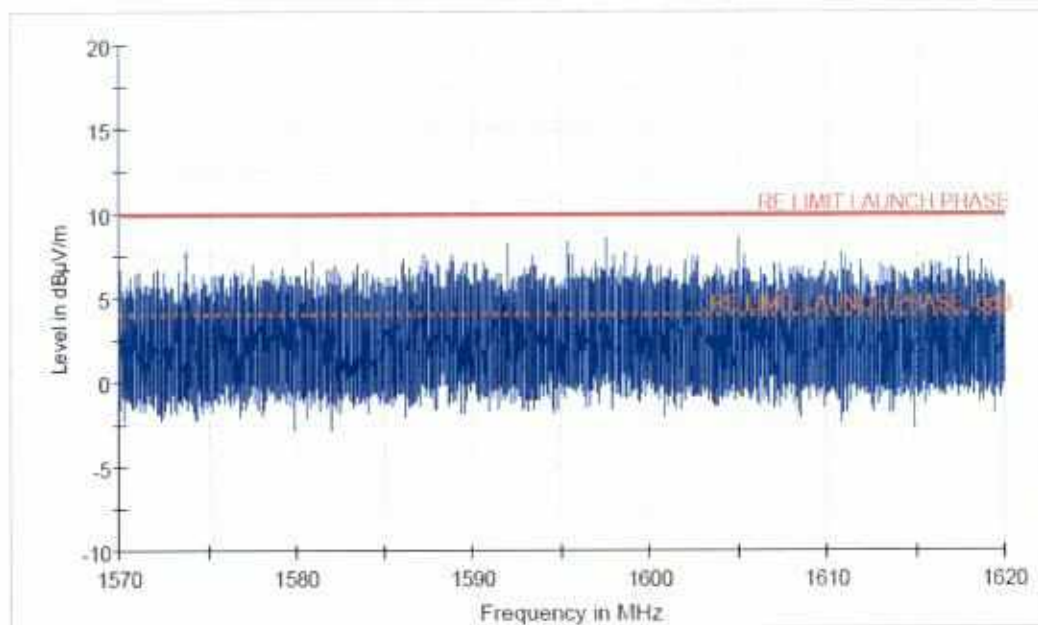


Gráfico 9 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 1-3 GHz:

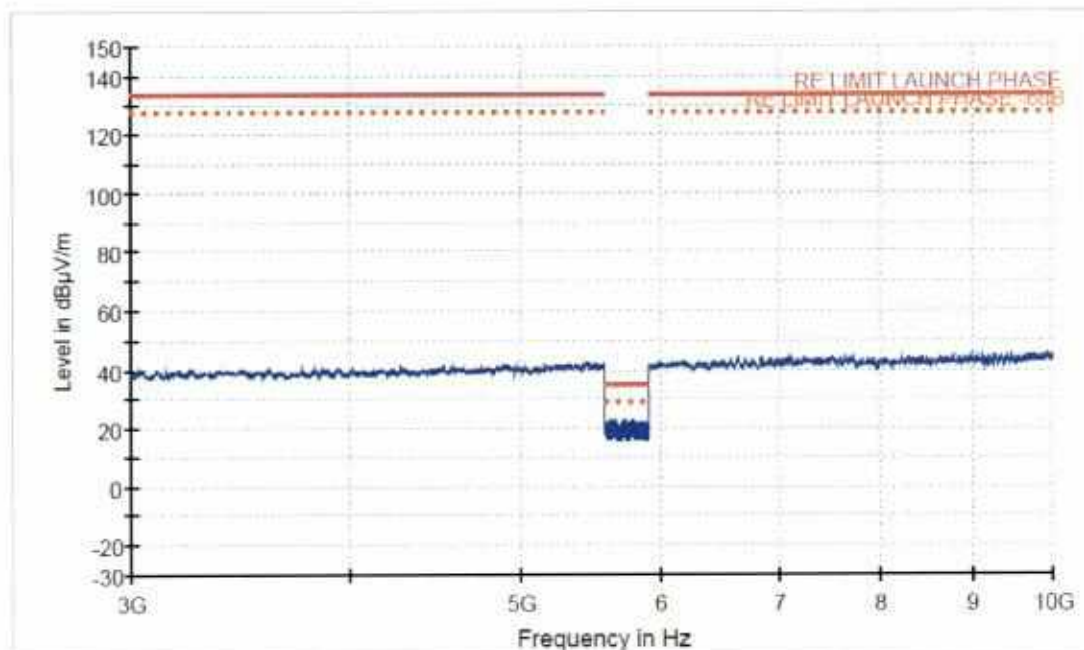
RE LAUNCH PHASE DRG 3GHz



— MaxPeak-ClearWrite-PK+ RE LIMIT LAUNCH PHASE
 - - - - RE LIMIT LAUNCH PHASE -6dB

Gráfico 10 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 1,57-1,62 GHz:

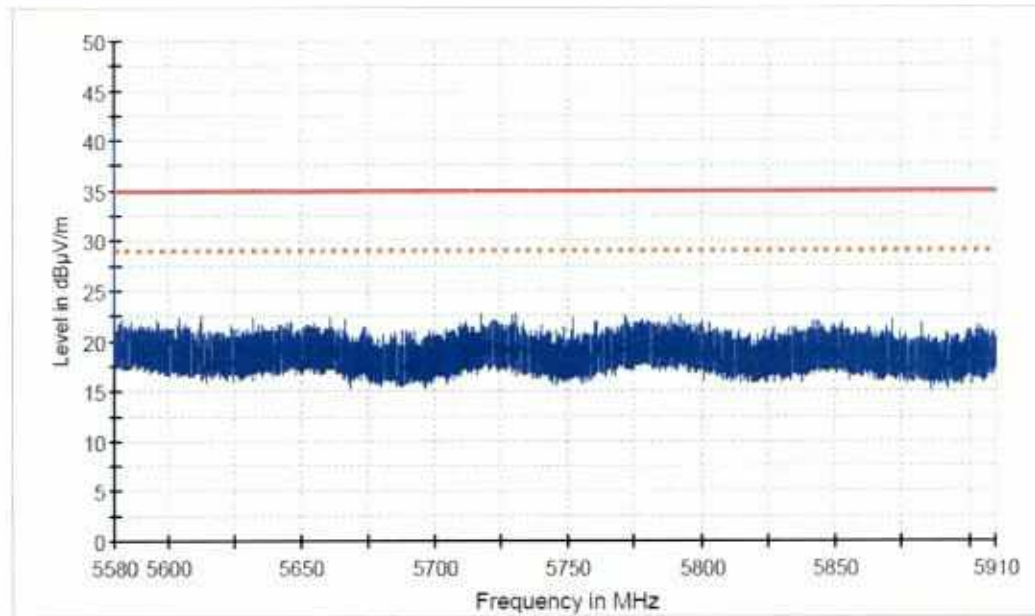
RE LAUNCH PHASE DRG 10GHz



— MaxPeak-ClearWrite-PK+ RE LIMIT LAUNCH PHASE
 - - - - RE LIMIT LAUNCH PHASE -6dB

Gráfico 11 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 3-10 GHz:

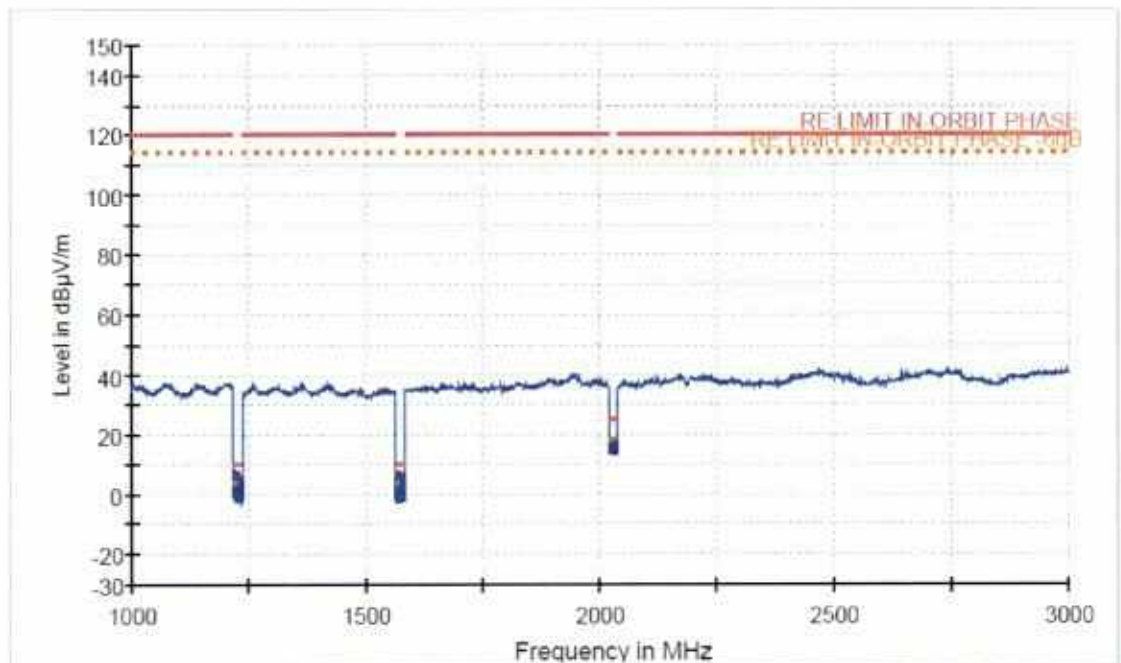
RE LAUNCH PHASE DRG 10GHz



— MaxPeak-ClearWrite-PK+ — RE LIMIT LAUNCH PHASE
 - - - RE LIMIT LAUNCH PHASE -6dB

Gráfico 12 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo de lançamento, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 5,58-5,91 GHz:

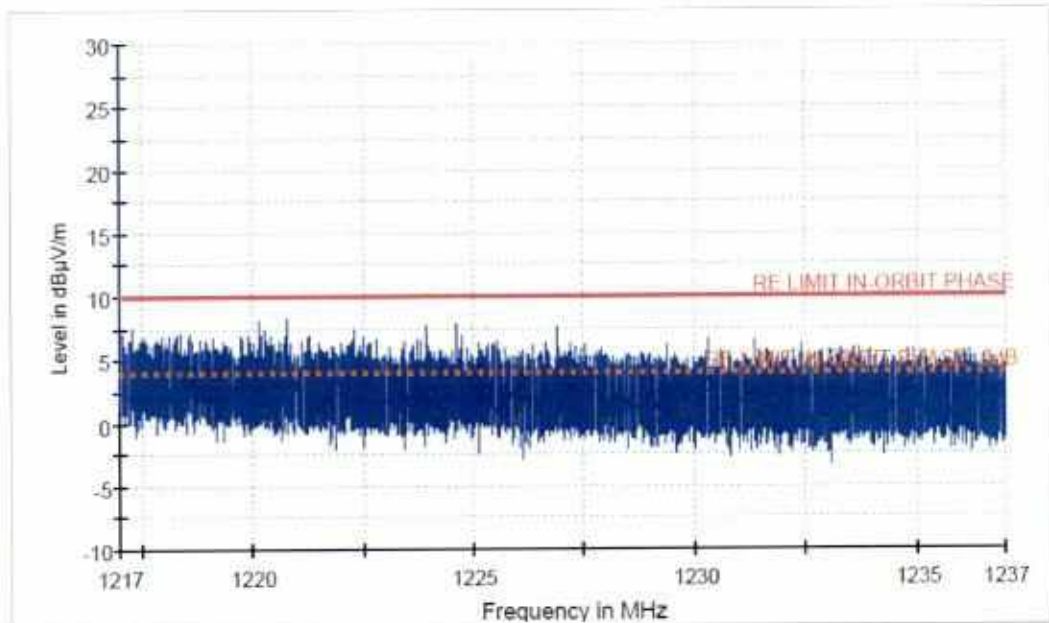
RE IN-ORBIT PHASE DRG 3GHz



— MaxPeak-ClearWrite-PK+ — RE LIMIT IN-ORBIT PHASE
 - - - RE LIMIT IN-ORBIT PHASE -6dB

Gráfico 13 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 1-3 GHz:

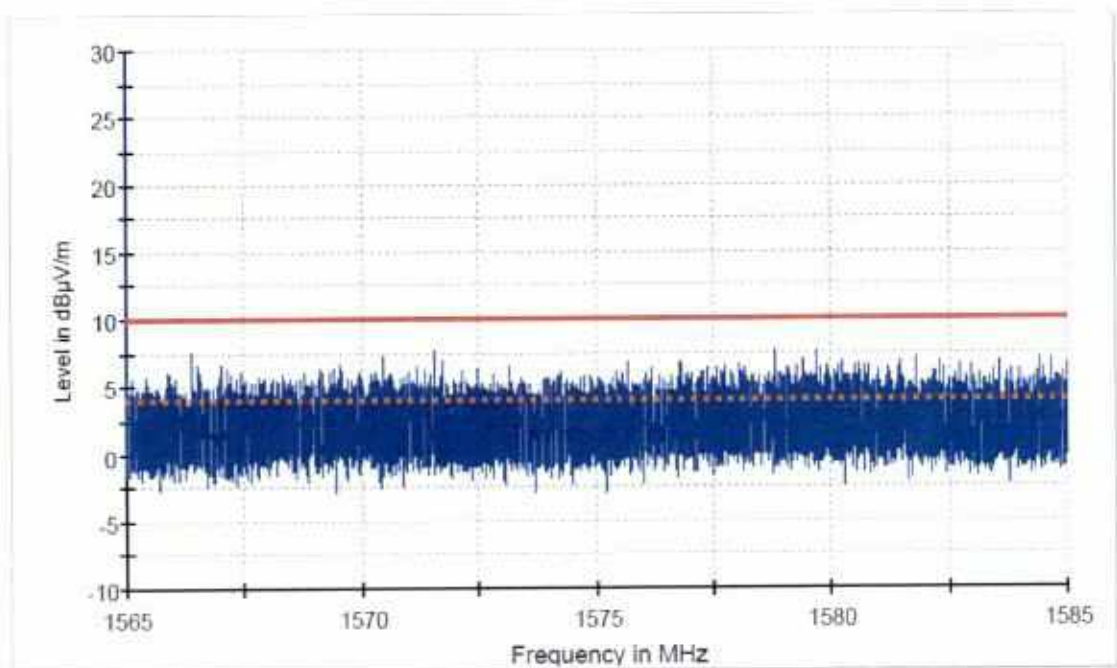
RE IN-ORBIT PHASE DRG 3GHz



— MaxPeak-ClearWrite-PK+ — RE LIMIT IN-ORBIT PHASE
 - - - - - RE LIMIT IN-ORBIT PHASE -6dB

Gráfico 14 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 1,217-1,237 GHz:

RE IN-ORBIT PHASE DRG 3GHz



— MaxPeak-ClearWrite-PK+ — RE LIMIT IN-ORBIT PHASE
 - - - - - RE LIMIT IN-ORBIT PHASE -6dB

Gráfico 15 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 1,565-1,585 GHz:

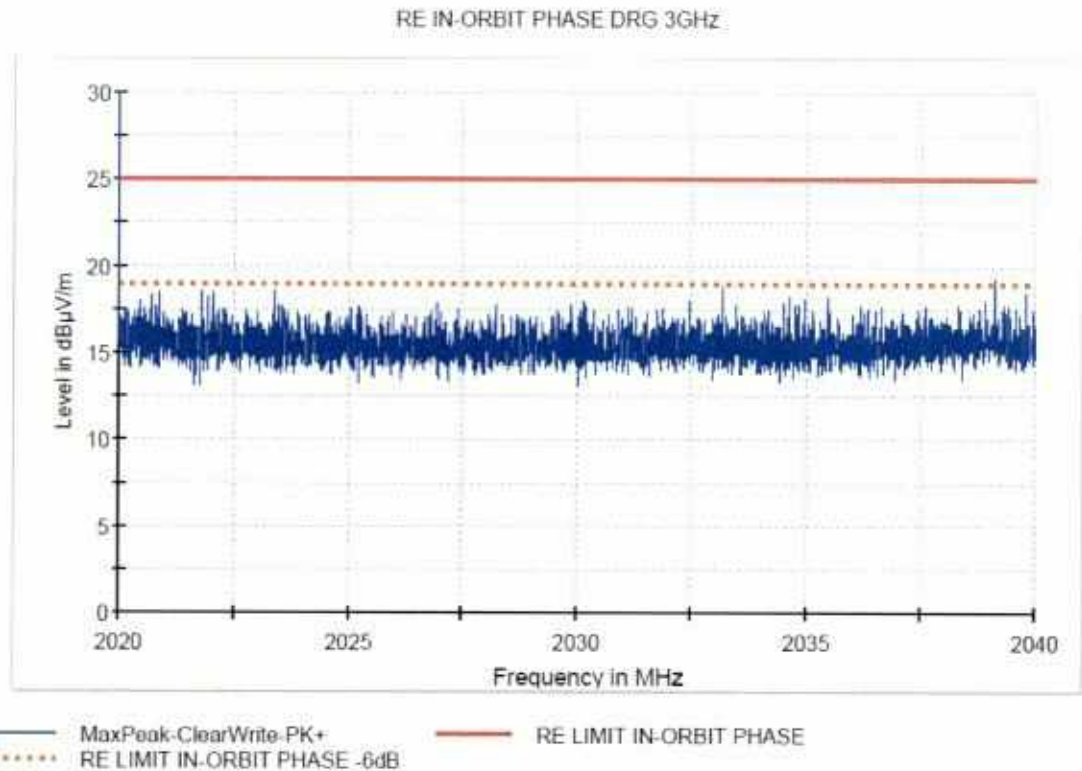


Gráfico 16 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 2,020-2,040 GHz:

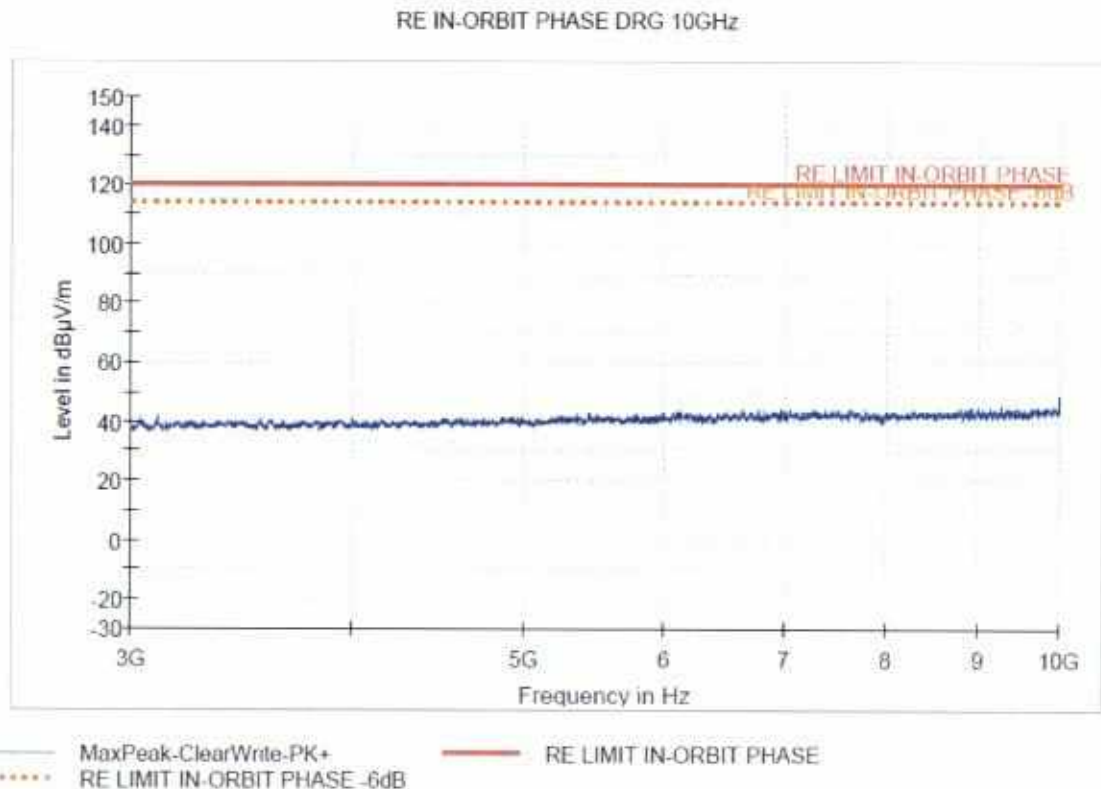


Gráfico 17 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena DRG, polarização vertical, faixa de frequência 3-10 GHz:

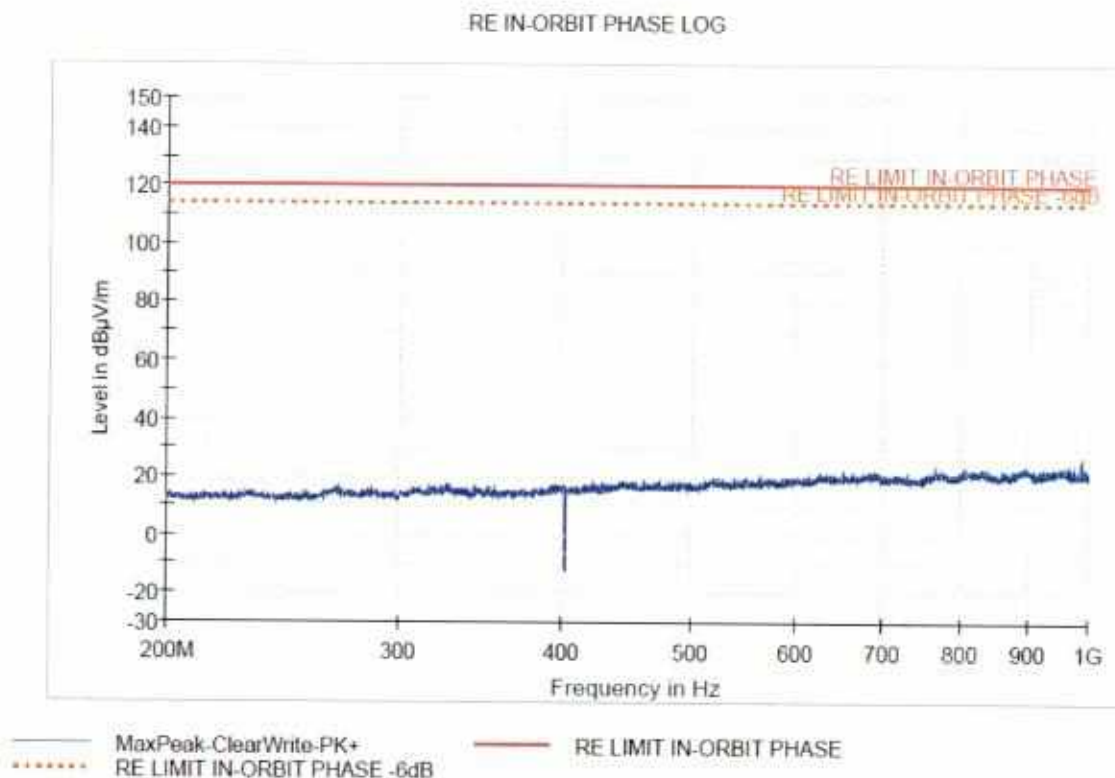


Gráfico 18 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena LOG, polarização horizontal, faixa de frequência 200-1000 MHz:

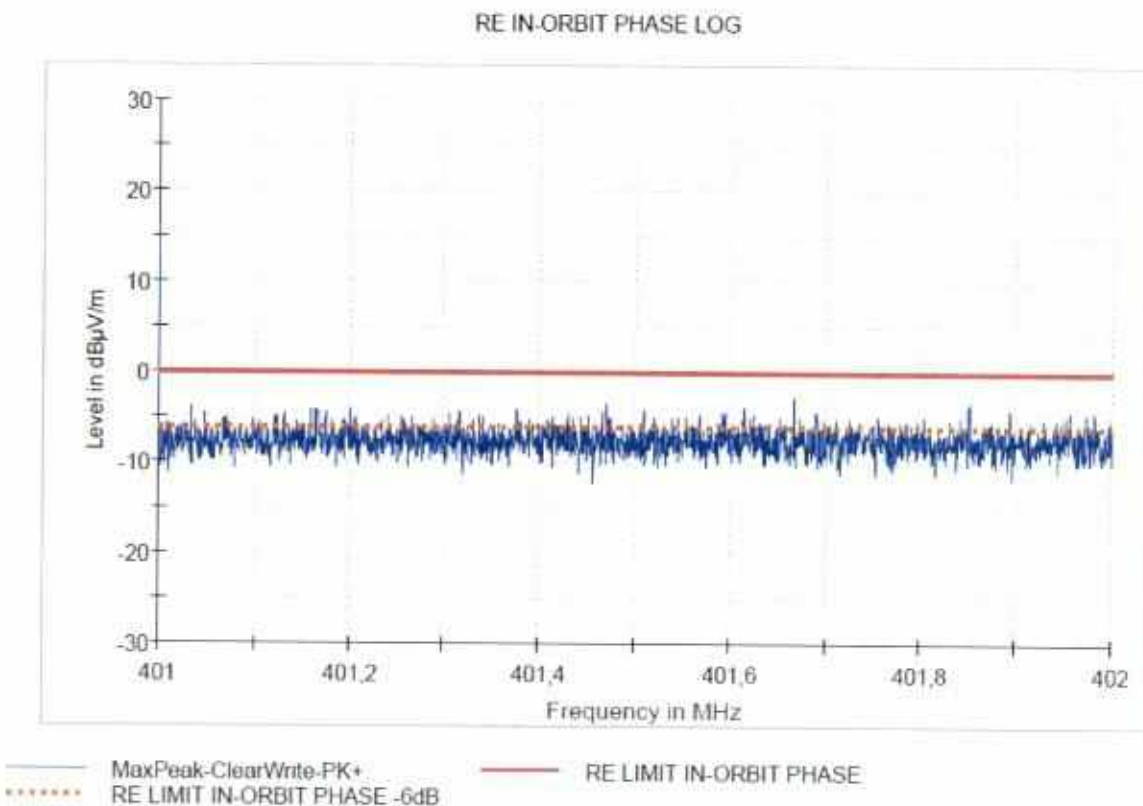


Gráfico 19 - Ruído de fundo, emissão radiada, modo em órbita, antena LOG, polarização horizontal, faixa de frequência 401-402 MHz:

4.2. Aplicar os testes de imunidade radiada em dispositivos simulados, de modo a verificar a consistência dos ensaios em todos o volume ocupado pelo satélite e suas diversas faces

Os ensaios Imunidade Radiada consistem em emissões de campos eletromagnéticos com variados níveis, de modo a verificar o comportamento do equipamento, ou parte do equipamento, quando exposto a radiação.

Dentro do período proposto a esta atividade, Setembro e Outubro de 2018, foi dado todo o suporte na realização de ensaios de Imunidade Radiada em diversos tipos de equipamentos, seguindo as normas:

- IEC 61000-4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.

Utilizada para: aparelhos eletrodomésticos eletroeletrônicos em geral, equipamentos eletromédicos, ETI, telecomunicações eletroeletrônicos, sistema de retificadores e unidade retificadora.

- ISO 11451-2: Road vehicles – Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy.

Utilizada para: veículos automotores leves e pesados.

- ISO 11452-2: Road vehicles – Component test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy.

Utilizada para: componente automotivos.

- GMW 3097: General Specification for Electrical/Electronic Components and Subsystems, Electromagnetic Compatibility.

Utilizada para: componente automotivos.

Durante a realização dos ensaios foi possível constatar e garantir que o sistema opera consistentemente de forma correta, o que atenderá ensaios que serão realizados nos satélites.

4.3. Participar da configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia

Entre os dias 21 e 24 de Novembro de 2018 a Câmara Anecóica Blindada 2 (CBA2), no Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética, nas instalações do Laboratório de Integração e Testes – LIT, situado no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), realizou testes no satélite CBERS-04A.

Sobre o CBERS-04A, previsão de lançamento primeiro semestre de 2019, é uma parceria entre Brasil e China, será um satélite de sensoriamento remoto de média resolução e fará parte do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais, que, baseado na utilização de satélites e plataformas de coleta de dados distribuídas pelo território nacional, objetiva fornecer ao país dados ambientais diários coletados nas diferentes regiões do território nacional. A divisão de responsabilidades entre os países é de 50% para cada país, assim como a divisão de responsabilidades no fornecimento dos subsistemas e equipamentos.

O ensaio de EMC é um teste de ambiente feito para verificar se o satélite é eletromagneticamente compatível com o veículo lançador durante a fase de lançamento e também se é compatível consigo mesmo durante a fase de órbita.

Os itens de teste foram:

- a) Medir a emissão radiada do satélite na configuração de lançamento para verificar a compatibilidade com o lançador;
- b) Medir a emissão radiada do satélite em fase órbita;
- c) Checagem da autocompatibilidade dos subsistemas e equipamentos operando juntos.

Durante o período de testes foi dado todo o suporte na configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética.

4.3.1. Teste de Emissão Radiada em Modo de Lançamento

O teste de RE (emissão radiada) em modo de lançamento verificou se a emissão radiada do satélite (hardware) satisfaz os requisitos EMC entre o veículo

lançador e o satélite. Os transmissores foram isentos do requisito de emissões irradiadas em suas frequências de transmissão.

4.3.2. Teste de Emissão Radiada em Modo de Órbita

Os seguintes subsistemas foram ligados durante o teste de emissão radiada em modo de órbita, os quais se incluem AOCS, EPSS, OBDH, TTCS and DCS. Os modos de operação em órbita são:

- a) Modo standby;
- b) Mode real-time imaging;
- c) Modo recording + playback.

4.3.3. Teste de Autocompatibilidade

O desempenho operacional de um equipamento ou subsistema não deve ser degradado, nem deve apresentar um mau funcionamento, quando todas as unidades ou dispositivos no equipamento ou subsistema estiverem operando juntos em níveis projetados de eficiência ou capacidade de projeto.

O desempenho de operação foi monitorado em todos os modos de operação do satélite.

4.3.4. Área de Teste Câmara Anecóica

Os testes de emissão radiada foram feitos em duas posições diferentes a um metro de distância do satélite. As figuras abaixo ilustram a configuração geral.

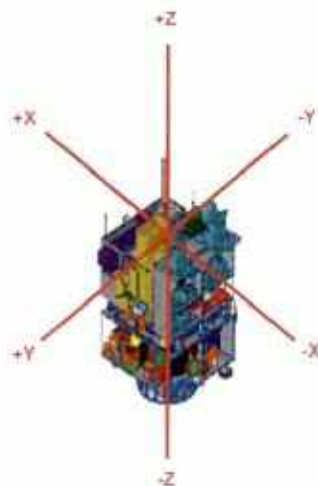


Figura 4 – CBERS 04A Posição dos Eixos

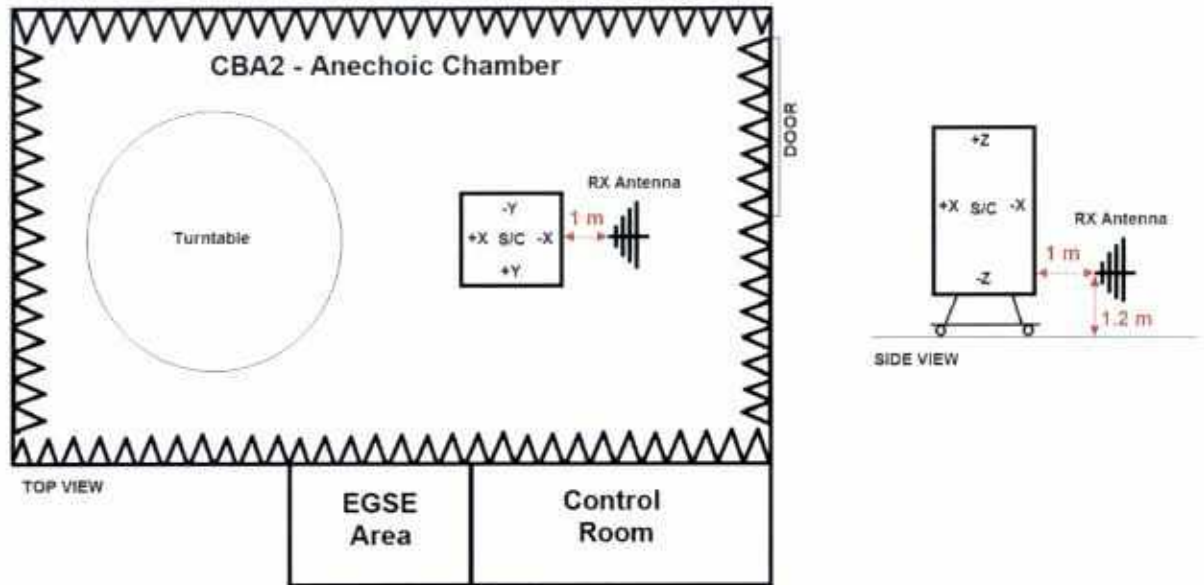


Figura 5 – Posição do Satélite e Antena para os Ensaios em Modo de Lançamento

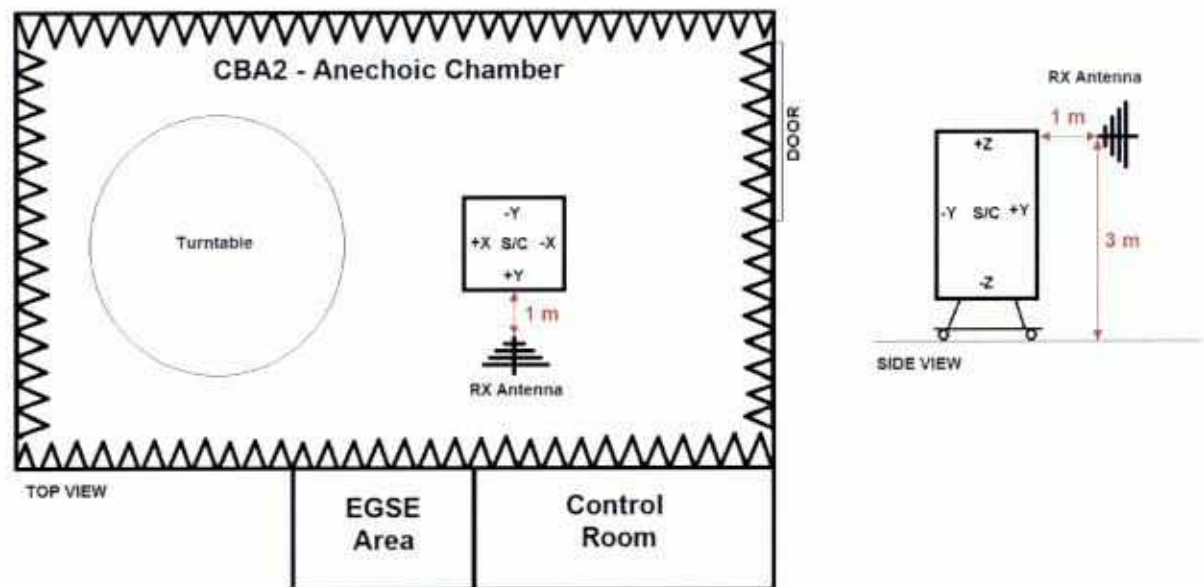


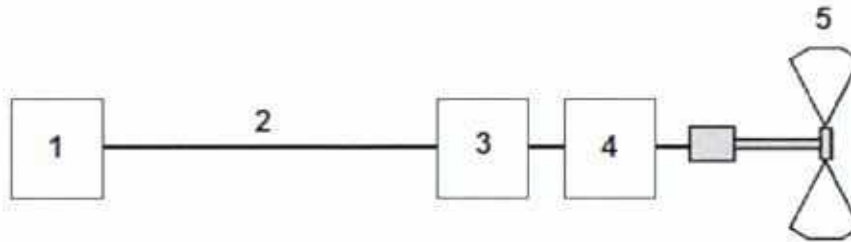
Figura 6 – Posição do Satélite e Antena para os Ensaios em Modo de Órbita

4.3.5. Procedimento de Teste Emissão Radiada em Modo de Lançamento e em Modo de Órbita

O objetivo dos ensaios foi medir os níveis de emissões radiadas em banda estreita de campo elétrico na faixa de frequência de 30 MHz a 10 GHz.

O setup de teste seguiu as seguintes configurações:

- a) Setup 1 - faixa de frequência 30 à 200 MHz:



1 – Test receiver ESIB40

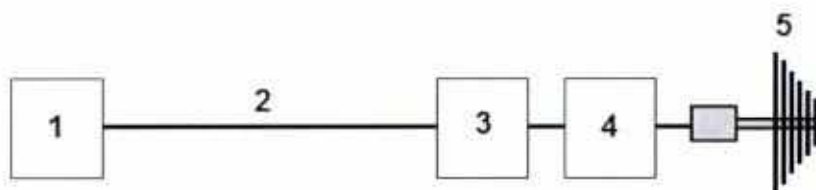
2 – Coaxial cable EMC 053, 12 meters

3 – Pre-Amplifier PAM 0118P

4 – LP Filter NLP-1200+

5 – Biconical Antenna 3104C

b) Setup 2 - faixa de frequência 200 à 1000 MHz:



1 – Test Receiver ESIB40

2 – Coaxial Cable EMC 053, 12 meters

3 – Pre-Amplifier PAM 0118P

4 - LP Filter NLP-1200+

5 – Log-periodic Antenna 3148B

c) Setup 3 - faixa de frequência 1 à 3 GHz:



1 – Test Receiver ESPI

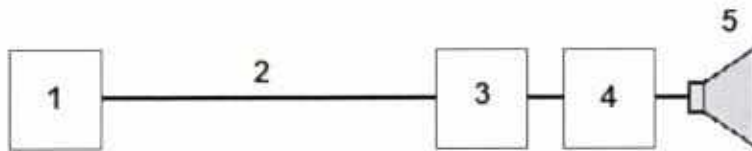
2 – Coaxial Cable EMC 053, 12 meters

3 – Pre-Amplifier PAM 0118P

4 - Notch Filter 3TNF-00051

5 – DRG Antenna 3117

d) Setup 4 - faixa de frequência 3 à 10 GHz:



1 – Test Receiver ESIB40

2 – Coaxial Cable EMC 053, 12 meters

3 – Pre-Amplifier PAM 0118P

4 - HP Filter VHF-3100+

5 – DRG Antenna 3117

5. Resultados Obtidos em Função do Plano de Trabalho Proposto

É possível observar que foi concluída com êxito a atividade "Participar da configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia", os testes no satélite CBERS-04A foram executados de acordo com o plano proposto.

Contata-se também que os trabalhos realizados nas etapas "Efetuar medidas de isolamento dos instrumentos de testes com o intuito de verificar e garantir que não haverá sobreposição de ruído às emissões radiadas pelo satélite e seus subsistemas" e "Participar da configuração, disposição dos equipamentos e realização dos ensaios de Interferência e Compatibilidade e Autocompatibilidade Eletromagnética dos satélites CBERS e Amazônia" foram bem sucedidos no que se propunham, contribuindo de forma eficaz nos ensaios realizados no satélite CBERS-04A.

6. Conclusões Gerais

Durante o período vigente da bolsa, as atividades previstas no cronograma do plano de trabalho foram realizadas no laboratório EMI/EMC do LIT. Pelo presente relatório, constata-se que o objetivo desse projeto foi cumprido. O bolsista



desenvolveu suas atividades de maneira satisfatória, incluindo as medidas para otimização dos ensaios de Imunidade realizados pelo grupo de EMI/EMC.

As atividades realizadas pelo bolsista têm contribuído para a garantia da validade dos resultados dos ensaios de compatibilidade eletromagnética e atendimento às demandas dos programas espaciais.

São José dos Campos-SP, 21 de janeiro de 2019

Felipe Augusto Pereira

Bolsista: [Felipe Augusto Pereira]

hahn

Supervisor(a): [Marco Antônio Strobino]

Ricardo Sutério

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