PCI/MCTIC/INPE
RELATÓRIO TÉCNICO DE ATIVIDADES

<v9>

[*Referente ao período: 01/12/2015 a 31/01/2018*]

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

Número do Processo Individual: [313288/2015-1]

Bolsista: [Luís Otávio Fernandes Manhani]

Supervisor: [Ricardo Sutério]

Área: [LIT - Laboratório de Integração e Testes]

Vigência original da bolsa: [01/12/2015 a 30/11/2018]

Modalidade da bolsa: [PCI-DE]

RELATÓRIO TÉCNICO

Título do Projeto Científico: **Elaboração de Procedimentos e Configurações de Alta Frequência Aplicada à Montagem e Integração de Produtos dos Programas Espaciais.**

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O Laboratório de Integração e Testes – LIT, responsável pela montagem, integração e testes dos satélites dos programas espaciais (CBERS, Amazônia, entre outros), possui diversas áreas de trabalho com o objetivo de suprir as necessidades vindas das atividades executadas com os satélites, são elas: Ensaios de Interferência Eletromagnética, Ensaios de Vácuo-Térmicos, Ensaios Dinâmicos, Qualificação e Confiabilidade de Componentes e Metrologia.

A Área de Metrologia do LIT possui em suas instalações três laboratórios acreditado junto à Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO (Cgcre) sob o número CAL 0022 desde 1991. Os laboratórios de metrologia tem como objetivo atender as demandas de calibração de equipamentos das áreas de integração e testes do LIT, do INPE e da sociedade como um todo.

A acreditação demonstra a total capacidade do laboratório em executar uma calibração atendendo todos os requisitos técnicos e garantindo a qualidade em seu sistema, ou seja, torna o LIT um laboratório de referência no país.

Além das calibrações de equipamentos os laboratórios de metrologia visam dar suporte às pesquisas desenvolvidas no INPE, auxiliar e desenvolver novos trabalhos e métodos para atender as demandas requeridas.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e de novas necessidades dentro dos trabalhos executados no INPE/LIT os laboratórios de metrologia precisam se adequarem e se atualizarem continuamente, por isso justificam-se bolsistas para desenvolver novos procedimentos, métodos e pesquisas para a capacitação do LIT.

2. RESUMO DO PROJETO

O plano de trabalho do bolsista consiste em elaboração de configurações de teste para realização de medidas de parâmetros de radio frequência, em instrumentação eletrônica aplicada à montagem, integração e testes de dispositivos espaciais (CBERS 4, Amazônia 1 e outros) além de atender as demandas internas do INPE e LIT, utilizando-se de ferramentas de automação das medidas para aumentar a confiabilidade dos resultados e diminuir o tempo gasto na execução das tarefas.

As atribuições do bolsista são descritas à seguir:

1) Suporte técnico na elaboração de métodos de calibração e desenvolvimento dos setups de calibração para a correta execução de medidas de RF e sensores de campo elétrico e elaboração de certificados de calibração;
2) Análise, revisão e atualização dos procedimentos de calibração de RF e sensores de campo elétrico;
3) Elaboração de procedimentos para análise e estudo das incertezas de medição, com aplicação das normas específicas (ISOGUM e EA-4/02), utilizando os recursos avançados de planilhas eletrônicas;
4) Criação e desenvolvimento de planilhas de melhor capacidade de medição necessárias à elaboração do processo de solicitação da extensão das faixas de serviços do Laboratório, considerando as contribuições para a incerteza de medição das faixas dos sensores de campo elétrico em RF;
5) Execução de medidas de RF e elaboração de certificados de calibração, preparação e desenvolvimento de configurações de teste de calibração, nas faixas de serviços incorporadas pelo Laboratório;
6) Estudo e análise do relatório de avaliação da extensão da acreditação em sensores de campo elétrico em RF, elaborado pelos auditores do INMETRO;
7) Elaboração e implementação de ações preventivas e corretivas após a avaliação do relatório de avaliação da extensão da acreditação.

Este plano de trabalho está em concordância com o objetivo estratégico nº 4, detalhado no Plano Diretor do INPE 2011-2015: “Capacitar o Laboratório de Integração e Testes para atender às atividades de montagem, integração, testes e qualificação requerida pelos satélites brasileiros”.

3. OBJETIVO

O objetivo desse relatório é apresentar as atividades técnicas executadas pelo bolsista no laboratório de metrologia elétrica do LIT no período de 01/12/2015 a 31/01/2018 e seus respectivos resultados obtidos. Visando cumprir o cronograma e proporcionar a melhor capacitação para o INPE.

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DA BOLSA

As atividades desenvolvidas são apresentadas à seguir:

4.1. SUPORTE NA ELABORAÇÃO DE MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO

1) **Campo Elétrico:** O bolsista desenvolveu o procedimento de calibração de sensores de campo elétrico, disponível no INPE/LIT, sob o número LIT29-LIT06-PC-081. Esse documento foi baseado nas seguintes normas técnicas internacionais e artigos:
   a) IEC 61000-4-20:2010 Ed. 2.0 - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-20: Testing and measurement techniques – Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides;
   b) IEEE STD 1309:2013 – IEEE Standard for Calibration of Electromagnetic Field Sensors and Probes (Excluding Antennas) from 9 kHz to 40 GHz;
   c) IEC 61000-4-3:2010 Ed. 3.2 - Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test;
   d) Precise Calibration of Electric Field Sensors for Radiated-Susceptibility Testing – Garn, Buchmayr, Müllner – Frequenz 53 (1999).
   e) Calibração de Sensores de Campo Eletromagnético, usando a GTEM: A Importância do Material Escolhido para a Construção do Suporte para Fixação dos Sensores. OLIVEIRA, Rubiane Heloisa; SUTERIO, Ricardo (2014).

O procedimento de calibração de sensores de campo elétrico foi desenvolvido com dois métodos distintos que se completam de acordo com a faixa de operação do dispositivo sob calibração. Sendo as faixas:

Tabela 1 *– Faixas de trabalho.*

Método	Câmara	Faixa de Frequência	Faixa de Campo Elétrico
Célula TEM	Mini TEM	9 kHz a 400 MHz	0 V/m a 800 V/m
	Micro TEM	9 kHz a 1 GHz	0 V/m a 800 V/m
Célula GTEM	GTEM	10 kHz a 6 GHz	0 V/m a 10 V/m

1. Método com células TEM ("*Transverse Eletromagnetic*"): Os sensores são inseridos dentro da câmara em marcações pré-definidas com posicionadores específicos, sendo esse o local de maior homogeneidade do campo elétrico. O campo elétrico (V/m) gerado dentro da câmara é calculado em função da potência aplicada (W) por um gerador externo e medido por um sensor de potência. Neste método podem ser calibrados, de forma totalmente automatizada, a amplitude dos sensores até 800 V/m (utilizado principalmente para a Linearidade) e a resposta em frequência na faixa de 9 kHz a 400 MHz na célula mini TEM e na faixa de 9 kHz a 1 GHz com a célula micro TEM. É possível, através do *software* de controle do sistema, executar os chaveamentos entre os componentes para criar o caminho correto para o sinal proveniente do gerador de RF. Este método é chamado de método B, campo de referência ou campo calculado, descrito na norma IEEE 1309:2013. O set-up desenvolvido para esse método é:

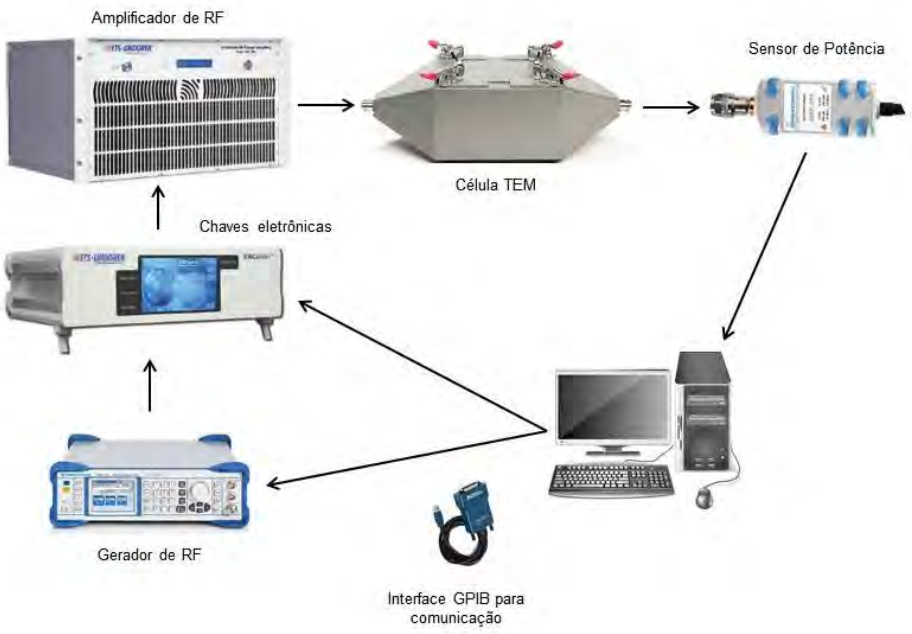

***Figura 1** – Setup de calibração para células TEM*

Para o posicionamento do sensor dentro da célula TEM, tem-se como exemplo:

***Figura 2** – Posicionamento do sensor no interior da Célula TEM*

2. Método com célula GTEM ("*Gigahertz Transverse Eletromagnetic*"): Os sensores são inseridos no interior da célula, fazendo uso de marcações previamente estudadas e de posicionadores confeccionados de material que não irá influenciar no campo elétrico gerado. O campo elétrico (V/m) gerado no interior da câmara é originado por um gerador de RF externo e monitorado a partir de um sensor de campo elétrico de referência (calibrado externamente). O valor de campo elétrico lido pelo sensor de referência será adotado como o valor de referência para o sensor sob calibração, ou seja, será uma calibração realizada por comparação ou substituição. Nesse método é feito somente a resposta em frequência, de 10 kHz a 6 GHz, do sensor de campo elétrico sob calibração. Pela norma IEEE 1309:2013, esse é o método A por padrão de transferência. O set-up para a célula GTEM é demonstrado a seguir:

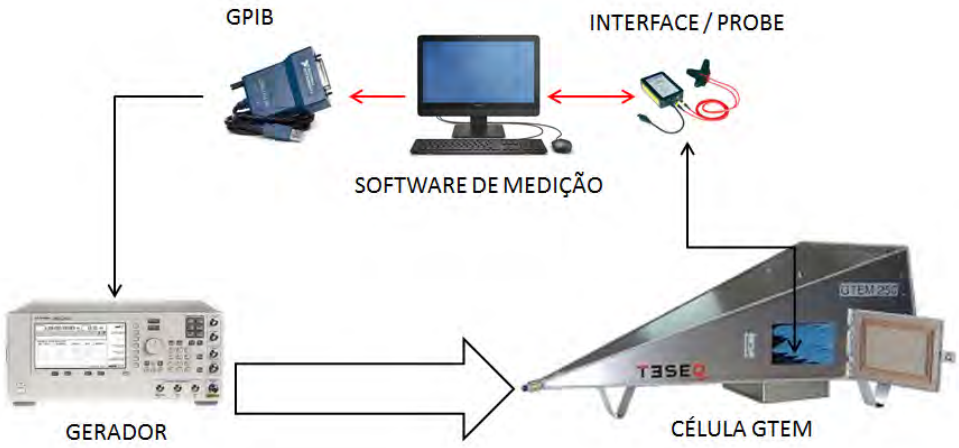

Figura 3 *– Setup de calibração utilizando célula GTEM.*

Para o posicionamento do sensor dentro da célula GTEM, utilizando polipropileno:

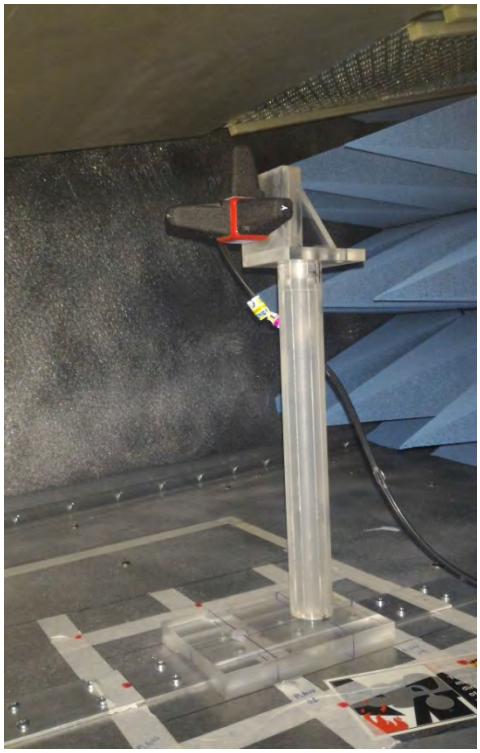

Figura 4 – *Posicionamento de sensor de campo elétrico em uma célula GTEM.*

Nota-se que o método de calibração utilizando as células TEM não cobre toda a faixa de frequência possível, sendo necessário o uso da GTEM para a calibração da resposta em frequência completa até 6 GHz. Entretanto, por limitações de potência do gerador de RF, não é possível realizar o teste de Linearidade célula GTEM que é realizado na frequência de ressonância do sensor de campo elétrico sob calibração, definido por manual, pode ser 27,12 MHz ou 1 GHz. Portanto, os métodos se complementam, dependendo da faixa de campo elétrico e frequência necessária.

Com base no artigo de "*OLIVEIRA, Rubiane Heloisa; SUTERIO, Ricardo.* ***Calibração de Sensores de Campo Eletromagnético, usando a GTEM: A Importância do Material Escolhido para a Construção do Suporte para Fixação dos Sensores****. In: MOMAG 2014 - 16º SBMO - Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 11º CBMag - Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo, 2014, Curitiba - PR. Anais do MOMAG 2014, 2014.*" foi escolhido o suporte com o material de polipropileno para posicionar o sensor de campo no interior da célula GTEM, para que não haja interferência no campo padrão gerado.

Para comprovação da eficácia do método empregado, materiais utilizados, cuidados necessários durante o processo de calibração e do posicionamento do sensor (tais definições descritas no procedimento de calibração) foram realizadas comparações intralaboratoriais entre diferentes operadores no laboratório e interlaboratorial em comparação com a calibração dos sensores de campo realizada pelo fabricante do equipamento para validação do método.

Após a emissão dos relatórios das comparações disponíveis no INPE/LIT, sob o número LIT06-LIT06-RQ-10009 para comparação interlaboratorial e LIT06-LIT06-RQ-10011 para comparação intralaboratorial, contatou-se que o método elaborado é válido.

Entretanto, a comparação entre os valores medidos para a validação, nas faixas coincidentes de medição, de ambos os métodos (TEM e GTEM) está planejado para ser executado nos próximos meses.

2) **LISN:** LISN ou (Line Impedance Stabilization Network), também conhecida como AMN (Artificial Mains Network), devem ser calibradas para atender as necessidades de EMI/EMC no Laboratório de Integração e testes. A LISN tem as seguintes funções:

- Alimentar o DUT com tensão AC ou DC adequada.
- Eliminar/filtrar ruídos de RF presentes na linha.
- Terminar a linha de alimentação do DUT com uma impedância definida e conhecida.
- Conduzir os sinais para o EMI Receiver.

Deve-se calibrar a Impedância e a Perda por Inserção da LISN e levantar sua curva característica. A rede deve ter sua curva semelhante ao exemplo abaixo:

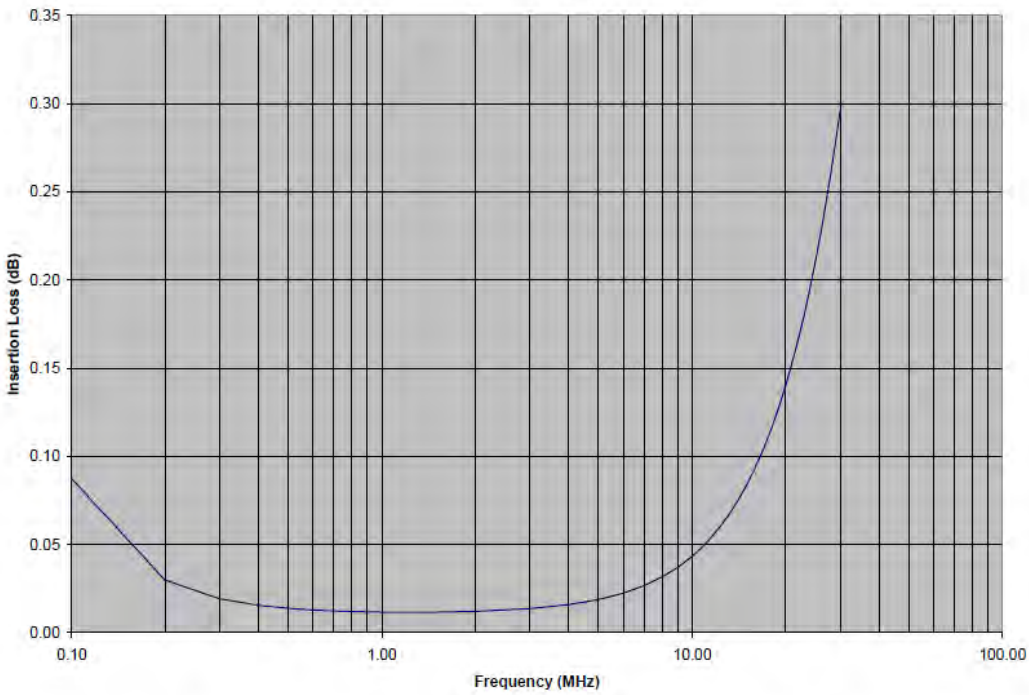

Figure 3.8: Combined Insertion Loss for worst-case EUT plug (CEE 7/7)

***Figura 5** – Curva característica LISN*

O bolsista deu inicio as pesquisas em artigos e trabalhos acadêmicos em busca de referencias para o processo.

As referências obtidas para esse processo são:

- IEEE ANSI C63.4 - Methods of Measurement of Radio-Noise Emission from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz.
- A Full System Characterization of the Measurement Uncertainty of a Conducted Emissions Measurement System - MENKE, Robert A. University of Kentucky, 2005.
- Characterization and Correction of Calibration Jigs for LISN Impedance Measurements – KRIZ, Alexander. Seibersdorf Laboratories, Austria.
- A Method to Calculate Uncertainty of LISN Conducted Measurements – HEISE, Edward e HEISE Robert. Eastman Kodak Company.

Não houve tempo hábil para desenvolver procedimento, mas todas as informações estão acessíveis para ser dada continuidade ao desenvolvimento. Para esse processo foi necessário dar início ao novo procedimento que será descrito no tópico a seguir.

4.2. ANÁLISE, REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

Durante a vigência do projeto, além do procedimento de calibração de sensores de campo elétrico, o bolsista realizou diversas atualizações em procedimentos de calibração de alta frequência. Seguindo as necessidades apresentadas para atender as faixas de frequência e potência. Sendo os documentos:

1. **LIT29-LIT06-PC-050 – Calibração de Sensores de Potência:** extensão da faixa de frequência para 50 GHz e inclusão de novo método de calibração por substituição.
   O laboratório tem disponível sensores de potência com faixa de operação até 50 GHz e para atender as novas necessidades do LIT foi necessário incluir esses sensores nos procedimento, fazendo as adaptações necessárias para as calibrações serem executadas com maior qualidade. Para esse trabalho o bolsista realizou testes com os geradores e medidores do laboratório para o desenvolvimento do método de substituição.

2. **LIT29-LIT06-PC-048 – Calibração da Medição de Nível de RF:** extensão da faixa de frequência para 9 kHz a 50 GHz e potência de -120 dBm a +20 dBm. Inclusão do novo método de medidas automatizadas. Revisão das contribuições de incertezas.
   Acompanhando a necessidade derivada do documento anterior (LIT29-LIT06-PC-050), para a calibração de medidores de nível de RF é necessário um sensor de potência como referência. Quando se tem a faixa de medição de potência dos até 50 GHz, consequentemente, o laboratório tem capacidade de calibrar medidores até 50 GHz. O bolsista revisou as contribuições de incerteza para adequar a nova faixa de frequência dentro dos cálculos realizados e desenvolveu em conjunto com a equipe um método automatizado de calibração.

3. **LIT29-LIT06-PC-073 – Calibração de Gerador de Transiente Rápido e Trem de Pulso:** atualizações necessárias para atender a calibração dos sistemas de telecomunicações e automotivos.

Novos ofícios foram incluídos no LIT nos últimos anos. Para isso, houve necessidade de adequar o laboratório à calibração de diversos equipamentos em outras grandezas que não estavam presentes no escopo do laboratório. Para isso o bolsista realizou testes para avaliar qual seria a melhor configuração de teste para executar a calibração e transcreveu isso para o procedimento de calibração.

4. **LIT29-LIT06-PC-077 – Gerador de Descarga Eletrostática:** atualizações necessárias para atender a calibração dos sistemas de telecomunicações e automotivos.
   O bolsista desenvolveu para esse procedimento, planilhas de cálculo para a correta medição dos valores a serem obtidos nessa calibração e participou no desenvolvimento do set-up de calibração de acordo com a norma aplicável.

5. **LIT29-LIT06-PC-079 – Calibração de Geradores de Transiente/Surto:** atualizações necessárias para atender a calibração dos sistemas de telecomunicações e automotivos.
   Esse procedimento também foi consequência da inclusão dos novos ofícios no LIT, anteriormente citado. Nessa atividade o bolsista realizou comparações entre equipamentos utilizados na calibração para avaliar qual seria o melhor equipamento e melhor método para ser empregado.

6. **LIT29-LIT06-PC-083 – Calibração de Medidores de Atenuação e/ou Reflexão**: procedimento já escrito e publicado, o processo ainda está sob testes para que possa ser avaliado em próximas auditorias. Esse procedimento irá atender as calibrações de Analisadores de Rede Escalares e Vetoriais e outros equipamentos de parâmetros S. Além de possibilitar a medição de redes em baixa frequência para calibrações de LISN, conforme anteriormente citado.

4.3. ESTUDO DAS INCERTEZAS DE MEDIÇÃO

Para atender as calibrações requisitadas no LIT para as configurações de teste em alta frequência, com incertezas melhores e maior confiabilidade metrológica, houve a necessidade de alterar os cálculos de incerteza, métodos e procedimentos de calibração

para o osciloscópio. O osciloscópio é muito importante para a realização de medidas executadas em função do tempo.

Sua aplicação da área de alta frequência, RF e telecomunicações é de suma importância. Para atender, em sua plenitude, os requisitos das normas técnicas pertinentes aos ensaios de Descarga Eletrostática (IEC 61000-4-2), Burst e EFTB (IEC 61000-4-4), Surto (IEC 61000-4-5) e Variação de Tensão e DIP (IEC 61000-4-11) e de normas automotivas.

Foi desenvolvido um novo método, procedimento (LIT29-LIT06-PC-011) e cálculo de incertezas para atender a ampliação da faixa de medição de tempo para 400 ps a 3600 s e a calibração da Resposta em Frequência do osciloscópio.

Para a necessidade do laboratório, a resposta em frequência foi feita até 2,5 GHz. Dessa forma, validando as medidas, garante-se que o osciloscópio consegue fazer medidas de tempo até 400 ps.

Foi utilizado como referência para a revisão do método de calibração de osciloscópios o guia "*EURAMET.* ***Calibration of Measuring Devices for Electrical Quantities Calibration of Oscilloscopes****. EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) cg-7, Version 1.0 (06/2011). Calibration Guide. Bundesallee 100, D-38116 Braunschweig, Germany. 2011.".*

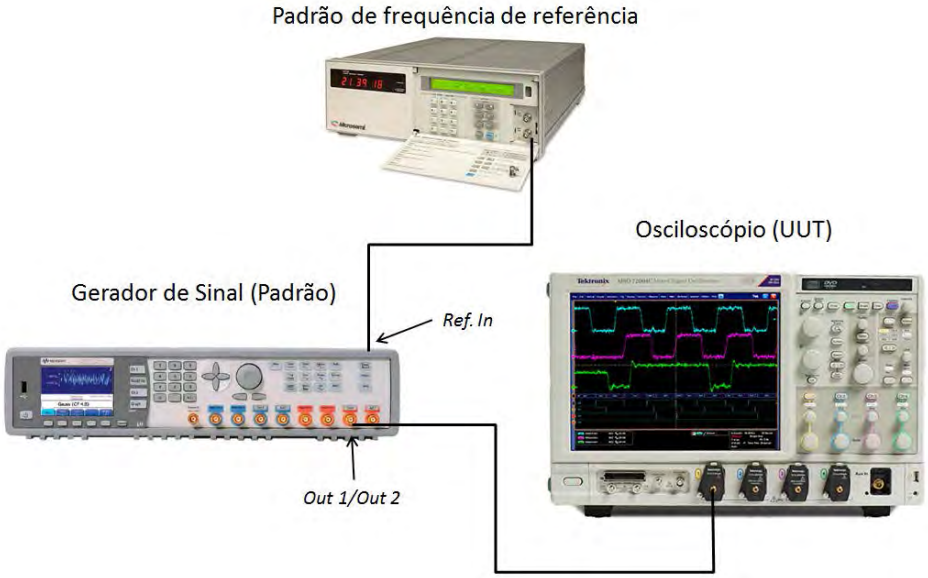

Figura 6 – *Calibração de tempo em osciloscópios.*

4.4. MELHOR CAPACIDADE DE MEDIÇÃO

Para o processo de acreditação do laboratório em qualquer grandeza a ser calibrada, planilhas de cálculo com a melhor capacidade de medição foram confeccionadas. As planilhas de melhor capacidade de medição (CMC) são planilhas que englobam todas as contribuições de incerteza em um processo de calibração.

As planilhas desenvolvidas são apresentadas na tabela à seguir:

***Tabela 2** – Planilhas de cálculo atualizadas ou criadas pelo bolsista.*

PLANILHA	NÚMERO
Cálculo de incerteza de medição de intervalo de tempo de osciloscópio	LIT29-LIT06-PE-002
Cálculo de incerteza para a medição de reflexão	LIT29-LIT06-PE-067
Cálculo de incerteza da calibração de nível de potência (medidor e gerador)	LIT29-LIT06-PE-112
Cálculo de incerteza para medidores de campo elétrico (Célula TEM)	LIT29-LIT06-PE-122
Cálculo de incerteza de medição de campo elétrico pelo método de substituição (Célula GTEM)	LIT29-LIT06-PE-125

Para a calibração de medidores de campo elétrico foram feitas duas planilhas de CMC. Uma para o método com as células TEM (LIT29-LIT06-PE-122) e outra para o método com a célula GTEM (LIT29-LIT06-PE-125). Duas planilhas distintas, visto que os processos têm diferentes contribuições de incerteza.

4.5. CALIBRAÇÕES E CONFIGURAÇÕES EXECUTADAS

No INMETRO, os laboratórios de calibração realizam “serviços”. São chamados de serviço os processos englobados na calibração de uma determinada grandeza. A lista de serviços em que um laboratório de calibração pode executar está descrito no documento NIT-DICLA-012.

Durante o período da bolsa, o bolsista fez diversas calibrações de equipamentos do LIT visando melhoria de métodos, aumento do escopo do laboratório de metrologia, capacitação para a realização das medidas e melhorias de set-up. Segue alguns exemplos de procedimentos utilizados nas calibrações realizadas:

- Geradores de RF (Serviço nº 2505 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-058);

- Sensores de Potência (Serviço Nº 2506 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-050);
- Medidor de frequência (Serviço Nº 2424 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-011);
- Osciloscópios (Serviço Nº 2427 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-002);
- Analisadores de Espectro (Serviço Nº 2506 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-048);
- Geradores de ESD (Serviço Nº 2536 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-077);
- Geradores de Surto (Serviço Nº 2538 – Procedimento LI29-LIT06-PC-079);
- Geradores de EFTB (Serviço Nº 2537 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-073);
- Atenuadores (Serviço Nº 2507 – Procedimento LIT29-LIT06-PC-059);
- Entre outros.

Foi elaborado certificados de calibração para cada calibração executada, de acordo com o sistema da qualidade. Além de preparar, desenvolver e melhorar as configurações de teste. Por exemplo: medição de amplitude, tempo de subida e tempo de duração dos pulsos rápidos na calibração de geradores de transiente:

a) Configuração de teste para calibração de *Voltage Switching Time* em um sistema de alta potência. Calibração necessária para conhecer o tempo de subida do pulso e definir se está de acordo com a norma aplicável (ISO 7637-2).

Figura 7 – *Calibração de tempo de subida do pulso com carga de alta potência*

b) Configuração de teste para calibração de amplitude de um gerador de surto em um sistema de alta potência. Necessário para conhecer o valor de tensão de saída e verificar se está de acordo com a norma aplicável (ISO 7637-2).

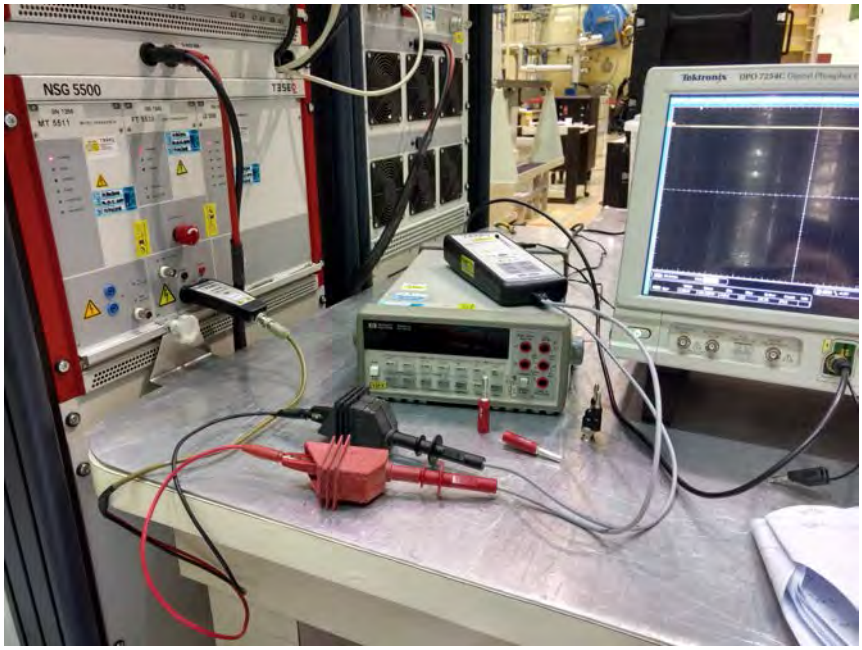

Figura 8 – *Calibração da amplitude de tensão do pulso de um gerador de transientes (surto)*

4.6. ACREDITAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS E SERVIÇOS DESENVOLVIDOS

A calibração de medidores de campo elétrico não existe na América latina. Todos que necessitam dessa calibração enviam seus medidores para os Estados Unidos para calibração. Por consequência, o processo de calibração de medidores de campo elétrico ainda não é existente na lista de serviços acreditados do INMETRO (NIT-DICLA-012) e, por esse motivo, a calibração de medidores de campo elétrico ainda não passou por avaliação.

Primeiramente o INMETRO irá avaliar a documentação já enviada (procedimento, planilhas, CMC e comparações interlaboratoriais e intralaboratoriais), e, então criar o serviço na lista da NIT-DICLA-012 e designar um auditor para avaliar o processo. No presente momento, o CGCRE/INMETRO está em processo de designar um auditor para avaliar o procedimento de calibração de medidores de campo elétrico.

Portanto, nessa etapa, o bolsista participou da manutenção (manter o que já é executado atualmente) da acreditação, extensão e atualização de serviços dos outros serviços de RF executados no laboratório. Na tabela abaixo segue os procedimentos nos quais o bolsista participou:

Tabela 3 *– Lista de atividades avaliadas com participação do bolsista.*

Calibração	Código (NIT-DICLA-012)	Procedimento de Calibração
Medição de intervalo de tempo	Nº 2427	LIT29-LIT06-PC-011
Geração de nível de potência	Nº 2505	LIT29-LIT06-PC-058
Medição de nível de potência	Nº 2506	LIT29-LIT06-PC-048
Medição de Atenuadores	Nº 2507	LIT29-LIT06-PC-059
Medição de Coeficiente de Reflexão	Nº 2509	LIT29-LIT06-PC-074
Medição de Impedância	Nº 2510	LIT29-LIT06-PC-074
Medição de Perda de Retorno	Nº 2512	LIT29-LIT06-PC-074
Gerador de Descarga Eletrostática	Nº 2536	LIT29-LIT06-PC-077
Gerador de Transiente Elétrico Rápido e Trem de Pulso	Nº 2537	LIT29-LIT06-PC-073
Gerador de Surto	Nº 2538	LIT29-LIT06-PC-074
Divisor Resistivo para Calibração de Gerador de Descarga Eletrostática	Nº 2539	LIT29-LIT06-PC-072

O bolsista também contribuiu na elaboração de registros da qualidade evidenciando a melhor capacidade de medição e calibração (CMC) do laboratório nos serviços que solicitaram atualização e extensão na auditoria de avaliação do INMETRO evidenciados na tabela abaixo.

Tabela 4 *– Registros da qualidade.*

DOCUMENTO	NÚMERO
Capacidade de medição e calibração do laboratório de metrologia elétrica na calibração de intervalo de tempo na faixa picossegundos (código 2427)	LIT29-LIT06-RG-027
Capacidade de medição e calibração no laboratório de metrologia elétrica na calibração de medidores de campo elétrico	LIT29-LIT06-RG-037
Capacidade de medição e calibração do laboratório de metrologia elétrica na calibração de gerador de nível de potência de RF (código 2505)	LIT29-LIT06-RG-029
Capacidade de medição e calibração do laboratório de metrologia elétrica na calibração de medidor de nível de potência de RF (código 2506)	LIT29-LIT06-RG-030

4.7. AÇÕES CORRETIVAS APLICADAS PÓS-AVALIAÇÃO

Esta etapa ainda não houve necessidade de ser realizada por duas razões:

1) Não houve uma auditoria do INMETRO para avaliação do processo e realização de possíveis correções nos métodos e procedimento de calibração dos medidores de campo elétrico.
2) O cronograma ainda não atingiu essa etapa.

Entretanto, o laboratório passa, anualmente, por auditorias internas para atender os requisitos da ISO 17025:2005, por isso o bolsista participou da auditoria nos procedimentos já descritos no tópico 4.6 e nas soluções das Não-Conformidades provenientes da avaliação interna.

Conquanto, o bolsista também participou da resolução da NC 01 do RAV 0755/17 – Divisor da componente da resolução dos instrumentos calibrados e padrões. A correção, além de aplicada aos atuais procedimentos de calibração e planilhas de cálculo do laboratório, também já foi aplicada à planilha de cálculo de incertezas da calibração de medidores de campo elétrico (LIT29-LIT06-PE-125).

5. RESULTADOS OBTIDOS

O principal resultado obtido foi o conhecimento agregado durante todo o processo de desenvolvimento, testes e confecção de documentação no processo. O laboratório de metrologia elétrica (MTE) agora tem o conhecimento e capacidade necessária para atender as necessidades de calibração de medidores de campo elétrico e outras grandezas.

Alguns tópicos a seguir mostram o desempenho ao decorrer do tempo em que o bolsista esteve trabalhando de acordo com o plano de trabalho e os resultados esperados:

a) **Ampliar a capacidade do laboratório para atender a necessidade da realização de calibração de sensores de campo elétrico em RF, principalmente aqueles utilizados pelo INPE para a montagem, integração e testes de dispositivos espaciais, suprindo demanda existente em medidas em alta frequência e alta potência.**

   Evidência do sucesso dessa etapa está nos itens 4.1.

b) **Possibilitar a preparação da documentação técnica para a acreditação junto ao INMETRO da área de medidas de RF do Laboratório, para atender exigência dos programas institucionais do INPE. Disponibilização de novos serviços acreditados ao meio produtivo, possibilitando aumento da confiabilidade do produto espacial.**

   Evidência do sucesso dessa etapa está nos itens 4.1, 4.2, 4.4 e 4.6.

c) **Realizar as constantes atualizações e manutenções de procedimentos técnicos e planilhas eletrônicas, para sempre manter o Laboratório qualificado em alto nível nas execuções de seus serviços.**

   Evidência do sucesso dessa etapa está nos itens: 4.2, 4.4 e 4.5.

d) **Disponibilização de novos serviços acreditados ao meio produtivo, possibilitando aumento da confiabilidade do produto espacial.**

O processo de acreditação para calibração de Medidores de Campo Elétrico ainda está em andamento. O laboratório necessita da acreditação para executar a calibração com a melhor qualidade possível e com as correções realizadas.

6. CONCLUSÕES GERAIS

No período da bolsa, definido por esse relatório, o bolsista implementou novos conhecimentos para a área de metrologia do LIT. Não obstante, o sucesso de todas as etapas do projeto pré-determinado para execução até a presente data, de acordo com o cronograma inicial, pode-se dizer que o projeto foi realizado conforme o previsto e está encaminhado para sua completa conclusão.

Foi de demasiada importância o trabalho realizado para a manutenção da acreditação do laboratório, extensão de escopo para calibrações já realizadas e atualização dos processos de alta frequência já realizados no laboratório.

Este projeto agrega novos conhecimentos à equipe de trabalho como um todo, levantando discussões, debates e estudos pertinentes. Além de promover capacitação a todo o corpo técnico do laboratório de metrologia elétrica para a calibração de medidores de campo elétrico e calibrações nas grandezas de RF.

Por outro lado, novas bolsas devem ser implementadas para continuação de novas etapas para o projeto, como ampliação de faixas de calibração, desenvolvimento de novos ambientes de calibração etc.

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

Bolsista: [Luís Otávio Fernandes Manhani]

Supervisor(a): [Ricardo Sutério]

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