

INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA – CENTRO DE PESQUISA (IMT-CP)

**RESERVA TÉCNICA DE INFRAESTRUTURA INSTITUCIONAL DE
PESQUISA(RTI)**

FAPESP 2017/11024-9

RELATÓRIO CIENTÍFICO

Outorgado: Fernando de Almeida Martins

“Projeto: Laboratórios Integrados de Sistemas e Dispositivos Eletrônicos”

Resumo

Este relatório científico tem como objetivo a caracterização científica da aplicação dos recursos correspondente à parcela do CP-IMT do projeto Telescópio GMT. Propôs ampliar as instalações dos Laboratórios Integrados do CP-IMT (Divisão de Eletrônica e Telecomunicações (DET-CP) e Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados (NSEE-CEUN) de uso geral do Instituto Mauá de Tecnologia, além de atender as demandas de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e sistemas eletrônicos aplicados às diversas atuações da Instituição, como por exemplo, na aeroespacial (Pesquisa em protocolo *Spacewire* e desenvolvimentos de nano satélites *Cubesat*).

São Caetano do Sul, 27 de julho de 2018.

1. Introdução

A Reserva Técnica para uso em Infraestrutura Institucional para Pesquisa, exercício 2017, proveniente dos projetos relacionados ao Telescópio GMT, calculado com base nos valores das propostas aprovadas em 2016 para Pesquisadores da Instituição no valor de R\$ 480.000,00, foi usada principalmente para a aquisição de equipamentos de uso em laboratório de pesquisa no desenvolvimento eletrônico, onde sua aplicação é abrangente, tanto na área de desenvolvimento e pesquisas em eletrônica embarcada, quanto para o estudo de compatibilidade eletromagnética em dispositivos e sistemas eletrônicos, permitindo assim que a Instituição, como um todo, tenha a partir de então um avanço na qualidade de suas pesquisas e experimentos no âmbito das emissões eletromagnéticas, tão importante para a engenharia eletro-eletrônica.

O Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética EMC foi criado com essa RTI (2017), e pode ser visitado no Campus São Caetano, Bloco R, sala R401, do Instituto Mauá de Tecnologia, capacitando o Instituto para estudos de compatibilidade eletromagnética que são necessários para pesquisas e desenvolvimentos de sistemas eletrônicos embarcados, tanto na Divisão de Eletrônica e Telecomunicações do Centro de Pesquisa que coordena o Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética (EMC), quanto para o Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados (NSEE) que realiza pesquisa em sistemas eletrônicos espaciais, com parcerias internacionais (Projeto Plato, Corot, CITAR, entre outros) e também atua no desenvolvimento de algoritmos e softwares embarcados. O NSEE iniciou a atuação em pesquisas e projetos na área aeroespacial há 14 anos e atualmente apoia os cursos de Engenharia Elétrica, de Engenharia de Computação e de Engenharia de Controle e Automação na construção do *Cubesat* IMT, satélite em miniatura em formato de cubo.

Tabela 1. Distribuição dos recursos aplicados com a RTI 2017

Divisão de Eletrônica e Telecomunicações Lab. de Compatibilidade Eletromagnética
CAMARA DE DIAGNOSTICOS DE COMPABILIDADE ELETROMAGNETICA (EMC) MODELO GTEM500(158.99cm x 299.37cm x 167.92cm) (250 kg)
ESL3-RECEPTOR DE TESTE DE EMI,9KHZ A 3GHZ, P/N1300.50 C/ CONFIG: DCV-1, ENV216, ESH3-Z6,HZ-15,EMC32-EB, EMC32-K10
CABO COAXIAL RTK 162 MONTADO C/ CONECTORES N M RETOPEM AMBAS EXTREMIDADES-3 METROS COMPRIMENTO
CABO COAXIAL RTK 162 MONTADO C/ CONECTORES N M RETO EM AMBAS EXTREMIDADES-1 METRO COMPR
SMB100A-GERADOR DE SINAIS, UNIDADE BASE, P/N 1406.600.0.02, C/CONFIG: SMB-B101, SMB-B102, SMB-B103, SMB-B106,SMB-B112, SMB-B112L, SMB-B120, SMB-B120L, SMB-B140,SMB140L, SMB-B106
Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados

Serviço de Engenharia para a criação de equipamentos eletrônicos de comunicação com elaboração e desenvolvimento do protocolo SpiceWire aplicado no equipamento Simucam.
Manufatura de equipamento eletrônico Painei MEB Simucam.
Manufatura de equipamento eletrônico Driver LVDS Simucam.
Manufatura de equipamento eletrônico Placa ISO Simucam

2. Justificativas

2.1. Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética

O estudo da Compatibilidade Eletromagnética requisita uma série de testes conforme padrões internacionais de EMC. Testes em compatibilidade eletromagnética são divididos em testes de emissões de radiação, emissões conduzidas e testes de imunidade. Com a implantação do Laboratório de EMC, onde seu uso se aplica nas fases de concepção e desenvolvimento do sistema eletrônico, espera-se construir dispositivos com um menor risco de falhas devido a susceptibilidade eletromagnética ou ainda que seja um causador dessas interferências em outros dispositivos e sistemas eletrônicos, visto que possuímos equipamentos para tais medições e consequente entendimento do problema e suas correções.

Com esse laboratório de testes EMC, o Instituto inicia sua capacitação no estudo de EMC e incorpora melhores práticas em todo o processo de design e desenvolvimento eletrônico. Não só no projeto eletrônico mas sim em todo o sistema integrado, passando pelo design de placas, cabeamentos, integridade de fontes de alimentação, desenvolvimento de gabinetes, circuitos de sintonia de antenas e até interconexão de sistemas.

Quanto mais cedo no ciclo de desenvolvimento da pesquisa em desenvolvimento eletrônico for identificado problemas com as emissões e compatibilidade eletromagnéticas, mais fácil e mais rápido será para corrigir os problemas. A correção de problemas de EMC após a realização testes de conformidade é caro e resulta em perda de um tempo precioso em relação ao cronograma de uma pesquisa ou projeto.

O desenvolvimento do laboratório de Compatibilidade Eletromagnética foi equipado com equipamento de última geração Rohde&Schwarz para as análises e ensaios em EMC como mostramos a seguir.

Na figura 1, observa-se a GTEM, uma célula de teste que permite executar ensaios e pesquisas em emissões radiadas e imunidade radiada. Os ensaios e estudos são realizados de forma rápida

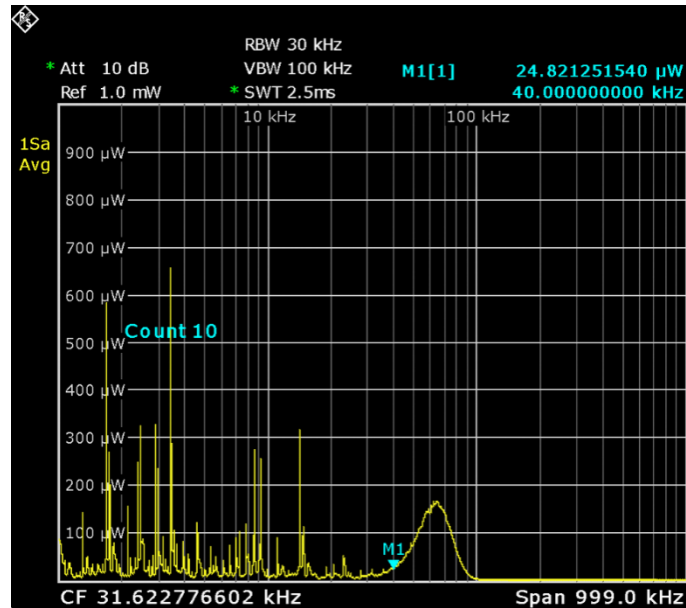
e precisa, iniciando pelos testes de qualificação de projeto, passando por testes de conformidade, teste de conformidade completa e amostragem de produção.

Figura 1: 5405 GTEM! Test Cell instalada na Sala R401



O receptor e o gerador de teste R&S®ESL EMI formam um conjunto onde podem ser medidos os distúrbios de EMC de acordo com os padrões mais recentes também servindo como um gerador de ruídos para um dispositivo em teste. Com o receptor que também é um analisador de espectro completo pode-se realizar ensaios que asseguram medições conforme diversas normas, tais como: CISPR, EN, ETS, FCC e ANSI. Exemplificando, na figura 2 observa-se um erro em nossa fonte do *Cubesat* que causava ruídos e pôde ser corrigida graças ao equipamento.

Figura 2 – Análise de frequência que causava problemas de ruído no *Cubesat*



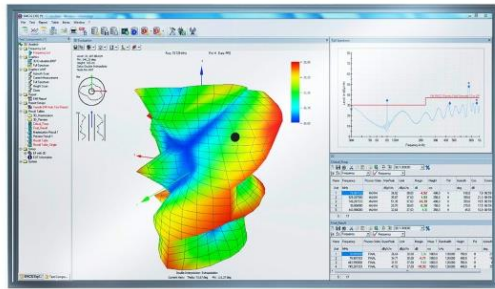
Também faz parte do conjunto adquirido para o laboratório de compatibilidade eletromagnética o equipamento de rede de alimentação em V de duas linhas ENV216 que cumpre os requisitos das CISPR 16-1-2, EN 55016-1-2, VDE 0876 e ANSI C63.4 para redes V permitindo configurar, calibrar e executar medições de EMS (Suscetibilidade Eletromagnética) conduzidas e o equipamento de rede monofásica ESH3-Z6 satisfaz os requisitos EN55016-1-2 / CISPR16-1-2 (fontes de baixa impedância), EN55025 / CISPR25, bem como MIL-STD-461, DEF-STAN59-411 e DO-160 na faixa de frequência de 100 kHz a 200 MHz. Sua aplicação será na medição de tensão de perturbação e susceptibilidade em redes de alimentação de baixa impedância de 0,1 MHz a 200 MHz com corrente contínua de até 100A, muito usada em normas automotivas de ensaio de compatibilidade eletromagnética.

Figura 3: ESH3-Z6 Single-phase V-network e o ENV216



Além dos equipamentos citados, foi adicionado ao laboratório o software EMC32-EB utilizado para medição da tensão de perturbação, a potência de perturbação e a intensidade do campo de distúrbios, totalmente conectado ao gerador e receptor, formando assim um conjunto dinâmico e robusto.

Figura 4: EMC32-EB Software



Como o foco é a criação do laboratório para auxílio no desenvolvimento tecnológico, foi adicionada a aquisição de antenas de campo próximo **HZ-15 Probe set**. Estas sondas de campo magnético incluem pontas especiais de sonda blindadas eletricamente e que possibilitam rastrear os componentes que estão causando problemas diretamente na placa, tornando a vida do pesquisador muito mais simples, pois com tais antenas podemos apontar para o componente defeituoso e facilmente detectá-lo. Os projetistas de circuitos geralmente realizam medições de campo próximo em um módulo eletrônico para descobrir se a perturbação eletromagnética excede os limiares de acordo com os padrões EMC.

Figura 5: ESH3-Z6 Single-phase V-network



Com o laboratório operacional no Instituto, foi possível realizar ensaios com alunos, técnicos e professores demonstrando como pode-se realizar ensaios de detecção de defeitos que muitas vezes não são percebidos, ou só são notados quando algum outro equipamento apresenta falhas. A equipe montou o teste de uma impressora, conforme diagrama abaixo e pode-se ver pelo resultado apresentado no software, que o equipamento em teste ultrapassa os limites toleráveis da norma escolhida.

Figura 6: Ensaio de interferência

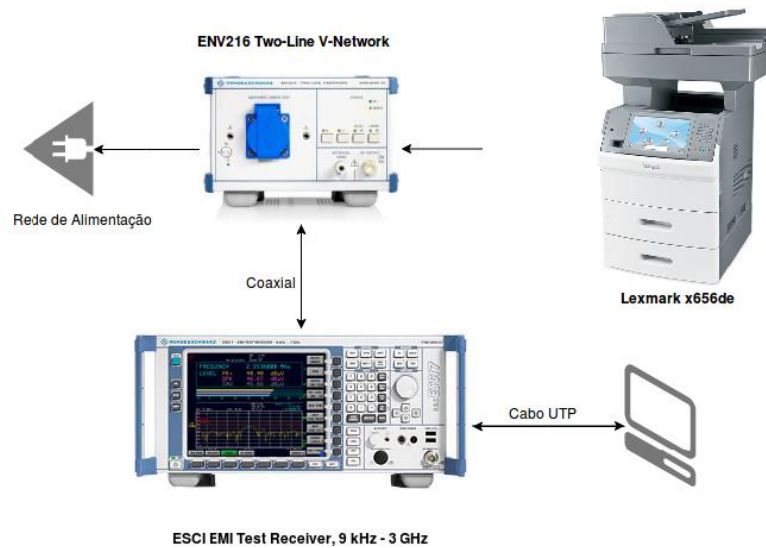
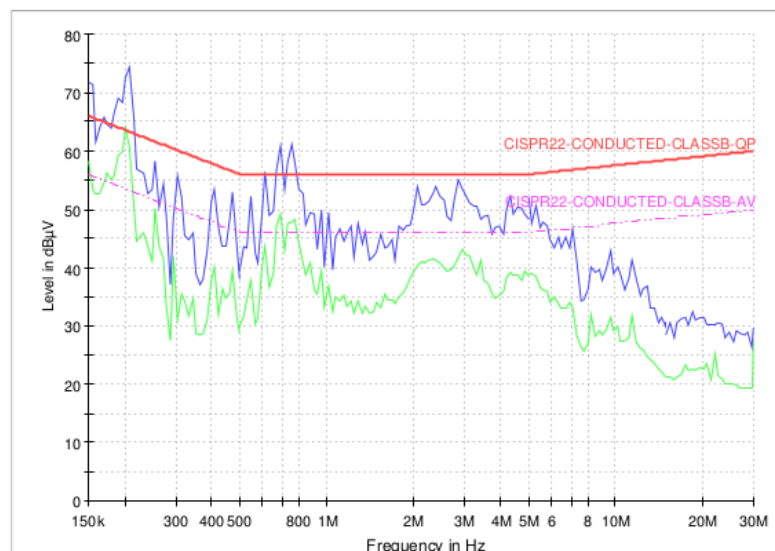


Figura 7: Resultado prático do ensaio de interferência com pontos em excesso à norma escolhida



Com esses equipamentos e com o desenvolvimento do conhecimento que tal laboratório proporciona, o Instituto Mauá de Tecnologia se programa para o fortalecimento de disciplinas de eletromagnetismo com aplicações práticas e reais, usando todo o laboratório criado graças ao uso dos recursos oferecidos por essa RTI.

2.2. Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados

O Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados (NSEE), criado por iniciativa do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) a partir da participação na versão inicial do INCT INEspaço, tem desenvolvido pesquisas na área de sistemas críticos com aplicação direta na área aeroespacial. Sua atuação está relacionada ao estudo de sistemas eletrônicos que permitem resolver problemas atendendo severas restrições de velocidade de comunicação, massa, consumo e

processamento em tempo real. Uma outra área de atuação envolve o desenvolvimento de sistemas de controle multivariável e processamento de sinais, seus algoritmos e implementações embarcadas. Pode-se citar alguns projetos e pesquisas do NSEE como o CITAR - Circuitos Integrados Tolerantes à Radiação (liderado pelo CTI de Campinas - financiamento FINEP/IMT), Plato (PLANetary Transits and Oscillations of stars) projeto da Agência Espacial Europeia (ESA) com financiamento Fapesp/CNPq/IMT, Cubesat 3U implementação de um *cubesat* do tipo 3 unidades, Sistemas de controle e identificação multivariável com financiamento IMT/Fapesp e o SEAC – Sistemas Eletrônicos Embarcados de Aplicação Crítica: Uma experiência para o desenvolvimento de hardware e software no âmbito do programa Brafitec com financiamento Capes/IMT.

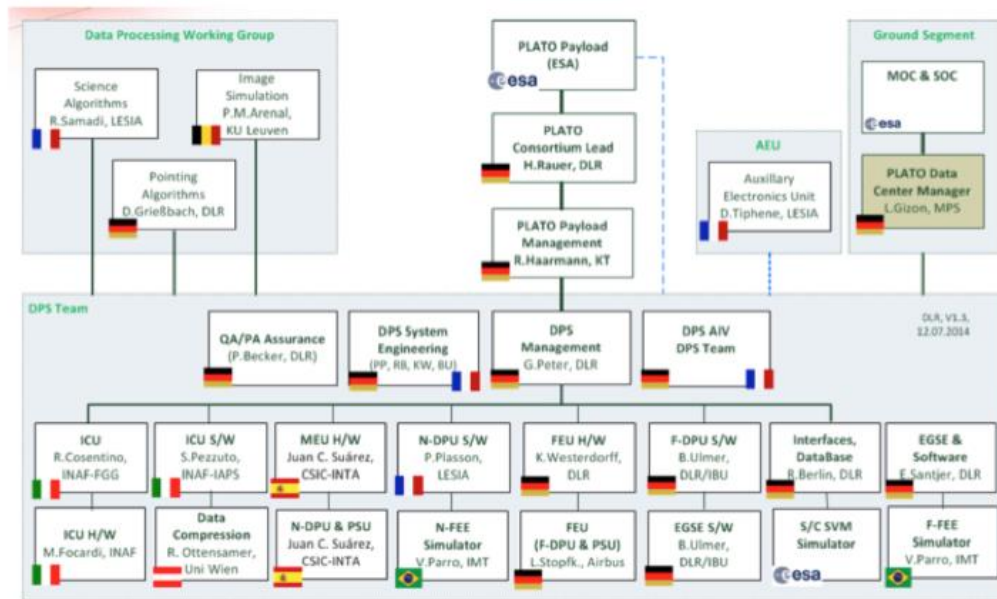
O NSEE é utilizado por vários grupos de pesquisa, tanto na graduação quanto em apoio aos pós-graduandos e pesquisadores de outros países que fazem intercâmbio com a Instituição. Atualmente, o laboratório conta com 10 computadores modernos, de última geração, com alto poder de cálculo e equipados sempre com 2 ou 3 monitores, localizados nas salas H124 e H125.

Atualmente o grupo do IMT participa do projeto Plato no desenvolvimento de um simulador de 8 canais *Spacewire* que operam de forma configurável no contexto do projeto Plato. O projeto Plato é uma missão classe M da Agência Espacial Europeia (ESA) que tem como principal objetivo a investigação de novos planetas extra-solares e possivelmente habitados.

A importância de participar deste projeto no âmbito do CITAR está relacionada a possibilidade de ter os resultados do projeto testados pelas principais equipes europeias da área aeroespacial (IWF, DLR e LESIA).

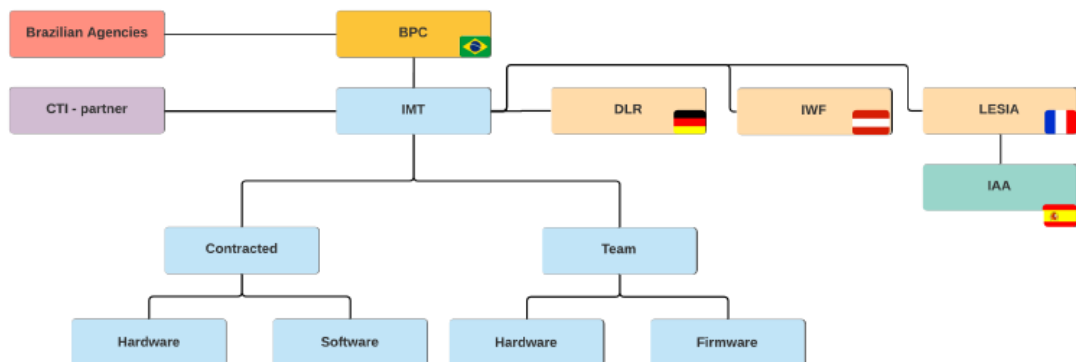
A seguir relacionamos as equipes de diversos países que participam do Projeto Plato:

Figura 8: Participação do Brasil (IMT) no projeto Plato



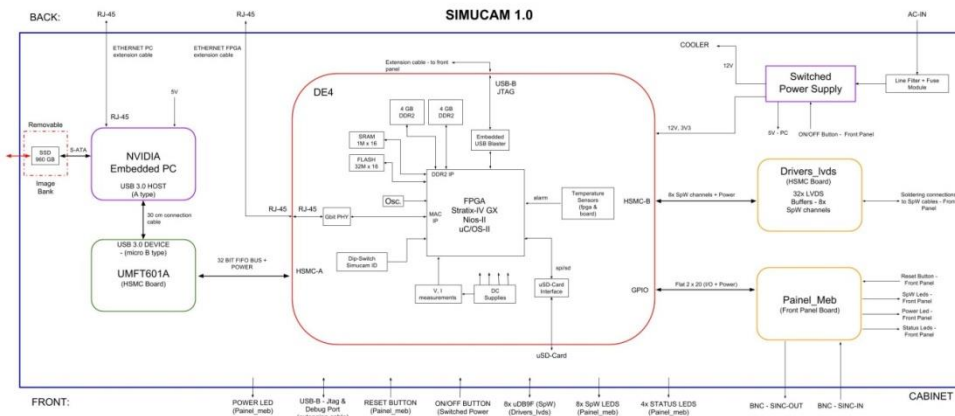
No que se refere ao desenvolvimento, implantação e desenvolvimento de projetos do SimuCam para a equipe de missão da Plato, tal sistema está sob responsabilidade do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) trabalhando sob o Comitê Brasileiro do Plato (BPC) liderado pela Universidade de São Paulo (USP). O Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI) coopera com a equipe do IMT em um processo de validação cruzada e instalações para testar links do espaço. O organograma é apresentado na abaixo.

Figura 9: Detalhe das relações entre o Brasil (IMT) e as demais instituições colaboradoras



Com tamanha demanda de desenvolvimento, projeto, pesquisa e prototipagem do equipamento Simucam, o IMT usou recursos desta RTI para a contratação de Empresa CCB para participar no serviço de engenharia desse sistema, tanto na análise dos requisitos científicos como na concepção, design e projeto. Na figura 10, vemos o diagrama em blocos das placas que fazem parte do equipamento Simucam.

Figura 10: Resultado do projeto de hardware do Simucam que resultará nas placas eletrônicas.



O Sistema de teste

Recentemente a Agência Espacial Européia estabeleceu novas diretrizes para o projeto de hardware. Neste sentido desenvolveu-se uma solução com dupla funcionalidade: pode operar como simulador de sinais Spacewire e também como analisador de fluxo. As normas aplicáveis são:

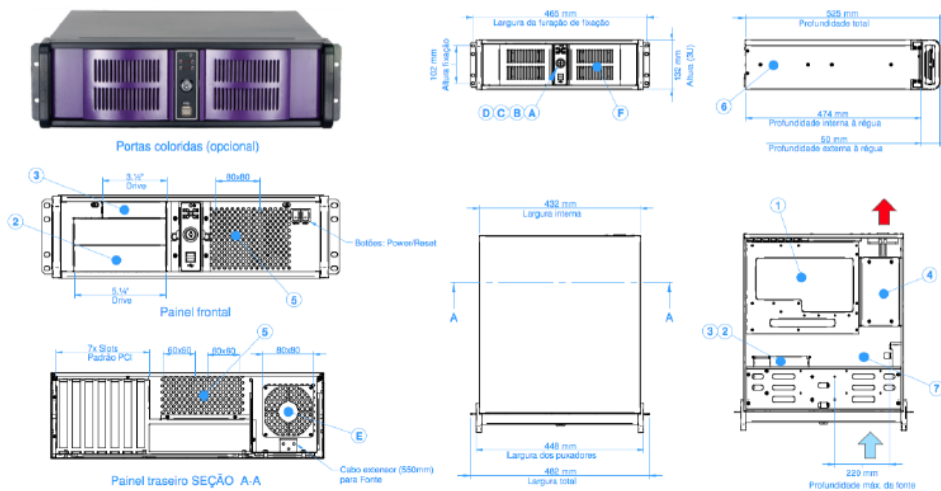
- **LVDS: TIA 644** - *Measurement equipment used for compliance testing shall provide a bandwidth of 5 GHz minimum.*
- **SpaceWire Rev1 - ECSS-E-ST-50-12C Rev1 (Draft F1 - May 2015)** - Annex 1 (page124) - *The measurement is made with an oscilloscope and differential probe which have bandwidths of at least $1.05/(\text{signal rise time})$; NOTE: The fastest signal rise time for LVDS is specified in TIA-644-A to be 260 ps, so the corresponding oscilloscope and probe bandwidth is 4 GHz*

Importante mencionar, a partir das citações acima, que um sistema de largura de banda de 5GHz mínimo, deixa de ser uma solução trivial na engenharia de processamento de dados, e decorrente disso, tal equipamento passa a ser crítico no que diz respeito à velocidade, ruídos, tratamento de grande volume dos dados etc.

Todo esse conhecimento adquirido pelo NSEE é conseqüentemente uma evolução enorme de todo o laboratório, quanto da academia do IMT.

Voltando aos resultados, na Figura 11 vemos o resultado do projeto, testes e manufatura das placas do Simucam, realizada pela empresas contratadas CCB e Linkcell.

Figura 11: Desenho mecânico e estrutural do equipamento.



The Simucam cabinet using a typical 3U - rack 19 inches.

Figura 12: Lote piloto para a construção do equipamento.



Na implementação da solução e resultados, podemos ver a seguir o equipamento montado e que será submetido a ensaios e testes rigorosos pela ESA

Figura 11: Lote piloto para a construção do equipamento.



3. Conclusões

A RTI foi de grande valia para o Instituto Mauá de Tecnologia que pode iniciar a criação do Laboratório de Compatibilidade Eletromagnética, situado na sala R401, tão aguardado e importante para a Divisão de Eletrônica e Telecomunicações, e que também reforça o Laboratório do Núcleo de Sistemas Eletrônicos Embarcados no suporte aos desenvolvimentos de dispositivos e sistemas eletrônicos. (O projeto Plato teve um apoio significativo ao exercício da demanda do Simucam, que sem esse recurso da RTI iria sofrer em demasia para atender todo o desenvolvimento).

Ressalta-se o apoio significativo que a criação do Laboratório de compatibilidade Eletromagnética trouxe ao projeto Plato no desenvolvimento do simucam

São Caetano, 30 de julho de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Fernando de Almeida Martins', written in a cursive style.

Fernando de Almeida Martins

Divisão de Eletrônica e Telecomunicações do Centro de Pesquisa
Instituto Mauá de Tecnologia