

FELIPE NYLAND

**CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM
COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA**

FLORIANÓPOLIS

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM
COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Santa Catarina
Como parte dos requisitos para a
Obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

FELIPE NYLAND

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO de 2007.

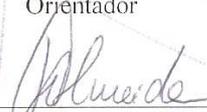
CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

FELIPE NYLAND

“Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em *Eletromagnetismo e Dispositivos Eletromagnéticos*, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.”

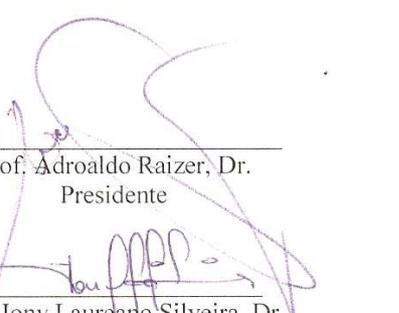


Prof. Adroaldo Raizer, Dr.
Orientador

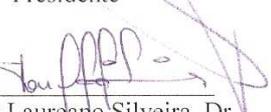


Prof. Kátia Campos de Almeida, Ph. D.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:



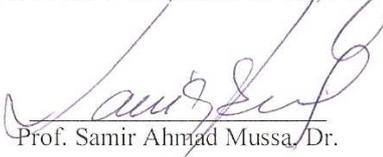
Prof. Adroaldo Raizer, Dr.
Presidente



Prof. Jony Laureano Silveira, Dr.



Prof. Muriel Bittencourt de Liz, Dr.



Prof. Samir Ahmad Mussa, Dr.

À minha família, especialmente a meus pais, Walmor e Fátima, que mesmo quando eu não esperava, estiveram lá.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor e Orientador Adroaldo, pela oportunidade de desenvolver o trabalho realizado, pelo auxílio prestado sempre que lhe foi pedido e pela confiança depositada na minha pessoa para a concepção deste trabalho.

A toda Equipe do Instituto de Pesquisas Eldorado, especialmente ao Jamilson e Joelson por toda ajuda prestada e troca de conhecimento ao longo destes quase dois anos e meio de parceria (além da paciência e compreensão na fase de conclusão da dissertação), meu muito obrigado.

A o pessoal do GEMCO, amigos novos e antigos: Vanessa, Vilson Coelho, Valente, Rangel, Dalla, Mário, Odyr, Sidney, Raul, Patrícia e Vivi. Agradecimentos especiais ao Jamil, Fabiano e Matheus. Sem o auxílio destas três pessoas este trabalho não teria sido realizado, muito obrigado!

Aos amigos que aqui não mais estão: Lô, Ivan e Morgana. Obrigado por todo apoio e amizade.

Agradecimentos especiais às pessoas do meu convívio diário, Vera e Douglas. Muito obrigado por tudo sempre e desculpe pelas caras feias que vocês tiveram que aturar de vez em quando em casa durante todo este tempo. Vocês são minha família aqui. Amo vocês.

Aos meus irmãos Gustavo e Gabriel pelo amor incondicional.

Aos amigos Lu, Rabi, Aline, Ana, Cago, Fê Pô, Kati e Fabiano. Que também me aturaram firmes e fortes nos bons e maus momentos ao longo desta jornada.

A todos que contribuíram de alguma forma na realização deste trabalho, obrigado.

“We are accidents waiting to happen” – There There

Thom Yorke

Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA.

Felipe Nyland

Dezembro/2007

Orientador: Professor Adroaldo Raizer, Dr.

Área de Concentração: Compatibilidade Eletromagnética

Palavras-chave: Compatibilidade Eletromagnética, Interferência Eletromagnética, Ensaio de Proficiência, Comparação Interlaboratorial, Cálculo de Incerteza.

Número de Páginas: 110

O presente trabalho aborda o desenvolvimento e a implementação de um Ensaio de Proficiência através de um Programa de Comparação Interlaboratorial aplicado em dois laboratórios da área de compatibilidade eletromagnética. A exigência deste tipo de atividade em laboratórios de ensaio é um dos mecanismos de controle, exigidos pela Norma NBR ISO/IEC 17025, que estabelece os requisitos gerais para garantia da qualidade em laboratórios de ensaio e calibração. Referente a área de Compatibilidade Eletromagnética, tem se conhecimento de poucos trabalhos de comparação interlaboratoriais realizados em nível nacional e internacional. Esta dissertação apresenta a aplicação de um Ensaio de Proficiência abrangendo nove normas da área de compatibilidade eletromagnética. O trabalho versa sobre ensaios de proficiência, comparação interlaboratorial, cálculos da estimativa de incerteza associada aos ensaios da área, desenvolvimento de artefatos a serem ensaiados e todos os passos pertinentes ao Programa de Comparação executado, desde sua organização até a discussão de seus resultados.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering.

CONTRIBUTION TO PROFICIENCY TESTING IN ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY.

Felipe Nyland

December/2007

Advisor: Professor Adroaldo Raizer, Dr.

Area of Concentration: Electromagnetic Compatibility.

Keywords: Electromagnetic Compatibility, Electromagnetic Interference, Susceptibility (magnetic), Uncertainty.

Number of pages: 110

This work tackles the development and implementation of a Proficiency Testing by Inter-laboratory Comparison Program applied in two laboratories of electromagnetic compatibility area. The demanding of this sort of activity in testing laboratories is one of the mechanisms for quality control of results, stipulated by the Standard ISO 17025, which establishes the general requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Concerning Electromagnetic Compatibility area, only few works are known as achieved in inter-laboratory comparisons at national and international level. This dissertation presents a Proficiency Testing application covering nine standards of electromagnetic compatibility area. The work concerns proficiency testing, inter-laboratory comparisons, uncertainty estimate calculation associated to testing in the area, development of artefacts to be tested and all steps related to the Comparison Program executed, since its organization to its results presentation.

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XIV
INTRODUÇÃO	1
1 COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL E ENSAIO DE PROFICIÊNCIA	5
1.1 COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL	5
1.2 ENSAIOS DE PROFICIÊNCIA	6
1.2.1 TIPOS DE ENSAIO DE PROFICIÊNCIA	9
1.2.2 LABORATÓRIOS PARTICIPANTES	11
1.2.3 COMISSÕES TÉCNICAS E LABORATÓRIO COORDENADOR	12
1.2.4 ARTEFATOS OU PADRÕES DE REFERÊNCIA	13
1.2.5 GRANDEZES ENVOLVIDAS	14
1.2.6 DECISÕES	14
1.2.6.1 LABORATÓRIO DE REFERÊNCIA	15
1.2.6.2 TIPO DE CIRCULAÇÃO	15
1.2.6.3 CRONOGRAMA INICIAL	15
1.2.6.4 MÉTODOS DE MEDIÇÃO	15
1.2.6.5 EMBALAGEM DO PADRÃO ITINERANTE	15
1.2.6.6 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	16
1.2.7 PREPARAÇÃO	16
1.2.7.1 LABORATÓRIO DE REFERÊNCIA	16
1.2.7.2 LABORATÓRIOS PARTICIPANTES	17
1.2.7.3 LABORATÓRIO COORDENADOR	17
1.2.8 EXECUÇÃO	17
1.2.9 ANÁLISE DE RESULTADOS	18
1.2.10 RELATÓRIO FINAL	19

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

2 CÁLCULO DE INCERTEZA	21
2.1 CONCEITOS BÁSICOS	22
2.1.1 DEFINIÇÕES	22
2.1.2 AVALIAÇÃO DOS PADRÕES ITINERANTES	24
2.1.3 DETERMINANDO A INCERTEZA PADRÃO COMBINANTE E A INCERTEZA EXPANDIDA	27
2.1.4 GRAUS DE LIBERDADE, NÍVEL DE CONFIANÇA E FATOR DE ABRANGÊNCIA	28
2.2 EXEMPLOS DE FONTES RELEVANTES PARA ESTIMATIVA DA INCERTEZA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA	28
2.2.1 FONTES RELEVANTES PARA A ESTIMATIVA DE INCERTEZA EM ENSAIOS DE EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA CONDUZIDA UTILIZANDO LISN	29
2.2.2 FONTES RELEVANTES PARA A ESTIMATIVA DE INCERTEZA EM ENSAIO DE SUSCEPTIBILIDADE RADIADA UTILIZANDO UMA CÉLULA GTEM	31
2.3 EXEMPLO DE CÁLCULO DA INCERTEZA DA MEDIÇÃO EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA	32
3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	37
3.1 NORMAS CISPR 11 E CISPR 22. EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA CONDUZIDA E RADIADA	37
3.1.1 EMISSÃO CONDUZIDA	38
3.1.1.1 ARTEFATO	38
3.1.1.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	41
3.1.2 EMISSÃO RADIADA	43
3.1.2.1 ARTEFATO	43
3.1.2.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	43
3.2 NORMA IEC 61000-4-2. ENSAIO DE IMUNIDADE A DESCARGA ELETROSTÁTICA	45
3.2.1 ARTEFATO	47
3.2.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	50
3.3 NORMA IEC 61000-4-3. ENSAIO DE IMUNIDADE A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS RADIADOS	52
3.3.1 ARTEFATO	53
3.3.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	54

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

3.4 NORMA IEC 61000-4-4. ENSAIO DE IMUNIDADE A TRANSIENTES ELÉTRICOS RÁPIDOS	59
3.4.1 ARTEFATO	60
3.4.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	60
3.5 NORMA IEC 61000-4-5. ENSAIO DE IMUNIDADE A SURTOS	63
3.5.1 ARTEFATO	64
3.5.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	64
3.6 NORMA IEC 61000-4-6. ENSAIO DE IMUNIDADE À RF CONDUZIDA	67
3.6.1 ARTEFATO	68
3.6.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	68
3.7 NORMA IEC 61000-3-2. ENSAIO DE EMISSÃO DE HARMÔNICAS DE CORRENTE	71
3.7.1 ARTEFATO	73
3.7.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	74
3.8 NORMA IEC 61000-3-3. ENSAIO DE EMISSÃO DE FLICKER EM SISTEMAS PÚBLICOS DE BAIXA-TENSÃO PARA EQUIPAMENTOS COM CORRENTE MENOR QUE 16 A POR FASE	78
3.8.1 ARTEFATO	80
3.8.2 PROCEDIMENTO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	81
<u>4 RESULTADOS</u>	<u>84</u>
4.1 RESULTADOS PARA AS NORMAS CISPR 11 E 22	84
4.1.1 EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA CONDUZIDA	84
4.1.2 EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA RADIADA	88
4.2 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-4-2 – ENSAIO DE IMUNIDADE A DESCARGAS ELETROSTÁTICAS	92
4.3 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-4-3 – ENSAIO DE IMUNIDADE A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS RADIADOS	93
4.4 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-4-4 – ENSAIO DE IMUNIDADE A TRANSIENTES ELÉTRICOS RÁPIDOS	94
4.5 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-4-5 – ENSAIO DE IMUNIDADE A SURTOS	96

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

4.6 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-4-6 – ENSAIO DE IMUNIDADE À RF CONDUZIDA	97
4.7 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-3-2 – ENSAIO DE EMISSÃO DE HARMÔNICAS DE CORRENTE	98
4.8 RESULTADOS PARA A NORMA IEC 61.000-3-3 – ENSAIO DE EMISSÃO DE FLICKER	102
<u>CONCLUSÃO</u>	<u>103</u>
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>107</u>

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: EFEITOS ALEATÓRIOS E SISTEMÁTICOS.	23
FIGURA 2.2: MODELOS DE DISTRIBUIÇÕES CONSIDERADOS NA ESTIMATIVA DA INCERTEZA.	27
FIGURA 3.1.1.1: FONTE DE ALIMENTAÇÃO NOS ENSAIOS DE EMISSÃO CONDUZIDA E RADIADA RESPECTIVAMENTE.	39
FIGURA 3.1.1.2: GERADOR DE RUÍDO ELETROMAGNÉTICO PADRÃO NE 3000.	40
FIGURA 3.1.1.3: CONFIGURAÇÃO DO ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA EM AMBOS LABORATÓRIOS.	42
FIGURA 3.1.2.1: CONFIGURAÇÕES DA MEDIDA DE EMISSÃO RADIADA NOS DOIS LABORATÓRIOS, SEMI-ANECÓICA E GTEM, RESPECTIVAMENTE.	44
FIGURA 3.2.1: CIRCUITO DO ARTEFATO UTILIZADO NO TESTE DE IMUNIDADE PARA AS NORMAS IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4 E IEC 61000-4-5.	48
FIGURA 3.2.2: ARTEFATO SENDO TESTADO NO ENSAIO DE IMUNIDADE A BURST.	50
FIGURA 3.2.2.1: PISTOLA SIMULADORA DE DESCARGAS ELETROSTÁTICAS - DITO E MESMA COM O ARTEFATO, JÁ ATERRADO.	51
FIGURA 3.3.1: TELEFONE DESENVOLVIDO PARA OS ENSAIOS DE IMUNIDADE A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS RADIADOS E CONDUZIDOS.	54
FIGURA 3.3.2.1: EQUIPAMENTOS RELACIONADOS AO ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA.	55
FIGURA 3.3.2.2: POSICIONAMENTO DO ARTEFATO DENTRO DA CÉLULA GTEM.	56
FIGURA 3.3.2.3: EQUIPAMENTOS AUXILIARES E TELEFONE POSICIONADO DENTRO DA CÂMARA GTEM.	56
FIGURA 3.3.2.4: EQUIPAMENTOS LOCALIZADOS FORA DA CÂMARA SEMI-ANECÓICA UTILIZADOS NO ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA.	57
FIGURA 3.3.2.5: DIFERENTES DISPOSIÇÕES DO ARTEFATO DENTRO DA CÂMARA SEMI-ANECÓICA.	58
FIGURA 3.4.2.1: SIMULADOR DE TRANSIENTES ELÉTRICOS RÁPIDOS. NA TOMADA SUPERIOR EM DESTAQUE FOI CONECTADO O ARTEFATO.	61
FIGURA 3.4.2.2: ARTEFATO CONECTADO AO SIMULADOR DE TRANSIENTES E TELA DO SOFTWARE UTILIZADO NO INSTITUTO DE PESQUISAS ELDORADO.	62
FIGURA 3.4.2.3: ENSAIO DE IMUNIDADE A TRANSIENTES ELÉTRICOS RÁPIDOS SENDO APLICADOS NO ARTEFATO.	62
FIGURA 3.5.2.1: INTERFACE DO SOFTWARE PARA O ENSAIO DE IMUNIDADE A SURTOS.	66
FIGURA 3.6.2.1: GERADOR DE SINAIS, MEDIDOR DE POTÊNCIA, AMPLIFICADOR, SOFTWARE, CONFIGURAÇÃO DO ENSAIO COM O ARTEFATO E CONEXÕES DOS EQUIPAMENTOS - MAGLAB.	69
FIGURA 3.6.2.2: ARTEFATO, GERADORES E ATENUADOR NO INSTITUTO DE PESQUISAS ELDORADO.	70
FIGURA 3.6.2.3: COMPUTADOR, ANALISADOR DE LINHA, SIMULADOR DE LINHA E FONTE NO INSTITUTO DE PESQUISAS ELDORADO.	70
FIGURA 3.7,1: GERADOR DE HARMÔNICOS E FLICKER.	74
FIGURA 3.7.2.1: ENSAIO DE HARMÔNICOS E FLICKER NO MAGLAB.	75

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

FIGURA 3.7.2.2: TELA DE CONFIGURAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DO ARTEFATO NO SOFTWARE ISMDPA NO MAGLAB.	75
FIGURA 3.7.2.3: SISTEMA DE ENSAIO DE HARMÔNICOS NO INSTITUTO DE PESQUISAS ELDORADO.	76
FIGURA 3.7.2.4: TELA DO EQUIPAMENTO UTILIZADO NO INSTITUTO DE PESQUISAS ELDORADO.	77
FIGURA 3.8: AVALIAÇÃO A PARTIR DO HISTOGRAMA DE U(T) E CARACTERÍSTICA DA VARIAÇÃO RELATIVA DE TENSÃO.	79
FIGURA 3.8.2.1: TELA DE CONFIGURAÇÃO DO ENSAIO DE FLICKER NO MAGLAB.	82
FIGURA 4.1.1.1: RESULTADO DE EMISSÃO CONDUZIDA PARA O LABORATÓRIO A.	85
FIGURA 4.1.1.2: RESULTADO DE EMISSÃO CONDUZIDA PARA O LABORATÓRIO B.	86
FIGURA 4.1.1.3: RESULTADO PADRÃO DO ARTEFATO ESPERADO NOS LABORATÓRIOS.	86
FIGURA 4.1.2.1: RESULTADO DE EMISSÃO RADIADA PARA O LABORATÓRIO A.	89
FIGURA 4.1.2.2: RESULTADO DE EMISSÃO RADIADA PARA O LABORATÓRIO B.	89
FIGURA 4.1.2.3: RESULTADO PADRÃO DO ARTEFATO PARA EMISSÃO RADIADA.	90

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.0: REPRODUTIBILIDADE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO PARA 10 MEDIDAS E SUAS LEITURAS.	34
TABELA 2.1: FATORES DE ABRANGÊNCIA PARA DIFERENTES GRAUS DE LIBERDADE EFETIVO.	36
TABELA 3.1.1: LIMITES DE EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA CONDUZIDA ADOTADOS.	38
TABELA 3.1.1.2: PARÂMETROS ASSOCIADOS AO ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA.	42
TABELA 3.1.2: LIMITES DE EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA RADIADA.	43
TABELA 3.1.2.2: PARÂMETROS ASSOCIADOS AO ENSAIO DE EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA RADIADA.	45
TABELA 3.2: NÍVEIS APLICADOS NO ENSAIO DE IMUNIDADE A DESCARGAS ELETROSTÁTICAS.	46
TABELA 3.2.1: VALORES DE TENSÕES PARA AS LÂMPADAS CONFORME O NÍVEL DE TENSÃO DE DESCARGA ELETROSTÁTICA.APLICADA.	49
TABELA 3.2.2: VALORES DAS DESCARGAS ELETROSTÁTICAS E AS RESPECTIVAS CORRENTES.	49
TABELA 3.2.2.1: VALORES AJUSTADOS NAS PISTOLAS PARA SE ALCANÇAR OS VALORES NOMINAIS.	52
TABELA 3.3: LIMITES DE CAMPO AOS QUAIS O EQUIPAMENTO SOB TESTE É SUBMETIDO.	53
TABELA 3.3.2: PARÂMETROS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA.	58
TABELA 3.4: LIMITES DOS PICOS DE TENSÃO APLICADOS NO ENSAIO PARA NORMA IEC 61000-4-4.	60
TABELA 3.4.2: PARÂMETROS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO DE IMUNIDADE A TRANSIENTES ELÉTRICOS RÁPIDOS/BURST.	63
TABELA 3.5: LIMITES DOS SURTOS DE TENSÃO ESTABELECIDOS PELA NORMA IEC 61000-4-5.	64
TABELA 3.5.2.1: PARÂMETROS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO ENSAIO DE IMUNIDADE A SURTOS.	66
TABELA 3.6: LIMITES DOS NÍVEIS DE TENSÃO APLICÁVEIS NO ENSAIO DE IMUNIDADE À RF CONDUZIDA.	68
TABELA 3.6.2.1: PARÂMETROS E EQTOS UTILIZADOS NO ENSAIO DE IMUNIDADE À RF CONDUZIDA.	71
TABELA 3.7: LIMITES ESTABELECIDOS PARA EQUIPAMENTOS DA CLASSE D PELA NORMA IEC 61000-3-2.	73
TABELA 3.7.2.1: EQUIPAMENTOS E PARÂMETROS UTILIZADOS NO ENSAI DE EMISSÃO DE HAMRÔNICOS.	77
TABELA 3.8.2.1: EQUIPAMENTOS E PARÂMETROS UTILIZADOS NO ENSAIO DE ANÁLISE DE FLICKER.	82
TABELA 4.1.1.1: RESULTADOS PARA FREQUÊNCIAS ESPECÍFICAS E ERROS NORMALIZADOS PARA O LABORATÓRIO A.	87
TABELA 4.1.1.2: RESULTADOS PARA FREQUÊNCIAS ESPECÍFICAS E ERROS NORMALIZADOS PARA O LABORATÓRIO B.	88
TABELA 4.1.2.1: RESULTADOS PARA FREQUÊNCIAS ESPECÍFICAS E ERROS NORMALIZADOS PARA O LABORATÓRIO A NO ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA.	91
TABELA 4.1.2.2: RESULTADOS PARA FREQUÊNCIAS ESPECÍFICAS E ERROS NORMALIZADOS PARA O LABORATÓRIO B NO ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA.	91
TABELA 4.2.1: RESULTADOS DO ENSAIO DE IMUNIDADE A DESCARGAS ELETROSTÁTICAS.	92
TABELA 4.3.1: RESULTADOS DO ENSAIO DE IMUNIDADE A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS RADIADOS.	93
TABELA 4.4.1: RESULTADOS DO ENSAIO DE IMUNIDADE A TRANSIENTES ELÉTRICOS RÁPIDOS.	94
TABELA 4.5.1: RESULTADOS DO ENSAIO DE IMUNIDADE A SURTOS.	96
TABELA 4.6.1: RESULTADOS DO ENSAIO DE IMUNIDADE À RF CONDUZIDA.	98

CONTRIBUIÇÃO AO ENSAIO DE PROFICIÊNCIA EM COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

TABELA 4.7.1: RESULTADOS DAS HARMÔNICAS MÉDIAS DE CORRENTE.	100
TABELA 4.7.2: RESULTADOS DAS HARMÔNICAS MÁXIMAS DE CORRENTE.	101
TABELA 4.7.3: CÁLCULO DOS ERROS NORMALIZADOS PARA EMISSÃO DE HARMÔNICAS.	101
TABELA 4.8.1: RESULTADOS PARA EMISSÃO DE FLICKER.	102

INTRODUÇÃO

A busca pela competência técnica através do credenciamento laboratorial ainda é a principal via para que os laboratórios de ensaio garantam resultados confiáveis e com qualidade a seus clientes. Com o aumento e facilidade do comércio entre países, a melhora nos processos e produtos tem se tornado corriqueira entre empresas e a execução de ensaios e medições passou a apresentar elevada relevância. Esta busca por competência tem transformado o atual cenário nos laboratórios que, para atingir estas capacidades, se vêm repentinamente tendo que se afrontar com as exigências determinadas pelos órgãos responsáveis pela garantia da qualidade dos laboratórios. Dentre estas exigências, os ensaios de proficiência e comparações interlaboratoriais têm se destacado e se tornado cada vez mais presentes e fundamentais entre laboratórios de ensaio, tanto a nível nacional como mundial. Atualmente, este tipo de atividade possibilita que laboratórios credenciados aos organismos de acreditação sejam avaliados, e que um acompanhamento da capacidade de medição dos mesmos seja efetuada.

No Brasil, o órgão de acreditação responsável pelo estabelecimento de diretrizes e acompanhamento deste tipo de atividades é o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, também conhecido como Inmetro. O mesmo também é incumbido de disciplinar, do ponto de vista qualitativo, a produção e comercialização de bens manufaturados entregues ao consumidor brasileiro, inclusive aqueles importados, os quais nem sempre atendem a requisitos mínimos e razoáveis de qualidade e segurança. É ainda tarefa do órgão, definir normas e procedimentos, técnicos e administrativos, que promovam a melhoria e regulamentem a verificação da qualidade dos produtos industriais destinados à exportação [S1]. No que trata a presente dissertação, vale ressaltar que o Inmetro é o organismo responsável no país pela designação de laboratórios, que possam executar ensaios que constatem a conformidade de equipamentos com as normas que verificam a qualidade e segurança dos mesmos antes de sua entrada no mercado.

Os ensaios de proficiência e comparação interlaboratoriais são internacionalmente reconhecidos como um elemento importante para o estabelecimento de confiança mútua entre os laboratórios de diferentes países e entre organismos nacionais de credenciamento

de laboratórios. Com base nos relatórios das comparações interlaboratoriais, têm sido assinados diversos acordos para aceitação mútua dos certificados de calibração entre países.

Soletto [P1] diz que *qualidade, no que diz respeito à ciência Compatibilidade Eletromagnética, significa: os produtos devem apresentar uma alta imunidade e baixa emissividade de campos eletromagnéticos*. Laboratórios atuantes na área de compatibilidade eletromagnética realizam ensaios que testam e verificam se os equipamentos sob teste apresentam ou não estas características. Apesar da baixa atuação de órgãos governamentais na estipulação de regulamentações e fiscalização de equipamentos fabricados e vendidos no Brasil, abrangendo a compatibilidade eletromagnética, muitos laboratórios da área no país tem buscado a competência técnica junto ao organismo de credenciamento a fim de garantir a qualidade e o reconhecimento dos seus resultados.

Entretanto, nem sempre todos laboratórios encontram-se preparados para participar de ensaios de proficiência e comparação interlaboratorial, seja pela falta de informações disponíveis, ou pela ausência de organismos e comissões técnicas especialistas capazes de gerenciar uma comparação interlaboratorial ou ensaio de proficiência entre os laboratórios. Na área de compatibilidade eletromagnética, raríssimos trabalhos de comparação interlaboratoriais são conhecidos e divulgados a nível mundial. Os poucos que existem, abrangem uma pequena quantidade de normas dentre uma vasta gama de ensaios que envolvem a ciência da compatibilidade eletromagnética. Estas dificuldades são ao mesmo tempo um obstáculo e um desafio para os laboratórios que devem gerar soluções inéditas e encarar as dificuldades pertinentes a este tipo de realização.

Como não há no Brasil uma estrutura de avaliação interlaboratorial na área de compatibilidade eletromagnética, a importância da mesma torna-se estratégica e essencial, uma vez que os requisitos de compatibilidade eletromagnética são fundamentais para as áreas de telecomunicações, equipamentos elétricos e eletrônicos que venham a serem regulamentados no país futuramente. Importância também deve ser dada ao fato de que equipamentos eletromédicos também são testados por essas normas, aparelhos que muitas vezes servem de suporte à vida ou possuem no mínimo, um elo direto com a saúde dos pacientes submetidos a sua utilização. Já sob o ponto de vista da exportação, a maioria dos países estrangeiros possui normas e estatutos regulamentares para compatibilidade

eletromagnética em vigor. Os mesmos estabelecem que equipamentos eletro-eletrônicos comercializados internamente devem estar de acordo com as normas internacionais de compatibilidade eletromagnética vigentes.

Fundamentado na falta de informações e modelos que esclareçam de maneira objetiva como executar um programa de comparação interlaboratorial, o presente trabalho objetivou desenvolver este tipo de atividade na área de compatibilidade eletromagnética, abrangendo um amplo escopo de normas técnicas referentes ao assunto. Para a concepção deste programa de comparação, uma vasta pesquisa do assunto foi realizada, gerando um modelo que poderá ser implementado e estendido a outros laboratórios da área que venham a desenvolver futuramente programas de comparação interlaboratorial.

A dissertação tem também como intuito apresentar todos os resultados oriundos da implementação deste processo, proporcionando um exemplo de infra-estrutura laboratorial para realização de ensaios com alto grau de qualidade e a geração de métodos de avaliação interlaboratoriais para os ensaios envolvidos no programa.

Este trabalho sucedeu-se através de inovações, análises e desenvolvimento de um processo em conformidade com as normas estabelecidas e sugeridas pelo Inmetro e pelas suas Comissões Técnicas internas. Para acompanhar as atividades das Comissões Técnicas o Inmetro criou a Divisão de Credenciamento de Laboratórios (Dicla), que designa técnicos e estabelece procedimentos e normas referentes à área da comissão técnica considerada [S2].

As grandezas selecionadas que foram analisadas na comparação interlaboratorial são os ensaios relacionados ao atendimento das seguintes normas de compatibilidade eletromagnética:

- Ensaio de emissão eletromagnética conduzida: CISPR 11 [N1], CISPR 22 [N2].
- Ensaio de emissão eletromagnética radiada: CISPR 11, CISPR 22;
- Ensaio de emissão de harmônicos de corrente: IEC 61000-3-2 [N3];
- Ensaio de emissão de flicker: IEC 61000-3-3 [N4];
- Imunidade à descarga eletrostática: IEC 61000-4-2 [N5];
- Imunidade à emissão eletromagnética radiada: IEC 61000-4-3 [N6];
- Imunidade a transientes elétricos rápidos: IEC 61000-4-4 [N7];
- Imunidade a surtos – IEC 61000-4-5 [N8];

- Imunidade à emissão eletromagnética conduzida: IEC 61000-4-6 [N9];

Todas estas normas serão apresentadas e discutidas, uma a uma, ao longo do trabalho.

A presente dissertação está segmentada em 4 capítulos e uma última seção envolvendo as considerações finais.

O primeiro capítulo traz as definições e conceitos referentes a ensaios de proficiência e comparação interlaboratorial, explanando o funcionamento dos mesmos e quais benefícios e vantagens estes trazem para laboratórios que os executam. Este capítulo também define metodologia e todas etapas que constituíram o programa.

O segundo aborda especificamente do cálculo de incerteza aplicado na área de compatibilidade eletromagnética. No mesmo são definidos conceitos básicos e aplicação de cálculo de incerteza, necessários para que o trabalho fosse realizado.

O terceiro capítulo explica os ensaios e procedimentos realizados nos laboratórios envolvidos e faz uma breve descrição das normas pertinentes ao processo, enquanto o quarto apresenta e discute os resultados obtidos em todos os ensaios realizados.

Esta foi uma sucinta introdução ao contexto do presente trabalho, delineando de forma breve seus objetivos e justificativas. Aqui se pretendeu apresentar o assunto e o tipo de trabalho que foi realizado durante os dois anos de estudos e atividades que o envolveram.

Capítulo I

1.0 COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL E ENSAIO DE PROFICIÊNCIA

Este capítulo intenta explicar os conceitos de comparação interlaboratorial e ensaio de proficiência. No mesmo, serão apresentadas características, definições e normas que regem estes tipos de atividades, de forma a esclarecer a concepção das mesmas para o leitor desta dissertação.

1.1 Comparação interlaboratorial

O termo comparação interlaboratorial é o termo mais usual dado a uma técnica de ensaio de proficiência onde é avaliado o desempenho de um laboratório através de ensaios realizados pelo mesmo, cujos resultados são comparados com os de outros laboratórios. Segundo a Norma ABNT ISO/IEC Guia 43 [N10], comparação interlaboratorial *É a organização, realização e avaliação de ensaios de produtos ou materiais idênticos ou similares, em pelo menos dois laboratórios diferentes, sob condições pré-determinadas.*

A mesma norma também especifica que as comparações podem ser empregadas para:

- a) determinar o desempenho de laboratórios individuais para ensaios ou medições específicos e monitorar o desempenho contínuo de laboratórios;*
- b) identificar problemas em laboratórios e iniciar ações corretivas que podem ser relacionadas, por exemplo, ao desempenho individual do pessoal ou à calibração do instrumental;*
- c) estabelecer a efetividade e a comparabilidade de novos métodos de ensaios ou de medição e, similarmente, monitorar os métodos estabelecidos;*
- d) fornecer confiança adicional aos clientes do laboratório;*
- e) identificar diferenças interlaboratoriais;*
- f) determinar as características de desempenho de um método – geralmente conhecidas como processos colaborativos;*
- g) atribuir valores para materiais de referência (MR) e avaliar sua adequação para utilização em ensaios específicos ou procedimentos de medição.*

Pode se defender que a realização de comparação interlaboratorial é uma atividade essencial e desejável em todas as classes de laboratórios, pois possibilita a comprovação da competência técnica dos laboratórios envolvidos, analisando a competência de medição na execução de seus serviços, mostrando-se como um instrumento objetivo e eficaz na avaliação de um time de laboratórios.

Dois tipos de comparação interlaboratoriais são amplamente difundidos atualmente a nível mundial: **ensaios de comparação interlaboratorial** e **calibração por comparação interlaboratorial**. Segundo "*Guide to Nata Proficiency Testing*" [G1], o ensaio de comparação interlaboratorial envolve testes concorrentes de amostras em dois ou mais laboratórios e há o cálculo de valores consensuais, oriundos de todos os resultados dos laboratórios participantes, enquanto que no caso de calibração por comparação interlaboratorial, um artefato de teste é distribuído seqüencialmente entre dois ou mais laboratórios participantes, e cada resultado de cada instituição, é comparado a valores de referência conhecidos.

1.2 Ensaio de Proficiência

A Norma ABNT ISO/IEC Guia 43 [N10] denomina **Ensaio de Proficiência** como *uso de comparações interlaboratoriais para o propósito a), isto é, a determinação do desempenho o laboratório para ensaios e medições.*

Tal avaliação, conduzida sob sigilo absoluto, de modo a manter a integridade dos participantes, é uma ferramenta do gerenciamento do nível de confiança dos laboratórios e uma medida de seu desempenho em relação às demais organizações semelhantes. Esse procedimento auxilia os organismos credenciadores na avaliação de laboratórios em relação ao seu escopo de credenciamento.

Ocasionalmente um ensaio de proficiência pode ser nomeado como **Programa Interlaboratorial**, que é um termo muito mais abrangente utilizado para se atingir finalidades como, por exemplo, a compatibilização entre dois resultados, auto-calibração em laboratórios, avaliação de métodos de ensaios, certificação de materiais de referência e a avaliação de desempenho de laboratórios. O planejamento, organização, operacionalização e

interpretação de resultados de um programa interlaboratorial dependem muito da finalidade ao qual ele se destina.

Os organismos de credenciamentos têm dado grande notoriedade e projeção aos ensaios de proficiência, transformando-o num item necessário para que um laboratório obtenha sua acreditação. Seu valor origina-se no feito que os resultados finais de uma medição podem sofrer interferências positivas ou negativas por atos ligados aos passos associados a um ensaio. Muitos erros e falhas podem estar presentes em um procedimento de ensaio e os mesmos possuem grandes chances de serem identificados e sanados através dos ensaios de proficiência.

A participação dos laboratórios em atividades de ensaio de proficiência é um dos mecanismos de controle da qualidade dos resultados previstas na NBR ISO/IEC 17025 – “Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração” [N11]. Os benefícios advindos desta participação em ensaios de proficiência compreendem que o laboratório participante dispõe de uma avaliação externa regular, independente da qualidade de seus resultados e que o mesmo torna-se capaz de comparar o seu desempenho com o de outros laboratórios semelhantes. Além disso, os dados obtidos servem de subsídio para a implementação de ações preventivas para melhoria dos procedimentos do laboratório e alguns estudos podem fornecer informação sobre as características de desempenho de métodos analíticos.

A participação dos laboratórios em atividades de ensaio de proficiência é uma indicação da competência do laboratório para realizar determinados ensaios, sendo, portanto, parte integrante do processo de avaliação e acreditação do laboratório pelo Inmetro. O Inmetro estabelece a Norma NIT-DICLA-026 “Requisitos sobre a Participação dos Laboratórios de Ensaio e de Calibração em Atividades de Ensaio de Proficiência” [N13] que delinea as condições mínimas de participação em atividades de ensaio de proficiência, antes da acreditação.

O Inmetro encoraja a participação dos laboratórios em programas de ensaio de proficiência, no máximo que for possível, como um complemento do processo de avaliação, bem como uma ferramenta para controle e melhoria do desempenho do laboratório. Neste

sentido o Inmetro tem procurado divulgar informações sobre programas disponíveis no Brasil e no exterior.

Além do documento NIT-DICLA-026, o Inmetro propõe um documento de caráter orientativo, nomeado DOQ-CGCRE-005 "Orientações para a Organização de Comparações Interlaboratoriais pelas Comissões Técnicas da Dicla" [D1], que delinea as orientações para a organização de comparações interlaboratoriais pelas comissões técnicas da Divisão de Credenciamento de Laboratórios - DICLA.

Este documento evidencia itens relevantes que devem ser analisados e considerados antes do início de um processo de Ensaio de Proficiência. Dentre estes itens destacam-se:

- Propostas de uma comparação interlaboratorial que podem ser feitas pela Dicla ou por uma comissão técnica permanente. São embasadas na análise das necessidades e resultam num planejamento em longo prazo;
- Grandezas, que são selecionadas de acordo com as medições que são feitas pela maioria dos laboratórios e que sejam significativas entre as desses laboratórios;
- Comissões técnicas ou subcomissões, que devem tomar todas as decisões pertinentes aos programas propostos. Estas ainda devem definir o padrão itinerante a ser utilizado no programa, que laboratórios participarão do mesmo, condições para a participação, tipo de circulação mais adequada, método de medição a ser seguido, que informações complementares devem ser remetidas além dos resultados numéricos, tipo de transporte mais apropriado e cuidados para com o artefato;
- Laboratórios coordenadores, responsáveis pelo acompanhamento da realização da comparação interlaboratorial;
- Padrão itinerante que será escolhido, e que, sempre que possível, deve manter-se estável durante todo o período de medições;
- Laboratórios participantes;
- Laboratórios de Referência;
- Tipo de circulação;
- Cronograma inicial;

- Métodos de medição;
- Embalagens para os padrões itinerantes e o método de transporte dos mesmos;
- Apresentação dos resultados.

Durante a fase de preparação do ensaio de proficiência devem ser tomados cuidados quanto à escolha do laboratório de referência, quanto ao cronograma adotado, forma de transporte de artefatos, embalagem, etc.

O mesmo documento ainda estipula cuidados que devem ser tomados no que tange a execução, a análise dos resultados e os relatórios finais de todo o processo.

1.2.1 Tipos de ensaio de proficiência.

Existem basicamente 6 (seis) tipos de programas de ensaio de proficiência, que podem ser executados, variando com o caráter do ensaio [N10].

O primeiro tipo é chamado de Programa de comparação de medição. O mesmo se consiste de 1 (um) item de ensaio a ser calibrado ou medido, que deverá circular sucessivamente de um participante a outro. Neste, os itens de ensaio são fornecidos por um laboratório de referência, que geralmente possui excelência na medição do item em teste, no país onde o programa será executado. O item de ensaio neste caso deverá apresentar estabilidade do resultado independente do tempo de circulação que o mesmo tenha entre os laboratórios participantes do programa. Os valores individuais de cada laboratório são comparados com o valor de referência estabelecido pelo laboratório de referência. Alguns problemas envolvendo a participação seqüencial são: garantir a estabilidade da amostra, uma vez que este tipo de programa demanda muito tempo; e o estrito monitoramento de sua circulação. Além disso, pode ser difícil comparar os resultados com base no grupo, uma vez que são relativamente poucos os laboratórios cujas capacidades de medição estão próximas entre si.

Já os Programas de valores conhecidos implicam na preparação de um item de ensaio com valores conhecidos do artefato a ser ensaiado, possibilitando a avaliação da competência de um laboratório ensaiar sozinho o item e prover valores numéricos que poderão ser

comparados aos valores versados. Neste gênero de programa não há a necessidade da presença de outros laboratórios.

A terceira espécie de programa pode ser designada como Programa de ensaios de partidas e amostras e consiste, regularmente, num ensaio de proficiência solicitado por clientes de laboratórios e implica a participação de órgãos reguladores. Aqui geralmente o cliente busca um laboratório que proverá o serviço e deseja avaliar mais do que um laboratório. São feitas análises do produto em dois laboratórios e o que apresentar resultado mais coerente poderá servir ao cliente. Caso os laboratórios diverjam nos seus resultados, uma terceira amostra é repassada a um terceiro laboratório que auxiliará na decisão de qual é o mais coerente. Os Programas de ensaios de partidas e amostras envolvem amostras de um produto ou material, divididas em duas ou mais partes, onde cada laboratório participante ensaia uma parte de cada amostra. A utilização deste tipo de programa inclui identificação de baixa precisão, descrevendo tendências consistentes e verificando a eficácia das ações corretivas. Tais programas usualmente exigem a retenção de material suficiente, para que se possam resolver quaisquer diferenças percebidas entre números limitados de laboratórios envolvidos, para análises posteriores em laboratórios adicionais.

Os Programas de ensaios interlaboratoriais caracterizam-se por efetivar uma distribuição de diversas subamostras entre os laboratórios participantes concomitantemente. Após a geração dos resultados, os mesmos são remetidos para a instituição organizadora do programa, que efetuará a comparação com os valores estipulados.

Exemplos de itens de ensaio empregados neste sistema de ensaios incluem alimentos, fluidos corpóreos, água, solos e outros materiais do meio-ambiente. É importante que o lote de itens de ensaio providos aos participantes em cada circulação seja bastante homogêneo, para que quaisquer resultados posteriormente identificados como extremos não sejam atribuídos a qualquer variabilidade significativa do item de ensaio.

Os Programas interlaboratoriais de tipos de ensaios são habitualmente utilizados por organismos de credenciamento, organismos regulamentadores e outras organizações, quando estes utilizam programas no escopo de ensaio.

Quando os programas não incluem processos de comparações interlaboratoriais, um projeto é traçado a fim de checar a capacidade do laboratório identificar diferentes tipos de

materiais. Estes são chamados de Programas qualitativos. Estes programas podem incluir o preparo especial de itens de ensaio com adição do material de interesse, pelo coordenador do programa. Os programas são “qualitativos” em sua natureza, e não necessitam do envolvimento de múltiplos laboratórios ou comparações interlaboratoriais para avaliar o desempenho de ensaio de um laboratório.

O último tipo de programa é designado como Programa de processo-parcial e intenta julgar apenas uma parte do processo de ensaio, como por exemplo, o tratamento de determinado tipo de amostras.

Dentre todos os programas apresentados o programa de comparações de medições é o que mais se ajusta a laboratórios de compatibilidade eletromagnética, onde um artefato padrão teria seus valores conhecidos, determinados previamente por um laboratório de referência. Este item é então remetido para os laboratórios participantes, que após terem realizado seus ensaios, retornariam seus resultados ao organismo coordenador do programa para a verificação de convergência dos resultados com o valor designado.

1.2.2 Laboratórios Participantes.

Para execução do tipo de programa escolhido, no mínimo dois laboratórios seriam necessários para que o trabalho fosse realizado. Um dos laboratórios, já era conhecido. Ligado ao Grupo de Engenharia de Compatibilidade Eletromagnética - GEMCO, o Maglab – Laboratório de Eletromagnetismo e Compatibilidade Eletromagnética – pertencente ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado em Florianópolis, seria um dos laboratórios participantes da comparação. Na escolha do segundo laboratório procurou-se um laboratório que já possuísse grande experiência e reconhecimento na área de compatibilidade eletromagnética, e que de preferência já fosse acreditado junto ao organismo de acreditação, para as normas que seriam ensaiadas. Para participar do programa foi então convidado o Instituto de Pesquisas Eldorado, associação sem fins econômicos, instalada no município de Campinas, São Paulo, que atendia todas as peculiaridades almejadas para participação da comparação interlaboratorial junto ao Maglab.

1.2.3 Comissões Técnicas e Laboratório Coordenador.

Normalmente, as comparações interlaboratoriais são realizadas com o auxílio de uma comissão técnica e de um laboratório coordenador. No Brasil, estas comissões e laboratórios coordenadores são usualmente sugeridos pelo Inmetro, entretanto, no âmbito de compatibilidade eletromagnética, como já citado anteriormente na introdução deste trabalho, não há conhecimento da presença de instituições que possuam perícia para desenvolver este tipo de acompanhamento no país.

A rede mundialmente reconhecida por ser uma base de dados de esquemas e características de ensaios de proficiência, chamada EPTIS (*“European Proficiency Tests Information System”*), apresenta apenas 1 (um) laboratório capaz de coordenar comparações interlaboratoriais na área de compatibilidade eletromagnética. Este laboratório, conhecido como EUROLAB é francês e está alocado em Paris.

As comissões técnicas foram constituídas pelos integrantes de ambas as Instituições participantes do programa e estes definiram:

- os padrões itinerantes (artefatos) utilizados no programa;
- quais laboratórios participaram do programa;
- condições para a participação;
- tipo de circulação mais adequada a ser utilizada;
- método de medição a ser seguido pelos laboratórios participantes;
- informações complementares que deveriam ser enviadas além dos resultados numéricos;
- padronização do formulário para registro das medições;
- tipo de transporte mais apropriado para o padrão itinerante e para a documentação;
- necessidade de acompanhamento do padrão itinerante por um membro do laboratório remetente;
- cuidados a serem observados para a proteção, embalagem e transporte do padrão;

Os laboratórios coordenadores do processo de comparação interlaboratorial foram as próprias instituições integrantes do programa, isto é, o Laboratório Maglab – UFSC e o Instituto de Pesquisas Eldorado.

1.2.4 Artefatos ou padrões de referência.

Todas as normas, tanto nacionais quanto internacionais, associadas a ensaios de proficiência são muito exigentes no que se refere aos artefatos que serão utilizados nas comparações. Uma vez que os mesmos podem apresentar diferenças substanciais nas incertezas referentes à medição dos laboratórios participantes, estes devem ser cuidadosamente escolhidos.

Peculiaridades almejadas em um artefato utilizado num ensaio de proficiência são: alta resolução, boa repetibilidade, boa estabilidade e um erro que seja relevante o suficiente para aparecer nos testes em todos os laboratórios. Para assegurar a estabilidade de um artefato, sugere-se que o mesmo seja calibrado pelo menos no início e no final de sua circulação pelos laboratórios. Para artefatos cujos valores podem variar durante o curso de um programa, calibrações mais freqüentes e verificações podem ser necessárias.

Quando se discute sobre o artefato a ser utilizado no projeto, não se pode omitir a menção a homogeneidade da amostra a ser escolhida. Segundo a Norma ASTM E 826-85 [N14] homogeneidade definida na prática, *é a diferença estatisticamente aceitável entre as médias de corpos de prova em teste.*

Entende-se ainda por homogeneidade a uniformidade de composição ou estrutura do material, com respeito à propriedade de interesse. A necessidade de garantir ou certificar-se da homogeneidade do material é fundamental, pois este material deve ser enviado aos participantes do programa e os resultados devem apresentar somente a incerteza de medição. Um determinado artefato pode ser considerado homogêneo, para uma determinada propriedade, se o valor desta, obtido através de amostras representativas, ficar situado na faixa de incerteza considerada satisfatória, compatível com a finalidade a que se destina o artefato em questão. Uma das maneiras de se garantir a homogeneidade é realizar diversos testes repetitivos de forma a verificar se a amostra está apresentando continuamente o mesmo resultado.

Os padrões itinerantes escolhidos e/ou desenvolvidos para a comparação interlaboratorial foram selecionados de acordo com as necessidades de cada teste para sua respectiva norma. Os padrões itinerantes utilizados foram:

- NE3000 - Emissor de ruído eletromagnético para comparação. Um equipamento que gera um ruído conhecido possibilitando averiguação das medidas nos equipamentos;
- Gerador de harmônicos de características conhecidas desenvolvido especialmente para o programa;
- Gerador de Flicker de características conhecidas desenvolvido especialmente para o programa;
- Dispositivo sensível aos ensaios de imunidade, que aponta os níveis que este dispositivo é submetido nos ensaios de imunidade, desenvolvido especialmente para o programa de comparação interlaboratorial.

Maiores descrições da criação e características dos artefatos empregados no programa de comparação interlaboratorial são apresentadas no capítulo III.

1.2.5 Grandezas envolvidas.

As grandezas selecionadas que foram analisadas na comparação interlaboratorial foram apresentadas na introdução da presente dissertação. O plano inicial ainda incluía as Normas CISPR 14 – "*Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus*" [N15], CISPR 15 – "*Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment*" [N16] e IEC 61000-4-11 – "*Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*" [N17]. Entretanto, devido a dificuldades com o prazo para cumprimento do programa, atraso na chegada de equipamentos importados e problemas de configuração de alguns ensaios, estas normas acabaram sendo descartadas do programa.

1.2.6 Decisões.

As decisões finais, tomadas pela comissão técnica, foram discutidas e determinaram os seguintes itens propostos:

1.2.6.1 Laboratório de Referência.

Como o trabalho será pioneiro no que tange a quantidade de normas na área de compatibilidade eletromagnética, não há presença de laboratório de referência no projeto de comparação interlaboratorial.

1.2.6.2 Tipo de Circulação.

Resolveu-se optar por um padrão de circulação onde os padrões itinerantes circularam entre os laboratórios, um de cada vez. Definiu-se o tipo de norma que seria atendida primeiramente e o tipo de padrão itinerante que seria utilizado na mesma. Este foi empregado na medição em um dos laboratórios participantes para que então posteriormente, após a conclusão destas medições, o padrão fosse usado nas medições do laboratório seguinte. Seguiu-se assim sucessivamente, até que todos os tipos de medições fossem realizados, atendendo a todas as normas envolvidas.

1.2.6.3 Cronograma Inicial.

O cronograma empregado no programa encontra-se em anexo.

1.2.6.4 Métodos de Medição.

Cada instituição já possuía seu próprio tipo de procedimento, dentro dos padrões estabelecidos pelas normas vigentes, que foi seguido em cada modelo de ensaio realizado. Logo, cada laboratório seguiu os seus padrões de procedimento para que posteriormente, caso houvessem divergências nos resultados obtidos, estes fossem discutidos a fim de que se analisasse se os métodos de medição interfeririam ou não nestes resultados.

1.2.6.5 Embalagem do padrão itinerante

A embalagem do padrão itinerante estabelecida dependeu de cada artefato transportado. Como os padrões não necessitam de controles rigorosos quanto à temperatura, durante o transporte não foi necessário o acoplamento de um termômetro ou qualquer outro item de controle à embalagem. Os padrões itinerantes foram transportados em caixas de papelão, sempre protegidos por isopor e plástico bolha para que não estivessem susceptíveis a choques e percalços. Esta embalagem sempre continha os dados completos de ambas as

instituições de maneira clara. A expressão "Cuidado, material frágil!", também esteve sempre que possível presente na caixa. Junto da embalagem sempre foram dois formulários (modelos em anexo), um referente à expedição e outro ao recebimento do padrão. Estes dois sempre acompanharam o material para que se realizasse um controle do transporte dos padrões que estivessem sendo enviados. Assim que o material chegava ao seu destino, o laboratório recebedor do padrão preenchia o formulário de recebimento, e enviava-o por fax, correio eletrônico ou ainda a um representante do laboratório remetente.

1.2.6.6 Apresentação dos resultados

A apresentação dos resultados foi realizada através de relatórios parciais relacionados a cada tipo de ensaio, referente à sua norma específica. Os relatórios parciais continham sempre as informações necessárias relevantes para a comparação do ensaio que tivesse sido executado. Os dados de cada teste foram mantidos em sigilo até que a comparação fosse realizada. Isto é, o laboratório que realizava primeiramente o ensaio ocultou os dados obtidos, até que o laboratório seguinte tivesse realizado o mesmo teste e já estivesse de posse de todos os resultados. Posteriormente a comparação de ambos foi realizada para que a análise dos resultados fosse então elaborada.

1.2.7 Preparação

A preparação consiste-se nos seguintes sub-itens apresentados a seguir.

1.2.7.1 Laboratório de referência

Como neste processo de comparação interlaboratorial não foi definido um laboratório de referência, todos os dados foram comparados diretamente com os valores nominais fornecidos pelos padrões itinerantes. Uma vez que os valores emitidos pelos padrões eram de nosso conhecimento, teve-se como efetuar a comparação dos resultados medidos com os padrões. Logo os valores de referência foram obtidos dos próprios padrões itinerantes utilizados no procedimento. Os valores de referência foram considerados como os valores verdadeiros convencionais.

1.2.7.2 Laboratórios participantes

Os participantes deveriam preparar o laboratório para a realização das medições na data prevista, cuidando para que não ocorressem atrasos no cronograma. O laboratório deveria selecionar o operador para a realização das medições e este deveria possuir conhecimento dos procedimentos de medição praticados pelo laboratório.

1.2.7.3 Laboratório coordenador

Não há presença de nenhum laboratório externo coordenador do projeto. A coordenação ficou ao encargo das instituições participantes do programa de comparação interlaboratorial e estas cuidaram do preparo dos métodos de medição, de transporte, embalagem, etc.

1.2.8 Execução

Foi essencial que os laboratórios mantivessem um controle permanente do andamento da comparação, para que fosse possível uma tomada de ações necessárias. O acompanhamento do cronograma de circulação se deu através do recebimento de formulários de controle criados para o programa, cujo modelo encontra-se nos anexos da dissertação. Os mesmos destinavam-se a confirmar a chegada do padrão itinerante em um laboratório e o seu envio ao laboratório seguinte. O laboratório participante, ao receber o padrão itinerante, realizava uma cuidadosa inspeção para verificar a existência de algum dano físico ou deficiência que poderia vir a invalidar os resultados das medições e registrá-la no formulário "Controle de Recebimento do Padrão", enviando-o ao laboratório remetente do padrão. Em todas as etapas do Programa, o presente autor da dissertação esteve envolvido no recebimento e envio dos padrões, realizando visitas ao outro laboratório participante da comparação e preenchendo os formulários pertinentes a circulação dos artefatos.

Os responsáveis pela comparação, supervisionaram a execução das medições, informando ao executor sobre os métodos de medição e solicitaram a este que observasse a existência de alguma dificuldade ou anomalia, que deveria ser relatada junto dos resultados.

Após a conclusão das medições, o responsável pela comparação tomou os cabíveis cuidados para que o padrão fosse embalado conforme os métodos estabelecidos e

encaminhado ao laboratório seguinte na data prevista. Era de responsabilidade do mesmo também informar sobre o envio da embalagem com o artefato e o meio de transporte utilizado. O laboratório ainda precisou enviar o formulário “Controle de expedição do Padrão” ao laboratório seguinte.

Os participantes necessitaram realizar o envio de seus resultados um para o outro no prazo de até duas semanas após a finalização de seus processos de medição. Estes eram enviados no formato padrão de cada laboratório. Caso os relatórios não contivessem todas as informações necessárias e relevantes ao ensaio, as mesmas eram solicitadas ao laboratório. Quaisquer problemas ou atrasos no andamento das medições ou no envio do padrão itinerante foram imediatamente comunicados ao outro laboratório participante.

Os resultados careciam então de serem comparados com os valores de referência. Se algum resultado se mostrasse inaceitável ou obviamente errado, o laboratório deveria ser informado e a causa imediatamente investigada, através da procura de problemas como erro nos passos de medidas, procedimento de medição incorreto, padrão de medição fora da calibração, fatores de influência ou condições ambientais impróprias, etc. Se as condições climáticas permitissem, novas medições eram realizadas após a correção do erro. Não foi descartada também a possibilidade do padrão itinerante estar apresentando problemas em sua operação ou encontrar-se descalibrado.

1.2.9 Análise dos resultados

Os laboratórios analisaram em conjunto os resultados para determinar o desempenho de ambos e identificar qual deles apresentou medição mais aceitável. Isto foi feito comparando-se cada resultado de medição com o valor do padrão itinerante, quando este era conhecido. Se os resultados de ambos os laboratórios diferissem significativamente deste valor de referência, de modo que indique claramente uma mesma tendência, pode-se considerar que o valor de referência variou durante as medições.

Segundo o documento orientativo DOQ-CGCRE-5 [D1], um método conveniente para o julgamento da qualidade de um resultado de medição é realizado através do cálculo do erro normalizado, em relação à incerteza.

$$E_N = \frac{\text{resultado do laboratório} - \text{valor do padrão de referência}}{((U_{\text{lab}})^2 + (U_{\text{ref}})^2)^{1/2}} \quad (1.1)$$

Onde:

- E_N = Erro normalizado
- U_{lab} = Incerteza do laboratório
- U_{ref} = Incerteza do padrão itinerante

“Valores de E_N menores que a unidade indicam que a medição é aceitável, isto é, o erro está dentro da incerteza de medição do laboratório. Quando os dois laboratórios apresentam incertezas similares, o método de análise deveria ser aprimorado com a utilização de técnicas estatísticas” [D1].

Os resultados dos laboratórios foram colocados em tabelas e indicam a incerteza total da medição contendo o valor medido.

Para os casos em que o valor de referência não era conhecido, se estabeleceu uma comparação direta entre os resultados obtidos em ambos os laboratórios e se assumiu as incertezas de cada sistema de medição. Nesse caso, depois de efetuada a comparação, foram efetuadas as conclusões conforme os dados obtidos nos ensaios.

Os laboratórios não credenciados deveriam emitir seus próprios documentos com suas incertezas peculiares.

Deveram ser relatadas também quaisquer dificuldades ou anormalidades verificadas por ocasião das medições. Quaisquer desvios dos procedimentos estabelecidos devem ser justificados pelo laboratório.

1.2.10 Relatório final

Baseada nos resultados obtidos e em suas análises foi realizada, então, a presente dissertação de mestrado onde constam:

- Título;
- Laboratórios envolvidos;

- Introdução;
- Objetivos;
- Metodologias aplicadas (de preferência com figuras ou fotos ilustrativas);
- Valores de referência utilizados;
- Resultados das medições de cada laboratório na forma de tabela e gráficos;
- Incertezas de todas medições;
- Análise dos Resultados na forma escrita e gráfica;
- Conclusão (nesta foram tecidos comentários sobre os resultados que foram considerados inaceitáveis, bem como sobre ações corretivas que tenham sido tomadas pelos laboratórios).

Após esta apresentação de todo o processo de comparação interlaboratorial, serão apresentadas todas as informações pertinentes a cálculos de incerteza em compatibilidade eletromagnética. Assunto essencial para realização do ensaio de proficiência entre os laboratórios, uma vez que a estimativa do erro normalizado está diretamente ligado à incerteza associada a cada ensaio.

Capítulo II

2.0 CÁLCULO DE INCERTEZA

Os ensaios de compatibilidade eletromagnética estão baseados praticamente em um processo de execução de medições. Quando uma medida é realizada, o resultado nunca contém o valor exatamente verdadeiro [G2]. Um valor que seja medido e que provavelmente irá constar em um relatório, inevitavelmente, se diferenciará do valor verdadeiro por alguma quantia, quantia esta que seria, desejavelmente, pequena. Isso é válido, independentemente do tipo de grandeza que esteja sendo medida, seja ela tempo, tensão, comprimento ou qualquer outro parâmetro, simples ou complexo. A compatibilidade eletromagnética não se diferencia nesse aspecto, mas o cálculo de incerteza nesta ciência é muito mais complexo do que na maioria das demais áreas, devido a inúmeros fatores consideravelmente implicantes. Dentre eles, pode-se destacar que o equipamento que está sendo testado não é especificamente projetado para o teste que será executado. Não há uma conexão de porta para compatibilidade eletromagnética. Assim como também, os métodos de testes comumente incluem fatores de configuração do ensaio que podem afetar a medida. É importante também ressaltar que os equipamentos de ensaio são complexos por si próprios e envolvem diversos componentes separados, que, entretanto, estão interconectados entre si. Outros itens que merecem destaque são as grandezas envolvidas, que podem ser campos eletromagnéticos, variando no espaço, capazes ainda de serem transientes ou contínuos.

Segundo a Norma NBR ISO 17025, "Requisitos Gerais para a Competência de Laboratório de Ensaio e Calibração" [N11], laboratórios de ensaio acreditados têm a obrigatoriedade de conhecer suas incertezas e relatá-las sempre que estas forem relevantes no resultado final. Entretanto, mesmo que o laboratório não seja acreditado, conhecer os processos dos cálculos de suas incertezas nos seus resultados é conveniente. Uma vez que as contribuições tenham sido identificadas, medidas podem ser tomadas de forma a minimizá-las no procedimento de teste. Em contrapartida, pode ficar evidente que algumas contribuições possam ser ampliadas, através da negligência dos equipamentos ou procedimentos, sem afetar o nível de incerteza de forma geral.

Um laboratório deve também estar ciente se sua incerteza tem ou não tem a probabilidade de afetar os resultados dos seus testes: se um resultado está muito próximo de algum limite especificado, a instituição não será hábil em realizar uma declaração definitiva de aprovação ou reprovação de um determinado equipamento.

Num primeiro subcapítulo serão incluídos a discussão de conceitos básicos da identificação de contribuições relevantes e seus cálculos de incerteza total. Nas demais seções estes conceitos serão aplicados a ensaios de compatibilidade eletromagnética.

2.1 Conceitos básicos

Neste subcapítulo serão apresentados conceitos importantes e definições básicas no cálculo de incerteza. Os mesmos foram estudados e utilizados na obtenção dos valores posteriormente apresentados nesta dissertação nos capítulos futuros. Estes conceitos foram todos retirados do "Guia para a Expressão da Incerteza da Medição" [G3], que é a versão brasileira do guia "*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*".

2.1.1 Definições

- a) Medição: É a determinação do valor do mensurando. Em geral, o resultado de uma medição é somente uma aproximação ou estimativa do valor verdadeiro e, assim, só é completa quando acompanhada pela incerteza dessa estimativa;

- b) Incerteza de Medição: Parâmetro, associado ao resultado de uma medição, que caracteriza a dispersão dos valores que podem ser razoavelmente atribuídos ao mensurando;

- c) Efeitos Aleatórios: São a causa de variações em observações repetidas do mensurando. Origina-se de mudanças temporais ou espaciais, estocásticas ou imprevisíveis das grandezas. Embora não seja possível eliminar o erro causado por estes, esse erro pode ser reduzido aumentando-se o número de observações;

d) Efeitos Sistemáticos: São responsáveis pelo “*offset*” entre o valor verdadeiro e o valor medido. Origina-se do método de medição adotado. Embora, como o erro aleatório, este não possa ser eliminado, podemos reduzi-lo pela aplicação de correções ou fatores de correção;

e) Avaliação do Tipo A: Método de avaliação da incerteza através da análise estatística de uma série de observações;

f) Avaliação do Tipo B: Método de avaliação da incerteza por outros meios que não a análise estatística de uma série de observações;

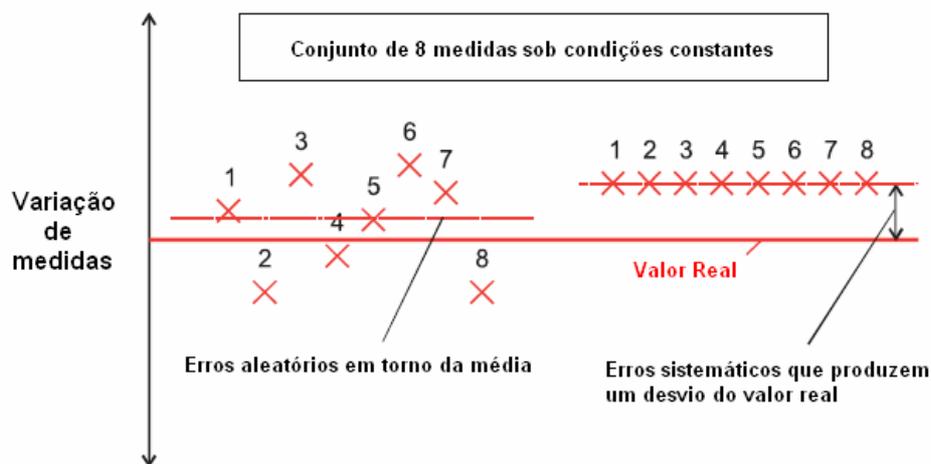


Figura 2.1 – Efeitos aleatórios e sistemáticos

g) Incerteza Padrão Combinada: incerteza padrão do resultado de uma medição quando este resultado é obtido por meio dos valores de várias outras grandezas, sendo igual à raiz quadrada positiva de uma soma de termos, sendo estes as variâncias e/ou covariâncias destas outras grandezas, ponderadas de acordo com quanto o resultado da medição varia com mudanças nestas grandezas. É a combinação das incertezas do Tipo A e do Tipo B;

- h) Graus de Liberdade: é o número de termos em uma soma menos o número de restrições aos termos da soma;
- i) Nível de Confiança: é o valor da probabilidade associada com um intervalo de confiança ou um intervalo estatístico de abrangência;
- j) Fator de Abrangência: fator numérico utilizado como um multiplicador da incerteza padrão combinada de modo a obter uma incerteza expandida;
- l) Incerteza Expandida: grandeza que define um intervalo, em torno do resultado de uma medição, com o qual se espera abranger uma grande fração da distribuição dos valores que possam ser razoavelmente atribuídos ao mensurando.

2.1.2 Avaliação dos padrões de incerteza Tipo A e Tipo B

A avaliação do Tipo A da incerteza padrão pode ser aplicada em casos onde tenham sido feitas várias observações independentes sob condições de repetitividade. Caso haja suficiente resolução no processo de medição, haverá uma dispersão ou espalhamento observável nos valores obtidos.

A melhor estimativa de uma grandeza x_i que varia aleatoriamente é a média aritmética das n observações:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik} \quad (2.1)$$

As observações individuais x_{ik} diferem em valor por causa de variações aleatórias (efeitos aleatórios). Para caracterizar esta variação dos valores ou, mais especificamente, sua dispersão em torno de sua média, calcula-se o desvio padrão experimental:

$$s(x_{ik}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \quad (2.2)$$

O desvio padrão é uma pré-determinação da incerteza, pois, à medida que aumentamos a quantidade de medições, conseguimos reduzi-la. Esta redução é proporcional à raiz quadrada do número de observações. Assim, a incerteza padrão será igual ao desvio padrão experimental da média:

$$u(x_i) = \frac{s(x_{ik})}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

A avaliação do Tipo B da incerteza padrão é utilizada quando a estimativa do valor de uma grandeza é realizada por outros meios que não a análise estatística de uma série de observações. A incerteza padrão é então avaliada pelo julgamento científico baseado em todas as informações disponíveis sobre a variabilidade dessa grandeza. Estes outros meios são:

- a) Dados de medições;
- b) Experiência ou conhecimento geral do comportamento e propriedades de materiais e instrumentos relevantes;
- c) Especificações do fabricante;
- d) Dados provenientes de certificados de calibração e de outros certificados;
- e) Incertezas atribuídas aos dados de referência provenientes de manuais ou publicações.

Existem, basicamente, dois casos distintos de avaliação do Tipo B. No primeiro caso somente um único valor é conhecido para a grandeza x_i , por exemplo, uma única medida, um valor resultante de uma medição anterior, um valor de referência da literatura, ou um valor de correção. A incerteza padrão associada a este valor deve ser adotada quando fornecida. Se dados dessa natureza não estão disponíveis, a incerteza deve ser avaliada com base na experiência.

O segundo caso ocorre quando somente os limites, superior (L_s) e inferior (L_i), podem ser estimados para o valor da grandeza x_i . Uma distribuição de probabilidade, com densidade de probabilidade constante entre esses dois limites (distribuição de probabilidade retangular),

deve ser suposta para a possível variabilidade desta. Deste modo o valor estimado da grandeza x_i será determinado da seguinte forma:

$$x_i = \frac{(L_s + L_i)}{2} \quad (2.4)$$

E a incerteza então será:

$$a_s = L_s - x_i \quad (2.5)$$

$$a_i = x_i - L_i \quad (2.6)$$

$$a = \frac{(a_s + a_i)}{2} \quad (2.7)$$

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (2.8)$$

A distribuição retangular é uma descrição razoável, em termos de probabilidade, do conhecimento inadequado sobre a grandeza x_i na ausência de qualquer outra informação que não os limites de variabilidade. Mas se é sabido que valores da grandeza em questão, próximos ao centro do intervalo de variabilidade são mais prováveis do que valores próximos aos limites, uma distribuição triangular ou normal pode ser considerado um modelo melhor. Por outro lado, se os valores próximos aos limites são mais prováveis do que valores próximos ao centro, uma distribuição em forma-de-U pode ser mais apropriada.

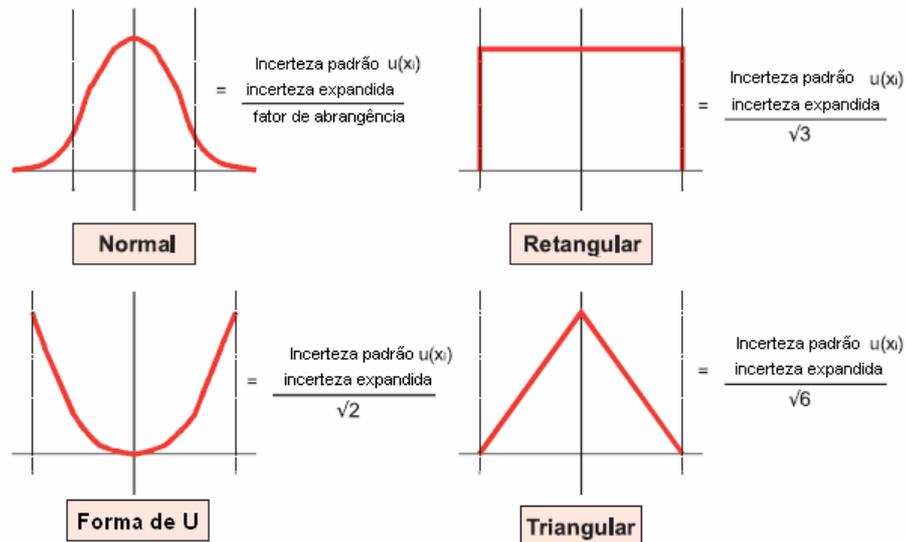


Figura 2.2 – Modelos de distribuições considerados na estimativa de incerteza

2.1.3 Determinando a incerteza padrão combinada e a incerteza expandida.

A incerteza padrão combinada é obtida pela combinação apropriada de incertezas padrão do Tipo A e do Tipo B, e é dada por:

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^c (c_i * u(x_i))^2} \quad (2.9)$$

Na equação acima c_i , denominado coeficiente de sensibilidade, descreve como o valor do mensurando varia com alterações nos valores das grandezas do sistema de medição. Simplificando, serve para converter a unidade dessa grandeza para a unidade do mensurando. É calculado pela derivada parcial da função (modelo matemático) em relação a variável que se deseja converter.

Embora a incerteza padrão combinada possa ser universalmente usada para expressar a incerteza de um resultado de medição, em algumas aplicações comerciais, industriais, regulamentadoras (IEC/CISPR 16-4-2 [N18]) e quando a saúde e a segurança estão em questão, é muitas vezes necessário fornecer uma medida de incerteza. Esta deverá definir um intervalo em torno do resultado da medição com o qual se espera abranger uma extensa

fração da distribuição de valores, que poderiam ser razoavelmente atribuídos ao mensurando. A medida adicional de incerteza que satisfaz o requisito acima é denominada incerteza expandida **U_p**, e é obtida multiplicando-se a incerteza padrão combinada por um fator de abrangência **k_p** de acordo com o nível de confiança **p** requerido:

$$U_p = k_p * u_c \quad (2.10)$$

2.1.4 Graus de liberdade, nível de confiança e fator de abrangência.

Os graus de liberdade **v_i** são iguais a **n-1** para uma grandeza única estimada pela média aritmética de **n** observações independentes.

O fator de abrangência **k_p** é o inverso da distribuição de *student*, onde **k_p**=2 para um nível de confiança de aproximadamente 95% e graus de liberdade **v_i** ->∞. A distribuição desta variável pode ser aproximada por uma distribuição de *student*, utilizando graus de liberdade efetivos obtidos da chamada fórmula de *wech-satterthwaite*:

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^c \frac{u(x_i)^4}{v_i}} \quad (2.11)$$

Com posse do valor do grau de liberdade efetivo **v_{eff}** pode-se determinar o fator de abrangência **k_p** para qualquer nível de confiança estipulado. O valor de **k_p** pode ser encontrado em tabelas ou, substituindo-se na função densidade de probabilidade da distribuição de *student*, o valor de **v_{eff}** e o valor de **p**.

2.2 Exemplos de Fontes relevantes para estimativa da incerteza em compatibilidade eletromagnética.

Nesta parte da dissertação são apresentados exemplos de fontes de incerteza para dois tipos de ensaios. Um ensaio de emissão eletromagnética conduzida, utilizando uma rede

artificial de impedâncias – LISN, e um ensaio de susceptibilidade radiada utilizando uma célula GTEM. Estas fontes, conforme texto citado anteriormente neste artigo, são provenientes de desvios, do “Manual de incerteza para compatibilidade eletromagnética” [G2], manuais e certificados de calibrações dos equipamentos utilizados nas medições, e da norma [N18], que possibilitam a verificação dos fatores relevantes que devem ser considerados na estimativa da incerteza da medição. As fontes a seguir apresentadas foram retiradas do artigo “Cálculo de Incerteza para Compatibilidade Eletromagnética” [P2], apresentado no ano de 2007, e desenvolvido pelo autor em conjunto com membros do GEMCO – Grupo de Engenharia de Compatibilidade Eletromagnética, do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

2.2.1 Fontes relevantes para a estimativa da incerteza em ensaios de emissão eletromagnética conduzida utilizando LISN (para mais informações sobre LISN consultar item 3.1.1.2 do presente trabalho).

Neste ensaio as seguintes fontes de incerteza são consideradas:

- a) LISN-Receiver Atenuação: erro oriundo de perdas no cabo e do limitador de pulso. Adotou-se o erro do limitador de pulso devido ao fato das perdas no cabo serem desprezíveis. Valor retirado da folha de dados do limitador;
- b) Fator de Transdução LISN: erro proveniente da atenuação interna da LISN. Valor retirado do certificado de calibração da LISN;
- c) Exatidão do Receiver - Sinais Senoidais: erro, do detector que está sendo analisado, com relação a sinais contínuos. Valor retirado do manual do Receiver;
- d) Exatidão do Receiver - Amplitude do Pulso: erro, do detector de Pico ou do detector de Quase-Pico, com relação à amplitude de sinais descontínuos. Valor retirado do manual do receiver;

e) Exatidão do Receiver – Repetição do Pulso: erro, do detector de Quase-Pico, com relação à taxa de repetição de sinais descontínuos. Valor retirado do manual do receiver;

f) Ruído de Fundo: erro devido a ruídos do sistema de medição. Desprezível em relação às outras fontes;

g) Impedância LISN: erro devido à variação da impedância de entrada da LISN. Adotou-se o valor de referência da norma CISPR 16-4-2 [N18];

h) LISN-Receiver Casamento: erro do casamento de impedância entre a saída da LISN e a entrada do Receiver. É modelado da seguinte maneira:

$$a = 20 * \log(1 - (|\Gamma_1| * |\Gamma_2|)) \quad (2.12)$$

onde Γ_1 e Γ_2 são os coeficientes de reflexão de tensão, no final do cabo, do Receiver e da LISN. Se não forem fornecidos, estes podem ser determinados com relação ao VSWR (Voltage Standing Wave Ratio – pode ser definido como um indicador de quantidade de sinal refletida de volta ao transmissor em um circuito RF [S3]):

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2.13)$$

Valor do VSWR do receiver retirado do manual deste;

i) Reprodutibilidade do Sistema de Medição: avaliação estatística das medições realizadas no mensurando.

2.2.2 Fontes relevantes para a estimativa da incerteza em ensaio de susceptibilidade radiada utilizando uma célula GTEM (para mais informações sobre GTEM consultar item 3.1.2.2 do presente trabalho).

Na estimativa da incerteza neste tipo de ensaio as fontes de incerteza que devem ser consideradas são:

- a) Monitor do Nível de Campo: incerteza na leitura da Ponteira Isotrópica do nível de campo do ensaio. Valor retirado da folha de dados da Ponteira Isotrópica;
- b) Tolerância do Nível de Campo: incerteza devido à tolerância do nível de campo aceitável configurada no software. Valor retirado do arquivo do software;
- c) Desvio da Fonte de Sinal: incerteza na saída do amplificador devido a desvios na saída do gerador de sinais e no ganho do amplificador. Valor retirado da folha de dados do gerador;
- d) Harmônicas do Amplificador: incerteza devido à presença de harmônicas na saída do amplificador. Valor retirado do documento EMC Measurement Uncertainty a Handy Guide [G2];
- e) Antena-EUT Acoplamento: incerteza devido à variação no campo causada pela presença do EUT. Desprezível em relação às outras fontes;
- f) Efeito de Distúrbios na Uniformidade do Campo: incerteza causada por objetos não presentes durante a calibração como, por exemplo, suportes para o EUT. Desprezível em relação às outras fontes;
- g) Reprodutibilidade do Sistema de Medição: avaliação estatística das medições realizadas no mensurando. Desprezível em relação às outras fontes.

2.3 Exemplo de cálculo da incerteza da medição em compatibilidade eletromagnética.

Abaixo estão apresentados os dados e cálculos de uma análise, de EMI Conduzida utilizando LISN e detector de Quase-Pico, feita em um ponto, na linha fase, de uma fonte de alimentação desenvolvida em laboratório com frequência igual a 1MHz.

a) LISN-Receiver Atenuação: erro de $\pm 0,3$ dB. Distribuição retangular.

$$\begin{aligned}
 a_s &= 0,3 \\
 a_i &= -0,3 \\
 a &= \frac{(a_s - a_i)}{2} = \frac{(0,3 - (-0,3))}{2} = 0,3 \\
 u(x_1) &= \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0,3}{\sqrt{3}} \cong 0,17dB
 \end{aligned}$$

b) Fator de Transdução LISN: Erro de $\pm 0,75$ dB. Distribuição normal.

$$\begin{aligned}
 a_s &= 0,75 \\
 a_i &= -0,75 \\
 a &= \frac{(a_s - a_i)}{2} = \frac{(0,75 - (-0,75))}{2} = 0,75 \\
 u(x_2) &= \frac{a}{2} = \frac{0,75}{2} = 0,375dB
 \end{aligned}$$

c) Exatidão do Receiver - Sinais Senoidais: erro de $\pm 1,0$ dB. Distribuição retangular.

$$\begin{aligned}
 a_s &= 1,0 \\
 a_i &= -1,0 \\
 a &= \frac{(a_s - a_i)}{2} = \frac{(1,0 - (-1,0))}{2} = 1,0 \\
 u(x_3) &= \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{1,0}{\sqrt{3}} \cong 0,58dB
 \end{aligned}$$

d) Exatidão do Receiver - Amplitude do Pulso: Erro de $\pm 1,0$ dB. Distribuição retangular.

$$\begin{aligned}
 a_s &= 1,0 \\
 a_i &= -1,0 \\
 a &= \frac{(a_s - a_i)}{2} = \frac{(1,0 - (-1,0))}{2} = 1,0 \\
 u(x_4) &= \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{1,0}{\sqrt{3}} \cong 0,58dB
 \end{aligned}$$

e) Exatidão do Receiver – Repetição do Pulso: erro de $\pm 2,0$ dB. Distribuição retangular.

$$\begin{aligned}
 a_s &= 2,0 \\
 a_i &= -2,0 \\
 a &= \frac{(a_s - a_i)}{2} = \frac{(2,0 - (-2,0))}{2} = 2,0 \\
 u(x_5) &= \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{2,0}{\sqrt{3}} \cong 1,15dB
 \end{aligned}$$

f) Ruído de Fundo: erro de ± 0 dB.

$$u(x_6) = 0dB$$

g) Impedância LISN: erro de $\pm 2,7$ dB. Distribuição Triangular.

$$\begin{aligned}
 a_s &= 2,7 \\
 a_i &= -2,7 \\
 a &= \frac{(a_s - a_i)}{2} = \frac{(2,7 - (-2,7))}{2} = 2,7 \\
 u(x_7) &= \frac{a}{\sqrt{6}} = \frac{2,7}{\sqrt{6}} \cong 1,10dB
 \end{aligned}$$

h) LISN-Receiver Casamento: VSWR(dB) do Receiver igual a 1,4. Deve-se assumir o pior caso para a LISN, onde seu coeficiente de reflexão de tensão gira em torno de 0,9. Distribuição em forma-de-U.

$$\Gamma_1 = \frac{VSWR-1}{VSWR+1} = \frac{1,4-1}{1,4+1} \cong 0,17$$

$$\Gamma_2 = 0,9$$

$$a = 20 * \log(1 - (|\Gamma_1| * |\Gamma_2|)) =$$

$$a = 20 * \log(1 - (0,17 * 0,9)) \cong -1,58$$

$$u(x_8) = \frac{a}{\sqrt{2}} = \frac{-1,58}{\sqrt{2}} \cong -1,12dB$$

i) Reprodutibilidade do Sistema de Medição: medição realizada com n=10 observações do valor do mensurando. Distribuição normal.

K	X _{10k} (dB)	K	X _{10k} (dB)
1	29,98	6	30,00
2	29,86	7	30,48
3	30,00	8	30,46
4	29,82	9	30,46
5	30,32	10	30,52

Tabela 2.0 – Reprodutibilidade do sistema de medição para 10 medidas e suas leituras.

$$\begin{aligned}\bar{x}_{10} &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{10k} = \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} x_{10k} = 30,19dBuV \\ s(x_{10k}) &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_{10k} - \bar{x}_{10})^2} = \\ s(x_{10k}) &= \sqrt{\frac{1}{10-1} \sum_{k=1}^{10} (x_{10k} - 30,19)^2} \cong 0,28dB \\ u(x_9) &= \frac{s(x_{10k})}{\sqrt{n}} = \frac{0,28}{\sqrt{10}} \cong 0,09dB\end{aligned}$$

j) Incerteza Padrão Combinada: foi adotado, para todas as componentes da incerteza combinada, coeficiente de sensibilidade igual a 1.

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^C (c_i * u(x_i))^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (c_i * u(x_i))^2} \cong 2,16dB$$

l) Graus de Liberdade: para as avaliações do Tipo B, adota-se grau de liberdade infinito. Para a avaliação do Tipo A, o grau de liberdade é igual a:

$$v_{10} = n - 1 = 10 - 1 = 9$$

Assim, o valor do grau de liberdade efetivo do mensurando é:

$$v_{eff} = \frac{u_c^4}{\sum_{i=1}^C \frac{u(x_i)^4}{v_i}} = \frac{2,16^4}{\sum_{i=1}^{10} \frac{u(x_i)^4}{v_i}} = \frac{2,16^4}{\frac{0,09}{9}} \cong 2176,78$$

m) Fator de Abrangência: se v_{eff} não for inteiro, o que é usualmente o caso, truncar v_{eff} para o próximo menor inteiro.

V_{eff}	$K_{95\%}$	V_{eff}	$K_{95\%}$
1	13,97	8	2,37
2	4,53	10	2,28
3	3,31	20	2,13
4	2,87	50	2,05
5	2,65	100	2,0025
6	2,52	∞	2,00
7	2,43		

Tabela 2.1 – Fatores de abrangência para diferentes graus de liberdade efetivos.

n) Incerteza Expandida: considerando que o valor do grau de liberdade efetivo do mensurando é suficientemente alto, adotaremos $k_{95\%}=2$.

$$U_{95\%} = k_{95\%} * u_c = 2,00 * 2,16 = 4,32dB$$

o) Declaração do Valor do Mensurando: o valor do mensurando deve ser expresso conforme abaixo.

$$\begin{aligned} \bar{x}_i \pm U_{95\%} &= 30,19dBuV \pm 4,32dB \\ k_{95\%} &= 2 \end{aligned}$$

Para todos os demais ensaios considerados no processo de comparação interlaboratorial as incertezas foram calculadas analogamente. Todas as incertezas envolvidas foram consideradas na avaliação dos resultados.

Neste capítulo pretendeu-se realizar uma apresentação do cálculo de incerteza para Compatibilidade Eletromagnética como também a pesquisa que foi efetuada para alcançar-se estes valores, essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

No capítulo a seguir, serão apresentados todos procedimentos técnicos que envolveram o trabalho realizado e os parâmetros envolvidos na realização dos ensaios.

Capítulo III

3.0 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Neste Capítulo serão apresentadas as características pertinentes a cada ensaio executado, analisadas separadamente, uma a uma, por norma. Para cada tipo de ensaio, será apresentado um conjunto de informações sobre o mesmo, constituído na seguinte estrutura:

- Descrição breve da norma;
- Artefato (projeto, construção e validação);
- Procedimentos e equipamentos aplicados em cada ensaio;
- Características e parâmetros relativos aos ensaios realizados.

3.1 Normas CISPR 11 e CISPR 22. Emissão eletromagnética conduzida e radiada.

As Normas CISPR 11 [N1] e CISPR 22 [N2] tratam de Distúrbios Eletromagnéticos emitidos por equipamentos submetidos a ensaios, onde a metodologia de testes está descrita nas mesmas. Estas normas estipulam como os testes devem ser realizados e que limites de emissão eletromagnética, tanto radiada quanto conduzida, são designados e considerados adequados para que um equipamento seja considerado apto a ser utilizado.

Para Raizer [P3] "Emissões Conduzidas são as correntes que passam pelo cabo de alimentação ou de dados do equipamento e se estabelecem na rede de potência ou de comunicação enquanto que as Emissões Radiadas já são relacionadas com os campos elétricos e magnéticos radiados pelo equipamento e que interferem em outros equipamentos."

Para estas normas são executados dois tipos diferentes de ensaios. Um deles tem o objetivo de verificar os níveis de emissão eletromagnética conduzida (por fio ou cabos, tanto de alimentação quanto de comunicação) que determinado equipamento emite numa determinada faixa de frequência, enquanto que o outro verifica os níveis de emissão radiada (pelo ar) que este mesmo equipamento emite. A diferença entre as normas está na linha de

equipamentos na qual cada uma delas é aplicada. A CISPR 11 é destinada a equipamentos industriais, científicos e médicos, enquanto a CISPR 22 é destinada a equipamentos de tecnologia da informação. Embora os equipamentos sejam diferentes, as configurações de ensaio para ambas são idênticas, assim como também os limites aplicados na classe determinada para a mesma. Nos ensaios foram utilizados os mesmos limites estabelecidos pelas normas em ambos laboratórios. As versões das mesmas, consideradas em cada ensaio foram, para CISPR 11, Edição 4.1 de 2006 e, para CISPR 22, Edição 5.0 de 2005.

3.1.1 Emissão conduzida

Os limites utilizados para emissão conduzida foram:

Faixa de Frequência MHz	Limites dB(μ V)	
	Quase-pico	Médio
0,15 a 0,50	66 a 56	56 a 46
0,50 a 5	56	46
5 a 30	60	50

Nota 1 – O limite inferior deve ser aplicado às frequências de transição
 Nota 2 – O limite decresce linearmente com o logaritmo da frequência na faixa de 0,15 MHz a 0,50 MHz

Tabela 3.1.1 - Limites de emissão eletromagnética conduzida adotados.

3.1.1.1 Artefato

Para os ensaios desta norma procurou-se desenvolver um artefato que emitisse valores de campo eletromagnético que ultrapassassem os limites impostos pela norma, a fim de poder realizar uma avaliação mais completa dos resultados, executando a comparação de pontos em comum que transgredissem a norma nas mesmas faixas de frequência. No início, optou-se por utilizar uma fonte de alimentação previamente desenvolvida pelo Maglab há alguns anos, utilizada em testes rotineiros do laboratório. Havia um prévio conhecimento dos seus resultados e presumiu-se que a mesma apresentaria resultados consistentes para estes ensaios.

Numa primeira etapa da comparação foram realizados os ensaios iniciais no Maglab. Os mesmos foram executados repetidas vezes e em datas diferentes; e seus resultados apresentaram consistência e continuidade.



Figura 3.1.1.1 – Fonte de alimentação nos ensaios de emissão conduzida e radiada respectivamente

Entretanto, quando os ensaios foram realizados junto ao Instituto de Pesquisas Eldorado, num período inicial considerou-se que os resultados estavam coerentes, até que foram realizados vários ensaios consecutivos com o equipamento. Observou-se então que o equipamento apresentava desvios de resultados conforme o tempo em que permanecia ligado. Quanto mais tempo em operação, mais diferenças manifestavam-se nos dados obtidos nos testes.

Após esta constatação decidiu-se descartar a utilização da fonte e utilizar um novo artefato que fosse linear ao longo dos ensaios e que apresentasse uma continuidade nos seus resultados. Mas que artefato ofereceria estas características?

Posterior a uma pesquisa de mercado constatou-se a existência de um dispositivo emissor de ruído eletromagnético, tanto conduzido quanto radiado. Partiu-se então para a compra do mesmo, que foi o artefato utilizado então em todos os ensaios referentes à emissão conduzida e radiada.

O mesmo é chamado de NE 3000, fabricado pela empresa *Amplifier Research*. Este produz um ruído contínuo na frequência de 9kHz a 2GHz. Foi especialmente desenvolvido para servir como uma fonte de pesquisas e investigações em diversas atividades. Sua alimentação através de baterias (pilhas médias alcalinas) permite sua operação como uma

pequena fonte elétrica minimizando o seu efeito no ambiente eletromagnético. Seu invólucro é condutor para permitir seu contato direto com planos aterrados, caso necessário. As baterias do mesmo ficam num compartimento interno da unidade. Ele possui dois botões, um que liga o equipamento, acendendo uma luz que permanece piscando, indicando o funcionamento do aparelho, e o outro botão, designado para seu desligamento. O mesmo apresenta dois pontos de conexão, uma saída RF e um pino de aterramento.



Figura 3.1.1.2 – Gerador de ruído eletromagnético padrão NE 3000.

Três antenas diferentes podem ser conectadas a saída RF. Cada uma delas é recomendada para as seguintes faixas de frequências: 30MHz – 100MHz, 30MHz a 1GHz e 1GHz a 2GHz.

Um adaptador para LISN permite a injeção da emissão conduzida, através de cabos de alimentação para a verificação deste tipo de emissão. O mesmo deve ser aterrado, sempre que for utilizado, por medidas de segurança.

Junto do equipamento são fornecidos os resultados esperados do mesmo, ou seja, que tipos de emissões deve-se encontrar quando se aplica o teste de emissão radiada e conduzida no equipamento. Isto é, quando se substitui o NE 3000 no lugar do equipamento sob teste nos procedimentos envolvidos nos ensaios, temos aqueles parâmetros garantidos pelo fornecedor do equipamento, assegurando a validação do artefato utilizado no ensaio. Sua incerteza é de 1dB para ensaios em frequências de até 800 MHz, e de 2dB para as

freqüências entre 800 MHz e 1GHz tanto para os ensaios de emissão conduzida, quanto radiada.

3.1.1.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

O procedimento aplicado em ambos os laboratórios para emissão conduzida foram realizados em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela norma. Os procedimentos para o ensaio podem ser divididos em três etapas:

- Preparação do Sistema de Ensaio.
- Preparação do Equipamento sob Teste (EUT).
- Ensaio de Emissão Conduzida.

A preparação do sistema de ensaio de emissão conduzida consiste basicamente em ligar computadores, equipamentos ligados ao sistema e preparar o software responsável pela execução do ensaio. Neste caso, verifica-se a LISN, cabos coaxiais, Receiver, computador e software. O termo LISN é uma abreviação para "*Line Impedance Stabilization Network*" [N20]. A mesma é um dispositivo que cria uma impedância conhecida nas linhas de equipamentos elétricos durante os testes de interferência eletromagnética. Ela é tipicamente desenvolvida para realizar medições da interferência eletromagnética existente nas linhas de alimentação de equipamentos. Ela, além de filtrar a tensão da rede e as altas freqüências oriundas da mesma, provê uma impedância característica ao equipamento sob teste. A LISN ainda é a responsável pela transferência da interferência eletromagnética conduzida para o medidor desta interferência, neste caso o Receiver.

A preparação do equipamento que será testado foi estabelecida através da verificação do correto funcionamento do mesmo e também da espera para que o equipamento passasse pelo seu tempo de aquecimento. Isto consistiu em deixar o aparelho ligado até que o mesmo estivesse em condições normais e estáveis de funcionamento. O tempo de aquecimento neste caso foi de 30 minutos, em ambos laboratórios. O Equipamento ficou disposto em uma mesa de madeira com 80cm de altura do plano horizontal aterrado e a 40 cm do plano de aterramento vertical, tendo seu cabo conectado a LISN dobrado, no menor comprimento possível, respeitando os padrões da norma.

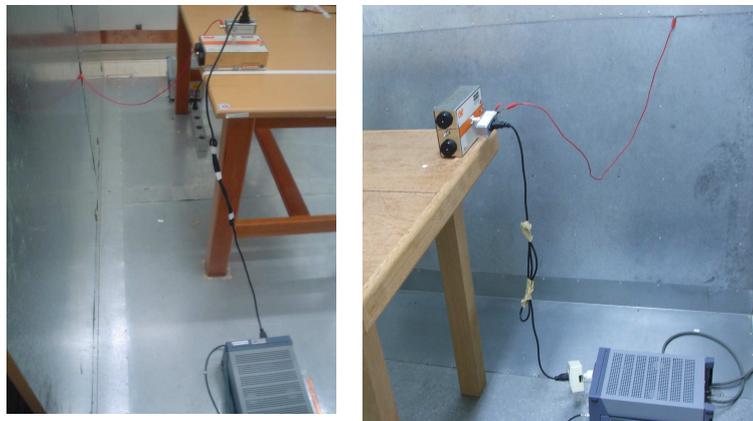


Figura 3.1.1.3 – Configuração do ensaio de emissão conduzida em ambos laboratórios.

Uma vez montadas as configurações e respeitados os tempos de estabilização do gerador de ruídos, deu-se início a execução dos ensaios. Após a realização do mesmo, seus dados foram salvos para posterior análise.

Os parâmetros de ensaio relevantes na emissão conduzida nos dois laboratórios são apresentados na tabela 3.1.1.2:

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Frequência inicial	150kHz	150kHz
Frequência Final	30MHz	30MHz
Frequência de passo	4,5kHz	4kHz
Largura de banda	10KHz	9kHz
Demodulação	Desligada	AM
Atenuação RF	30dB	30dB
Mínima atenuação RF	10dB	10dB
Tempo de medida pico	20ms	10ms
Tempo de medida Q. pico	15s	15s
Receiver	ESPC	ESI7
LISN	ESH3-Z5 Rohde & Schwarz	ESH3-Z5 Rohde & Schwarz
Software	ESPC-k1	ESK1

Tabela 3.1.1.2 - Parâmetros associados ao ensaio de emissão conduzida

3.1.2 Emissão Radiada

Os limites utilizados para emissão radiada foram os da tabela 3.1.2:

Faixa de frequência MHz	Limites Quase-pico dB(μV/m)
30 a 230	40
230 a 1000	47
Nota 1 – O limite inferior deve ser aplicado nas frequências de transição. Nota 2 – Provisões adicionais podem ser necessárias para casos onde a interferência ocorre.	

Tabela 3.1.2 - Limites de emissão eletromagnética radiada adotados.

3.1.2.1 Artefato

O artefato utilizado no ensaio de emissão radiada foi o mesmo apresentado previamente no item 3.1.1.1.

3.1.2.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

Para o ensaio de emissão radiada a preparação do sistema baseou-se essencialmente em ligar computadores, equipamentos ligados ao sistema e preparar o software responsável pela execução do ensaio. Neste ensaio, diferenças entre os sistemas utilizados nos dois laboratórios foram observadas. Um dos laboratórios utilizou uma célula GTEM, enquanto que o outro fez uso de uma câmara semi-aneecóica, sistema com antenas e mesa giratória, onde o equipamento ficou disposto.

A célula GTEM (*Gigahertz Transversal Electromagnetic Mode*) foi introduzida em 1987 como um aperfeiçoamento nas limitações das células TEM. Ela está baseada num conceito de câmara-aneecóica híbrida TEM e é uma linha de transmissão expandida operada em Modo TEM que pode ser utilizada tanto em ensaios de susceptibilidade como em medições de emissões radiadas [P4].

Já uma câmara semi-aneecóica pode ser considerada uma sala isolada de campos externos revestida internamente com absorvedores especiais de altíssimo grau de absorção.

A mesma fica livre de interferências eletromagnéticas externas e permite a realização de ensaios de emissão e susceptibilidade radiadas.

Neste tipo de ensaio, ao invés do adaptador da LISN ligado ao gerador de ruídos, conecta-se uma antena pertencente ao artefato que envia a emissão radiada padrão a ser analisada. Na preparação do equipamento seguiu-se a mesma técnica de preparação aplicada na emissão conduzida: verificação do funcionamento do equipamento e espera do tempo de estabilização do mesmo.

No laboratório que utiliza a célula GTEM, além da mesma, são utilizados ainda um Receiver, um cabo e um computador com um software responsável pela coordenação do ensaio. Neste caso, posicionou-se o gerador de ruídos em três diferentes eixos e executaram-se as medidas da emissão radiada. Após a medição nos três eixos o software EMC-32 automaticamente interpolou os resultados e apresentou a emissão radiada final do equipamento.

No caso da câmara semi-anecóica, o equipamento é alocado no centro de uma mesa no interior da câmara. Esta mesa fica disposta sobre um disco que gira automaticamente enquanto a antena, a três metros do equipamento, capta a emissão nas alturas de 1, 2, 3 e 4 metros nas polarizações tanto verticais quanto horizontais, medindo a emissão eletromagnética radiada em todas as direções possíveis.

Na figura 3.1.2.1 podem ser observadas fotos de ambos os sistemas, conforme sua execução.



Figura 3.1.2.1 – Configurações da medida de emissão radiada nos dois laboratórios, semi-anecóica e GTEM, respectivamente.

Após a preparação de toda configuração de ensaio e respeitado o tempo de estabilização do gerador de ruídos, deu-se início a execução dos ensaios. Após a realização dos mesmos seus dados foram registrados para posterior análise.

Os parâmetros de ensaio relevantes na emissão radiada nos dois laboratórios estão apresentados na tabela 3.1.2.2:

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Freqüência inicial	30MHz	30MHz
Freqüência final	1GHz	1GHz
Freqüência de passo	60kHz	60kHz
Largura de banda	120KHz	120kHz
Demodulação	Desligada	FM
Atenuação RF	0dB	10dB
Mínima atenuação RF	0dB	10dB
Tempo de medida pico	20ms	10ms
Tempo de medida Q. pico	20s	15s
Receiver	ESPC	ESIX
Câmara	GTEM	Semi-anecóica
Software	EMC32	ESK1

Tabela 3.1.2.2 - Parâmetros associados ao ensaio de emissão eletromagnética radiada.

3.2 Norma IEC 61000-4-2 – Ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas.

A Norma IEC 61000-4-2 [N5] aborda ensaio de imunidade de equipamentos elétricos e eletrônicos a descargas eletrostáticas. "Pessoas ou objetos carregados (eletricamente), ou raios caindo diretamente, podem ocasionar mau funcionamento ou danos em equipamentos eletroeletrônicos, devido a transferência de cargas, ocasionando elevados níveis de tensão"[P3]. Esta norma verifica se um determinado equipamento é ou não imune a esta possível transferência de cargas. Com o auxílio de uma pistola de descarga eletrostática, são

aplicados diretamente no equipamento sob teste alguns níveis de descargas que podem ser diretos (contato) ou indiretos (pelo ar) conforme o ambiente e o tipo de equipamento que está sendo submetido ao ensaio. Esta norma estipula como os testes devem ser realizados e que limites de descargas devem ser aplicados além de fornecer orientações sobre qual a forma de onda que a descarga aplicada deverá apresentar. A mesma também estipula a configuração que deve ser utilizada e todo o procedimento de ensaio a ser efetuado.

O princípio da norma é verificar se o equipamento sob teste, após ser submetido ao ensaio, ainda se encontra em condições normais de funcionamento ou se apresentou algum problema de operação durante o teste aplicado.

Vários níveis de descargas podem ser empregados. Dá-se sempre preferência pelas descargas diretas, em contato com o equipamento. Os graus que podem ser aplicados estão apresentados na tabela 3.2:

1a - Descarga com contato direto		1b – Descarga pelo ar	
Nível	Tensão de ensaio kV	Nível	Tensão de ensaio kV
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X ¹⁾	Especial	X ¹⁾	Especial

Nota: "X" é um nível aberto. O nível deve ser especificado em uma especificação dedicada ao equipamento. Se tensões maiores que estas mostradas forem especificadas, equipamentos de teste especiais podem ser necessários.

Tabela 3.2 - Níveis de descargas aplicadas no ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas.

De forma resumida, o ensaio tem como objetivo avaliar a imunidade de equipamentos elétricos e eletrônicos sujeitos às descargas de eletricidade estática, oriundas dos operadores do equipamento ou de objetos próximos, testando estes dispositivos de acordo com a norma. A versão da norma utilizada na comparação interlaboratorial foi a Ed. 1.2, de 2001 e suas emendas 1 e 2 de 1998 e 2000, respectivamente.

3.2.1 Artefato

Os testes que envolviam imunidade foram os que apresentaram maior dificuldade no desenvolvimento do artefato. Primeiramente questionou-se se o artefato deveria ou não ser destruído cada vez que fosse submetido a um teste. Para que isso fosse realizado certo custo seria empregado nesta atividade, logo, ela acabou sendo descartada. Mas como ter conhecimento dos níveis de descargas que estão sendo aplicados uma vez que as formas de onda das mesmas são de aproximadamente 100ns? Deveria haver algum certo atraso que possibilitasse a verificação ou armazenamento da informação garantindo que a descarga foi efetivamente aplicada e que o artefato foi realmente submetido a ela.

O que ocorreu de fato é que um artefato foi primeiramente desenvolvido para ser utilizado no ensaio de imunidade a Transientes elétricos rápidos (também conhecidos por *burst*) e surtos. “Transientes elétricos rápidos são relacionados, geralmente, aos “chaveamentos” nos sistemas de energia elétrica (chaves seccionadoras, relés, etc.) que dão origem aos transitórios de tensão rápidos que podem ocasionar o mau funcionamento ou dano ao equipamento. Já surtos são relacionados, geralmente, aos raios ou descargas ocasionados próximos as instalações, que devido ao acoplamento causam transitórios de grande energia, que se instalam na rede elétrica, e que podem causar o mau funcionamento ou dano ao equipamento” [P3].

Muito empenho foi despendido no desenvolvimento de um artefato que conseguisse atender perfeitamente às necessidades exigidas, para que se percebesse que níveis de descargas, transientes ou surtos estavam sendo aplicados. Mais de 4 (quatro) tipos diferentes de artefatos foram criados sem obtenção do sucesso na sua utilização.

Por fim, resolveu-se utilizar um divisor resistivo com lâmpadas néon em paralelo com as resistências. Para cada lâmpada um valor de resistência foi calculado de forma que essa lâmpada acendesse dependendo do nível de surto, *burst* ou descarga eletrostática que fosse aplicado.

O circuito é representado pela figura 3.2.1, na página seguinte.

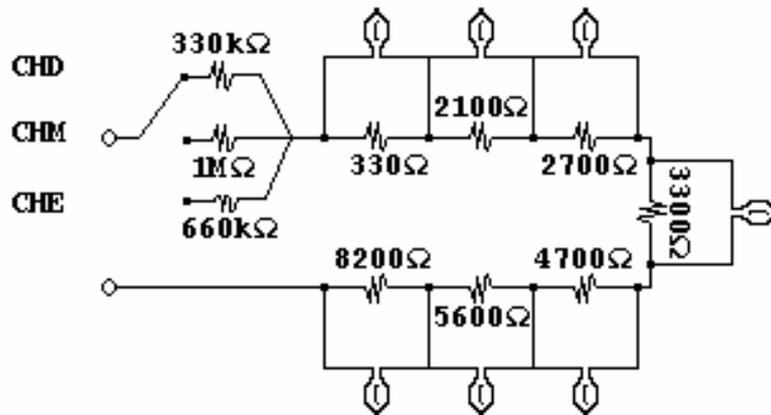


Figura 3.2.1 – Circuito do artefato utilizado no teste de imunidade para as normas IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-4 e IEC 61000 4-5.

Nota-se a existência de uma chave no circuito. A mesma é responsável pela alteração do resistor limitador da tensão, que é aplicada sobre o circuito. Na aplicação de tensões mais altas um resistor maior é empregado no início do circuito, resultando no acendimento de menos lâmpadas. Logo, tinham-se três níveis nos quais os ensaios poderiam ser realizados. CHE, CHM e CHD, significam, respectivamente, chave na posição esquerda, chave no meio e chave na posição direita. Para valores menores e perturbações mais leves a chave deve permanecer na posição direita. Para intermediários na esquerda e finalmente, para maiores, na posição do meio.

Oportunamente o dispositivo criado pode ser empregado nos três testes de imunidade. Teste de imunidade a surtos, a *burst* e a descargas eletrostáticas. Para cada tipo de teste, em cada nível ensaiado, pode-se observar o número de lâmpadas que são acesas cada vez que o artefato é submetido a uma experimentação.

Os valores são provados matematicamente e confirmados através do número de lâmpadas néon que se acendem cada vez que o equipamento é sujeitado a um nível de ensaio.

Na tabela 3.2.1 está o exemplo com os valores das tensões em cima das lâmpadas néon conforme o nível de tensão da descarga aplicada.

CHD – Posição da Chave	Tensão em cima da lâmpada Néon					
	Resistência Em Ohms	Descarga 2000 V	Descarga 3000 V	Descarga 4000 V	Descarga 5000 V	Descarga 6000 V
330	1,849102065	2,801389628	3,69820413	4,622755162	5,547306194	6,471857227
2100	11,76701314	17,82702491	23,53402628	29,41753285	35,30103942	41,18454599
2700	15,12901689	22,92046059	30,25803379	37,82254224	45,38705068	52,95155913
3300	18,49102065	28,01389628	36,9820413	46,22755162	55,47306194	64,71857227
4700	26,33569607	39,89857955	52,67139215	65,83924019	79,00708822	92,17493626
5600	31,37870171	47,53873308	62,75740341	78,44675427	94,13610512	109,825456
8200	45,94738464	69,61028773	91,89476928	114,8684616	137,8421539	160,8158462
330.000	1849,102065	2801,389628	3698,20413	4622,755162	5547,3061	6471,85722

Tabela 3.2.1 - Valores das tensões para as lâmpadas conforme o nível de tensão de descarga eletrostática aplicada.

Na coluna da esquerda da tabela 3.2.1, encontram-se os valores das resistências. Nas resistências que vão de 330 a 8200Ω, temos lâmpadas néon em paralelo que acendem quando a tensão aplicada nas mesmas se estabelece entre 40 e 50 volts ou mais. A resistência de 330.000 Ω é a resistência limitante do circuito. Os valores de tensão sombreados indicam o alcance da suposta tensão mínima para que uma lâmpada néon acenda. Na tabela 3.2.2 estão especificados os valores de descarga aplicada e a corrente no circuito para cada uma destas descargas, com a Chave na posição CHD.

Descarga Aplicada em V	Corrente no circuito em A
2000	0,0056
3030	0,0084
4000	0,0120
5000	0,0140
6000	0,0168
7000	0,0196

Tabela 3.2.2 - Valores das descargas eletrostáticas e as respectivas correntes no circuito.

Pelo fato das lâmpadas néon funcionarem com gás, elas podem ser acionadas diversas vezes sem que haja depreciação das mesmas, ao contrário do que ocorreria em lâmpadas com filamentos. Cada lâmpada acende em torno de aproximadamente 40 - 50 volts e através desse valor pode se determinar que resistores usar no circuito.

Testou-se então o artefato nos três tipos de ensaio, obtendo-se sucesso no seu uso em todos eles.



Figura 3.2.2 – Artefato sendo testado no ensaio de imunidade a *burst*.

3.2.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

No ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas se fez uso de um procedimento padrão baseado nas resoluções da norma IEC 61000-4-2.

Para realizar o ensaio foram necessários o simulador de descargas - DITO (pistola de descarga eletrostática), cabos de conexão para o plano de referência de terra, mesa de testes com plano de terra isolado, através de placa acrílica e/ou plano de terra situado sob a mesa.

Antes de iniciar os testes devem ser verificadas as condições climáticas que precisam ser obedecidas. Somente desta forma deve-se realizar o ensaio:

- Temperatura ambiente: 15°C a 35°C;
- Umidade relativa: 30% a 60%;
- Pressão atmosférica: 86 kPa (860 mbar) a 106 kPa (1060 mbar).



Figura 3.2.2.1 - Pistola simuladora de descargas atmosféricas - DITO e mesma com artefato, já aterrado.

No ensaio realizado optou-se por aplicar a descarga por contato diretamente no pino de alimentação direito do artefato em ambos os laboratórios. Nos dois laboratórios o equipamento ficou aterrado no pino esquerdo, onde se conectou o cabo da pistola para o pino e do pino para o sistema de aterramento do laboratório. A chave no artefato ficou posicionada na posição direita - CHD - do mesmo.

Após a realização de todas as conexões foram aplicadas descargas eletrostáticas nos seguintes valores: 2000V, 4000V, e 6000V. Uma vez que ambas as pistolas são do mesmo modelo e mesmo fabricante, as únicas diferenças neste ensaio estavam nas calibrações das pistolas. Nos dois laboratórios os níveis de descargas aplicados pela pistola são verificados de forma a se averiguar se o nível aplicado é realmente o nível nominal lido no visor da pistola. Ou seja, às vezes, para se obter 1000V efetivos de descarga, é preciso aplicar-se 1400V nominais na pistola. Estes dados são apresentados na tabela 3.2.2.1 a seguir, que relaciona o valor desejado e o valor que deve ser configurado na pistola para obtê-lo. Os valores que não estão apresentados na tabela abaixo se encontravam dentro do valor correto e não necessitavam de ajuste para o ensaio.

Instituto de Pesquisas Eldorado		Maglab	
Valor desejado de tensão DC	Valor configurado na pistola	Valor desejado de tensão DC	Valor configurado na pistola
2k	2,2K	2K	2,2K
4K	4,4K	4K	4,1K

Tabela 3.2.2.1 - Valores ajustados nas pistolas para se alcançar os valores nominais.

Uma vez aplicadas todas as tensões nominais estipuladas pela norma, todos os resultados foram registrados (inclusive os valores de umidade e temperatura, que respeitaram os padrões da norma, uma vez que ambos laboratórios possuem controle de umidade e temperatura internos) e deu-se fim ao processo de ensaio relativo a esta norma.

3.3 Norma IEC 61000-4-3 – Ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados.

A Norma IEC 61000-4-3 [N6] compreende ensaios de imunidade de equipamentos elétricos e eletrônicos quanto à energia de campos eletromagnéticos radiados.

Estes campos “estão relacionados com os campos eletromagnéticos radiados e que se estabelecem diretamente no equipamento eletro-eletrônico, resultado de radiadores intencionais como emissões de antenas de rádio e TV, ou telefones celulares e também de radiadores não intencionais como emissões de equipamentos eletroeletrônicos, como motores, conversores estáticos, etc” [P3].

A proposta desta norma é verificar se o equipamento sob teste, após ser submetido ao ensaio, ainda se encontra em condições normais de funcionamento ou se apresenta algum problema de operação durante o teste aplicado.

Com o atual e relevante aumento da densidade de sinais eletromagnéticos no ambiente, a criação desta norma se fez necessária, a fim de verificar se os equipamentos expostos a esta densidade terão seu funcionamento afetado ou não.

A norma consiste-se basicamente na forma de como os ensaios devem e podem ser efetuados, que limites de campos devem ser aplicados e suas devidas características. A faixa de frequência na qual o equipamento sob teste é analisado vai de 80MHz a 1GHz. O sinal ao qual o equipamento é submetido tem amplitude 80% modulada com uma forma de onda senoidal com frequência de 1kHz.

Na tabela 3.3 se encontram os níveis de teste estabelecidos pela norma que foram aplicados ao equipamento durante os ensaios em ambos laboratórios:

Nível	Intensidade de campo no ensaio V/m
1	1
2	3
3	10
x	Especial

Nota: "X" é um nível aberto de ensaio. Este nível pode ser fornecido pelas especificações do produto

Tabela 3.3 - Limites de campo aos quais o equipamento sob teste é submetido.

3.3.1 Artefato

O teste envolvendo imunidade radiada necessitou de um artefato que falhasse, ou perdesse seu funcionamento em pelo menos algumas faixas de frequência durante a execução do ensaio. O artefato inicialmente pensado foi o que mais comumente é ensaiado em um dos laboratórios: um aparelho telefônico. O mesmo é conectado a um circuito simulador de linha e seu funcionamento é analisado com o auxílio de um psfômetro.

Um psfômetro pode ser considerado um medidor e analisador de áudio, ou como um dispositivo que considera as características do ouvido humano na perturbação de ruídos.

Ele gera e recebe níveis mostrando parâmetros a fim de qualificar a linha telefônica analisada. Através de filtros ponderados ("*weighting filters*") o psfômetro dá os devidos pesos às frequências encontradas no sinal medido. A partir disto pode-se medir a potência do sinal e, então, determinar o seu valor em dBm. dBm é uma medida de ganho em dB, mas recebe esta nomenclatura por seu valor de referência ser 1mW.

O instrumento mostra se o sinal do aparelho testado está operando de forma regular ou não. Um aparelho telefônico foi desenvolvido junto a uma empresa que fabrica estes tipos de equipamentos na região da grande Florianópolis e esperava-se que o mesmo falhasse ou perdesse seu funcionamento em determinadas faixas de frequências.

O equipamento desenvolvido foi criado para ser utilizado tanto no ensaio de imunidade radiada (aqui apresentado) quanto no ensaio de imunidade conduzida, que será introduzido posteriormente.

Na confecção do equipamento foram retirados capacitores e filtros presentes no aparelho original, de forma que o artefato apresentasse falhas nas faixas de frequência 12 e 18 MHz, 22 e 45 MHz e 70 e 80 MHz para ensaios de imunidade à RF conduzida. Para o ensaio de imunidade a emissão radiada as faixas de frequência esperadas foram entre 300 e 550 MHz e de 700 MHz a 1 GHz.



Figura 3.3.1 – Telefone desenvolvido para os ensaios de imunidade a campos eletromagnéticos radiados e conduzidos.

3.3.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

No ensaio de imunidade radiada se faz uso de um procedimento padrão baseado nas resoluções da Norma IEC 61000-4-3. A mesma especifica diversas alternativas de configurações do ensaio para que o mesmo seja executado. Os dois laboratórios participantes do processo de comparação interlaboratorial utilizam processos e equipamentos diferentes para efetuar o ensaio.

Num dos laboratórios é utilizado uma célula GTEM enquanto que no outro se faz o uso de uma câmara semi-aneecóica.

A primeira etapa do procedimento consistiu-se na preparação de toda a configuração necessária para a execução do ensaio. Para isto se realizou uma série de conexões entre diversos equipamentos necessários para a desempenhar o teste. Depois de efetuadas estas conexões, se colocou em operação todos os equipamentos e conectou-se o artefato a todos os aparelhos auxiliares para se averiguar seu funcionamento.

No Maglab, dentre os equipamentos utilizados neste teste, encontram-se um amplificador, um gerador de sinais, um medidor de potência, um computador com um software responsável pela realização do ensaio além da célula GTEM. Uma série de cabos e dispositivos que auxiliam na conexão e interligação entre todos estes equipamentos também são empregados no ensaio.

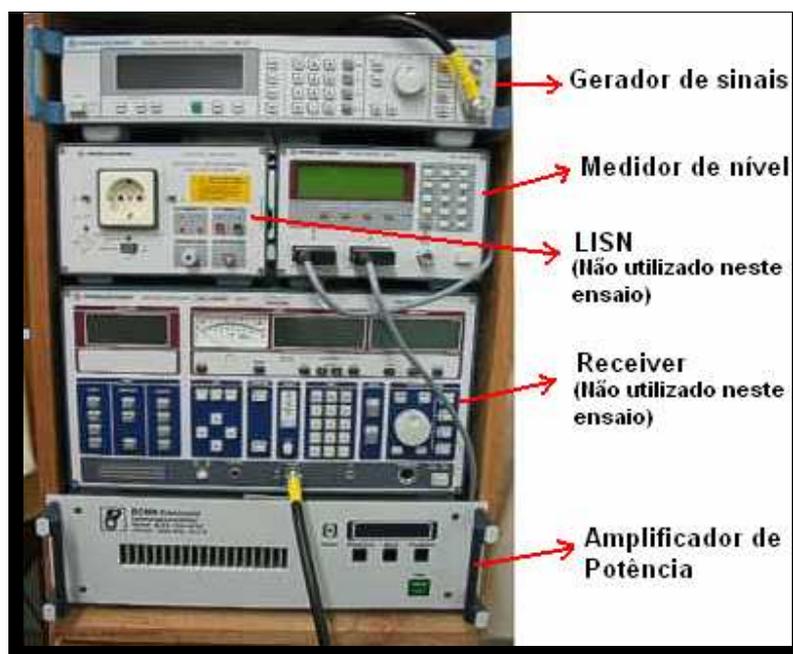


Figura 3.3.2.1 – Equipamentos relacionados ao ensaio de imunidade radiada

Posterior a conexão e ligação de todos os equipamentos, foi então realizada a inserção do artefato (também chamado pela norma de EUT - "*Equipment under test*") no interior da célula GTEM, conforme as especificações da norma. Como a leitura se dá através de um psfômetro que permanece do lado de fora da câmara, a utilização de uma ferrite bem próxima a uma saída existente na célula com esse propósito foi empregada. Através dela, passa-se o cabo que conecta o artefato ao psfômetro a fim de se realizar as medições.

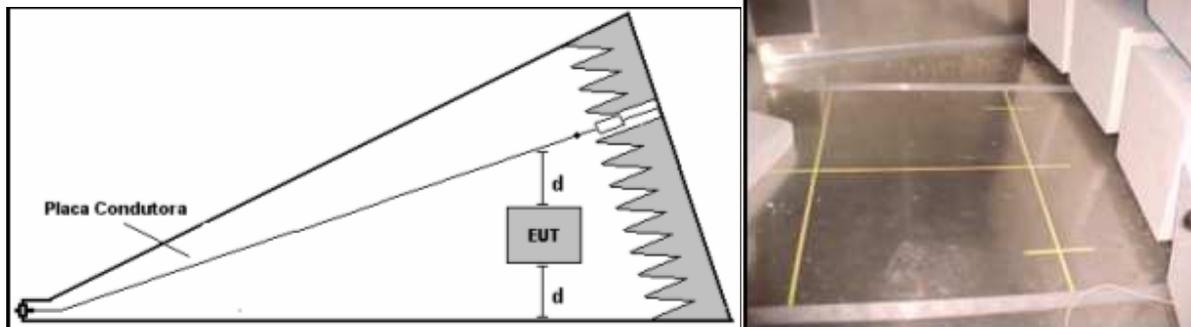


Figura 3.3.2.2 – Posicionamento do artefato dentro da célula GTEM



Figura 3.3.2.3 - Equipamentos auxiliares e telefone posicionado dentro da câmara GTEM

Uma vez pronta toda a montagem da configuração do ensaio, deu-se início a realização do mesmo. O equipamento é testado em seis faces a fim de verificar se o seu funcionamento não é alterado em nenhum dos posicionamentos.

A norma apenas estipula que se o equipamento falhar em alguma frequência específica, qualquer que seja ela, o equipamento sob teste é considerado reprovado e deve ser aperfeiçoado ou desenvolvido novamente para que esteja em condições normais de funcionamento. Como se desejava uma observação mais completa foram anotadas todas as frequências onde o artefato tinha seu funcionamento interrompido, para que uma comparação mais eficaz fosse realizada. A faixa de frequência analisada foi de 150 kHz a 1 MHz e intensidade do sinal injetado dentro da câmara GTEM foi de 10 V/m.

Já no Instituto de Pesquisas Eldorado, o procedimento foi diferente. A começar pelos equipamentos utilizados. Dentre os equipamentos que compunham o conjunto necessário para execução do ensaio encontram-se a câmara semi-aneecóica, antenas para emissão do sinal necessário, mesa de madeira sobre um sistema giratório. Ainda fazem parte do conjunto outros equipamentos, localizados fora da câmara semi-aneecóica como um amplificador, gerador de sinais, medidor de potência, sistema de vídeo para acompanhamento do que acontece dentro da câmara e uma fonte com filtros que auxiliam na leitura dos dados através de um psfômetro. O Telefone é posicionado sobre a mesa, disposto exatamente no centro da mesma e após cada medição em determinado posicionamento o mesmo tem sua posição alterada e toda a medição é realizada novamente. Nas Figuras 3.3.2.4 e 3.3.2.5 são apresentadas fotos do sistema, bem como os diversos posicionamentos assumidos pelo artefato dentro da câmara semi-aneecóica.



Figura 3.3.2.4 – Equipamentos localizados fora da câmara semi-aneecóica utilizados no ensaio de imunidade radiada.

O mesmo processo de anotação das frequências sempre que o artefato cessava ou apresentava anormalidades em seu funcionamento foi realizado, até que todas as faces do equipamento tivessem sido ensaiadas.

Na página seguinte é apresentada uma tabela comparando-se parâmetros relevantes nos dois ensaios (Maglab e Instituto de Pesquisas Eldorado) assim como também sua lista de equipamentos.



Figura 3.3.2.5 – Diferentes disposições do artefato dentro da câmara semi-aneecóica.

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Freqüência inicial	80MHz	80MHz
Freqüência Final	1GHz	1GHz
Passo	1% log	60kHz
Modulação	AM 80% 1kHz	FM
Nível	10V/metro	10V/metro
Tolerância mínima do sinal	0dB	10dB
Tolerância máxima do sinal	20ms	10ms
Dwell time	1s	15s
Software	EMC 32 – Rhode & Schwarz	EMS-k1 1.20
Gerador de sinais	SML03 – Rhode & Schwarz	SMY02 – Rhode & Schwarz
Câmara	GTEM	Semi-aneecóica
Amplificador	BLWA-0120-10/2D – Bonn	Amplifier 250W1000 Amplifier 30S1G3
Medidor de potência	NRVD – Rhode & Schwarz	NRVD – Rhode & Schwarz
Unidade Inserção	URV5-Z2	URV5-Z2
Sistema de controle	Não se aplica	SCIU
Antenas	Não se aplica	BiconiLog Antenna 3141 Horn Antenna 3115

Tabela 3.3.2 – Parâmetros e equipamentos utilizados no ensaio de imunidade radiada.

De posse de todos os dados, tabelas das frequências onde o artefato apresentou falhas em seu funcionamento foram geradas, para posterior análise no presente trabalho.

3.4 Norma IEC 61000-4-4 – Ensaio de imunidade a transientes elétricos rápidos.

A Norma IEC 61000-4-4 [N7] abrange ensaios de imunidade em equipamentos elétricos e eletrônicos no quesito transientes elétricos rápidos, também conhecidos como *Burst*.

O intento desta norma é averiguar se o equipamento sob teste, depois de submetido ao ensaio, encontra-se em condições normais de funcionamento ou se apresenta algum problema de operação durante aplicação do ensaio.

A norma visa criar uma base comum e reproduzível, a fim de avaliar se os equipamentos ensaiados são ou não susceptíveis a transientes elétricos rápidos nas suas portas de alimentação, sinal ou comunicação. Sua origem está fundamentada no fato de que estes tipos de equipamentos estão sujeitos a este tipo de incidências, seja por interrupção de cargas indutivas, relés de contato ou outras fontes oriundas de chaveamentos.

A norma aborda a maneira de como os ensaios devem e podem ser efetuados, que limites de transientes devem ser empregados, formas de ondas desses transientes, suas devidas características e que equipamentos devem ser utilizados nos ensaios.

Na tabela a seguir são apresentados os limites aplicáveis ao ensaio, empregados no equipamento durante os ensaios que foram realizados nos dois laboratórios.

Nos ensaios aplicados apenas foram considerados os níveis aplicáveis na alimentação do artefato uma vez que o mesmo não possuía nenhuma porta de comunicação ou de sinal.

Tensão de saída aplicável ao ensaio de circuito-aberto ($\pm 10\%$) E a taxa de repetição dos impulsos ($\pm 20\%$)				
Nível	Na porta de alimentação		Nas portas de entrada/saída, Dados e controle	
	Pico de tensão kV	Taxa de repetição kHz	Pico de tensão kV	Taxa de repetição kHz
1	0,5	5	0,25	5
2	1	5	0,5	5
3	2	5	1	5
4	4	2,5	2	5
X	Especial	Especial	Especial	Especial

Nota: "X" é um nível aberto. Este nível deve ser especificado em especificações dedicadas ao equipamento

Tabela 3.4 - Limites dos picos de tensão aplicados no ensaio para Norma IEC 61000-4-4.

3.4.1 Artefato

O artefato utilizado foi o mesmo previamente apresentado no item 3.2.1, no ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas. No mesmo subcapítulo, foi apresentado o desenvolvimento do mesmo, logo não se faz necessária uma reprodução do que foi citado anteriormente.

3.4.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

Neste ensaio, a utilização de um procedimento padrão base foi empregada. Os mesmo, em ambos os laboratórios têm sua base firmada nas resoluções da Norma IEC 61000-4-4 [N7].

Em ambos os laboratórios modelos semelhantes de equipamento desenvolvidos pelo mesmo fabricante foram utilizados. Um gerador e simulador de transientes elétricos rápidos, que geram os transientes exatamente conforme especifica a norma denominada para este ensaio, constituem basicamente a lista de equipamentos aplicada neste ensaio.

A principal diferença na execução dos ensaios entre os dois laboratórios consistiu-se no fato de que no Maglab o ensaio foi totalmente realizado manualmente (aplicando-se os níveis de ensaio diretamente nas teclas disponíveis no equipamento gerador dos transientes)

enquanto que no Instituto de Pesquisas Eldorado o controle do ensaio foi todo realizado via software.

Antes de iniciar os testes foram verificadas as condições climáticas que estavam em conformidade com as estabelecidas pela Norma. Somente com estas atendidas deveria se realizar o ensaio:

- temperatura ambiente: 15°C a 35°C
- umidade relativa: 25% a 75%

Como ambos laboratórios apresentam sistema de controle destes parâmetros, os ensaios puderam ser efetuados sem dificuldade.



Figura 3.4.2.1 – Simulador de transientes elétricos rápidos. Na tomada superior em destaque foi conectado o artefato.

O primeiro item do procedimento compõe-se na preparação da configuração necessária para a execução do ensaio. Para isto bastou-se ligar o simulador de *burst* na rede de alimentação e em seguida ligar o equipamento. Na parte frontal do mesmo encontra-se um local onde foi conectado o artefato a ser ensaiado.

Repetiu-se então os mesmos procedimentos em ambas instituições. Operações manuais no Maglab e controle via software no Instituto de Pesquisas Eldorado. O artefato, quando submetido à determinada faixa de transientes, acendia um determinado número de

lâmpadas néon correspondentes ao nível de transiente aplicado no mesmo. Cada vez que o equipamento foi submetido à aplicação de um transiente, esse número de lâmpadas foi anotado, de forma a se comparar se os níveis aplicados foram realmente os mesmos nas duas instituições participantes da comparação.

Depois de realizado todo ensaio e anotadas todas observações que lhe foram pertinentes, desligou-se o equipamento e deu-se por encerrado o ensaio.

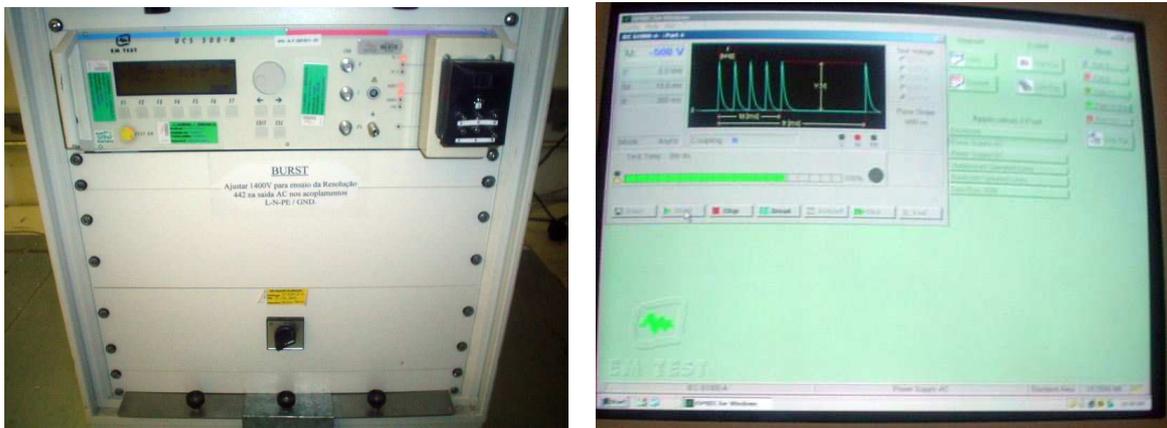


Figura 3.4.2.2 – Artefato conectado ao simulador de transientes e tela do software utilizado no Instituto de Pesquisas Eldorado.



Figura 3.4.2.3 – Ensaio de imunidade a transientes elétricos rápidos sendo aplicado no artefato.

A seguir é apresentada a tabela com os parâmetros e equipamentos utilizados pelos dois laboratórios no ensaio aqui discutido:

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Ultra Compact Simulator Bursts, Surge and Power Failure	UCS 500 M4 – EM TEST	UCS 500 M4 – EM TEST
Software	Não se aplica	ISMIEC p/ UCS V. 3.61
Níveis aplicados	500, 1000, 2000 e 4000V	500, 1000, 2000 e 4000V
Frequência dos transientes	5 kHz	5 kHz
Temperatura durante ensaio	22,7°C	23,4 °C
Umidade durante ensaio	62%	42,7%

Tabela 3.4.2 – Parâmetros e equipamentos utilizados no ensaio de imunidade a transientes elétricos rápidos/burst.

Com todos os dados relevantes foram montadas tabelas para comparar os resultados obtidos nos dois laboratórios, apresentadas no capítulo de resultados.

3.5 Norma IEC 61000-4-5 – Ensaio de imunidade a surtos.

A norma IEC 61000-4-5 [N8] considera ensaios de imunidade a surtos em equipamentos elétricos e eletrônicos.

O escopo da norma é constatar se o equipamento sob teste, depois que submetido ao ensaio, encontra-se em condições normais de funcionamento ou se apresenta algum problema ou interrupção na sua operação durante aplicação do ensaio.

A IEC 61000-4-5 especifica surto, como sendo uma onda transiente elétrica de corrente, tensão ou energia, propagando-se ao longo de uma linha ou circuito, caracterizada por um rápido crescimento, seguido de um lento decréscimo.

A norma aponta requisitos de imunidade, métodos de ensaio, faixa e níveis de surtos a serem aplicados. A mesma ainda estabelece diversas configurações e níveis para diferentes tipos de aplicações e ambientes. O documento originou-se a fim de se simular em equipamentos elétricos e eletrônicos, surtos de tensão unidirecionais, causados por sobretensões provenientes de chaveamentos e transientes de descargas atmosféricas.

A Norma versa a forma em que os ensaios devem ser efetuados, que limites de surtos podem ser aplicados, formas de ondas que estes surtos devem apresentar e seus parâmetros inerentes. Além disso, a mesma estabelece que tipos de equipamentos podem ser utilizados nos ensaios.

Os limites estabelecidos pela norma aplicáveis nos equipamentos sob teste estão a seguir apresentados:

Nível	Tensão de ensaio em circuito-aberto ± 10% - kV
1	0,5
2	1,0
3	2,0
4	4,0
X	Especial

Nota – "X" é uma classe aberta. Este nível pode ser estabelecido nas especificações do produto.

Tabela 3.5 - Limites dos surtos de tensão estabelecidos pela Norma IEC 61000-4-5.

Nos ensaios realizados em ambos laboratórios outros níveis de surtos foram também aplicados, a fim de se obter um maior número de resultados e possibilitar uma avaliação mais aprofundada do comportamento do artefato, quando este fosse submetido a este ensaio.

3.5.1 Artefato

Igualmente o artefato utilizado foi o mesmo utilizado nos ensaios das Normas IEC 61000-4-2 [N5] e IEC 61000-4-4 [N7]. Logo não se faz necessária uma nova apresentação do artefato.

3.5.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

O uso de um procedimento padrão base também foi aplicado neste ensaio. Os procedimentos referentes a esta norma, em ambas instituições, são baseados nas resoluções da Norma IEC 61000-4-5 [N8].

A mesma marca e modelo de gerador e simulador de surtos foram empregados nos dois laboratórios.

A única diferença na execução dos ensaios entre os dois laboratórios consistiu-se outra vez no feito de que no Maglab o ensaio foi executado manualmente (aplicando-se os níveis de ensaio diretamente no equipamento gerador dos surtos) enquanto que no Instituto de Pesquisas Eldorado o controle do ensaio foi todo efetuado via software.

Antes de iniciar os testes foram verificadas as condições climáticas que deveriam ser atendidas, da mesma forma que no ensaio apresentado anteriormente. Apenas com as condições climáticas dentro dos limites especificados, o ensaio poderia ser realizado:

- temperatura ambiente: 15°C a 35°C
- umidade relativa: 10% a 75%

Os procedimentos utilizados apresentavam diretrizes de como deveria ser configurado o ensaio e que equipamentos deveriam ser empregados no mesmo. O mesmo equipamento utilizado no ensaio de imunidade a transientes elétricos rápidos foi utilizado na execução deste ensaio.

Primeiramente realizou-se a preparação da configuração requisitada para a execução do ensaio. Para isto bastou-se novamente apenas ligar o simulador de surto na rede de alimentação e em seguida ligar o equipamento. Na parte frontal do mesmo encontrava-se um local onde foi conectado o artefato a ser ensaiado.

Depois de efetuada a conexão do artefato ao equipamento gerador de surtos se realizou o ensaio, submetendo o artefato a diferentes níveis de surtos, configurados via software, no Instituto de Pesquisas Eldorado e manualmente no Maglab.

O artefato, quando submetido à determinada faixa de surtos, manifestava-se acendendo um determinado número de lâmpadas néon, relativos ao nível de surto que estava sendo aplicado no mesmo. Cada vez que este fosse submetido à aplicação de um surto, esse número de lâmpadas acesas era anotado, provendo um banco de informações necessárias para realizar a comparação.

Uma vez realizado o ensaio e de posse de todas anotações para todos os níveis de surtos aplicados, desligou-se o equipamento gerador de surtos e encerrou-se o ensaio.

Na página seguinte, na Figura 3.5.2.1, é exibida a interface do software ISMIEC para o ensaio de surto, no nível de 2000 kV e a Tabela 3.5.2.1, com todos os parâmetros e equipamentos utilizados no ensaio.

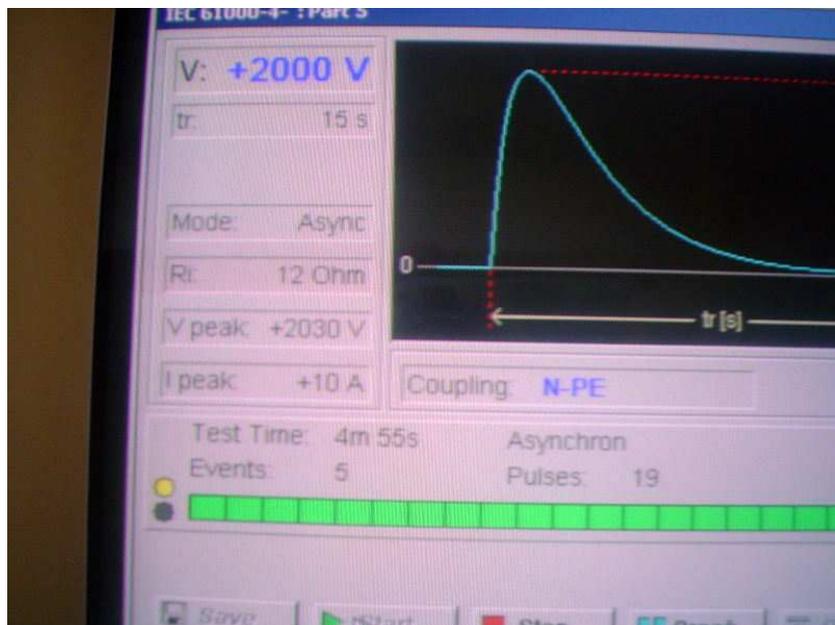


Figura 3.5.2.1 – Interface do software para o ensaio de imunidade a surtos.

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Ultra Compact Simulator Bursts, Surge and Power Failure	UCS 500 M4 – EM TEST	UCS 500 M4 - EMTEST
Software	Não se aplica	ISMIEC p/ UCS V. 3.61
Níveis aplicados	De 500 a 4000V	De 500 a 4000V
Temperatura durante ensaio	22,7°C	23,4°C
Umidade durante ensaio	62%	42,7%

Tabela 3.5.2.1 – Parâmetros e equipamentos utilizados no ensaio de imunidade a surtos.

Com todos os dados relevantes foram realizadas tabelas, a fim de se comparar os resultados obtidos nos dois laboratórios, apresentadas no capítulo de resultados.

3.6 Norma IEC 61000-4-6 – Ensaio de imunidade à RF conduzida.

Esta norma [N9] envolve os requisitos de imunidade conduzida que equipamentos elétricos e eletrônicos precisam apresentar quando submetidos a perturbações eletromagnéticas procedentes de transmissores de rádio-freqüência (RF) na faixa de freqüência de 9 kHz até 80 MHz. Equipamentos que não tenham pelo menos um cabo condutor (seja ele de alimentação, sinal ou aterramento) que possa acoplar este tipo de perturbação, ficam excluídos desta norma.

O propósito desta norma é estabelecer uma referência comum para avaliar a imunidade funcional de equipamentos elétricos e eletrônicos quando sujeitos a perturbações conduzidas induzidas por campos de rádio-freqüência.

As fontes de perturbação cobertas pela IEC 61000-4-6 são basicamente, campos eletromagnéticos, que podem agir na totalidade de cabos conectados a um determinado equipamento. De fato, o que acontece neste ensaio, é que o equipamento fica exposto a correntes que fluem através do equipamento pelos seus cabos. Sistemas de cabos conectados ao equipamento sob teste são assumidos como estando em modo ressonante, e são representados por dispositivos de acoplamento e desacoplamento com impedância de modo comum de 150 Ω (ohms) com respeito ao plano de referência terra.

Neste ensaio fontes de campos elétricos e magnéticos são simuladas, como se fossem provenientes de transmissores RF.

A norma visa apresentar os modelos de configuração para este ensaio, como devem ser estes simuladores de perturbações RF, níveis de ensaio e demais parâmetros associados ao mesmo.

A Tabela 3.6 a seguir delinea os valores dos limites de campo aplicáveis no ensaio, que foram utilizados nos equipamentos durante suas aplicações em ambos laboratórios:

Faixa de frequência de 150 kHz a 80 MHz		
Nível	Nível de tensão	
	U_0 dB(μ V)	U_0 V
1	120	1
2	130	3
3	140	10
X	Especial	
Nota: "X" é um nível aberto.		

Tabela 3.6 - Limites dos níveis de tensão aplicáveis no ensaio de imunidade à RF conduzida

3.6.1 Artefato

O artefato utilizado neste ensaio foi o mesmo previamente apresentado no item 3.3.1, no ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados. No mesmo subcapítulo, foi introduzido o desenvolvimento do aparelho telefônico, tornando desnecessária uma nova descrição do equipamento.

3.6.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

Neste ensaio, a utilização de procedimentos padrões dos laboratórios foi empregada, já que ambos estão fundamentados nas diretrizes da norma IEC 61000-4-6 [N9].

Neste ensaio, distinto dos dois anteriores, configurações desiguais de ensaios foram aplicadas, incluindo diferentes softwares e diferentes equipamentos.

No Maglab o procedimento iniciou-se com a preparação de um plano de ensaio onde foi apresentada a classe em que o equipamento sob teste se encontrava, informações sobre suas conexões e cabos, etc. Posteriormente deu-se início a montagem do ensaio. Neste ensaio utilizou-se um gerador de sinais, medidor de potência, amplificador, computador, acoplador, atenuador 6dB, simulador de linha telefônica, fonte DC e psfômetro.

O telefone foi colocado sobre um plano isolado de 10 cm de altura e então foram realizadas todas as conexões entre os equipamentos. O simulador de linha e a fonte permitem realizar uma simulação de uso normal do telefone, enquanto que o psfômetro

verifica o correto funcionamento do mesmo ao longo de toda faixa de freqüências em que o ensaio é realizado.

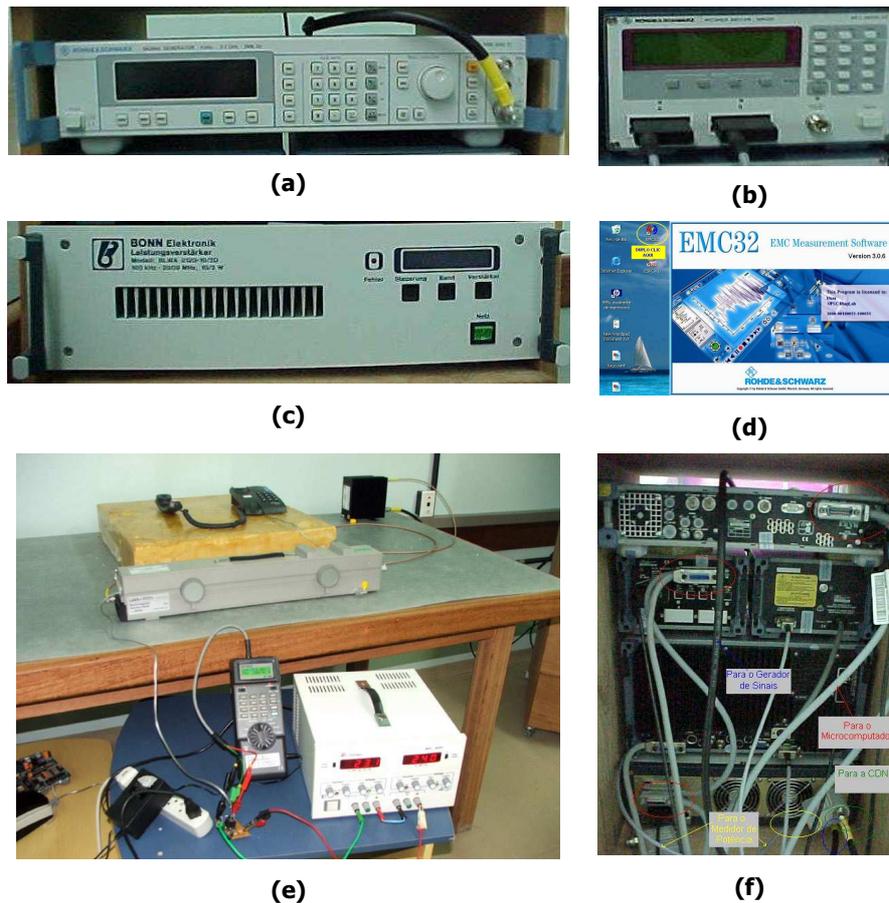


Figura 3.6.2.1 – (a) Gerador de sinais, (b) Medidor de potência, (c) Amplificador, (d) Software, (e) Configuração do ensaio com o artefato, (f) Conexões dos equipamentos - Maglab.

Depois de pronta a configuração do ensaio, deu-se início ao mesmo através do software EMC32. Durante o ensaio foram anotadas todas as vezes que o telefone apresentou seu sinal interrompido. Essas anotações incluem o nível medido pelo psfômetro e as respectivas freqüências onde estas interrupções aconteceram. Preencheu-se então uma tabela com todos estes valores e terminado o ensaio, desligou-se o sistema e se armazenaram os dados anotados.

No Instituto de Pesquisas Eldorado, uma diferente configuração de ensaio foi aplicada. No mesmo são utilizados um Gerador de ondas Contínuas, gerador de sinais RF, atenuador

(6 db), carga de 50W, computador, dispositivos de acoplamento e desacoplamento CDN-T2, CDN-M2/32, CDN-M3, analisador de linha, filtro LC, simulador de linha telefônica e uma fonte.



Figura 3.6.2.2 – Artefato, geradores e atenuador no Instituto de Pesquisas Eldorado.



Figura 3.6.2.3 – Computador, analisador de linha, simulador de linha e fonte no Instituto de Pesquisas Eldorado.

Uma vez montado todo o sistema, executou-se praticamente o mesmo processo realizado no Maglab, com diferença no software que controla o sistema. A anotação dos valores e suas frequências foram realizadas da mesma forma nos dois laboratórios. Nota-se que a norma apenas estipula que se o equipamento falhasse uma única vez em alguma frequência, esta falha bastaria para que o equipamento fosse considerado fora dos padrões

estabelecidos pela mesma. A fins de estudo e de comparação, as anotações dessas frequências e seus valores foram anotados.

Em seguida estão apresentados os parâmetros e características do ensaio realizado nos dois laboratórios:

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Gerador de sinais	SML-03 – Rhode & Schwarz	UCS 500 M4 – EMTEST
Medidor de potência	NRVD – Rohde & Schwarz	ISMIEC p/ UCS V. 3.61
Amplificador	BLWA 0120-10/2D - Bonn	Não se aplica
Acoplador/desacoplador	EM-101 – Lüthi	CDN-T2/ CND-M2/32 CDN-M3
Atenuador 6dB	100-A-MFN-06 – Bird	100-A-MFN-06 – Bird
Software	EMC32	Software Imunidade à RF conduzida
Psômetro	MT1586 – Motech	TN-10
Gerador de ondas contínuas	Não se aplica	CWS 500 – EM TEST
Acessórios	Simulador de linha, fonte	Simulador de linha, fonte
Nível	3 V/m	3 V/m
Características da modulação	AM 80% 1 kHz	AM 80% 1kHz

Tabela 3.6.2.1 – Parâmetros e equipamentos utilizados no ensaio de imunidade à RF conduzida.

De posse de todas as anotações foram montadas tabelas para comparar os resultados obtidos nos dois laboratórios, apresentadas no capítulo de resultados.

3.7 Norma IEC 61000-3-2 – Ensaio de emissão de harmônicas de correntes.

A Norma IEC 61000-3-2 [N3] de compatibilidade eletromagnética abrange os ensaios de emissão de harmônicas de corrente para equipamentos com corrente de até 16 A por fase.

Normalmente as harmônicas estão associadas à crescente quantidade de conversores estáticos, componentes não-lineares, fontes chaveadas e outros dispositivos eletrônicos em

plantas industriais. Tecnicamente, uma harmônica poderia ser considerada como uma componente de uma forma de onda periódica cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (no caso da energia elétrica da rede pública, de 60 Hz) [S4].

A norma apresenta considerações gerais e definições de harmônicas, estabelece níveis aceitáveis de emissão das mesmas dentro dos ambientes e classifica os diferentes tipos de ambientes, delineando a compatibilidade entre eles. A IEC 61000-3-2 também estabelece os limites para emissão e imunidade destas harmônicas, e técnicas para ensaios e medição das mesmas.

Esta parte da norma lida apenas com as limitações de harmônicas de correntes injetadas na rede pública de energia. Seu objetivo é especificar limites para as componentes das harmônicas na corrente de entrada, que podem ser produzidas pelo equipamento ensaiado sob condições específicas de teste. Este documento é aplicável a equipamentos elétricos e eletrônicos que sejam conectados a sistemas públicos de distribuição de baixa-tensão.

A norma estabelece limites para quatro diferentes classes de equipamentos, que podem ser classificados de Classe A a Classe D. Cada uma aplicável a um diferente tipo de equipamento. Classe A se destina a eletrodomésticos, ferramentas que não sejam portáteis, dimmers e equipamentos de áudio. A Classe B abrange ferramentas portáteis e estações de solda que não sejam profissionais e que consumam até 16A. A Classe C se destina a equipamentos de iluminação enquanto a Classe D se destina a aparelhos televisores, computadores pessoais e monitores para computadores pessoais. Como o artefato construído para esta norma não se enquadrava em nenhuma das classes especificadas e deveria ainda assim passar dos limites estipulados, decidiu-se aplicar os limites da Classe D no momento em que se realizou a análise do resultado nos softwares que realizam o ensaio por serem os limites que o equipamento ultrapassava.

Os limites estabelecidos pela norma aplicáveis nos equipamentos de classe D são apresentados na Tabela 3.7, a seguir:

Ordem da harmônica N	Harmônicas de corrente máxima permitida por watt mA/W	Máxima harmônica de corrente permitida A
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
13 ≤ n ≤ 39 (somente harmônicas ímpares)	$\frac{3,85}{N}$	

Tabela 3.7 - Limites estabelecidos para equipamentos da Classe D pela Norma IEC 61000-3-2.

3.7.1 Artefato

Este artefato foi desenvolvido para atuar em dois ensaios, tanto no ensaio de emissão de harmônicos como no ensaio de emissão de flicker, apresentado no capítulo seguinte. Desta forma, um mesmo artefato incorporou duas normas, dispensando o desenvolvimento de outro equipamento que deveria ser testado e transportado entre os laboratórios para a realização dos ensaios.

O equipamento é constituído em duas partes independentes, onde uma delas gera harmônicos bem definidos através de um circuito tipo fonte de alimentação, enquanto que a outra parte do circuito suscita o flicker.

A tensão de ensaio aplicável é de 230 volts e a frequência de operação do mesmo é de 50 Hz.

Primeiramente sempre se executa o ensaio com o Gerador de harmônicos. O mesmo exige um tempo de aquecimento de 30 minutos que deve ser obedecido sempre antes da realização do ensaio. Após o ensaio de harmônicos, recomenda-se que seja realizado em seguida o ensaio de flicker, também com mais 30 minutos de aquecimento e estabilização do equipamento. Ressalta-se que para modificar o tipo de geração do artefato basta comutar uma chave presente na parte frontal do equipamento. Luzes indicativas, também presentes na parte frontal do equipamento, indicam o correto funcionamento do mesmo e o status do

sistema que está ativo, harmônicos ou flicker. A luz verde indica a geração de harmônicos enquanto que a vermelha a geração de flicker.

Durante o desenvolvimento do artefato, uma seqüência de testes foi repetida a fim de garantir se o artefato apresentava ou não repetibilidade nos seus resultados.

Na Figura 3.7.1, apresenta-se a figura do artefato desenvolvido para atender estas duas normas:



Figura 3.7.1 –Gerador de harmônicos e flicker.

3.7.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

Para realização dos ensaios, tanto no Maglab quanto no Instituto de Pesquisas Eldorado, o uso de um procedimento padrão criado pelo próprio laboratório, baseado nas resoluções da norma, foram utilizados.

Neste ensaio, equipamentos de diferentes marcas foram empregados para realizar o ensaio nas instituições. O Maglab trabalhou com instrumentos desenvolvidos pela empresa *EM Test* enquanto que o Instituto de Pesquisas Eldorado empregou equipamentos da *California Instruments*.

No Maglab o procedimento adotado seguiu basicamente os seguintes passos: primeiramente, preparou-se o artefato deixando-se o mesmo atingir seu tempo de estabilização de 30 minutos antes de se iniciar o teste. O sistema responsável pela execução do ensaio constitui-se de uma fonte de alimentação especial, projetada para os equipamentos que irão ser ensaiados, e de um outro equipamento, que foi responsável pela

análise de harmônicos e flicker, além de um computador, onde é executado o software que controla todo o sistema.



Figura 3.7.2.1 –Ensaio de harmônicos e flicker no Maglab.

Conectou-se então o artefato na tomada presente no analisador de harmônicos. A mesma, através da fonte de alimentação ACS 500 e do software é acionada através do software, onde se estabeleceram o nível de tensão e a frequência desejada (230 volts e 50Hz), conforme a Figura 3.7.2.2.

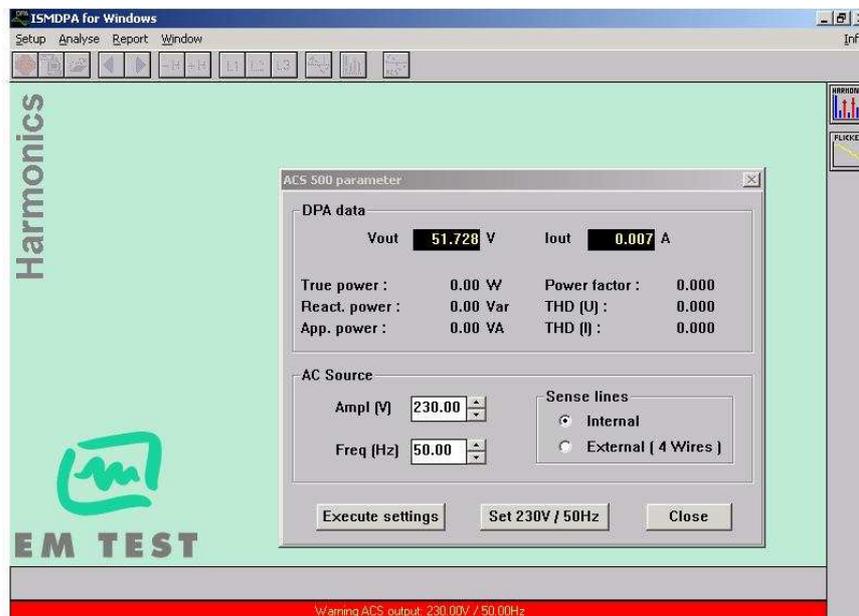


Figura 3.7.2.2 –Tela de configuração da alimentação do artefato no software ISMDPA no Maglab

Posterior ao aquecimento do artefato, dá se início ao ensaio. Todo o procedimento é realizado via software, desde a configuração das normas que serão analisadas, ao tipo de análise que será feita no equipamento (níveis, classe, etc.).

Após a execução do ensaio, o software gerou automaticamente um relatório, onde são apresentadas listagens das harmônicas de corrente, de tensão, os limites e valores medidos no ensaio e se o equipamento encontra-se ou não dentro da norma. Para cada harmônica, da ordem 1 a 40, é analisado se o equipamento está dentro ou fora do limite.

Subsequente a geração do relatório, encerrou-se o ensaio de emissão de harmônicos e armazenou-se o relatório com todos os dados pertinentes ao mesmo.

No Instituto de Pesquisas Eldorado o mesmo tipo de ensaio é executado. As alterações na execução do mesmo constituíram-se apenas dos modelos dos equipamentos e o software envolvido. Os equipamentos utilizados no ensaio são do mesmo tipo: uma fonte de alimentação, um analisador de harmônicos e flicker (Figura 3.7.2.3) e um computador com o software controlador do sistema.



Figura 3.7.2.3 – Sistema de ensaio de harmônicos no Instituto de Pesquisas Eldorado

Tanto o procedimento como as etapas que constituem o ensaio são basicamente idênticas, excetuando-se os passos a serem executados no software. Passos como ligar os equipamentos, conectar o artefato ao analisador, configurar a sua alimentação através do

software, dar o tempo de aquecimento de 30 minutos e então executar o ensaio, foram repetidos, como no ensaio anterior.

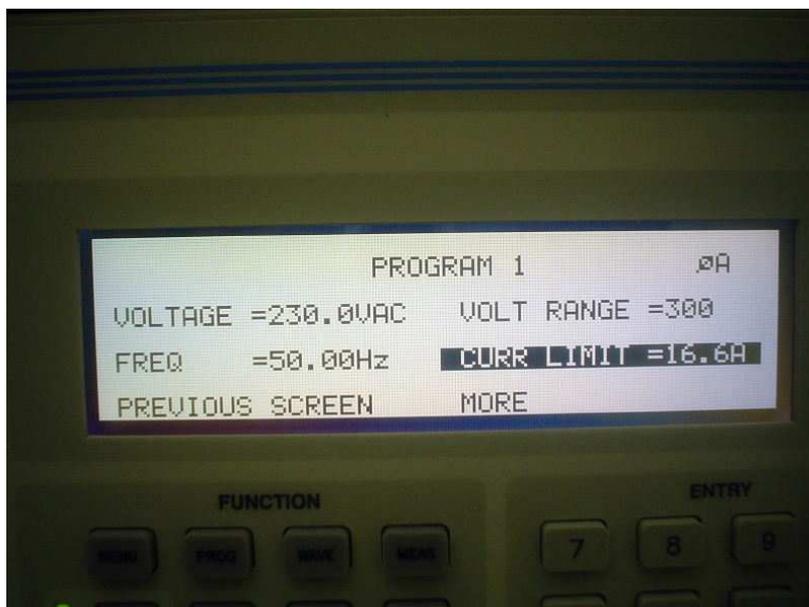


Figura 3.7.2.4 – Tela do equipamento utilizado no Instituto de Pesquisas Eldorado.

Após a realização do ensaio, o software também gerou um relatório que contém a análise do equipamento que foi ensaiado, limites, valores medidos e a informação de se o equipamento estava ou não em conformidade com a norma.

Registrado o relatório, finalizou-se o ensaio e todos os equipamentos envolvidos no mesmo foram desligados.

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Analizador de harmônicos e flickers	DPA 500 – EM TEST	PACS 1 – California Instruments
Fonte de alimentação	ACS 500 – EM TEST	5001-LX – California Instruments
Software	ISMDPA	CTS 3.0
Classe Medida	D	D

Tabela 3.7.2.1 – Equipamentos e parâmetros utilizados no ensaio de emissão de harmônicos.

Os dados obtidos são apresentados no capítulo Resultados da presente dissertação.

3.8 Norma IEC 61000-3-3 – Ensaio de emissão de flicker em sistemas públicos de baixa-tensão para equipamentos com corrente menor que 16 A por fase.

Esta norma [N4] está relacionada à limitação de flutuações de tensão e flicker presentes em sistemas públicos de baixa-tensão. Ela especifica limites para estas mudanças de tensão que podem ser produzidas por um equipamento sob ensaio sob condições específicas e fornece diretrizes para métodos de sua avaliação. Este documento é aplicável a equipamentos elétricos e eletrônicos que possuam corrente igual ou inferior a 16 A por fase, conectáveis a sistemas públicos de distribuição de baixa-tensão entre 220 V e 250 V, entre linha e neutro, na frequência de 50 Hz.

A IEC 61000-3-3 define flicker como uma impressão de instabilidade da sensação visual, induzida por estímulos luminosos cuja luminescência ou distribuição do espectro flutua com o tempo.

Termos importantes a serem apresentados para se entender melhor o ensaio são P_{st} , P_{lt} e t_t . P_{st} é chamado de indicador de flicker em curto-prazo. É o flicker severamente avaliado sob um curto período de tempo (em minutos), onde $P_{st} = 1$ é o limiar convencional da irritabilidade causada pelo flicker. P_{lt} é definido como indicador de flicker em longo-prazo. Neste caso o flicker é avaliado sob um longo período de tempo (poucas horas) usando sucessíveis valores de P_{st} . Já o t_t é considerado como tempo de impressão de um flicker. É um valor com dimensão de tempo, que descreve a impressão do flicker em uma característica de alteração de tensão.

A base da avaliação de flicker é a alteração de tensão característica que ocorre nos terminais do equipamento sob teste, e é a diferença ΔU de cada dois valores sucessíveis de tensão fase-neutro $U(t_1)$ e $U(t_2)$. Logo, ΔU pode ser considerado a subtração $U(t_1) - U(t_2)$. Os valores r.m.s. de tensão $U(t_1)$ e $U(t_2)$ devem ser medidos ou calculados. A mudança de tensão ΔU é oriunda de uma mudança na queda de tensão através da impedância de referência complexa Z , causada pela mudança na corrente fundamental complexa ΔI , do equipamento sob teste. Estes parâmetros podem ser verificados na Figura 3.8, a seguir.

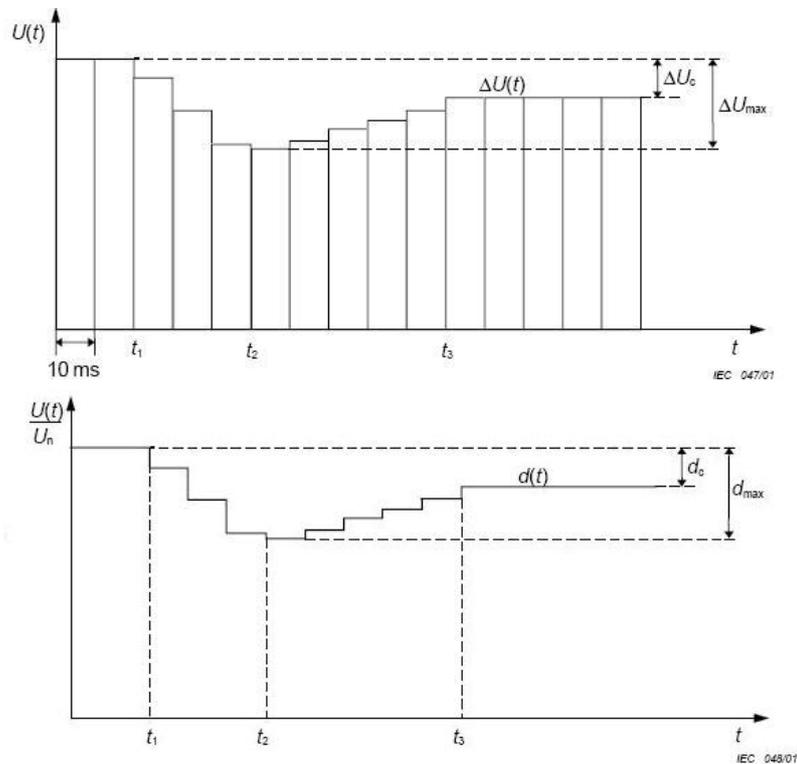


Figura 3.8 – Avaliação a partir do histograma de $U(t)$ e característica da variação relativa de tensão.

Os limites que devem ser aplicados para os flickers nos terminais de alimentação do equipamento sob teste são os seguintes:

- o valor do P_{st} não deve ser maior do que 1,0;
- o valor do P_{ft} não deve ser maior do que 0,65;
- o valor de $d(t)$ durante a alteração de tensão não deve exceder 3,3% de 500ms;
- a alteração de tensão relativa em regime permanente, d_c , não deve exceder 3,3%;
- a máxima alteração relativa de tensão d_{max} não deverá exceder
 - a) 4% sem condições adicionais;
 - b) 6% para equipamentos que são chaveados manualmente ou chaveados automaticamente com frequência maior do que duas vezes ao dia com reinício atrasado ou manual, após a interrupção de alimentação.

- c) 7% para equipamentos que são chaveados automaticamente ou não sejam manualmente chaveados mais do que duas vezes ao dia e equipamentos que são chaveados somente quando são usados como secadores de cabelo, aspiradores de pó, etc.).

A norma ainda especifica que a magnitude de corrente deve ser medida com uma incerteza de $\pm 1\%$, que a tensão de ensaio deve ser mantida dentro de $\pm 2\%$ do valor nominal e que a frequência deve ser de $50 \text{ Hz} \pm 0,5\%$. A porcentagem de distorção total harmônica na tensão de alimentação deve ser inferior a 3%. Todas estas informações devem ser checadas antes e após cada ensaio.

Os períodos de observação "**T_p**" para avaliação os valores de flicker devem ser de 10 minutos para **P_{st}** e 2 horas para **P_{lt}**.

3.8.1 Artefato

Como citado no capítulo anterior, o artefato previamente apresentado foi desenvolvido para atuar tanto no ensaio de emissão de harmônicas como no ensaio de emissão de flicker.

Para a parte de flicker a tensão de ensaio aplicável continua sendo de 230 volts e a sua frequência de 50 Hz.

O ensaio de flicker sempre foi realizado posteriormente ao ensaio de harmônicos e também necessitava de mais 30 minutos adicionais para a estabilização.

Durante o desenvolvimento do artefato, uma seqüência de testes foi repetida, a fim de garantir se o artefato apresentava ou não repetibilidade nos seus resultados.

Esta parte do artefato é um circuito constituído de: um *clock* (foi utilizado um relé de pisca automotivo de fabricação nacional, com sua frequência alterada para uma maior do que a nominal) alimentado com 12 volts gerados pelo circuito do gerador de harmônicas. Também fazem parte do circuito um relé de comutação rápida tipo JQC-3FC(T73), DC 12 V, 50/60Hz e contatos para 7A em 250 V ou 12 A AC em 120 V DC. Também uma resistência térmica de um ferro de passar, no valor de 1000 W, com relé térmico de proteção foi utilizada no circuito. Antes de se empregar uma resistência de ferro de passar, tentou-se colocar como carga dois transformadores de 500 e 650 VA, entretanto ambos não suportaram o chaveamento dos 220 volts sobre eles e acabaram sendo danificados. Para

garantir que a resistência não queimasse, um sistema de ventilação foi criado de forma a dissipar o calor gerado pelo chaveamento em cima da resistência, com ventiladores e chapas laterais que permitam a ventilação e dissipação do calor gerado pela resistência.

3.8.2 Procedimento e equipamentos utilizados.

Neste ensaio praticamente o mesmo procedimento seguido no ensaio de emissão de harmônicas foi seguido, uma vez que o equipamento utilizado para realizar o ensaio é o mesmo. O uso de um procedimento padrão criado pelo próprio laboratório e baseado na nas resoluções da norma, também foi utilizado nas duas instituições participantes da comparação.

Como o ensaio de flicker foi sempre realizado logo em seguida ao ensaio de harmônicas não se fez necessário ligar todos os equipamentos pertinentes ao ensaio novamente. Bastou apenas configurar a alimentação e a frequência da mesma junto à fonte, de forma a alimentar o artefato, para em seguida comutar a chave em frente ao artefato para a posição de acionamento de flicker. O mesmo permaneceu ligado no seu tempo de aquecimento por 30 minutos. Após este tempo, configurou-se o ensaio via software ISMDPA. Nesta configuração escolheu-se a norma que seria aplicada para posteriormente dar-se início ao ensaio. Foi possível efetuar o acompanhamento dos resultados mesmo durante o andamento do ensaio. No final do processo, um relatório foi gerado, com todos os dados significantes, informando se o artefato passou ou não pelos requisitos impostos pela norma. No relatório gerado é possível se verificar os valores de **P_{st}** , **P_{lt}** , **d_{max}** , etc.

No Instituto de Pesquisas Eldorado o mesmo tipo de procedimento foi executado posterior ao ensaio de emissão de harmônicas. Desligou-se a alimentação para então fornecê-la novamente, só que desta vez com a chave frontal do artefato comutada na posição de flicker. Aguardou-se o tempo de aquecimento de 30 minutos, e executou-se o ensaio. Todas estas operações do sistema foram realizadas através do software controlador do mesmo.

Após a execução do ensaio, gerou-se um relatório que apresentava os valores analisados no ensaio de cada item proposto na norma.

Os relatórios, bem como seus resultados, serão apresentados no capítulo posterior, onde a comparação entre os dois será realizada.

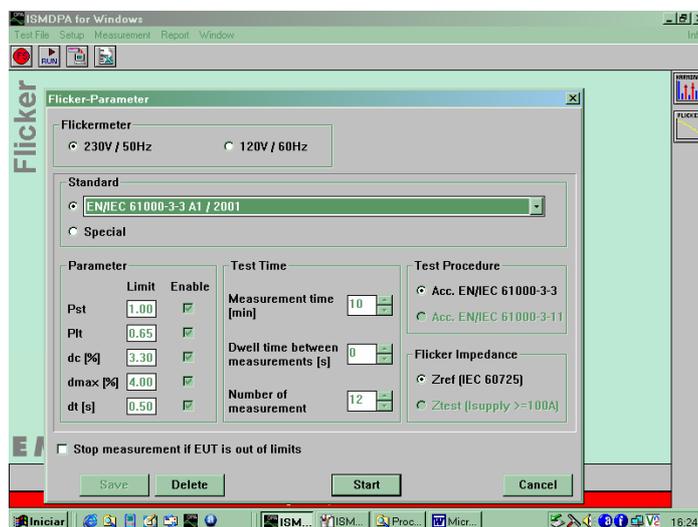


Figura 3.8.2.1 – Tela de configuração do ensaio de flicker no Maglab.

Nota-se que as etapas que constituíram os ensaio foram praticamente as mesmas. Ligar os equipamentos, conectar o artefato ao analisador, configurar a sua alimentação através do software, dar o tempo de estabilização do artefato de 30 minutos e então executar o ensaio.

Na Tabela 3.8.2.1 estão apresentados os equipamentos utilizados pelos laboratórios nos ensaios realizados.

Parâmetro	Maglab	Eldorado
Analisador de harmônicos e flicker	DPA 500 – EM TEST	PACS 1 – California Instruments
Fonte de alimentação	ACS 500 – EM TEST	5001-LX – California Instruments
Software	ISMDPA	CTS 3.0

Tabela 3.8.2.1 – Equipamentos e parâmetros utilizados no ensaio de análise de flicker.

Neste capítulo foram apresentados todos os parâmetros, equipamentos, estratégias de medição e ensaio adotados em todo Programa de Comparação Interlaboratorial bem como foram descritos todos os procedimentos de ensaio aplicados em cada um dos laboratórios e

suas diferenças pertinentes. Neste capítulo ainda foram discutidos todos os artefatos utilizados no Programa, incluindo seu desenvolvimento (aqueles desenvolvidos especialmente para o Programa) e suas características.

No próximo capítulo, serão discutidos todos os resultados obtidos nas medições aqui explanadas, suas relevâncias e a avaliação no que tange a comparação dos dados entre os laboratórios.

Capítulo IV

4.0 RESULTADOS

Neste capítulo, todos os resultados da comparação serão apresentados. Para que os mesmos fossem aqui expostos era imprescindível a apresentação dos capítulos anteriores. O primeiro capítulo introduziu a estrutura e funcionamento de um Ensaio de Proficiência e os conceitos básicos de comparação interlaboratorial. O segundo, o cálculo de incerteza em Compatibilidade Eletromagnética aplicado em quase todos os ensaios realizados neste trabalho, e de grande valia na expressão do resultado final das comparações aqui apresentadas. E por fim, o terceiro capítulo, que descreveu toda a execução do processo realizado.

Para tornar a apresentação dos resultados mais simplificada e dinâmica, preferiu-se realizar a mesma de forma similar à escolhida na explanação dos procedimentos de ensaio, ou seja, efetuar a explanação por norma, separadamente. Para cada norma considerada, serão apresentados os resultados obtidos em cada laboratório separadamente, suas incertezas associadas, que resultados esperava-se do artefato ensaiado e o resultado da comparação dos resultados entre os dois laboratórios.

4.1 Resultados para as Normas CISPR 11 e CISPR 22.

Estas normas terão a apresentação de seus resultados subdivididos, conforme o tipo de ensaio realizado. Como as mesmas abordam dois tipos de ensaio de emissão, conduzida e radiada, a apresentação de seus resultados estará segmentada nestas duas partes.

Nesta etapa do trabalho, para preservação da confidencialidade dos laboratórios participantes, os resultados serão apresentados como pertencentes ao **Laboratório A** e ao **Laboratório B**, onde nenhuma das letras designa especificamente uma instituição participante do processo de comparação interlaboratorial.

4.1.1 Emissão eletromagnética conduzida.

No ensaio de emissão eletromagnética conduzida, os valores apresentados pelo **Laboratório A** podem ser conferidos na Figura 4.1.1.1. A incerteza associada a este

resultado para o mesmo é de 2,70 dB e foi estipulada conforme método citado no capítulo 2. Para o **Laboratório B** a incerteza pertinente ao resultado é de 4,70 dB. Nas duas instituições o fator de cobertura e o nível de confiança (apresentados no Capítulo 2) são respectivamente $k=2$ e 95%. Os ensaios foram realizados em linha e neutro. A incerteza máxima permitida nos resultados, estipulada pelas normas, é de 6 dB.

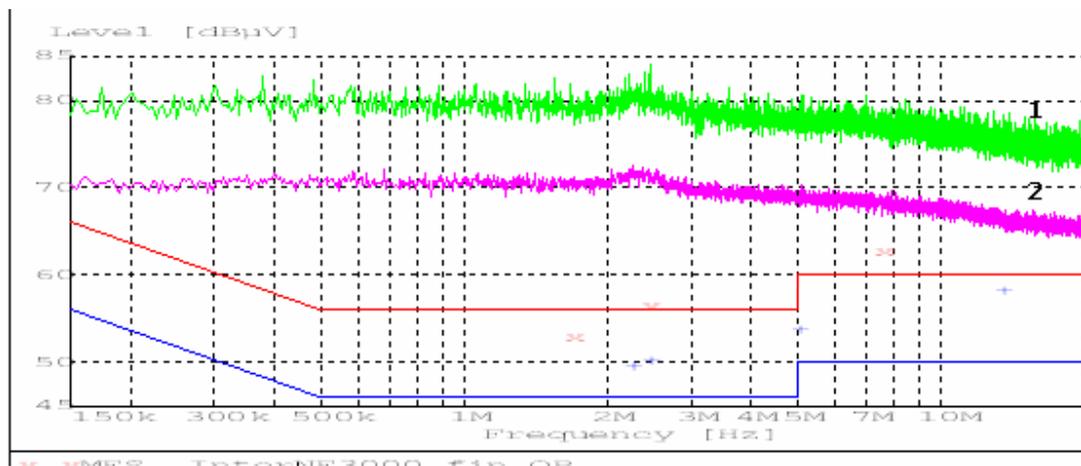


Figura 4.1.1.1 – Resultado de emissão conduzida para o Laboratório A

Na Figura 4.1.1.1 se verifica na linha 1, as medidas do detector de pico e na linha 2 as medidas do detector de valor médio. A terceira e a quarta linha representam os limites impostos pela norma. Os pontos finais, representam as medidas finais dos detectores quase-pico e médio.

Na Figura 4.1.1.2, a seguir, é apresentado o gráfico com os resultados do **Laboratório B**. As linhas 3 e 4 representam os limites da norma de detectores quase-pico e médio. A linha 1 apresenta os resultados para o detector de pico, enquanto que a linha 2 mostra os resultados do detector médio.

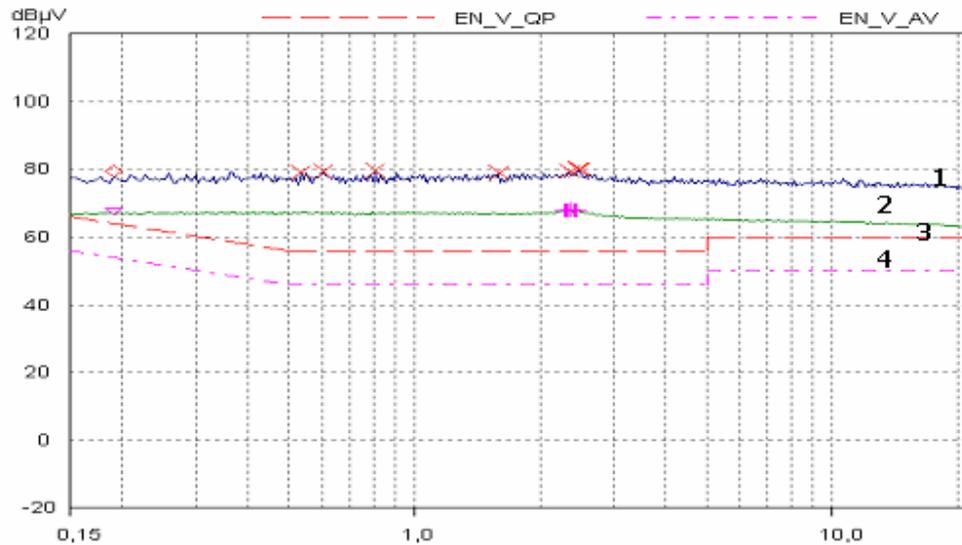


Figura 4.1.1.2 – Resultado de emissão conduzida para o Laboratório B

O Resultado esperado do artefato, oriundo do fabricante e da calibração do próprio equipamento é apresentado na Figura 4.1.1.3. A linha 1 acima representa o leitor de pico enquanto que a linha 2 representa o detector de valor médio.

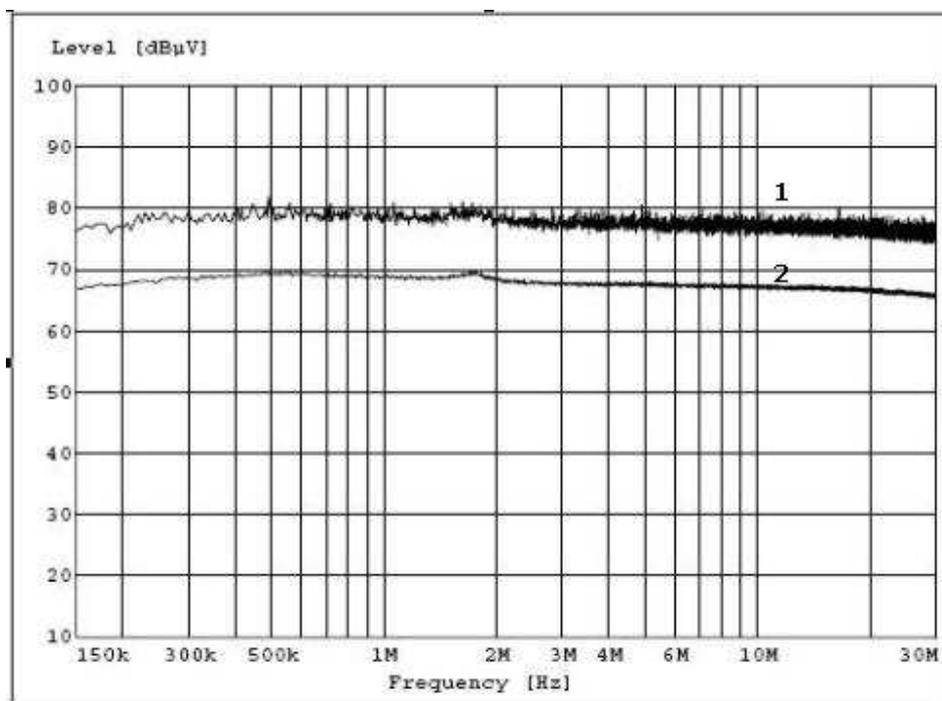


Figura 4.1.1.3 – Resultado padrão do artefato e esperado nos laboratórios.

Observando-se as Figuras 4.1.1.1 e 4.1.1.2 é possível constatar visualmente que o resultado nos dois laboratórios segue o mesmo comportamento esperado do artefato (Figura 4.1.1.3). Uma das diferenças entre as duas execuções para esta norma, em cada laboratório, é que o software do **Laboratório A** automaticamente realiza o ensaio de emissão eletromagnética conduzida para neutro e fase do artefato na medida final, oferecendo uma medida para os dois resultados. No **Laboratório B**, primeiro realiza-se uma medição para fase e depois outra para o neutro. Sem interpolar as duas medições juntas. Segundo a norma ambos os resultados são corretos assim como as metodologias adotadas nos dois laboratórios. Se o equipamento sob teste emitir níveis acima da média em determinada faixa de frequência, para os dois tipos de ensaio, os resultados se manifestarão.

Para realizar a análise, foram escolhidos alguns valores fornecidos pelo software que conduz o ensaio, em determinadas frequências aleatórias próximas umas das outras nos dois resultados. Optou-se por utilizar os valores médios uma vez que os softwares apresentavam frequências mais próximas neste tipo de detector e o mesmo é considerado pela norma. Na Tabela 4.1.1.1 abaixo, uma comparação dos valores é apresentada. Nesta tabela encontram-se os valores das frequências utilizadas, seus valores de emissão em dB e o resultado da comparação com os valores aplicados na **Equação 1.1**, do Capítulo 1, obtendo o erro normalizado.

Dados do Artefato			Dados do Laboratório A			
Frequência em MHz	Valor de emissão em dB	Incerteza em dB	Frequência em MHz	Valor de emissão em dB	Incerteza em dB	Erro normalizado
0,91	69,1	1	0,91	70,5	2,7	0,48
2,44	67,95	1	2,44	72,1	2,7	1,4
4,99	67,5	1	4,99	68,75	2,7	0,43
12,90	67,27	1	12,95	67,28	2,7	0,0030
13,6	67,04	1	13,78	66,76	2,7	-0,097

Tabela 4.1.1.1 – Resultados para frequências específicas e erros normalizados para o Laboratório A.

Dados do Artefato			Dados do Laboratório B			
Freqüência em MHz	Valor de emissão em dB	Incerteza em dB	Freqüência em MHz	Valor de emissão em dB	Incerteza em dB	Erro normalizado
0,91	69,1	1	0,92	67,42	4,7	-0,34
1,63	68,86	1	1,64	67,75	4,7	-0,23
2,44	67,95	1	2,44	68,16	4,7	0,043
12,90	67,27	1	12,87	64,89	4,7	-0,49
13,6	67,04	1	13,42	63,67	4,7	-0,70

Tabela 4.1.1.2 – Resultados para freqüências específicas e erros normalizados para o Laboratório B.

Observando-se somente os gráficos consegue-se afirmar que ambos laboratórios apresentaram resultados muito similares quando comparados ao valor da emissão padrão do artefato. Já através das tabelas 4.1.1.1 e 4.1.1.2, consegue-se confirmar esta análise visual e considerar que ambos os laboratórios apresentaram resultados satisfatórios na comparação, uma vez que ambos apresentaram erros normalizados menores do que a unidade em quase todas as freqüências. Pela razão de apenas um resultado do **Laboratório A** estar com o erro normalizado fora do esperado, dispensou-se o mesmo por não caracterizar o comportamento padrão do resultado do ensaio neste laboratório. Logo, em emissão conduzida, pode-se afirmar que ambos laboratórios apresentaram resultados satisfatórios e positivos. A seguir são apresentados os resultados para emissão radiada.

4.1.2 Emissão eletromagnética radiada.

Para se realizar uma análise da emissão eletromagnética radiada, os valores apresentados pelos laboratórios são exibidos a seguir. A incerteza associada a este resultado para o **Laboratório A** é de 4,24 dB enquanto que para o **Laboratório B** a incerteza pertinente ao resultado é de 4,1 dB. Nas duas instituições o fator de cobertura é de $k=2$ e o nível de confiança de 95%. Os valores de incerteza aqui apresentados foram calculados e estipulados conforme procedimentos e informações apresentadas no Capítulo 2 da dissertação.

A seguir, a Figura 4.1.2.1 exibe os resultados do **Laboratório A**.

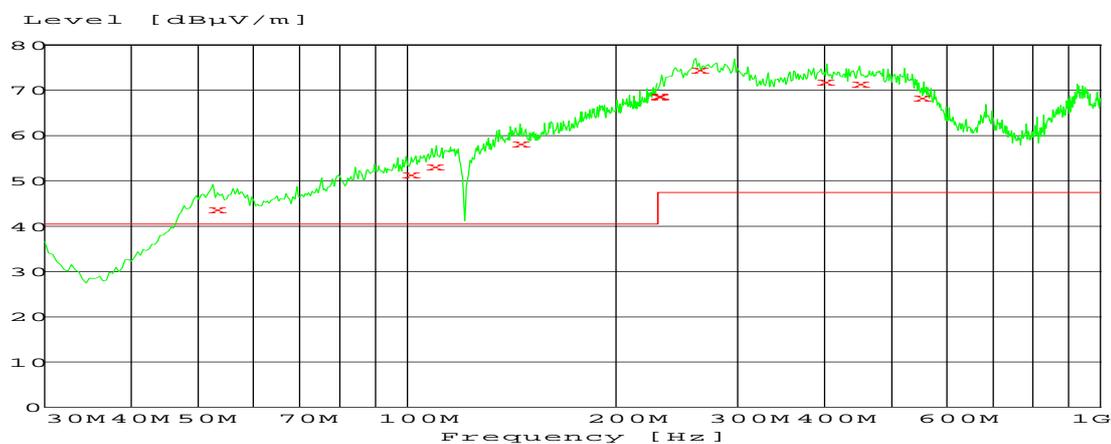


Figura 4.1.2.1 – Resultado de emissão radiada para o Laboratório A

Na Figura 4.1.2.1 se verifica na linha superior o valor medido de emissão radiada. Os pontos representam as medidas finais dos detectores quase-pico. A linha reta representa os limites estabelecidos pela norma.

Na Figura 4.1.2.2 é apresentado o gráfico com os resultados do **Laboratório B**. A linha superior representa a leitura da emissão radiada. A linha reta, assim como no gráfico anterior, representa o limite da norma.

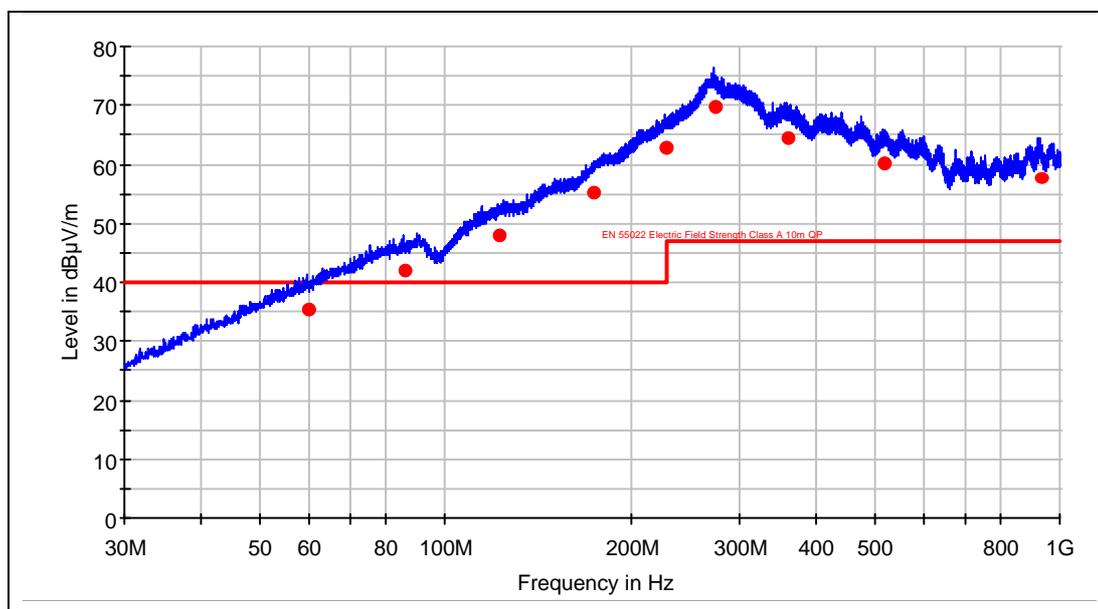


Figura 4.1.2.2 – Resultado de emissão radiada para o Laboratório B

O Resultado esperado do artefato é exposto na Figura 4.1.2.3. A linha 1 (superior) neste caso é o resultado esperado e considerado para o ensaio, segundo o fabricante para o detector de quase-pico, analisado pela norma. A linha 2 seria o resultado teórico, esperado do equipamento pelo fabricante. A incerteza para emissão radiada do artefato é de 1 dB para frequências de até 800 MHz e de 2 dB entre 800 MHz e 1GHz.

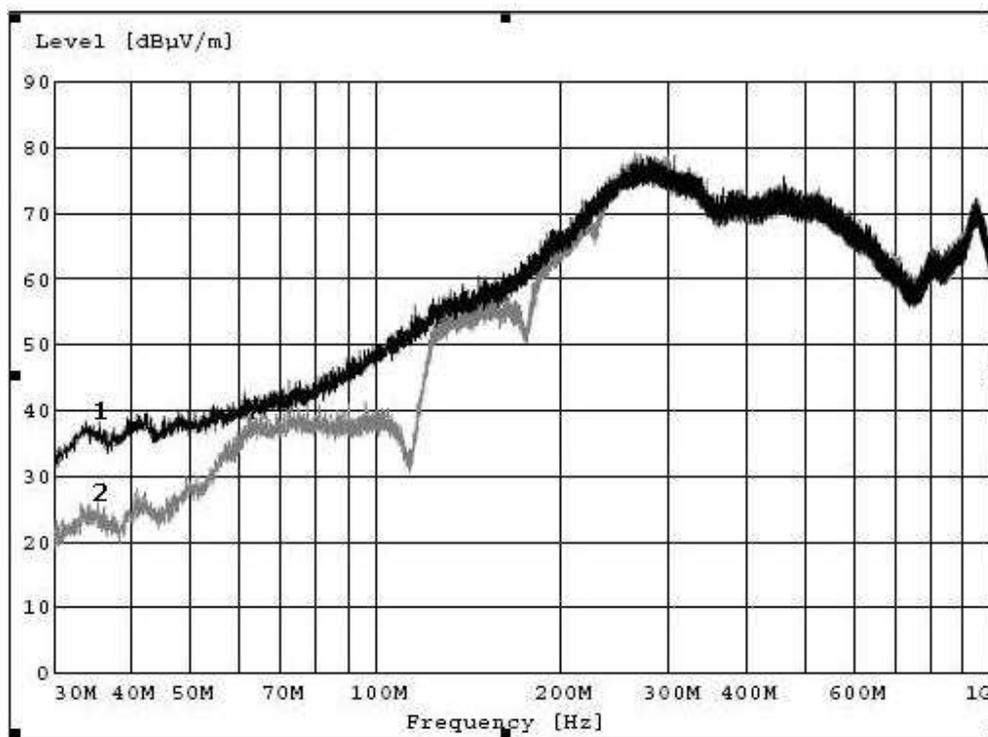


Figura 4.1.2.3 – Resultado padrão do artefato para emissão radiada.

Novamente, através da inspeção dos gráficos, pode-se visualizar que os dados apresentados nos dois ensaios seguem o comportamento esperado do artefato. Convém ressaltar aqui, que diferentemente do ensaio anterior, onde basicamente os mesmos tipos de equipamentos foram utilizados, neste ensaio dois sistemas díspares foram empregados. Um com a câmara GTEM e outro com uma câmara semi-aneóica (utilização de antenas).

Valores fornecidos pelo software gerenciador do ensaio foram utilizados, em determinadas frequências escolhidas, próximas umas das outras, para facilitar a avaliação dos resultados obtidos. Nas Tabelas 4.1.2.1 e 4.1.2.2 os valores comparados são

apresentados. Nestas tabelas encontram-se os valores das frequências utilizadas, seus valores de emissão em dB e o resultado da comparação com os valores aplicados na mesma equação utilizada na avaliação do ensaio de emissão conduzida, oferecendo o erro normalizado.

Dados do Artefato			Dados do Laboratório A			
Frequência MHz	Valor de emissão dB	Incerteza em dB	Frequência MHz	Valor de emissão dB	Incerteza em dB	Erro normalizado
58	38,88	1	59,34	46,0	4,1	1,68
120,20	51,77	1	121,50	52,80	4,1	0,24
172,80	58,89	1	173,10	56,10	4,1	-0,66
273,70	74,90	1	272,84	71,00	4,1	-0,92
359,80	68,20	1	360,06	65,90	4,1	-0,54

Tabela 4.1.2.1 – Resultados para frequências específicas e erros normalizados para o Laboratório A no ensaio de emissão radiada.

Dados do Artefato			Dados do Laboratório B			
Frequência MHz	Valor de emissão dB	Incerteza em dB	Frequência MHz	Valor de emissão dB	Incerteza em dB	Erro normalizado
58	38,88	1	56,82	44,20	4,24	1,22
120,20	51,77	1	115,02	54,10	4,24	0,53
149,70	56,22	1	148,08	58,00	4,24	0,40
273,70	74,90	1	274,20	75,30	4,24	0,091
391,80	69,30	1	390,96	72,20	4,24	0,66

Tabela 4.1.2.2 – Resultados para frequências específicas e erros normalizados para o Laboratório B no ensaio de emissão radiada.

Uma análise visual dos gráficos já possibilita o provimento de conclusões prévias positivas a respeito dos resultados. A tabela acima comprova que estas conclusões são de fato procedentes uma vez que os dois laboratórios apresentaram erros normalizados menores do que uma unidade em quase todas as frequências. Conforme citado no Capítulo 1, valores menores que uma unidade são considerados satisfatórios em programas de comparação interlaboratorial. Pela manifestação de apenas um erro normalizado acima da unidade em

freqüência mais baixa, pode-se supor que a possibilidade do artefato apresentar falha no seu resultado é mais provável os dois laboratórios apresentarem uma mesma tendência de erro, tornando dispensável o resultado fora do padrão. Analisando a Figura 4.1.2.3 pode-se verificar que os resultados em baixa freqüência do artefato são de maior inconstância.

4.2 Resultados para a Norma IEC 61000-4-2 – Ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas.

No ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas (ESD), o artefato foi testado para diferentes níveis. Os resultados eram registrados manualmente através da visualização do artefato após cada emissão de descarga eletrostática no mesmo. A Tabela 4.2.1 apresenta leituras provenientes do item ensaiado e os erros atribuídos ao ensaio.

É de conhecimento prévio que o artefato possui uma incerteza associada a cada medida, uma vez que as lâmpadas acendem a partir de valores entre 40 e 50 volts. Considerando este fato, os erros associados a esta informação também estão presentes na tabela.

Valor aplicado em kV	Incerteza das pistolas em ambos laboratórios em volts	Número de lâmpadas acesas esperadas no artefato	Faixa de valores que podem estar sendo aplicados	Número de lâmpadas no Laboratório A	Número de lâmpadas no Laboratório b
2	+/-80	1	1740 – 2540	1	1
4	+/-80	3	3040 – 4320	3	3
6	+/-80	5	5300 - 6750	5	5

Tabela 4.2.1 – Resultados do ensaio de imunidade a descarga eletrostática.

Pelo fato de se tratar de um ensaio de imunidade, não é possível analisar de outra forma, utilizando este artefato, os resultados deste tipo de ensaio. Uma análise foi realizada examinando-se os níveis de emissão de descarga nas pistolas utilizadas no ensaio. Esta análise foi realizada em conformidade com a norma que estabelece todos os parâmetros que a descarga aplicada no equipamento sob ensaio deve apresentar. Estes detalhes podem ser verificados junto à norma [N5] e é desnecessária sua explanação neste trabalho devido sua extensão que tomaria grande parte da dissertação. Desta análise surgiu o valor de +/- 80

volts de incerteza, associado às pistolas utilizadas. Somente considerando os valores lidos e verificados diretamente no artefato, pode-se defender o argumento de que a comparação é válida, e que em ambos os laboratórios os valores indicados na execução do ensaio foram os esperados conforme o proposto no desenvolvimento do artefato.

4.3 Resultados para a Norma IEC 61000-4-3 – Ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados.

Neste ensaio tabelas indicando a frequência e os valores dos sinais lidos nos psfômetros de ambos laboratórios foram anotados sempre que os mesmos ultrapassaram o nível de -40 dBm. O valor é estipulado pela Resolução 442/2006 [N19] da Anatel, Agência Nacional de Telecomunicações. A faixa de frequência abordada no ensaio foi de 80 MHz a 1GHz. Neste caso a comparação constataria apenas se o equipamento sob teste deixaria ou não de ter sua operação normal. Entretanto, além disso, as frequências onde este evento ocorria e o valor dos níveis também foram anotados. Nos anexos encontram-se as tabelas completas com todos os valores de frequência onde o equipamento teve seu funcionamento alterado. Na tabela a seguir foram considerados apenas os 10 pontos mais críticos em comum nos dois laboratórios.

Frequência	Leitura Laboratório A em dBm	Leitura Laboratório B em dBm	Incerteza Laboratório A	Incerteza Laboratório B
413,16	-18,40	-36,60	1,17dB	1,4dB
417,29	-23,45	-28,20	1,17dB	1,4dB
421,46	-30,75	-27,40	1,17dB	1,4dB
425,68	-31,20	-28,60	1,17dB	1,4dB
438,58	-38,80	-16,60	1,17dB	1,4dB
465,56	-33,25	-36,60	1,17dB	1,4dB
470,21	-28,30	-27,90	1,17dB	1,4dB
474,92	-34,20	-38,10	1,17dB	1,4dB
479,66	-40,85	-38,50	1,17dB	1,4dB
812,77	-38,80	-37,10	1,17dB	1,4dB

Tabela 4.3.1 – Resultados do ensaio de imunidade a campos eletromagnéticos radiados.

Neste ensaio os valores foram selecionados quando o artefato encontrava-se na mesma polarização em ambos os laboratórios. A polarização com piores resultados foi a

horizontal, com o monofone do aparelho voltado para antena, no caso do Instituto de Pesquisas Eldorado (câmara semi-aneecóica) e com o monofone do aparelho voltado para a parede contrária à porta da câmara GTEM, no Maglab.

Pode-se considerar que alcançar níveis de repetição nos resultados neste tipo de ensaio são eventos de difícil ocorrência, independente do artefato que for utilizado no ensaio. Isto ocorre devido a diversos fatores variantes, que influenciam diretamente nos resultados. Dentre estes se destacam o ruído de fundo presente (ruído eletromagnético característico do ambiente no momento do ensaio), inconstância do artefato devido a diferentes modulações do sinal que podem influenciá-lo em determinadas frequências e até mesmo o erro de leitura dos analisadores de linha. Como a norma não especifica níveis de leitura específicos para o ensaio e apenas considera se o funcionamento do mesmo foi ou não afetado, é plausível afirmar que ambas as instituições apresentaram resultados compatíveis entre si, uma vez que nas mesmas frequências o artefato teve seu modo de operação prejudicado, caracterizando sua não imunidade quando submetido a campos radiados.

4.4 Resultados para a Norma IEC 61000-4-4 – Ensaio de imunidade a transientes elétricos rápidos.

Transientes elétricos rápidos de 500 volts, 1, 2 e 4kV foram aplicados no artefato neste ensaio. A verificação dos resultados no artefato se deu através da observação do acendimento das lâmpadas néon no mesmo. A Tabela 4.4.1 apresenta os resultados para este ensaio:

Valor aplicado em kV	Número de lâmpadas acesas esperadas no artefato	Faixa de valores que podem estar sendo aplicados	Número de lâmpadas no Laboratório A				Número de lâmpadas no Laboratório B			
			L+	L-	N+	N-	L+	L-	N+	N-
0,5	0	-	0	0	0	0	0	0	0	
1	0	-	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	1740 – 2540	0	0	1	1	0	0	1	
4	3	3040 – 4320	1	0	3	3	0	0	3	

Tabela 4.4.1 – Resultados do ensaio de imunidade a transientes elétricos rápidos.

Neste ensaio, níveis de incerteza não são considerados, pois não são aplicáveis ao mesmo. Os símbolos **L+**, **L-**, **N+** e **N-** na tabela, representam o tipo de acoplamento utilizado, no momento em que o artefato foi submetido ao transiente. Conforme esperado, nos níveis de 0,5 e 1 kV, não houve manifestação das lâmpadas uma vez que as mesmas só começam a se acender teoricamente a partir de 1740 volts. Logo a partir do nível de 2 kV as lâmpadas passaram a apresentar resultados. Nos dois ensaios, tanto no **Laboratório A**, quanto no **Laboratório B**, a lâmpada acendeu quando o acoplamento estava no neutro. Para o nível de 4 kV, no **Laboratório A** uma lâmpada ligou no acoplamento Linha positivo enquanto que no **Laboratório B** o mesmo não ocorreu. Devido a esta disparidade nos resultados, os ensaios foram repetidos e mantiveram-se os mesmos após 5 (cinco) testes consecutivos nos dois laboratórios. Uma vez deparado com essa diferença procurou-se encontrar a origem do mesmo. Primeiramente era conhecida a informação de que as variâncias dos níveis para acionar as lâmpadas eram grandes e que valores diferentes na injeção de transientes poderiam estar sendo aplicados nos laboratórios. Iniciou-se, então, um processo de averiguação dos níveis de transientes que estavam sendo aplicados no equipamento, principalmente no nível de 4 kV. No **Laboratório B**, o operador não tinha realizado o ensaio conforme a validação do equipamento. Conforme a validação do mesmo, checkou-se de fato que o nível injetado realmente não atingia os 4 kV conforme o esperado e sim apenas 3700 kV. Este valor, associado à margem de acionamento das lâmpadas de 10 volts, estava fazendo com que a lâmpada não acendesse no **Laboratório B**. Para alcançar o valor almejado, o mesmo processo aplicado nas pistolas teve que ser executado. Configurando-se no gerador de transientes o valor de 4200 volts (conforme registro de método de validação interna do laboratório), alcançou-se o valor próximo dos 4000 volts, designados pela norma. Aplicando-se então agora o novo nível de transientes elétricos rápidos, a lâmpada néon que antes não acendia passou a acender no acoplamento de linha, igualando o resultado nos dois laboratórios e validando a comparação entre os mesmos.

4.5 Resultados para a Norma IEC 61000-4-5 – Ensaio de imunidade a surtos.

No ensaio de imunidade a surtos os 4 (quatro) níveis de surto estipulados pela norma foram aplicados. Na aplicação dos mesmos, todos os valores lidos foram anotados e colocados em tabelas, abaixo apresentadas. As letras **L**, **N** e **PE** significam respectivamente Linha, Neutro e Terra. Sua combinação, apresentadas na Tabela, representa o acoplamento onde o surto foi aplicado. Os símbolos + e - indicam se os mesmos foram surtos positivos ou negativos.

Teste Laboratório A						Teste Laboratório B					
Surto 500V CHD						Surto 500V CHD					
L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -	L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N-/PE -
3	3	1	1	1	2	3	3	2	3	1	2
3	3	1	1	1	1	3	3	2	3	1	2
3	3	1	1	1	1	3	3	2	3	1	2
3	3	1	1	1	1	3	3	2	3	1	2
3	3	1	1	1	1	3	3	2	3	1	2
Surto 1000V CHE						Surto 1000V CHE					
L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -	L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -
3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	2
3	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	2*	3	1	1	1	1	2
3	1	1	1	1	2*	3	1	1	1	1	2
Surto 2000V CHE						Surto 2000V CHE					
L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -	L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -
6	6	5	6	5	5	6	6	5	6	5	5
6	6	5	6	5	6	6	6	5	6	5	5
6	6	5	6	5	6	6	6	5	6	5	5
6	6	5	6	5	6	6	6	5	6	5	5
6	6	5	6	5	5	6	6	5	6	5	5
Surto 4000V CHM						Surto 4000V CHM					
L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -	L/N +	L/N -	L/PE +	L/PE -	N/PE +	N/PE -
6	5	5	6	5	5	6	5	5	5	5	5
6	5	5	6	5	5	5	5	4	5	5	5
6	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5	5
6	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
6	5	4	6	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabela 4.5.1 – Resultados do ensaio de imunidade a surtos.

Através da observação da tabela acima, constata-se que houve diversos valores de medição desiguais nos ensaios. Todos os valores sombreados denunciam onde houve

disparidade entre os resultados em ambos os laboratórios. Para o surto de 500 volts o mesmo procedimento adotado na norma anterior foi executado, ou seja, a verificação dos níveis reais de surtos que estavam sendo aplicados nos laboratórios, a fim de se averiguar se os mesmos estavam de acordo com a norma ou não. Realizando-se a validação verificou-se que os níveis estavam corretos em ambas instituições e que a discrepância dos resultados apresentados eram oriundas do próprio artefato utilizado, que por oferecer uma variação muito grande neste tipo de ensaio, mostrou-se como um equipamento não apropriado para ser utilizado nesta norma. Logo, para a comparação deste ensaio, sugere-se o desenvolvimento de um novo artefato, com resultados mais consistentes, a fim de se validar esta comparação. Considerando-se apenas os resultados nos níveis de 1000 e 2000 volts, pode se considerar que os dois laboratórios apresentaram praticamente os mesmos resultados. Entretanto, avaliando os níveis de 500 e 4000 volts, os resultados oferecem uma inconstância muito elevada por parte do artefato, não permitindo uma avaliação positiva dos resultados na comparação entre as duas instituições.

4.6 Resultados para a Norma IEC 61000-4-6 – Ensaio de imunidade à RF conduzida.

Similar ao ensaio da Norma IEC 61000-4-3[N6], neste ensaio, tabelas indicando a frequência e os valores dos sinais lidos nos psfômetros foram anotados sempre que estes chegassem a níveis acima de -50 dBm. A Resolução vigente, conforme citação anterior, estabelece níveis acima de -40 dBm como prejudiciais, entretanto devido a inconstância que os resultados podem oferecer, valores acima de -50 dBm já foram anotados. Caso não houvesse valores maiores do que -40 dBm, seria realizado outra vez o ensaio pelo menos nas frequências onde os valores entre -40 e -50 dBm tivessem se manifestado. A faixa de frequência abordada no ensaio foi de 150 kHz a 80 MHz. Para esta norma a comparação envolveria apenas o fato de que o equipamento sob teste teria ou não sua operação normal alterada. Entretanto, as frequências onde estas ocorrências aconteceram e o valor da leitura dos psfômetros também foram anotados. No Anexo B2, as tabelas completas com todos os valores de frequência são apresentadas, enquanto que a seguir, na Tabela 4.6.1, foram considerados somente os 10 pontos mais críticos em comum nas duas instituições.

Frequência em kHz	Leitura Laboratório A em dBm	Leitura Laboratório B Em dBm	Incerteza Laboratório A	Incerteza Laboratório B
14,585	-45,95	-46,6	2,91dBm	3,14dBm
14,731	-44,15	-39,00	2,91dBm	3,14dBm
14,878	-43,13	-37,80	2,91dBm	3,14dBm
15,027	-42,45	-37,40	2,91dBm	3,14dBm
15,177	-41,95	-37,00	2,91dBm	3,14dBm
15,329	-42,15	-37,50	2,91dBm	3,14dBm
15,482	-39,95	-38,10	2,91dBm	3,14dBm
33,981	-38,95	-29,00	2,91dBm	3,14dBm
34,321	-38,65	-36,60	2,91dBm	3,14dBm
44,899	-33,80	-33,80	2,91dBm	3,14dBm

Tabela 4.6.1 – Resultados do ensaio de imunidade à RF conduzida.

Mais uma vez, o alcance de repetição de resultados (pelo menos as leituras no psfômetro) é um feito pouco provável neste tipo de ensaio. Esta afirmação baseia-se no fato de que diversos fatores interferem nos resultados, assim como no ensaio de imunidade radiada. Como no presente ensaio a norma também não especifica níveis de leitura particulares para o mesmo, e somente qualifica o equipamento sob teste, ponderando se seu funcionamento foi ou não comprometido, é admissível alegar que as duas instituições estão obtendo o mesmo tipo de resultado para este ensaio, uma vez que nas mesmas frequências o artefato teve seu modo de operação perturbado.

4.7 Resultados para a Norma IEC 61000-3-2 – Ensaio de emissão de harmônicas de corrente.

Neste ensaio, diferentes relatórios foram gerados em cada laboratório. Os mesmos apresentam os dados pertinentes à norma e estão a seguir apresentados e comparados nas Tabelas 4.7.1 e 4.7.2.

Valores que ultrapassaram os limites da norma estavam nas medidas de harmônicas médias e máximas de corrente. As harmônicas de tensão encontraram-se todas dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Para harmônicas médias:

Ordem da harmônica	Leff [A] Laboratório A	Incerteza Laboratório A	Leff [A] Laboratório B	Incerteza Laboratório B	Limit [A]	Result
1	0,000	7,10%	27.361E-3	6,2%		
2	0,000	7,10%	323.935E-6	6,2%		PASS
3	0,015	7,10%	16.539E-3	6,2%	17.766E-3	PASS
4	0,000	7,10%	709.677E-6	6,2%		PASS
5	0,016	7,10%	17.510E-3	6,2%	9.928E-3	FAIL
6	0,001	7,10%	482.717E-6	6,2%		PASS
7	0,016	7,10%	16.951E-3	6,2%	5.225E-3	FAIL
8	0,000	7,10%	558.801E-6	6,2%		PASS
9	0,016	7,10%	15.726E-3	6,2%	2.613E-3	FAIL
10	0,000	7,10%	462.723E-6	6,2%		PASS
11	0,015	7,10%	15.042E-3	6,2%	1.829E-3	FAIL
12	0,000	7,10%	384.014E-6	6,2%		PASS
13	0,014	7,10%	14.231E-3	6,2%	1.548E-3	FAIL
14	0,000	7,10%	460.825E-6	6,2%		PASS
15	0,013	7,10%	13.341E-3	6,2%	1.341E-3	FAIL
16	0,001	7,10%	387.503E-6	6,2%		PASS
17	0,012	7,10%	12.274E-3	6,2%	1.184E-3	FAIL
18	0,000	7,10%	257.433E-6	6,2%		PASS
19	0,011	7,10%	11.217E-3	6,2%	1.059E-3	FAIL
20	0,000	7,10%	232.423E-6	6,2%		PASS
21	0,010	7,10%	10.227E-3	6,2%	1.437E-3	FAIL
22	0,000	7,10%	211.773E-6	6,2%		PASS
23	0,009	7,10%	9.108E-3	6,2%	1.312E-3	FAIL
24	0,000	7,10%	200.043E-6	6,2%		PASS
25	0,008	7,10%	7.761E-3	6,2%	1.207E-3	FAIL
26	0,000	7,10%	240.121E-6	6,2%		PASS
27	0,007	7,10%	6.746E-3	6,2%	1.118E-3	FAIL
28	0,000	7,10%	188.767E-6	6,2%		PASS
29	0,006	7,10%	5.785E-3	6,2%	1.041E-3	FAIL
30	0,000	7,10%	170.446E-6	6,2%		PASS
31	0,005	7,10%	4.602E-3	6,2%	973.450E-6	FAIL
32	0,001	7,10%	188.259E-6	6,2%		PASS
33	0,004	7,10%	3.519E-3	6,2%	913.883E-6	FAIL
34	0,000	7,10%	168.401E-6	6,2%		PASS
35	0,003	7,10%	2.757E-3	6,2%	862.154E-6	FAIL
36	0,000	7,10%	166.079E-6	6,2%		PASS
37	0,002	7,10%	1.924E-3	6,2%	815.911E-6	FAIL
38	0,000	7,10%	157.545E-6	6,2%		PASS
39	0,001	7,10%	1.189E-3	6,2%	773.587E-6	FAIL

40	0,000	7,10%	158.183E-6	6,2%		PASS
----	-------	-------	------------	------	--	------

Tabela 4.7.1 – Resultados das harmônicas médias de corrente.

Para os valores de harmônicas máximas de corrente, os seguintes resultados foram encontrados:

Ordem da harmônica	Leff [A] Laboratório A	Incerteza Laboratório A	Leff [A] Laboratório B	Incerteza Laboratório B	Limit [A]	Result
1	-	7,10%	27.478E-3	6,2%		
2	0,000	7,10%	527.558E-6	6,2%		PASS
3	0,015	7,10%	16.689E-3	6,2%	26.648E-3	PASS
4	0,000	7,10%	904.012E-6	6,2%		PASS
5	0,016	7,10%	17.618E-3	6,2%	14.892E-3	FAIL
6	0,000	7,10%	716.703E-6	6,2%		PASS
7	0,016	7,10%	17.029E-3	6,2%	7.838E-3	FAIL
8	0,000	7,10%	801.436E-6	6,2%		PASS
9	0,016	7,10%	15.836E-3	6,2%	3.919E-3	FAIL
10	0,000	7,10%	660.865E-6	6,2%		PASS
11	0,015	7,10%	15.121E-3	6,2%	2.743E-3	FAIL
12	0,000	7,10%	542.210E-6	6,2%		PASS
13	0,015	7,10%	14.349E-3	6,2%	2.322E-3	FAIL
14	0,000	7,10%	612.830E-6	6,2%		PASS
15	0,013	7,10%	13.428E-3	6,2%	2.011E-3	FAIL
16	0,000	7,10%	588.018E-6	6,2%		PASS
17	0,012	7,10%	12.364E-3	6,2%	1.775E-3	FAIL
18	0,000	7,10%	421.640E-6	6,2%		PASS
19	0,011	7,10%	11.308E-3	6,2%	1.588E-3	FAIL
20	0,000	7,10%	382.217E-6	6,2%		PASS
21	0,010	7,10%	10.316E-3	6,2%	1.437E-3	FAIL
22	0,000	7,10%	344.385E-6	6,2%		PASS
23	0,009	7,10%	9.208E-3	6,2%	1.312E-3	FAIL
24	0,000	7,10%	318.249E-6	6,2%		PASS
25	0,008	7,10%	7.840E-3	6,2%	1.207E-3	FAIL
26	0,000	7,10%	353.761E-6	6,2%		PASS
27	0,007	7,10%	6.846E-3	6,2%	1.118E-3	FAIL
28	0,000	7,10%	317.069E-6	6,2%		PASS
29	0,006	7,10%	5.877E-3	6,2%	1.041E-3	FAIL
30	0,000	7,10%	285.704E-6	6,2%		PASS
31	0,005	7,10%	4.683E-3	6,2%	973.450E-6	FAIL

32	0,000	7,10%	336.701E-6	6,2%		PASS
33	0,004	7,10%	3.620E-3	6,2%	913.883E-6	FAIL
34	0,000	7,10%	320.091E-6	6,2%		PASS
35	0,003	7,10%	3.282E-3	6,2%	862.154E-6	FAIL
36	0,000	7,10%	253.431E-6	6,2%		PASS
37	0,002	7,10%	2.041E-3	6,2%	815.911E-6	FAIL
38	0,000	7,10%	234.836E-6	6,2%		PASS
39	0,002	7,10%	1.273E-3	6,2%	773.587E-6	FAIL
40	0,000	7,10%	245.961E-6	6,2%		PASS

Tabela 4.7.2 – Resultados das harmônicas máximas de corrente.

Para uma análise mais aprofundada, optou-se por verificar o erro normalizado para alguns dos resultados obtidos nos dois laboratórios.

Na Tabela 4.7.3 são apresentados os erros normalizados para os dois tipos de resultados obtidos (harmônicas médias e máximas).

Harmônicas médias de corrente				Harmônicas máximas de corrente			
Ordem harmônica	Valor Laboratório A	Valor Laboratório B	Erro normalizado	Ordem harmônica	Valor Laboratório A	Valor Laboratório B	Erro normalizado
7	0,016	0,016951	0,61	5	0,016	0,017618	0,92
9	0,016	0,015726	0,18	7	0,016	0,017029	0,66
11	0,015	0,015042	0,03	9	0,016	0,015836	0,11
15	0,013	0,013341	0,27	11	0,015	0,015121	0,08
17	0,012	0,012274	0,23	15	0,013	0,013428	0,34

Tabela 4.7.3 – Cálculo dos erros normalizados para emissão de harmônicas.

Analisando a tabela é possível afirmar que os dados obtidos em ambos laboratórios apresentam uma grande similaridade e erros sistemáticos menores que a unidade, comprovando o que os mesmos estão praticamente proporcionando os mesmos resultados para as medidas. Vale ressaltar que uma vez desconhecidos os valores padrões do artefato, as medidas não oferecem uma garantia total quanto seus resultados. Seria interessante realizar o ensaio em pelo menos mais um laboratório a fim de verificar se há ou não disparidade nos resultados. O mais provável neste caso, é que os dois laboratórios estão

realizando os ensaios corretamente, pois praticamente todos os valores estavam em concordância.

4.8 Resultados para a Norma IEC 61000-3-3 – Ensaio de emissão de flicker.

No final da execução deste ensaio, relatórios com os valores finais pertinentes ao ensaio de flicker foram gerados. No mesmo são encontrados dados de **dMax**, **dt**, **P_{st}** e **P_{lt}**. O artefato foi desenvolvido de forma a ultrapassar os valores de **P_{st}** e **P_{lt}** especificados pela norma. Em ambos laboratórios este resultado foi alcançado, entretanto, os valores medidos foram muito diferentes, de forma que nenhum tipo de análise poderia ser feito inicialmente.

Os resultados alcançados para estes parâmetros são apresentados na Tabela 4.8.1.

Parâmetro	Laboratório A	Incerteza Laboratório A	Laboratório B	Incerteza Laboratório B
P _{st}	1,088	4,3%	2,756	7,66%
P _{lt}	1,072	4,3%	2,723	7,66%

Tabela 4.8.1 – Resultados para emissão de flicker.

Após a coleta desses dados decidiu-se verificar se o artefato estava apresentando continuidade nos seus resultados. Ensaiou-se diversas vezes o equipamento em ambos os laboratórios. No **Laboratório A** os resultados apresentaram pequenas alterações, dentro da faixa de incerteza para o ensaio estipulada pelo laboratório. No **Laboratório B** os dados não apresentaram repetição e mostraram-se completamente inconstantes variando mais de 100% tanto no **P_{lt}** como no **P_{st}**. Como não se obteve confiabilidade nestas medidas, não é praticável uma comparação entre os valores alcançados nos laboratórios. Por isso, a equipe técnica do **Laboratório B** tentará averiguar o que de fato acontece nos seus equipamentos junto ao fabricante do mesmo, a fim de verificar se há algum problema de configuração no equipamento ou algum erro desta espécie.

Neste capítulo foram apresentados todos os resultados do trabalho de comparação interlaboratorial executado. Na seção seguinte estes resultados serão discutidos de maneira geral e conclusões sobre o projeto executado serão efetuadas.

CONCLUSÃO

Esta última seção do trabalho aborda as conclusões oriundas do mesmo. Através da leitura desta dissertação, pode-se observar um grande labor despendido na execução deste projeto, desde pesquisas quanto a cálculos de incerteza até no desenvolvimento de artefatos.

O primeiro capítulo apresentou todos os passos para se executar uma comparação interlaboratorial na área de compatibilidade eletromagnética. Seu conteúdo pode servir de base para quaisquer laboratórios que desejarem participar de um ensaio de proficiência através de comparação interlaboratorial.

O desenvolvimento da parte relacionada ao cálculo de incertezas necessitou de muito tempo para ser efetuado. Pesquisas, buscas em normas e até mesmo um curso foram realizados para que se estimassem os métodos que no segundo capítulo foram apresentados. A explanação dos cálculos para estimativa de incerteza em Compatibilidade Eletromagnética é ainda um desafio para laboratórios da área e este trabalho pretendeu apresentar exemplos de como dar início a este tipo de cálculos de uma maneira simples e abrangente. Tem-se ciência que muitas vezes as fontes das incertezas a serem consideradas num ensaio de Compatibilidade Eletromagnética podem representar uma barreira na confecção destas estimativas, entretanto pesquisas profundas nas normas e manuais dos equipamentos, ajudam a levantar todas estas fontes a fim de alcançar os valores relevantes na composição do valor final da incerteza.

Analisando-se individualmente as normas compreendidas no escopo da comparação interlaboratorial, é possível ressaltar que apenas dois tipos de ensaios proporcionaram resultados fora da expectativa inicial do projeto. As Normas CISPR 11 e CISPR 22, IEC 61000-3-2, 4-2, 4-3, 4-4 e 4-6 apresentaram resultados finais positivos, demonstrando que os procedimentos e avaliações aplicados nos ensaios foram satisfatórios na execução do Programa de Comparação Interlaboratorial, possibilitando que estes ensaios pudessem ser realizados e comparados de forma bem-sucedida.

É importante dar destaque para os diferentes tipos de análises que tiveram que ser realizadas a fim de se concretizar a comparação. Estas diferenças vêm demonstrar que na área de compatibilidade eletromagnética não é possível estabelecer um padrão geral na

análise final de diferentes resultados envolvidos. As normas que concernem à área abordam assuntos muito díspares entre si, que acabam oferecendo desiguais formas de resultado, o que inviabiliza uma análise de forma unívoca. Normas que abordam descargas eletrostáticas, emissões eletromagnéticas e imunidade a diferentes tipos de perturbação não possibilitam que um mesmo tipo de avaliação seja aplicado a todas elas.

Outro ponto importante que deve ser salientado está associado à dificuldade envolvida na confecção de artefatos para os diversos tipos de ensaios referentes à ciência da compatibilidade eletromagnética. Como no País algumas normas nunca foram comparadas e raros estudos de comparação em trabalhos estrangeiros são encontrados, torna-se complexo o desenvolvimento de equipamentos que deverão ser utilizados nos ensaios. Primeiramente, não se tem conhecimento dos parâmetros que deverão ser avaliados em determinadas classes de ensaio. Um exemplo deste fato pode ser constatado no ensaio de imunidade a surto. Talvez fosse mais interessante comparar apenas os níveis de surto que estão sendo entregues ao equipamento sob teste, que fazer uso de um artefato. A Norma IEC 61000-4-5 estabelece diversos parâmetros, que devem apresentar um determinado comportamento, para que o equipamento utilizado no ensaio esteja de acordo com a norma. Esta mesma idéia poderia ser difundida para todos os outros ensaios de imunidade. De conhecimento do tipo de perturbação que deve ser confiada ao equipamento que está sendo testado, a averiguação da similaridade destes parâmetros em cada ensaio poderia fornecer um resultado mais preciso, e de melhor qualidade neste tipo de trabalho. Esta concepção ratifica a idéia de que artefatos são ótimos instrumentos de comparação interlaboratorial apenas quando se realiza uma medida específica ou quando se trabalha com valores, independente da origem dos mesmos. Nestes casos, o uso de artefatos ou materiais pode ser considerada uma ótima maneira de se realizar uma comparação entre dois laboratórios, entretanto, quando se faz menção ao tópico imunidade, a dificuldade na confecção dos mesmos torna-se bastante complicada e nem sempre pode apresentar resultados consistentes e eficazes.

Os ensaios que enfrentaram obstáculos e que não puderam ser analisados de forma natural foram os de imunidade a surtos – IEC 61000-4-5 - e emissão de flicker – IEC 61000-3-3. No ensaio de imunidade a surtos, apresentou-se uma grande disparidade em dois níveis de ensaio. Para o mesmo, conclui-se que o artefato não apresentava confiabilidade suficiente

para este tipo de ensaio, e que duas outras soluções para este problema podem ser implementadas. A primeira seria desenvolver um novo artefato que apresentasse resultados mais confiáveis e contínuos ao longo dos ensaios, assegurando uma mesma resposta a cada aplicação de surto. Uma segunda alternativa seria alterar o parâmetro verificado para aqueles que constam na norma, conforme discutido anteriormente. Ao invés de utilizar um artefato, realizar a verificação dos níveis de surto que são entregues ao equipamento sob teste em ambos os laboratórios considerando as incertezas para estes métodos de verificação. Desta forma se asseguraria de maneira mais consistente que ambos laboratórios estão realizando o mesmo ensaio de modo mais semelhante. Por outro lado, esta prática de avaliação poderia vir a colocar o foco somente no equipamento, ignorando o procedimento de ensaio envolvido.

No fato envolvendo o ensaio de emissão de flicker, onde o problema consistiu-se no caso de um dos laboratórios apresentar diferentes resultados enquanto o outro apresentou praticamente sempre os mesmos após a execução de diversos ensaios, três soluções são aparentes. A primeira é verificar junto ao fabricante do sistema do laboratório com resultados inconsistentes, se há algum problema no equipamento ou em sua configuração. Outra solução seria desenvolver um segundo artefato e verificar se o mesmo apresentaria o mesmo tipo de resultados ou não. A terceira e mais simples solução, seria ensaiar o artefato num terceiro laboratório e realizar a comparação entre os três laboratórios a fim de se verificar qual dos dois laboratórios está apresentando resultados incorretos. Caso este terceiro laboratório também apresente diferença nos seus resultados, se ensaiaria o artefato num próximo laboratório ou partir-se-ia para outra das duas soluções propostas anteriormente.

Realizando uma análise de forma global, constata-se que muito ainda tem se a desenvolver na área de comparação interlaboratorial na área de compatibilidade eletromagnética. A ausência de diretrizes em âmbito mundial concernindo este tipo de trabalho é evidente e prejudica o desenvolvimento do mesmo em qualquer uma das sub-áreas em que o mesmo venha ser aplicado. Empresas atuantes no mercado voltado para a compatibilidade eletromagnética já vêm desenvolvendo artefatos para estudos desta espécie, e isso pode ser considerado um grande avanço no campo de Compatibilidade Eletromagnética. Entretanto o trabalho aqui desenvolvido comprova que ainda estamos

atrasados na execução deste tipo de investigação e que mais pesquisas na área devem ser desenvolvidas a fim de prover um crescimento e melhoria na garantia da qualidade de qualquer laboratório que executa ensaios que envolvem compatibilidade eletromagnética.

Esta ciência, além das normas aqui discutidas, concerne ainda um amplo número de outras normas onde pouco se sabe de casos de comparação interlaboratorial que foram aplicados a elas. Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se uma expansão no número de normas de Compatibilidade Eletromagnética aplicáveis a ensaios de proficiência deste tipo. Vale ressaltar ainda que o tempo consumido por este tipo de atividade é na maioria das vezes extenso e um ótimo planejamento do cronograma da comparação deve ser realizado a fim de não causar frustração e desestímulo nos laboratórios participantes da mesma.

Espera-se que este trabalho sirva de base para outros trabalhos futuros. O envolvimento de outros laboratórios no Programa poderia gerar um novo trabalho e confirmar os resultados aqui colhidos. Também o desenvolvimento de novos artefatos mais confiáveis poderia ser realizado, ensaiando-se os mesmos e realizando uma nova comparação.

Também se almeja que este trabalho possa ser difundido em outros laboratórios a fim de consolidar os resultados aqui apresentados, aumentando os níveis de qualidade de resultados em outros laboratórios da área de compatibilidade eletromagnética do País e até mesmo do exterior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NORMAS TÉCNICAS

- [N1] IEC/CISPR 11; (2006) "Industrial, Scientific and Medical (ISM) Radio-Frequency Equipment – Electromagnetic Disturbance Characteristics – Limits and Methods of Measurement"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N2] IEC/CISPR 22; (2005) "Information Technology Equipment – Radio Disturbance Characteristics – Limits and Methods of Measurement"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N3] IEC 61000-3-2; (2004) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current ≤ 16 A per phase)"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N4] IEC 61000-3-3; (2005) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Limitation of Voltage Fluctuations and Flicker in Public Low-voltage Supply Systems, for Equipment with Rated Current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N5] IEC 61000-4-2; (2001) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and Measurement Techniques – Electrostatic discharge immunity test"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N6] IEC 61000-4-3; (2002) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and Measurement Techniques – Radiated, Radio-Frequency, Electromagnetic Field Immunity Test"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N7] IEC 61000-4-4; (1995) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and Measurement Techniques – Electrical Fast Transient/Burst Immunity Test"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N8] IEC 61000-4-5; (1995) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and Measurement Techniques – Surge Immunity Test"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N9] IEC 61000-4-6; (2004) "Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and Measurement Techniques – Immunity to Conducted Disturbances, Induced by Radio-Frequency Fields"; International Electrotechnical Commission (IEC).

- [N10] ABNT ISO/IEC Guia 43-1; (1999) "Ensaio de Proficiência por Comparações Interlaboratoriais – Parte 1: Desenvolvimento e Operação de Programas de Ensaio de Proficiência".
- [N11] NBR ISO/IEC 17025; (2005) "Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração".
- [N12] ABNT ISO/IEC Guia 43-2; (1999) "Ensaio de Proficiência por Comparações Interlaboratoriais – Parte 2: Seleção e Uso de Programas de Ensaio de Proficiência por Organismos de Credenciamento de Laboratórios".
- [N13] NIT-DICLA-026; (2005) "Requisitos sobre a Participação dos Laboratórios de Ensaio e de Calibração em Atividades de Ensaio de Proficiência".
- [N14] ASTM E 826-85; (1996) – "Standard Practice for Testing Homogeneity of Materials for Development of Reference Materials".
- [N15] IEC/CISPR 14; (2005) – "Electromagnetic compatibility – Requirements for Household Appliances, Electric Tools and Similar Apparatus"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N16] IEC/CISPR 15; (2005) – "Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Electrical Lighting and Similar Equipment"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N17] IEC 61000-4-11; (2004) – "Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and Measurement Techniques – Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests"; International Electrotechnical Commission (IEC).
- [N18] IEC/CISPR 16-4-2; (2003) "Specification for Radio Disturbance and Immunity Measuring Apparatus and Methods – Part 4: Uncertainties, Statistics and Limit Modeling – Section 2: Uncertainty in EMC measurements".
- [N19] Resolução Anatel número 442 - "Regulamento para a Certificação de Equipamentos de Telecomunicações quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética";
- [N20] IEC/CISPR 16-1-2; (2006) "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-2: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Ancillary equipment - Conducted disturbances".

PUBLICAÇÕES

- [P1] SOLETTI, K. T.; FERREIRA, J. J. A.; (2004) "*Comparações Interlaboratoriais para Laboratórios de Compatibilidade Eletromagnética*"; Instituto de Eletrotécnica e Energia IEE/USP; Artigo ENQUALAB 2004, São Paulo, Brasil.

- [P2] RAIZER, A.; NYLAND, F; AMARAL, M. H.; (2007) "*Cálculo de Incerteza para Compatibilidade Eletromagnética*"; Universidade Federal de Santa Catarina; Artigo VII SEMETRO – Seminário Internacional de Metrologia Elétrica, Belo Horizonte, Brasil.
- [P3] RAIZER, A.; (2000) "*Introdução à Compatibilidade Eletromagnética*"; Apostila, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- [P4] ICHELN, C.; (1995) "*The construction and application of a GTEM CELL*". Dissertação de Mestrado, Technical University of Hamburg, Faculty of Electrical Engineering.
- [P5] COSTA, J. G.; ROCHA, G. M.; (2005) "*Organização e Avaliação de Comparações Interlaboratoriais*"; Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial; Artigo ENQUALAB 2005, São Paulo, Brasil.

GUIAS

- [G1] NATA – National Association of Testing Authorities; (2004) "Guide to Nata Proficiency Testing". Versão 1, Austrália.
- [G2] SCHAFFNER EMC SYSTEMS LTD; (2002) "*The Handy Guide to EMC Measurment Uncertainty*"; Guia Criado Pela Empresa.
- [G3] GUIA PARA EXPRESSÃO DA INCERTEZA DE MEDIÇÃO; (2003) Terceira Edição brasileira do "*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurements*". Edição Revisada. São Paulo, Brasil.

DOCUMENTOS DE CARÁTER ORIENTATIVOS

- [D1] DOQ-CGCRE-005; (2002) "Orientações para a Organização de Comparações Interlaboratoriais pelas Comissões Técnicas da Dicla".

ENDEREÇOS ELETRÔNICOS

- [S1] <http://www.inmetro.gov.br/inmetro/>;
- [S2] <http://www.inmetro.gov.br/credenciamento/comissoesTec.asp>;
- [S3] <http://www.juliobattisti.com.br/tutoriais/paulocfarias/redeswireless004.asp>;
- [S4] <http://www.engecomp.com.br/harmonic.htm>;

Último acesso aos endereços eletrônicos: 28/11/2007.

ANEXOS

SUMÁRIO

ANEXO A – Documentos pertinentes ao Ensaio de Proficiência	113
ANEXO A1 – Cronograma	114
ANEXO A2 - Formulário de controle de recebimento de padrão	115
ANEXO A3 - Formulário de controle de expedição de padrão	116
ANEXO B – Documentos pertinentes a resultados	117
ANEXO B1 – Resultados do ensaio de imunidade a emissão adiada	118
ANEXO B2 - Resultados do ensaio de imunidade a emissão conduzida	130
ANEXO B3 - Resultados do ensaio de emissão de harmônicas	138
ANEXO B4 - Resultados do ensaio de emissão de flicker	151

ANEXO A – Documentos pertinentes ao Ensaio de Proficiência

Anexo A1 – Cronograma

	Atividades a serem executadas	31 de maio de 2006	31 de agosto de 2006	20-25 Novembro de 2006	30 Novembro de 2006	Março de 2007
1.	Procedimentos macro para comparação de resultados: tipos de comparação, processamento de dados					
2.	-Detalhamento de ensaios CISPR11, 14, 15, 22 - Detalhamento de ensaios 61.000-3-2, 61.000-3-3 (com desenvolvimento de artefatos)					
3.	Resultados iniciais de comparação entre Maglab e Instituto de Pesquisas Eldorado					
4.	Workshop sobre resultados dos ensaios envolvendo outros laboratórios e instituições (CNPq, Finep, INmetro)					
5.	-Detalhamento dos ensaios 61.000-4-2, 61.000-4-3, 61.000-4-4, 61.000-4-5, 61.000-4-6 61.000-4-11					
	Atividades a serem executadas	Até Março de 2007.	Abril e Maio de 2007	Junho de 2007	Julho e Agosto de 2007	Setembro de 2007
6.	Desenvolvimento do artefato de harmônicos e flickers					
7.	Execução dos ensaios de Emissão conduzida, harmônicos e flickers e imunidade a conduzida e radiada.					
8.	Desenvolvimento de artefato para IEC 61000-4-2, 4-4 e 4-5.					
9.	Execução dos ensaios IEC 61000-4-2, 4-4 e 4-5.					
10.	Compilação dos resultados					
11.	Escrita da dissertação de mestrado					
12.	Defesa da Dissertação de mestrado					

Anexo A2 - Formulário de controle de recebimento de padrão.

PROGRAMA DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL									
CONTROLE DE RECEBIMENTO DE PADRÃO									
EUT:									
Descrição:							Classe:		
Modelo:					Fabricante:				
Tensão de Alimentação (V):				Potência (W):					
Nota Fiscal N°:			Série:		Data:		/ / 200		
Data de Recebimento:			/ /		Respons. pelo receb.:				
Complementos/Observações:									
O equipamento foi recebido:									
<input type="checkbox"/> Em mãos			<input type="checkbox"/> Por transportadora				<input type="checkbox"/> Outra forma		
Discriminar:									
Foi observado dano físico evidente?				<input type="checkbox"/> Sim			<input type="checkbox"/> Não		
Se positivo, discriminar:									
O padrão estava embalado adequadamente?				<input type="checkbox"/> Sim			<input type="checkbox"/> Não		
Se negativo, discriminar:									
Solicitante:									
Ensaio de:									
<input type="checkbox"/> EMI Conduzida		<input type="checkbox"/> EMI Radiada		<input type="checkbox"/> EMS Conduzida		<input type="checkbox"/> EMS Radiada			
<input type="checkbox"/> Harmônicas		<input type="checkbox"/> Flicker		<input type="checkbox"/> EFT / BURST		<input type="checkbox"/> Surto de Tensão			
<input type="checkbox"/> Descarga Eletrostática		<input type="checkbox"/> Afundamentos, Interrupções Curtas e Variações de Tensão							
<input type="checkbox"/> Campos Magnéticos na Frequência da Rede de Alimentação				<input type="checkbox"/> Campos Próximos					
Outros:		<input type="checkbox"/> Exposição Ocupacional			<input type="checkbox"/> Exposição de Público Geral				
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Normas de Referência:									
CISPR:		<input type="checkbox"/> 11		<input type="checkbox"/> 14		<input type="checkbox"/> 15		<input type="checkbox"/> 22	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
IEC 61000:		<input type="checkbox"/> 3-2		<input type="checkbox"/> 3-3		<input type="checkbox"/> 4-2		<input type="checkbox"/> 4-3	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Objetivos dos Testes:									

Anexo A3 - Formulário de controle de expedição de padrão.

PROGRAMA DE COMPARAÇÃO INTERLABORATORIAL									
CONTROLE DE EXPEDIÇÃO DE PADRÃO									
EUT:									
Descrição:							Classe:		
Modelo:					Fabricante:				
Tensão de Alimentação (V):					Potência (W):				
Nota Fiscal Nº:			Série:		Data:		/ / 200		
Data de Recebimento:			/ / 200		Responsável pelo Recebimento:				
Complementos/Observações:									
O padrão foi expedido ao laboratório:									
<input checked="" type="checkbox"/> Em mãos			<input type="checkbox"/> Por transportadora			<input type="checkbox"/> Outra forma			
Discriminar:									
Foi observado dano físico evidente? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não									
Se positivo, discriminar:									
Tempo efetivo de medição: <input type="checkbox"/> dias									
Data da saída do padrão invergente : / / Observações:									
Solicitante:									
Ensaio de:									
<input type="checkbox"/> EMI Conduzida		<input type="checkbox"/> EMI Radiada		<input type="checkbox"/> EMS Conduzida		<input type="checkbox"/> EMS Radiada			
<input type="checkbox"/> Harmônicas		<input type="checkbox"/> Flicker		<input type="checkbox"/> EFT / BURST		<input type="checkbox"/> Surto de Tensão			
<input type="checkbox"/> Descarga Eletrostática		<input type="checkbox"/> Afundamentos, Interrupções Curtas e Variações de Tensão							
<input type="checkbox"/> Campos Magnéticos na Freqüência da Rede de Alimentação				<input type="checkbox"/> Campos Próximos					
Outros:									
<input type="checkbox"/> Exposição Ocupacional					<input type="checkbox"/> Exposição de Público Geral				
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Normas de Referência:									
CISPR:									
<input type="checkbox"/> 11		<input type="checkbox"/> 14		<input type="checkbox"/> 15		<input type="checkbox"/> 22			
<input type="checkbox"/> 3-2		<input type="checkbox"/> 3-3		<input type="checkbox"/> 4-2		<input type="checkbox"/> 4-3		<input type="checkbox"/> 4-4	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 4-11	
Objetivos dos Testes:									

ANEXO B – Documentos pertinentes a Resultados

Anexo B1 - Resultados do ensaio de imunidade à emissão radiada.**Laboratório A.****Face 1 – polarização horizontal – Monofone na frente.**

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01	-43,3	686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02	-32,55	693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07	-20,2	700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16	-18,4	707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29	-23,45	714,15	-49,75
84,08		143,9		246,27		421,46	-30,75	721,3	-40,1
84,92		145,34		248,73	-48,4	425,68	-31,2	728,51	-39,35
85,77		146,79		251,22	-48,4	429,93	-41,8	735,79	-44,35
86,63		148,26		253,73	-48,25	434,23	-39,5	743,15	-46,5
87,49		149,74		256,27	-49,7	438,58	-38,8	750,58	-46,45
88,37		151,24		258,83		442,96	-39,25	758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39	-45,05	765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87	-46	773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38	-46	781,06	-43
91,96		157,38		269,34		460,95	-41,4	788,87	-38,4
92,88		158,95		272,03		465,56	-33,25	796,76	-44,8
93,81		160,54		274,75		470,21	-28,3	804,73	-41,75
94,74		162,15		277,5		474,92	-34,2	812,77	-38,8
95,69		163,77		280,27		479,66	-40,85	820,9	-44,05
96,65		165,41		283,08		484,46	-47,05	829,11	-49,33
97,62		167,06		285,91		489,32		837,4	-43,65
98,59		168,73		288,77		494,2	-44,5	845,78	-40,15
99,58		170,42		291,65		499,14	-44,95	854,23	
100,57		172,12		294,57		504,13	-49,1	862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17	-48,75	871,4	-44,65
102,59		175,58		300,49	-46,1	514,26		880,12	-41,7
103,62		177,34		303,5	-46,95	519,41		888,92	-45,35
104,66		179,11		306,53	-48,4	524,6	-45,75	897,81	-41,2
105,7		180,9		309,6	-46,55	529,85	-40,7	906,79	-43,4
106,76		182,71		312,69	-44,6	535,15	-44,2	915,85	
107,83		184,54		315,82	-46,1	540,5	-48,8	925,01	-41,5
108,91		186,38		318,98		545,9		934,26	-37,8
110		188,25		322,17		551,36		943,61	-47,45

111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	-45,1
112,21		192,03		328,64		562,44		962,57	-42,4
113,33		193,95		331,93		568,07		972,2	
114,46		195,89		335,25		573,75		981,92	
115,61		197,85		338,6		579,49		991,74	-42,4
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	-44,9
117,93		201,83		345,41		591,13			
119,11		203,84		348,86	-43,2	597,05			
120,3		205,88		352,35	-37,8	603,02			
121,5		207,94		355,87	-33,65	609,05			
122,72		210,02		359,43	-37,3	615,14			
123,95		212,12		363,03	-44,25	621,29			
125,18		214,24		366,66	-47,7	627,5			
126,44		216,39		370,32	-49,5	633,78			
127,7		218,53		374,03	-49,3	640,11			
128,98		220,73		377,77		646,51			
130,27		222,94		381,54		652,98			
131,57		225,17		385,36		659,51			
132,89		227,42		389,21		666,1			
134,22		229,7		393,11		672,77	-48		
135,56		231,99		397,04		679,49			

Face 1 – polarização vertical – Monofone de frente (lateral esquerda)

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01		686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02		693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07		700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16		707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29		714,15	
84,08		143,9		246,27		421,46		721,3	
84,92		145,34		248,73		425,68		728,51	
85,77		146,79		251,22		429,93		735,79	
86,63		148,26		253,73		434,23		743,15	
87,49		149,74		256,27		438,58		750,58	
88,37		151,24		258,83		442,96		758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39		765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87		773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38		781,06	
91,96		157,38		269,34		460,95		788,87	

92,88		158,95		272,03		465,56		796,76	
93,81		160,54		274,75		470,21		804,73	
94,74		162,15		277,5		474,92		812,77	
95,69		163,77		280,27		479,66		820,9	
96,65		165,41		283,08		484,46		829,11	
97,62		167,06		285,91		489,32		837,4	
98,59		168,73		288,77		494,2		845,78	
99,58		170,42		291,65		499,14		854,23	
100,57		172,12		294,57		504,13		862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17		871,4	
102,59		175,58		300,49		514,26		880,12	
103,62		177,34		303,5		519,41		888,92	
104,66		179,11		306,53		524,6		897,81	
105,7		180,9		309,6		529,85		906,79	
106,76		182,71		312,69		535,15		915,85	
107,83		184,54		315,82		540,5		925,01	
108,91		186,38		318,98		545,9		934,26	
110		188,25		322,17		551,36		943,61	
111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	
112,21		192,03		328,64		562,44		962,57	
113,33		193,95		331,93		568,07		972,2	
114,46		195,89		335,25		573,75		981,92	
115,61		197,85		338,6		579,49		991,74	-45,3
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	-47,4
117,93		201,83		345,41		591,13			
119,11		203,84		348,86		597,05			
120,3		205,88		352,35		603,02			
121,5		207,94		355,87		609,05			
122,72		210,02		359,43		615,14			
123,95		212,12		363,03		621,29			
125,18		214,24		366,66		627,5			
126,44		216,39		370,32		633,78			
127,7		218,53		374,03		640,11			
128,98		220,73		377,77		646,51			
130,27		222,94		381,54		652,98			
131,57		225,17		385,36		659,51			
132,89		227,42		389,21		666,1			
134,22		229,7		393,11		672,77			
135,56		231,99		397,04		679,49			

Face 2 – Polarização vertical – Monone de lado

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01		686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02		693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07		700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16		707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29		714,15	-47,3
84,08		143,9		246,27		421,46		721,3	-44,15
84,92		145,34		248,73		425,68		728,51	-46,1
85,77		146,79		251,22		429,93		735,79	
86,63		148,26		253,73		434,23		743,15	
87,49		149,74		256,27		438,58		750,58	-49,95
88,37		151,24		258,83		442,96		758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39		765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87		773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38		781,06	
91,96		157,38		269,34		460,95		788,87	
92,88		158,95		272,03		465,56	-48,5	796,76	
93,81		160,54		274,75		470,21	-40,8	804,73	-47,55
94,74		162,15		277,5		474,92	-44,2	812,77	-41,4
95,69		163,77		280,27		479,66	-49,6	820,9	-46,95
96,65		165,41		283,08		484,46		829,11	
97,62		167,06		285,91		489,32		837,4	-45,1
98,59		168,73		288,77		494,2	-49,15	845,78	-43,2
99,58		170,42		291,65		499,14	-42,15	854,23	
100,57		172,12		294,57		504,13	-44,85	862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17	-48,1	871,4	
102,59		175,58		300,49		514,26		880,12	
103,62		177,34		303,5		519,41		888,92	
104,66		179,11		306,53		524,6		897,81	
105,7		180,9		309,6		529,85		906,79	-48,5
106,76		182,71		312,69		535,15		915,85	
107,83		184,54		315,82		540,5		925,01	-48,25
108,91		186,38		318,98		545,9		934,26	-49,65
110		188,25		322,17		551,36		943,61	
111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	

112,21		192,03		328,64		562,44		962,57	
113,33		193,95		331,93		568,07		972,2	
114,46		195,89		335,25		573,75		981,92	
115,61		197,85		338,6		579,49		991,74	
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	
117,93		201,83		345,41		591,13			
119,11		203,84		348,86		597,05			
120,3		205,88		352,35		603,02			
121,5		207,94		355,87		609,05			
122,72		210,02		359,43		615,14			
123,95		212,12		363,03		621,29			
125,18		214,24		366,66		627,5			
126,44		216,39		370,32		633,78			
127,7		218,53		374,03		640,11			
128,98		220,73		377,77		646,51			
130,27		222,94		381,54		652,98			
131,57		225,17		385,36		659,51			
132,89		227,42		389,21		666,1			
134,22		229,7		393,11		672,77			
135,56		231,99		397,04		679,49			

Face 2 – Polarização horizontal – Monofone de lado

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01		686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02	-49,8	693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07	-38	700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16	-36,5	707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29	-42,65	714,15	
84,08		143,9		246,27		421,46		721,3	
84,92		145,34		248,73		425,68		728,51	
85,77		146,79		251,22		429,93		735,79	
86,63		148,26		253,73		434,23		743,15	
87,49		149,74		256,27		438,58	-49	750,58	
88,37		151,24		258,83		442,96	-43,55	758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39	-40,55	765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87	-40,6	773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38	-40,3	781,06	-48,8
91,96		157,38		269,34		460,95	-46,65	788,87	
92,88		158,95		272,03		465,56	-39,6	796,76	
93,81		160,54		274,75		470,21	-36,65	804,73	

94,74		162,15		277,5		474,92	-46,1	812,77	
95,69		163,77		280,27		479,66		820,9	
96,65		165,41		283,08		484,46		829,11	
97,62		167,06		285,91		489,32		837,4	-49,45
98,59		168,73		288,77		494,2		845,78	
99,58		170,42		291,65		499,14		854,23	
100,57		172,12		294,57		504,13		862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17		871,4	
102,59		175,58		300,49		514,26		880,12	
103,62		177,34		303,5		519,41		888,92	
104,66		179,11		306,53		524,6		897,81	
105,7		180,9		309,6		529,85		906,79	
106,76		182,71		312,69		535,15		915,85	
107,83		184,54		315,82		540,5		925,01	
108,91		186,38		318,98		545,9		934,26	
110		188,25		322,17		551,36		943,61	
111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	
112,21		192,03		328,64		562,44	-45,85	962,57	
113,33		193,95		331,93		568,07	-45,45	972,2	
114,46		195,89		335,25		573,75	-49,5	981,92	
115,61		197,85		338,6		579,49		991,74	
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	
117,93		201,83		345,41		591,13			
119,11		203,84		348,86		597,05			
120,3		205,88		352,35	-46,5	603,02			
121,5		207,94		355,87	-42,2	609,05			
122,72		210,02		359,43	-45,7	615,14			
123,95		212,12		363,03		621,29			
125,18		214,24		366,66		627,5			
126,44		216,39		370,32		633,78			
127,7		218,53		374,03		640,11			
128,98		220,73		377,77		646,51			
130,27		222,94		381,54		652,98			
131,57		225,17		385,36		659,51			
132,89		227,42		389,21		666,1			
134,22		229,7		393,11		672,77			
135,56		231,99		397,04		679,49			

Laboratório B.**Face 1 – polarização horizontal – Monofone na frente.**

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01		686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02		693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07		700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16	-36,6	707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29	-28,2	714,15	
84,08		143,9		246,27	-46,6	421,46	-27,4	721,3	-36,6
84,92		145,34		248,73	- 46,6	425,68	-28,6	728,51	- 36,6
85,77		146,79		251,22	- 46,6	429,93	- 36	735,79	- 28
86,63		148,26		253,73	- 48,9	434,23	-27,3	743,15	- 28
87,49		149,74		256,27		438,58	-16,6	750,58	
88,37		151,24		258,83		442,96	- 18	758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39	-28,5	765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87	-38,9	773,33	-36,6
91,05		155,82		266,67		456,38	-46,6	781,06	-36,6
91,96		157,38		269,34		460,95	-46,6	788,87	-36,6
92,88		158,95		272,03		465,56	-36,6	796,76	-36,6
93,81		160,54		274,75		470,21	-27,9	804,73	-36,6
94,74		162,15		277,5		474,92	-38,10	812,77	-37,10
95,69		163,77		280,27		479,66	-38,50	820,9	-36,6
96,65		165,41		283,08		484,46	-36,6	829,11	-36,6
97,62		167,06		285,91		489,32	-46,6	837,4	-26,6
98,59		168,73		288,77	- 49	494,2	-36,6	845,78	-36,6
99,58		170,42		291,65		499,14	-26,2	854,23	
100,57		172,12		294,57		504,13	-36,6	862,78	
101,58		173,84		297,52	-46,6	509,17	-46,6	871,4	
102,59		175,58		300,49	-36,5	514,26		880,12	-26,6
103,62		177,34		303,5	-36,7	519,41		888,92	
104,66		179,11		306,53	-36,6	524,6		897,81	-46,1
105,7		180,9		309,6	-36,6	529,85	- 28	906,79	
106,76		182,71		312,69		535,15	- 27	915,85	- 36,6
107,83		184,54		315,82	-26,6	540,5	- 26,6	925,01	
108,91		186,38		318,98	-36,6	545,9	- 26,6	934,26	
110		188,25		322,17	-38,9	551,36	- 26,6	943,61	- 36,6
111,1		190,13		325,39	-46,6	556,88	-26,6	953,04	- 36,6

112,21		192,03		328,64	-46,7	562,44	-26,6	962,57	- 36,6
113,33		193,95	-47,8	331,93		568,07	-36,6	972,2	- 36,6
114,46		195,89		335,25		573,75	-36,6	981,92	- 46,6
115,61		197,85		338,6		579,49	-38,6	991,74	-36,6
116,76		199,83		341,99		585,28	- 39	1000	-46,6
117,93		201,83		345,41		591,13	- 36,6		
119,11		203,84		348,86		597,05	- 28,2		
120,3		205,88		352,35		603,02	- 27,9		
121,5		207,94		355,87		609,05	- 28,2		
122,72		210,02		359,43		615,14	- 36,6		
123,95		212,12		363,03	-37,3	621,29	-46,6		
125,18		214,24		366,66	-36,6	627,5	-46,6		
126,44		216,39		370,32	-36,6	633,78	-37,5		
127,7	- 46,6	218,53		374,03	-36,6	640,11	-36,6		
128,98	- 46,6	220,73		377,77	-36,6	646,51	-36,6		
130,27	- 46,6	222,94	- 46,6	381,54	-36,6	652,98	-36,6		
131,57	- 46,6	225,17	-46,6	385,36	-36,6	659,51	-36,6		
132,89	- 46,6	227,42		389,21	-46,6	666,1	-36,6		
134,22	- 46,6	229,7		393,11		672,77	-36,6		
135,56	- 46,6	231,99		397,04		679,49	- 39		

Face 1 – Polarização vertical – Monofone de frente (lateral esquerda)

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01		686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02		693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07		700,08	
82,42		141,06		241,41	-48,00	413,16		707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29	-48,6	714,15	
84,08		143,9		246,27		421,46	-48,7	721,3	
84,92		145,34		248,73		425,68		728,51	
85,77		146,79		251,22		429,93		735,79	
86,63		148,26		253,73		434,23		743,15	
87,49		149,74		256,27		438,58		750,58	
88,37		151,24		258,83		442,96		758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39		765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87		773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38		781,06	
91,96		157,38		269,34		460,95		788,87	
92,88		158,95		272,03		465,56		796,76	

93,81		160,54		274,75		470,21		804,73	
94,74		162,15		277,5		474,92	-38,1	812,77	
95,69		163,77		280,27		479,66	-38,5	820,9	-37,1
96,65		165,41		283,08		484,46	-46,6	829,11	-48,5
97,62		167,06		285,91		489,32		837,4	-46,7
98,59		168,73		288,77		494,2		845,78	-46,6
99,58		170,42		291,65		499,14		854,23	-46,8
100,57		172,12		294,57		504,13		862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17		871,4	
102,59		175,58		300,49		514,26		880,12	-46,6
103,62		177,34		303,5		519,41		888,92	-47,3
104,66		179,11		306,53		524,6		897,81	-47,2
105,7		180,9		309,6		529,85		906,79	-46,6
106,76		182,71		312,69		535,15		915,85	-47,4
107,83		184,54		315,82		540,5		925,01	-46,9
108,91		186,38		318,98		545,9		934,26	-46,6
110		188,25		322,17		551,36		943,61	-46,6
111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	-47,0
112,21		192,03		328,64	-46,6	562,44		962,57	-46,6
113,33		193,95		331,93	-46,6	568,07		972,2	
114,46		195,89		335,25	-46,7	573,75		981,92	
115,61		197,85		338,6	-48,3	579,49		991,74	-46,5
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	-47,1
117,93		201,83		345,41		591,13			
119,11		203,84		348,86		597,05			
120,3		205,88		352,35		603,02			
121,5		207,94		355,87		609,05			
122,72		210,02	-47,5	359,43		615,14			
123,95		212,12		363,03		621,29			
125,18		214,24		366,66		627,5			
126,44		216,39		370,32		633,78			
127,7		218,53		374,03		640,11			
128,98		220,73		377,77		646,51			
130,27	-47,6	222,94		381,54		652,98			
131,57		225,17		385,36		659,51			
132,89		227,42		389,21		666,1			
134,22		229,7		393,11		672,77	-48		
135,56		231,99		397,04		679,49			

Face 2 – Polarização vertical – Monofone de lado

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01		686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02		693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07		700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16		707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29		714,15	
84,08		143,9		246,27		421,46		721,3	
84,92		145,34		248,73		425,68		728,51	
85,77		146,79		251,22		429,93		735,79	
86,63		148,26		253,73		434,23		743,15	
87,49		149,74		256,27		438,58		750,58	
88,37		151,24		258,83		442,96		758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39		765,67	
90,15		154,28		264,03		451,87		773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38		781,06	
91,96		157,38		269,34		460,95		788,87	
92,88		158,95		272,03		465,56		796,76	
93,81		160,54		274,75	- 36,6	470,21		804,73	
94,74		162,15		277,5	- 36,6	474,92		812,77	
95,69		163,77		280,27	- 37,6	479,66		820,9	
96,65		165,41		283,08		484,46	-46,6	829,11	
97,62		167,06		285,91		489,32		837,4	
98,59		168,73		288,77		494,2		845,78	-37,2
99,58		170,42		291,65	- 46,9	499,14		854,23	-44,3
100,57		172,12		294,57	- 46,7	504,13		862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17		871,4	
102,59		175,58		300,49		514,26		880,12	
103,62		177,34		303,5		519,41		888,92	
104,66		179,11		306,53		524,6		897,81	
105,7		180,9		309,6		529,85		906,79	
106,76		182,71		312,69		535,15		915,85	
107,83		184,54		315,82		540,5		925,01	
108,91		186,38		318,98		545,9		934,26	
110		188,25		322,17		551,36		943,61	
111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	
112,21		192,03		328,64		562,44		962,57	
113,33		193,95		331,93	-48,3	568,07		972,2	
114,46		195,89		335,25	- 46,8	573,75		981,92	
115,61		197,85		338,6		579,49		991,74	
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	

117,93		201,83		345,41		591,13			
119,11		203,84		348,86		597,05			
120,3		205,88		352,35		603,02			
121,5		207,94		355,87		609,05			
122,72		210,02		359,43		615,14			
123,95		212,12		363,03	-46,6	621,29			
125,18		214,24		366,66	- 49	627,5			
126,44		216,39		370,32		633,78			
127,7	-48,9	218,53		374,03	- 47,1	640,11			
128,98	-46,6	220,73		377,77		646,51			
130,27	-46,6	222,94		381,54		652,98			
131,57	-48,8	225,17		385,36		659,51			
132,89		227,42		389,21		666,1			
134,22		229,7		393,11	-46,6	672,77			
135,56		231,99		397,04		679,49			

Face 2 – Polarização horizontal – Monofone de lado

Freq. (MHz)	Nível (dBm)								
80		136,91		234,31		401,01	-46,6	686,29	
80,8		138,28		236,66		405,02		693,15	
81,61		139,66		239,02		409,07	-36,6	700,08	
82,42		141,06		241,41		413,16	-28,7	707,08	
83,25		142,47		243,83		417,29	-28,9	714,15	
84,08		143,9		246,27		421,46	-29	721,3	-46,6
84,92		145,34		248,73		425,68	-46,6	728,51	-36,6
85,77		146,79		251,22		429,93	- 46,6	735,79	
86,63		148,26		253,73		434,23	-46,6	743,15	-43,1
87,49		149,74		256,27		438,58	-46,6	750,58	
88,37		151,24		258,83		442,96		758,09	
89,25		152,75		261,42		447,39	-46,6	765,67	-46,6
90,15		154,28		264,03		451,87	-46,6	773,33	
91,05		155,82		266,67		456,38	-46,6	781,06	-48,6
91,96		157,38		269,34		460,95		788,87	
92,88		158,95		272,03		465,56	-26,6	796,76	
93,81		160,54		274,75		470,21	-18,5	804,73	
94,74		162,15		277,5		474,92	-47,7	812,77	
95,69		163,77		280,27		479,66	-18,36	820,9	-36,6
96,65		165,41		283,08		484,46	-26,3	829,11	-36,6
97,62		167,06		285,91		489,32	-36,6	837,4	-36,6
98,59		168,73		288,77		494,2	-46,6	845,78	

99,58		170,42		291,65		499,14	-46,6	854,23	
100,57		172,12		294,57		504,13	-36,6	862,78	
101,58		173,84		297,52		509,17	-36,6	871,4	
102,59		175,58		300,49		514,26	-36,9	880,12	
103,62		177,34		303,5		519,41	-46,9	888,92	
104,66		179,11		306,53		524,6	-46,6	897,81	
105,7		180,9		309,6		529,85	- 36,6	906,79	-47,5
106,76		182,71		312,69		535,15	-37,2	915,85	-36,6
107,83		184,54		315,82		540,5	-46,6	925,01	-38,7
108,91		186,38		318,98	- 48,0	545,9		934,26	-36,6
110		188,25		322,17		551,36		943,61	
111,1		190,13		325,39		556,88		953,04	
112,21		192,03		328,64		562,44		962,57	-46,6
113,33		193,95		331,93		568,07	-41,2	972,2	-46,6
114,46		195,89		335,25	-46,6	573,75	-36,6	981,92	
115,61		197,85		338,6	-46,6	579,49	-36,6	991,74	
116,76		199,83		341,99		585,28		1000	-46,6
117,93		201,83		345,41	-46,6	591,13			
119,11		203,84		348,86	-36,6	597,05	-45,3		
120,3		205,88		352,35	-36,6	603,02			
121,5		207,94		355,87	-26,6	609,05	-36,6		
122,72		210,02		359,43	-26,6	615,14	-36,6		
123,95		212,12		363,03	-36,6	621,29	-36,6		
125,18		214,24		366,66	-36,6	627,5			
126,44		216,39		370,32	-37,1	633,78	-36,6		
127,7		218,53		374,03	-36,6	640,11			
128,98		220,73		377,77	-37,4	646,51			
130,27		222,94	-46,6	381,54	-46,6	652,98			
131,57		225,17	-38,8	385,36	-39,0	659,51			
132,89		227,42	-46,7	389,21	-46,6	666,1			
134,22		229,7	-46,6	393,11	-48,5	672,77			
135,56		231,99		397,04		679,49			

Anexo B2 - Resultados do ensaio de imunidade à emissão conduzida

Laboratório A		Laboratório B
Frequência (Hz)	nível dBm	nível dBm
150000	0	0
151500,0000	0	0
153015,0000	0	0
154545,1500	0	0
156090,6015	0	0
157651,5075	0	0
159228,0226	0	0
160820,3028	0	0
162428,5058	0	0
164052,7909	0	0
165693,3188	0	0
167350,2520	0	0
169023,7545	0	0
170713,9921	0	0
172421,1320	0	0
174145,3433	0	0
175886,7967	0	0
177645,6647	0	0
179422,1214	0	0
181216,3426	0	0
183028,5060	0	0
184858,7911	0	0
186707,3790	0	0
188574,4528	0	0
190460,1973	0	0
192364,7993	0	0
194288,4472	0	0
196231,3317	0	0
198193,6450	0	0
200175,5815	0	0
202177,3373	0	0
204199,1107	0	0
206241,1018	0	0
208303,5128	0	0
210386,5479	0	0
212490,4134	0	0

214615,3175	0	0
216761,4707	0	0
218929,0854	0	0
Frequência (Hz)	nível dBm	nível dBm
221118,3763	0	0
223329,5600	0	0
225562,8556	0	0
227818,4842	0	0
230096,6690	0	0
232397,6357	0	0
234721,6121	0	0
237068,8282	0	0
239439,5165	0	0
241833,9117	0	0
244252,2508	0	0
246694,7733	0	0
249161,7210	0	0
251653,3382	0	0
254169,8716	0	0
256711,5703	0	0
259278,6860	0	0
261871,4729	0	0
264490,1876	0	0
267135,0895	0	0
269806,4404	0	0
272504,5048	0	0
275229,5498	0	0
277981,8453	0	0
280761,6638	0	0
283569,2804	0	0
286404,9732	0	0
289269,0230	0	0
292161,7132	0	0
295083,3303	0	0
298034,1636	0	0
301014,5053	0	0
304024,6503	0	0
307064,8968	0	0
310135,5458	0	0

313236,9012	0	0
316369,2703	0	0
319532,9630	-45,4	0
322728,2926	0	0
325955,5755	0	0
329215,1313	0	0
332507,2826	0	0
335832,3554	0	0
339190,6790	0	0
342582,5857	0	0
346008,4116	-46,7	0
349468,4957	0	0
352963,1807	0	0
356492,8125	0	0
360057,7406	0	0
363658,3180	0	0
367294,9012	0	0
370967,8502	0	0
374677,5287	0	0
378424,3040	0	0
382208,5470	0	0
386030,6325	-46,7	0
389890,9388	0	0
393789,8482	0	0
397727,7467	0	0
401705,0242	0	0
405722,0744	0	0
409779,2952	0	0
413877,0881	0	0
418015,8590	0	0
422196,0176	0	0
426417,9778	0	0
430682,1575	0	0
434988,9791	0	0
439338,8689	0	0
443732,2576	0	0
448169,5802	0	0
452651,2760	0	0
457177,7887	0	0
461749,5666	0	0
466367,0623	0	0
471030,7329	0	0
475741,0402	0	0
480498,4506	0	0
485303,4351	0	0

490156,4695	0	0
495058,0342	0	0
500008,6145	0	0
505008,7007	0	0
510058,7877	0	0
515159,3756	0	0
520310,9693	0	0
525514,0790	0	0
530769,2198	0	0
536076,9120	0	0
541437,6811	0	0
546852,0579	0	0
552320,5785	0	0
557843,7843	0	0
563422,2221	0	0
569056,4444	0	0
574747,0088	0	0
580494,4789	0	0
586299,4237	0	0
592162,4179	0	0
598084,0421	-45,1	0
604064,8825	0	0
610105,5313	0	0
616206,5866	0	0
622368,6525	0	0
628592,3390	0	0
634878,2624	0	0
641227,0451	0	0
647639,3155	0	0
654115,7087	0	0
660656,8657	0	0
667263,4344	0	0
673936,0687	0	0
680675,4294	0	0
687482,1837	0	0
694357,0056	0	0
701300,5756	0	0
708313,5814	0	0
715396,7172	0	0
722550,6844	0	0
729776,1912	0	0
737073,9531	0	0
744444,6927	0	0
751889,1396	0	0
759408,0310	0	0

767002,1113	0	0
774672,1324	0	0
782418,8537	0	0
790243,0423	0	0
798145,4727	0	0
806126,9274	0	0
814188,1967	0	0
822330,0786	0	0
830553,3794	0	0
838858,9132	0	0
847247,5024	0	0
855719,9774	0	0
864277,1772	0	0
872919,9489	0	0
881649,1484	0	0
890465,6399	0	0
899370,2963	0	0
908363,9993	0	0
917447,6393	0	0
926622,1157	0	0
935888,3368	0	0
945247,2202	0	0
954699,6924	0	0
964246,6893	0	0
973889,1562	0	0
983628,0478	0	0
993464,3282	0	0
1003398,9715	0	0
1013432,9612	0	0
1023567,2908	0	0
1033802,9638	0	0
1044140,9934	0	0
1054582,4033	0	0
1065128,2274	0	0
1075779,5096	0	0
1086537,3047	0	0
1097402,6778	0	0
1108376,7046	0	0
1119460,4716	0	0
1130655,0763	0	0
1141961,6271	0	0
1153381,2433	0	0
1164915,0558	0	0
1176564,2063	0	0
1188329,8484	0	0

1200213,1469	0	0
1212215,2784	0	0
1224337,4311	0	0
1236580,8055	0	0
1248946,6135	0	0
1261436,0796	0	0
1274050,4404	0	0
1286790,9448	0	0
1299658,8543	0	0
1312655,4428	0	0
1325781,9973	0	0
1339039,8172	-46	0
1352430,2154	0	0
1365954,5176	0	0
1379614,0627	0	0
1393410,2034	0	0
1407344,3054	0	0
1421417,7484	0	0
1435631,9259	0	0
1449988,2452	0	0
1464488,1276	0	0
1479133,0089	0	0
1493924,3390	0	0
1508863,5824	0	0
1523952,2182	0	0
1539191,7404	0	0
1554583,6578	0	0
1570129,4944	-46,9	0
1585830,7893	0	0
1601689,0972	0	0
1617705,9882	0	0
1633883,0481	0	0
1650221,8786	0	0
1666724,0973	0	0
1683391,3383	0	0
1700225,2517	0	0
1717227,5042	0	0
1734399,7793	0	0
1751743,7771	0	0
1769261,2148	0	0
1786953,8270	-46,95	0
1804823,3652	0	0
1822871,5989	0	0
1841100,3149	0	0
1859511,3180	0	0

1878106,4312	0	0
1896887,4955	0	0
1915856,3705	0	0
1935014,9342	0	0
1954365,0835	0	0
1973908,7344	0	0
1993647,8217	0	0
2013584,2999	0	0
2033720,1429	0	0
2054057,3444	0	0
2074597,9178	-44,35	0
2095343,8970	0	0
2116297,3359	0	0
2137460,3093	0	0
2158834,9124	0	0
2180423,2615	0	0
2202227,4941	-46,45	0
2224249,7691	0	0
2246492,2668	0	0
2268957,1894	0	0
2291646,7613	0	0
2314563,2289	0	0
2337708,8612	0	0
2361085,9498	0	0
2384696,8093	0	0
2408543,7774	0	0
2432629,2152	0	0
2456955,5074	0	0
2481525,0624	0	0
2506340,3131	0	0
2531403,7162	-46,75	0
2556717,7534	0	0
2582284,9309	0	0
2608107,7802	0	0
2634188,8580	0	0
2660530,7466	0	0
2687136,0540	0	0
2714007,4146	-46,9	0
2741147,4887	-46,95	0
2768558,9636	0	0
2796244,5533	0	0
2824206,9988	0	0
2852449,0688	0	0
2880973,5595	0	0
2909783,2951	0	0

2938881,1280	0	0
2968269,9393	0	0
2997952,6387	-46,3	0
3027932,1651	0	0
3058211,4867	0	0
3088793,6016	0	0
3119681,5376	0	0
3150878,3530	0	0
3182387,1365	0	0
3214211,0079	0	0
3246353,1180	0	0
3278816,6491	0	0
3311604,8156	0	0
3344720,8638	0	0
3378168,0724	0	0
3411949,7531	0	0
3446069,2507	0	0
3480529,9432	0	0
3515335,2426	0	0
3550488,5950	0	0
3585993,4810	0	0
3621853,4158	0	0
3658071,9500	0	0
3694652,6695	0	0
3731599,1961	0	0
3768915,1881	0	0
3806604,3400	-44,6	0
3844670,3834	-44,6	0
3883117,0872	0	0
3921948,2581	0	0
3961167,7407	0	0
4000779,4181	0	0
4040787,2123	0	0
4081195,0844	0	0
4122007,0352	0	0
4163227,1056	0	0
4204859,3766	0	0
4246907,9704	0	0
4289377,0501	0	0
4332270,8206	0	0
4375593,5288	0	0
4419349,4641	0	0
4463542,9587	0	0
4508178,3883	0	0
4553260,1722	0	0

4598792,7739	0	0
4644780,7017	0	0
4691228,5087	0	0
4738140,7938	-46,35	0
4785522,2017	0	0
4833377,4237	0	0
4881711,1980	0	0
4930528,3100	0	0
4979833,5931	0	0
5029631,9290	0	0
5079928,2483	0	0
5130727,5308	0	0
5182034,8061	0	0
5233855,1541	0	0
5286193,7057	0	0
5339055,6427	0	0
5392446,1992	0	0
5446370,6611	0	0
5500834,3678	0	0
5555842,7114	0	0
5611401,1385	0	0
5667515,1499	0	0
5724190,3014	0	0
5781432,2044	0	0
5839246,5265	0	0
5897638,9918	0	0
5956615,3817	0	0
6016181,5355	0	0
6076343,3508	0	0
6137106,7844	0	0
6198477,8522	0	0
6260462,6307	0	0
6323067,2570	0	0
6386297,9296	0	0
6450160,9089	0	0
6514662,5180	0	0
6579809,1432	0	0
6645607,2346	0	0
6712063,3069	0	0
6779183,9400	0	0
6846975,7794	0	0
6915445,5372	0	0
6984599,9926	0	0
7054445,9925	0	0
7124990,4524	0	0

7196240,3569	0	0
7268202,7605	0	0
7340884,7881	0	0
7414293,6360	0	0
7488436,5724	0	0
7563320,9381	0	0
7638954,1475	0	0
7715343,6889	0	0
7792497,1258	0	0
7870422,0971	0	0
7949126,3181	0	0
8028617,5812	0	0
8108903,7571	0	0
8189992,7946	0	0
8271892,7226	0	0
8354611,6498	0	0
8438157,7663	0	0
8522539,3440	0	0
8607764,7374	0	0
8693842,3848	0	0
8780780,8086	0	0
8868588,6167	0	0
8957274,5029	0	0
9046847,2479	0	0
9137315,7204	0	0
9228688,8776	0	0
9320975,7664	0	0
9414185,5240	0	0
9508327,3793	0	0
9603410,6531	0	0
9699444,7596	0	0
9796439,2072	0	0
9894403,5993	0	0
9993347,6352	0	0
10093281,1116	0	0
10194213,9227	0	0
10296156,0619	0	0
10399117,6226	0	0
10503108,7988	0	0
10608139,8868	0	0
10714221,2856	0	0
10821363,4985	0	0
10929577,1335	0	0
11038872,9048	0	0
11149261,6339	0	0

11260754,2502	0	0
11373361,7927	0	0
11487095,4106	0	0
11601966,3647	0	0
11717986,0284	0	0
11835165,8887	0	0
11953517,5476	0	0
12073052,7230	0	-54,6
12193783,2503	0	-54,8
12315721,0828	0	-55
12438878,2936	0	-55,1
12563267,0765	0	-55,7
12688899,7473	0	-49
12815788,7448	0	-54,6
12943946,6322	-46,9	-54,9
13073386,0985	0	0
13204119,9595	0	0
13336161,1591	0	0
13469522,7707	0	0
13604217,9984	0	0
13740260,1784	0	0
13877662,7802	0	0
14016439,4080	0	0
14156603,8021	0	0
14298169,8401	0	0
14441151,5385	0	-46,6
14585563,0539	-45,95	-46,6
14731418,6844	-44,15	-39
14878732,8713	-43,15	-37,8
15027520,2000	-42,45	-37,4
15177795,4020	-41,95	-37
15329573,3560	-42,15	-37,5
15482869,0896	-39,95	-38,1
15637697,7805	0	-46,6
15794074,7583	0	-46,6
15952015,5058	-46,4	-46,6
16111535,6609	0	-46,6
16272651,0175	0	-47,4
16435377,5277	0	-48,2
16599731,3030	0	-47,9
16765728,6160	0	0
16933385,9021	0	0
17102719,7612	0	0
17273746,9588	0	0
17446484,4284	0	0

17620949,2727	0	-49
17797158,7654	0	-49
17975130,3530	0	0
18154881,6566	0	-47,1
18336430,4731	0	0
18519794,7779	-44,5	0
18704992,7256	-45	0
18892042,6529	0	0
19080963,0794	0	0
19271772,7102	0	0
19464490,4373	0	0
19659135,3417	0	0
19855726,6951	0	0
20054283,9621	0	0
20254826,8017	0	0
20457375,0697	0	0
20661948,8204	0	0
20868568,3086	0	0
21077253,9917	0	0
21288026,5316	0	0
21500906,7969	0	0
21715915,8649	0	0
21933075,0235	0	0
22152405,7738	0	0
22373929,8315	0	0
22597669,1298	0	0
22823645,8211	-46,5	0
23051882,2793	0	-46,6
23282401,1021	0	0
23515225,1131	0	0
23750377,3643	0	-46,6
23987881,1379	0	0
24227759,9493	0	-38,9
24470037,5488	0	-37,8
24714737,9243	0	-36,6
24961885,3035	0	-36,6
25211504,1566	0	-36,6
25463619,1981	0	-36,6
25718255,3901	0	-36,6
25975437,9440	0	-36,6
26235192,3234	0	-36,6
26497544,2467	0	-36,6
26762519,6891	0	-36,6
27030144,8860	0	-36,6
27300446,3349	0	-37

27573450,7982	0	-37,5
27849185,3062	0	-37,8
28127677,1593	0	-38,6
28408953,9309	0	-38,6
28693043,4702	0	-38,8
28979973,9049	0	-46,6
29269773,6439	0	-46,6
29562471,3804	0	-46,6
29858096,0942	0	-39
30156677,0551	0	-39
30458243,8257	0	-38,4
30762826,2639	0	-37,6
31070454,5266	0	-37
31381159,0718	-46,1	-36,6
31694970,6626	0	-36,6
32011920,3692	0	-36,6
32332039,5729	0	-36,6
32655359,9686	0	-36,6
32981913,5683	0	-36,6
33311732,7040	0	-39
33644850,0310	0	-36,6
33981298,5313	-38,95	-29
34321111,5166	-38,65	-36,6
34664322,6318	0	-36,6
35010965,8581	0	-36,6
35361075,5167	0	-36,6
35714686,2719	0	-36,6
36071833,1346	0	-36,6
36432551,4659	0	-36,6
36796876,9806	0	-36,6
37164845,7504	0	-36,6
37536494,2079	0	-36,6
37911859,1500	0	0
38290977,7415	0	0
38673887,5189	-40,3	0
39060626,3941	-39,06	0
39451232,6580	0	0
39845744,9846	0	-47
40244202,4345	0	0
40646644,4588	0	0
41053110,9034	0	0
41463642,0124	0	0
41878278,4326	-46,5	0
42297061,2169	-41,78	0
42720031,8290	-44,5	0

43147232,1473	-42,72	0
43578704,4688	-44,6	0
44014491,5135	-36,4	0
44454636,4286	-44,45	0
44899182,7929	-33,8	0
45348174,6208	0	0
45801656,3671	0	0
46259672,9307	0	0
46722269,6600	0	0
47189492,3566	0	0
47661387,2802	0	0
48138001,1530	0	0
48619381,1645	0	0
49105574,9762	0	0
49596630,7259	0	0
50092597,0332	0	0
50593523,0035	0	0
51099458,2336	0	0
51610452,8159	-45,4	0
52126557,3441	0	0
52647822,9175	0	0
53174301,1467	0	0
53706044,1581	0	0
54243104,5997	0	0
54785535,6457	0	0
55333391,0022	0	0
55886724,9122	-46,65	0
56445592,1613	0	0
57010048,0829	0	0
57580148,5638	0	0
58155950,0494	0	0
58737509,5499	0	0
59324884,6454	0	0
59918133,4919	0	0
60517314,8268	0	0
61122487,9750	0	0
61733712,8548	0	0
62351049,9833	0	0
62974560,4832	0	0
63604306,0880	0	0
64240349,1489	0	0
64882752,6404	0	0
65531580,1668	0	0
66186895,9684	0	0
66848764,9281	0	0

67517252,5774	0	0
68192425,1032	0	0
68874349,3542	0	0
69563092,8478	0	0
70258723,7762	0	0
70961311,0140	0	0
71670924,1241	0	0
72387633,3654	0	0
73111509,6990	0	0
73842624,7960	0	0

74581051,0440	0	-47,7
75326861,5544	0	-46,6
76080130,1700	0	-46,6
76840931,4717	0	-46,6
77609340,7864	0	-46,6
78385434,1942	0	-48,1
79169288,5362	0	0
79960981,4215	0	0
80760591,2358	0	0

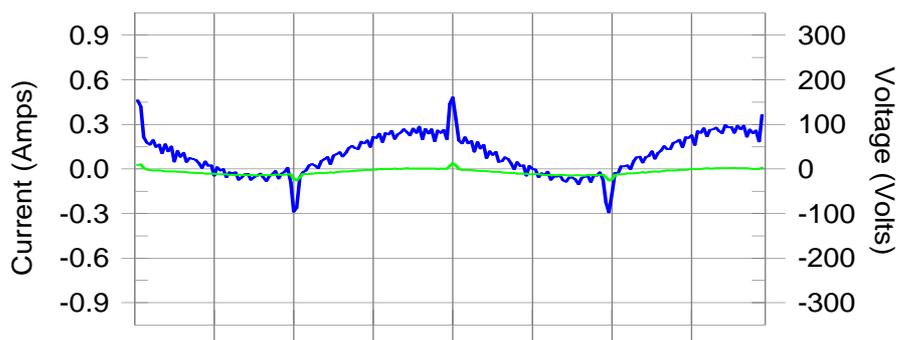
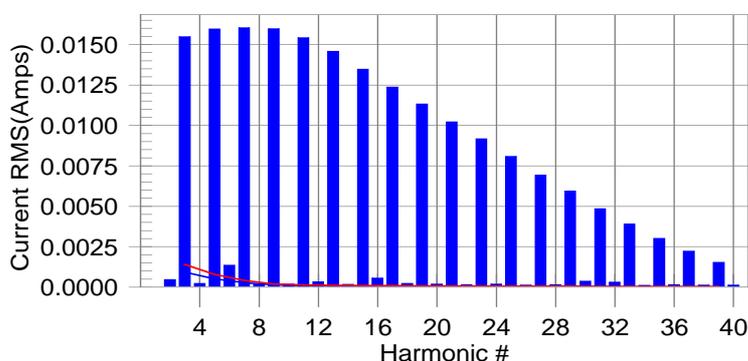
Anexo B3 - Resultados do ensaio de emissão de harmônicas.**Relatório gerado pelo software no Laboratório A.****Harmonics – Class-D per Ed. 2.2 (2004-11)(Run time)**

EUT: Gerador de Flickers
Test category: Class-D per Ed. 2.2 (2004-11) (European limits)
Test date: 3/21/2007
Test duration (min): 10
Comment: Comment
Customer: Customer information

Tested by: -----
Test Margin: 100
Start time: 2:34:26 PM
End time: 2:44:37 PM
Data file name: H-000008.cts_data

Test Result: Fail

Source qualification: Distorted

Current & voltage waveforms**Harmonics and Class D limit line****European Limits****Test result: Fail Worst harmonic was #21 with 7.50% of the limit.**

40 0.000

Note: Measured power limits were applied for this test. The rated power is 500.0 Watts.

Voltage Source Verification Data (Run time)

EUT: Gerador de Flickers Tested by: -----
 Test category: Class-D per Ed. 2.2 (2004-11) (European limits) Test Margin: 100
 Test date: 3/21/2007 Start time: 2:34:26 PM End time: 2:44:37 PM
 Test duration (min): 10 Data file name: H-000008.cts_data
 Comment: Comment
 Customer: Customer information

Test Result: Fail

Source qualification: Distorted

Highest parameter values during test:

Voltage (Vrms):	9.36	Frequency(Hz):	135.78
I_Peak (Amps):	0.758	I_RMS (Amps):	0.173
I_Fund (Amps):	0.126	Crest Factor:	4.538
Power (Watts):	0.3	Power Factor:	0.179

Harm#	Harmonics V-rms	Limit V-rms	% of Limit	Status
2	0.026	0.018	146.41	Dist.
3	0.777	0.081	954.68	Dist.
4	0.019	0.018	105.65	Marg.
5	0.773	0.037	2093.98	Dist.
6	0.072	0.018	398.17	Dist.
7	0.786	0.027	2867.24	Dist.
8	0.018	0.018	99.37	OK
9	0.777	0.019	4168.37	Dist.
10	0.015	0.018	82.86	OK
11	0.745	0.009	8089.26	Dist.
12	0.024	0.009	262.53	Dist.
13	0.697	0.009	7617.22	Dist.
14	0.015	0.009	161.06	Dist.
15	0.642	0.009	6901.22	Dist.
16	0.030	0.009	333.73	Dist.
17	0.581	0.009	6439.44	Dist.
18	0.022	0.009	238.75	Dist.
19	0.526	0.009	5797.27	Dist.
20	0.014	0.009	148.01	Dist.
21	0.472	0.009	5218.31	Dist.
22	0.015	0.009	159.84	Dist.
23	0.419	0.009	4632.27	Dist.
24	0.016	0.009	170.93	Dist.
25	0.364	0.009	4020.99	Dist.
26	0.012	0.009	134.92	Dist.
27	0.311	0.009	3443.90	Dist.
28	0.012	0.009	132.46	Dist.
29	0.258	0.009	2807.81	Dist.
30	0.024	0.009	261.13	Dist.
31	0.210	0.009	2265.37	Dist.
32	0.020	0.009	221.53	Dist.
33	0.167	0.009	1824.95	Dist.
34	0.008	0.009	90.74	OK
35	0.129	0.009	1386.85	Dist.

36	0.009	0.009	95.81	OK
37	0.094	0.009	1016.31	Dist.
38	0.007	0.009	73.83	OK
39	0.064	0.009	701.32	Dist.
40	0.007	0.009	72.75	OK

Relatório gerado pelo software no Laboratório B.*Test Report*

Report title:	R 001	
Company Name:	-----	
Date of test:	11:53 19.Mar 2007	
Measurement file name:	Harmonics_comparacao_19_03_07.rsd	
Tester:	ABU	
Standard used:	EN/IEC 61000-3-2 A14 (2000) Short cyclic Equipment class D	
Observation time:	150s	
Windows width:	16 periods - (EN/IEC 61000-4-7 Edition 1991)	
Customer:		
E. U. T.:	Monitor	
Measurement	smoothed	Power: 5.23 W
data:		

Test Result	
E. U. T.:	FAIL
Power Source:	PASS

E. U. T. Result

Check harmonics 2..40 [exception odd 21..39]:

Harmonic(s) > 150%:	
Order (n):	5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19
Harmonic(s) with average > 100%:	
Order (n):	5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19

Check odd harmonics 21..39:

First dataset with Partial Odd Harmonics out of limit:			
	DS (time):	Measured	Limit:
		value:	
DS result:	1 (0.32s)	0.019	0.002
Dataset with the maximum Partial Odd Harmonics out of limit:			
	DS (time):	Measured	Limit:
		value:	
DS result:	36 (11.52s)	0.019	0.002
Harmonic(s) > 150%:			
Order (n):	21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39		
Harmonic(s) with average > 150%:			
Order (n):	21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39		

Power Source Result

First dataset out of limit:

DS (time):	None
Harmonic(s) out of limit:	
Order (n):	None

Average harmonic current results

n	H	leff [A]	leff [%]	Limit [A]	Result
1		27.361E-3	100.000		
2		323.935E-6	1.184		PASS
3		16.539E-3	60.446	17.766E-3	PASS
4		709.677E-6	2.594		PASS
5		17.510E-3	63.997	9.928E-3	FAIL
6		482.717E-6	1.764		PASS
7		16.951E-3	61.953	5.225E-3	FAIL
8		558.801E-6	2.042		PASS
9		15.726E-3	57.476	2.613E-3	FAIL
10		462.723E-6	1.691		PASS
11		15.042E-3	54.976	1.829E-3	FAIL
12		384.014E-6	1.403		PASS
13		14.231E-3	52.012	1.548E-3	FAIL
14		460.825E-6	1.684		PASS
15		13.341E-3	48.757	1.341E-3	FAIL
16		387.503E-6	1.416		PASS
17		12.274E-3	44.859	1.184E-3	FAIL
18		257.433E-6	0.941		PASS
19		11.217E-3	40.996	1.059E-3	FAIL
20		232.423E-6	0.849		PASS
21		10.227E-3	37.376	1.437E-3	FAIL
22		211.773E-6	0.774		PASS
23		9.108E-3	33.286	1.312E-3	FAIL
24		200.043E-6	0.731		PASS
25		7.761E-3	28.364	1.207E-3	FAIL
26		240.121E-6	0.878		PASS
27		6.746E-3	24.656	1.118E-3	FAIL
28		188.767E-6	0.690		PASS
29		5.785E-3	21.141	1.041E-3	FAIL
30		170.446E-6	0.623		PASS

31	4.602E-3	16.820	973.450E-6	FAIL
32	188.259E-6	0.688		PASS
33	3.519E-3	12.863	913.883E-6	FAIL
34	168.401E-6	0.615		PASS
35	2.757E-3	10.076	862.154E-6	FAIL
36	166.079E-6	0.607		PASS
37	1.924E-3	7.030	815.911E-6	FAIL
38	157.545E-6	0.576		PASS
39	1.189E-3	4.345	773.587E-6	FAIL
40	158.183E-6	0.578		PASS

Maximum harmonic current results

n	H	I _{eff} [A]	I _{eff} [%]	Limit [A]	Result
1		27.478E-3	100.000		
2		527.558E-6	1.920		PASS
3		16.689E-3	60.736	26.648E-3	PASS
4		904.012E-6	3.290		PASS
5		17.618E-3	64.118	14.892E-3	FAIL
6		716.703E-6	2.608		PASS
7		17.029E-3	61.972	7.838E-3	FAIL
8		801.436E-6	2.917		PASS
9		15.836E-3	57.632	3.919E-3	FAIL
10		660.865E-6	2.405		PASS
11		15.121E-3	55.029	2.743E-3	FAIL
12		542.210E-6	1.973		PASS
13		14.349E-3	52.221	2.322E-3	FAIL
14		612.830E-6	2.230		PASS
15		13.428E-3	48.867	2.011E-3	FAIL
16		588.018E-6	2.140		PASS
17		12.364E-3	44.998	1.775E-3	FAIL
18		421.640E-6	1.534		PASS
19		11.308E-3	41.155	1.588E-3	FAIL
20		382.217E-6	1.391		PASS
21		10.316E-3	37.544	1.437E-3	FAIL
22		344.385E-6	1.253		PASS
23		9.208E-3	33.511	1.312E-3	FAIL
24		318.249E-6	1.158		PASS
25		7.840E-3	28.534	1.207E-3	FAIL
26		353.761E-6	1.287		PASS
27		6.846E-3	24.914	1.118E-3	FAIL
28		317.069E-6	1.154		PASS
29		5.877E-3	21.387	1.041E-3	FAIL
30		285.704E-6	1.040		PASS

31	4.683E-3	17.043	973.450E-6	FAIL
32	336.701E-6	1.225		PASS
33	3.620E-3	13.175	913.883E-6	FAIL
34	320.091E-6	1.165		PASS
35	3.282E-3	11.943	862.154E-6	FAIL
36	253.431E-6	0.922		PASS
37	2.041E-3	7.428	815.911E-6	FAIL
38	234.836E-6	0.855		PASS
39	1.273E-3	4.632	773.587E-6	FAIL
40	245.961E-6	0.895		PASS

Maximum harmonic voltage results

n	H	Ueff [V]	Ueff [%]	Limit [%]	Result
1		230.88	100.381		
2		100.33E-3	0.044	0.2	PASS
3		70.99E-3	0.031	0.9	PASS
4		12.23E-3	0.005	0.2	PASS
5		17.89E-3	0.008	0.4	PASS
6		21.73E-3	0.009	0.2	PASS
7		52.10E-3	0.023	0.3	PASS
8		8.93E-3	0.004	0.2	PASS
9		12.97E-3	0.006	0.2	PASS
10		14.59E-3	0.006	0.2	PASS
11		87.91E-3	0.038	0.1	PASS
12		14.60E-3	0.006	0.1	PASS
13		20.76E-3	0.009	0.1	PASS
14		11.64E-3	0.005	0.1	PASS
15		74.92E-3	0.033	0.1	PASS
16		5.76E-3	0.003	0.1	PASS
17		52.51E-3	0.023	0.1	PASS
18		13.82E-3	0.006	0.1	PASS
19		58.64E-3	0.025	0.1	PASS
20		9.74E-3	0.004	0.1	PASS
21		60.77E-3	0.026	0.1	PASS
22		9.84E-3	0.004	0.1	PASS
23		39.37E-3	0.017	0.1	PASS
24		15.01E-3	0.007	0.1	PASS
25		62.27E-3	0.027	0.1	PASS
26		10.54E-3	0.005	0.1	PASS
27		15.37E-3	0.007	0.1	PASS
28		9.46E-3	0.004	0.1	PASS
29		65.97E-3	0.029	0.1	PASS
30		9.44E-3	0.004	0.1	PASS

31	23.69E-3	0.010	0.1	PASS
32	11.78E-3	0.005	0.1	PASS
33	42.83E-3	0.019	0.1	PASS
34	10.95E-3	0.005	0.1	PASS
35	45.80E-3	0.020	0.1	PASS
36	15.45E-3	0.007	0.1	PASS
37	41.85E-3	0.018	0.1	PASS
38	10.50E-3	0.005	0.1	PASS
39	33.37E-3	0.015	0.1	PASS
40	9.98E-3	0.004	0.1	PASS

Anexo B4 - Resultados do ensaio de emissão de flicker.**Relatório gerado pelo software no Laboratório A.****Flicker Test Summary per EN/IEC61000-3-3 (Run time)**

EUT: Gerador de Flickers
Test category: All parameters (European limits)
Test date: 3/22/2007
Test duration (min): 15
Comment: Comment
Customer: Customer information

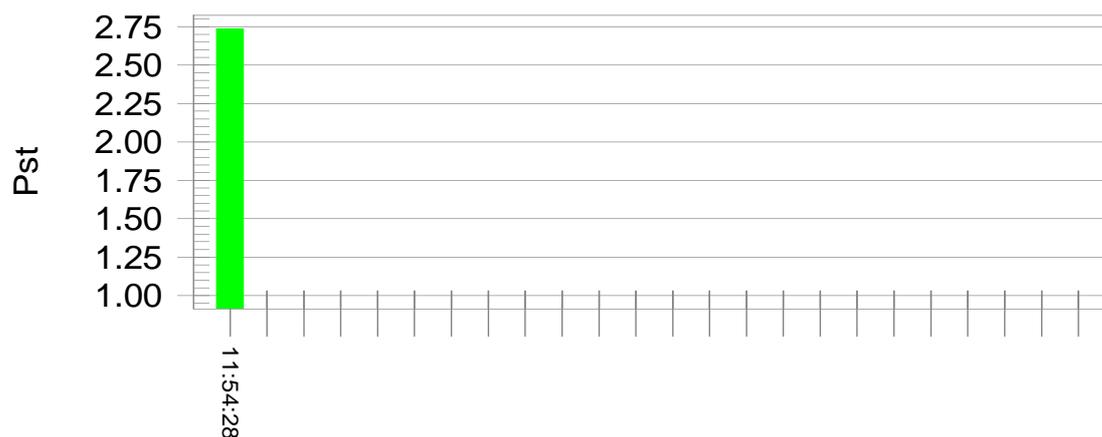
Tested by: _____
Test Margin: 100
Start time: 11:44:07 AM
End time: 11:59:29 AM
Data file name: F-000023.cts_data

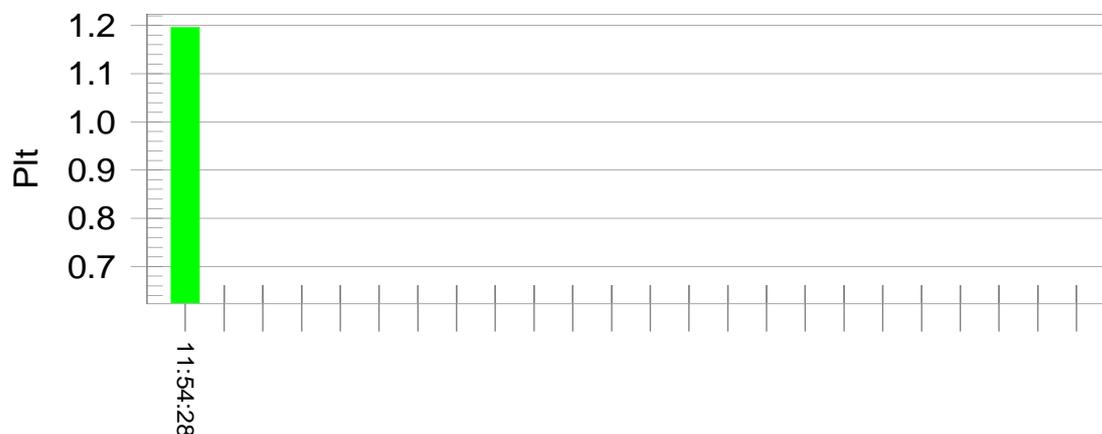
Test Result: Fail

Status: Test Completed

P_{st} and limit line

European Limits

Plt and limit line

**Parameter values recorded during the test:**

Vrms at the end of test (Volt):	230.86		
Highest dt (%):	-1.27	Test limit (%):	3.30 Pass
Time(mS) > dt:	0.0	Test limit (mS):	500.0 Pass
Highest dc (%):	0.00	Test limit (%):	3.30 Pass
Highest dmax (%):	-1.21	Test limit (%):	4.00 Pass
Highest Pst (10 min. period):	2.738	Test limit:	1.000 Fail
Highest Plt (2 hr. period):	1.196	Test limit:	0.650 Fail

Relatório gerado pelo software no Laboratório B.

Report title:	R 001
Company Name:	-----
Date of test:	11:44 9.March 2007
Tester:	ABU
Standard used:	EN/IEC 61000-3-3 Flicker
Short time (Pst):	10 min
Observation time:	120 min (12 Flicker measurements)
Flickermeter:	230V / 50Hz
Flicker Impedance:	Zref (IEC 60725)
Customer:	
E. U. T.:	Monitor

Test Result	FAIL
-------------	------

Maximum Flicker results

	EUT values	Limit	Result
Pst	1.052	1.00	FAIL
Plt	1.029	0.65	FAIL
dc [%]	0.004	3.30	PASS
dmax [%]	0.970	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Detail Flicker data

Flicker measurement 1	EUT values	Limit	Result
Pst	1.036	1.00	FAIL
dc [%]	0.004	3.30	PASS
dmax [%]	0.967	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 2	EUT values	Limit	Result
Pst	1.039	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.963	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 3	EUT values	Limit	Result
Pst	1.052	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.968	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 4	EUT values	Limit	Result
Pst	1.051	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.963	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 5	EUT values	Limit	Result
Pst	1.049	1.00	FAIL
dc [%]	0.004	3.30	PASS
dmax [%]	0.966	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 6	EUT values	Limit	Result
Pst	1.036	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.967	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 7	EUT values	Limit	Result
Pst	1.032	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.965	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 8	EUT values	Limit	Result
Pst	1.013	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.970	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 9	EUT values	Limit	Result
Pst	1.004	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.951	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 10	EUT values	Limit	Result
Pst	1.007	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.963	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 11	EUT values	Limit	Result
Pst	1.018	1.00	FAIL
dc [%]	0.000	3.30	PASS
dmax [%]	0.954	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS

Flicker measurement 12	EUT values	Limit	Result
Pst	1.011	1.00	FAIL
dc [%]	0.004	3.30	PASS
dmax [%]	0.964	4.00	PASS
dt [s]	0.000	0.50	PASS