

**GEORGE LUIZ AIRES BITTAR**

**DESENVOLVIMENTO E ADEQUAÇÃO DO PROJETO  
DE UM ADAPTADOR DE TELEFONE ANALÓGICO  
(ATA) ÀS NORMAS DE COMPATIBILIDADE  
ELETROMAGNÉTICA**

**FLORIANÓPOLIS  
2005**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

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

**DESENVOLVIMENTO E ADEQUAÇÃO DO PROJETO  
DE UM ADAPTADOR DE TELEFONE ANALÓGICO  
(ATA) ÀS NORMAS DE COMPATIBILIDADE  
ELETROMAGNÉTICA**

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

**GEORGE LUIZ AIRES BITTAR**

Florianópolis, Dezembro de 2005

# DESENVOLVIMENTO E ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE UM ADAPTADOR DE TELEFONE ANALÓGICO (ATA) ÀS NORMAS DE COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

George Luiz Aires Bittar

'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.'

---

Professor Adroaldo Raizer, Dr.  
Orientador

---

Professor Alexandre Trofino Neto, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

---

Professor Adroaldo Raizer, Dr.  
Presidente

---

Professor Luiz Carlos Martinhago Schlichting, Dr.

---

Professor Luiz Henrique Alves de Medeiros, Dr.

---

Professor Sidnei Noceti Filho, D.Sc.

---

Ao meu pai, que ao lado de Deus Vê por mim.

À minha mãe, cuja paz transcende qualquer dificuldade.

À minha esposa, por seu amor e sua incansável dedicação.

---

## *AGRADECIMENTOS*

À DÍGITRO TECNOLOGIA e ao Sr. Milton Espíndola que me permitiu a realização deste trabalho com um de seus produtos.

Ao Professor Adroaldo Raizer pela dedicação, orientação, amizade e apoio que expressou durante todo este trabalho.

A Vanessa Steinbach e aos amigos do Grupo de Engenharia em Compatibilidade Eletromagnética – GEMCO pelo apoio e amizade.

Aos amigos José Felipe Von Trompowsky e Paulo Rangel pela amizade e companheirismo nos momentos mais difíceis.

Ao Adriano Kieling Ries da CEBRA, por sua disposição em ajudar e por fornecer uma de suas fontes de alimentação para os ensaios.

Ao Gerente da Dígitro, Paulo Alex Dariva, pelo apoio e atenção despendida no projeto do ATA.

Ao Sérgio Murilo Martins da Dígitro, por ser um grande amigo e por ter estado sempre pronto para ajudar nas alterações do hardware do ATA.

Ao Gerente da Dígitro, Walter Moecke, por ter me apoiado e conseguido as folgas para que eu pudesse elaborar esta Dissertação de Mestrado.

Aos grandes amigos e colegas de setor na Dígitro, Fabrício Tomasi, Diogo Vansan, Diogo Freitas e Roselane Martins, pelo companheirismo e por terem me suportado nos momentos de estresse – que não foram poucos.

Ao Jeferson Cassol, Rogério Santos, Thierry Panthier pelo apoio no desenvolvimento do ATA.

Ao meu querido pai Pedro Bittar (*in memoriam*) e minha querida mãe Ercília Aires Bittar – a vocês devo tudo o que sou.

À minha amada esposa Michelle Eloisa Tanello, por seu amor e apoio incondicional.

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

## **DESENVOLVIMENTO E ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE UM ADAPTADOR DE TELEFONE ANALÓGICO (ATA) ÀS NORMAS DE COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA**

**George Luiz Aires Bittar**

Dezembro / 2005

Orientador: Prof. Adroaldo Raizer, Dr.

Área de Concentração: Eletromagnetismo e Dispositivos Eletromagnéticos.

Palavras-chave: CEM, ATA, Telefone, Anatel, Certificação.

Número de Páginas: 111.

**RESUMO:** Este trabalho apresenta o projeto de desenvolvimento da Compatibilidade Eletromagnética (CEM) em um Adaptador de Telefone Analógico (ATA) a partir de sua versão de protótipo até sua versão final. Durante o processo de desenvolvimento dos aspectos de CEM do equipamento, são abordados assuntos referentes ao leiaute da placa de circuito impresso (PCB), distribuição de componentes no PCB, definição da caixa de acomodação do equipamento, fontes de alimentação entre outros. Baseando-se nestas alterações, os aspectos de CEM são então avaliados através de ensaios realizados no Laboratório MAGLAB-UFSC e aplicadas ações corretivas até que se tenha um produto em conformidade.

A intenção final é ter-se um produto em conformidade com os Reguladores Nacionais, que neste caso é a Anatel, e Internacionais mais expressivos, mostrando que a análise prévia de um sistema, enquanto ainda em fase de protótipo pode levar a caminhos mais curtos rumo à CEM, minimizando custos de reengenharia em geral.

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

# **DESIGN AND ADEQUACY OF THE PROJECT OF AN ANALOG TELEPHONE ADAPTOR (ATA) TO THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY STANDARDS**

**George Luiz Aires Bittar**

December / 2005

Advisor: Prof. Adroaldo Raizer, Dr.

Area of Concentration: Electromagnetism and Electromagnetic Devices.

Keywords: EMC, ATA, Telephone, Anatel, Certification.

Number of Pages: 111.

**ABSTRACT:** This work presents the Electromagnetic Compatibility (EMC) design Project on an Analog Telephone Adaptor (ATA) from its prototype version until its final version. During the EMC design process, some issues such as Printed Circuit Board (PCB) layout, electronic component distribution on the PCB, equipment's case and power supply definition etc.

Based on these modifications, EMC aspects are then evaluated by means of tests executed at MAGLAB-UFSC Laboratory and then corrective actions are applied until the product conformity is reached.

The main intention is to design a product which is in conformity with the National Regulators, which is Anatel in this case, and the International most expressive ones, showing that a system's EMC predictive analysis, while in the prototype phase may take to a shorter way to EMC, minimizing reengineering costs in general.

# SUMÁRIO

---

<b>RESUMO</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xv</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
Objetivos	2
Motivação	2
Estrutura da Dissertação	3
<b>1 - A Compatibilidade Eletromagnética</b>	<b>5</b>
1.1 – Introdução	5
1.2 – História	6
1.3 - Conceitos Importantes	6
1.4 – Normalização	9
1.5 – Regulamentação	10
1.6 – Certificação	15
1.7 – Conclusões	16
<b>2 – A Telefonia IP e o Equipamento Sob Análise</b>	<b>17</b>
2.1 – Introdução	17
2.2 – Estrutura	18
2.2.1 - A Transmissão de Voz – Princípios	18
2.2.2 - Os Protocolos	19

2.3 - Os SoftPhones	21
2.4 - Os HardPhones	24
2.5 - Os Adaptadores de Telefone Analógico (ATA)	25
2.6 - O Equipamento Sob Ensaio (ESE)	25
2.6.1 – A Dígito Tecnologia LTDA.	25
2.6.2 – O ATA Dígito	26
2.7 - Conclusões	31
<b>3 - Análise Inicial do Sistema</b>	<b>32</b>
3.1 – Introdução	32
3.2 – O Primeiro Leiaute da Placa de Circuito Impresso	32
3.2.1 – Análise Inicial - Emissão	33
3.2.2 – Análise Inicial - Imunidade	35
3.3 - Levantamento das Alterações Iniciais	40
3.3.1 – A Placa de Circuito Impresso	40
3.3.2 - Os Conectores	40
3.3.3 - A Alimentação	40
3.4 – Conclusões	41
<b>4 - Medições de Emissão</b>	<b>42</b>
4.1 – Introdução	42
4.2 – As Medições de Emissão Radiada	44
4.2.1 – Setup para as Medições	45
4.2.2 – Os Limites de Medição Definidos pelas Normas	46
4.2.3 – O Procedimento de Medição	48
4.2.4 – Os Resultados das Medições #1 - Pré-Teste	49
4.2.5 - Discussão dos Resultados e Propostas de Alterações #1	50
4.2.6 - Resultados das Medições #2	52
4.2.7 - Discussão dos Resultados e Propostas de Alterações #2	53
4.3 – As Medições de Emissão Conduzida	54
4.3.1 - Setup para as Medições	55
4.3.2 - Os Limites de Medição Definidos pelas Normas	55
4.3.3 - O Procedimento de Medição	56
4.3.4 – Os Resultados das Medições #1 - Pré-Teste	57
4.3.5 - Discussão dos Resultados e Propostas de Alterações #1	58
4.3.6 – Os Resultados das Medições – Final	59
4.3.7 - Discussão dos Resultados	60

4.4 – Conclusões	60
<b>5 - Testes de Imunidade</b>	<b>61</b>
5.1 – Introdução	61
5.2 – Os Testes de Imunidade Radiada	62
5.2.1 - Setup de Testes	63
5.2.2 - Os Níveis de Teste	63
5.2.3 - O Procedimento de Testes	63
5.2.4 – Os Resultados dos Testes	64
5.2.5 - Discussão dos Resultados	65
5.3 – Os Testes de Imunidade Conduzida	65
5.3.1 – O Setup de Testes	66
5.3.2 – Os Níveis de Teste	66
5.3.3 - O Procedimento de Testes	66
5.3.4 – Os Resultados dos Testes	67
5.3.5 - Discussão dos Resultados	67
5.4 – Os Testes de Imunidade a Surtos	69
5.4.1 – O Setup de Testes	69
5.4.2 - Os Níveis de Teste	70
5.4.3 - O Procedimento de Testes	70
5.4.4 – Os Resultados dos Testes	72
5.4.5 - Discussão dos Resultados	74
5.5 – Os Testes de Imunidade a Transientes Elétricos Rápidos (EFT/B)	74
5.5.1 - Setup de Testes	74
5.5.2 - Os Níveis de Teste	75
5.5.3 - O Procedimento de Testes	76
5.5.4 – Os Resultados dos Testes	76
5.5.5 - Discussão dos Resultados	76
5.6 – Os Testes de Imunidade a Descargas Eletrostáticas	77
5.6.1 - Setup de Testes	77
5.6.2 - Os Níveis de Teste	77
5.6.3 - O Procedimento de Testes	77
5.6.4 – Os Resultados dos Testes	80
5.6.5 - Discussão dos Resultados	80
5.7 – Os Testes de Imunidade a Interrupção e Variação de Tensão	81
5.7.1 - Setup de Testes	82
5.7.2 - Os Níveis de Teste	83

5.7.3 - O Procedimento de Testes	83
5.7.4 – Os Resultados dos Testes	84
5.7.5 - Discussão dos Resultados	84
5.8 – Conclusões	85
<b>6 – Conclusões</b>	<b>86</b>
6.1 - Conclusões	86
6.2 – Proposta para Trabalho Futuro	87
<b>ANEXO A – Setups de Teste</b>	<b>91</b>
A.1 – Emissão Radiada	91
A.2 – Emissão Conduzida	93
A.3 – Imunidade a Descargas Eletrostáticas	94
A.4 – Imunidade a RF Radiada	95
A.5 – Imunidade a Transientes Elétricos Rápidos e Burst	97
A.6 – Imunidade a Surtos	98
A.7 – Imunidade a RF Conduzida	99
A.8 – Imunidade a Variações e Interrupções de Tensão	101
<b>ANEXO B – Jigas de Teste</b>	<b>103</b>
B.1 – Exercício das Interfaces do ATA	103
B.2 – A Jiga de Teste de FXS	104
<b>ANEXO C - Autorizações</b>	<b>106</b>
C.1 – As Autorizações	106
C.2 – Autorização da Dígitro Tecnologia	107
C.3 – Autorização da CEBRA	108
<b>Referências</b>	<b>109</b>

## *Lista de Figuras*

---

FIGURA 1.1 – ACOPLAMENTO DE RUÍDO NUM MESMO EQUIPAMENTO	8
FIGURA 1.2 – EMISSÃO E ACOPLAMENTO DE RUÍDO CONDUZIDO E RADIADO	8
FIGURA 1.3 – EXEMPLOS DE FILTROS DE RF	9
FIGURA 2.1 – ORGANIZAÇÃO DAS CAMADAS DE PROTOCOLOS.	19
FIGURA 2.2 – INTERFACE DO ADORESOFTPHONE	22
FIGURA 2.3 – INTERFACE DO PINGTEL SIP SOFTPHONE	22
FIGURA 2.4 – INTERFACE DO EYEBEAM	23
FIGURA 2.5 – INTERFACE DO DIGIPHONE	23
FIGURA 2.6 - 4602 IP TELEPHONE	24
FIGURA 2.7 - IP PHONE 7905G	24
FIGURA 2.8 - 5220 IP PHONE	24
FIGURA 2.9 - IP PHONE 7940G	24
FIGURA 2.10 - ADAPTADOR ATA HT486	25
FIGURA 2.11 - ADAPTADOR ATA PAP2	25
FIGURA 2.12 - ATA E ROTEADOR RT31P2.	25
FIGURA 2.13 – ADAPTADOR ATA 186	25
FIGURA 2.14 – O ADAPTADOR DE TELEFONES ANALÓGICOS (ATA) DÍGITRO	26
FIGURA 2.15 – NOMENCLATURA DO ATA	27
FIGURA 2.16 - UM ATA CONECTADO A OUTRO ATA	29
FIGURA 2.17 - ATA CONECTADO A UM PABX REMOTO	29
FIGURA 2.18 - ATA CONECTADO A UM PABX REMOTO COMO FRONT-END DE UM PABX LOCAL.	30

FIGURA 3.1 – OSCILADORES DE 25MHZ E 24,576MHZ MONTADOS NO PCB DO ATA	34
FIGURA 3.2 – VERSÃO COM 4 CAMADAS DA PLACA DO ATA	34
FIGURA 3.3 – PARTE DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO DO ATA, MOSTRANDO UMA TRILHA LONGA	35
FIGURA 3.4 – DESTAQUE DA CAMADA INFERIOR DA PLACA DO ATA – TRILHA EXTENSA	36
FIGURA 3.5 – CAIXA METÁLICA DO ATA	37
FIGURA 3.6 – CAIXA PLÁSTICA DO ATA	38
FIGURA 4.1 – DIVISÃO DA EMISSÃO DE RF NAS CLASSES RADIADA E CONDUZIDA	43
FIGURA 4.2 – DIAGRAMA DE EMISSÕES DISTRIBUÍDOS ENTRE 150KHZ E 1GHZ	43
FIGURA 4.3 – EXEMPLO DE OATS	44
FIGURA 4.4 – UMA CÂMARA SEMI-ANECÓICA	45
FIGURA 4.5 – UMA CÉLULA GTEM	45
FIGURA 4.6 – MONTAGEM DO ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA – VISTA LATERAL	46
FIGURA 4.7 – MONTAGEM DO ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA – VISTA SUPERIOR	46
FIGURA 4.8 – COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES IMPOSTOS PELA FCC PART 15 E CISPR22 PARA EQUIPAMENTOS CLASSE A – VALORES RELACIONADOS A MEDIÇÕES EM 10M.	48
FIGURA 4.9 – COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES IMPOSTOS PELA FCC PART 15 E CISPR22 PARA EQUIPAMENTOS CLASSE B – VALORES RELACIONADOS A MEDIÇÕES EM 10M.	48
FIGURA 4.10 – MEDIÇÕES DE EMISSÃO RADIADA – RESULTADO OATS.	49
FIGURA 4.11 – SEQUÊNCIA DE CAMADAS DO NOVO PCB	50
FIGURA 4.12A – CAMADA TOP COM TRAÇADO DAS REFERÊNCIAS	51
FIGURA 4.12B – CAMADA BOTTOM COM TRAÇADO DAS REFERÊNCIAS	51
FIGURA 4.13 – MEDIÇÕES DE EMISSÃO RADIADA – RESULTADO OATS.	53
FIGURA 4.14 – LISN DA ROHDE&SCHWARZ	54
FIGURA 4.15 – LIMITES PARA EMISSÃO CONDUZIDA – FCC PART15 E CISPR22/EN55022 LIMITES MÉDIO E DE QUASE-PICO PARA EQUIPAMENTOS TI CLASSE A	56
FIGURA 4.16 – LIMITES PARA EMISSÃO CONDUZIDA – FCC PART15 E CISPR22/EN55022 LIMITES MÉDIO E DE QUASE-PICO PARA EQUIPAMENTOS TI CLASSE B	56
FIGURA 4.17 – MEDIÇÕES PRELIMINARES DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE ABLE 1A	57
FIGURA 4.18 – MEDIÇÕES PRELIMINARES DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE MCE 0,7A	58
FIGURA 4.19 – MEDIÇÕES PRELIMINARES DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE CEBRA 1,5A	58
FIGURA 4.20 – MEDIÇÕES FINAIS DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE CEBRA 1,5A	59
FIGURA 5.1 – DIAGRAMA DE ENSAIOS DE IMUNIDADE	62
FIGURA 5.2 – CIRCUITO EQUIVALENTE DO FERRITE	68
FIGURA 5.3 A E B – SETUPS PARA SURTOS NO TERMINAL DE ENERGIA E DE TELECOMUNICAÇÕES	69

FIGURA 5.4 – ÂNGULOS DE APLICAÇÃO DOS PULSOS AO TERMINAL DE ENERGIA	71
FIGURA 5.5 – SETUP DE TESTES DE EFT/BURST UTILIZANDO CLAMP CAPACITIVO	75
FIGURA 5.6A – CAMINHO DO GERADOR DE ESD – VISTA TRASEIRA DO ESE	78
FIGURA 5.6B – CAMINHO DO GERADOR DE ESD – VISTA SUPERIOR E FRONTAL DO ESE	78
FIGURA 5.6C – CAMINHO DO GERADOR DE ESD – VISTA LATERAL DO ESE	79
FIGURA 5.7 – ISOLAMENTO ENTRE OS LEDs E O EXTERIOR DA CARÇA DO ESE	81
FIGURA 5.8 – PARTE TRASEIRA DO PCB, CONTENDO OS CONECTORES PLÁSTICOS E BASTÕES ACRÍLICO PARA OS LEDs	81
FIGURA 5.9 – EXEMPLO DE REDUÇÃO DE TENSÃO ( <i>DIPS</i> ) A 70% POR 2 CICLOS	82
FIGURA 5.10 – SETUP DE TESTES DE VARIAÇÃO DE TENSÃO	82
FIGURA A.1 – SETUP PARA ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA	92
FIGURA A.2 – SETUP PARA ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA	93
FIGURA A.3 – SETUP PARA ENSAIO DE IMUNIDADE A DESCARGAS ELETROSTÁTICAS	94
FIGURA A.4 – SETUP PARA ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA	96
FIGURA A.5 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE EFT/B NO CABO DE ENERGIA	97
FIGURA A.6 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE EFT/B NO CABO DE COMUNICAÇÃO	97
FIGURA A.7 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE SURTOS NO CABO DE ENERGIA	99
FIGURA A.8 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE SURTOS NO CABO COMUNICAÇÃO	99
FIGURA A.9 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE IMUNIDADE CONDUZIDA NO CABO DE COMUNICAÇÃO	100
FIGURA A.10 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE IMUNIDADE CONDUZIDA NO CABO DE ENERGIA	100
FIGURA A.11 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE EFT/B NO CABO COMUNICAÇÃO	101
FIGURA B.1 – EXERCÍCIO DO ESE – SENTIDO DAS CHAMADAS (VISTA SUPERIOR DO ESE)	104
FIGURA B.2 – JIGA DE TESTES DE FXS	105

## *Lista de Tabelas*

---

TABELA 2.1 – TIPOS DE CODECS UTILIZADOS EM VOIP	19
TABELA 2.2 – MODELOS DO ATA DE ACORDO COM AS INTERFACES	28
TABELA 2.3 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ATA	30
TABELA 3.1 – FONTES DE ALIMENTAÇÃO USADAS NOS ENSAIOS DO ATA	41
TABELA 4.1 – LIMITES DE EMISSÃO RADIADA PARA EQUIPAMENTOS CLASSE B	47
TABELA 4.2 – NÍVEIS QUE ULTRAPASSARAM OS LIMITES DA CISPR	49
TABELA 4.3 – ANTIGOS LIMITES FCC PART15 PARA EMISSÃO CONDUZIDA DE EQUIPAMENTOS	55
TI	
TABELA 4.4 – LIMITES VIGENTES TANTO PARA FCC PART15 QUANTO PARA CISPR22/EN55022 PARA ENSAIOS DE EMISSÃO CONDUZIDA EM EQUIPAMENTOS TI	55
TABELA 5.1 - NÍVEIS DE PERTURBAÇÃO RADIADA APLICADOS AO ESE	63
TABELA 5.2 – NÍVEIS DO SINAL DE 800HZ NAS INTERFACES DE TELEFONIA	64
TABELA 5.3 – NÍVEL DE PERTURBAÇÃO CONDUZIDA APLICADO AO ESE	66
TABELA 5.4 – ACOPLAMENTO DA PERTURBAÇÃO	66
TABELA 5.5 – NÍVEIS DO SINAL DE 800HZ NAS INTERFACES DE TELEFONIA – ACOPLAMENTO NO TERMINAL DE ENERGIA	67
TABELA 5.6 – NÍVEIS DO SINAL DE 800HZ NAS INTERFACES DE TELEFONIA – ACOPLAMENTO NO TERMINAL DE TELECOMUNICAÇÕES	67
TABELA 5.7 – NÍVEIS DE ENSAIO DE SURTO	70
TABELA 5.8 – LOCAL E CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO DO SURTO	71

TABELA 5.9 – LOCAL E CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO DO SURTO	72
TABELA 5.10A – SURTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA FASE-NEUTRO – 0° E 90°	72
TABELA 5.10B – SURTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA FASE-NEUTRO – 180° E 270°	72
TABELA 5.11A – SURTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA FASE-TERRA – 0° E 90°	73
TABELA 5.11B – SURTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA FASE-TERRA – 180° E 270°	73
TABELA 5.12A – SURTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA NEUTRO-TERRA – 0° E 90°	73
TABELA 5.12B – SURTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA NEUTRO-TERRA – 180° E 270°	73
TABELA 13 – SURTO NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES LINHAA–TERRA	73
TABELA 14 – SURTO NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES LINHAB–TERRA	73
TABELA 5.15 – NÍVEIS DE ENSAIO DE EFT/B	75
TABELA 5.16 – EFT/B NOS TERMINAIS DE ENERGIA	76
TABELA 5.17 – EFT/B NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES	76
TABELA 5.18 – NÍVEL DE TESTES DE ESD NO ATA	77
TABELA 5.19 – NÍVEIS DE ENSAIO DE IMUNIDADE À REDUÇÃO E À INTERRUPÇÃO DA TENSÃO DA REDE ELÉTRICA	83
TABELA 5.20 – NÍVEIS DE ENSAIO DE IMUNIDADE À REDUÇÃO E À INTERRUPÇÃO DA TENSÃO DA REDE ELÉTRICA	84
TABELA 6.1 – LIMITES DE AQUECIMENTO EXCESSIVO	89

# *Introdução*

---

## **Introdução**

---

Há algum tempo atrás, as indústrias brasileiras de equipamentos de telecomunicações tinham como barreiras para a venda de seus produtos aspectos como custos de produção, domínio tecnológico da concorrência e aceitação de seus produtos pelos consumidores. A preocupação ao nível de desenvolvimento era atingir os requisitos funcionais com o menor custo, tendo como parâmetro de qualidade do produto, apenas as normas de telefonia vigentes. O tempo foi passando e os equipamentos foram evoluindo tecnologicamente e os circuitos digitais, com suas facilidades de programação e miniaturização foram tomando cada vez mais espaço. Ao passo que o tamanho dos circuitos foi diminuindo, a frequência de operação dos mesmos foi se elevando, para que se pudesse obter processamento mais rápido e assim aumentar a gama de funcionalidades dos equipamentos, para torná-los mais competitivos perante o mercado nacional e estrangeiro. Com isso, um problema invisível começava a surgir – a interferência eletromagnética. Aquela interferência, velha conhecida dos que trabalhavam com telecomunicações, que surgia sob forma de cruzamento nos circuitos analógicos das antigas centrais eletromecânicas, começava a se manifestar de

diferentes formas nos circuitos digitais, causando mal-funcionamento de DSPs, captando ondas eletromagnéticas das mais diferentes fontes, emitindo ondas e interferindo em outros equipamentos mais susceptíveis a este tipo de interferência, como televisores e rádios.

Foi então que, seguindo as diretrizes mundiais, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) iniciou o processo de regulamentação dos aspectos de Compatibilidade Eletromagnética (CEM) em equipamentos de telecomunicações, baseada em normas da série 61000 da *Internacional Engineering Consortium* (IEC), nas publicações do *Comité International Spécial des Perturbation Radioélectriques* (CISPR) e também da *International Telecommunication Union* (ITU).

## **Objetivos**

---

Este trabalho objetiva o desenvolvimento e adequação de um Adaptador de Telefone Analógico (ATA) às normas de Compatibilidade Eletromagnética vigentes no Brasil, realizando um comparativo com normas internacionais e vislumbrando a preparação do equipamento para sua certificação em órgãos internacionais como a *Federal Communications Commission* (FCC), *European Community* (CE) e *Australian Communication Authority* (ACA).

## **Motivação**

---

Em determinado momento de minha vida profissional, por volta do ano 2001, trabalhando como Engenheiro de Testes, Homologações e Validações na Dígito Tecnologia LTDA, surgiu a necessidade da certificação de nossos produtos de telecomunicações, pois a Anatel recém havia implementado um Regulamento, que exigia em um de seus itens a certificação dos aspectos de CEM nos equipamentos de telecomunicações.

Com uma leve experiência no assunto adquirida apenas na graduação, me vi envolvido no processo de homologação de dois PABX de médio porte e que nunca sequer haviam passado perto de uma câmara semi-aneecóica<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Câmara semi-aneecóica é uma sala eletromagneticamente blindada, com absorvedores de ondas eletromagnéticas nas paredes e teto.

Foi aí então que meu envolvimento profissional com a Compatibilidade Eletromagnética teve início.

O estudo das normas e o contato direto com os ensaios exigidos pela Anatel me forneceram tanto o conhecimento básico teórico quanto o prático. A dificuldade que encontrei para entender o que estava ocorrendo com o equipamento e ao mesmo tempo para corrigir os problemas me fizeram despertar uma curiosidade e vontade de dominar o assunto para que pudesse contribuir de forma mais significativa para o desenvolvimento dos produtos da empresa.

Esta vontade se concretizou na forma de um curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, que me possibilitou estudar e adquirir o embasamento necessário para que pudesse aplicar no desenvolvimento da CEM em nossos produtos.

O surgimento de um novo produto na Dígito foi a oportunidade de colocar todos os conhecimentos adquiridos em prática e gerar uma documentação que pudesse ser útil à equipe de desenvolvimento de hardware, bem como a teoria e a regulamentação que dos aspectos de EMC.

## **A Estrutura da Dissertação**

---

Este documento foi preparado de forma a fornecer de maneira simples e fácil a metodologia de desenvolvimento e adequação de um produto de telecomunicações à regulamentação brasileira quanto aos requisitos de CEM.

### ***Capítulo 1 – A Compatibilidade Eletromagnética***

O capítulo 1 traz uma breve explicação sobre a Compatibilidade Eletromagnética, desde sua história até a sua regulamentação.

### ***Capítulo 2 – A Telefonia IP e o Equipamento Sob Análise***

Neste capítulo, são mostrados os conceitos da telefonia IP e mostrada de maneira simplificada a estrutura utilizada por ela. O equipamento sob análise é apresentado e discutido sobre sua estrutura e aplicações. Um estudo sobre a normalização dos requisitos de CEM nos principais blocos de países é apresentado.

### ***Capítulo 3 – Análise Inicial***

O capítulo 3 descreve o processo de pré-análise feita de maneira visual, onde um protótipo inteiramente funcional é fornecido. Dá-se início à primeira análise dos aspectos de CEM, identificando os pontos onde ocorrerão não conformidades e propondo as possíveis alterações para solução dos problemas.

### ***Capítulo 4 – Medições de Emissão***

Este capítulo apresenta a maneira com que as medições radiadas e conduzidas foram realizadas, além de seus resultados e as ações corretivas tomadas para tornar conforme o equipamento sob ensaio.

### ***Capítulo 5 – Testes de Imunidade***

De maneira semelhante ao capítulo 4, este capítulo mostra os diversos testes de imunidade, os problemas encontrados e as ações corretivas para colocar o ESE em conformidade com as normas de CEM.

### ***Capítulo 6 – Conclusões***

Aqui é concluído o estudo, mostrando a maneira na qual este trabalho trouxe contribuições para a comunidade, a empresa e ao aluno de mestrado. Também é sugerida a continuação do trabalho, embora voltado à conformidade com os aspectos de Segurança Elétrica.

# Capítulo 1

## *A Compatibilidade Eletromagnética*

---

### 1.1 - Introdução

---

Tornar os equipamentos eletrônicos eletromagneticamente compatíveis tem sido um trabalho que requer cada vez mais ênfase no processo de desenvolvimento de produtos eletrônicos, devido à complexidade dos circuitos e à velocidade com que estão sendo processados. A fim de aumentar a rapidez com que se obtém e se processa a informação, os circuitos oscilam a velocidades cada vez maiores, aumentando a complexidade do controle de emissão em tais frequências.

Para um equipamento estar conforme com os aspectos de CEM, ele basicamente deve:

- Emitir níveis toleráveis de ruídos conduzidos e radiados de Radio Frequência (RF).
- Funcionar adequadamente em ambientes onde há ruídos de RF radiados e conduzidos.
- Resistir às Descargas Eletrostáticas por contato humano ou de equipamentos.

Para se assegurar que um dispositivo está em conformidade com estes itens, foram criadas Regulamentações e Normas que, através de estudos dos fenômenos físicos, foram capazes de estabelecer padrões para testes e medições a fim de garantir a compatibilidade eletromagnética. Algumas destas Regulamentações e Normas serão explicadas no decorrer deste trabalho.

## **1.2 - História**

---

A CEM, embora novidade nas questões de certificação no Brasil, não é um assunto novo. A CISPR, que como o próprio nome sugere - Comitê Internacional Especial de Perturbações Radioelétricas – trata de interferências de radiofrequência desde seu surgimento, em 1934.

Sem dúvida, a maior marca da compatibilidade eletromagnética se deu em 1989 com o surgimento da Diretiva Européia de EMC, que diz em termos simples que um equipamento para ser colocado no mercado deve ser certificado como tendo imunidade adequada e níveis de emissão aceitáveis, ou seja, deve ser compatível com o ambiente onde estará operando. Com isto, surgiu uma grande demanda por Normas de CEM, que foi suprida pela criação do *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique* (CENELEC), que reviu e estabeleceu as normas como as temos hoje.

## **1.3 - Conceitos Importantes**

---

Alguns conceitos dentro do contexto da CEM são de grande importância, pois estão presentes em praticamente todos os assuntos que envolvem a CEM. A seguir será dada uma breve explicação sobre estes assuntos.

### **EMISSÃO [1]**

Também chamada de Interferência Eletromagnética (EMI), é o processo no qual a energia eletromagnética é transmitida de um equipamento para outro, podendo ser de modo radiado ou conduzido.

### **IMUNIDADE**

É a capacidade de um equipamento operar sem perda de funcionalidade, quando sujeito a perturbações de energia eletromagnética radiadas ou conduzidas.

**SUSCEPTIBILIDADE**

É a propensão de um equipamento a ser influenciado por uma perturbação.

**INDUÇÃO**

A indução é a influência que um sistema ou dispositivo pode ter em outro, fazendo com que a alteração no estado de um sistema causa alteração no estado do outro. Uma aplicação típica envolvendo indução é o transformador, onde a corrente alternada na bobina do enrolamento primário induz a criação de um campo magnético e este por sua vez, induz a criação de uma outra corrente na bobina do enrolamento secundário eletricamente desconectado do enrolamento primário. A indução pode ter aplicações muito úteis, porém pode ser a causadora de ruído e interferência em cabos e trilhas de placas de circuito impresso ou *Printed Circuit Boards* (PCB). Um exemplo de um efeito indesejável da indução é o cruzamento em linhas de telecomunicações, onde um sinal sendo conduzido numa linha induz um sinal espelhado em outra linha.

**ACOPLAMENTO**

Acoplamento é a interação entre dois sistemas, onde há a transferência de energia de um para o outro. Esta definição se encaixa muito bem no contexto da CEM e um exemplo simples de acoplamento é a recepção do sinal de TV pela antena. Ondas eletromagnéticas (EM) contendo o sinal da TV viajam pela atmosfera e quando encontram um caminho que não as ofereça resistência (antena sintonizada nas frequências das ondas), elas se acoplam e transmitem sua energia através do cabo da antena até a TV. Um exemplo do efeito do acoplamento seria um equipamento no qual um dos componentes montado no PCB emite ruído de RF radiado. As ondas na forma radiada viajam pelo ar até encontrar por exemplo, a carcaça metálica do equipamento. A carcaça reflete as ondas, que incidem diretamente no PCB. Um terminal comprido de um componente ou até mesmo uma trilha longa serve como antena e capta este ruído, acoplando-o novamente ao circuito onde será propagado na forma conduzida. A FIGURA 1.1 mostra o exemplo.

A FIGURA 1.2 mostra dois eletrodomésticos como exemplo, uma batedeira e uma televisão, conectadas na mesma rede elétrica e fisicamente próximas uma da outra. Neste exemplo pode-se verificar a emissão de ruído da batedeira, tanto na forma radiada quanto na forma conduzida. Os efeitos podem ser verificados na imagem e som da TV, que sofre a interferência por ruído conduzido e a radiado.

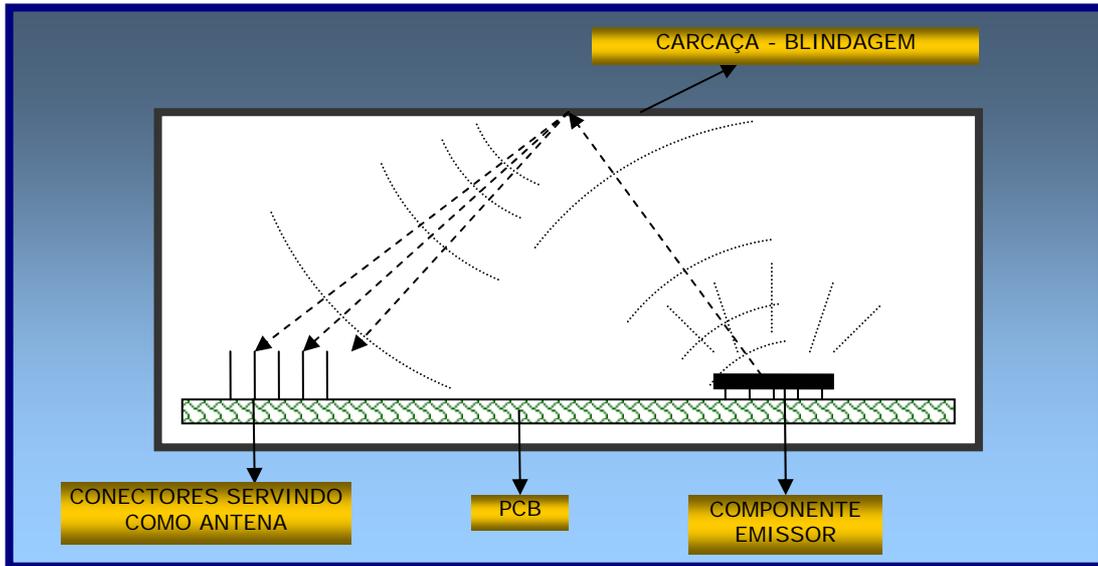


FIGURA 1.1 – ACOPLAMENTO DE RUÍDO NUM MESMO EQUIPAMENTO

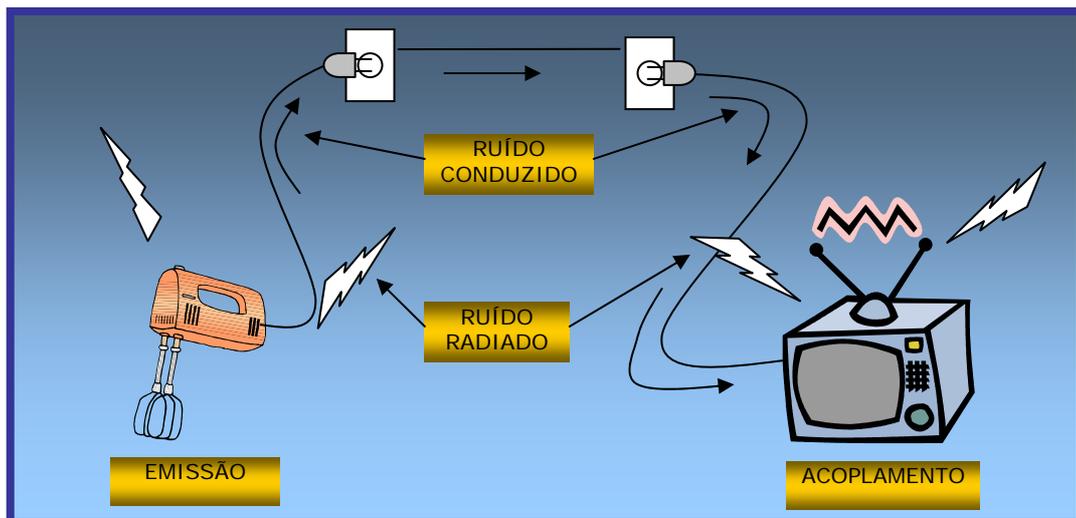


FIGURA 1.2 – EMISSÃO E ACOPLAMENTO DE RUÍDO CONDUZIDO E RADIADO

**BLINDAGEM**

A blindagem é uma técnica muito útil na mitigação de problemas de emissão e imunidade de ruídos de RF radiados. Tem como base a reflexão de ondas eletromagnéticas e a atenuação das ondas, brevemente explicados no item 1.5.2.

**FILTRAGEM**

A filtragem é a separação de um sinal em partes. No caso de CEM, a filtragem é realizada com base na frequência do sinal, havendo para isto uma grande variedade de filtros e técnicas de filtragem de sinal já implementadas e disponíveis na literatura.

Em CEM os filtros são utilizados basicamente para desacoplar sinais de RF indesejados – ruídos, ou seja, são em geral filtros “passa baixa”. Exemplos mais comuns de filtro são apresentados na FIGURA1.3.

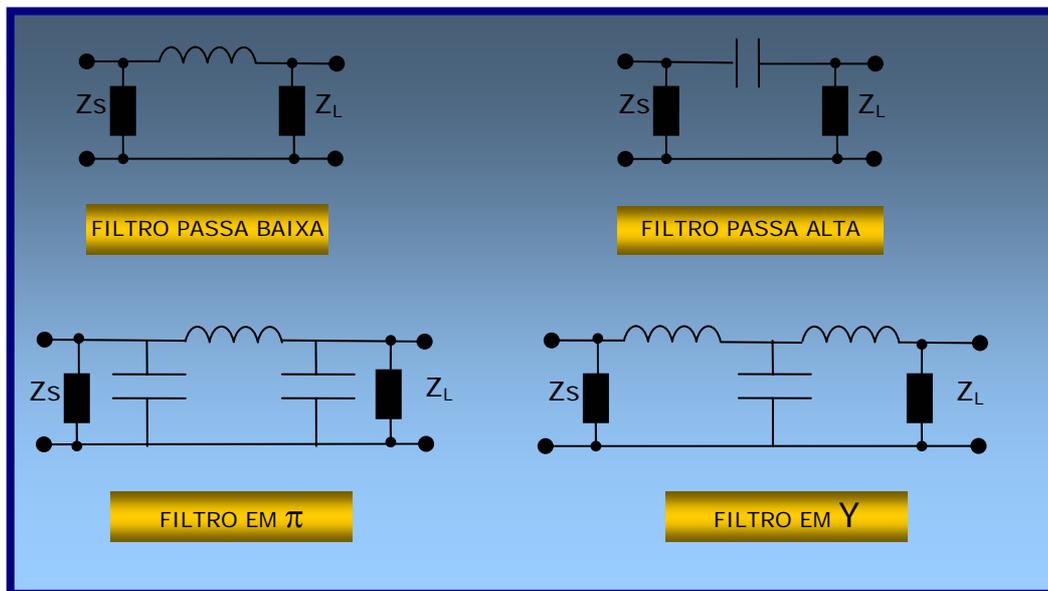


FIGURA 1.3 – EXEMPLOS DE FILTROS DE RF [02]

#### 1.4 - Normalização

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas[35] (ABNT), normalização é a *“Atividade que estabelece, em relação a problemas existentes ou potenciais, prescrições destinadas à utilização comum e repetitiva com vistas à obtenção do grau ótimo de ordem em um dado contexto”*.

Em outras palavras, a normalização nos dá as regras para construirmos nossos produtos com a qualidade, confiabilidade e compatibilidade com os produtos já existentes. Se não houvesse normas, o primeiro grupo a notar sua ausência seria o grupo dos consumidores, que começaria a perceber a baixa qualidade dos produtos, os problemas com interconexão com outros equipamentos, entre outros.

Alguns dos benefícios que a normalização traz para a sociedade são[34]:

- A compatibilidade tecnológica mundial trazida pela padronização estabelecida pelas Normas, gera uma grande variedade de escolha para o cliente, aumentando a competitividade entre os fornecedores.

- As Normas dão a base tecnológica e científica ao governo quanto às legislações de segurança, meio ambiente e saúde.
- Constituem uma importante fonte de conhecimentos, que possibilita o desenvolvimento igualitário entre indústrias num mesmo país.
- Para os consumidores, a normalização significa qualidade, segurança e confiabilidade.

### **1.5 - Regulamentação**

---

A Regulamentação é uma regra ou ordem emitida por uma agência da seção executiva do governo e a qual tem a força da lei. Pode ter ainda sua especificação estendida como sendo um documento de controle do governo, que oferece especificações técnicas para o cumprimento de estatutos.

No caso da CEM, a regulamentação é um conjunto de regras as quais incluem Normas para a verificação da compatibilidade eletromagnética de um equipamento ou dispositivo. Devido à diferença no funcionamento e nas aplicações de cada tipo de dispositivo, é comum os governos emitirem regulamentos diferentes para grupos de equipamentos. É o que ocorre no Brasil com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e a Anatel, onde cada uma destas agências do governo tem sua própria regulamentação com relação aos requisitos de CEM, embora muitas das Normas sejam de uso comum.

Embora os equipamentos baseados em tecnologia *Voice Over IP (VoIP)*<sup>2</sup> não tenham legislação específica no que diz respeito à normalização dos aspectos de CEM e por serem capaz de fazer interface com a rede pública (STFC) através de sua interface FXO, além de possibilitar conexão com aparelhos telefônicos por suas interfaces FXS, o ATA foi considerado um equipamento Categoria I[21], que corresponde à mesma categoria de equipamentos PABX devido às suas similaridades.

Para fins de comparação com o cenário internacional e preparação do mesmo produto para a venda no mercado externo, foram consideradas as regulamentações vigentes em países como Estados Unidos, Austrália, Canadá e da Comunidade Européia. Foi realizada a análise dos requerimentos de cada país para cada tipo de ensaio e realizada uma comparação entre eles.

A seguir, encontram-se as prescrições de CEM para cada país ou conjunto de países.

---

<sup>2</sup> VoIP é uma tecnologia de transporte de voz através de redes Internet Protocol (IP). O sinal de voz é compactado e enviado em pacotes através da rede até atingir seu destino.

**BRASIL**

**Órgão Certificador:**

ANATEL

**Enquadramento do Equipamento:**

Categoria I (CPCT) – Classe B

**Selo de Conformidade:**



**Regulamento de Compatibilidade Eletromagnética:**

*"Regulamentação para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética"*, aprovado pela Resolução nº237 da Anatel em 09 de novembro de 2000.

**Normalização – Aspectos de Emissão:**

- **CISPR 11** - *Limits and Methods of Measurement of Electromagnetic Disturbance Characteristics of Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Radio-Frequency Equipment.*
- **CISPR 22** - *Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Information Technology Equipment [11].*
- **ITU-T Rec. K.38** – *Radiated Emission Testing of Physically Large Telecommunication Systems.*

**Normalização – Aspectos de Imunidade:**

- **IEC 61000-4-2** - *Electrostatic Discharge Immunity Test*
- **IEC 61000-4-3** - *Radiated, Radio-frequency, Electromagnetic Field Requirements*
- **IEC 61000-4-4** - *Electrical Fast Transient/Burst*
- **IEC 61000-4-5** - *Surge Immunity Test*
- **IEC 61000-4-6** - *Immunity to Conducted Disturbances Induced by Radio-Frequency Fields*
- **IEC 61000-4-11** - *Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations; Immunity tests.*

- **CISPR 24** - Amend 1 (2001) e Amend 2 (2002) - Immunity Characteristics - Limits and Methods of Measurement

**Normalização – Outros Aspectos (Resistibilidade):**

- **IEC 61000-4-5** - Surge Immunity Test
- **ITU-T Rec. K.21** – Resistibility of Subscriber's Terminal to Overvoltage and Overcurrents.
- **ITU-T Rec. K.22** – Overvoltage Resistibility of Equipment Connected to an ISDN T/S Bus.

**ESTADOS UNIDOS**

**Órgão Certificador:**

*Federal Communications Commission (FCC)*

**Enquadramento do Equipamento:**

Radiadores Não Intencionais - Classe B

**Selo de Conformidade:**



**Regulamento de Compatibilidade Eletromagnética:**

*Title 47 of the Code of Federal Regulations (CFR)*

**Normalização – Aspectos de Emissão:**

- **Part 15** – Radio Frequency Devices – Subpart B – Unintentional Radiators

**Normalização – Aspectos de Imunidade:**

Os Estados Unidos não adota nenhum controle para os aspectos de Imunidade a Perturbações Eletromagnéticas para equipamentos de telecomunicações.

**Normalização – Outros Aspectos (Resistibilidade):**

Os Estados Unidos não adota nenhum controle para os aspectos de Resistibilidade a Perturbações Eletromagnéticas para equipamentos de telecomunicações.

**COMUNIDADE EUROPÉIA**

**Órgão Certificador:**

CE

**Enquadramento do Equipamento:**

Classe B

**Selo de Conformidade:**



**Regulamento de Compatibilidade Eletromagnética:**

Diretiva 89/226/EEC

**Normalização – Aspectos de Emissão:**

- **CISPR 11** - *Limits and Methods of Measurement of Electromagnetic Disturbance Characteristics of Industrial, Scientific, and Medical (ISM) Radio-Frequency Equipment.*
- **CISPR 22** - *Limits and Methods of Measurement of Radio Disturbance Characteristics of Information Technology Equipment [11]*
- **ITU-T Rec. K.38** – *Radiated Emission Testing of Physically Large Telecommunication Systems.*

**Normalização – Aspectos de Imunidade:**

- **IEC 61000-4-2** - *Electrostatic Discharge Immunity Test*
- **IEC 61000-4-3** - *Radiated, Radio-frequency, Electromagnetic Field Requirements*
- **IEC 61000-4-4** - *Electrical Fast Transient/Burst*
- **IEC 61000-4-5** - *Surge Immunity Test*

- **IEC 61000-4-6** - *Immunity to Conducted Disturbances Induced by Radio-Frequency Fields*
- **IEC 61000-4-11** - *Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations; Immunity tests.*
- **CISPR 24** - *Amend 1 (2001) e Amend 2 (2002) - Immunity Characteristics - Limits and Methods of Measurement*

**Normalização – Outros Aspectos (Resistibilidade):**

A Comunidade Européia não adota nenhum controle para os aspectos de Resistibilidade a Perturbações Eletromagnéticas para equipamentos de telecomunicações.

**AUSTRÁLIA**

**Órgão Certificador:**

*Australian Communications and Media Authority (ACMA)*

**Enquadramento do Equipamento:**

Classe B

**Selo de Conformidade:**



**Regulamento de Compatibilidade Eletromagnética:**

*Australian Radiocommunications Act 1992*

**Normalização – Aspectos de Emissão:**

- AS/NZS 3548 ; CISPR 22 ; EN 55022 ; ETSI EN300386

**Normalização – Aspectos de Imunidade:**

A Austrália tem como compulsória apenas os aspectos de emissão conduzida e radiada, considerando opcionais os aspectos de Imunidade a Perturbações Eletromagnéticas para equipamentos de telecomunicações.

### **Normalização – Outros Aspectos (Resistibilidade):**

A Austrália tem como compulsória apenas os aspectos de emissão conduzida e radiada, considerando opcionais os aspectos de Resistibilidade a Perturbações Eletromagnéticas para equipamentos de telecomunicações.

### **1.6 - Certificação**

---

A ABNT define certificação da seguinte forma[35]:

*"É um conjunto de atividades desenvolvidas por um organismo independente da relação comercial com o objetivo de atestar publicamente, por escrito, que determinado produto, processo ou serviço está em conformidade com os requisitos especificados. Estes requisitos podem ser: nacionais, estrangeiros ou internacionais".*

A certificação de um produto é um processo que envolve ensaios, análise de documentos quando pertinente, auditorias na fábrica ou organização etc de modo a se avaliar e garantir a conformidade de tal produto. É importante ressaltar que após o processo de certificação entra em vigor a manutenção do certificado, que tem o objetivo de garantir que a empresa continua desenvolvendo os mesmos níveis de qualidade para o produto certificado.

Para a ABNT[35]:

*"Não se pode pensar na certificação como uma ação isolada e pontual, mas sim como um processo que se inicia com a conscientização da necessidade da qualidade para a manutenção da competitividade e conseqüente permanência no mercado, passando pela utilização de normas técnicas e pela difusão do conceito de qualidade por todos os setores da organização, abrangendo seus aspectos operacionais internos e o relacionamento com a sociedade e o ambiente."*

## **1.7 - Conclusões**

---

Neste capítulo foi dada uma breve introdução à Compatibilidade Eletromagnética. Foram apresentados alguns conceitos importantes e também as regulamentações vigentes nos grupos de países considerados de maior relevância neste trabalho.

O próximo capítulo apresenta o equipamento sob ensaio, suas características e modo de funcionamento. Os conceitos da Telefonia IP serão brevemente explicados de modo a viabilizar o entendimento do equipamento como um todo.

## *Capítulo 2*

# *A Telefonia IP e o Equipamento Sob Análise*

---

### **2.1 - Introdução**

---

#### **2.1.1 - A Internet**

A Internet teve seu surgimento no final da década de 1950, com a fundação de uma organização para o desenvolvimento de um sistema de comunicações pelo exército dos Estados Unidos. Em 1969 a Advanced Research and Projects Agency (ARPA) criou uma rede chamada ARPANET com o objetivo de conectar os departamentos de pesquisa militares. Na década de 1970 as universidades e outros centros de pesquisa conseguiram permissão para acessar a ARPANET e passaram a perceber o avanço que isto trazia. No final da década de 70, o protocolo Network Control Protocol, até então utilizado, mostrou-se inadequado ao crescimento da rede. Foi então que após anos de pesquisa surgiu o Transport Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP). Com o final da Guerra Fria a Internet se popularizou e seu uso cresce a cada dia.

No Brasil, a Internet começou somente em 1991 com a Rede Nacional de Pesquisa (RNP). Em 1994, a Embratel lançou o serviço experimental a fim de conhecer melhor a Internet. Em 1995 o Ministério das Ciências e Telecomunicações (MCT) tornou possível a abertura da Internet à exploração comercial no Brasil.

### **2.1.2 - O VoIP**

O termo VoIP, acrônimo da palavra em inglês *Voice Over Internet Protocol* (Voz Sobre Protocolo Internet) tem se tornado cada vez mais presente no vocabulário das pessoas. Aos poucos, a tecnologia IP foi sendo incluída no trabalho, nas casas e por fim na vida a ponto de se tornar algo quase indispensável no cotidiano. Com esse avanço da *Internet*, os serviços criados para funcionar por meio dela avançaram e estão em plena fase de expansão.

Dentre estes serviços está a telefonia IP, com promessas de barateamento das tarifas e outras qualidades que a torna extremamente atrativa, como a desassociação da necessidade de um par de fios endereçados fisicamente ao terminal telefônico, como acontece com os telefones analógicos, para um endereçamento dinâmico, independente da localidade física do terminal telefônico.

A evolução dos algoritmos de codificação e decodificação de áudio, também chamados de CODEC, a garantia de qualidade de serviço (QoS) e o aumento da banda disponível tornam a qualidade de áudio obtida através do VoIP similar à do sistema de telefonia convencional.

## **2.2 - A Estrutura da Telefonia IP**

---

### **2.2.1 – A Transmissão da Voz - Princípios**

Para que uma rede de telefonia IP possa transmitir e receber “voz” através de um meio onde circulam dados digitais, é necessário digitalizar a voz para então transmiti-la por este meio. Isto é realizado através de programas capazes de transformar o sinal analógico captado pelos microfones em pacotes de dados no formato adequado para sua transmissão via *Internet*. O sentido contrário também é válido, onde um pacote de voz é transformado em um sinal analógico que estimula os autofalantes ou cápsulas dos telefones convencionais. Os programas que realizam estas codificações e decodificações dos sinais analógicos em pacotes transmissíveis são chamados de CODEC. Existem diferentes CODEC de áudio e cada um tem suas características de compactação, amostragem etc. Estes programas são desenvolvidos de acordo com as recomendações ITU-T e os mais comuns[24] se encontram na TABELA 2.1.

Além do tipo do CODEC, fator fundamental para a qualidade do áudio em uma comunicação *VoIP* é a largura de banda que se dispõe para o tráfego da voz. Para que se tenha um diálogo ou mensagem de áudio inteligível, a ordem dos pacotes deve ser mantida, bem como o atraso entre os pacotes deve ser o mínimo possível. Considera-

se aceitável um tempo de latência entre pacotes menor que 300ms [24]. Isto se torna possível na medida em que os pacotes de voz não têm que competir com pacotes de dados provenientes de outras fontes, como navegação na *Internet* etc. Este tipo de situação é obtido através da priorização dos pacotes de voz sobre os pacotes de dados, o que garante assim banda para a passagem da voz. Para implementar este tipo de controle é empregado o *QoS*.

TABELA 2.1 – TIPOS DE CODECS UTILIZADOS EM VOIP

Recomendação ITU-T	Algoritmo	Bit rate (kbit/s)	Atraso típico fim-a-fim (ms)	Qualidade de Voz
<b>G.711</b>	PCM	48; 56; 64	<<1	Excelente
<b>G.722</b>	Sub-banda ADPCM	48; 56; 64	<<2	Boa
<b>G.723.1</b>	ACELP	5,3	67-97	Razoável
	MP-MLQ	6,3		Boa
<b>G.726</b>	ADPCM	16; 24; 32; 40	60	Boa (40), Razoável (24)
<b>G.728</b>	LD-CELP	16	<<2	Boa
<b>G.729</b>	CS-ACELP	8	25-35	Boa

**2.2.2 – Os Protocolos**

O sistema de telefonia IP é estruturado de tal forma a utilizar protocolos do tipo UDP/TCP<sup>1</sup> e IP. A FIGURA 2.1 mostra como estão organizadas as principais camadas dos da comunicação via VoIP utilizando o Protocolo de Iniciação de Seção (SIP).

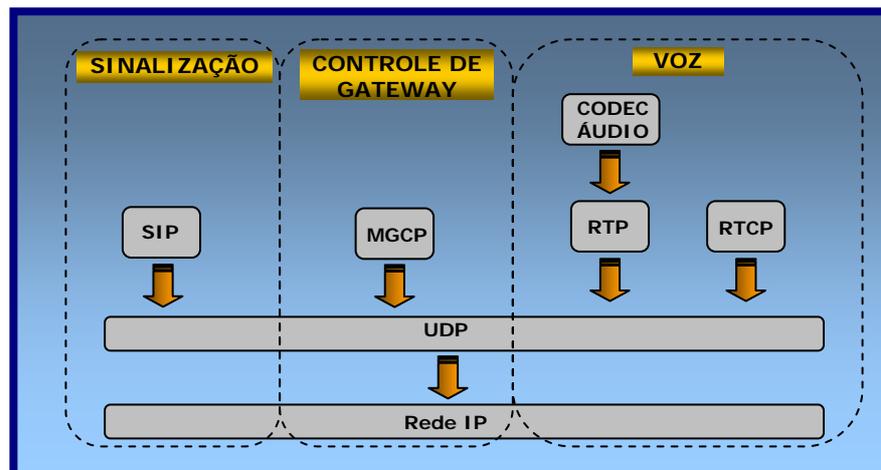


FIGURA 2.1 – ORGANIZAÇÃO DAS CAMADAS DE PROTOCOLOS.

<sup>1</sup> UDP (User Datagram Protocol) e TCP (Transmission Control Protocol) são protocolos para transporte de dados da Internet, sendo que o primeiro não possui algoritmo de checagem de erro.

Neste trabalho serão explanadas apenas as camadas de interesse.

### **A SINALIZAÇÃO SIP**

O protocolo *Session Initiated Protocol (SIP)* é um protocolo de sinalização extensamente utilizado em aplicações *VoIP* tendo como características, sua flexibilidade e fácil implementação. O núcleo do protocolo está definido através da RFC3261, sendo esta a mais importante entre as várias RFCs que especificam o protocolo. O propósito do SIP é a criação, modificação e finalização das sessões, mantendo os estados dos geradores (*senders*) e receptores (*receivers*) em comunicação. A comunicação em si é realizada através de outros protocolos que atuam em conjunto com o SIP, que são o RTP (*Real Time Transport Protocol*) e o RCTP (*Real Time Transport Control Protocol*). Sendo um protocolo feito para conexões *end-to-end* (ponto-a-ponto), os estados são armazenados nos dispositivos das pontas, com exceção das informações de roteamento. Esta característica ponta-a-ponta de armazenamento de mensagens e estado diverge totalmente da filosofia dos sistemas de comutação telefônica convencionais, onde os terminais são primitivos e a lógica e estados são armazenados na rede [24].

O SIP é provavelmente o protocolo mais bem sucedido na Internet por ter como base o protocolo http. Devido à sua estrutura ponto-a-ponto, torna possível a implementação de serviços que na Rede Pública (STFC) seriam muito difíceis de serem implementados.

O endereçamento dos dispositivos SIP segue o padrão SIP URI (*Uniform Resource Identifier*) de endereçamento, definido como: ***sip:nome@domínio***, de forma similar aos endereços de e-mail.

### **O MGCP**

O *Media Gateway Control Protocol (MGCP)* realiza a conversão dos sinais de áudio transportados nos circuitos de telefonia convencional, em pacotes de dados transportáveis via *Internet*.

Ao contrário do sistema convencional de telefonia, os telefones IP não estão atados a uma central de comutação específica, assim eles devem conter processadores que os permitam funcionar independente de uma central de comutação. Os MGCP eliminam a necessidade de dispositivos complexos de telefonia IP, simplificando e baixando os custos dos terminais.

### **O PROTOCOLO RTP E RTCP**

O protocolo *Real-Time Transport Protocol* (RTP) é o responsável pelo transporte ponto-a-ponto dos pacotes de voz, enquanto o *Real-Time Control Protocol* (RTCP) é o que monitora a qualidade de serviço e o estado dos participantes de uma comunicação. O controle é feito através do envio de pacotes de controle a todos os participantes da sessão.

O RTP provê os seguintes serviços[23]:

- Identificação da informação transportada (CODEC de vídeo e áudio)
- Checagem do ordenamento do envio de pacotes e reordenamento quando necessário.
- Transporte das informações do codificador/decodificador
- Monitoração da entrega das informações.

### **2.3 – Os Softphones**

---

Softphones são softwares que disponibilizados em computadores com acesso à Internet e com Multimídia, são capazes de estabelecer chamadas telefônicas VoIP. Em geral com uma interface que lembra um telefone, estes softwares possuem implementação de diversos protocolos de comunicação, como por exemplo H323 e SIP, bem como diversos CODECs de áudio – G711, G723 entre outros. Como em qualquer aplicação deste tipo, o CODEC escolhido, juntamente com a banda disponível na rede, define a qualidade do áudio na conversação.

A utilização de um softphone é uma opção interessante em empresas onde os funcionários trabalham diretamente no computador, já que este é necessário para a comunicação.

O inconveniente desta solução é, como dito anteriormente, a necessidade de se possuir um computador com sistema operacional compatível com a aplicação, além de hardware de multimídia, microfone, fones de ouvido e com tudo isso, o computador ligado.

As FIGURAS 2.2 a 2.5 mostram as interfaces de alguns dos softphones disponíveis no mercado:

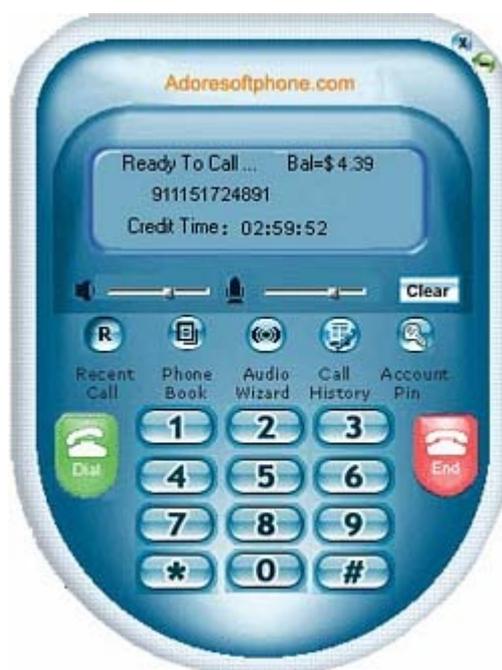


FIGURA 2.2 – INTERFACE DO ADORESOFTPHONE  
(ADORESOFTPHONE)



FIGURA 2.3 – INTERFACE DO PINGTEL SIP SOFTPHONE  
(PINGTEL)



FIGURA 2.4 – INTERFACE DO EYEBEAM (COUNTERPATH SOLUTIONS)



FIGURA 2.5 – INTERFACE DO DIGIPHONE (DÍGITRO TECNOLOGIA)

## 2.4 – Os Hardphones

---

Um *Hardphone* é um telefone que existe fisicamente e não depende diretamente de um computador, como o caso dos softphones. O *Hardphone* tem na maioria dos casos, formato bem semelhante ao de um telefone analógico, porém ao invés de ser conectado à rede pública (STFC) é conectado à Internet. Este tipo de equipamento tem implementado em seu hardware toda a parte de sinalização de chamada e tratamento do áudio, sendo assim um dispositivo autônomo. Em sua maioria, é disponibilizado para o usuário um display onde se podem visualizar os estados da chamada, controlar e configurar o telefone. Também pode ser disponibilizada uma interface de configuração, na maioria das vezes acessada via *Ethernet*. Os *Hardphones* podem ser levados em viagens e conectados geralmente a qualquer ponto conectado à *Internet*.

Alguns exemplos de *HardPhones* são mostrados nas FIGURAS 2.6 a 2.9.



FIGURA 2.6 - 4602 IP TELEPHONE  
(AVAYA)



FIGURA 2.7 - IP PHONE 7905G  
(CISCO SYSTEMS)



FIGURA 2.8 - 5220 IP PHONE  
(MITEL NETWORKS)



FIGURA 2.9 - IP PHONE 7940G  
(CISCO SYSTEMS)

## 2.5 – Os Adaptadores de Telefone Analógico (ATA)

---

Adaptadores de telefone analógico são equipamentos que possibilitam a conexão de telefones analógicos convencionais à rede IP. Os ATA tem como característica a presença de interfaces FXS com conector RJ11 para conexão de telefones analógicos e pelo menos um conector RJ45 para conexão à rede Ethernet. Sua função, em termos simples, é possibilitar que se utilize um aparelho telefônico convencional para fazer e receber chamadas VoIP. Muitos ATA possuem conexão do tipo FXO, permitindo assim conexão com PABX ou troncos do tipo analógico do Sistema de Telefonia Fixo Comutado (STFC).

Abaixo se encontram as FIGURAS de alguns modelos de ATA disponíveis no mercado.



FIGURA 2.10 - ADAPTADOR ATA HT486  
(GRANDSTREAM)



FIGURA 2.11 - ADAPTADOR ATA PAP2  
(LINKSYS)



FIGURA 2.12 - ATA E ROTEADOR RT31P2.  
(LINKSYS)



FIGURA 2.13 – ADAPTADOR ATA 186  
(CISCO SYSTEMS)

## 2.6 – O Equipamento Sob Ensaio

---

### 2.6.1 – A Dígito Tecnologia LTDA

A Dígito Tecnologia é uma empresa focada no desenvolvimento de produtos e soluções no setor de telecomunicações. Produzindo principalmente PABX, é líder

nacional no mercado de PABX com 129 a 512 portas, correspondendo a 25% do mercado nacional. Dentre as soluções da empresa, encontram-se maior destaque as seguintes soluções:

- PABX – baseados em tecnologia *Computer Telephony* (CT), apresentam grande flexibilidade e possibilitam a telefonia analógica e digital convencionais, além de telefonia IP.
- *Call Centers* – oferecendo a mais variada combinação de *features*, dentre elas Distribuição Automática de Chamadas (DAC), relatórios estatísticos administrativos, sistemas para *telemarketing* ativo entre outros.
- RAS – (*Remote Access Server*) para provedores de *Internet* (ISP - *internet Service Providers*).

### **2.6.2 – O ATA Dígitro**

Após verificar a ausência de equipamentos Adaptadores de Telefones Analógicos (ATA) nacionais, a Dígitro decidiu investir no desenvolvimento de uma família de adaptadores do tipo ATA, a fim de atingir a crescente porção do mercado que demanda por tais equipamentos. Já possuindo ampla experiência nos setores VoIP e telefonia convencional, a Dígitro foi capaz de unir as duas tecnologias num equipamento compacto, simples de usar e de baixo custo.



FIGURA 2.14 – O ADAPTADOR DE TELEFONES ANALÓGICOS (ATA) DÍGITRO

**A ESTRUTURA DO ATA DÍGITRO**

O ATA Dígitro foi desenvolvido para ter um conjunto de funcionalidades básicas, implementadas em todos os modelos de maneira comum e um conjunto configurável, para serem montadas de acordo com o modelo.

*Características Básicas:*

- Porta Ethernet padrão 10 Base-T
- Fonte de Alimentação com entrada AC 110-220V~ e saída DC 6V.
- 2 Portas FXS

*Características suplementares:*

- Portas adicionais de conexão tipo FXS
- Porta de conexão tipo FXO
- Porta adicional Ethernet padrão 10 Base-T
- Alimentação PoE

O nome do modelo do ATA é definido de acordo com as portas ETH, FXS e FXO que o mesmo contém. A capacidade física máxima do equipamento é de quatro portas analógicas de telecomunicações e duas de comunicação Ethernet. O sistema foi desenvolvido de maneira a possibilitar configurações com não mais de uma porta FXO e de duas a quatro portas FXS (esta ultima só é possível se não houver nenhuma porta FXO).

A nomenclatura dos modelos segue de acordo com o seguinte padrão:

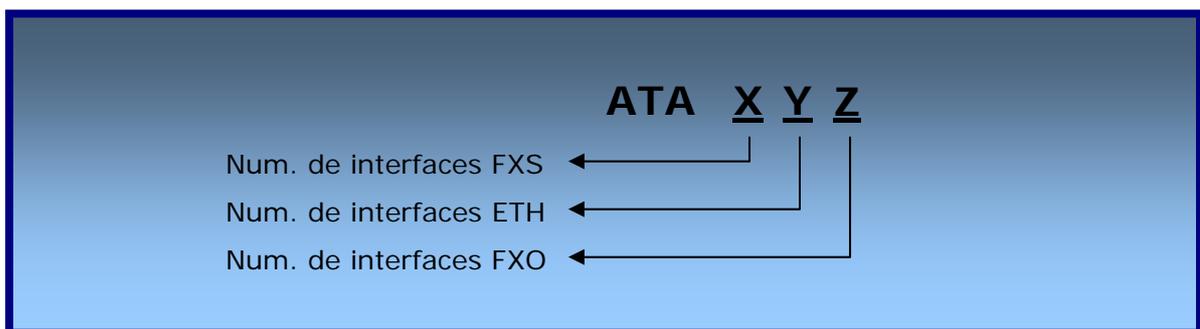


FIGURA 2.15 – NOMENCLATURA DO ATA

Para um equipamento com uma interface ETH, três FXS e uma FXO, o modelo é descrito como *ATA311*.

Assim, os modelos possíveis de serem montados são:

TABELA 2.2 – MODELOS DO ATA DE ACORDO COM AS INTERFACES

Modelo	Número de Interfaces		
	FXS	ETH	FXO
ATA 210	1	1	0
ATA 211	1	1	1
ATA 311	3	1	1
ATA 410	4	1	0

O detalhamento da funcionalidade de cada interface é descrito a seguir:

■ **Interface FXS:**

A interface FXS (*Foreign eXchange Station*) é uma interface telefonica que fornece alimentação e sinais de *RING*, tons de controle de chamada e as funcionalidades mais comuns de uma linha telefônica analógica. Nela pode-se conectar um telefone analógico convencional.

■ **Interface FXO:**

A interface FXO (*Foreign eXchange Office*) é uma interface que recebe a alimentação e o sinal de *RING*. É normalmente, conectada a uma linha analógica externa ou a uma interface FXS de um PABX. Seu funcionamento é similar ao de um aparelho telefônico analógico.

■ **Interface ETH:**

A interface ETH (*Ethernet*) é uma interface para conexões de rede padrão IEEE 802.3 10Base-T.

Neste trabalho, serão estudados os aspectos de Compatibilidade Eletromagnética num equipamento que possui uma interface Ethernet, quatro interfaces FXS e alimentação via fonte externa. O modelo escolhido então, foi o ATA410.

## APLICAÇÕES

O ATA Dígito pode ser utilizado em uma infinidade de aplicações. Dentre elas, destacam-se por serem mais comuns, as topologias abaixo:

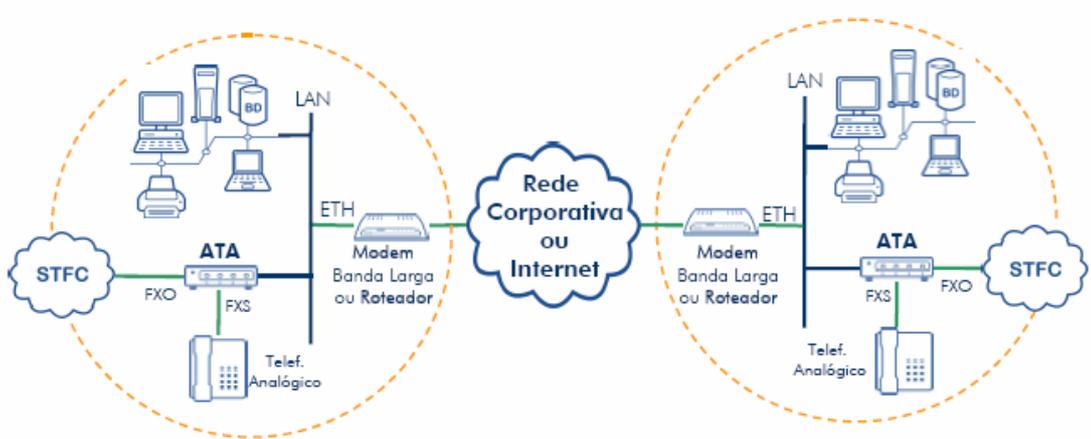


FIGURA 2.16 - UM ATA CONECTADO A OUTRO ATA

Neste exemplo, não existe um PABX central e são utilizados dois equipamentos ATA comunicando-se entre si, permitindo a comunicação remota entre os dispositivos conectados aos dois ATA.

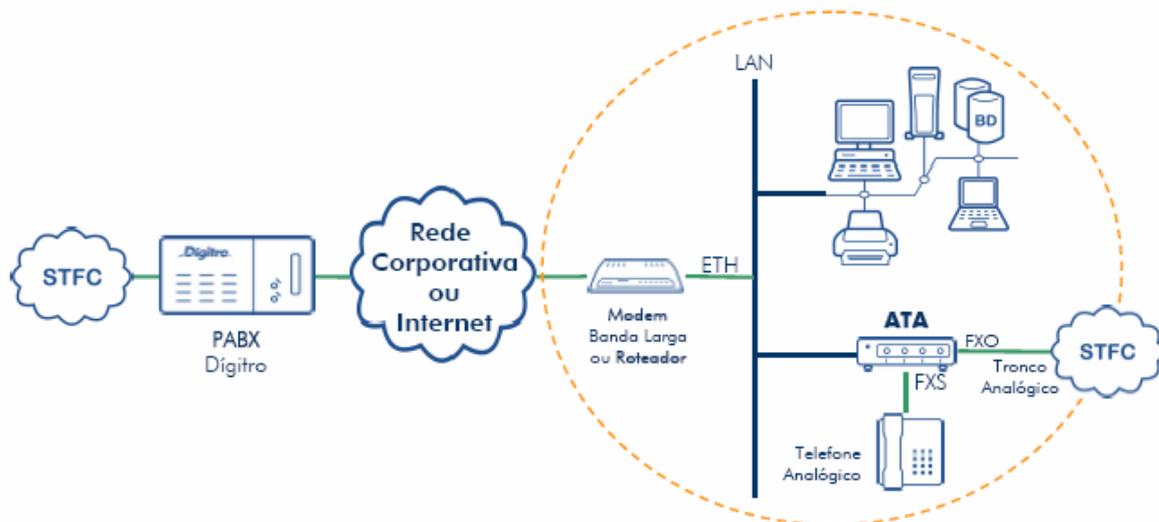


FIGURA 2.17 - ATA CONECTADO A UM PABX REMOTO

Neste exemplo, o ATA está sendo utilizado como um extensor de ramais de um PABX, o qual se encontra remotamente e acessível através de uma rede de dados tipo IP. Esta configuração permite que as interfaces FXS do ATA sejam mapeadas como ramais locais do PABX.

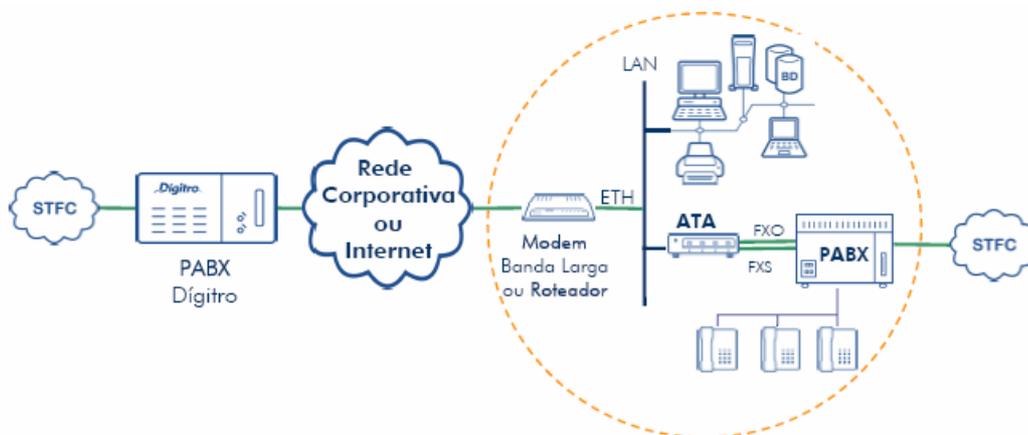


FIGURA 2.18 - ATA CONECTADO A UM PABX REMOTO COMO FRONT-END DE UM PABX LOCAL.

Neste exemplo o ATA está sendo utilizado como *front-end* de um PABX legado (de outro fabricante), permitindo a comunicação de um PABX com outro PABX, que não suporta rede VoIP, através da rede IP e tendo o ATA com uma espécie de Gateway VoIP.

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

As características técnicas do ATA Dígito, utilizado nos ensaios é conforme a tabela abaixo:

TABELA 2.3 – CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO ATA

<b>Tipo do Equipamento</b>	Adaptador de Telefone Analógico
<b>Modelo</b>	ATA 410
<b>Sistema Operacional</b>	LINUX®
<b>Interfaces ETHERNET</b>	RJ45 10/100 Base-T
<b>CODECs de Áudio</b>	G.711-A(PCMA) e G.723.1
<b>Suporte a Gerenciamento SNMP</b>	MIB II
<b>Qualidade de Serviço (QoS)</b>	Nível 2 (IEEE 802.1p/Q) e nível 3 (Diffserv)
<b>Memória FLASH</b>	4Mb
<b>CPU</b>	SDRAM 8Mb e processador de 47MHz
<b>Configuração</b>	WEB, URA
<b>Alimentação</b>	Externa - Vin: 110-220V~ ; Vout 6VDC ; 1.5W
<b>Condições Ambientais</b>	5° a 45°C
<b>Umidade</b>	10% a 90% sem condensação
<b>Dimensões</b>	Largura: 175mm Profundidade: 110mm Altura: 35mm

## **2.7 – Conclusões**

---

Tendo compreendido a função do equipamento que será ensaiado, suas características e a tecnologia envolvida em seu funcionamento, será iniciada a fase de análise preditiva, onde o ATA terá sua versão de protótipo analisada quanto aos aspectos de CEM. As ações corretivas serão propostas nos próximos capítulos.

## *Capítulo 3*

### *Análise Inicial do Sistema*

---

#### **3.1 - Introdução**

---

Após verificadas, no capítulo anterior, as características funcionais do ATA, foi dado início à análise da versão de seu protótipo, de acordo com os aspectos de CEM.

Inicialmente foi realizada uma pré-análise do Equipamento Sob Ensaio (ESE), a fim de se identificar os possíveis problemas de CEM na fase de pré-testes, minimizando o trabalho de reengenharia. Este tipo de análise torna-se fundamental para que se possa definir com antecedência, aspectos como a caixa do ATA, leiaute da placa de circuito impresso, algumas de suas proteções de linha, arranjo dos cabos e conectores, além de pontos acessíveis às descargas eletrostáticas. Neste momento, o leiaute da placa e a carcaça do ESE foram as partes que sofreram a maior quantidade de alterações, pois foram consideradas as partes mais críticas do sistema.

#### **3.2 – O Primeiro Leiaute da Placa de Circuito Impresso**

---

O ATA foi concebido inicialmente como projeto levando-se em consideração apenas os aspectos funcionais, tendo em vista que o principal objetivo naquele estágio seria o

bom funcionamento do projeto em termos de integração entre os componentes, execução dos softwares embarcados, correto funcionamento dos DSPs e demais componentes.

Assim, a primeira análise foi feita com a intenção de se iniciar o processo de colocação do produto em conformidade. Na seqüência são mostradas as fases deste processo.

### **3.2.1 – Análise Inicial – Emissão**

A análise visual das questões de emissão resultou em algumas modificações prévias, antecipando problemas que poderiam vir a ocorrer. Neste estágio, os aspectos de emissão radiada foram os que receberam maior ênfase, já que as emissões conduzidas dependem da fonte de alimentação utilizada, que por sua vez é uma fonte de terceiros e portanto não se tem controle ao nível de desenvolvimento.

Sempre que tivermos correntes elétricas variáveis em um condutor, corremos o risco de estarmos criando um sistema emissor de rádio frequências, que pode utilizar como antena emissora desde cabos de interconexão até trilhas e terminais longos de componentes soldados à placa. Com base nisto, foi feita a pesquisa e identificação dos pontos que se caracterizariam por serem fontes de RF em potencial e que poderiam causar problemas no futuro. Os itens analisados são apresentados a seguir.

#### **AS FONTES DE RADIO FREQUÊNCIA NA PLACA**

A verificação da emissão na placa protótipo foi realizada em três fases:

- 1ª - identificação dos focos geradores de RF
- 2ª - identificação das trilhas causadoras do acoplamento do sinal
- 3ª - identificação das antenas

Esta seqüência mostra desde a geração da RF até seu desprendimento do condutor, na forma radiada.

Realizando-se a análise visual da placa, verificou-se a presença de dois osciladores utilizados na geração dos sinais de relógio para os Processadores Digitais de Sinal (DSP) da placa, conforme FIGURA 3.1. O Oscilador 1 de 24,576MHz é responsável pela geração do sinal de relógio para a *ETHERNET* com características 10/100 base T. O outro oscilador presente na placa é o de 25MHz, que alimenta com sincronismo de relógio os DSPs de CODECs e o processador.



FIGURA 3.1 – OSCILADORES DE 25MHZ E 24,576MHZ MONTADOS NO PCB DO ATA

As Normas de emissão radiada utilizadas neste trabalho foram a *CISPR22* e a *FCC Part 15*, de modo a cobrir os requisitos de emissão dos países mencionados no Capítulo 2. Tais Normas definem que as medições de emissão devem se iniciar na frequência 30MHz e se estender a 1GHz, fato este que faz com que o primeiro harmônico das frequências geradas pelos osciladores da FIGURA 3.1, que deve estar na faixa de 45MHz a 55MHz, esteja na faixa de frequência a ser medida, tornando-os assim facilmente identificáveis como problema.

O projeto da *PCB* inicial foi uma placa multicamadas, com 4 camadas que misturavam sinal e alimentação, além de não conter nenhuma camada com plano de referência. A estrutura da placa ficou conforme mostrado na FIGURA 3.2.

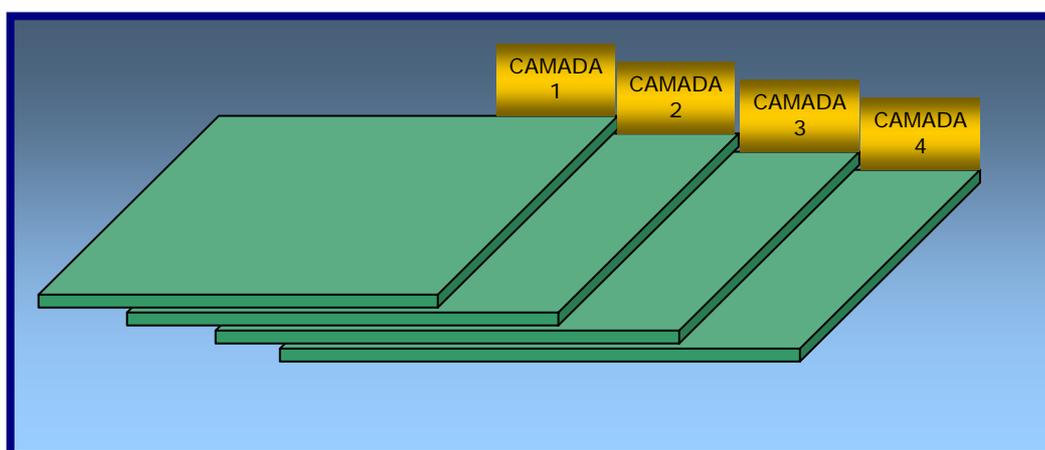


FIGURA 3.2 – VERSÃO COM 4 CAMADAS DA PLACA DO ATA

As camadas mostradas na FIGURA 3.2 eram compostas da seguinte maneira:

■ **Camada 1 –**

Camada externa na qual os componentes foram montados. Nela havia trilhas com sinal, trilhas de alimentação e pequenos planos de referência. Nenhuma

das trilhas observadas possuía um sistema de referência para que as ondas de RF se acoplassem e fizessem o retorno, o que de antemão pôde-se prever que maximizaria as emissões. Uma longa e larga trilha era responsável pelo fornecimento de alimentação em 6V aos circuitos de telefonia. Esta trilha, além de estar conectada diretamente ao conector de energia sem qualquer proteção ou filtragem, já que está conectada a um circuito analógico capaz de gerar ruído, é muito longa tendo em sua extensão total cerca de 11cm. A FIGURA 3.3 indica a trilha, desde sua origem no conector de alimentação à esquerda até seu final, na extremidade direita da placa.

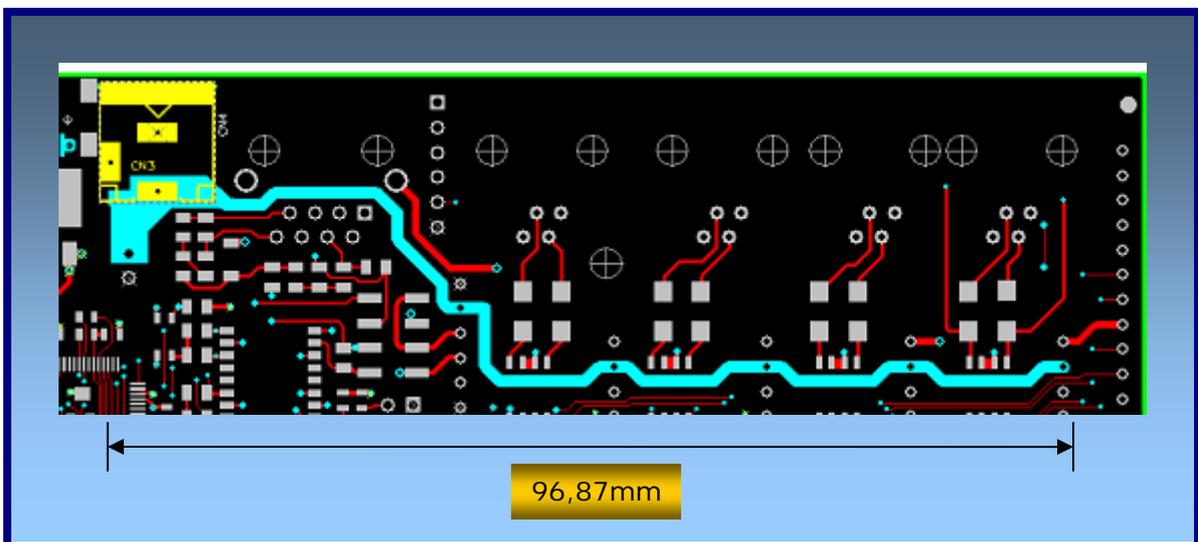


FIGURA 3.3 – PARTE DA PLACA<sup>1</sup> DE CIRCUITO IMPRESSO DO ATA, MOSTRANDO UMA TRILHA LONGA.

#### ■ Camada 2 –

Nesta camada, predomina um plano de alimentação DC de 3,3 Volts, que alimenta a maioria dos componentes ativos da placa. Está presente neste plano uma pequena área com 1,8 Volts, necessários para alimentação do processador. Algumas trilhas de sinal estão presentes, porém não aparentaram serem problemáticas.

#### ■ Camada 3 -

A camada GND, tem um nome apropriado, pois é completamente formada por um plano de referência conectado ao 0V (zero volts) da fonte de alimentação.

<sup>1</sup> Por motivos de sigilo tecnológico, o fabricante solicitou que apenas algumas partes do leiaute da placa fossem mostradas.

#### ■ Camada 4 –

Composto basicamente pelas trilhas de 0V, sinal e Vcc. Possui trilhas longas de Vcc, como a destacada na FIGURA 3.4, que percorre a periferia da placa. Esta trilha tem aproximadamente 22cm de comprimento e tem formato de um meio laço, o que não é aconselhável pois a exposição de trilhas em laço à campos variáveis no tempo – que é o caso do ensaio de Imunidade a Radio Freqüência Radiada – é capaz de induzir correntes nas trilhas, podendo causar mau funcionamento no equipamento. Trilhas longas e em laço funcionam como antenas e devem ser evitadas.

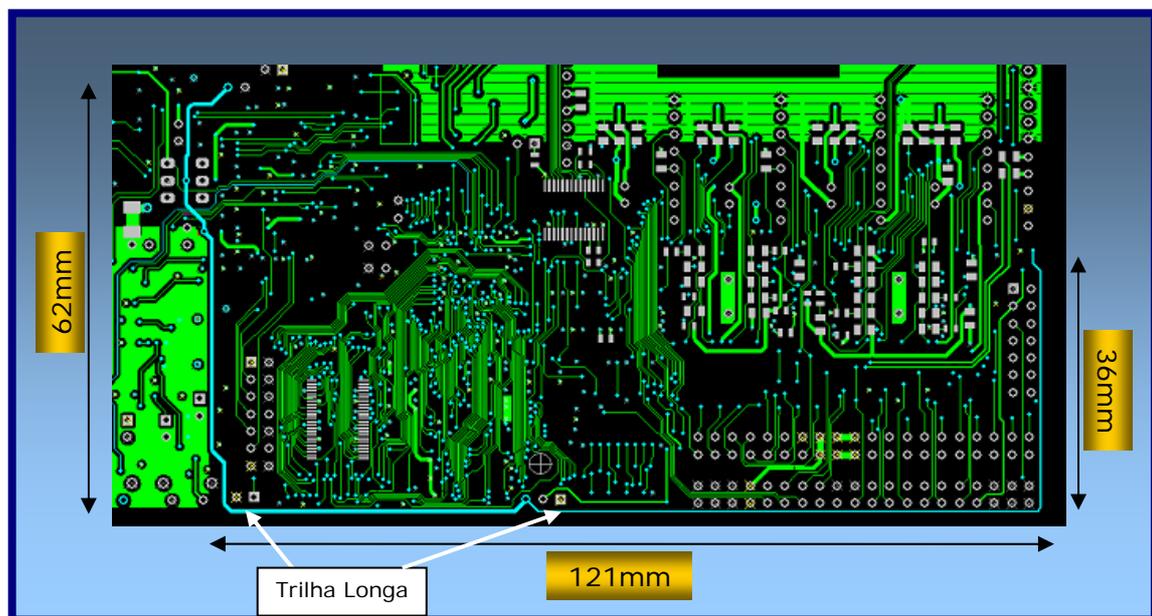


FIGURA 3.4 – DESTAQUE DA CAMADA INFERIOR DA PLACA DO ATA – TRILHA EXTENSA

### 3.2.2 – Análise Inicial – Imunidade

A análise da imunidade de um equipamento é geralmente bem ampla e depende das maneiras com as quais o equipamento faz interface com outros dispositivos e com a fonte de energia. Nesta análise, serão julgados os pontos de maior possibilidade de apresentar problemas durante os ensaios de conformidade.

#### A CAIXA DE ACOMODAÇÃO DO EQUIPAMENTO

Embora esta pareça uma questão de decisão simples, que pode ser tomada apenas por motivos estéticos e de preço de matéria prima, uma decisão errada pode trazer sérios riscos ao equipamento e a simples escolha de uma carcaça de material incorreto

pode causar até mesmo danos aos circuitos internos quando submetida aos ensaios ou até mesmo aos fenômenos naturais simulados pelos ensaios.

Neste ponto, foram sugeridos dois tipos de carcaça para acomodar o ATA. Um deles é de material metálico – uma liga de ferro – seguindo o mesmo padrão utilizado em outros equipamentos Dígitro, cujas carcaças são metálicas. O outro é de um material plástico – polímero – no qual a Dígitro nunca havia tido experiência. Para cada caixa foram levantadas as questões positivas e negativas, e a partir daí tomada a decisão de qual delas deveria ser usada no ATA.

#### ■ A Caixa Metálica –

A caixa metálica foi produzida nos mesmos moldes das carcaças já produzidas pela Dígitro para os outros equipamentos. Ela teve um projeto simples, em forma de paralelepípedo, já que as folhas de metal dobradas não permitem muita variação no formato. O metal foi pintado com uma tinta antichamas que proporciona isolamento básico[32]. A placa de circuito impresso ficou bem acomodada dentro da caixa, formando um sistema robusto. A FIGURA 3.5 mostra a caixa metálica do ATA.



FIGURA 3.5 – CAIXA METÁLICA DO ATA

Fazendo uma análise dos aspectos de CEM, a utilização da carcaça de material metálico traria os seguintes pontos positivos:

- 1 – Blindagem efetiva contra campos elétricos e magnéticos, tanto nas questões de emissão quanto nas de imunidade radiada, já que o metal é uma liga de ferro cujo desempenho na blindagem é eficiente. Embora a emissão e a imunidade radiada sejam apenas dois itens dentre os vários itens analisados, são de solução complexa e muitas vezes a

remodelagem completa do sistema tem que ser feita a fim de resolver problemas de emissão e de imunidade radiadas.

Já os pontos negativos seriam:

1 – A obrigatoriedade de se realizar os ensaios de Descarga Eletrostática por contato direto na carcaça do equipamento. Estas descargas criariam campos muito intensos na carcaça, a qual não tem ponto de aterramento de proteção, podendo induzir correntes de alto valor nos circuitos causando falhas tais como reinício dos DSP e danos aos componentes sensíveis.

2 – A necessidade de se avaliar a corrente de fuga, que embora não seja um dos aspectos de CEM, é de grande importância na questão da segurança elétrica dos equipamentos.

3 – A necessidade de se avaliar a colocação de aterramento, já que a solução atual não contempla um sistema de aterramento para o equipamento.

#### ■ **A Caixa Plástica –**

Como a Dígítro nunca havia utilizado caixas plásticas em seus equipamentos, este projeto possibilitou iniciar um caminho que poderá ser adotado posteriormente em outros equipamentos. Sendo feita de plástico injetável, a carcaça pôde ter seu projeto mais elaborado que o da metálica, proporcionando melhor apelo comercial. A placa de circuito impresso ficou bem acomodada na caixa, porém o equipamento perdeu a robustez – ficou mais leve e delgado. A FIGURA 3.6 mostra a caixa plástica.



FIGURA 3.6 – CAIXA PLÁSTICA DO ATA

Os pontos positivos na utilização desta carcaça, com relação a CEM são:

- 1 – Não requer ensaios de Descarga Eletrostática por contato direto – fato importante uma vez que o equipamento não tem aterramento de proteção.

Dentre os pontos negativos, destaca-se:

- 1 – Ineficiência na blindagem eletromagnética, que pode ser verificada nos ensaios de imunidade e de emissão radiadas.

As qualidades e defeitos de cada tipo de carcaça foram avaliados e foram produzidas algumas unidades da caixa em plástico e algumas em material metálico.

A decisão final seria feita com base nos custos de produção e nos ensaios realizados na fase de pré-teste. A preferência seria para a carcaça plástica, porém se a placa mãe apresentasse baixa imunidade radiada ou alta emissão radiada, que não pudesse ser corrigida em nível de placa, a carcaça metálica seria considerada.

#### **AS INTERFACES – PROTETORES**

As interfaces de telefonia presentes no ATA, de acordo com a Anatel[21], são passíveis dos ensaios de imunidade e dentre eles um ensaio se destaca por sua severidade – o ensaio de Imunidade a Surtos, normalizado através da Norma IEC61000-4-5[16].

Para evitar que com a aplicação dos surtos as interfaces de telefonia viessem a se danificar, foi proposta a inclusão em cada linha das interfaces, de um supressor de surto. Esta técnica vem sendo empregada nos demais produtos Dígitro e tem dado resultado satisfatório na proteção de surtos de até 4kV.

#### **O PLANO DE REFERÊNCIA**

Na placa de circuito impresso, tanto a parte digital quanto a parte analógica estavam utilizando o mesmo plano de referência. O problema na utilização de um só plano de referência para todos os tipos de circuitos é que um ruído inserido nos circuitos analógicos, que não afetam o funcionamento destes circuitos por serem mais robustos, pode causar problemas nos circuitos digitais mais sensíveis. Um exemplo disto é o ensaio de imunidade a RF conduzida, onde é inserido sinal de alta frequência em modo comum nas interfaces analógicas. Este tipo de sinal pode se acoplar via plano de referência aos circuitos digitais mais sensíveis, como o processador, podendo causar seu mau funcionamento.

### **3.3 – Levantamento das Alterações Iniciais**

---

A primeira versão do produto necessitaria então de algumas alterações, que seriam feitas de acordo com os resultados dos pré-testes. Com base nas análises realizadas, foram então propostas as alterações que devem ser efetuadas em algumas das partes críticas do equipamento.

#### ***3.3.1 – A Placa de Circuito Impresso***

Foi verificado no item 3.2.1 algumas questões no que diz respeito ao leiaute da placa, que possuía trilhas longas atravessando a placa muitas vezes em formato de laço. No item 3.2.2 foram analisados aspectos dos planos de referência da placa de circuito impresso. Outras alterações, tais como o rearranjo de alguns componentes, a separação das referências analógicas e digitais e também a organização das camadas da placa foram levados em conta em sua reestruturação.

#### ***3.3.2 – Os Conectores***

Durante a análise inicial, a questão da utilização de conectores blindados para as interfaces de telefonia foi levantada. Os conectores utilizados são do tipo RJ-11 e sua blindagem ofereceria proteção adicional contra rádio frequência, porém implicaria no rigoroso teste de Descargas Eletrostáticas, já que a parte metálica da blindagem dos conectores ficaria exposta. Caso conectores blindados fossem utilizados, a blindagem dos conectores teria que dar escoamento à perturbação através de um plano de aterramento de proteção na placa de circuito impresso, para que as correntes geradas escoassem pelo caminho mais curto e de maneira eficaz, sem causar acoplamentos indesejados. Havendo a possibilidade de se utilizar conectores blindados, foi então elaborado plano sob os conectores, conectado ao 0V da fonte de alimentação.

#### ***3.3.3 – A Alimentação***

A alimentação do ATA é feita via fonte externa. Como a Dígito não desenvolve fontes de alimentação, foram adquiridas algumas amostras para que se pudesse realizar os ensaios e verificar quais fontes estariam conformes com os requisitos de compatibilidade eletromagnética. Para não expor os nomes de alguns fabricantes, foram utilizados nesta Dissertação de Mestrado, nomes fictícios para dois dos fabricantes. A **CEBRA Conversores Estáticos Brasileiros LTDA.**, autorizou conforme Anexo C, o uso de seu nome neste trabalho.

As fontes adquiridas para os testes foram:

TABELA 3.1 – FONTES DE ALIMENTAÇÃO USADAS NOS ENSAIOS DO ATA

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>V<sub>in</sub></b>	<b>V<sub>out</sub></b>	<b>I<sub>out</sub></b>
AAA Eletrônica	SPL110F06-A/00	93-260V~	6V <sub>CC</sub>	1.0A
BBB Eletrônica	FCP6-0,7	85-264V~	6V <sub>CC</sub>	0.7A
CEBRA	-	93-260V~	6V <sub>CC</sub>	1.5A

### 3.4 – Conclusões

---

Neste capítulo foi realizada a análise inicial do sistema em sua fase de protótipo. Nesta análise foi possível identificar alguns dos pontos que representariam problemas nos ensaios de compatibilidade eletromagnética. Foram propostas ações corretivas em alguns itens do projeto e traçadas opções de carcaça e fonte de alimentação.

No próximo capítulo, serão verificados os ensaios de emissão de RF radiada e conduzida realizados no ATA, tanto em sua versão de protótipo quanto em sua versão final.

## Capítulo 4

### *Medições de Emissão*

---

#### **4.1 - Introdução**

---

No capítulo anterior, foi feita a análise do ESE, a qual resultou em propostas de alterações que visam a melhoria de seus aspectos de compatibilidade eletromagnética, baseando-se no protótipo do ATA. Serão mostradas agora as particularidades dos ensaios de emissão, bem como as medições das emissões do ESE em sua fase de protótipo e após as alterações sugeridas.

Um equipamento operando em seu ambiente não deve emitir perturbações eletromagnéticas, sejam elas na forma radiada ou na forma conduzida, acima de valores limites determinados pelas Normas correspondentes como sendo níveis aceitáveis de emissão. Entende-se que estes limites são seguros e que um equipamento dentro dos limites especificados não oferece ameaça de interferência ou dano aos dispositivos que operam nas proximidades ou conectados ao equipamento em questão. Os ensaios de medição das emissões de um equipamento foram desenvolvidos de modo a cobrir a faixa de 150kHz a 1GHz. As medições na faixa de 150kHz a 30MHz são realizadas considerando-se que nesta faixa o ruído predomina sob a forma conduzida, confinada aos cabos do equipamento. Já as medições na faixa

de 30MHz a 1GHz são realizadas considerando-se que o ruído em sua maior parte está na forma radiada. A FIGURA 4.1 mostra a divisão da emissão de rádio freqüência em duas subclasses: radiada e conduzida. Já a FIGURA 4.2 mostra o diagrama de emissão entre 150kHz e 1GHz, para emissões radiadas e conduzidas.

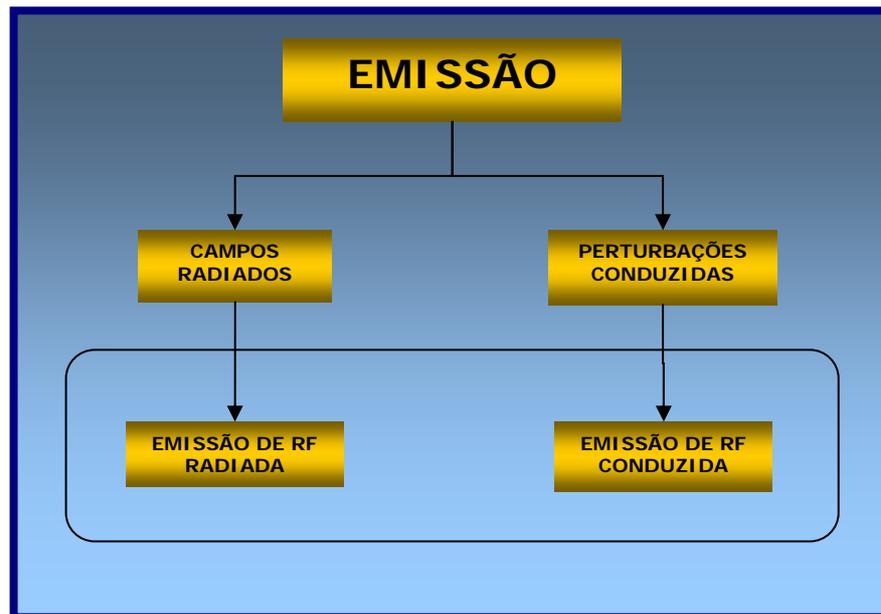


FIGURA 4.1 – DIVISÃO DA EMISSÃO DE RF NAS CLASSES RADIADA E CONDUZIDA

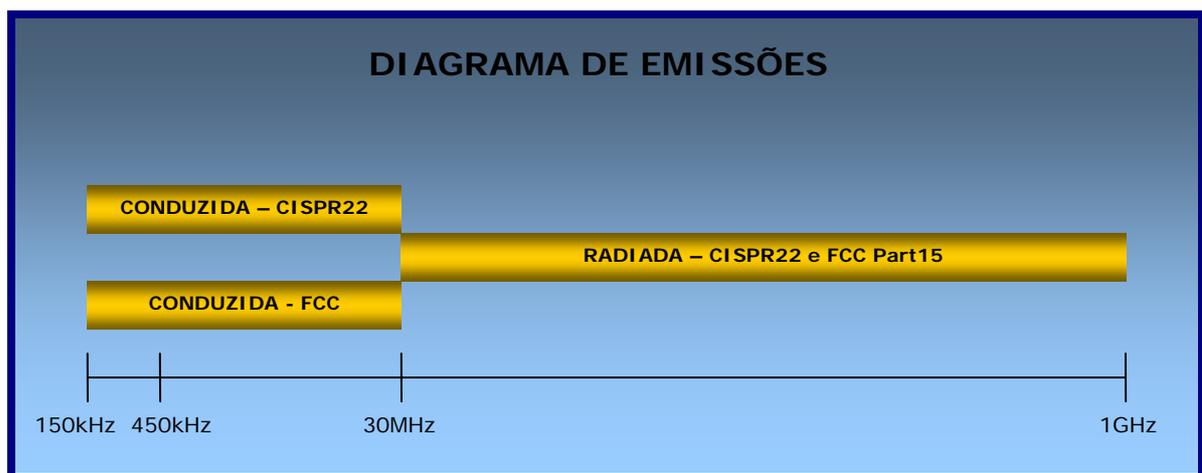


FIGURA 4.2 – DIAGRAMA DE EMISSÕES DISTRIBUÍDOS ENTRE 150kHz E 1GHz

Para que se possam verificar os níveis de emissão do ESE, certos procedimentos de ensaio devem ser adotados e seguidos com o mais alto rigor para que se obtenham leituras coerentes e confiáveis.

Os critérios de emissão utilizados neste trabalho serão os definidos pelas Normas:

- **CISPR 22/EN55022:** Europa, Brasil, Austrália
- **FCC Part 15 SubPart B:** Estados Unidos

#### 4.2 – As Medições de Emissão Radiada – (CISPR22 / FCC Part 15)

---

A medição das ondas radiadas por um equipamento deveria ser feita, em tese, em um local denominado *Open Area Test Site (OATS)*, que é um local em campo aberto onde se supõe que as únicas reflexões de onda possíveis são as provenientes do solo. Na FIGURA 4.3[33] é mostrada um exemplo de OATS.



FIGURA 4.3 – EXEMPLO DE OATS

Devido à dificuldade de se encontrar um local livre de ruídos ambientes para se efetuar os ensaios em OATS, opta-se por utilizar câmaras semi-aneecóicas, dotadas de absorvedores de ondas nas paredes e no teto. Células Gigahertz Transverso Eletro Magnéticas (GTEM) também podem ser utilizadas para as medições. As FIGURAS[42] 4.4 e 4.5 mostram uma câmara semi-aneecóica e uma célula GTEM, respectivamente. Os ensaios para medição das emissões radiadas deste trabalho foram realizados em uma célula GTEM ETS-Lindgren do mesmo tipo da mostrada na FIGURA 4.5.



FIGURA 4.4 – UMA CÂMARA SEMI-ANECÓICA DA ETS-LINDGREN



FIGURA 4.5 – UMA CÉLULA GTEM DA ETS-LINDGREN

#### 4.2.1 – O Setup para as Medições

A configuração para medição do ruído radiado do ESE está definido na CISPR22 e deve ser montada em OATS da conforme FIGURA 4.6.

A distância de medição  $L$ , pode variar de 3, 10 e 30 metros dependendo da classe do ESE e da norma em questão.

A CISPR22[11] define as dimensões mínimas em forma de elipse, onde não pode haver nenhum objeto metálico que possa refletir as ondas. As dimensões são mostradas na FIGURA 4.7.

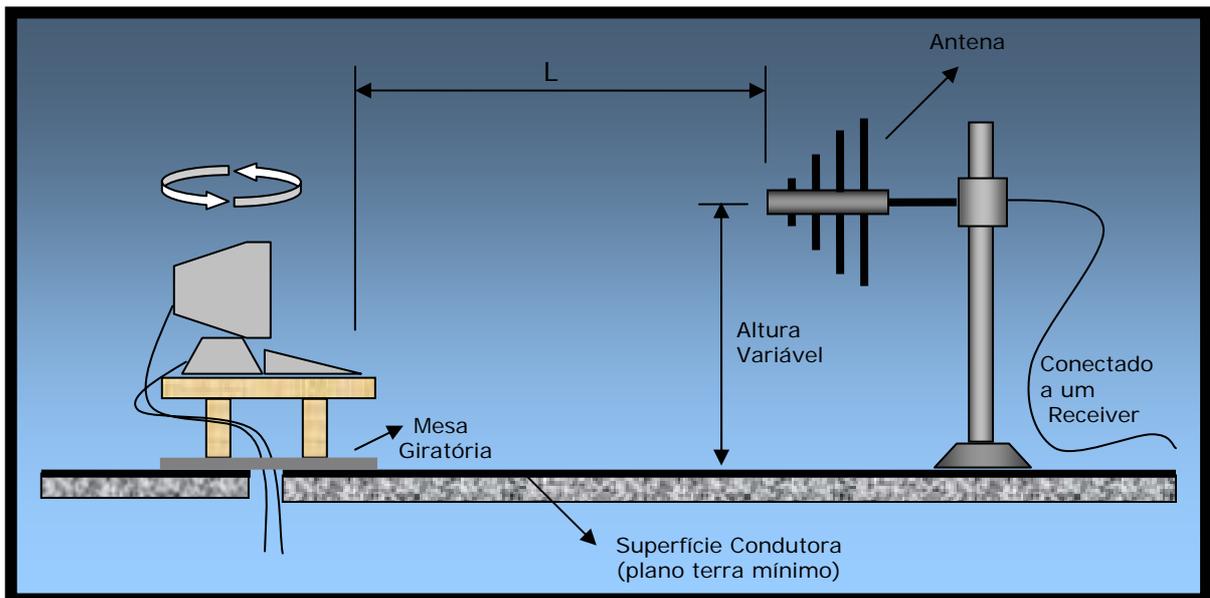


FIGURA 4.6 – MONTAGEM PARA O ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA – VISTA LATERAL

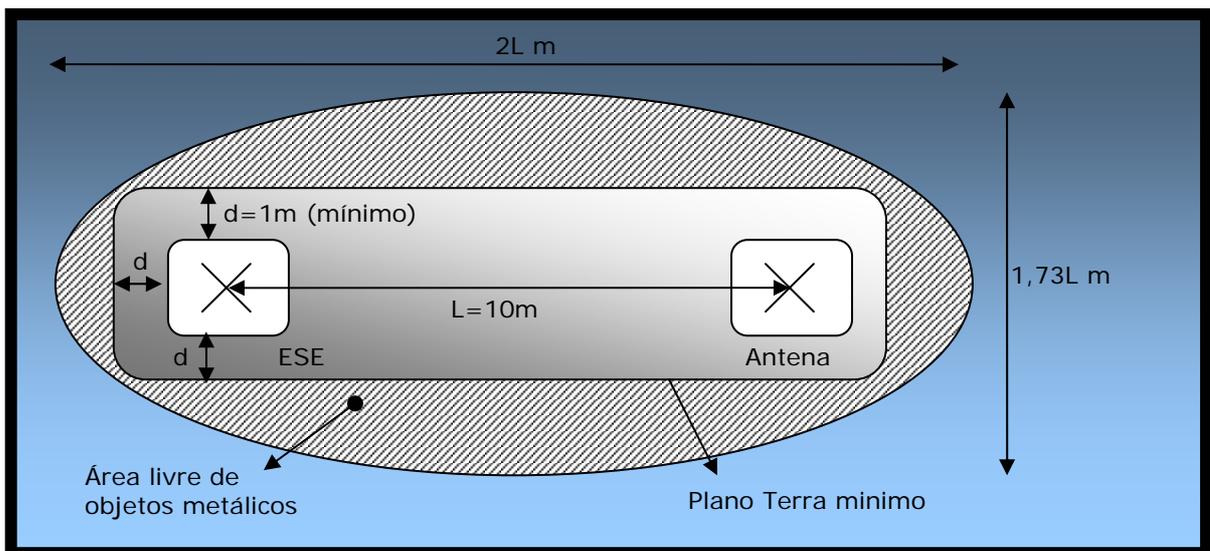


FIGURA 4.7 – MONTAGEM PARA ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA – VISTA SUPERIOR

No caso da FCC, para equipamentos classe B, a distância de medição é de 3m e para equipamentos classe A, é de 10m, enquanto a CISPR22 define a distância de medição como 10m e 30m para equipamentos classe B e classe A, respectivamente.

#### 4.2.2 – Os Limites de Medição Definidos pelas Normas

A emissão dos equipamentos de Tecnologia da Informação (TI) é normalizada através da FCC Part 15[19] e da CISPR22. Abaixo, são mostrados os limites de emissão de cada uma das normas, para equipamentos Classes A e B.

Os limites de emissão radiada impostos pela CISPR22 são ligeiramente diferentes dos impostos pela FCC Part 15. O ATA, para questões de emissão, é considerado da seguinte maneira:

- CISPR 22 – Classe B
- FCC Part15 – Unintentional Radiators – Classe B

Assim, como os limites de emissão são traçados de acordo com as classificações acima, temos os seguintes limites aplicáveis ao ESE:

TABELA 4.1 – LIMITES DE EMISSÃO RADIADA PARA EQUIPAMENTOS CLASSE B

Faixa de Frequência (MHz)	Limites Classe B a 10m (dB $\mu$ V/m)	
	FCC	CISPR 22
30-88	29.5	30
88-216	33	30
216-230	35.5	30
230-960	35.5	37
960-1000	43.5	37
Acima de 1000	43.5	—

A Anatel, através do Anexo da Resolução nº237 adota os mesmos limites da CISPR 22 para equipamentos Classe B.

A TABELA 4.1 mostra os limites para emissão referenciados em 10 metros. A FCC define que os ensaios de emissão radiada para equipamentos Classe B devem ser executados a 3m e descreve os limites em  $\mu$ V/m. Para se obter os valores dos limites adotados pela FCC referenciados em 10m e em dB $\mu$ V/m, realizou-se a conversão[28] de acordo com a equação 4.1

$$\text{NovoLim} = 20 \log_{10}(\text{LimNorma}) + 20 \log_{10}(\text{distNorma} / \text{distNova}) \quad (4.1)$$

Onde,

**NovoLim** é o limite referente à nova distância em [dB $\mu$ V/m]

**LimNorma** é o limite definido por norma em [ $\mu$ V/m]

**distNorma** é a distância definida por norma em [m]

**distNova** é a distância para qual o novo limite será calculado em [m]

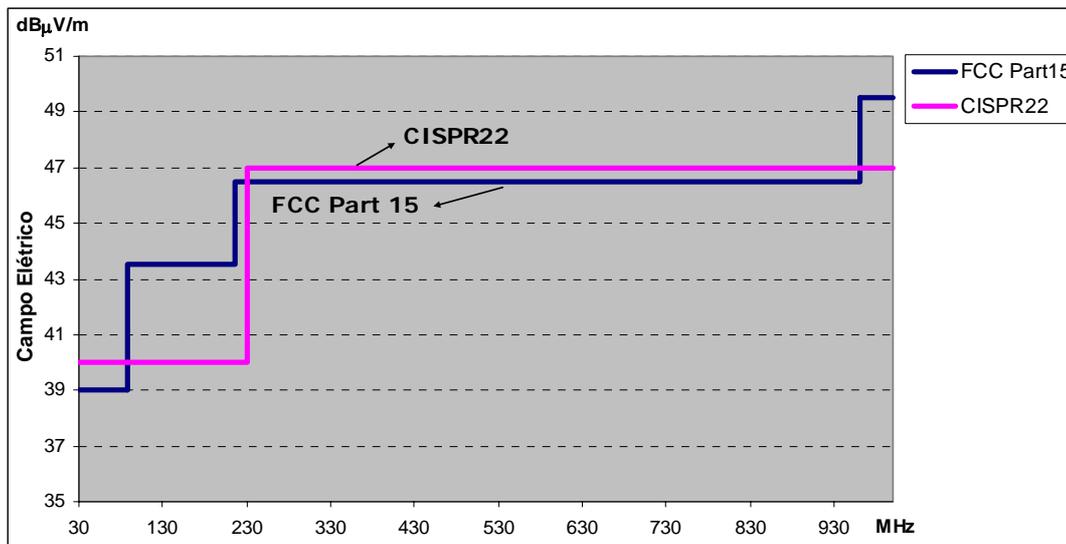


FIGURA 4.8 – COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES IMPOSTOS PELA FCC PART 15 E CISPR22 PARA EQUIPAMENTOS CLASSE A – VALORES RELACIONADOS A MEDIÇÕES EM 10M.

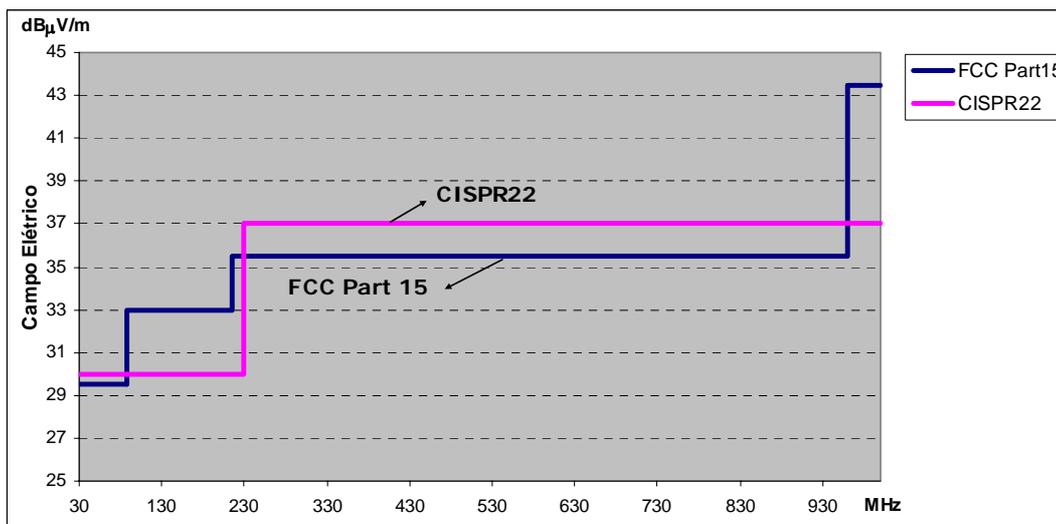


FIGURA 4.9 – COMPARAÇÃO ENTRE OS LIMITES IMPOSTOS PELA FCC PART 15 E CISPR22 PARA EQUIPAMENTOS CLASSE B – VALORES RELACIONADOS A MEDIÇÕES EM 10M.

As FIGURAS 4.8 e 4.9 mostram graficamente os limites de emissão, referenciados em 10m, da FCC Part15 e da CISPR22.

#### 4.2.3 – O Procedimento de Medição

Neste ensaio, as medições pertinentes são as relativas aos níveis de emissão do ESE, estando este operando em sua configuração normal, com carga típica. A distância de medição foi configurada para 10 metros.

Para se realizar o ensaio de emissão de RF radiada na célula GTEM, foram necessárias 3 varreduras em toda a faixa do espectro, alterando para cada varredura a posição do ESE nas direções *x*, *y* e *z*, conforme Figura A.1 do Anexo A. Isto é necessário para que o software de aquisição da célula GTEM possa fazer os devidos cálculos e ajustar as medições a OATS. O *Receiver* da Rohde&Schwarz[43] foi utilizado para realizar a aquisição e repassá-la ao software EMC32, também da Rohde&Schwarz. O processo é automático, e uma vez montado e iniciado corretamente, basta aguardar o software pedir a troca da posição do ESE na célula para que então possa continuar as medições. Após finalizadas as medições, foi disponibilizado através do EMC32 um relatório contendo as leituras.

#### 4.2.4 – Os Resultados das Medições #1 – Pré-Teste

##### PRIMEIRO ENSAIO:

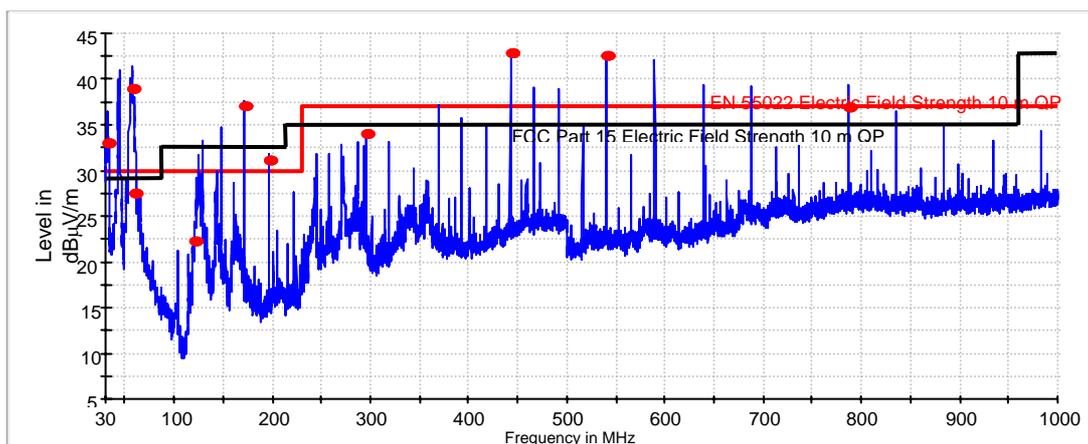


FIGURA 4.10 – MEDIÇÕES DE EMISSÃO RADIADA – RESULTADO OATS.

TABELA 4.2 – NÍVEIS QUE ULTRAPASSARAM OS LIMITES DA CISPR

Frequência (MHZ)	Nível Emissão (dBmV/m)	Limite CISPR (dBmV/m)	Margem (dB)
32.0	33.1	30.0	-3.1
56.0	39.1	30.0	-9.1
172.0	37.1	30.0	-7.1
196.6	31.1	30.0	-1.1
442.4	42.9	37.0	-5.9
540.7	42.6	37.0	-5.6
786.4	37.0	37.0	-93.8E-3

#### 4.2.5 – Discussão dos Resultados e Propostas de Alterações #1

De acordo com a FIGURA 4.10, vemos que os níveis de emissão do protótipo ultrapassam os limites tanto da FCC Part15 quanto da CISPR22 em vários pontos, chegando a estar 7.1dB $\mu$ V/m acima do limite da CISPR22, em 172MHz.

Podemos notar através da TABELA 4.2 de dados que os picos mais significativos são harmônicos de 24.6MHz, frequência que coincide com a frequência dos osciladores mencionados no Capítulo 3. Com base nestes dados, tiramos a seguinte conclusão: *os harmônicos de alta frequência dos osciladores estão encontrando antenas que os possibilitam serem radiados.*

Para solucionar este problema, a primeira alteração será com relação ao leiaute. Serão reorganizados os planos, separando de maneira mais controlada os diversos tipos de sinais envolvidos. Pode haver a necessidade de mais alterações na placa de circuito impresso com o decorrer dos testes. Caso as alterações na placa não resultem positivamente, será considerada a possibilidade de blindagem.

A alteração proposta para o leiaute foi:

- Diminuir as trilhas em laço
- Separar planos com sinal e com alimentação
- Criar um plano de referência exclusivo numa camada
- Separar referências de circuitos analógicos de digitais
- Criar um plano de terra de proteção para descargas eletrostáticas

As camadas da placa foram organizadas conforme FIGURA 4.11

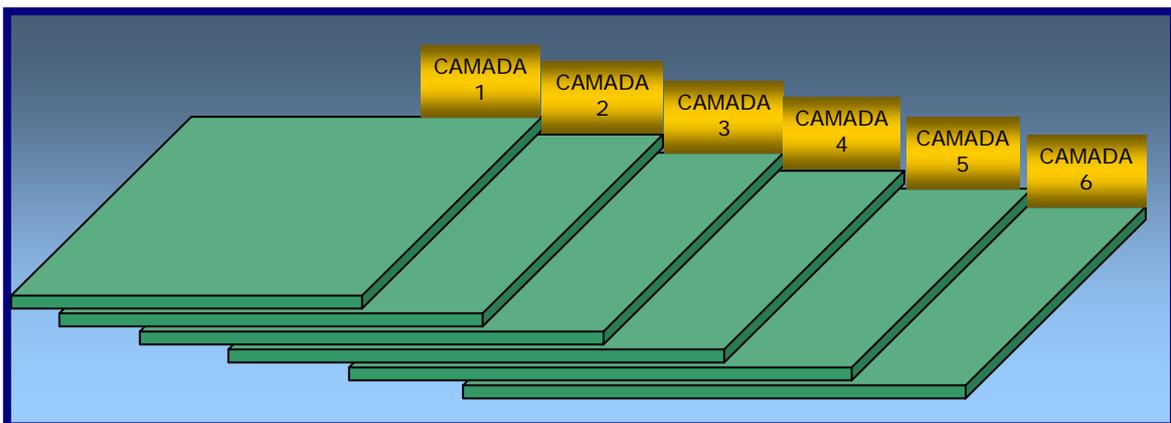


FIGURA 4.11 – SEQUÊNCIA DE CAMADAS DA NOVA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

As camadas foram organizadas de tal forma que os planos de referência, que estão agora separados, coincidam nas camadas interiores, isto é, os planos de mesma função devem estar alinhados nas camadas interiores. As FIGURAS 4.12a e 4.12b mostram que, embora em camadas opostas, o traçado das referências continua o mesmo.

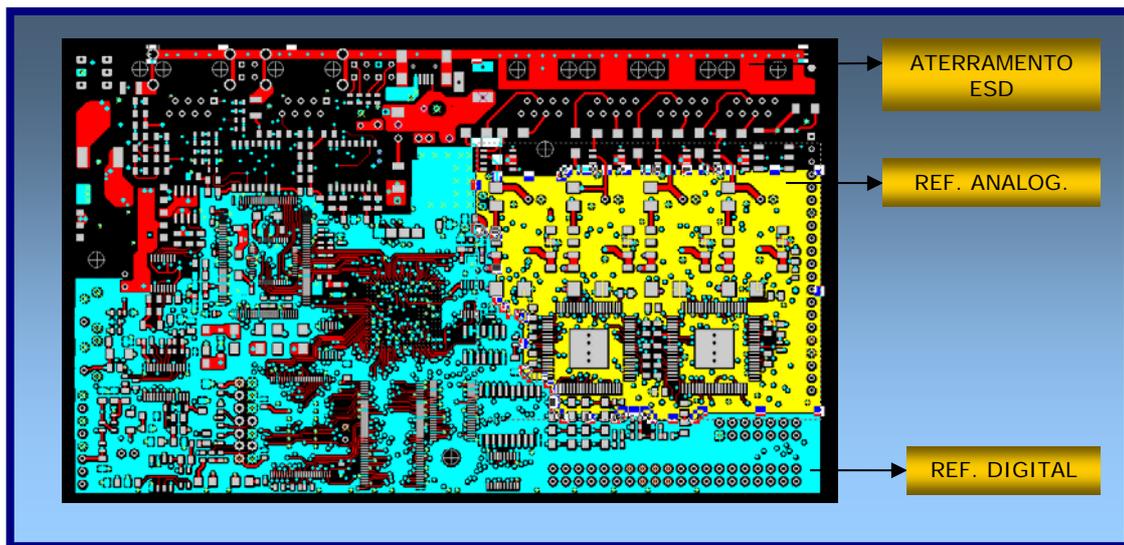


FIGURA 4.12A – CAMADA 1 COM TRAÇADO DAS REFERÊNCIAS

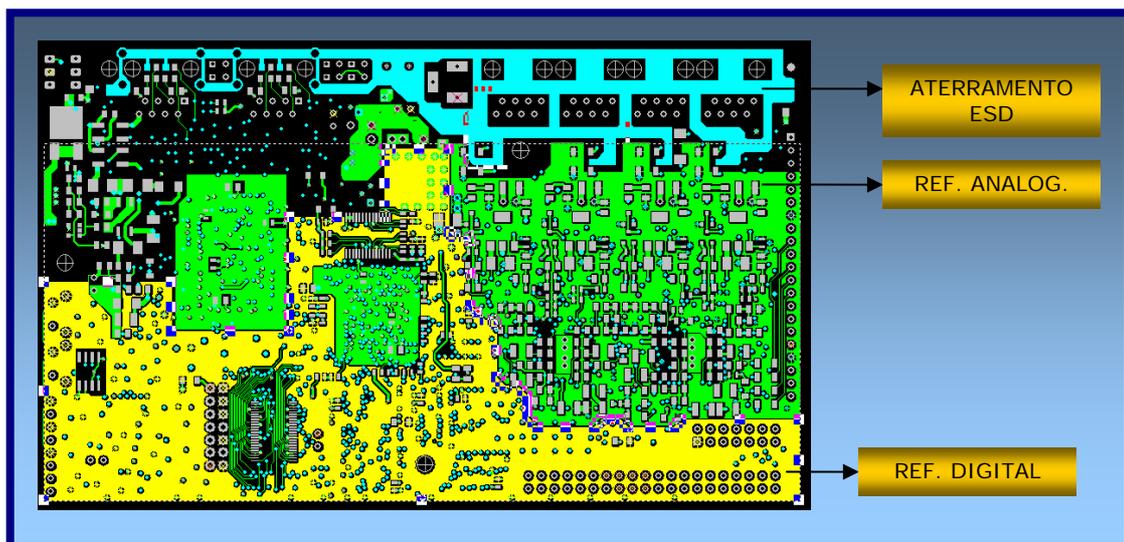


FIGURA 4.12B – CAMADA 6 COM TRAÇADO DAS REFERÊNCIAS

O conteúdo das camadas foram divididos da seguinte maneira:

**■ CAMADA 1 –**

Foram criados 3 planos de referência que se unem através de FERRITES e com um ponto em comum no 0V da fonte de alimentação. Um dos planos é o de aterramento para descargas eletrostáticas, que fica em contato com os conectores das portas de telecomunicações, se estes forem blindados, proporcionando um caminho para a perturbação e dificultando o acoplamento das perturbações geradas pelo ESD às outras trilhas do circuito. Outro plano é o da referência analógica onde estão conectados os circuitos de telefonia. A terceira referência é a digital onde estão conectados os demais circuitos digitais do sistema.

**■ CAMADA 2 E 3 –**

Contém além das trilhas de sinais dos componentes, planos de referência espelhados nos planos traçados na camada 1.

**■ CAMADA 4 –**

É a camada puramente de referência, onde os planos são separados conforme a camada 1.

**■ CAMADA 5 –**

É a camada que possui a alimentação em 3,3V do sistema.

**■ CAMADA 6 –**

Esta é a última camada, ficando em lado oposto à camada 1. Contém planos de referência, alimentação 1,8V e algumas trilhas e espaço para montagem de componentes.

Finalizadas as alterações em nível de leiaute, deram-se início às novas medições.

**4.2.6 – Os Resultados das Medições #2****SEGUNDO ENSAIO:**

Após as alterações realizadas no leiaute da placa do ATA obteve-se o resultado demonstrado na FIGURA 4.13:

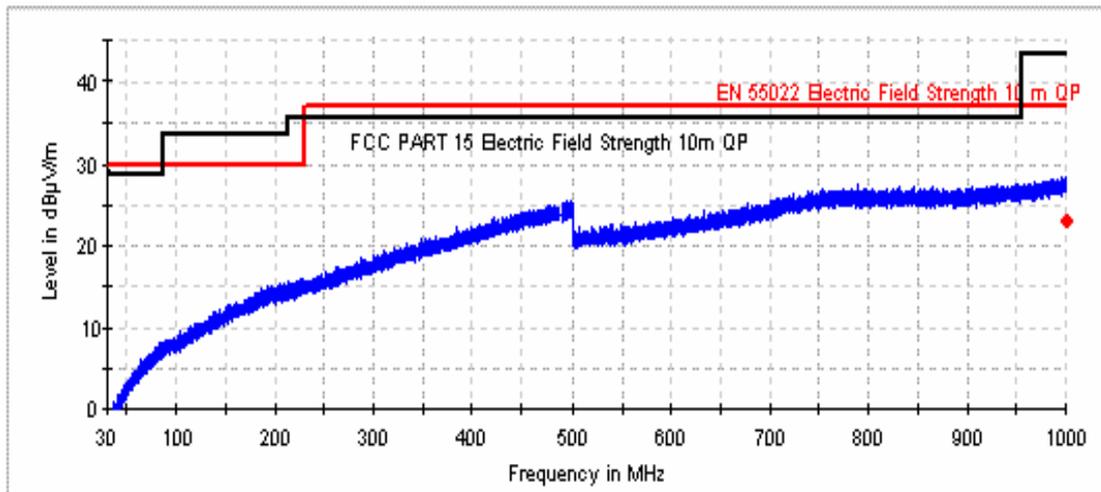


FIGURA 4.13 – MEDIÇÕES DE EMISSÃO RADIADA – RESULTADO OATS.

#### 4.2.7 – Discussão dos Resultados e Propostas de Alteração #2

A alteração na placa, bem como a estruturação das trilhas de sinal e alimentação se mostraram efetivas na solução de problemas de emissão radiada. As emissões que ocorriam nas frequências dos osciladores presentes na placa não mais se manifestam da maneira que o faziam antes das alterações.

O principal responsável pela redução nos níveis de emissão foi o leiaute da placa, que foi planejado de maneira a se ter um plano terra na camada adjacente à camada de sinal para que deste modo pudesse se formar um caminho de retorno dos sinais de alta frequência. Outra alteração significativa foi que o 0V (zero Volts) dos circuitos analógicos foi separado do zero Volts dos circuitos digitais, sendo unidos apenas no ponto de conexão com a fonte de alimentação. Isto evita que perturbações presentes, por exemplo na parte analógica, se acople e manifeste na parte digital. Este tipo de problema é tipicamente visto em ensaios de Imunidade a RF conduzido e também à transientes elétricos rápidos.

#### 4.3 - As Medições de Emissão Conduzida - (CISPR22 / FCC Part 15)

---

Os ensaios de emissão conduzida são feitos para se cobrir a faixa de frequência não coberta pelos ensaios de emissão radiada. O objetivo deste ensaio é garantir que o ESE não gere ruídos conduzidos, por seus cabos de energia e telecomunicações, acima de determinado nível considerado pelas normas como limite. No caso particular do

ESE em questão, serão ensaiados apenas os terminais de energia, pois de acordo com a Anatel[21], apenas os terminais de telecomunicações que se conectam à rede pública de telefonia devem ser ensaiados. O modelo de ATA objeto das medições neste trabalho possui apenas terminais de telecomunicações internos, que não são conectados à rede pública de telefonia.

A preocupação principal é que ruídos acima de determinados níveis podem causar interferência em outros equipamentos, já que a rede elétrica é interligada e muitos equipamentos compartilham da mesma rede. Um exemplo clássico deste tipo de problema é o liquidificador que quando ligado interfere na televisão, embora esta interferência tenha uma parcela radiada.

A maneira de se medir a emissão conduzida de um equipamento é através das *Line Impedance Stabilization Network (LISN)* ou Rede de Estabilização de Impedância de Linha. Estes dispositivos são conectados ao equipamento e à um Receiver, que faz a leitura dos níveis de ruído conduzido. O desenvolvimento e construção de uma LISN é descrito na CISPR16. Há vários modelos de LISN e a FIGURA 4.14 mostra um dos modelos[43] da Rohde&Schwarz.



FIGURA 4.14 – LISN DA ROHDE&SCHWARTZ

#### 4.3.1 – O Setup para as medições

O setup de medição é descrito pela CISPR22 e deve seguir o padrão descrito no item A.2 do Anexo A.

**4.3.2 – Os Limites de Medição Definidos pelas Normas**

De maneira similar ao ensaio de emissão radiada, os ensaio de emissão conduzida possui limites estabelecidos pelas normas, que neste caso são a CISPR22/EN55022 e a FCC Part15.

Até 2002, a FCC estabelecia limites para emissões conduzidas na faixa de frequência 450kHz a 30MHz. A partir de 2002, com a revisão da FCC Part15, a norma passou a cobrir a mesma faixa exposta pela CISPR22 – 150kHz a 30MHz. Os níveis de emissão conduzida exigidos pela FCC Part15 também foram harmonizados com os da CISPR22. A Tabela 4.4 expõe os limites das duas normas e as faixas de frequência correspondentes aos limites, enquanto as FIGURAS 4.15 e 4.16 mostram graficamente as diferenças entre os limites das duas normas e entre EUT classe A e classe B.

TABELA 4.3 – ANTIGOS LIMITES FCC PART15 PARA EMISSÃO CONDUZIDA DE EQUIPAMENTOS TI

Faixa de Frequência MHz	Limites (dBµV)	
	Antiga FCC Part15	
	Classe A	Classe B
	<i>Quasi-Pico</i>	<i>Quasi-Pico</i>
0,45 a 1,705	60	48
1705 a 30	69.5	48

TABELA 4.4 – LIMITES VIGENTES TANTO PARA FCC PART15 QUANTO PARA CISPR22/EN55022 PARA ENSAIOS DE EMISSÃO CONDUZIDA EM EQUIPAMENTOS TI

Faixa de Frequência MHz	Limites (dBµV)			
	FCC Part15 e CISPR22			
	Classe A		Classe B	
	<i>Quasi-Pico</i>	<i>Médio</i>	<i>Quasi-Pico</i>	<i>Médio</i>
0,15 a 0,50	79	66	66 a 56	56 a 46
0,50 a 5	73	60	56	46
5 a 30	73	60	60	50

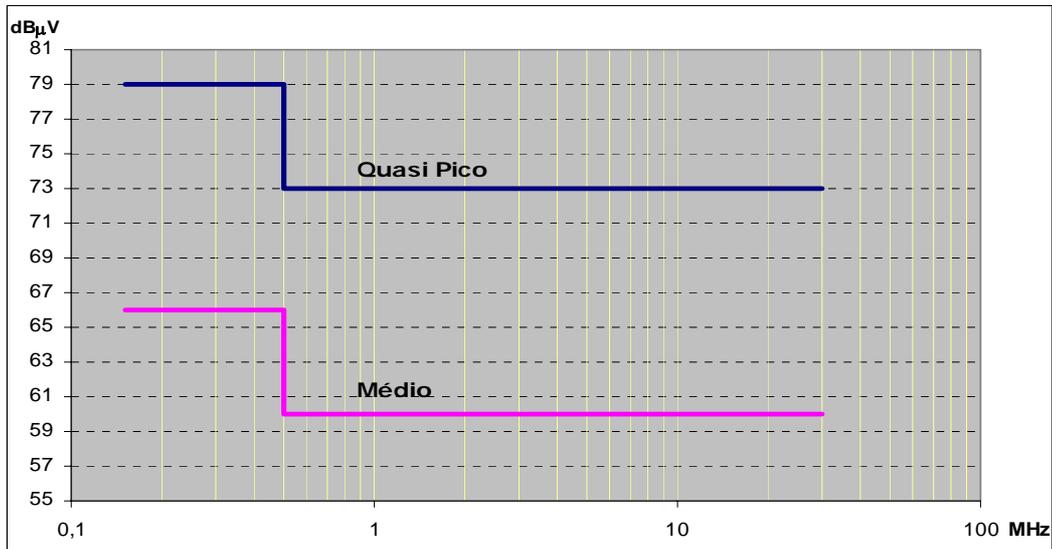


FIGURA 4.15 – LIMITES PARA EMISSÃO CONDUZIDA – FCC PART15 E CISPR22/EN55022  
LIMITES MÉDIO E DE QUASE-PICO PARA EQUIPAMENTOS TI CLASSE A

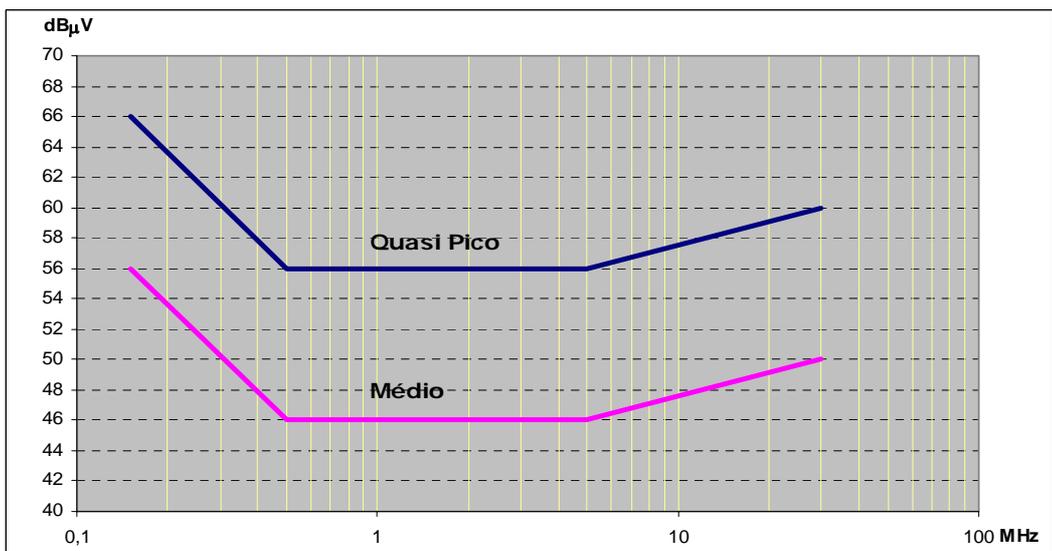


FIGURA 4.16 – LIMITES PARA EMISSÃO CONDUZIDA – FCC PART15 E CISPR22/EN55022  
LIMITES MÉDIO E DE QUASE-PICO PARA EQUIPAMENTOS TI CLASSE B

#### 4.3.3 – O Procedimento de Medição

Neste ensaio, as medições dizem respeito aos níveis de emissão do ESE através de seu cabo de alimentação em corrente alternada (CA).

Para se realizar o ensaio de emissão conduzida, foi necessária uma LISN alimentando o equipamento e um *Receiver* conectado à LISN para efetuar a leitura. O *Receiver* da Rohde&Schwartz foi utilizado para fazer a aquisição e repassá-la ao software ESPK-1

da Rohde&Schartz. O processo é automático, e uma vez montado o *SETUP* corretamente e iniciado o processo através do software, basta aguardar a finalização das leituras. O ESE foi montado com exercício máximo de suas interfaces, conforme item B.1 do Anexo B.

#### 4.3.4 – Os Resultados das Medições #1 – Pré-Teste

##### **PRIMEIRO ENSAIO:**

Neste ensaio, testou-se uma fonte de alimentação com capacidade de fornecer 1A de corrente em 6V<sub>DC</sub>. O nome do fabricante foi substituído aqui por “AAA” e o resultado das medições mostrado na FIGURA 4.17.

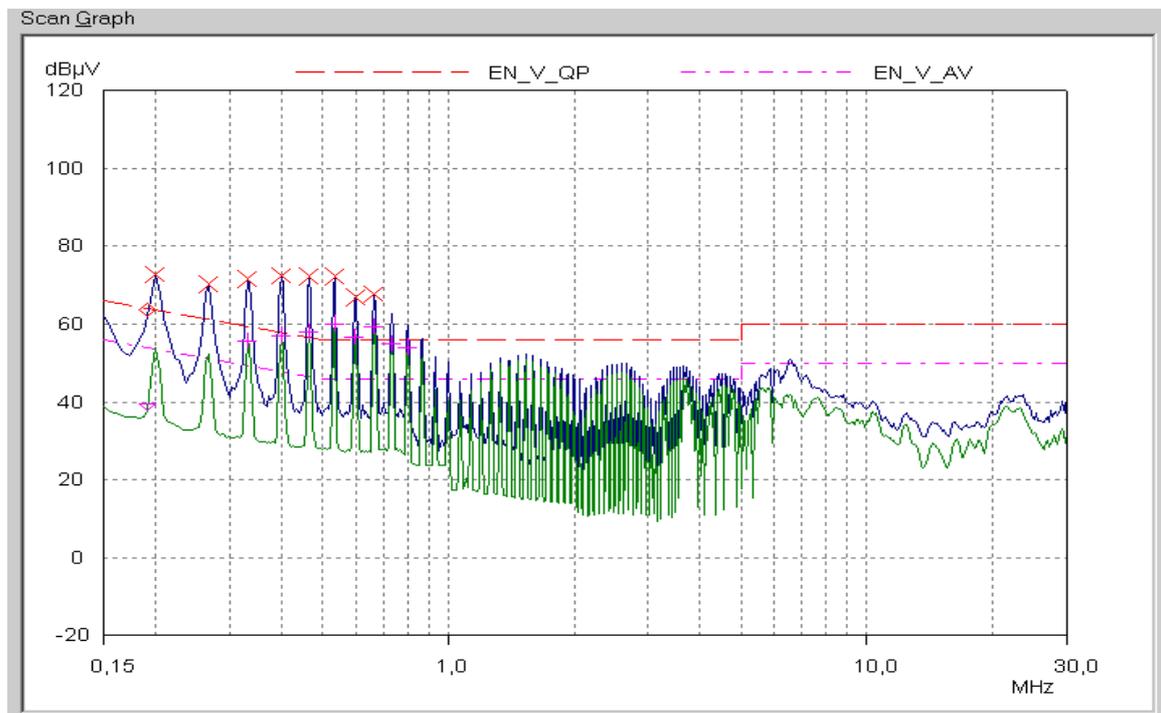


FIGURA 4.17 – MEDIÇÕES PRELIMINARES DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE MARCA “AAA” 1A

##### **SEGUNDO ENSAIO:**

Os resultados abaixo são do ensaio com fonte de alimentação do fabricante chamado aqui de “BBB”, com capacidade de fornecer 0,7A em 6V<sub>DC</sub>. Esta fonte tornou-se uma das opções devido à sua forma compacta, porém seus níveis de emissão fizeram com que fosse considerada inviável.

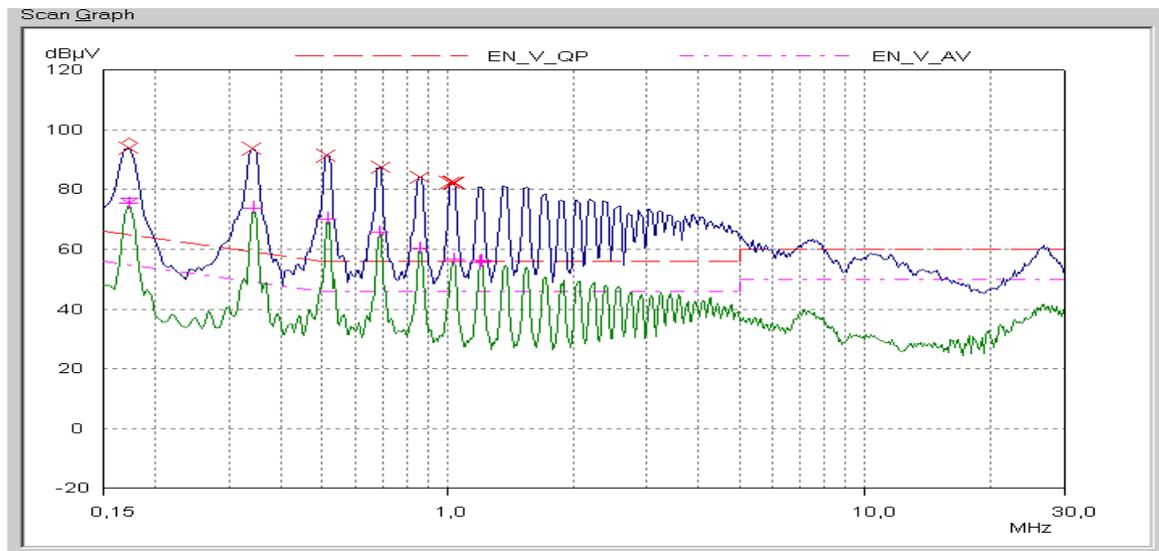


FIGURA 4.18 – MEDIÇÕES PRELIMINARES DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE MARCA “BBB” 0,7A

**TERCEIRO ENSAIO:**

Os resultados abaixo são do ensaio com fonte de alimentação CEBRA, com capacidade de fornecer 1,5A em 6V<sub>DC</sub>.

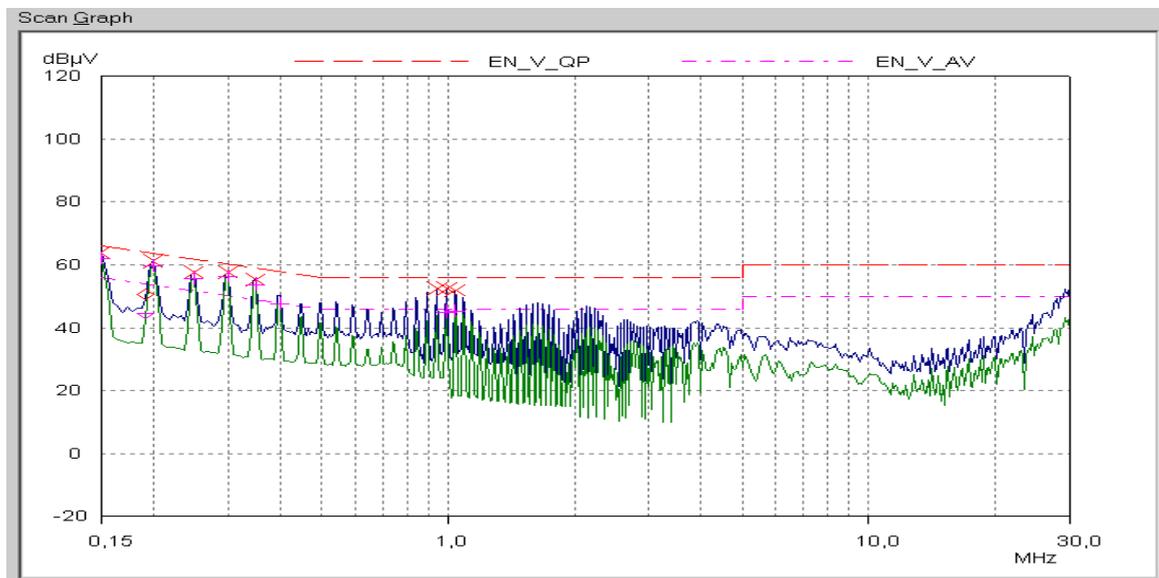


FIGURA 4.19 – MEDIÇÕES PRELIMINARES DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE CEBRA 1,5A

**4.3.5 – Discussão dos Resultados e Propostas de Alteração #1**

**PRIMEIRO ENSAIO:**

O primeiro ensaio foi realizado com fonte “AAA” de 1A, com filtro para emissões conduzidas. Como a fonte é monofásica sem aterramento de proteção, não possui em

seu filtro, capacitores tipo Y. O filtro da fonte era basicamente composto por um capacitor X2 entre a fase e o neutro, um *choke* e um varistor.

No gráfico da FIGURA 4.17, nota-se que há uma frequência em que ocorre ressonância e que possui componentes até a 7ª harmônica. Ao se fazer a medição dos picos das frequências das harmônicas, chegamos à frequência 67,5kHz, que se identifica com a frequência de oscilação do chip que realiza a Modulação por Largura de Pulso – ou Pulse Width Modulation (PWM) - do circuito.

#### **SEGUNDO ENSAIO:**

Neste ensaio, a fonte apresentou emissões conduzidas com níveis superiores aos da fonte de 1A. Ao ser aberta, verificou-se que a fonte não possuía filtragem para emissões conduzidas, o que explicou seu baixo desempenho.

#### **TERCEIRO ENSAIO:**

Neste terceiro ensaio, a fonte ensaiada demonstrou qualidade e conformidade com a classe B de emissão conduzida.

#### **4.3.6 – Os Resultados das Medições - Final**

A FIGURA 4.20 mostra o resultado final das medições de emissão conduzida.

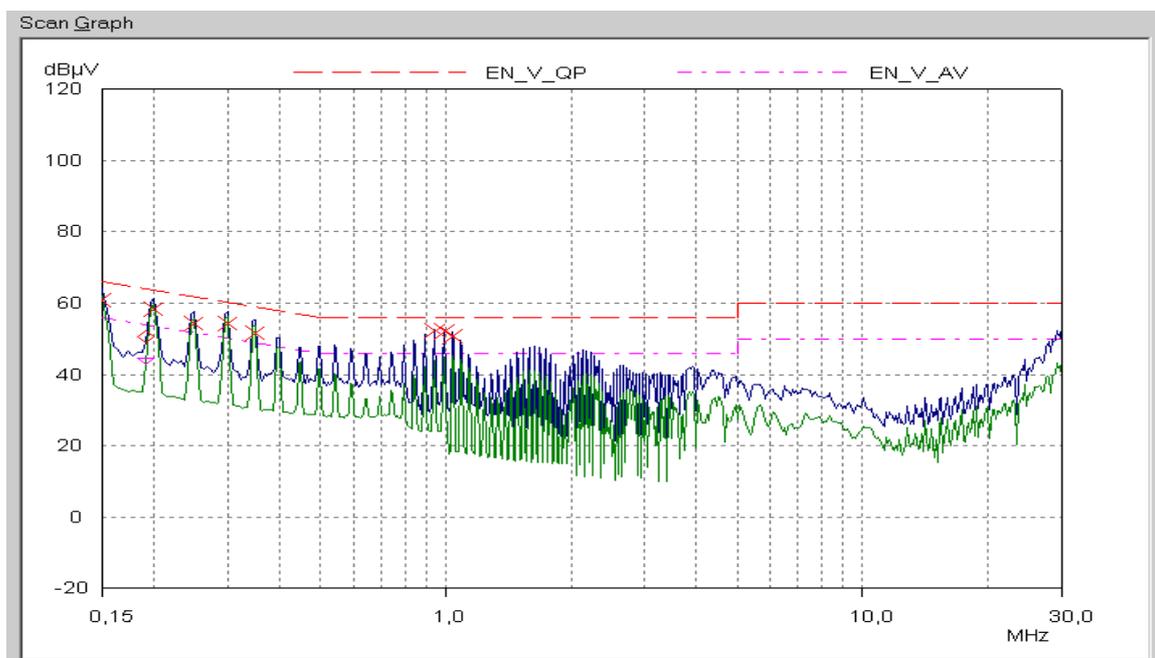


FIGURA 4.20 – MEDIÇÕES FINAIS DE EMISSÃO CONDUZIDA – FONTE CEBRA 1,5A

#### **4.3.7 – Discussão dos Resultados**

Após a troca da fonte por uma fonte de alimentação de marca CEBRA, o ensaio de emissão conduzida teve resultados positivos, atingindo a conformidade nos níveis exigidos para equipamentos classe B.

O fato de se optar por trocar de fontes de alimentação ao invés de tentar descobrir e reparar os problemas de emissão das outras fontes fez parte da estratégia da empresa, pois como a Dígito não produzirá a fonte, considera mais viável encontrar uma fonte já no mercado e que cumpra com as exigências de CEM.

#### **4.4 - Conclusões**

---

Verificou-se neste capítulo que uma pré-análise pode levar a resultados muito bons, como foi o caso das emissões radiadas. O leiaute corrigido em tempo de projeto resultou num excelente quadro de emissões, que estão com diferença maior que 6dB em toda a faixa do espectro. Na análise das emissões conduzidas, perceberam-se grandes diferenças entre fontes desenvolvidas com critérios de CEM e fontes aparentemente sem cuidados no que diz respeito aos aspectos de CEM.

Após os ensaios de emissões mostrados neste capítulo, iniciaram-se os testes de imunidade do ESE, e seus resultados poderão ser vistos no capítulo 5.

## Capítulo 5

### *Testes de Imunidade*

---

#### **5.1 - Introdução**

---

Dos ensaios exigidos para certificação de um equipamento como o ATA, vimos até agora as medições de emissão de RF tanto na forma conduzida como na forma radiada. Foi possível mostrar as diferenças nos níveis de emissão de um projeto antes e depois da análise e correção dos aspectos de compatibilidade eletromagnética. A próxima fase é a de testes de imunidade a perturbações, sendo esta mais extensa que a anterior.

Perturbações eletromagnéticas podem se acoplar de diversas maneiras aos equipamentos eletro-eletrônicos. A dificuldade que um equipamento oferece ao acoplamento destas perturbações, ou até mesmo a capacidade de funcionamento normal após sujeito a tais perturbações é chamada de imunidade a perturbações eletromagnéticas.

As formas mais comuns de perturbação eletromagnética pertinentes aos testes de equipamentos TI podem ser classificadas de acordo com seu tipo do acoplamento [03]:

- Campos Radiados
- Perturbações Conduzidas
- Descargas Eletrostáticas
- Perturbações na Alimentação

As quatro formas de acoplamento de perturbações citadas acima serão examinadas e divididas em ensaios que visam sua verificação.

A FIGURA 5.1 mostra um diagrama que associa os ensaios às categorias de perturbações citadas.

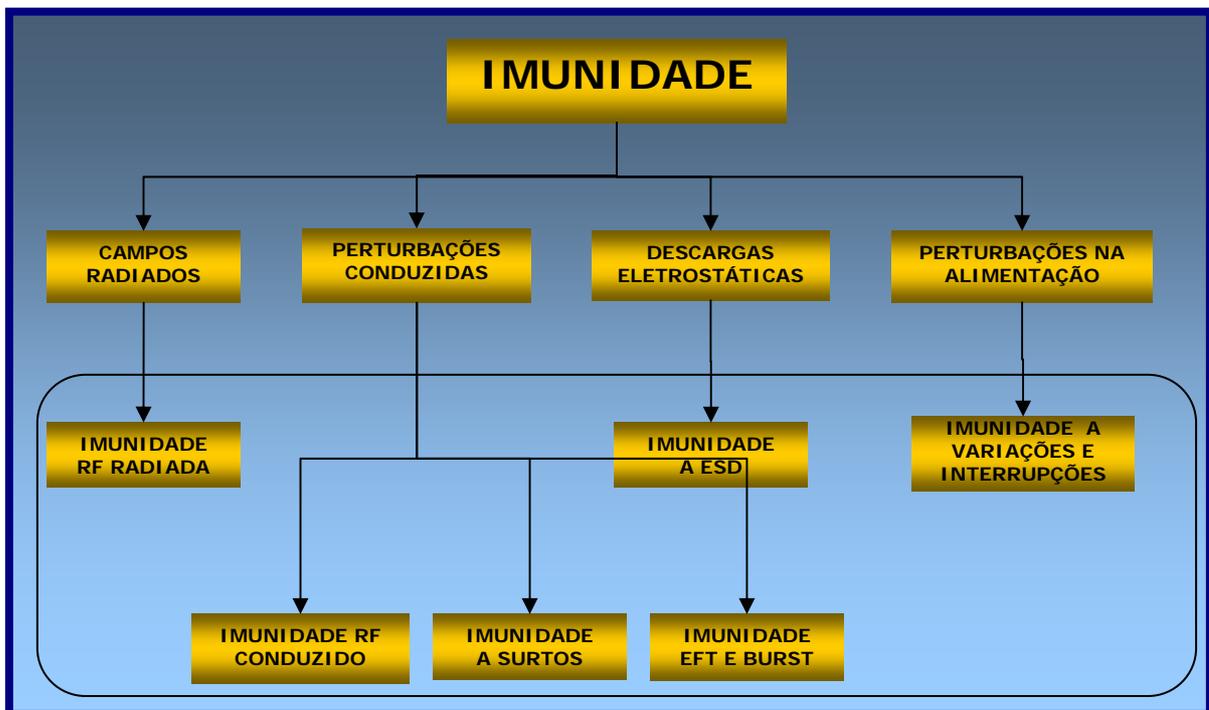


FIGURA 5.1 – DIAGRAMA DE ENSAIOS DE IMUNIDADE

## 5.2 – Os Testes de Imunidade Radiada – (IEC61000-4-3)

O ensaio de imunidade radiada tem como objetivo verificar se o equipamento sob ensaio é imune às perturbações sob forma radiada presentes no ambiente. A estrutura para os testes é descrita pela IEC61000-4-3 e consiste em sujeitar o ESE a um campo elétrico, de intensidade definida de acordo com a aplicação do equipamento, e monitorar o funcionamento do ESE. A monitoração depende das características de cada ESE e pode ser visual ou através de alguma medição.

Os testes de imunidade radiada do ATA foram executados utilizando-se de uma Célula GTEM. A faixa de testes varia, porém a Anatel exige[21] imunidade de 80MHz a 1GHz e de 1,4GHz a 2GHz.

### 5.2.1 – O Setup de Testes

A configuração de testes para ensaio de imunidade radiada é complexa e cara, uma vez que é necessária uma OATS, uma câmara semi-anecóica ou célula GTEM capaz de reproduzir as características encontradas em OATS.

O item A.4 do Anexo A detalha o setup de testes.

### 5.2.2 – Os Níveis de Teste

Dado que o ESE é considerado Classe B e seguindo o critério adotado pela Anatel[21], foi utilizado o nível de teste 2 definido pela Norma IEC61000-4-3, resultando na seguinte tabela:

TABELA 5.1 - NÍVEIS DE PERTURBAÇÃO RADIADA APLICADOS AO ESE

Faixa de Frequência	Nível da Perturbação Demodulada (V/m)
80MHz a 1,0GHz	3
1,4GHz a 2,0GHz	3

### 5.2.3 – O Procedimento de Testes

O ESE é posicionado na célula GTEM, e executam-se 3 varreduras conforme orientações x, y e z. A FIGURA A.4 mostra as orientações do ESE para cada varredura executada.

O gerador de RF é programado para geração do sinal de radio frequência modulado em uma senóide de 1kHz a 80%. O amplificador de RF garante a amplitude do sinal de acordo com as especificações do teste. Devido à falta de um equipamento medidor de nível seletivo capaz de medir em 1kHz, foi utilizado um medidor que media seletivamente em 800Hz, de marca Wandel Goltermann (WG). Para tanto o setup de testes no computador que controla o gerador de sinais teve que ser alterado para gerar o sinal modulado em 800Hz a 80%.

É gerado então o sinal de perturbação, na faixa de 80MHz a 1GHz e de 1,4GHz a 2GHz, e aplicado à célula GTEM.

Fora da célula, um medidor de nível seletivo sintonizado em 800Hz mede, com sua impedância de entrada em valor alto ( $> 15\text{K}\Omega$ ), o sinal demodulado de 800Hz na interface de comunicação FXS. O valor medido não deve ultrapassar o valor do nível de  $-40\text{dBm}$ [21]. Este valor foi especificado pela Anatel e a Norma IEC61000-4-3 deixa bem claro que a caracterização do que é mau funcionamento fica a critério do solicitante dos testes. Desta maneira, durante a execução do ensaio de imunidade radiada, 2 critérios foram observados:

- *O Funcionamento do ESE.* Neste caso, durante e após a aplicação da perturbação, o ESE deve comportar-se de acordo com o esperado e as chamadas estabelecidas não podem se desfazer.
- *A medição do sinal de 800Hz nas interfaces de telefonia do ESE.* Já neste caso, específico para equipamentos com interfaces de telefonia, a preocupação maior é o equipamento não demodular o sinal. Assim, enquanto o ESE é sujeito às perturbações, o nível do sinal de 800Hz é medido seletivamente. O nível do sinal em 800Hz não pode ultrapassar  $-40\text{dBm}$ , segundo o Anexo da Resolução nº237[21] da Anatel.

#### 5.2.4 – Os Resultados dos Testes

Como o equipamento de medição não fornece um histórico das medições durante o ensaio, apenas os valores instantâneos de nível, foi então gerada uma tabela com os dados apresentando faixas e o valor aproximado do nível para cada uma das faixas de frequência. A observação dos níveis medidos foi mais rigorosa no sentido de se garantir que o sinal de 800Hz demodulado não atingisse os níveis críticos que deixariam o ESE fora dos requisitos da Norma.

TABELA 5.2 – NÍVEIS DO SINAL DE 800HZ NAS INTERFACES DE TELEFONIA

Nível Aplicado V/m	Faixa Frequência MHz	Nível Requerido dBm	Nível Lido dBm
3	80 – 200	$< -40\text{dBm}$	$< -60\text{dBm}$
3	200 – 240	$< -40\text{dBm}$	$< -46\text{dBm}$
3	240 – 1000	$< -40\text{dBm}$	$< -70\text{dBm}$
3	1400 - 2000	$< -40\text{dBm}$	$< -80\text{dBm}$

### 5.2.5 – Discussão dos Resultados

Este resultado foi possível, principalmente devido ao leiaute da placa. A presença de planos de referência faz com que haja blindagem na placa. Além disso, os planos de referência criam caminhos de retorno para sinais de alta frequência acoplados nas trilhas da placa de circuito impresso, fazendo com que haja o cancelamento dos efeitos destes sinais. O fato de a carcaça ser plástica é um dos fatores que mais influenciam neste ensaio pois uma carcaça metálica teria um efeito de blindagem mais eficaz.

Quanto aos critérios de verificação de conformidade, durante todo o ensaio o equipamento manteve seu funcionamento e sua operabilidade, sem apresentar qualquer problema. Embora os níveis do sinal de 800Hz medidos na faixa de 200 a 240MHz estiveram muito próximos do limite de -40dBm, o ESE mostrou-se dentro dos limites estabelecidos pelo Anexo da Resolução nº237[21].

## 5.3 - Os Testes de Imunidade Conduzida (IEC61000-4-6)

---

O teste de imunidade conduzida permite verificar se o equipamento, quando submetido a perturbações de RF conduzidas em seus cabos de alimentação ou de comunicação, apresenta mau funcionamento sob algum aspecto. O ensaio é muito similar ao ensaio de imunidade radiada, sendo que no caso radiado a fonte de perturbação é um campo elétrico e no caso conduzido é uma onda se propagando junto ao cabo.

Como a fonte da perturbação é diferente do caso radiado, a célula GTEM não é usada para este ensaio, e em seu lugar são usadas para o acoplamento do ruído conduzido as chamadas Redes de Acoplamento e Desacoplamento ou *Coupling Decoupling Network* (CDN). Estes dispositivos são capazes de acoplar a perturbação ao cabo em questão, sendo conectados em série nos cabos.

Uma outra maneira de se acoplar o ruído conduzido é através dos *Electromagnetic Clamp* (EM-Clamp). Estes dispositivos são colocados ao redor do cabo em questão e através de sua estrutura, induzem a perturbação no cabo, proporcionando acoplamento capacitivo e indutivo.

Uma vez que os testes de imunidade são requisitos apenas em alguns dos países em estudo, este ensaio será executado de acordo com a norma:

- IEC 61000-4-6 – válida para o Brasil e para a Comunidade Européia.

### 5.3.1 – O Setup de Testes

Para os testes de imunidade conduzida foram utilizados dois tipos de acopladores: a CDN M2 para o cabo de alimentação, já que este não possui aterramento de proteção, e a CDN T2 para os cabos de telefonia. Neste setup, o EM-Clamp também poderia ser usado para o acoplamento da perturbação tanto no cabo de alimentação quanto nos cabos de telefonia, porém não foi utilizado pois o método que implica em menor perda de inserção é o que utiliza as CDNs.

Um medidor de nível seletivo é configurado para leituras em “alta impedância” e conectado em à interface onde o ruído será medido.

De acordo com a Anatel[37], as interfaces do tipo FXS devem ter impedância AC de 900 Ohms. Para realizar a terminação das interfaces de modo a casar as impedâncias das interfaces, foram implementadas Jigas de Teste para as interfaces FXS, descritas no ANEXO B.

O *SETUP* de testes é detalhado no item A.4 do ANEXO A.

### 5.3.2 – Os Níveis de Teste

De acordo com a Norma IEC61000-4-6, os níveis a serem aplicados ao ESE são determinados a partir do ambiente onde o ESE será instalado. A Anatel considera que equipamentos do tipo Categoria I/Classe B, no qual se enquadra o ESE, devem ser submetidos aos ensaios em nível 3 de severidade na faixa de 150kHz a 1,8MHz e nível 2 de 1,8MHz a 80MHz. A TABELA 5.3 mostra os níveis de perturbação em relação à frequência.

TABELA 5.3 – NÍVEL DE PERTURBAÇÃO CONDUZIDA APLICADO AO ESE

Faixa de Frequência	Nível da Perturbação Demodulada (V)
150kHz A 1,8MHz	10
1,8MHz A 80MHz	3

### 5.3.3 – O Procedimento de Testes

Neste ensaio, a perturbação é acoplada nos cabos e medida, conforme a tabela:

TABELA 5.4 – ACOPLAMENTO DA PERTURBAÇÃO

Acoplado a	Medido em	CDN
Terminal de Energia	Interface FXS	CDN M2
Terminal de Telecomunicações	Interface FXS	CDN T2

O nível do sinal de 800Hz é medido na interface FXS conforme a tabela acima, na faixa de 150kHz a 80MHz. O nível do sinal de 800Hz medido, de acordo com o Anexo da Resolução nº237 da ANATEL, não pode ultrapassar -40dBm, que é o valor considerado limite de percepção do ouvido humano nesta frequência.

#### 5.3.4 – Os Resultados dos Testes

Os resultados dos testes foram divididos em duas partes, quanto ao acoplamento do sinal ao terminal de energia e ao terminal de telecomunicações, separados pelas tabelas abaixo.

TABELA 5.5 – NÍVEIS DO SINAL DE 800HZ NAS INTERFACES DE TELEFONIA – ACOPLAMENTO NO TERMINAL DE ENERGIA

Nível Aplicado V	Faixa Frequência kHz	Nível Requerido dBm	Nível Lido dBm
10	150 – 1800	< -40dBm	< -60dBm
3	1800 – 26000	< -40dBm	< -60dBm
3	26000 – 30000	< -40dBm	< -42dBm
3	30000 - 80000	< -40dBm	< -55dBm

TABELA 5.6 – NÍVEIS DO SINAL DE 800HZ NAS INTERFACES DE TELEFONIA – ACOPLAMENTO NO TERMINAL DE TELECOMUNICAÇÕES

Nível Aplicado V	Faixa Frequência MHz	Nível Requerido dBm	Nível Lido dBm
10	150 – 1800	< -40dBm	< -60dBm
3	1800 – 3600	< -40dBm	< -50dBm
3	20000 – 35000	< -40dBm	< -42dBm
3	35000 - 47000	< -40dBm	< -50dBm
3	47000 - 55000	< -40dBm	< -45dBm
3	55000 – 80000	< -40dBm	< -55dBm

#### 5.3.5 – Discussão dos Resultados

Neste ensaio, os dois resultados devem ser analisados separadamente: o ensaio com acoplamento da perturbação no terminal de energia e o ensaio com acoplamento no terminal de telecomunicações.

### ACOPLAMENTO NOS TERMINAIS DE ENERGIA

O caso do acoplamento nos terminais de energia é um caso um pouco mais complexo que o acoplamento nos terminais de telecomunicações. Uma vez que a fonte de energia não é fabricada pela Dígito, caso ocorram problemas relacionados a ela o fabricante deve ser acionado ou outras fontes devem ser avaliadas para se determinar qual é a mais adequada em termos de utilização junto ao equipamento.

Os ensaios mostraram que, embora o equipamento esteja em conformidade com esta norma, pois obedece aos limites impostos por ela, a fonte de alimentação está demodulando o sinal de 800Hz. Neste caso há duas opções para se iniciar a solução do problema. A primeira delas é a ação corretiva diretamente na fonte de tensão, com algum tipo de filtro, que se torna inviável devido a fonte não ser um produto Dígito. A segunda opção é o trabalho no ATA, mais viável. Devido à demodulação do sinal pela fonte através de seus circuitos, o uso de FERRITES no cabo da alimentação não surtiria efeitos, uma vez que o cabo estaria transmitindo um sinal de 800Hz, frequência a qual o FERRITE não é adequado, de acordo com a FIGURA 5.2[36]. Além disso, tipicamente os FERRITES chegam a oferecer impedâncias entre 200 e 300 Ohms, o que resultaria em perdas por volta de 10dB.

No caso da segunda opção, o procedimento mais adequado seria adicionar na entrada da alimentação do ESE, que opera em  $6V_{cc}$ , um capacitor de alto valor em modo diferencial, formando assim um filtro que junto à impedância da linha cria um efeito “passa-baixa”, em especial na frequência 800Hz. Esta técnica pode ser implementada para se garantir uma margem de segurança nos testes.

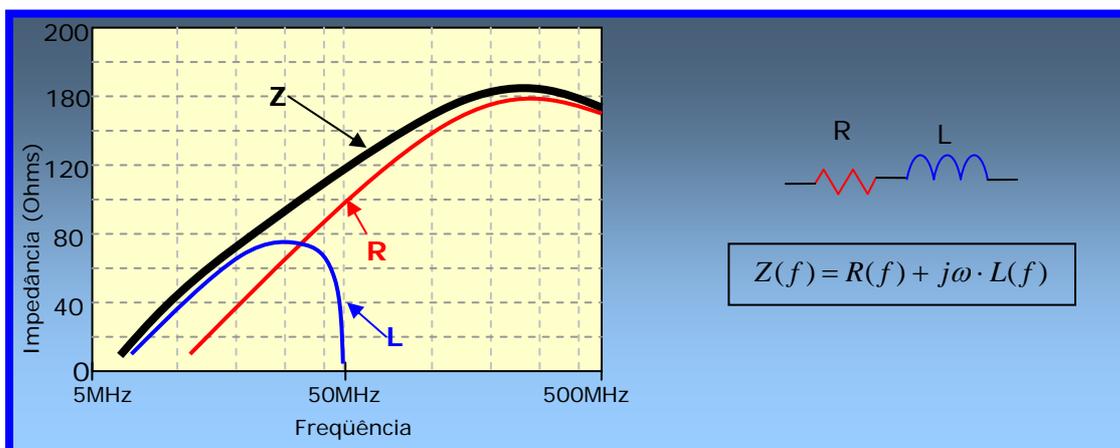


FIGURA 5.2 – CIRCUITO EQUIVALENTE DO FERRITE

### ACOPLAMENTO NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES

Neste caso de acoplamento, a parte mais crítica é a proximidade dos terminais de telecomunicações uns dos outros, já que a perturbação é acoplada em uma das interfaces e é medida em outra adjacente pela estrutura do ESE.

Aqui, os meios de melhorar a imunidade do ESE a este tipo de perturbação seria a inserção de FERRITES em série em cada linha das entradas das interfaces. Isto aumentaria a imunidade do ESE adicionando impedância extra às altas frequências. Uma outra maneira seria a colocação de capacitores de alto valor em modo diferencial, aumentando assim a filtragem do sinal. Se estas técnicas não surtirem os efeitos desejados, uma nova alteração no PCB pode ser necessária.

## 5.4 - Os Testes de Imunidade a Surtos - (IEC61000-4-5)

---

O ensaio de surtos tem como objetivo verificar a imunidade do ESE às perturbações e efeitos causados por descargas atmosféricas as quais podem danificar equipamentos eletrônicos. Para tanto são utilizados equipamentos chamados de Geradores de Onda Combinada capazes de reproduzir os efeitos de uma descarga atmosférica.

### 5.4.1 – O Setup de Testes

Devido ao espectro de baixa frequência da forma de onda do surto, não se faz necessário um plano terra de referência, como em outros ensaios.

Para se efetuar o acoplamento do surto às linhas de telecomunicações do ESE, utilizou-se uma rede de acoplamento com centelhadores a gás.



(A)



(B)

FIGURA 5.3 A E B – SETUPS PARA SURTOS NO TERMINAL DE ENERGIA E DE TELECOMUNICAÇÕES

Já o acoplamento à linha de alimentação foi feito através de uma rede de acoplamento capacitivo embutida no gerador de surtos.

O item A.6 do Anexo A detalha o setup de testes. As FIGURAS 5.5A E 5.5B mostram os setups para ensaios de surto montados no laboratório.

#### 5.4.2 – Os Níveis de Teste

Os níveis de teste são definidos pela Norma IEC61000-4-5 de acordo com a classificação do local e condições de instalação do equipamento. O Regulamento da Anatel define os seguintes níveis de ensaio para os equipamentos de telecomunicações classe B, tomando como base a Norma IEC61000-4-5 e descritos na TABELA 5.7.

No caso do ESE, o ensaio no terminal de telecomunicações externo não se aplica pois o ESE na configuração de testes proposta não apresenta tais terminais. Terminais de telecomunicações externos são aqueles utilizados para conexão com a rede pública. A interface que provê o acesso do ATA ao Sistema de Telefonia Fixo Comutado (STFC) é a interface do tipo FXO, que não estão presentes neste modelo do ESE.

TABELA 5.7 – NÍVEIS DE ENSAIO DE SURTO

Nível (kV)	Forma de Aplicação	Terminais Ensaçados
0,5	Linha → Terra	Telecomunicações (interno)
1	Linha → Terra	Telecomunicações (externo)
1	Linha → Linha	Energia Elétrica
2	Linha → Terra	Energia Elétrica

#### 5.4.3 – O Procedimento de Testes

O procedimento de testes foi dividido em duas partes: testes nos terminais de energia e testes nos terminais de telecomunicações do ESE.

Em ambos os testes, o ESE foi exercitado ao seu máximo, conforme procedimento descrito no item B.1 do Anexo B.

A Anatel define para conformidade de equipamentos de telecomunicações em ensaios de surto, o seguinte critério [21]:

*“Critério B – anormalidades no desempenho dos equipamentos somente serão admitidas no momento da aplicação da perturbação. Não poderá, no entanto, ocorrer perda de ligação, alarmes ou perda de dados memorizados. Cessada a*

*aplicação da perturbação, o equipamento deverá apresentar as condições originais de operação, de acordo com suas especificações técnicas."*

Sendo assim, após cada pulso de surto, o ESE foi examinado e verificado segundo o critério descrito acima.

**TESTES NOS TERMINAIS DE ENERGIA**

Neste teste, são aplicados pulsos com polaridade positiva e negativa nos ângulos considerados mais críticos da senóide fundamental da alimentação, conforme FIGURA 5.4. A TABELA 5.8 mostra a quantidade e polaridade dos pulsos de surto aplicados bem como os ângulos de aplicação.

O tempo entre os pulsos escolhido foi de 60 segundos, que correspondente ao tempo máximo definido pela Norma. Este tempo foi escolhido para que os supressores de surto tivessem o maior tempo de recuperação.

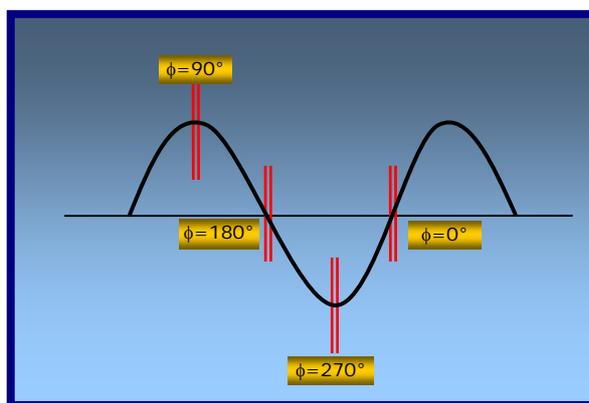


FIGURA 5.4 – ÂNGULOS DE APLICAÇÃO DOS PULSOS AO TERMINAL DE ENERGIA [08]

TABELA 5.8 – LOCAL E CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO DO SURTO

Modo de Aplicação	Voltagem kV	Quantidade de Pulsos	Tempo Entre Pulsos	Polaridade dos Pulsos	Ângulos de Aplicação
Fase → Neutro	1	5	60s	+	0°, 90°, 180°, 270°
Fase → Neutro	1	5	60s	-	0°, 90°, 180°, 270°
Fase → Terra	2	5	60s	+	0°, 90°, 180°, 270°
Fase → Terra	2	5	60s	-	0°, 90°, 180°, 270°
Neutro → Terra	2	5	60s	+	0°, 90°, 180°, 270°
Neutro → Terra	2	5	60s	-	0°, 90°, 180°, 270°





#### **5.4.5 – Discussão dos Resultados**

##### **TESTES NOS TERMINAIS DE ENERGIA**

Nos ensaios nos terminais de energia, a fonte de alimentação do equipamento foi quem absorveu os surtos. Para isto, a fonte conta com dois Capacitores tipo X2 e um Varistor em modo diferencial na entrada da alimentação.

##### **TESTES NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES**

Nos terminais de telecomunicações, foram ensaiadas ambas as linhas de um terminal da interface FXS. Durante a aplicação, foi verificado apenas ruído audível no aparelho telefônico. Na entrada de cada interface de telecomunicações foram colocados em série com as linhas, supressores de surto, conforme decidido nas análises realizadas em 3.2.2.

O resultado foi satisfatório e o ESE mostrou-se em conformidade com os níveis e critérios adotados para o ensaio de Surto proposto pela Norma IEC61000-4-5.

#### **5.5 - Os Testes de Imunidade EFT e Burst – (IEC61000-4-4)**

---

Os ensaios de imunidade a transientes elétricos rápidos têm como objetivo verificar a imunidade do equipamento aos transientes causados por motores, chaves abrindo e fechando e arcos voltaicos causados por circuitos indutivos sendo abertos e fechados. O ensaio consiste em aplicar rajadas de impulsos periódicos à alimentação e às interfaces de telecomunicações.

No caso particular do ESE em questão, a perturbação foi acoplada de duas maneiras – via rede de acoplamento do próprio gerador, quando aplicado aos terminais de energia e via *CLAMP* Capacitivo para os terminais de telecomunicações.

##### **5.5.1 – O Setup de Testes**

O ensaio de EFT/B foi realizado utilizando-se um gerador de EFT/B, um *CLAMP* capacitivo e as demais estruturas descritas na Norma IEC61000-4-4, como o plano de referência.

A configuração do ensaio é descrita no item A.5 do Anexo A.

A FIGURA 5.5 mostra o setup utilizado para o ensaio nas interfaces de telecomunicações.



FIGURA 5.5 – SETUP DE TESTES DE EFT/BURST UTILIZANDO CLAMP CAPACITIVO.

### 5.5.2 – Os Níveis de Teste

Os níveis de teste para este ensaio são determinados de acordo com o local de instalação do ESE. Locais mais susceptíveis e onde estão presentes circuitos chaveados por relés são classificados com maiores níveis de severidade. Equipamentos classe B, o qual se enquadra o ESE, são considerados pela Anatel [21] como passíveis de ensaios em nível 2 e portanto devem ser sujeitos aos seguintes níveis de severidade:

TABELA 5.15 – NÍVEIS DE ENSAIO DE EFT/B

Nível (kV)	Polaridade	Duração (s)	Repetição (kHz)	Forma de Aplicação	Terminais Ensaiaados
0,5	+	60	5	"Clamp" Capacitivo	Telecomunicações
0,5	-	60	5	"Clamp" Capacitivo	Telecomunicações
1	+	60	5	Fase → Terra	Energia Elétrica
1	-	60	5	Fase → Terra	Energia Elétrica
1	+	60	5	Neutro → Terra	Energia Elétrica
1	-	60	5	Neutro → Terra	Energia Elétrica

### 5.5.3 – O Procedimento de Testes

Estando o ESE com a alimentação conectada ao Gerador de EFT/B, exercitaram-se as interfaces do ESE ao máximo conforme procedimento descrito no item B.1 do Anexo B, e iniciaram-se os ensaios nos terminais de energia.

Conforme a TABELA 5.15, aplicou-se primeiramente a perturbação com polaridade positiva entre a Fase e a Terra por sessenta segundos. Repetiu-se o procedimento agora com polaridade negativa. Após a aplicação, verificou-se o funcionamento do ESE e se as chamadas continuavam ativas. Dando continuação, efetuou-se da mesma forma, os testes entre Neutro e Terra em polaridades positiva e negativa, fazendo-se a verificação do funcionamento após o término da aplicação.

Os ensaios nos terminais de telecomunicações foram realizados com o *CLAMP* Capacitivo nas polaridades positiva e negativa.

### 5.5.4 – Os Resultados dos Testes

#### TESTES NOS TERMINAIS DE ENERGIA

TABELA 5.16 – EFT/B NOS TERMINAIS DE ENERGIA

Polaridade	Fase → Terra	Neutro → Terra	Ocorrências
Positivo (+)	☑	☑	Nenhuma
Negativo (-)	☑	☑	Nenhuma

#### TESTES NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES

TABELA 5.17 – EFT/B NOS TERMINAIS DE TELECOMUNICAÇÕES

Polaridade	Cabo FXS	Ocorrências
Positivo (+)	☑	Nenhuma
Negativo (-)	☑	Nenhuma

### 5.5.5 – Discussão dos Resultados

Durante e após os ensaios não houve nenhuma ocorrência de não conformidade. Tanto nas aplicações nos terminais de energia quanto nos terminais de telecomunicações pôde-se notar um ruído audível no aparelho telefônico conectado ao

equipamento, evidenciando o acoplamento da perturbação aos vários circuitos do ESE, porém este tipo de comportamento não é caracterizado como problema. Deste modo, o ESE está conforme com os requerimentos desta Norma.

## 5.6 - Os Testes de Imunidade a Descargas Eletrostáticas – (IEC61000-4-2)

---

O objetivo do ensaio de Imunidade a Descargas Eletrostáticas é verificar os efeitos de descargas por contato direto e indireto humano e de equipamentos. Este ensaio é o método

### 5.6.1 – O Setup de Testes

Para a execução dos ensaios de Descarga Eletrostática, foi utilizado um simulador de ESD capaz de efetuar descargas de até 15kV, obedecendo aos critérios da norma IEC61000-4-2.

O Anexo A mostra em detalhes o setup de testes utilizado no ensaio de Descarga Eletrostática do ESE.

### 5.6.2 – Os Níveis de Teste

Conforme definido pela Anatel, é indicado para este tipo de ESE o nível 3 de severidade nos ensaios de Descarga Eletrostática. Tal nível é descrito na norma IEC61000-4-2 como sendo apropriado para ambientes de instalação do ESE, os quais tenham umidade relativa de aproximadamente 50%, e cujo material que componha o ESE seja do tipo sintético e não antiestático. Tendo em vista estas características, os testes devem ser executados de acordo com a TABELA 5.18.

O valor de tensão especificado para descarga por contato é aplicado tanto para o ensaio por contato direto como para o indireto.

TABELA 5.18 – NÍVEL DE TESTES DE ESD NO ATA

Nível	Descarga pelo Ar (kV)	Descarga por Contato (kV)
3	8	6

### 5.6.3 – O Procedimento de Testes

Estando o ESE operando em seu estado de ocupação máximo, com todas as interfaces sendo utilizadas conforme Anexo A.1, as descargas são aplicadas.

Por ter carcaça plástica e isolante, dos testes envolvendo descarga direta, apenas o teste de descarga pelo ar é aplicável. Já os testes de descarga indireta, ambos são aplicáveis – o teste de descarga indireta no plano de acoplamento vertical ou *Vertical Coupling Plane* (VCP) e o teste de descarga indireta no plano de acoplamento horizontal ou *Horizontal Coupling Plane* (HCP).

#### DESCARGA DIRETA – ESCOLHA DOS PONTOS DE TESTE

Neste ensaio foram escolhidos para a aplicação da Descarga Eletrostática alguns pontos considerados críticos e de maior chance de apresentar problemas. Após a análise da caixa do ESE, verificou-se que a parte mais crítica seria a face que contém os conectores.

As FIGURAS 5.6A, 5.6B E 5.6C mostram, através das setas, o caminho percorrido pelo gerador de ESD na carcaça do ESE. Todos os conectores estavam conectados nas portas do ATA.



FIGURA 5.6A – CAMINHO DO GERADOR DE ESD – VISTA TRASEIRA DO ESE

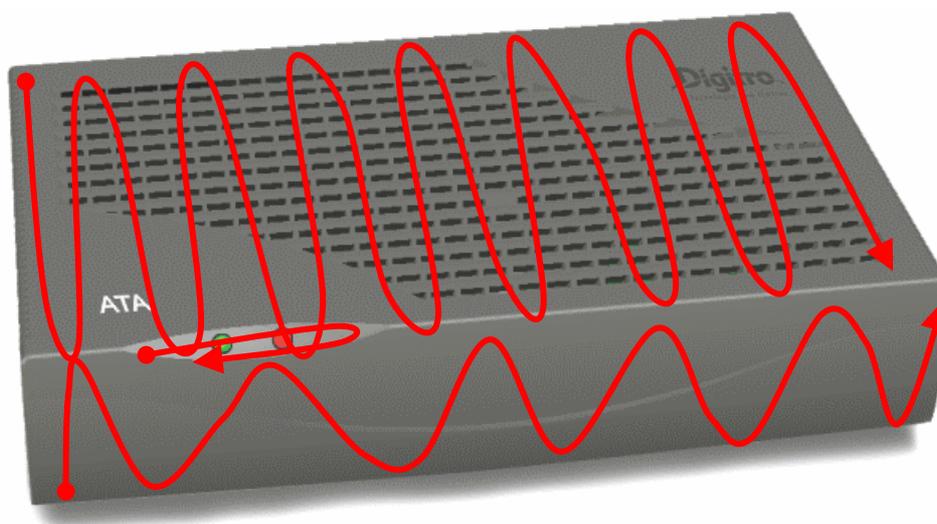


FIGURA 5.6B – CAMINHO DO GERADOR DE ESD – VISTA SUPERIOR E FRONTAL DO ESE

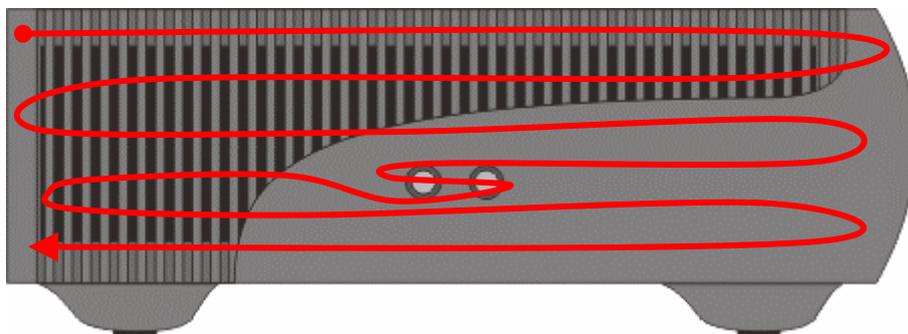


FIGURA 5.6C – CAMINHO DO GERADOR DE ESD – VISTA LATERAL DO ESE

#### **DESCARGA INDIRETA - VCP**

Nesta parte do ensaio, é verificada a imunidade do ESE ao acoplamento via plano de acoplamento vertical. Após o setup estar montado, dá-se início à aplicação das perturbações. O tempo entre pulsos de ESD é de 1 segundo.

Inicialmente são aplicados 10 pulsos negativos e em seguida verificado o funcionamento do equipamento. Após os pulsos negativos, aplica-se no mesmo ponto, 10 pulsos positivos. Novamente verifica-se o funcionamento do equipamento para garantir que a perturbação gerada pelos pulsos de descarga eletrostática não afetaram o ESE.

#### **DESCARGA INDIRETA - HCP**

Da mesma maneira que o ensaio utilizando VCP, neste ensaio é verificada a imunidade do ESE ao acoplamento via plano de acoplamento horizontal. O tempo entre pulsos de ESD é de 1 segundo e são aplicados da mesma forma, 10 pulsos de polaridade negativa e 10 pulsos de polaridade positiva. Após a aplicação de cada seqüência de pulsos, o funcionamento do ESE é verificado.

#### **VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE**

A conformidade com este item é atingida se o equipamento, após a aplicação das perturbações, continua operando normalmente sem ter havido perda de chamadas.

A verificação foi efetuada assegurando-se que as chamadas entre as portas FXS1 e FXS2 e entre FXS3 e FXS4 continuavam ativas através dos caminhos descritos no item B.1 do ANEXO B.

#### **5.6.4 – Os Resultados dos Testes**

O ESE passou com sucesso nos testes de Descargas Eletrostáticas, não apresentando nenhuma perda de chamada ou danos aos componentes e circuitos. Durante todo o teste de descarga via ar não houve nenhuma ocorrência de descarga.

#### **5.6.5 – Discussão dos Resultados**

A análise inicial do produto, realizada na fase de desenvolvimento, foi o que guiou ao resultado positivo deste ensaio. Naquele momento foi possível identificar as regiões mais sensíveis às descargas eletrostáticas, bem como as que apresentariam problemas na aplicação das descargas.

A escolha de uma caixa plástica isolante proporcionou proteção contra as descargas por contato direto evitando assim os problemas de indução causados pela descarga eletrostática na carcaça. A caixa plástica oferece também maior proteção ao usuário por não conduzir eletricidade. A utilização de bastões extensores de luz em acrílico para os LEDs dianteiros proporcionou proteção extra contra as descargas eletrostáticas, uma vez que estes separam fisicamente os componentes da parte exposta às descargas, conforme FIGURA 5.7. A utilização de conectores plásticos na traseira do equipamento evitou a necessidade do ensaio por contato, que implicaria na necessidade de proteções extras e criação de caminhos de fuga para as correntes geradas pela perturbação.

Os conectores e LEDs traseiros foram espaçados da tampa traseira e colocados com proteção plástica de modo que suas partes condutoras ficassem menos susceptíveis às descargas. Além disso, caso a carcaça fosse metálica, a aplicação de descargas na carcaça geraria fluxos de corrente, cujo campo magnético associado poderia induzir correntes nas trilhas da placa causando mau funcionamento do ESE. Conforme apresentado no capítulo III, a placa foi desenvolvida com suporte a conectores metálicos, que seriam utilizados se a carcaça escolhida fosse metálica, e também um plano terra exclusivo para dissipação da energia eletrostática. Como a carcaça plástica se tornou mais viável, o plano terra destinado ao ESD, embora mantido no projeto, atualmente não tem função no PCB.

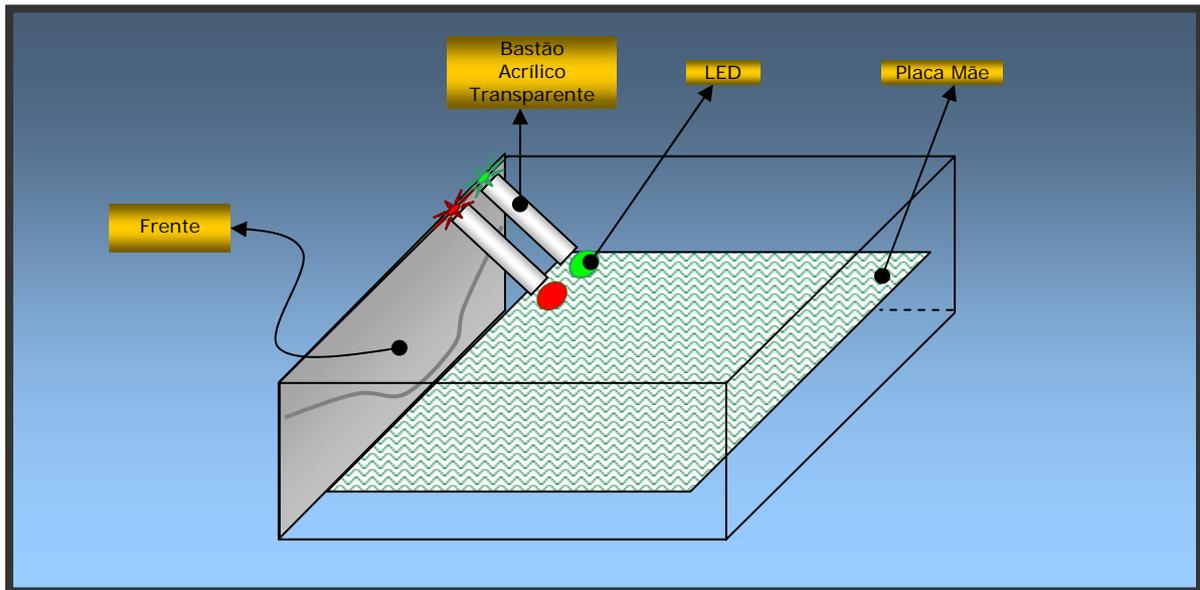


FIGURA 5.7 – ISOLAMENTO ENTRE OS LEDs E O EXTERIOR DA CARÇA DO ESE.

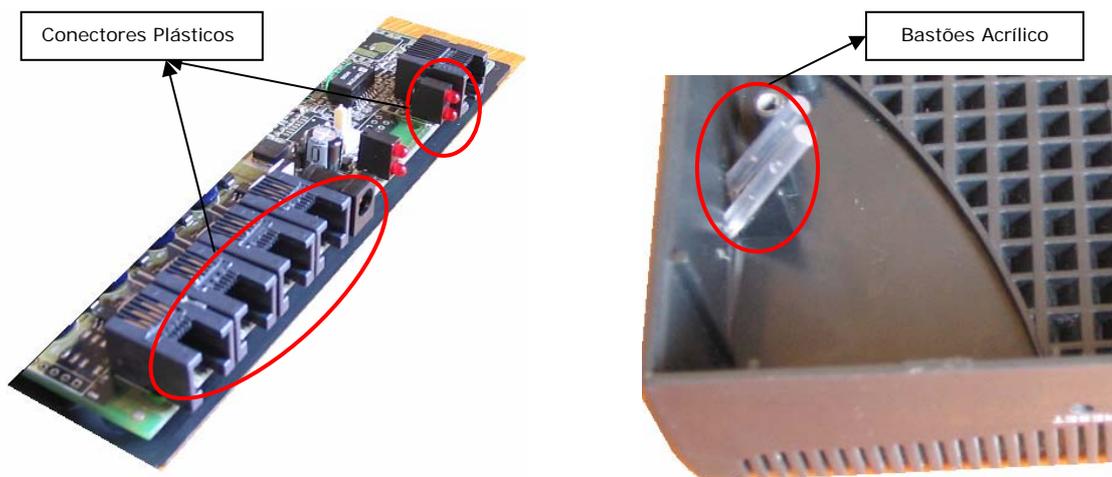


FIGURA 5.8 – PARTE TRASEIRA DO PCB, CONTENDO OS CONECTORES PLÁSTICOS E BASTÕES ACRÍLICO PARA OS LEDs

### 5.7 - Os Testes de Imunidade a Interrupção e Variação de Tensão - (IEC61000-4-11)

A rede de energia elétrica pode variar ou até mesmo ser interrompida por momentos breves devido a mudanças abruptas de carga ou mau dimensionamento da rede. A fim de se evitar que estes tipos de problemas danifiquem os equipamentos eletrônicos, são efetuados ensaios simulando-se através de equipamentos específicos as variações

e interrupções na tensão de alimentação do ESE. A Norma IEC61000-4-11 descreve os métodos de teste para este ensaio. A FIGURA 5.9 mostra como seria a redução da tensão ou *Voltage Dips* a 70% da tensão nominal, por 2 ciclos da rede.

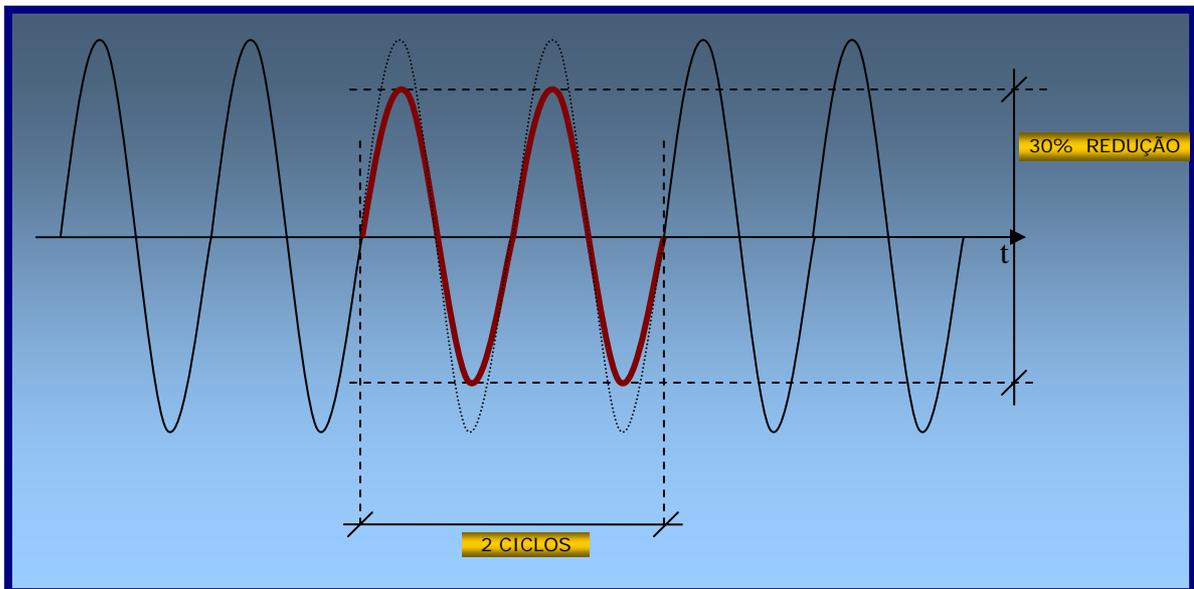


FIGURA 5.9 – EXEMPLO DE REDUÇÃO DE TENSÃO (*DIPS*) A 70% POR 2 CICLOS

### 5.7.1 – O Setup de Testes

O setup de testes é descrito no item A.8 do Anexo A. Nele, foi utilizado um equipamento que implementa a Norma IEC61000-4-11, tornando simples o procedimento de testes.

A FIGURA 5.10 mostra o setup utilizado neste ensaio.



FIGURA 5.10 – SETUP DE TESTES DE VARIAÇÃO DE TENSÃO

### 5.7.2 – Os Níveis de Teste

A escolha dos níveis de teste para este ensaio é descrita na Norma IEC61000-4-11[18], e é baseada em estudos realizados pela União Internacional de Geradores e Distribuidores de Energia Elétrica (UNIPEDA)[18]. O estudo relaciona o número de casos por ano com a queda da tensão e sua duração.

A Anatel sugere[21] os seguintes níveis de teste:

TABELA 5.19 – NÍVEIS DE ENSAIO DE IMUNIDADE À REDUÇÃO E À INTERRUPTÃO DA TENSÃO DA REDE ELÉTRICA

Nível	Porcentagem de Redução de Tensão (%)	Duração em Períodos (ciclos)
1	>95	0,5
2	30	25
3	>95	250

### 5.7.3 – O Procedimento de Testes

O ESE foi conectado ao simulador e nele foram programados os parâmetros de porcentagem de redução e duração da interrupção conforme Tabela 5.19. As reduções da tensão foram configuradas para ocorrer nos ângulos de 0°, 90°, 180° e 270° da onda fundamental da alimentação. Em seguida, o ESE foi exercitado como descrito no item B.1 do Anexo B.

#### VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE

A verificação da conformidade foi efetuada de acordo com os critérios[21] estabelecidos pela Anatel, citados abaixo:

##### Nível 1:

*“Critério B – anormalidades no desempenho dos equipamentos somente serão admitidas no momento da aplicação da perturbação. Não poderá, no entanto, ocorrer perda de ligação, alarmes ou perda de dados memorizados. Cessada a aplicação da perturbação, o equipamento deverá apresentar as condições originais de operação, de acordo com suas especificações técnicas.”*

Níveis 2 e 3:

*“Critério C – admite-se funcionamento anormal do equipamento com perda de funcionalidades, durante o tempo de realização dos ensaios, entretanto, cessados os ensaios, o equipamento deverá apresentar condições originais de operação, automaticamente ou por intervenção externa.”*

**5.7.4 – Os Resultados dos Testes**

TABELA 5.20 – NÍVEIS DE ENSAIO DE IMUNIDADE À REDUÇÃO E À INTERRUPTÃO DA TENSÃO DA REDE ELÉTRICA

Nível	Redução de Tensão (%)	Duração (ciclos)	Comentários
1	96,64	0,5	Após a redução da tensão por 0.5 ciclos, o ESE continuou funcionando normalmente sem perda de ligação.
2	30	25	Ocorreu RESET do ESE, que voltou a operar sem auxílio do operador. As ligações estabelecidas foram perdidas.
3	96,64	250	Ocorreu RESET do ESE, que voltou a operar sem auxílio do operador. As ligações estabelecidas foram perdidas.

**5.7.5 – Discussão dos Resultados**

Durante a execução do ensaio no nível 1, reduziu-se a tensão nominal de alimentação, a qual era  $220V_{rms}$ , à 3,36% atingindo o valor  $8V_{rms}$  por meio ciclo. O período onde houve “quase” ausência de alimentação é muito pequeno – aproximadamente 8,3ms, fazendo com que o capacitor em paralelo com a entrada da alimentação DC da placa e o capacitor em paralelo com a saída DC da fonte consigam manter a energia do circuito por este tempo.

Nos ensaios dos níveis 2 e 3 ocorreu o RESET do ESE devido ao tempo de redução da tensão nominal. No nível 2 a redução ocorreu por 25 ciclos com 70% de sua tensão nominal, ou seja, aproximadamente 415ms operando em  $154V_{rms}$ . No nível 3 a redução foi por 4,15s operando com tensão de entrada  $8V_{rms}$ .

De acordo com os critérios estabelecidos pela Anatel[21] e mostrados no item 5.7.3, o ESE está em conformidade com os requisitos deste ensaio.

## **5.8 - Conclusões**

---

Conforme a Anatel[21], o ESE deve ser sujeito a uma série de ensaios de imunidade a perturbações eletromagnéticas. Este capítulo apresentou todos os ensaios de imunidade propostos[21] pela Anatel, comprovando a conformidade do ESE com tais itens. A conformidade só foi possível após o trabalho de análise dos aspectos de compatibilidade eletromagnética na fase de projeto e as devidas alterações no ESE.

## Capítulo 6

### Conclusões

---

#### 6.1 - Conclusões

---

Os objetivos definidos no início deste trabalho foram estudar e desenvolver a compatibilidade eletromagnética em um equipamento de telecomunicações de modo a tornar possível sua certificação perante os órgãos competentes, que neste caso é a Anatel. Indo além, como consequência da conformidade do equipamento, vislumbrou-se a preparação do mesmo para a aprovação e certificação para o mercado externo, tendo em vista os mercados internacionais mais importantes e de maior influência.

Para isso, o processo foi dividido basicamente em seis partes:

1. Identificação das não conformidades e execução das ações corretivas no protótipo, que havia sido projetado sem atenção aos aspectos de CEM.
2. Definição das Normas e Regulamentos aplicáveis.
3. Realização dos pré-ensaios e definição das ações corretivas.
4. Seqüência de ensaios e correções.
5. Preparação para certificação.
6. Certificação do produto perante a Anatel.

O primeiro item foi executado e com ele foi possível, com base nos estudos e experiência já adquirida em CEM, eliminar muitos problemas que viriam a se manifestar nos ensaios. Esta fase foi essencial para se poupar tempo e custos de desenvolvimento.

A segunda parte foi realizada simultaneamente com as partes um e dois, onde foi realizado o levantamento das Regulamentações e Normas atuais no Brasil e em certos grupos de países.

Os pré-ensaios realizados na terceira parte foram feitos ainda com o protótipo para que se pudesse ter uma idéia da situação de emissão do equipamento. Isto foi necessário para que se pudesse definir o quão fora das normas de emissão o equipamento estaria. Na quarta parte do trabalho, o equipamento em sua versão semifinal, com as alterações definidas na parte um e algumas definidas após os pré-ensaios, foi submetido aos ensaios e suas falhas foram detectadas e analisadas. Nesta parte, as ações corretivas foram mais brandas pois os problemas detectados não eram mais tão críticos, uma vez que os mais críticos foram eliminados nas partes um e dois do projeto. Nesta fase foi definida a fonte de alimentação a ser utilizada e pequenas correções de projeto não relacionadas com CEM foram feitas e seus impactos analisados através de ensaios.

A quinta parte se caracterizou pela consagração do produto, sem mais alterações.

A única parte que ainda não foi executada foi a certificação perante a Anatel, pois depende de processos administrativos de contratação de laboratórios credenciados. O processo de certificação se encontra em tramitação atualmente.

A maior recompensa deste trabalho foi verificar que com uma análise criteriosa e a aplicação dos conceitos de CEM pode-se obter resultados positivos, economizando tempo de desenvolvimento e minimizando os custos associados às mudanças na placa de circuito impresso, projetos de filtros que tem que ser adaptados ao leiaute já existente, alterações na carcaça e alimentação.

O trabalho também possibilitou à empresa ter um produto confiável e plenamente preparado aos mercados interno e externo no que diz respeito aos aspectos de compatibilidade eletromagnética.

## **6.2 – Proposta de Trabalho Futuro**

---

Para que o processo de desenvolvimento de um produto de telecomunicações como o ATA seja completo, após os ensaios de desenvolvimento de CEM, devem ser iniciados:

- Ensaios dos itens de resistibilidade a perturbações eletromagnéticas.
- Ensaios de desenvolvimento dos requisitos de segurança elétrica.
- Ensaios de certificação do produto junto aos órgãos competentes.

Os processos de desenvolvimento de CEM e de Segurança Elétrica, embora separados neste trabalho, são complementares e devem ser desenvolvidos num processo simultâneo, já que alterações feitas para melhorar os aspectos de CEM podem alterar as características de segurança do equipamento.

Como trabalho futuro fica proposto nesta Dissertação, um trabalho na área de Segurança Elétrica através de um estudo da Norma IEC 60950[32] e aplicação de seus conceitos no desenvolvimento do equipamento de maneira similar ao que foi realizado com as Normas de CEM.

O Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações[36] da Anatel prevê no Anexo da Resolução nº237[21], além dos ensaios realizados neste trabalho, testes chamados de testes de resistibilidade e no Anexo da Resolução nº238[38], testes de segurança elétrica.

Os testes de resistibilidade a perturbações eletromagnéticas são caracterizados por admitirem níveis de perturbações mais severos dos aplicados nos testes de imunidade. Os requisitos de resistibilidade são os descritos abaixo[21]:

- *O equipamento a ser certificado deve suportar a aplicação de perturbações eletromagnéticas de 1,5kV de pico (tensão em circuito aberto) nos terminais de telecomunicações conectados à rede externa.*
- *O equipamento a ser certificado deve suportar a aplicação de perturbações eletromagnéticas de 1,0kV de pico (tensão em circuito aberto) nos terminais de telecomunicações conectados à rede interna.*
- *O equipamento a ser certificado deve suportar a aplicação de perturbações eletromagnéticas de 600V<sub>ef</sub> (tensão em circuito aberto) nos terminais de telecomunicações conectadas à rede externa.*
- *O equipamento a ser certificado deve suportar a aplicação de perturbações eletromagnéticas nos terminais de energia elétrica. A tensão em circuito aberto*

*do gerador deve ser 4,0kV de pico para as perturbações aplicadas em modo comum e 2,0kV de pico para as perturbações aplicadas em modo diferencial.*

Os geradores das perturbações citadas acima e o modo de aplicação são descritos em [21].

Com relação aos aspectos de segurança elétrica, requeridos através da Resolução nº238, os seguintes itens são avaliados:

- *Proteção contra Risco de Incêndio – Quando submetido à aplicação de uma tensão de 230V<sub>ef</sub> (60Hz) durante quinze minutos, entre um terminal de telecomunicações correspondente à rede externa e o terminal de aterramento, o equipamento a ser certificado não deve apresentar risco de incêndio.*
- *Proteção contra Choque Elétrico – Estando o equipamento a ser certificado energizado em condições normais (tensão nominal), todas as suas partes acessíveis devem apresentar corrente de fuga inferior a 0,25mA<sub>ef</sub>.*
- *Proteção contra Aquecimento Excessivo – A elevação da temperatura em relação ao ambiente, de qualquer parte externa do equipamento a ser certificado acessível ao homem, não deve exceder os limites da TABELA 6.1 abaixo:*

TABELA 6.1 – LIMITES DE AQUECIMENTO EXCESSIVO

Parte do ESE	Superfície Metálica	Superfície Não-Metálica
Tocada freqüentemente	30°C	40°C
Tocada eventualmente	45°C	55°C

Quanto ao item de proteção contra choque elétrico, a Anatel define o limite da corrente de fuga em 0,25mA<sub>ef</sub> para qualquer equipamento. Porém segundo a Norma IEC60950-1[32], este limite aplicado a equipamentos que não possuem terminais de aterramento de proteção. Equipamentos que possuem este terminal, como por exemplo fontes de alimentação monofásicas tripolares, onde um dos pinos do conector

de alimentação é o pino de aterramento de proteção, o limite é estabelecido como  $3,5\text{mA}_{\text{ef}}$ . Cabe ressaltar que muitas fontes importadas de países como Estados Unidos e China, têm carcaça metálica e pino de aterramento de proteção. Estas fontes são projetadas nestes países de modo a atender limites de normas harmonizadas, como os da IEC60950. Empresas Brasileiras de telecomunicações que importem tais fontes podem encontrar problemas de conformidade com este item devido à incoerência dos limites impostos pela Anatel[38] e pela IEC60950-1[32], isto é, estas fontes importadas podem apresentar correntes de fuga superiores a  $0,25\text{mA}_{\text{ef}}$ .

Por fim, após estar em conformidade com os ensaios pertinentes, que envolvem o Anexo à Resolução nº 237 e o Anexo à Resolução nº238 da Anatel, pode-se iniciar o processo de certificação do ESE perante a Anatel.

# ANEXO A

## Setups de Teste

---

### A.1 – Emissão Radiada - (CISPR22 / FCC Part 15)

---

Para se executar o ensaio de emissão radiada, utilizou-se uma célula GTEM de fabricação da ETC-LINDGREEN e de propriedade do MAGLAB. As medições foram efetuadas com configuração equivalente a medições em *OATS* a 10 metros.

O ESE permaneceu com todas suas interfaces de telecomunicações exercitadas de modo a configurar o estado de máxima emissão. Para se exercitar as interfaces do ESE, foi executado o procedimento mostrado no item B.1 do Anexo B.

Para a medição correta em células GTEM foram necessárias três varreduras em todo o espectro em questão, alterando-se para cada varredura a posição do ESE. Isto foi necessário para que o software de aquisição da célula pudesse efetuar as correlações entre as medições na célula e as medições em *OATS*.

A FIGURA A.1 mostra o setup utilizado para o ensaio de emissão radiada, bem como a orientação do ESE nas três posições necessárias para as medições.

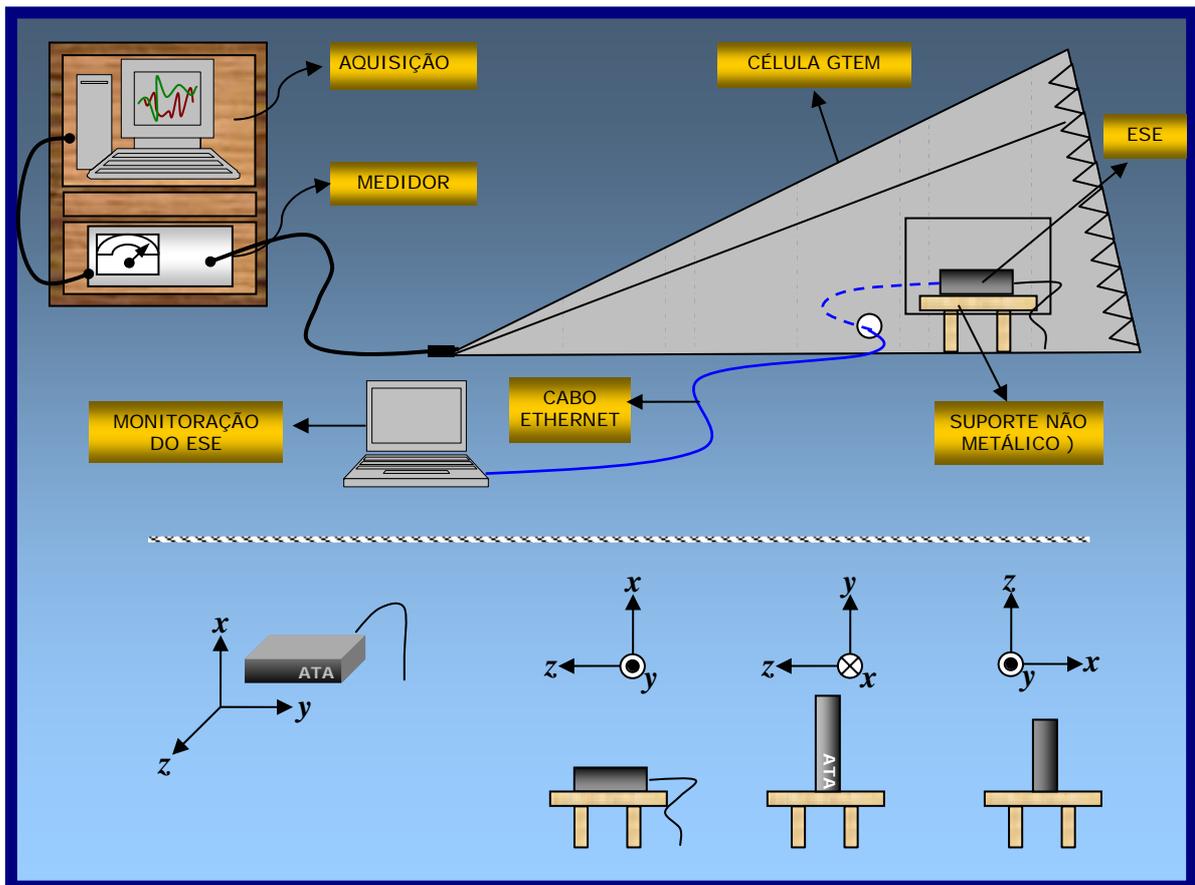


FIGURA A.1 – SETUP PARA ENSAIO DE EMISSÃO RADIADA

Os equipamentos utilizados na montagem do setup acima foram:

TABELA A.1 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	Célula GTEM ETS-Lindgreen	Simular ambiente OATS.
2	Computador de Aquisição DELL com software EMC32 da R&S.	Computador com software de controle do Receiver e aquisição da Célula GTEM.
3	Receiver R&S	Receiver Rohde&Schwartz para aquisição dos sinais de RF.
4	Suporte	Suporte (não metálico) para o ESE atingir a altura correta para as medições.

## A.2 – Emissão Conduzida - (CISPR22 / FCC Part 15)

O ensaio de emissão conduzida foi realizado com uma LISN Rohde & Schwartz conectada ao cabo de alimentação do ESE. Como a fonte de alimentação do ESE é do tipo "full-range", optou-se por fazer os ensaios apenas na tensão 220V.

Durante o ensaio, as interfaces estiveram todas exercitadas através de jigas de teste. O procedimento para se exercitar as interfaces está descrito no item B.1 do Anexo B.

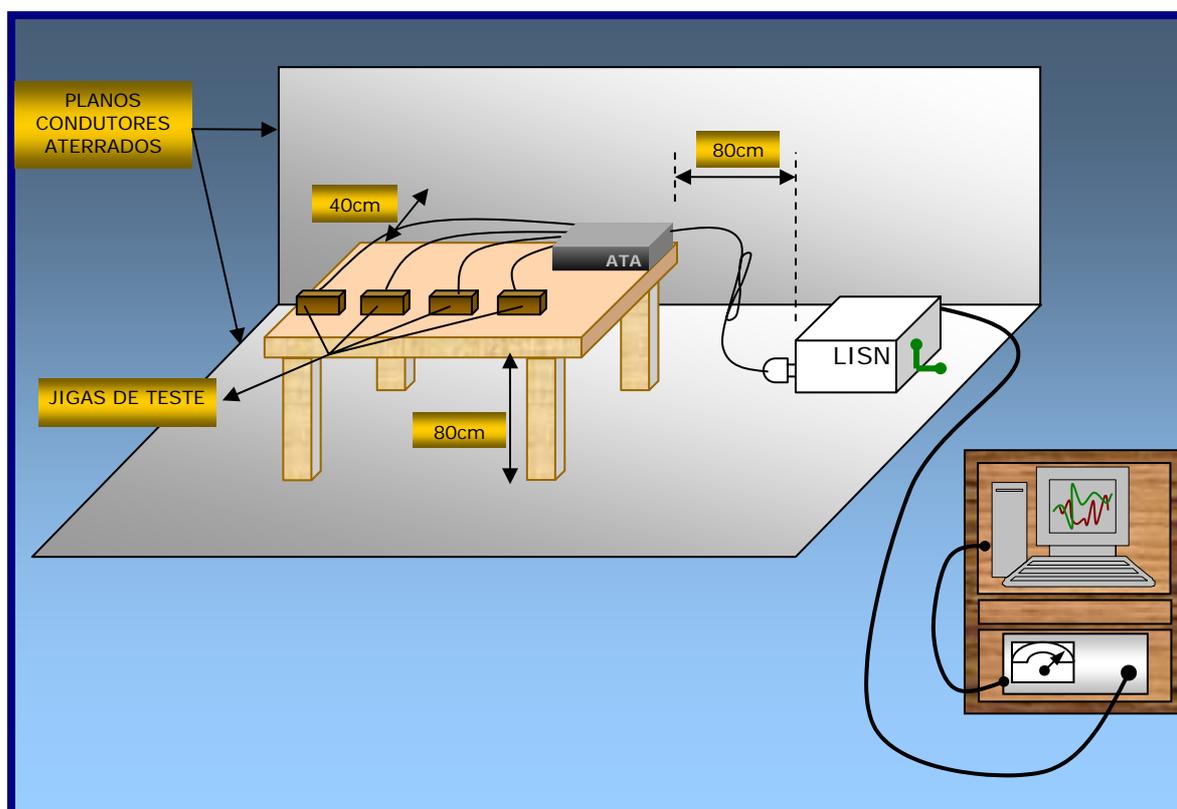


FIGURA A.2 – SETUP PARA ENSAIO DE EMISSÃO CONDUZIDA

Os equipamentos utilizados na montagem do setup acima foram:

TABELA A.2 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	LISN Rohde&Schwartz	Manter impedância da rede na faixa de frequência em questão.
2	Computador de Aquisição com software ESPK1 da R&S.	Computador com software de controle do Receiver.

TABELA A.2 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO (CONTINUAÇÃO)

3	Receiver R&S	Receiver para aquisição dos sinais da LISN.
4	Mesa Padrão	Suporte (não metálico) nos padrões das Normas.

### A.3 – Imunidade a Descargas Eletrostáticas - (IEC61000-4-2)

O ensaio de imunidade a descargas eletrostáticas foi executado utilizando-se um simulador de ESD, referenciado em inglês como “*ESD GUN*” ou Pistola de ESD. Como o ESE possui carcaça plástica isolante, apenas 3 variações do ensaio serão aplicadas:

- Aplicação de Descarga Direta pelo Ar
- Aplicação de Descarga Indireta via Plano de Acoplamento Vertical (VCP)
- Aplicação de Descarga Indireta via Plano de Acoplamento Horizontal (HCP)

O ESE deve estar plenamente exercitado e deve estar sendo monitorado de modo a ficar evidente qualquer perda de funcionalidade ou chamada. As observações no comportamento do ESE são o que vai determinar se o equipamento está conforme ou não com os aspectos de ESD. A FIGURA A.3 mostra um esboço do setup montado para os ensaios de imunidade a descargas eletrostáticas no ESE.

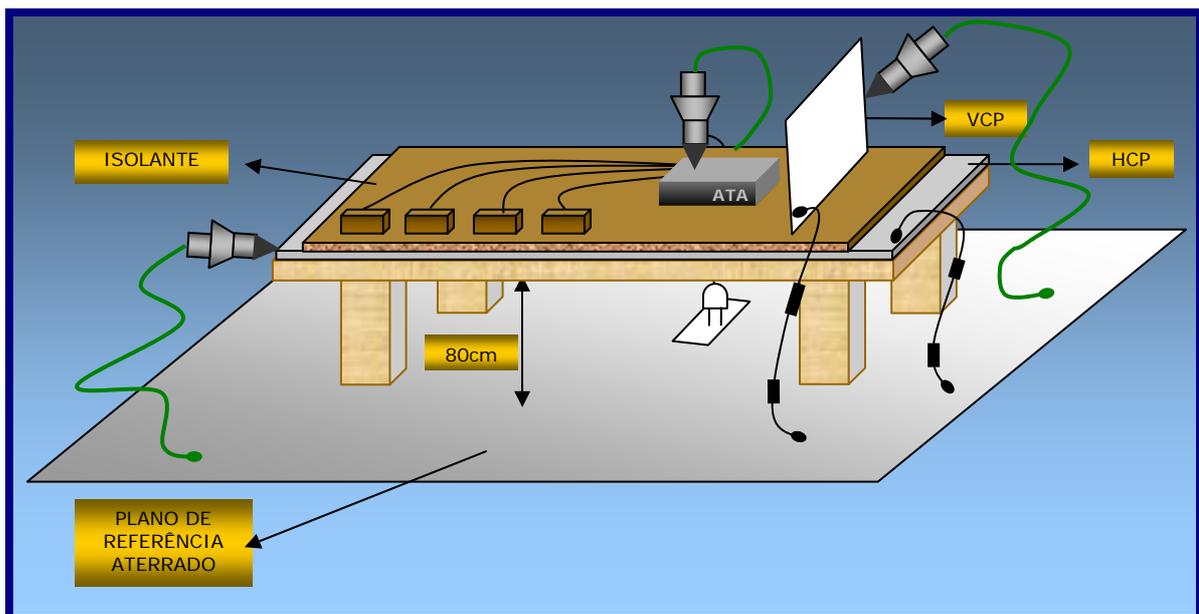


FIGURA A.3 – SETUP PARA ENSAIO DE IMUNIDADE A DESCARGAS ELETROSTÁTICAS

Os equipamentos utilizados na montagem do setup acima foram:

TABELA A.3 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	Pistola de ESD Dito.	Simular de forma controlada as descargas eletrostáticas.
2	Mesa Padrão	Suporte (não metálico) nos padrões das Normas.
3	VCP	Plano de acoplamento vertical.
4	HCP	Plano de acoplamento horizontal.

#### A.4 – Imunidade a RF Radiada - (IEC61000-4-3)

O ESE é colocado posicionado na célula GTEM, e executam-se 3 varreduras conforme orientações  $x$ ,  $y$  e  $z$ . A FIGURA A.4 mostra as orientações do ESE para o ensaio de Emissão Radiada, sendo o posicionamento do ESE o mesmo para ensaios de Imunidade Radiada.

Uma interface de telefonia FXS é trazida para fora da célula através de um cabo telefônico. No cabo, é colocado FERRITE no lado de fora da célula, a fim de evitar a passagem de ruído de alta frequência para dentro da célula através destes cabos.

Um medidor de nível seletivo é conectado à ponta deste cabo, a qual está terminada em 900 Ohms. O medidor deve estar em alta impedância e medindo 1KHz seletivamente, com banda de 100Hz.

A FIGURA A.4 mostra o setup.

Os equipamentos utilizados na montagem do setup abaixo foram:

TABELA A.4 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	Célula GTEM ETS-Lindgreen	Simular ambiente OATS.
2	Computador de Aquisição DELL com software EMC32 da R&S.	Computador com software de controle do Gerador de Sinais e Amplificador.

TABELA A.4 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO (CONTINUAÇÃO)

3	Medidor de Potência R&S	Medir a potência sendo gerada para a célula GTEM.
4	Amplificador de RF Bonn Elektronik	Amplificar o sinal ao nível de ensaio.
5	Gerador de Sinal R&S	Gerar os sinais de RF de acordo com o especificado nas Normas.
6	Suporte	Suporte (não metálico) para o ESE atingir a altura correta para as medições.
7	Medidor de Nível Seletivo WG	Fazer a leitura do sinal de 1kHz desacoplado.

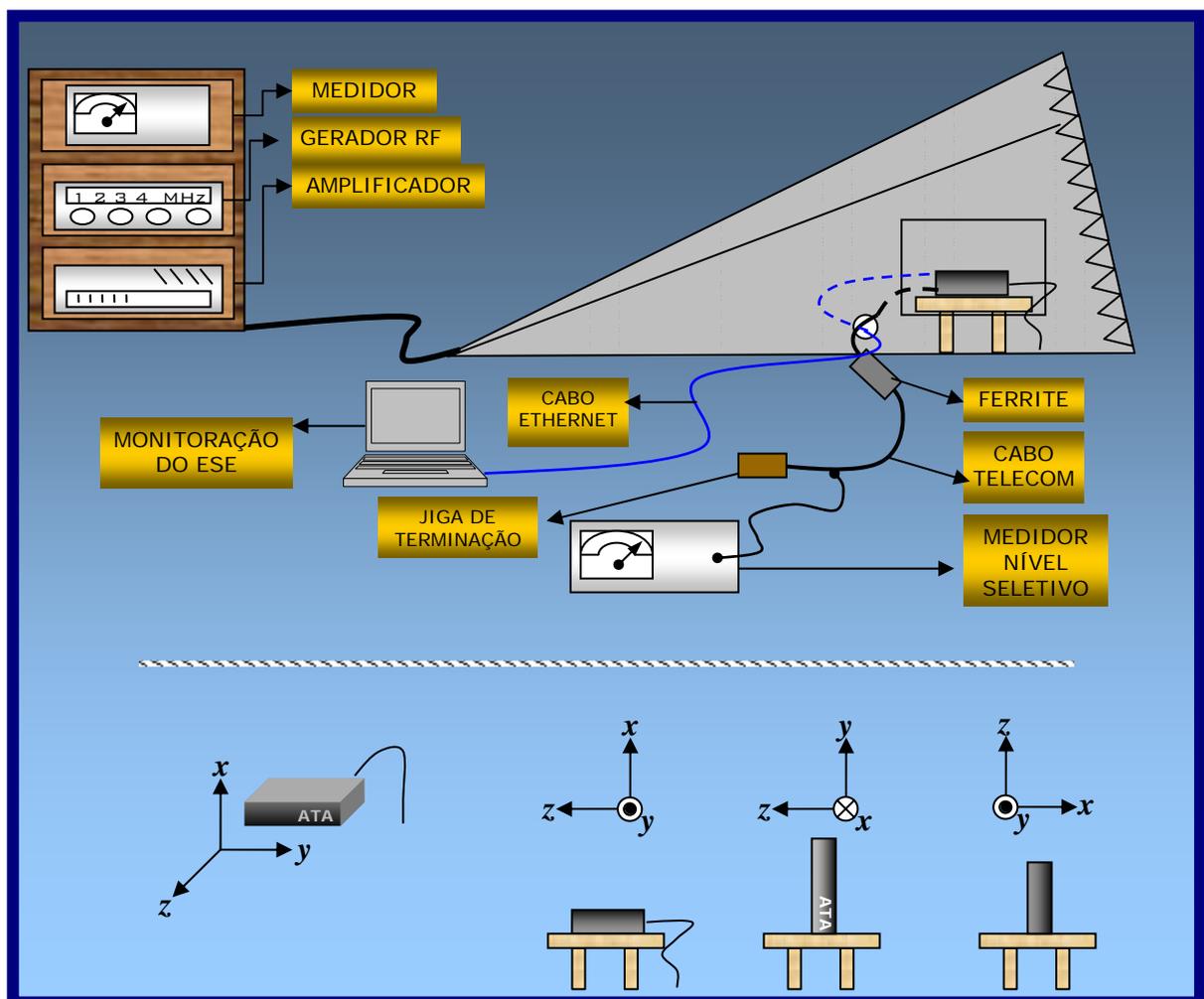


FIGURA A.4 – SETUP PARA ENSAIO DE IMUNIDADE RADIADA

### A.5 – Imunidade a Transientes Elétricos Rápidos e Burst - (IEC61000-4-4)

Para realizar o ensaio de EFT&Burst, foi necessário basicamente um gerador de perturbações e um acoplador. Novamente, o ESE teve suas interfaces exercitadas e monitoradas de modo a se notar qualquer perda de funcionalidade durante os ensaios. Os ensaios devem ser executados de duas maneiras diferentes – uma para acoplamento das perturbações na alimentação (fase, neutro e terra) utilizando o próprio gerador de EFT/B e outra para acoplamento nas linhas de comunicação utilizando um *CLAMP* capacitivo.

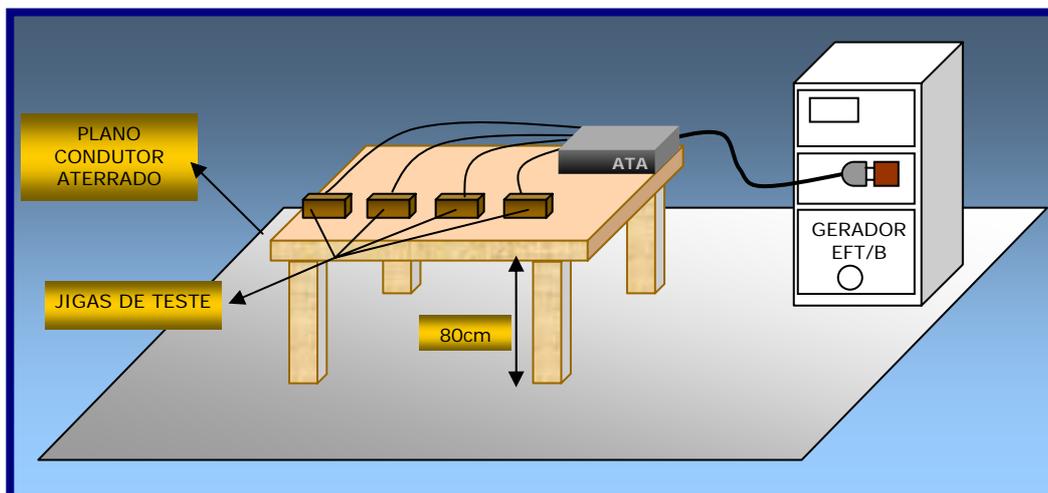


FIGURA A.5 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE EFT/B NO CABO DE ENERGIA

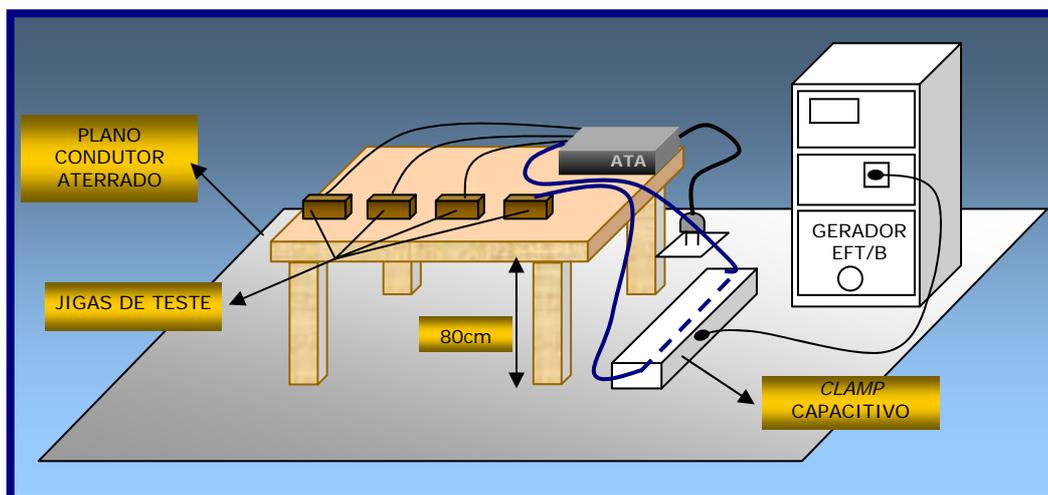


FIGURA A.6 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE EFT/B NO CABO DE COMUNICAÇÃO

Os equipamentos utilizados na montagem dos setups acima foram:

TABELA A.5 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	Gerador de EFT/B EMTesT	Simular transientes elétricos rápidos e burst.
2	<i>Clamp</i> Capacitivo	Possibilitar o acoplamento das perturbações aos cabos de telecomunicações.
3	Mesa Padrão	Suporte (não metálico) nos padrões das Normas.

#### A.6 – Imunidade a Surtos - (IEC61000-4-5)

O ensaio de imunidade a surtos foi realizado com dois setups diferentes – um utilizando uma CDN externa, para acoplamento em redes de telecomunicações e outro utilizando a rede de acoplamento/desacoplamento embutida no gerador de surtos, no caso do acoplamento ao cabo de alimentação do ESE.

A FIGURA A.7 mostra o setup do ensaio de surtos na linha de alimentação do equipamento.

A FIGURA A.8 mostra o setup do ensaio de surtos na linha de comunicação do ESE. O acoplamento do surto é realizado através de centelhadores a gás da CDN.

Os equipamentos utilizados na montagem dos setups abaixo foram:

TABELA A.6 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	Gerador de Surtos 1.2/50 $\mu$ s EMTesT	Simular surtos e acoplá-los à entrada de energia do equipamento.
2	Gerador de Surtos 10/700 $\mu$ s EMTesT	Simular surtos no formato 10/700 $\mu$ s para testes em linhas telecom.
3	Rede de acoplamento via centelhadores	Possibilitar o acoplamento das perturbações aos cabos de telecomunicações.
4	Mesa Padrão	Suporte nos padrões das Normas.

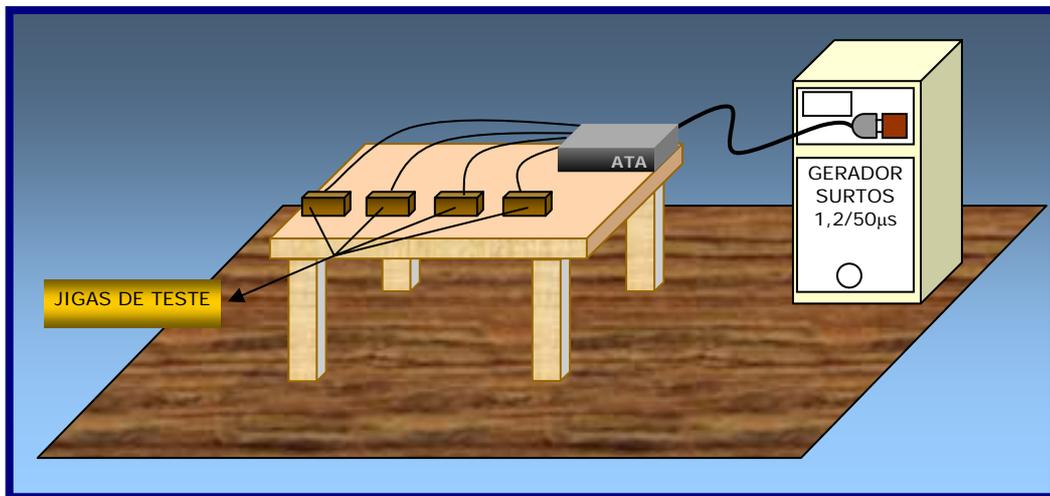


FIGURA A.7 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE SURTOS NO CABO DE ENERGIA

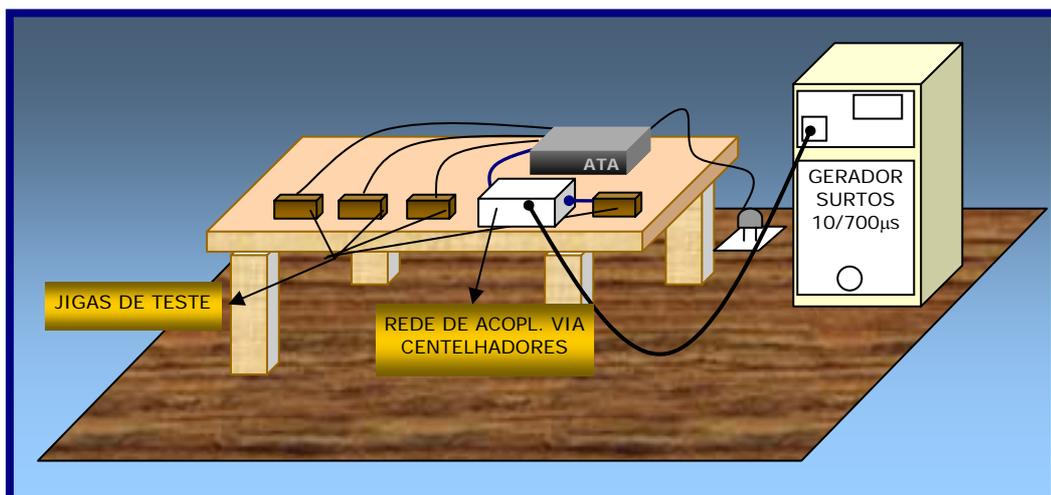


FIGURA A.8 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE SURTOS NO CABO COMUNICAÇÃO

### A.7 – Imunidade a RF Conduzida - (IEC61000-4-6)

---

Os ensaios de Imunidade Conduzida foram realizados utilizando-se, tanto para aplicação da perturbação no cabo de alimentação quanto no cabo de comunicação, CDN-M2 para alimentação e CDN-T2 para comunicação. A utilização de CDN quando possível é preferível[1] aos outros métodos pois sua perda de inserção é muito pequena.

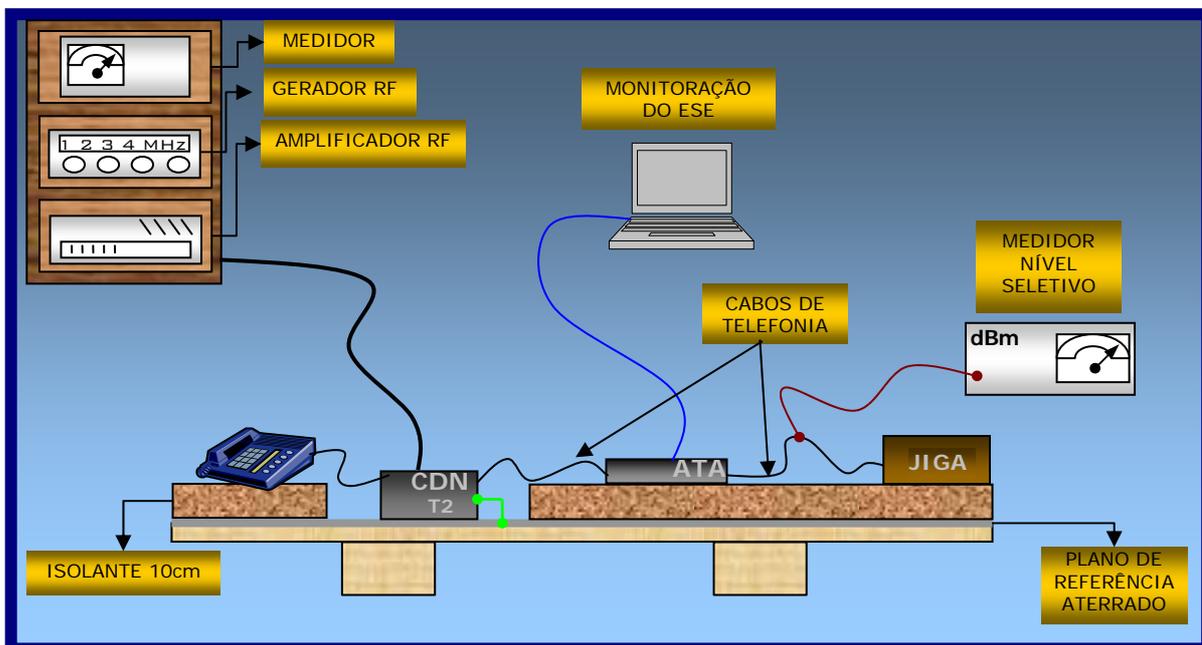


FIGURA A.9 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE IMUNIDADE CONDUZIDA NO CABO DE COMUNICAÇÃO

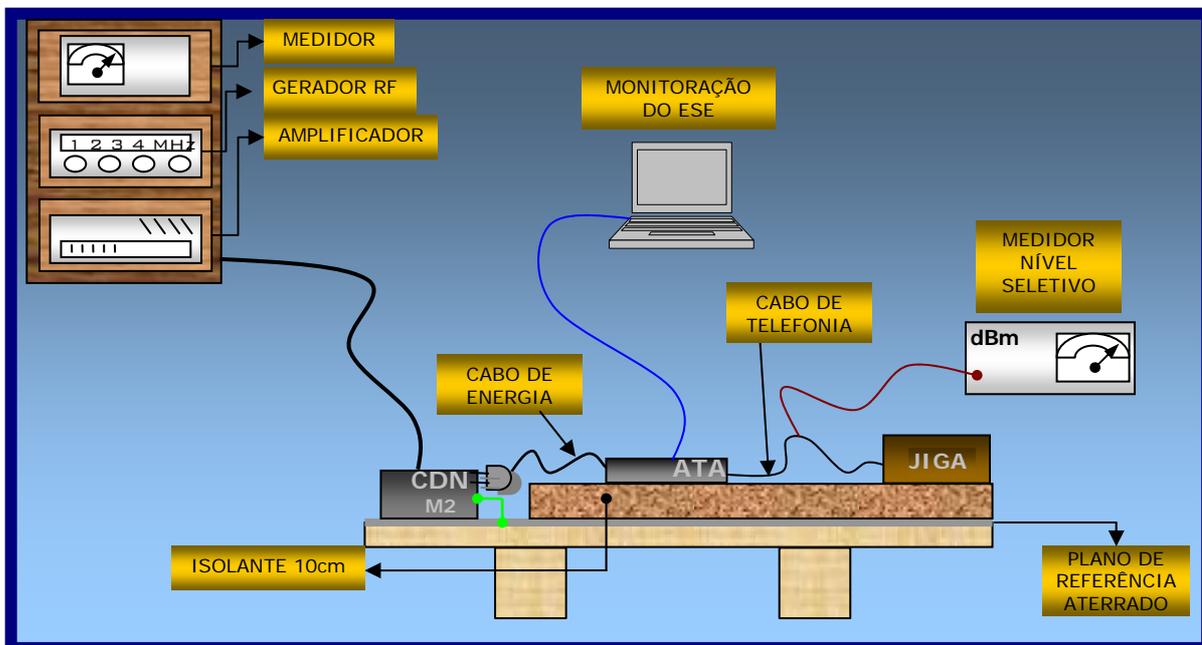


FIGURA A.10 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE IMUNIDADE CONDUZIDA NO CABO DE ENERGIA

Os equipamentos utilizados na montagem dos setups acima foram:

TABELA A.7 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

Número	Nome	Função
1	Medidor de Potência R&S	Medir a potência sendo gerada para a CDN.
2	Amplificador de RF Bonn Elektronik	Amplificar o sinal ao nível de ensaio.
3	Gerador de Sinal R&S	Gerar os sinais de RF de acordo com o especificado nas Normas.
4	Medidor de Nível Seletivo WG	Fazer a leitura do sinal de 1kHz desacoplado nos cabos de telecomunicações.
5	Rede de acoplamento e desacoplamento CDN-M2	Possibilitar o acoplamento das perturbações aos cabos de alimentação.
6	Rede de acoplamento e desacoplamento CDN-T2	Possibilitar o acoplamento das perturbações aos cabos de telecomunicações.
7	Mesa Padrão	Suporte nos padrões das Normas.
8	HCP	Plano de Acoplamento Horizontal.

### A.8 – Imunidade a Variações e Interrupções de Tensão - (IEC61000-4-11)

O ensaio de imunidade a variações e interrupções de tensão possui setup muitas possibilidades de variações. Consta basicamente de um equipamento capaz de controlar a alimentação de acordo com o especificado nas normas.

Para este ensaio, foi utilizado o seguinte setup:

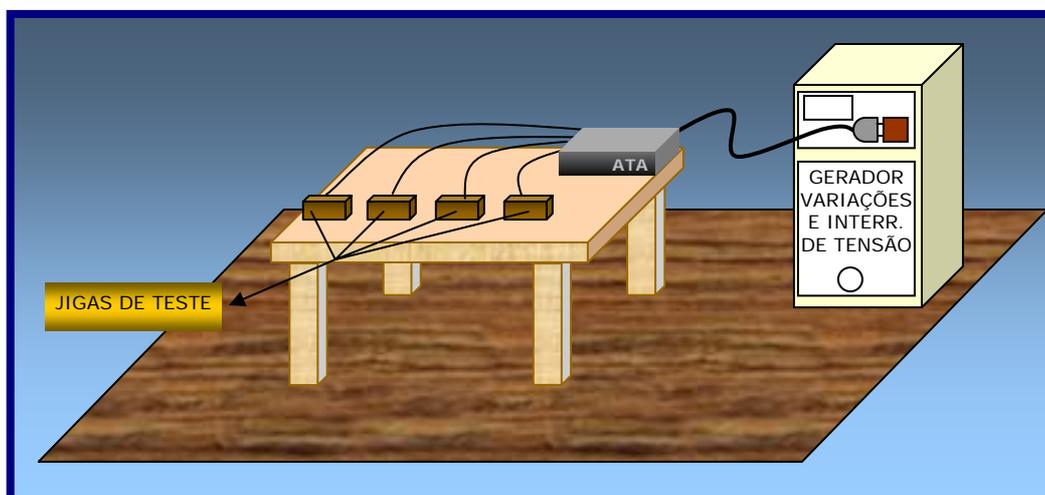


FIGURA A.11 – SETUP DE TESTES PARA ENSAIO DE VARIAÇÃO E INTERRUPTÃO DE TENSÃO

Os equipamentos utilizados na montagem do setup acima foram:

TABELA A.8 – LISTA DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NESTE ENSAIO

<b>Número</b>	<b>Nome</b>	<b>Função</b>
1	Gerador de Voltage Dips EMTest	Simular variações e interrupções na alimentação.
2	Mesa Padrão	Suporte (não metálico) nos padrões das Normas.

## *Anexo B*

### *Jigas de Teste*

---

#### **B.1 – Exercício das Interfaces do ATA**

---

O ATA em questão consta de 4 interfaces do tipo FXS. Cada interface tem uma identidade no ATA, estando associadas entre si da seguinte maneira:

TABELA B.1 – IDENTIDADES DAS INTERFACES DO ESE

<b>Interface</b>	<b>Identidade</b>
FXS1	0001
FXS2	0002
FXS3	0003
FXS4	0004

Para realizarem-se os ensaios, as quatro interfaces foram exercitadas conforme abaixo.

Estando o ESE energizado e com conexão de rede, estabelece-se uma chamada interna entre as interfaces FXS1 e FXS2. Em seguida estabelece-se uma chamada entre as interfaces FXS3 e FXS4.

Para ensaios de emissão e imunidade a RF conduzido e radiado, substitui-se os aparelhos telefônicos por resistores de 900 Ohms. Nos outros ensaios pode-se manter os aparelhos telefônicos.

A FIGURA B.1 mostra o sentido das chamadas neste ensaio.

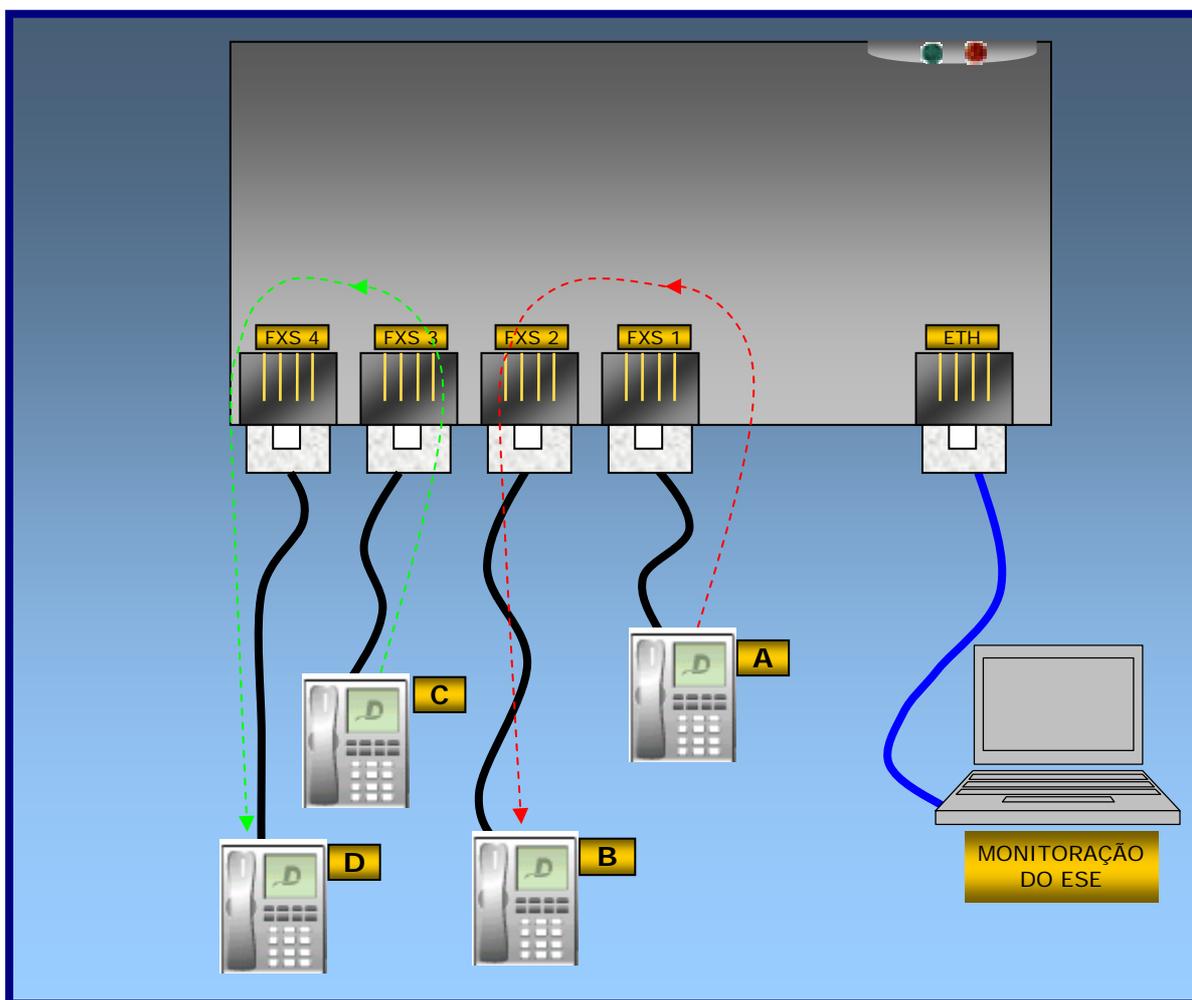


FIGURA B.1 – EXERCÍCIO DO ESE – SENTIDO DAS CHAMADAS (VISTA SUPERIOR DO ESE)

## B.2 – A Jiga de Teste de FXS

Durante alguns ensaios é necessário substituir um aparelho telefônico por uma jiga de teste que simule um aparelho telefônico, porém que não tenha os comportamentos de emissão de RF como um telefone. Para isso, foi utilizada uma jiga composta de um

resistor de 900 Ohms para ser colocada no lugar do aparelho telefônico durante o ensaio. O esquema da Jiga é o seguinte:

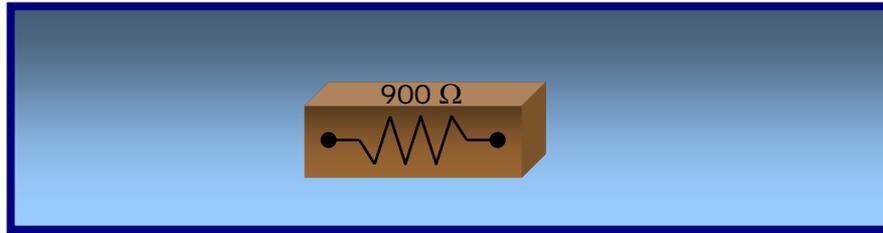


FIGURA B.2 – JIGA DE TESTES DE FXS

## *Anexo C*

### *Autorizações*

---

#### **C.1 – As Autorizações**

---

Como esta Dissertação de Mestrado envolve empresas privadas, as quais exploram comercialmente os produtos utilizados neste trabalho, foi solicitada a autorização para exibição de seus nomes, nomes de seus produtos e detalhamento parcial da tecnologia empregada nos equipamentos. Algumas das empresas que não puderam ser contatadas tiveram seus nomes substituídos por nomes fictícios que não permitem a identificação de seus nomes verdadeiros. O sigilo tecnológico é um aspecto respeitado neste trabalho.



### C.3 – Autorização da CEBRA

---

#### AUTORIZAÇÃO

Autorizamos George Luiz Aires Bittar a utilizar gratuitamente em sua dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, sob título "**DESENVOLVIMENTO E ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE UM ADAPTADOR DE TELEFONE ANALÓGICO ÀS NORMAS DE COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA**", sem ressarcimento de direitos autorais, os seguintes itens:

1. O nome CEBRA e sua Logomarca como referência à CEBRA Conversores Estáticos Brasileiros LTDA.
2. O equipamento Fonte de Alimentação com características de entrada: 93-250V~ e de saída: 6V<sub>dc</sub> para ensaios com um Adaptador de Telefone Analógico, assim como os resultados destes ensaios.X-X

X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X-X

Florianópolis, 21 de Novembro de 2005



CEBRA Conversores Estáticos Brasileiros Ltda.

ADRIANO F. M. C.

## Referências Bibliográficas

---

- [01] MONTROSE, Mark I.; NAKAUCHI, Edward M. *Testing for EMC Compliance – Approaches and Techniques*. IEEE Press. Wiley-Interscience, 2004.
- [02] WILLIAMS, Tim. *EMC for Product Designers*. Second Edition. Newnes, 1996.
- [03] PAUL, Clayton R. *Introduction to Electromagnetic Compatibility*. Wiley-Interscience, 1992.
- [04] BASTOS, J. P. A. *Eletromagnetismo e Cálculo de Campos*. 2ª Edição. Editora da UFSC, 1992.
- [05] SADIKU, M.N.O. *Elements of Electromagnetics*. 3<sup>rd</sup> Edition. Oxford University Press, 2001.
- [06] WILLIAMS, T.; ARMSTRONG, K. *EMC Testing Part 1 – Radiated Emissions*, EMC Compliance Journal, 2001.
- [07] WILLIAMS, T.; ARMSTRONG, K. *EMC Testing Part 2 – Conducted Emissions*, EMC Compliance Journal, 2001.
- [08] WILLIAMS, T.; ARMSTRONG, K. *EMC Testing Part 3 – Fast Transient Burst, Surge Electrostatic Discharge*, EMC Compliance Journal, 2001.
- [09] WILLIAMS, T.; ARMSTRONG, K. *EMC Testing Part 4 – Radiated Immunity*, EMC Compliance Journal, 2001.
- [10] WILLIAMS, T.; ARMSTRONG, K. *EMC Testing Part 5 – Conducted Immunity*, EMC Compliance Journal, 2001.
- [11] COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES. *Information Technology Equipment – Radio Disturbance Characteristics – Limits And Methods Of Measurement*, CISPR 22, 1997.
- [12] COMITÉ INTERNATIONAL SPÉCIAL DES PERTURBATIONS RADIOÉLECTRIQUES. *Information Technology Equipment – Radio Disturbance Characteristics – Limits And Methods Of Measurement*, CISPR 24, 1997.

- [13] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC Publication*, 61000-4-2, 1995.
- [14] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*, 61000-4-3, 1995.
- [15] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques - Section 4: Electrical fast transient/burst immunity test – Basic EMC Publication*, 61000-4-4, 1995.
- [16] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques - Section 5: Surge Immunity Test*, 61000-4-5, 1996.
- [17] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques - Section 6: Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*, 61000-4-6, 1995
- [18] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques - Section 11: Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*, 61000-4-11, 1994.
- [19] FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION INTERNATIONAL. *Part 15 – Radio Frequency Devices*, CFR47, 2005.
- [20] DIGITRO TECNOLOGIA LTDA. *ATA – Manual do Usuário*, 2005.
- [21] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, *Regulamentação para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética*. Anexo da Resolução nº237, 2000.
- [22] AUSTRALIAN COMMUNICATIONS AUTHORITY. *Electromagnetic Compatibility – Information for suppliers of electrical and electronic products in Australia and New Zealand*, 2003.
- [23] Niccolini, Saverio et al. *IP Telephony CookBook*. 1st Edition, TERENA, 2004.
- [24] NASCIMENTO, J. Q. *Uma História das Comunicações*. Teleco – Informação em Telecomunicações, 2005.
- [25] FILHO, H. B. *Telefonia IP*. Teleco – Informação em Telecomunicações, 2003.
- [26] PROMON & TECHNOLOGY REVIEW. *Voz Sobre IP – A Revolução na Telefonia*. São Paulo: Número 5-Ano 3, 2003.

- [27] MULLINEAUX, Thomas. *Using GTEM Cell for Immunity Testing*. EE-Evaluation Engineering([http://www.evaluationengineering.com/archive/articles/0205/0205using\\_gtem.asp](http://www.evaluationengineering.com/archive/articles/0205/0205using_gtem.asp)), 2005.
- [28] GUBISH, R. W. *Inside FCC Part 15 and Canada's Corresponding Standards. Compliance Engineering Reference Guide* (<http://www.ce-mag.com>), 1999.
- [29] ASSESSORIA DE IMPRENSA DA ANATEL, *Notícia*, Brasília: Março 2005.
- [30] BITTAR, G; RAIZER, A. *A Compatibilidade Eletromagnética em Equipamentos de Telecomunicações no Cenário Nacional*. XXII Simpósio Brasileiro de Telecomunicações – SBrT'05, Campinas-SP, 2005.
- [31] GLOBAL CROSSING COMPANY. *Web Site*. <http://www.globalcrossing.com/> .
- [32] INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. *Information Technology Equipment - Safety – Part 1: General Requirements*, 60950-1, 2001.
- [33] THE PMM COMPANY. *Web Site*. <http://www.pmm.it>.
- [34] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO, <http://www.iso.org/iso/en/aboutiso/introduction/index.html#one> .
- [35] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, <http://www.abnt.org.br/> .
- [36] WILLIAMS, Tim. *Using Ferrites For Interference Suppression*. Elmac Services, 2000.
- [37] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, *Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações*. Anexo da Resolução nº242, 2000.
- [38] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES, *Regulamento para Certificação de Equipamentos de Telecomunicações Quanto aos Aspectos de Segurança Elétrica*.. Anexo da Resolução nº238, 2000.
- [39] SMITH, Douglas. NAKAUCHI, Ed. *ESD Immunity in System Design, System Field Experiences and Effects of PWB Layout*. EOS/ESD Symposium Proceedings. pp 48-53, USA, 2000.
- [40] ELMAC SERVICES. *Designing for EMC*. IEE EMC for Small Business. London, 1997.
- [41] WILLIAMS, Tim. *Controlling Ressonances in PCB-Chassis Structures*. EMC Europe 2002 – International Symposium on EMC. Sorrento, Italy, pp 305-310, 2002.
- [42] ETS LINDGREEN. *Web Site*. <http://www.etslindgren.com/>.
- [43] ROHDE & SCHWARTZ. *Web Site*. <http://www.rohde-schwarz.com/>.
- [44] USA ARMED FORCES MOTTOS. *Famous Latin Quotations, Translations, Phrases, Latin to English, Quotes, Sayings Web Site*. <http://miljokes.com/lqote.html>.
- [45] DIREITO AUTORAL. *Web Site*. <http://www.direitoautor.com.br> .
- [46] ALMEIDA, C. *Propriedade Intelectual*. <http://www.custodio.com.br/artigos/> .