



ANHANGUERA EDUCACIONAL LTDA.

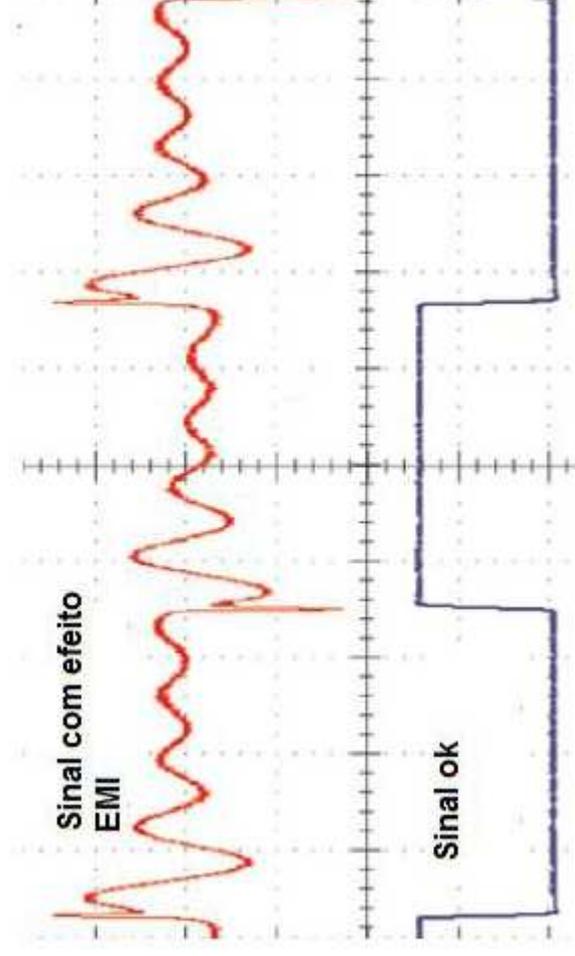
ENGENHARIA ELÉTRICA

Compatibilidade e interferência Eletromagnética

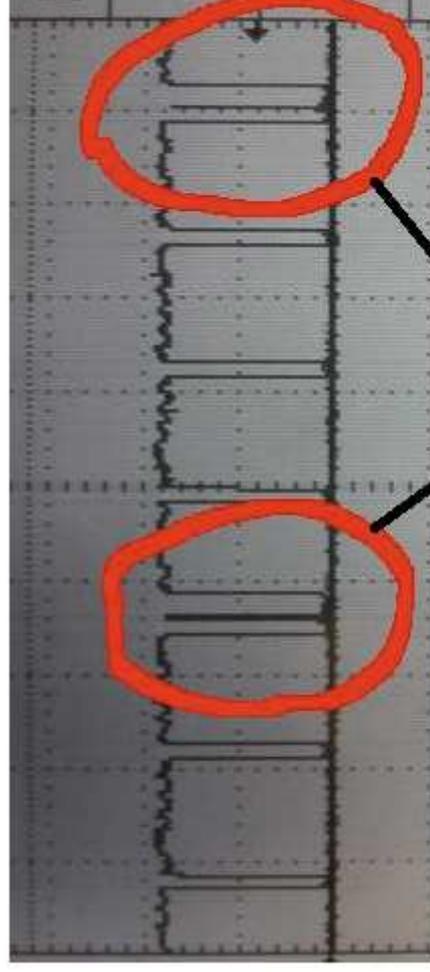
PROF.: Eng. Tadeu Carvalho Jr.

2º Semestre, 2016

INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA - IEM:



INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA – IEM:



Ruído por acoplamento indutivo

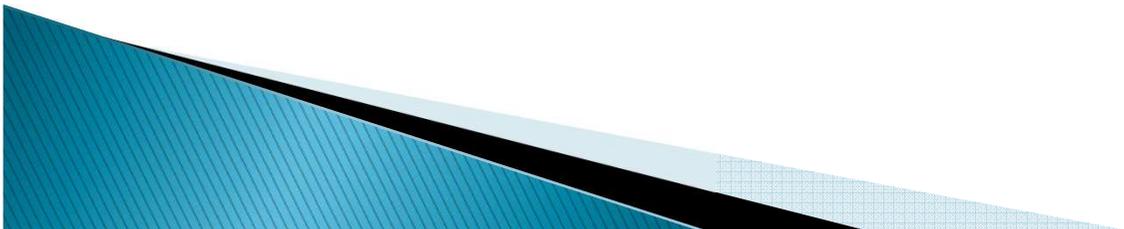


AMBIENTE ELETROMAGNÉTICO:

- ▶ É a totalidade ou conjunto de fenômenos eletromagnéticos existentes em uma determinada localidade.
- ▶ Observação:
 - ▶ O ambiente eletromagnético prático, em geral, é variante no tempo.

DISTÚRPIO ELETROMAGNÉTICO:

- ▶ Qualquer fenômeno eletromagnético que possa degradar a performance de um dispositivo, equipamento ou sistema.



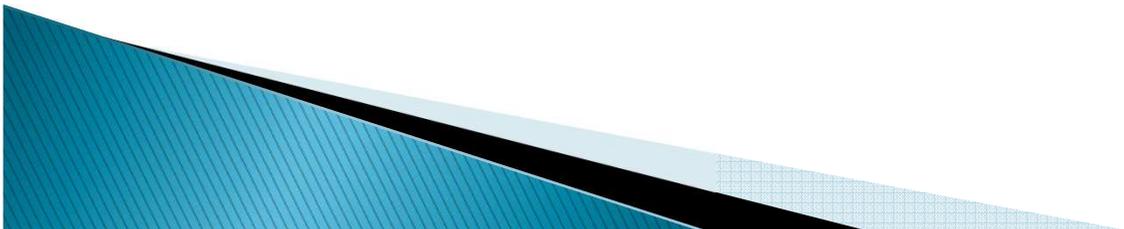
EMISSÃO ELETROMAGNÉTICA:

- ▶ Fenômeno pelo qual a energia eletromagnética é originada pela sua fonte .



IMUNIDADE ELETROMAGNÉTICA:

- ▶ Característica de um dispositivo, equipamento ou sistema de operar sem degradação, mesmo na presença de distúrbios eletromagnéticos.



SUSCEPTIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA:

- ▶ Tendência de um equipamento de ser influenciado por distúrbios eletromagnéticos,
- ▶ Está relacionado à falta de proteção para operar na presença de distúrbios Eletromagnéticos.
- ▶ Observação:
 - O inverso de imunidade.

IEM – exemplos de proteção:

- ▶ Componentes especiais para EMC (filtros, protetores etc),
- ▶ Projetos de placas de circuitos impressos,
- ▶ Projeto de blindagens,
- ▶ Técnicas de aterramento (equipamentos, sistemas, salas de telecomunicação, interação com a rede de alimentação etc),
- ▶ Técnicas especiais de software,
- ▶ **NORMATIZAÇÃO**

IEM– Medições:

- ▶ O grau de interferência gerado pelo equipamento é medido em decibel (dB), dado por função logaritmica de base 10:

$$dB_{ruído} = 20 \log_{10} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)$$

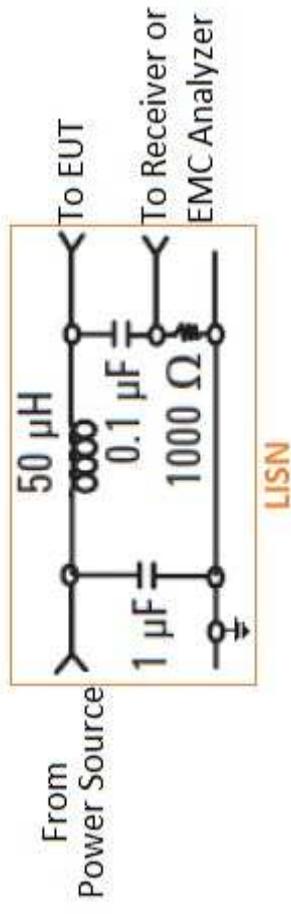
- ▶ Onde:
 - V_1 = a queda de tensão provocada pelo sinal de ruído em uma resistência de 50 Ohms.
 - V_2 = Tensão de referência

Observação : o nível de ruído usual é em “ dB/uV ”.

LINS: Line Impedance Stabilization Network

- ▶ Linha de Rede de Estabilização de Impedância: dispositivo usado em testes de emissão e de susceptibilidade de radiofrequência conduzida e irradiada, conforme padrões de teste EMI e EMC.
- ▶ É um filtro “low-pass” normalmente colocado entre uma fonte de alimentação CA ou CC e equipamento em teste, para criar uma impedância conhecida e proporcionar a de medição de ruído de frequência de rádio (RF).

LINS: Line Impedance Stabilization Network

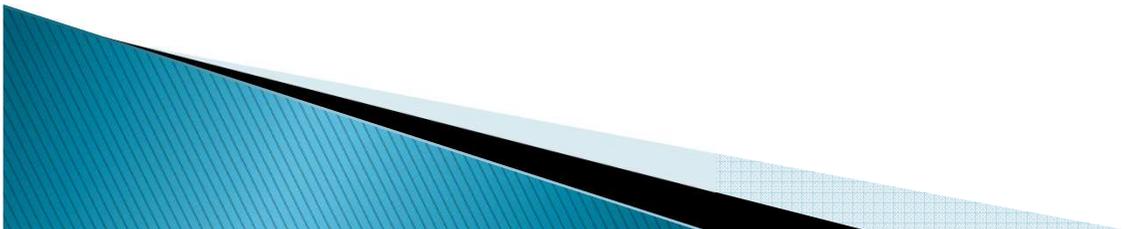


Normas de Compatibilidade Eletromagnética :

- ▶ **FCC: Federal Communications Commission**
- ▶ Atuação nos Estados Unidos;
- ▶ Normatiza os equipamentos eletrônicos.
 - Part 15: dispositivos de rádio frequência.
 - Part 18: equipamentos industriais, científicos e médicos (ISM).
 - Part 68: equipamentos terminais conectados à rede telefônica.

Normas de Compatibilidade Eletromagnética :

- ▶ **CENELEC: Comitê Europeu de Normatização Eletrotécnica**
- ▶ Atua em conjunto com Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações (ETSI), e com o Comitê Europeu de Normatização (CEN)..



Normas de Compatibilidade Eletromagnética :

- ▶ IEC: Comissão Internacional de Eletrotécnica
 - Abrangência: internacional
 - Criação: 1906
 - Sede: Genebra, Suíça

- ▶ CISPR: Comitê Internacional Especial de Perturbações Radioelétricas
 - Criação: 1934
 - Compõe o IEC.

Normas de Compatibilidade Eletromagnética :

- ▶ **CISPR: Comitê Internacional Especial de Perturbações Radioelétricas**
 - Norma IEC CISPR 14-1 (Compatibilidade Eletromagnética – Requisitos para Eletrodomésticos, Ferramentas Elétricas e Dispositivos Similares – Parte 1: Emissão). Esta norma é aplicada aos distúrbios de rádio frequência por emissão conduzida e radiada de aparelhos cujas principais funções são executadas por motores, comutação ou por dispositivos reguladores, tais como: eletrodomésticos, ferramentas elétricas, controladores utilizando dispositivos reguladores semicondutores, eletromédicos, eletroeletrônicos, brinquedos eletrônicos, bem como os projetores de cinema e slides.

Normas de Compatibilidade Eletromagnética :



- ▶ ANATEL: Agência Nacional de Telecomunicações
- ▶ Agência Reguladora no setor de Telecomunicações no Brasil.

- ▶ LEI 9.472/97:
 - Art. 5º. disciplinar as relações econômicas no setor de telecomunicações;
 - Art. 19. adotar medida de interesse público e desenvolvimento das telecomunicações;
 - XIII– expedir ou reconhecer a certificação de produtos, observados os padrões e normas por ela estabelecidos;
 - XIV – expedir normas e padrões que assegurem a compatibilidade, a operação integrada e a interconexão de redes, abrangendo inclusive os equipamentos terminais.

Normas de Compatibilidade Eletromagnética :



Agência Nacional
de Vigilância Sanitária

- ▶ **ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária.**
 - Regulamenta o setor eletromédico
 - Adota normas do IEC na ABIMO E ABIMED.



Normas de Compatibilidade Eletromagnética :



- ▶ **INMETRO:** Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
 - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro – é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

Normas de Compatibilidade Eletromagnética :



- ▶ **INMETRO** → **Sinmetro**: órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro).

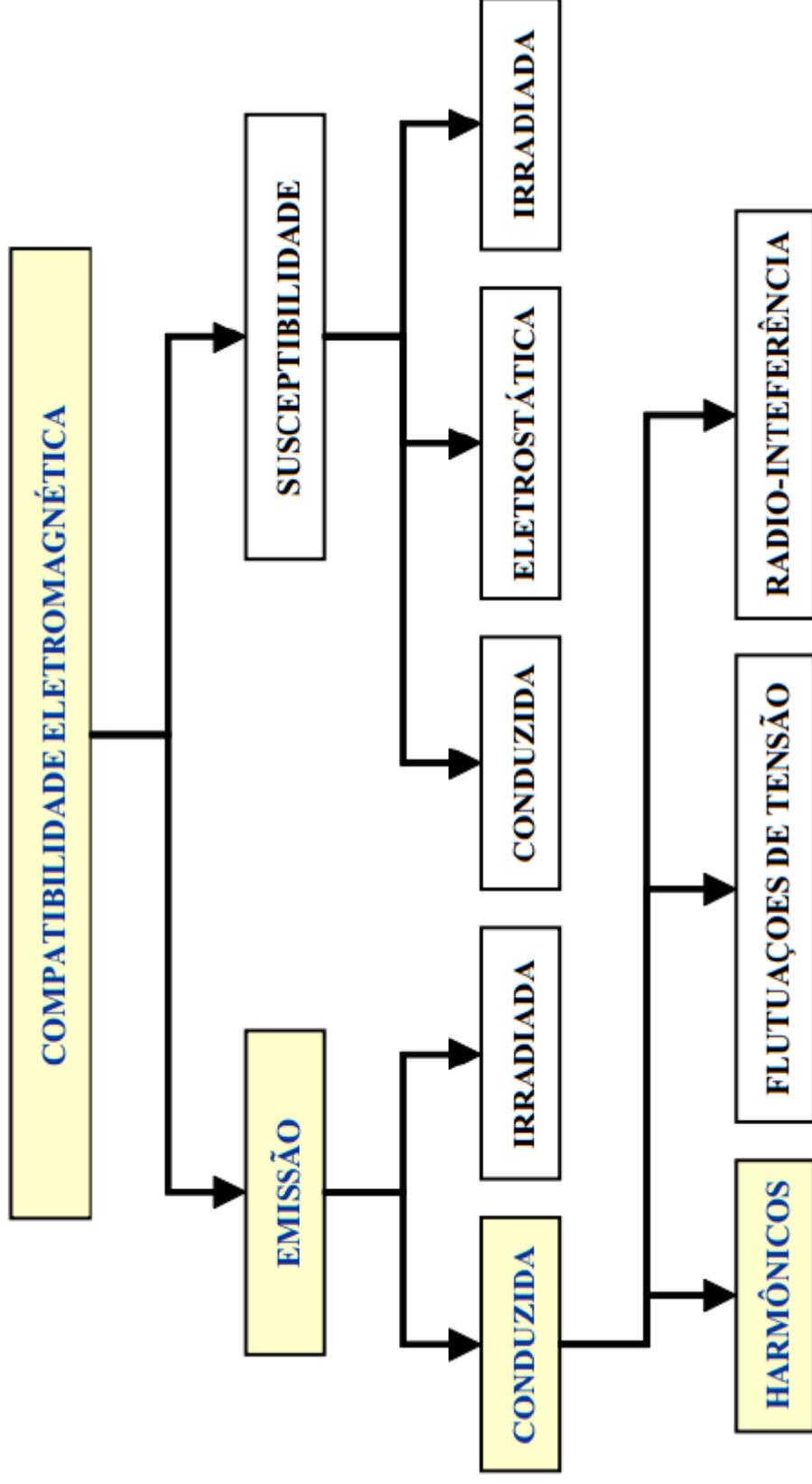
- ▶ Dentre as organizações que compõem o Sinmetro, as seguintes podem ser relacionadas como principais:
 - Conmetro e seus Comitês Técnicos
 - Inmetro
 - Organismos de Certificação Acreditados, (Sistemas da Qualidade, Sistemas de Gestão Ambiental, Produtos e Pessoal)
 - Organismos de Inspeção Acreditados
 - Organismos de Treinamento Acreditados
 - Organismo Provedor de Ensaio de Proficiência Credenciado
 - Laboratórios Acreditados – Calibrações e Ensaios – RBC/RBLE
 - Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT
 - Institutos Estaduais de Pesos e Medidas – IPEM
 - Redes Metrológicas Estaduais

Normas de Compatibilidade Eletromagnética :



- ▶ Compatibilidade Eletromagnética
 - Emissões radiadas (CISPR)
 - Emissões Conduzidas (CISPR)
 - Suscetibilidades radiadas (IEC 61000)
 - Imunidade de emissão eletromagnética radiada
 - Suscetibilidades conduzidas (IEC 61000)
 - Descarga eletrostática
 - Imunidade para ruído conduzido
 - Transientes elétricos rápidos
 - Surtos
 - Interrupções rápidas e variações de tensão

EMC – categorias:



EMISSÕES CONDUZIDAS: Classes A e B, segundo a Resolução 442 – Anatel.

- ▶ Equipamento classe A: equipamento com características próprias para instalação em estações de telecomunicações. Estes equipamentos podem causar problemas de radiointerferência se instalados em ambientes ou áreas residenciais.
- ▶ Equipamento classe B: equipamento destinado ao uso em ambiente doméstico ou residencial com características próprias para as instalações do usuário, para a instalação em redes de acesso ou para situações de local não fixo de uso (exemplos: equipamento portátil alimentado por baterias). Estes equipamentos podem ser utilizados em estações de telecomunicações.

EMISSÕES CONDUZIDAS:

- ▶ Limites de emissão conduzida nos terminais de alimentação, conforme a norma CISPR.
- ▶ Frequencia: 150 Hz ~ 30Mhz

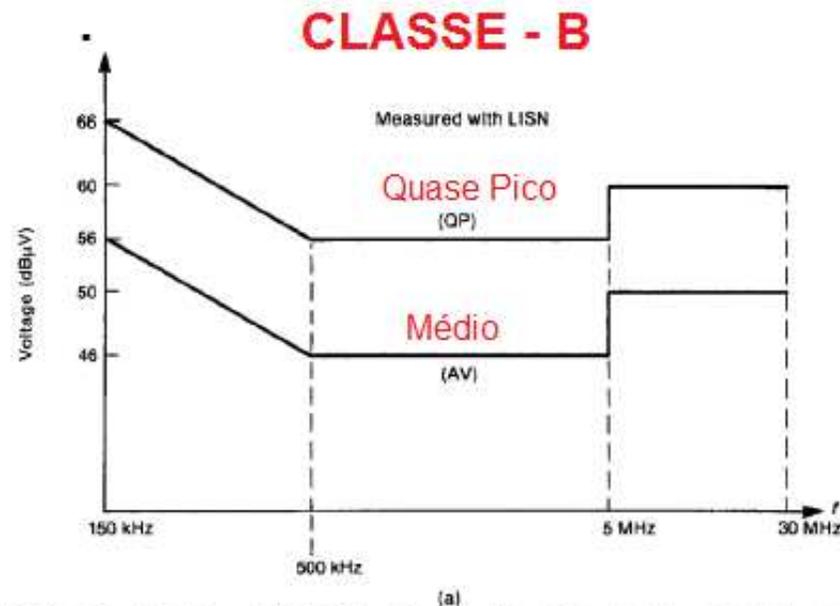
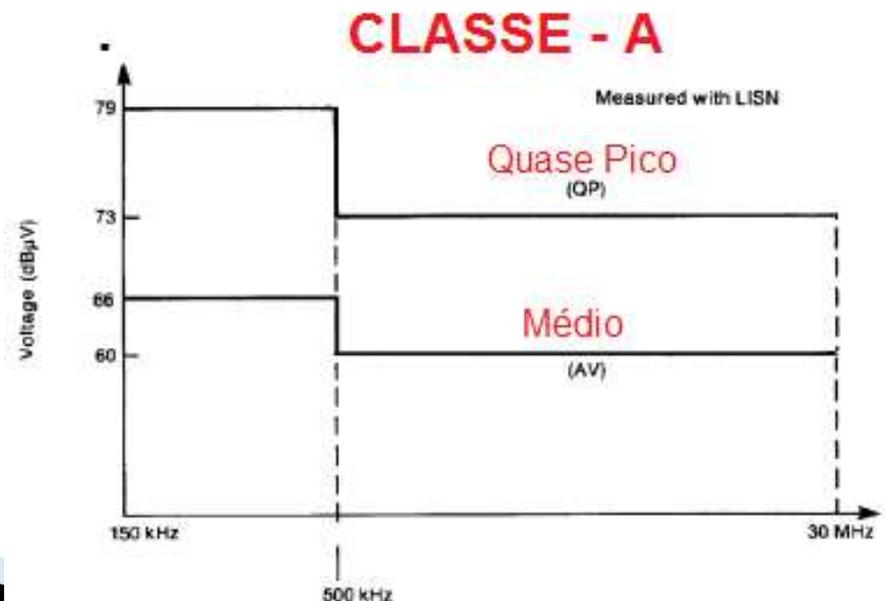


FIGURE 2.1 The FCC and CISPR 22 conducted emission limits: (a) Class B; (b) Class A.

EMISSÕES CONDUZIDAS:

- ▶ Limites de emissão conduzida nos terminais de alimentação, conforme a norma CISPR.
- ▶ Frequencia: 150 Hz ~ 30Mhz



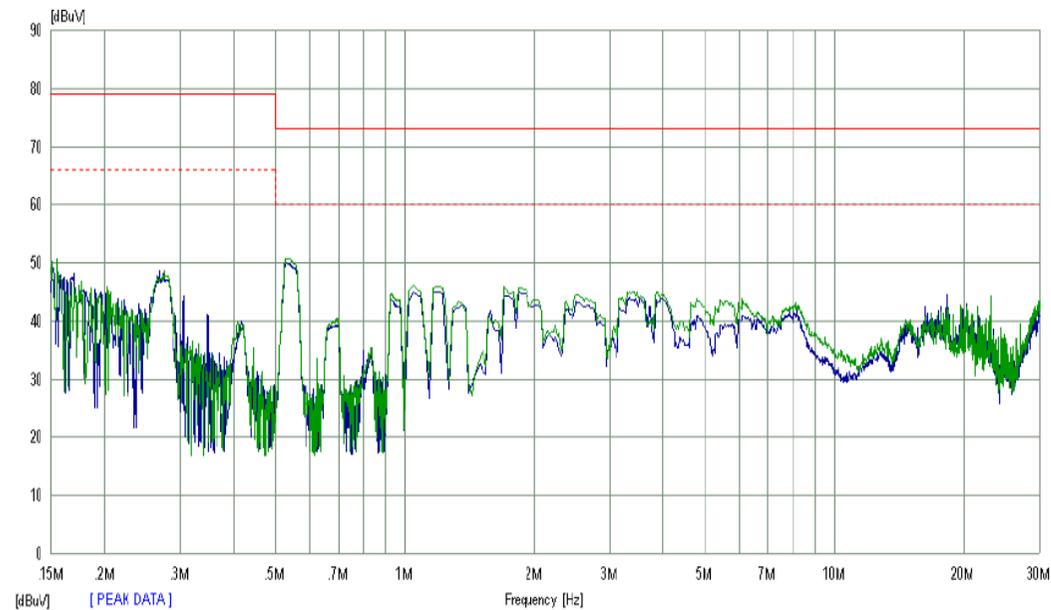
EMISSIONES CONDUZIDAS:

- ▶ Exemplo testes em laboratório.



EMISSIONS CONDUZIDAS:

- ▶ Exemplo de relatório.



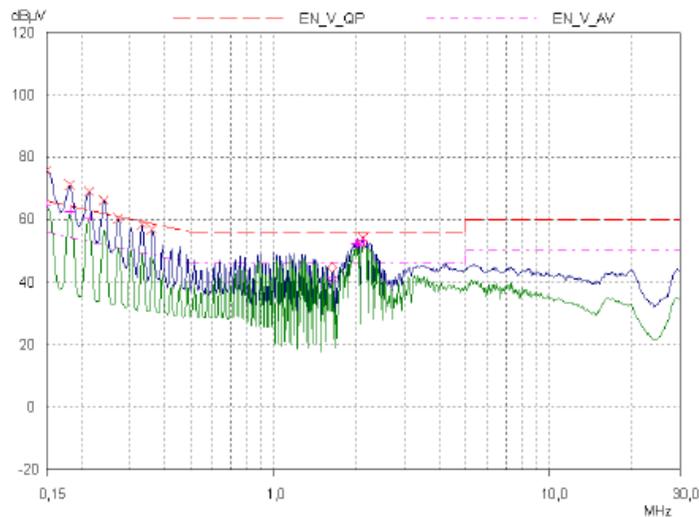
EMISSÕES CONDUZIDAS:

- ▶ Exemplo testes em laboratório.

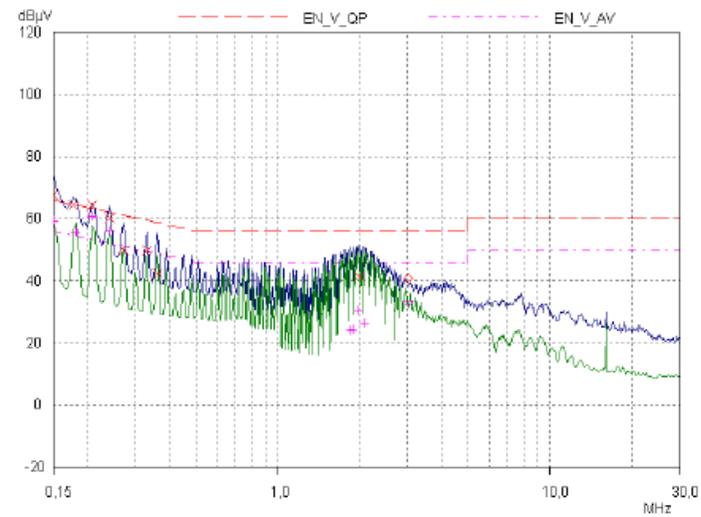


EMISSIONES CONDUZIDAS:

- ▶ Exemplo relatório.



a



b

Conducted EMI for a Flyback converter with $R_{gate}=100R$ (a) e $R_{gate}=470R$ (b).

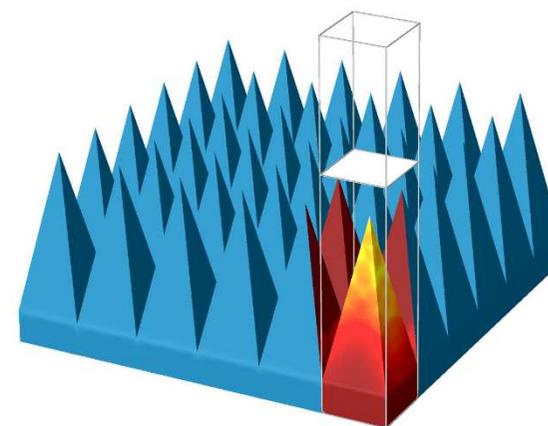
EMISSÕES RADIADAS:

- ▶ São relacionadas com os campos elétricos e magnéticos, radiados pelo equipamento e que interferem em outros equipamentos.
- ▶ A faixa de frequência para as emissões radiadas começa em 30 MHz e se estende até 1 GHz (CISPR).
- ▶ Verificação de conformidade é feita medindo-se os campos elétricos radiados numa câmara semianecóica.

EMISSÕES RADIADAS:



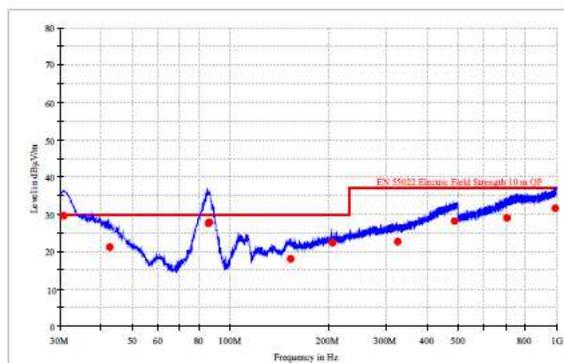
Câmara semi-anecóica



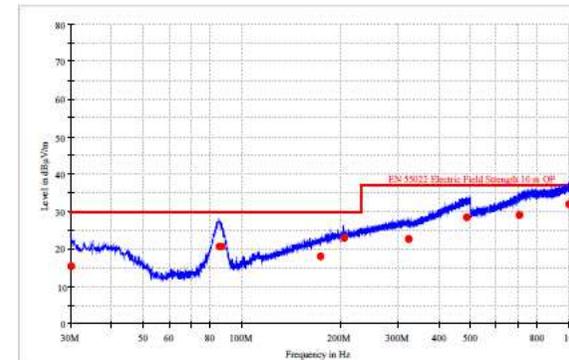
Material Absorvedor de Energia.

EMISSÕES RADIADAS: Nível de emissão

- ▶ O controle do nível das emissões radiadas, é mais complexo que o de emissões conduzidas, pois a distribuição dos campos radiados não são uniformes e seus níveis de frequência e energia são diversos.



a



b

Radiated EMI for a Flyback converter with $R_{gate}=100R$ (a) e $R_{gate}=470R$ (b).

IEM em Eletrônica de Potência.

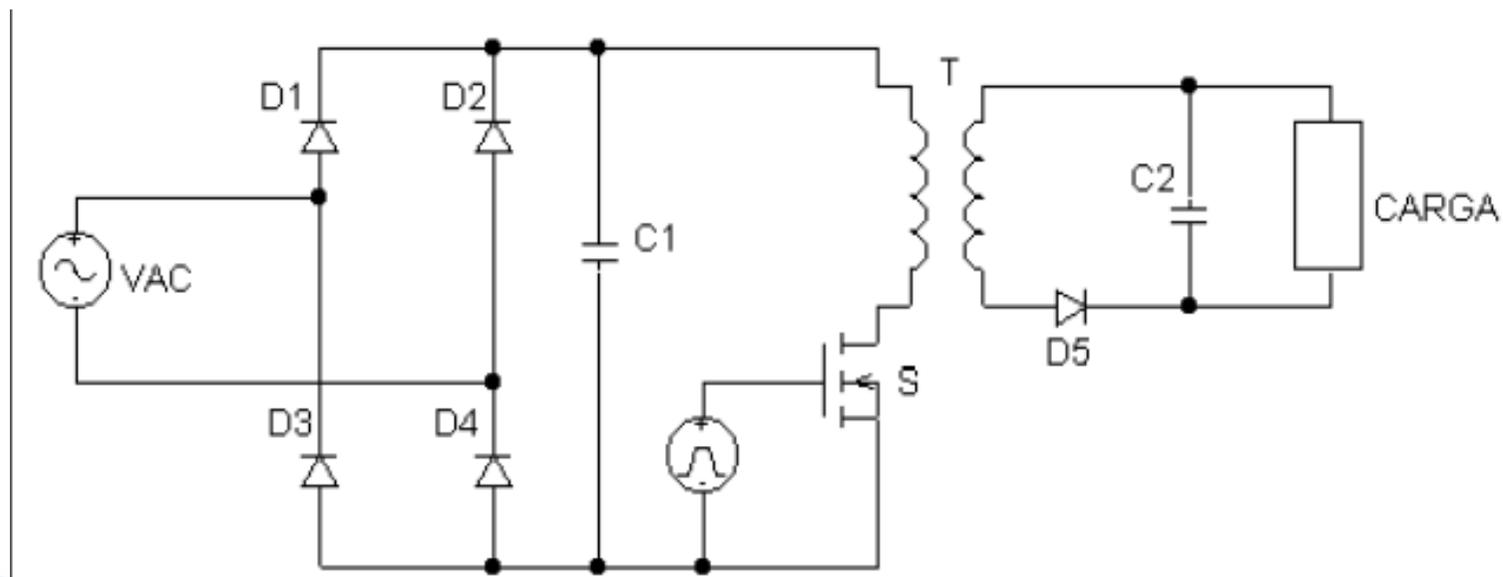
- ▶ Muitos equipamentos eletro-eletrônicos são alimentados por rede CA (60hz), através de conversores estáticos (SMPS – Switched Mode Power Supply).
- ▶ Geralmente converte e transfere energia da rede por meio de comutação em frequências de 20kHz à 100kHz, sendo que a energia é armazenada em um indutor e capacitor e após é transferida para a carga.
- ▶ Os elementos de comutação, em geral são por meio de Diodos, Transistores, Mosfet's, IGBT's.

IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Basicamente um conversor estático (CA-CC) é constituído por um estágio retificador e um conversor CC-CC, conectados a filtros Capacitivos e/ou Indutivos.
- ▶ No estágio de retificação do conversor CC-CC, temos semicondutores que comutam correntes e tensões em alta frequência, sendo que estas ALTAS FREQUENCIAS, produzem distúrbios que podem ou não propagar-se pelos circuitos (conduzida) ou pelo ar (radiada).

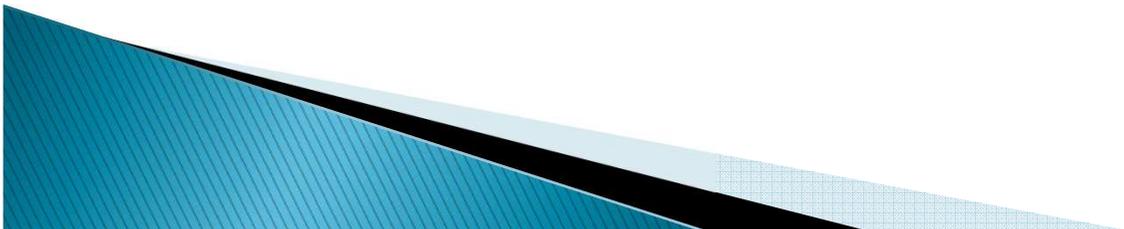
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Abaixo é demonstrado uma fonte CA-CC na configuração Flyback.



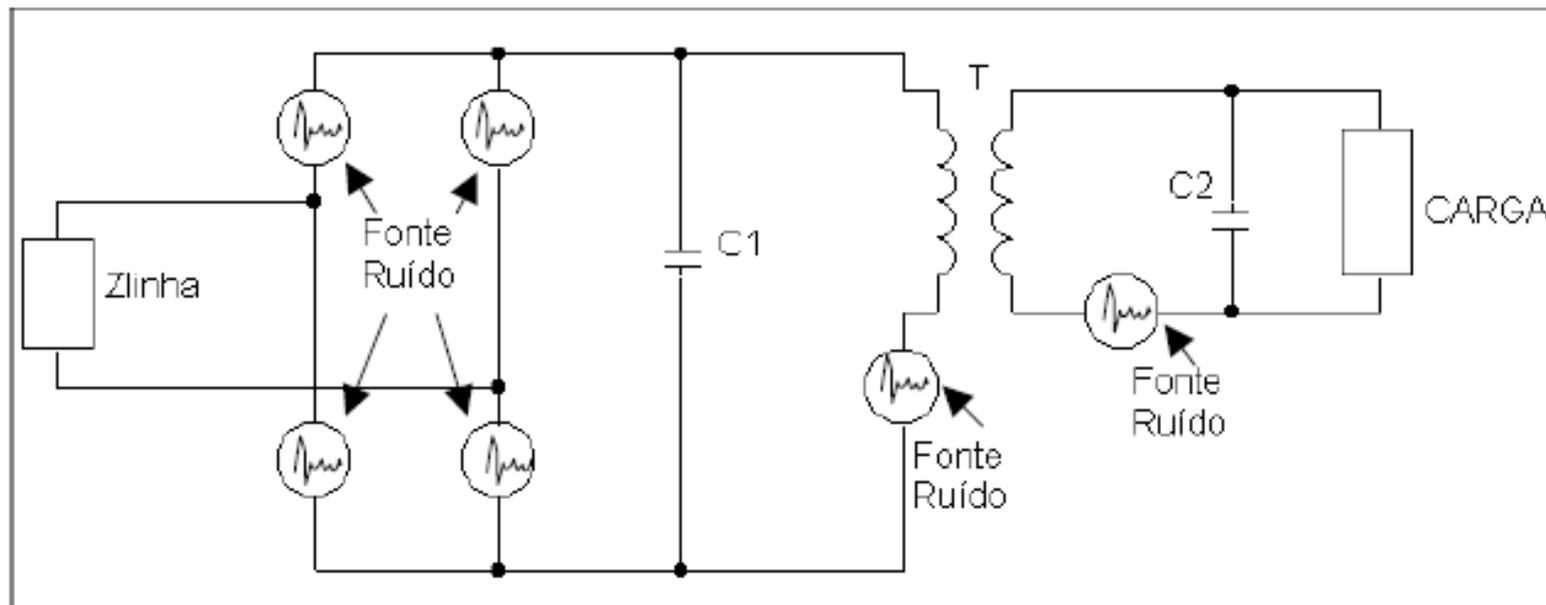
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Conforme as características de operação (PWM) da fonte, nos semicondutores apresentam acréscimo de corrente e tensão simultâneos, ocasionando picos de energia, provocando o aumento de EMI.
- ▶ Normalmente os semicondutores são considerados fontes de ruído, juntamente com o transformador.



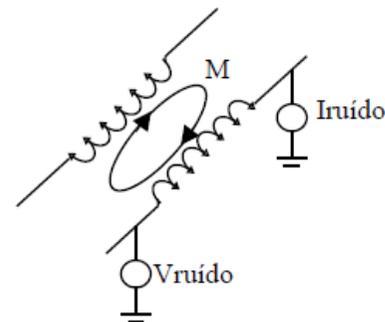
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Conversor Flyback: os semicondutores são as fontes de ruído. Os semicondutores tem características de operação diferente, e produzem IEM com frequências e amplitudes diferentes.



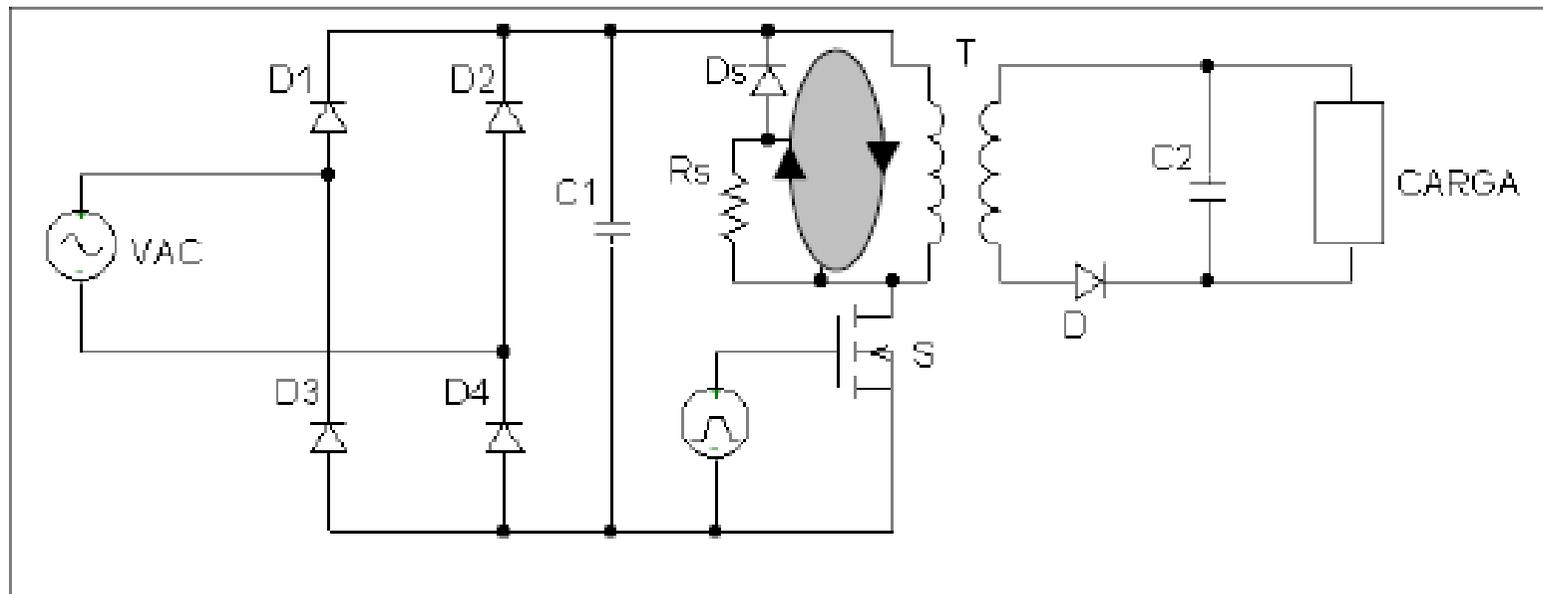
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ As indutâncias parasitas e de acoplamento, surgem em geral em trilhas ou transformadores com o acoplamento indutivo (magnético).
- ▶ Como $X(\text{ind}) = 2 * \pi * f * L$, as IEM da tensão aumentam com a frequência.
- ▶ Caminhos fechados (loops), indutores toroidais e transformadores, geram IEM significativa dependendo da corrente, e podem também atuar como antenas na recepção de ruídos.



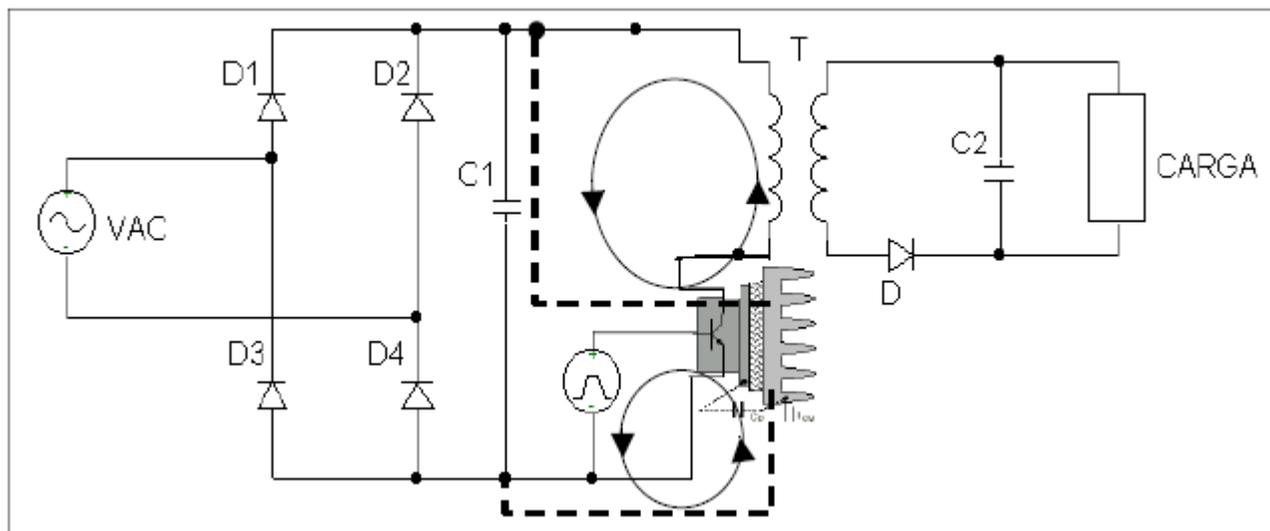
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Como evitar a emissão de IEM, em conversores CA-CC.
 - Uso de Grampeadores de Tensão SNUBBERS



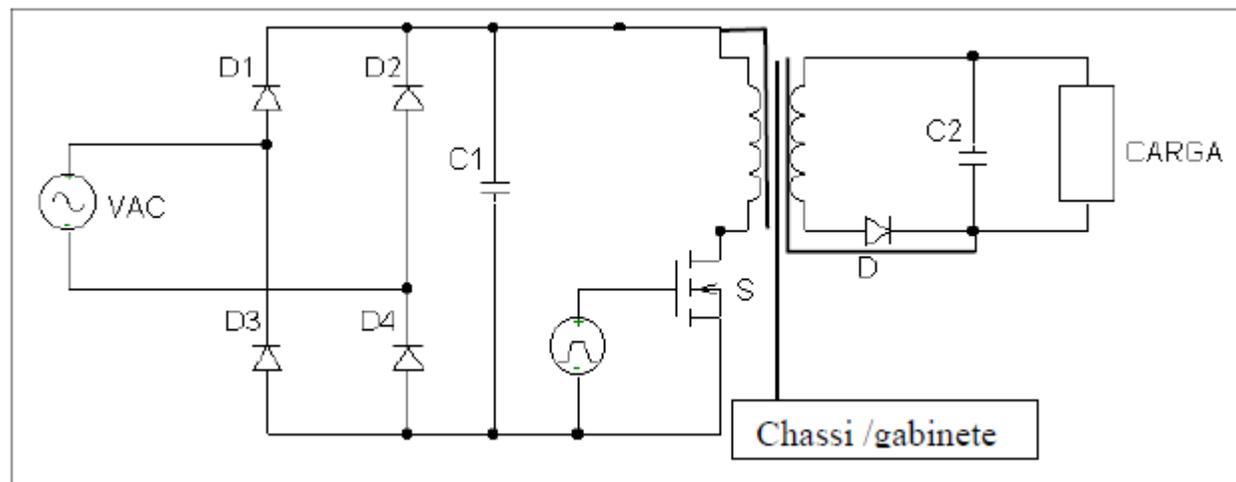
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Como evitar a emissão de IEM, em conversores CA-CC.
 - Os Dissipadores, devem ser conectados a 0Vcc (e não ao terra ou não conectado, pois os ruídos são transportados a terra ou o Dissipador pode virar uma antena).



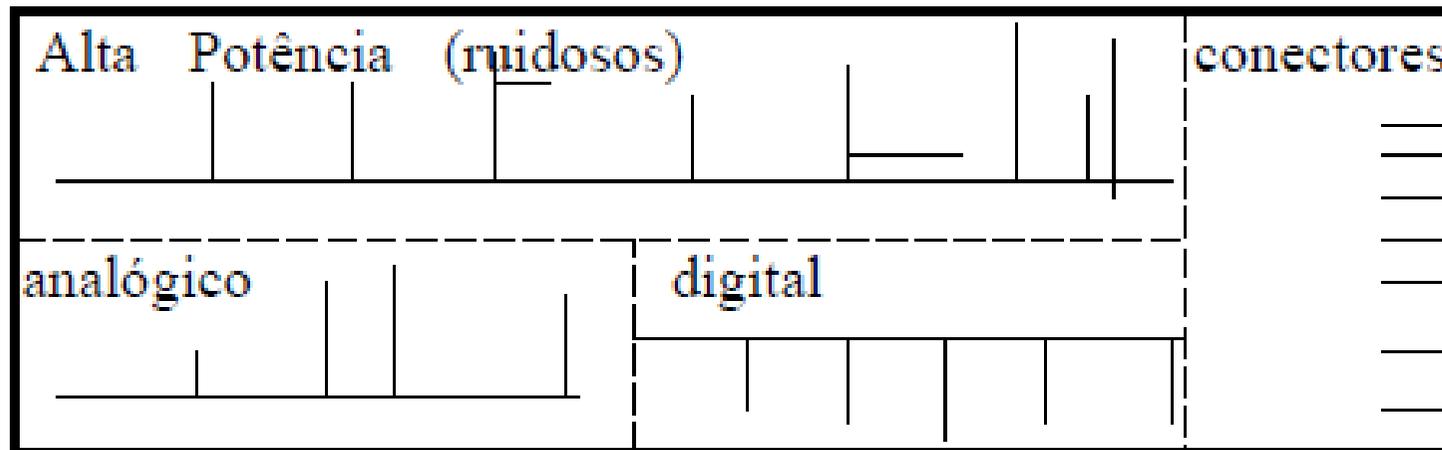
IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Como evitar a emissão de IEM, em conversores CA-CC.
 - Uso de cintas metálicas para minimizar os ruídos de modo comum (parasitas ou acoplamentos), conectados ao chassi do equipamento.



IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Como evitar a emissão de IEM, em conversores CA-CC.
 - Laioute de placas de Circuito Impresso, com a separação de circuitos.



IEM em Eletrônica de Potência.

- ▶ Como evitar a emissão de IEM, em conversores CA-CC.
 - Blindagem e Filtros.

