



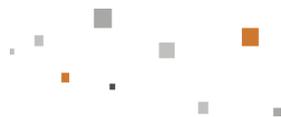
ORDEM
DOS
ENGENHEIROS



A Marcação CE de produtos e a Compatibilidade Electromagnética

Esaú Cardoso | Paulo Cabral
Porto, Outubro 2013

entidade participada por:



Plano da Sessão



- > Apresentação
- > Enquadramento Legal e Normativo
- > O que é a Compatibilidade Electromagnética (CEM)
- > A Marcação CE
- > Meios de Avaliação. Ensaios CEM
- > Regras básicas da CEM e concepção de equipamentos

entidade participada por:



Apresentação



- › IEP - Instituto Electrotécnico Português
- › Constituído em 1981
- › Entidade privada, independente, sem fins lucrativos, de utilidade pública
- › Sede em Matosinhos, delegação em Lisboa

entidade participada por:



Ensaios



- › Produtos eléctricos e electrónicos
- › Compatibilidade electromagnética
- › Climáticos e mecânicos
- › Acústica e vibrações
- › Fibras ópticas

entidade participada por:



Âmbitos de actuação



Investigação & Desenvolvimento



Validação protótipos / importação lotes



Certificação de produtos



Marcação CE



Fiscalização / controlo do mercado

entidade participada por:



Calibração | Metrologia



- > Electricidade
- > Tempo e Frequência
- > Temperatura e Humidade
- > Óptica (Fibras Ópticas)

entidade participada por:



Acreditações



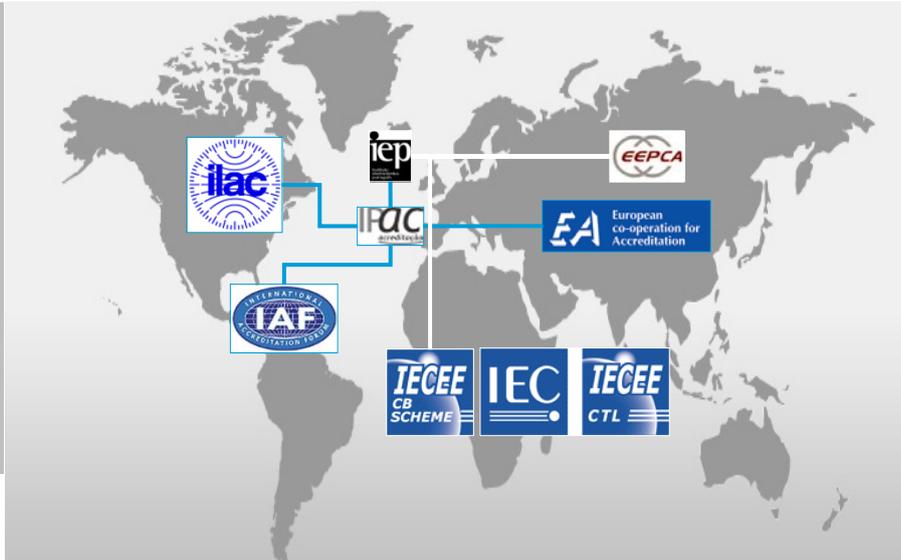
-  > Laboratórios de Ensaio
-  > Laboratórios de Calibração
-  > Organismo Notificado

entidade participada por:





Reconhecimento internacional



The map shows international recognition through various accreditation bodies:

- ilac** (International Laboratory Accreditation Cooperation)
- IAF** (International Accreditation Forum)
- IECEE CB SCHEME** (International Electrotechnical Commission Conformity Assessment Scheme)
- IEC** (International Electrotechnical Commission)
- IECEE CTL** (International Electrotechnical Commission Conformity Testing Laboratory Scheme)
- FA** (European co-operation for Accreditation)
- EEPCA** (European Electrotechnical Conformity Assessment)

A Marcação CE

entidade participada por:



Pacote legislativo para produtos

- > **Decisão 768/2008/CE**
 - Quadro comum europeu para a comercialização de produtos

- > **Regulamento (CE) 764/2008**
 - Domínio não harmonizado
 - Aplicação de regras técnicas nacionais a produtos legalmente comercializados noutra E-M

- > **Regulamento (CE) 765/2008**
 - Acreditação de entidades
 - Fiscalização do mercado
 - Princípios da **Marcação CE**

entidade participada por:



Pacote legislativo para produtos



Marcação **CE**

- > Obrigatória quando aplicável
- > Não pode ser aposta se não for aplicável
- > Punição da utilização abusiva

- > **Quadro sancionatório (em Portugal):**
Dec.-lei 23/2011, de 11 de Fevereiro

entidade participada por:



Presunção da conformidade com as directivas UE



Directivas
(requisitos essenciais
requisitos de protecção)



Normas harmonizadas
(requisitos técnicos detalhados)



Presunção da Conformidade



Marcação **CE**

entidade participada por:



Material eléctrico BT



- > **Segurança**
 - *Directiva da Baixa Tensão (LVD)*, 2006/95/CE
 - PT: DL 6/2008
- > **Compatibilidade electromagnética (CEM)**
 - *Directiva CEM*, 2004/108/CE
 - PT: DL 325/2007, alterado pelo DL 20/2009
- > **Equipamento de rádio e terminais de telecomunicações (R&TTE)**
 - *Directiva R&TTE*, 1999/5/CE
 - PT: DL 192/2000
- > **Outra regulamentação**
 - *Directiva da Segurança Geral de Produtos* (2001/95/CE)
 - *Directivas RoHS* (2011/65/UE) e *WEEE* (2012/19/UE)
 - *Directiva Máquinas* (2006/42/CE)
 - EcoDesign, etc.

entidade participada por:



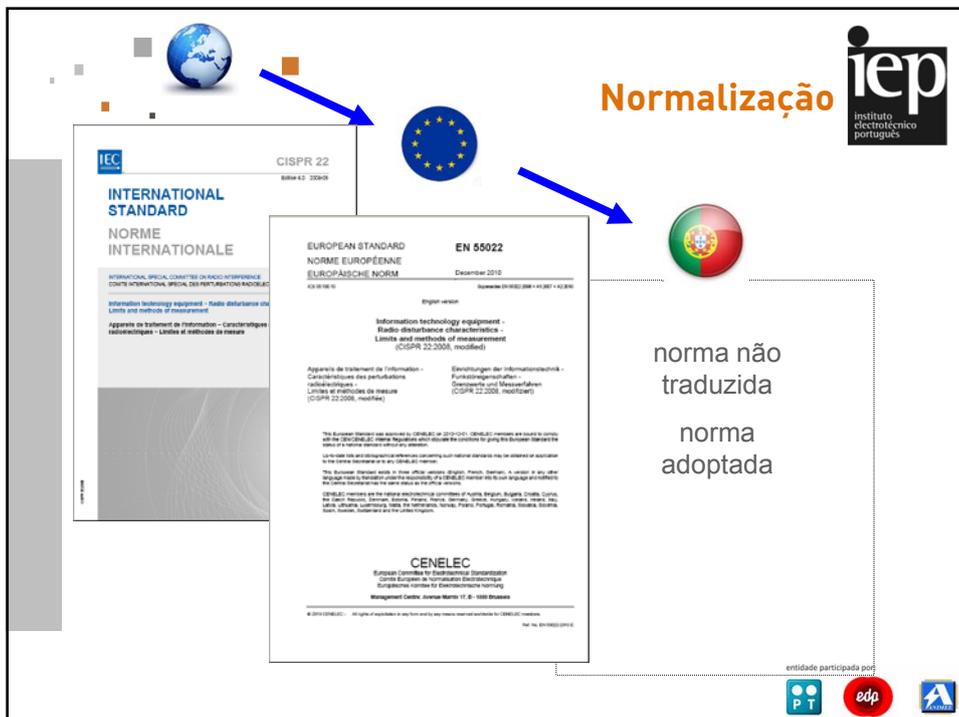
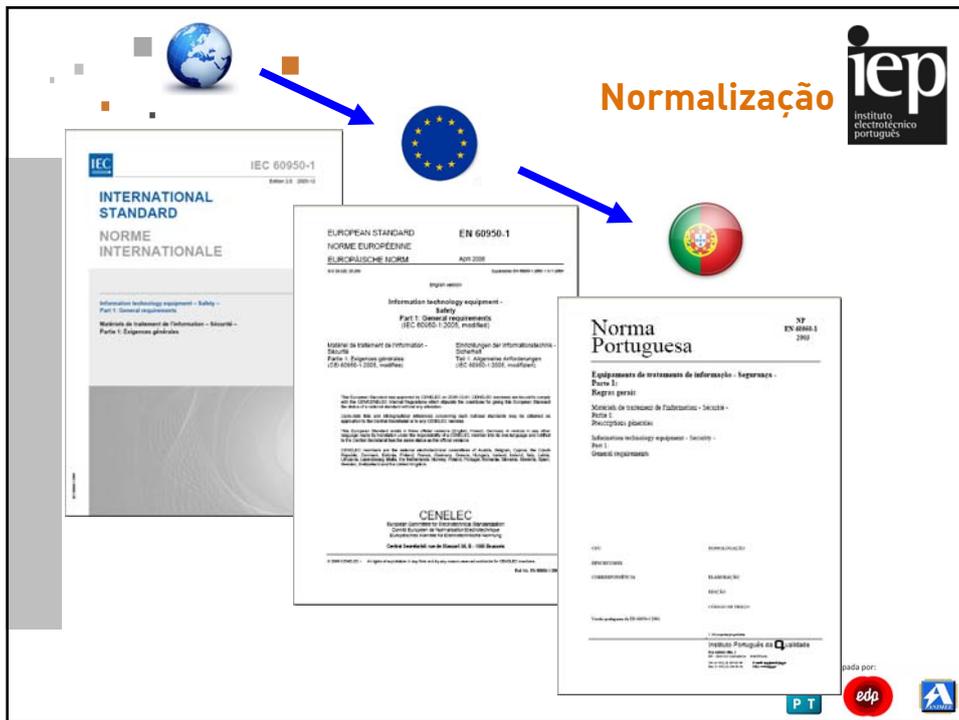
Normas harmonizadas



- > Normas técnicas para a verificação dos requisitos das directivas
- > As listas de **normas harmonizadas** no âmbito de cada directiva são publicadas regularmente no **Jornal Oficial da União Europeia**

entidade participada por:





Demonstração da conformidade



Alternativa 1

- Conformidade com as **normas harmonizadas** aplicáveis
- Comprovação: **relatórios de ensaios** de acordo com as normas harmonizadas aplicáveis
- Demonstração: **declaração CE** de conformidade emitida pelo fabricante ou por mandatário estabelecido na Comunidade e aposição da **marcação CE**

entidade participada por:



Demonstração da conformidade



Alternativa 2

- Conformidade do aparelho com os **requisitos essenciais**
- Comprovação: descrição e explicação das medidas tomadas para cumprir os requisitos essenciais, incluindo uma descrição da **avaliação da compatibilidade** electromagnética, **resultados dos cálculos** de concepção efectuados, **exames executados**, **relatórios de ensaio**, etc
- Demonstração: **declaração CE** de conformidade emitida pelo fabricante ou por mandatário estabelecido na Comunidade e aposição da **marcação CE**

entidade participada por:



Demonstração da conformidade



Alternativa 3

- Conformidade do aparelho com os **requisitos essenciais**, contendo relatório técnico ou certificado emitido por um **Organismo Notificado** reconhecido pela comissão europeia

• Comprovação: dossier técnico incluindo **relatório técnico** ou **certificado** emitido por um **Organismo Notificado**

- Demonstração: **declaração CE** de conformidade emitida pelo fabricante ou por mandatário estabelecido na Comunidade e aposição da **marcação CE**

entidade participada por:



Dossier de Produto



- A **documentação técnica** deve permitir avaliar a conformidade dos aparelhos com os requisitos essenciais / protecção. Deve abranger a concepção e o fabrico do aparelho, incluindo, nomeadamente:
 - uma descrição geral do aparelho
 - desenhos de projecto e de fabrico, bem como esquemas dos componentes, submontagens, circuitos, etc.
 - Relatórios de ensaio com as normas harmonizadas aplicadas (**alternativa 1**)
 - nos casos em que o fabricante não tenha aplicado normas harmonizadas, ou as tenha aplicado apenas em parte, uma descrição e explicação das medidas tomadas para cumprir os requisitos essenciais da presente directiva incluindo uma descrição da avaliação da compatibilidade electromagnética (requisitos essenciais ou de protecção), resultados dos cálculos de concepção efectuados, exames executados, relatórios de ensaio, etc. (**alternativa 2**)
 - uma declaração do organismo notificado (**alternativa 3**)

entidade participada por:



Declaração CE de conformidade



- A **declaração CE de conformidade** deve conter, pelo menos, o seguinte:
 - uma referência à presente directiva
 - nome e morada do fabricante ou do seu mandatário estabelecido na Comunidade
 - descrição do equipamento ou material eléctrico
 - referência às normas harmonizadas
 - se aplicável, referência às especificações em relação às quais a conformidade é declarada
 - identificação do signatário com competência para vincular o fabricante ou o seu mandatário estabelecido na Comunidade

entidade participada por:



Controlo Interno de Fabrico



- O controlo interno de fabrico é o **procedimento** pelo qual o **fabricante assegura e declara** que o material eléctrico satisfaz as exigências no âmbito das directivas aplicáveis.

O fabricante tomará todas as medidas necessárias para que o processo de fabrico garanta a conformidade dos produtos fabricados com a o estabelecido no **dossier técnico** de produto e com os requisitos no âmbito das directivas aplicáveis presente directiva.

A implementação de sistemas da garantia da qualidade facilitam este processo de controlo interno de fabrico

entidade participada por:



Sites para Consulta 



ENTERPRISE AND INDUSTRY

European Commission

European Commission > Enterprise and Industry > Policies > European standards > Harmonised standards

European standards
Harmonised standards

On this page:

- References of harmonised standards and of other European standards published in the OJEU
- European Standardisation Organisations: more info on the content of European standards
- RES feed: latest news on references of harmonised standards cited in the OJEU

The purpose of this Web service is to provide access to the latest lists of references of harmonised standards and of other European standards published in the Official Journal of the European Union (OJEU).

A harmonised standard is a European standard elaborated on the basis of a request from the European Commission to a recognised European Standards Organisation to develop a European standard that provides solutions for compliance with a legal provision. Such a request provides guidelines which requested standards must respect to meet the essential requirements or other provisions of relevant European Union harmonisation legislation...

[read more](#)

References of harmonised standards and of other European standards published in the OJEU

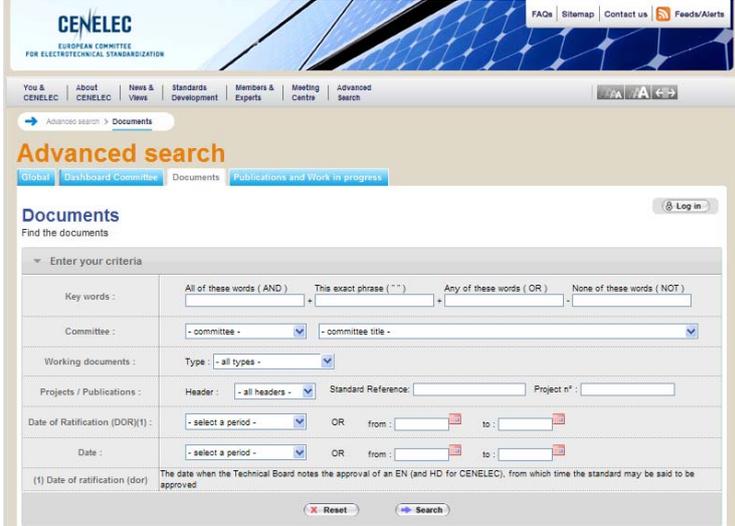
<http://ec.europa.eu/>

entidade participada por:





Sites para Consulta 



CENELEC
EUROPEAN COMMITTEE
FOR ELECTROTECHNICAL STANDARDIZATION

FAQs | Sitemap | Contact us | Feeds/Alerts

You & CENELEC | About CENELEC | News & View | Standards Development | Members & Experts | Meeting Centre | Advanced Search

Advanced search > Documents

Advanced search

Global | Dashboard Committee | Documents | Publications and Work in progress

Log in

Documents
Find the documents

Enter your criteria

Key words: All of these words (AND) This exact phrase (" ") Any of these words (OR) None of these words (NOT)

Committee: - committee - - committee title -

Working documents: Type: - all types -

Projects / Publications: Header: - all headers - Standard Reference: Project n°:

Date of Ratification (DOR)(1): - select a period - OR from: to:

Date: - select a period - OR from: to:

(1) Date of ratification (dor) The date when the Technical Board notes the approval of an EN (and HD for CENELEC), from which time the standard may be said to be approved

<http://www.cenelec.eu/>

entidade participada por:





Sites para Consulta



International Electrotechnical Commission
International Standards and Conformity Assessment for all electrical, electronic and related technologies

Advanced search > Publications and Work in Progress

Advanced search

Global Dashboard Finder Documents / Projects / Work Programme Publications / Work in Progress

Publications and Work in Progress

Find publications and information on upcoming publications.

Enter your criteria

Key words:	All of these words (AND)	This exact phrase (")	Any of these words (OR)	None of these words (NOT)
Publications:	- all headers -	Reference:		
Committee:	- committee -	- committee title -		
Date range:	- select a period -	OR	- from -	- to -
Work areas:	<input checked="" type="checkbox"/> Publications	<input type="checkbox"/> Replaced/Withdrawn Publications	<input checked="" type="checkbox"/> Work in Progress	

<http://www.iec.ch/>

Neste site é possível pré visualizar a norma até ao seu âmbito

entidade participada por:



O que é a CEM ?



entidade participada por:



A causa das coisas



- › 1892 - Parlamento Alemão votou para criar a "Law of Telegraph in the German Empire".
- › Rapidamente constatou-se que os cabos interferiam entre si. Estes problemas eram graves nas linhas de telégrafo e de telefone
- › 1893 foi fundada a sociedade Alemã de electrotécnicos (VDE)
- › na noite de 22 de Dezembro de 1920, o chanceler alemão Hermann Müller, deu ordens estritas para impedir problemas de interferências na rádio difusão.
- › Em 1933, o comité internacional para as emissões radiadas (CISPR) foi fundada.
- › Durante a 2ª Guerra mundial, o conhecimento das ondas electromagnéticas e a sua capacidade para gerar perturbações foi utilizada. A tecnologia de radar foi desenvolvido.
- › A integração de sistemas eléctricos electrónicos em navios (marinha) tornou evidente a necessidade de todos os sistemas e equipamento electrónicos que partilhavam o mesmo espaço não causarem interferências entre si.

entidade participada por:



A causa das coisas



- › Os governos depressa perceberam que era fundamental regular os aspectos CEM dada previsível proliferação de equipamentos eléctricos e electrónicos na sociedade civil.
- › Não só as novas tecnologias de comunicação de rádio, televisão e telefone exigem compatibilidade electromagnética. Ela foi e é a força motriz na mudança de tecnologia, desde as válvulas aos circuitos integrados.
- › A evolução das tecnologias de circuitos altamente integrados exige um amplo entendimento e uso da CEM e experiência na concepção e desenho equipamentos eléctricos.

entidade participada por:



A causa das coisas



- CEM é importante
É um direito básico dos consumidores
- CEM diz respeito a todos
É um dever básico daqueles que colocam no mercado produtos eléctricos e electrónicos



entidade participada por:



Requisitos de protecção



A Directiva 2004/108/EC refere no seu artigo 5º (anexo I) os objectivos de protecção essenciais envolvidos na directiva:

- 1. **Requisitos de protecção**
Os equipamentos serão concebidos e fabricados de forma a, tendo em conta a evolução técnica mais recentes, assegurar que:
 - a) as perturbações electromagnéticas geradas (**emissão**) não excedem o nível acima do qual os equipamentos de rádio e de telecomunicações ou outros não possam funcionar da forma prevista;
 - b) tenham o nível de **imunidade** às perturbações electromagnéticas que é de esperar na sua utilização prevista e que lhes permita funcionar sem uma degradação inaceitável nessa utilização.

entidade participada por:



Definições



- *Ambiente electromagnético*, todos os fenómenos electromagnéticos observáveis num dado lugar.

Assim.....

- *Compatibilidade electromagnética*, a capacidade do equipamento para funcionar satisfatoriamente no seu ambiente electromagnético sem introduzir perturbações electromagnéticas intoleráveis a outro equipamento nesse ambiente;

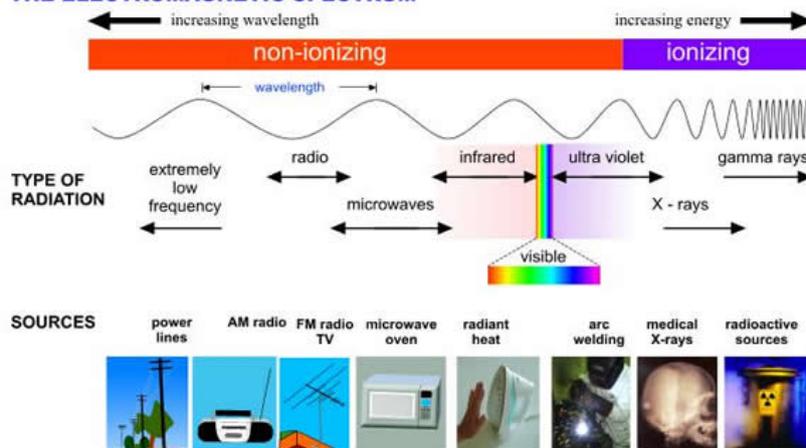
entidade participada por:



Fontes de Perturbações



THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



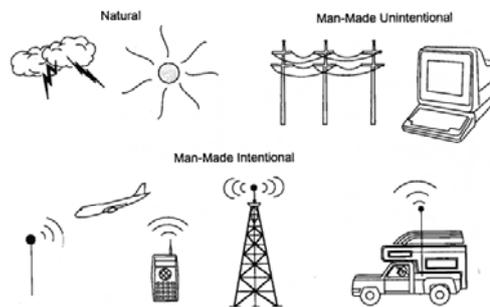
entidade participada por:



Fontes de Perturbações



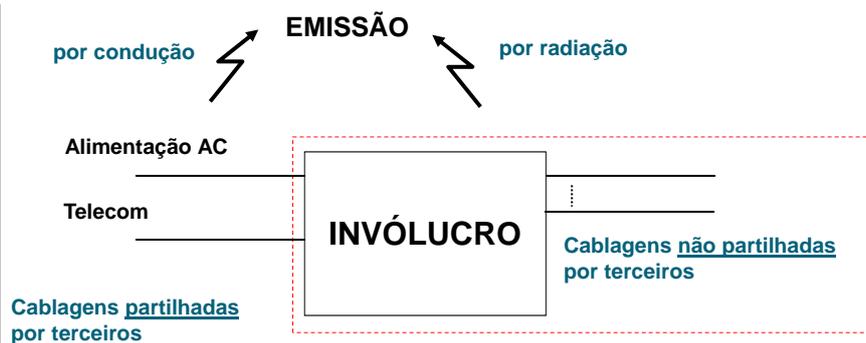
- Naturais (CEM)
- Artificiais:
 - Intencionais (comunicações Rádio)
 - não intencionais (CEM)



entidade participada por:

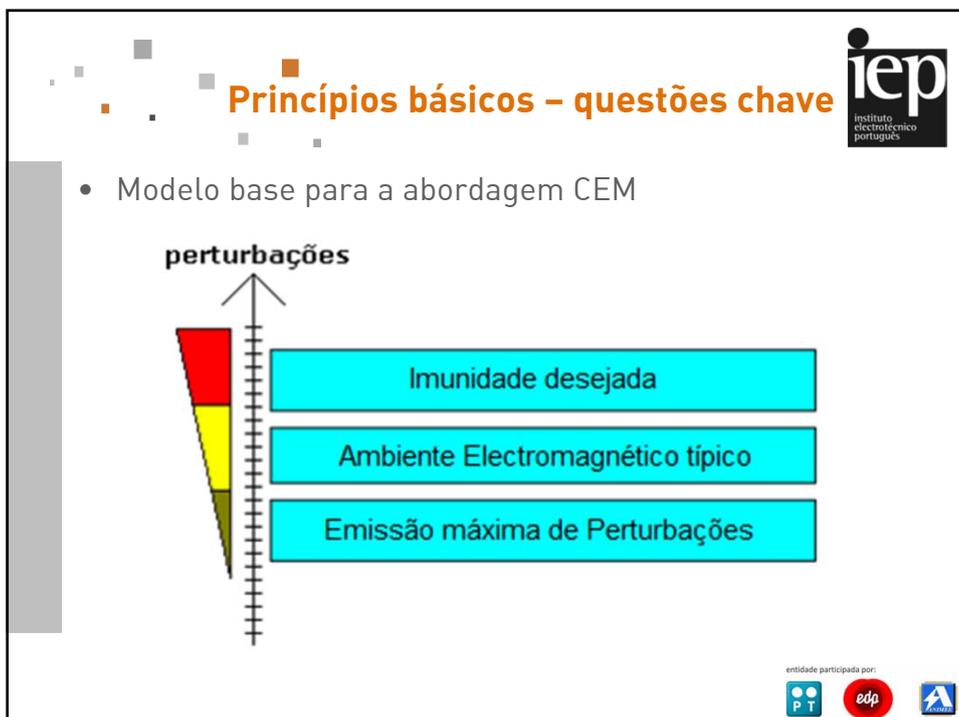
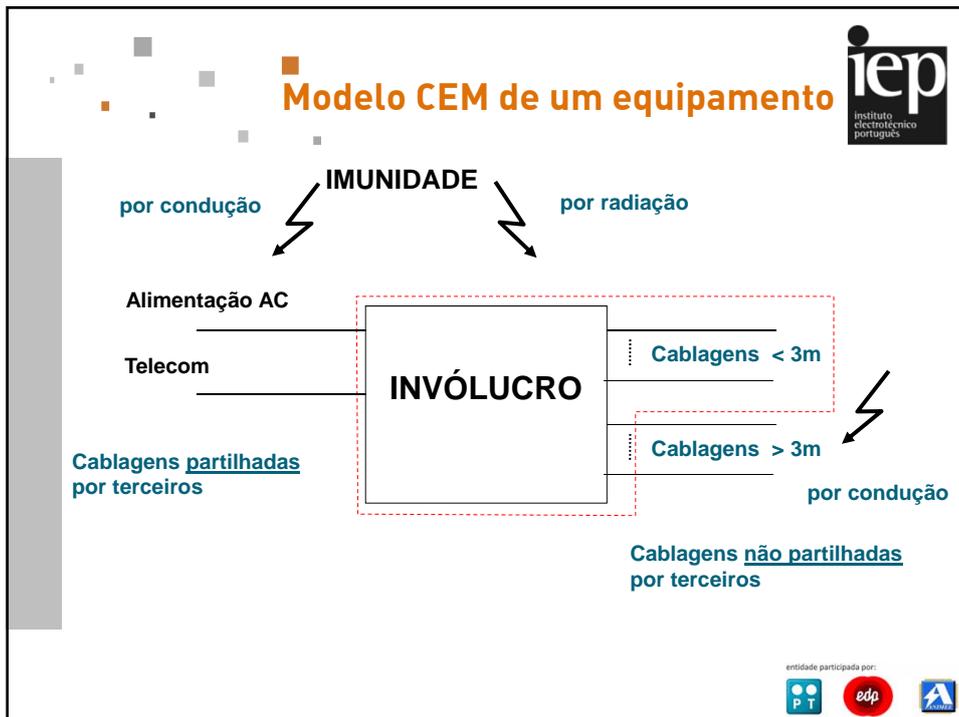


Modelo CEM de um equipamento



entidade participada por:





Princípios básicos – questões chave



- Modelo base para a abordagem CEM
 - a) Definição quantitativa de parâmetros do ambiente electromagnético
 - b) Estabelecer limites genéricos para a emissão de perturbações
 - c) Definir obrigações genéricas para a imunidade a perturbações

entidade participada por:



Princípios básicos – questões chave



- a) Definição quantitativa de parâmetros do ambiente electromagnético
 - Ambiente **Residencial, Comercial ou de indústria Ligeira**
 - Ambiente **Industrial**

São estabelecidos valores típicos de:

 - Perturbações **Conduzidas** (alimentação AC, comunicações, sinal/controlo, outras);
 - Perturbações **Radiadas** (campos magnéticos, campos eléctricos)

entidade participada por:



Princípios básicos – questões chave



b) Estabelecer limites genéricos para a emissão de perturbações

Por condução:

- Flutuações de tensão na rede de baixa tensão (0 a 30Hz)
- Harmónicas de corrente na rede de baixa tensão (100Hz a 2kHz)
- Perturbações conduzidas na rede de baixa tensão (9kHz a 30MHz)
- Perturbações conduzidas nas linhas de telecomunicações (150kHz a 30MHz)

Por radiação:

- Perturbações radiadas pelo aparelho (30MHz a 1GHz)
- Perturbações radiadas pelos cabos de interligação (30MHz a 300MHz)

Estes requisitos são avaliados por medição dos valores de emissão próprios dos equipamentos, comparando os valores medidos com os limites aplicáveis

entidade participada por:



Princípios básicos – questões chave



c) Definir obrigações genéricas para a imunidade a perturbações

Por condução:

- Descargas electrostáticas;
- Acoplamento de transitórios de alta tensão e alta energia;
- Acoplamento de transitórios rápidos de alta tensão e baixa energia
- Sobreposição de tensão RF modulada em amplitude (150kHz a 80MHz)
- Distorção, desvios, quebras, cortes e variações de tensão de alimentação

Por radiação:

- Descargas electrostáticas;
- Campo electromagnético modulado (80MHz a 2,7GHz) e pulsado;
- Campo magnético de frequência industrial (50Hz);

Estes requisitos são avaliados por avaliação funcional do equipamento durante e após a perturbação

entidade participada por:



Princípios básicos – questões chave



Em função:

- do **tipo de perturbação** (permanente, comum ou esporádica) e
- das **exigências requeridas para o equipamento** (função lúdica, de segurança, outras),

são estabelecidos requisitos funcionais que os equipamentos devem cumprir, **critérios de aceitação**:

- **Critério A:** O equipamento deverá funcionar como especificado durante a perturbação
- **Critério B:** O equipamento deverá funcionar correctamente após a perturbação. Durante e após a perturbação não é permitida alteração de estado ou perda de dados
- **Critério C:** O equipamento deverá funcionar correctamente após a perturbação sendo permitida a intervenção humana para reposição em funcionamento. O equipamento não deverá ficar danificado



Hierarquia das normas CEM



Normas genéricas
– EN61000-6-x

Normas de produto

– EN55014-1; EN55022, etc
– EN55014-2; EN55024, etc

Normas de ensaio

– EN61000-4-x

Normas de equipamento e métodos

– EN55016-x



Requisitos de emissão

Frequência	Fenómeno	Norma / Método
0 a 30Hz	Flutuações de tensão na rede de baixa tensão	EN 61000-3-3
100Hz a 2kHz	Harmónicas de corrente na rede de baixa tensão	EN 61000-3-2
9kHz a 30MHz	Perturbações conduzidas na rede de baixa tensão	EN 55014-1 EN 55011 EN 55015 EN 55022
9kHz a 30MHz	Campo Magnético radiado pelo invólucro	EN 55011 EN 55015
150kHz a 30MHz	Perturbações conduzidas nas saídas do aparelho	EN 55014-1 EN 55011 EN 55015 EN 55022
30MHz a 300MHz	Potência radiada pelos cabos de interligação	EN 55014-1
30MHz a 18GHz	Campo eléctrico radiado pelo invólucro	EN 55014-1 EN 55011 EN 55015 EN 55022

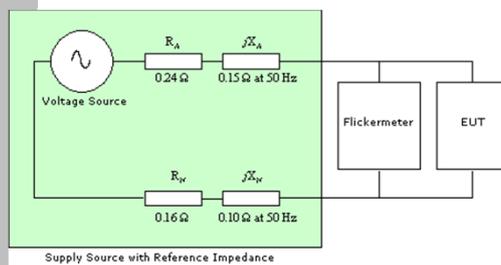
Verde - conduzido

Azul - radiado



Ensaios de emissão

EN61000-3-3: Flutuações de tensão na rede de baixa tensão (DC a 30Hz)



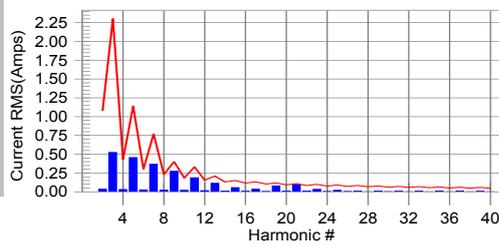
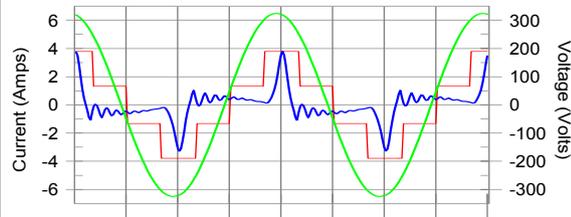
entidade participante por:



Ensaio de emissão



EN61000-3-2: Harmónicas de corrente (100Hz a 2kHz)



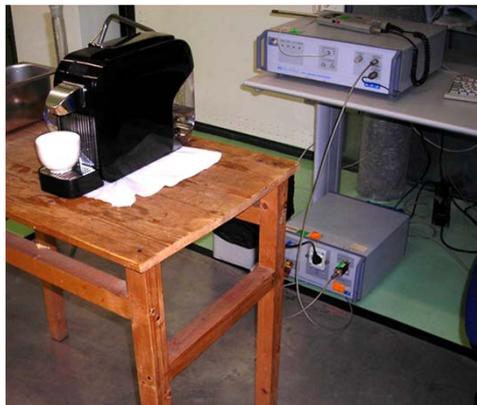
entidade participada por:



Requisitos de emissão



Perturbações conduzidas na rede de baixa tensão (9kHz a 30MHz)



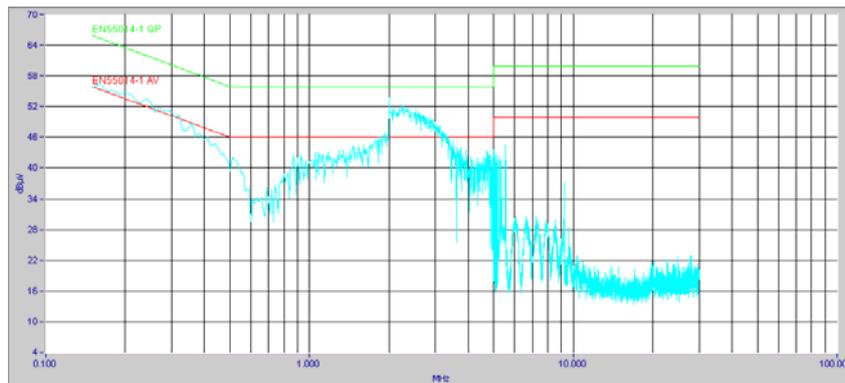
entidade participada por:



Ensaio de emissão



Perturbações conduzidas na rede de baixa tensão (9kHz a 30MHz)



entidade participada por:



Ensaio de emissão



Campo Magnético radiado pelo invólucro (9kHz a 30MHz)



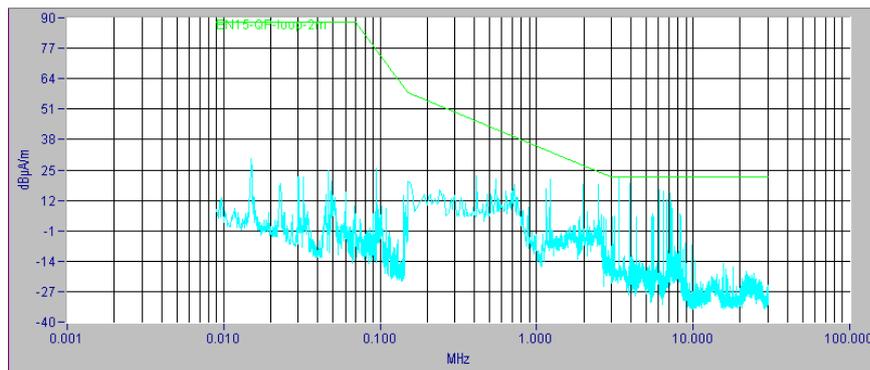
entidade participada por:



Ensaio de emissão



Campo Magnético radiado pelo invólucro (9kHz a 30MHz)



entidade participada por:



Ensaio de emissão



Potência radiada pelos cabos de interligação (30kHz a 300MHz)



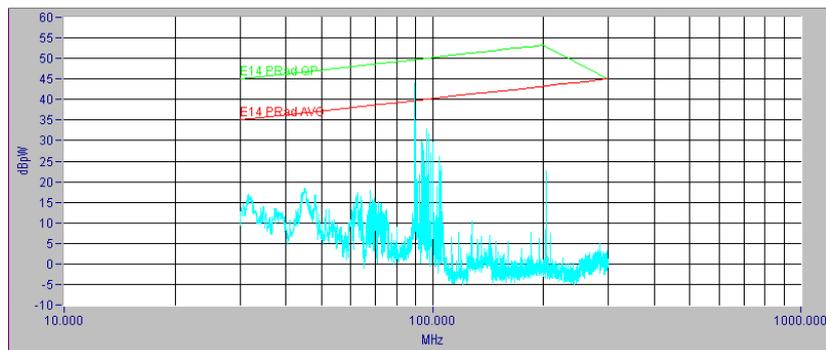
entidade participada por:



Ensaio de emissão



Potência radiada pelos cabos de interligação (30kHz a 300MHz)



entidade participada por:



Ensaio de emissão



Campo eléctrico radiado pelo invólucro (30MHz a 1GHz)



entidade participada por:



Ensaio de emissão



Campo eléctrico radiado pelo invólucro(30MHz a 1GHz)



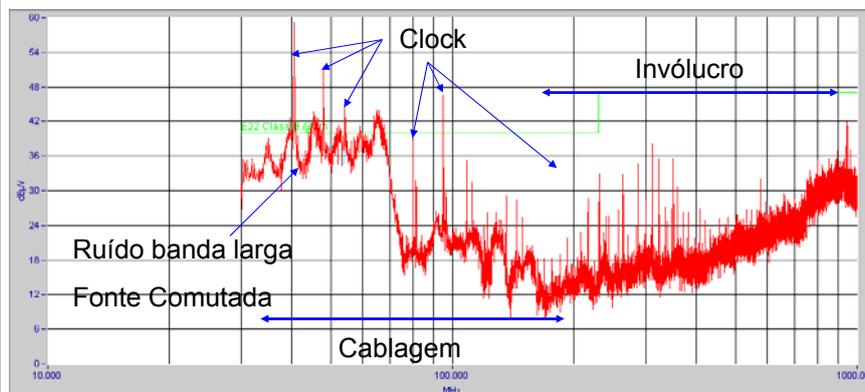
entidade participada por:



Ensaio de emissão



Campo eléctrico radiado pelo invólucro(30MHz a 1GHz)



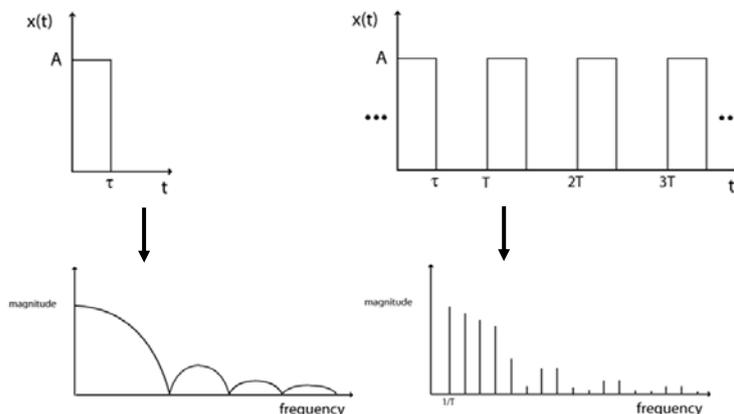
entidade participada por:



Ensaio de emissão



Interpretação do espectro



entidade participada por:



Verde - conduzido
Azul - radiado

Requisitos de imunidade



Frequência	Fenómeno	Norma / Método
0 a Centenas Hz	Quebras, cortes e variações de tensão de alimentação	EN 61000-4-11
50Hz	Campo magnético de frequência industrial	EN 61000-4-8
100Hz a 2kHz	Distorção, de tensão de alimentação	EN 61000-4-13
Dezenas kHz	Acoplamento de transitórios de alta tensão e alta energia	EN 61000-4-5
Unidades MHz	EFT - Acoplamento de transitórios rápidos de alta tensão e baixa energia	EN 61000-4-4
150kHz a 80MHz	Sobreposição de tensão RF modulada em amplitude	EN 61000-4-6
80MHz a 3GHz	Campo electromagnético modulado e pulsado	EN 61000-4-3
Centenas MHz	ESD - Descargas electrostáticas	EN 61000-4-2



Ensaaios de imunidade



EN61000-4-2: ESD - Descargas electrostáticas



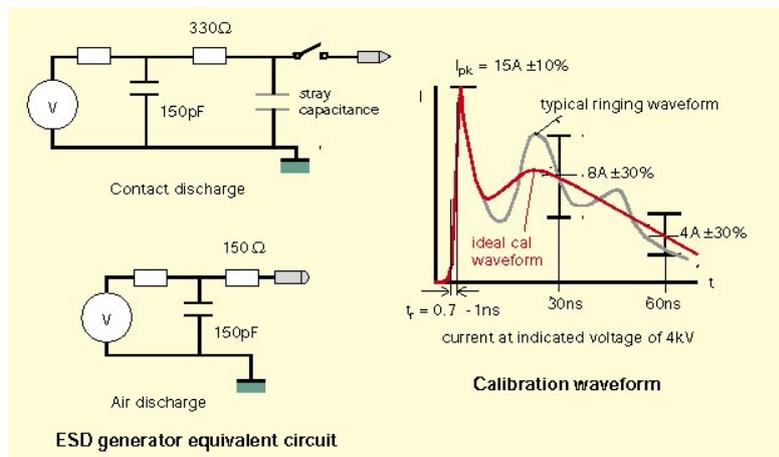
entidade participada por:



Ensaaios de imunidade



EN61000-4-2: ESD - Descargas electrostáticas



Ensaio de imunidade



EN61000-4-3: ESD - Campo electromagnético modulado e pulsado (80MHz a 3GHz)



entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-3: ESD - Campo electromagnético modulado e pulsado (80MHz a 3GHz)



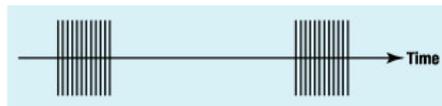
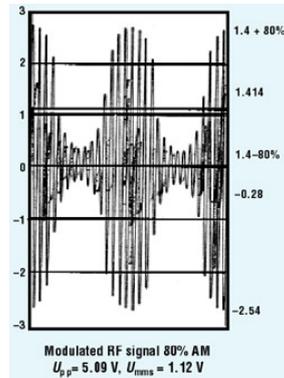
entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-3: ESD - Campo electromagnético modulado e pulsado (80MHz a 3GHz)



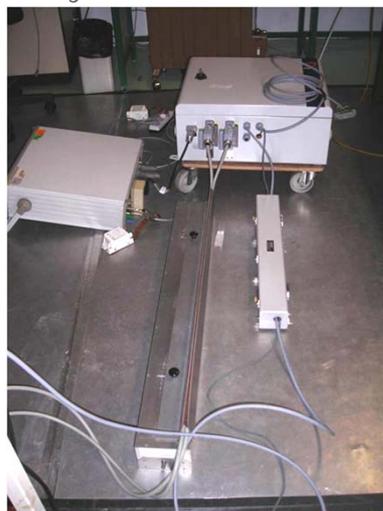
entidade participada por:



Ensaio de imunidade



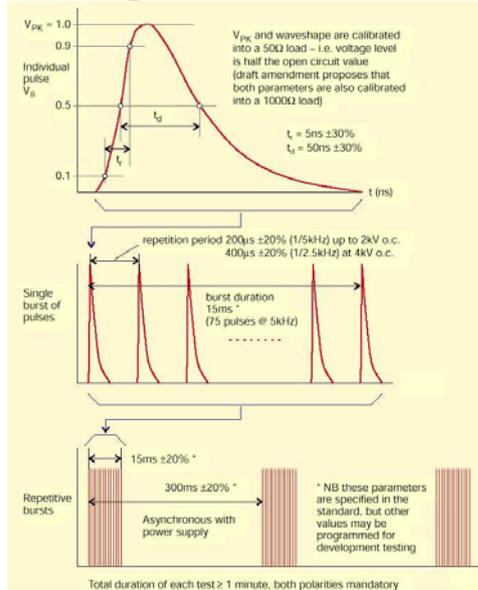
EN61000-4-4: Acoplamento de transitórios rápidos de alta tensão e baixa energia (EFT)



entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-4:
Acoplamento de transitórios rápidos de alta tensão e baixa energia (EFT)

entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-5: Acoplamento de transitórios de alta tensão e alta energia (Onda Choque)



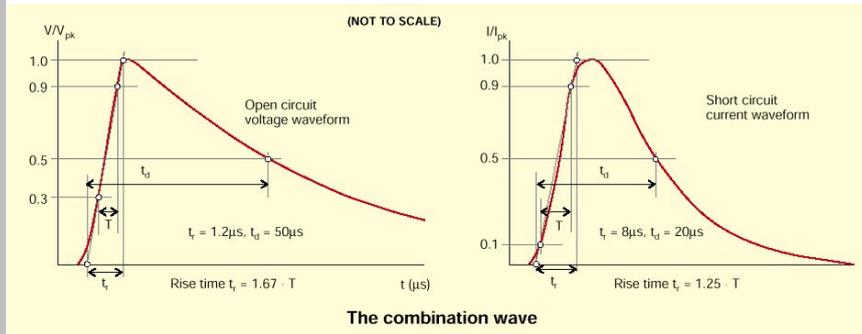
entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-5: Acoplamento de transitórios de alta tensão e alta energia (Onda Choque)



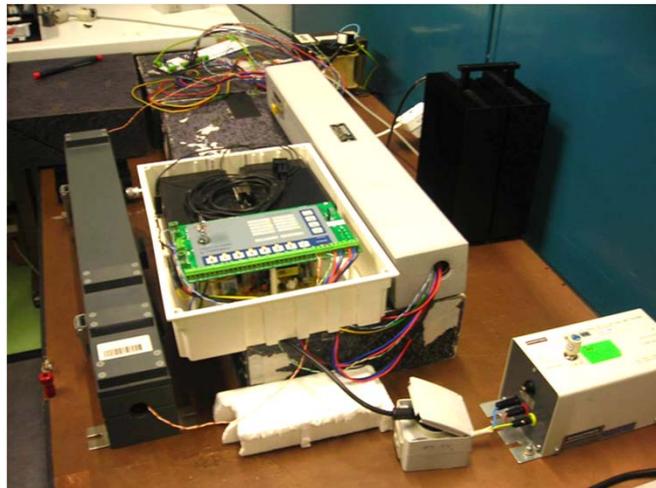
entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-6: Sobreposição de tensão RF modulada em amplitude (150kHz a 80MHz)



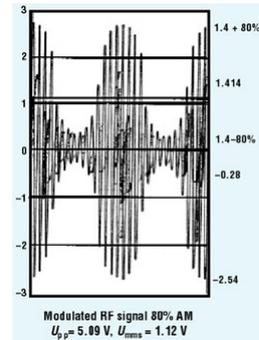
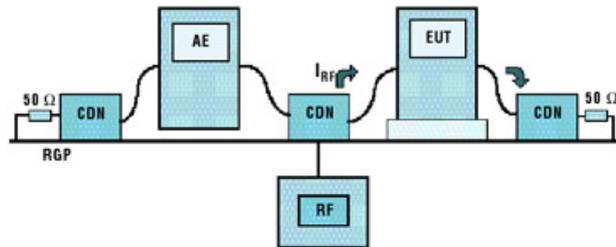
entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-6: Sobreposição de tensão RF modulada em amplitude (150kHz a 80MHz)



entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-8: Campo magnético de frequência industrial (50Hz)



entidade participada por:



Ensaio de imunidade



EN61000-4-11: Quebras, cortes e variações de tensão de alimentação



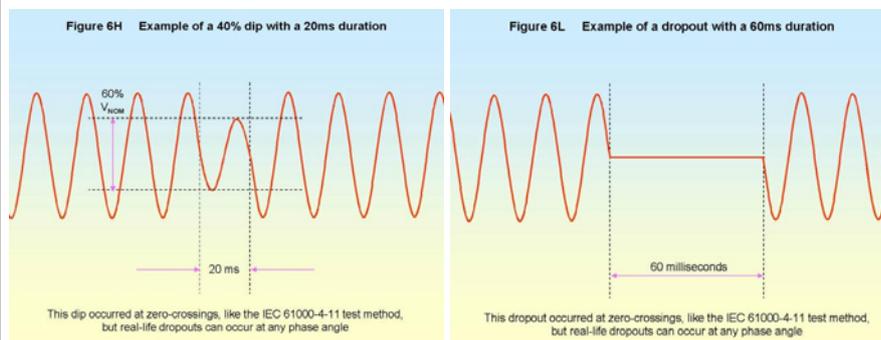
a port:



Ensaio de imunidade

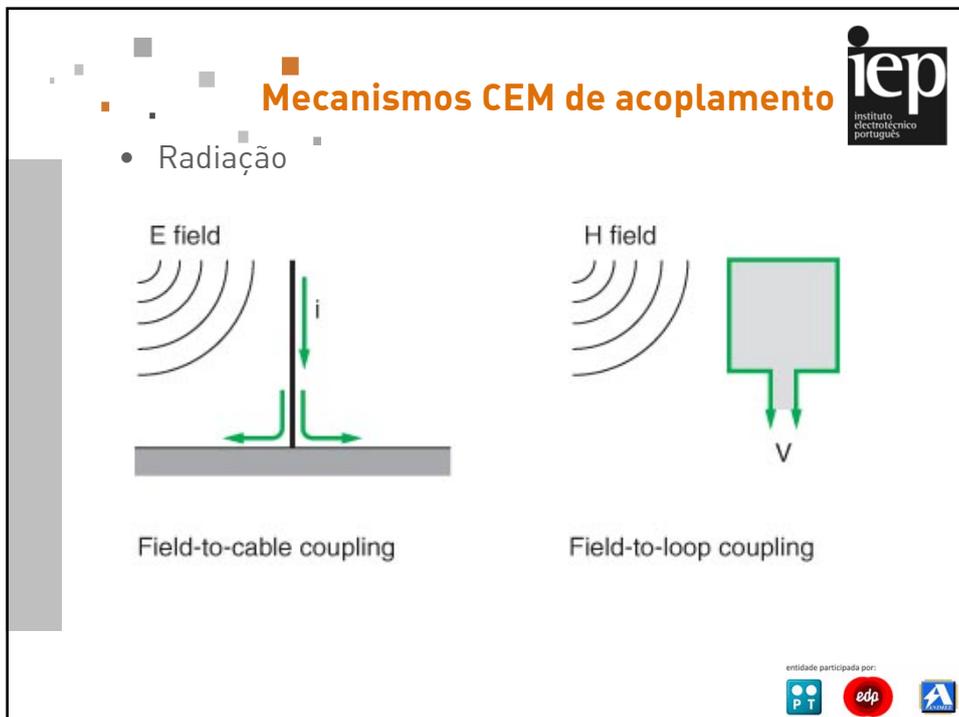
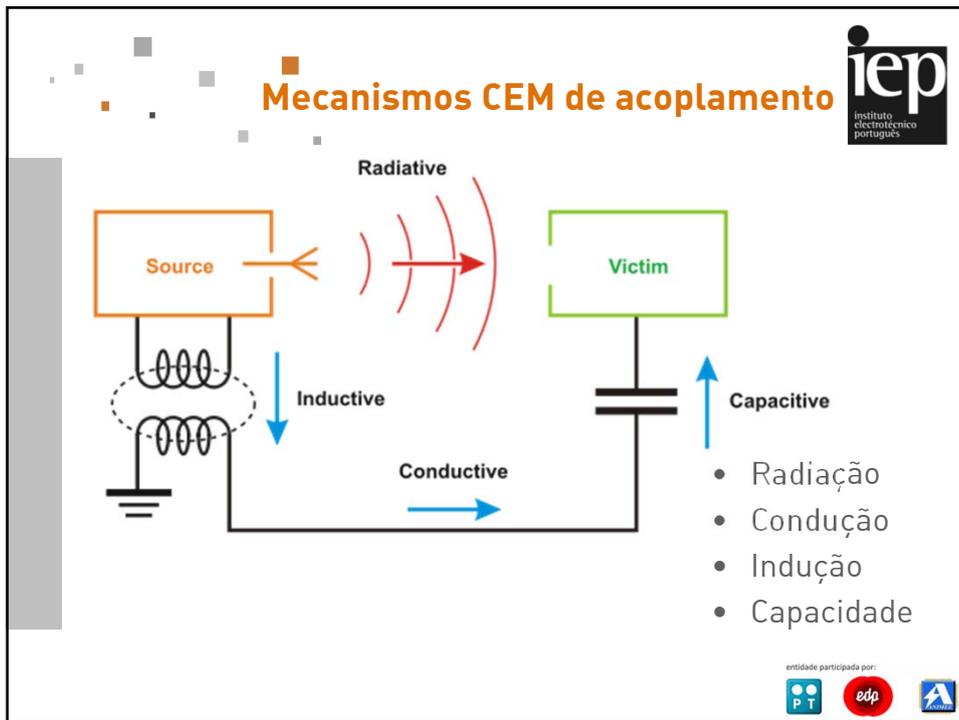


EN61000-4-11: Quebras, cortes e variações de tensão de alimentação



entidade participada por:

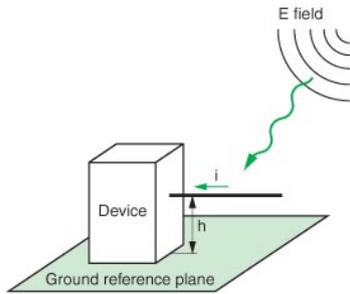




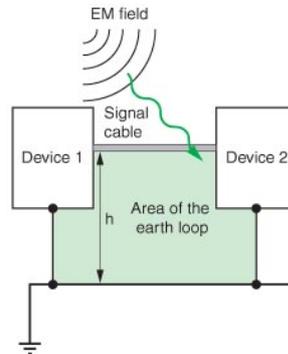
Mecanismos CEM de acoplamento



- Radiação



Example of field-to-cable coupling



Example of field-to-loop coupling

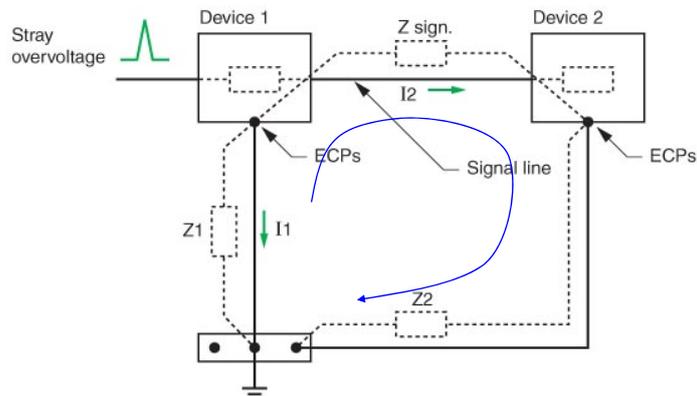
entidade participada por:



Mecanismos CEM de acoplamento



- Condução



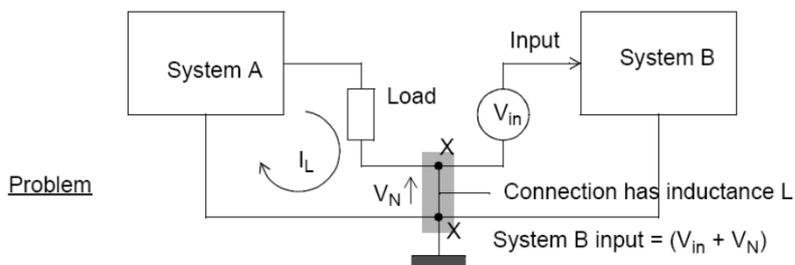
entidade participada por:



Mecanismos CEM de acoplamento



- Condução



$\sim 1\mu\text{H/m}$ ou $6,3\Omega/\text{m}$ a 1MHz
 $190\Omega/\text{m}$ a 30MHz

$$V_N = -L \cdot di_L/dt$$

where L is the self inductance in henries

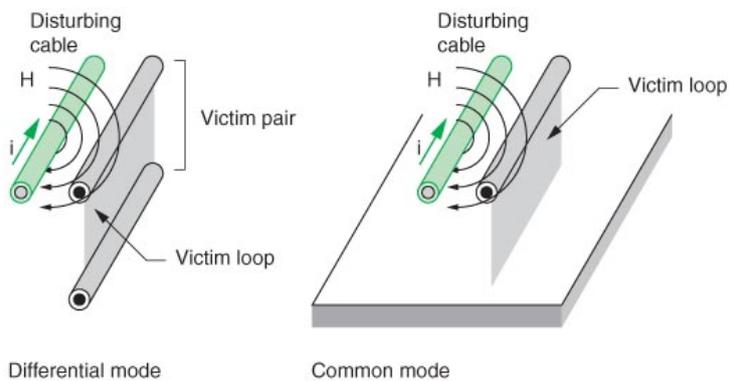
entidade participada por:



Mecanismos CEM de acoplamento



- Indução



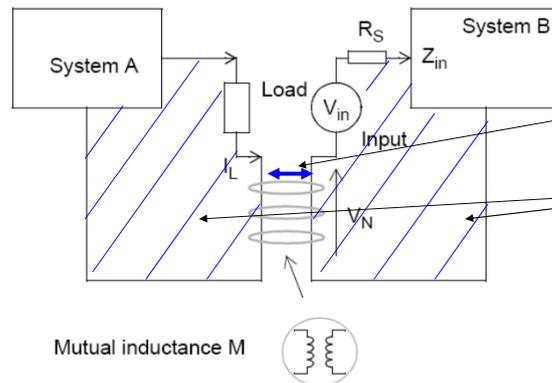
entidade participada por:



Mecanismos CEM de acoplamento



- Indução



Diminuir indutância mútua:

- Afastar áreas Loops
- Redução da área de indução

Mutual inductance M



$$V_N = -M \cdot dI_L/dt$$

where M is the mutual inductance in henries

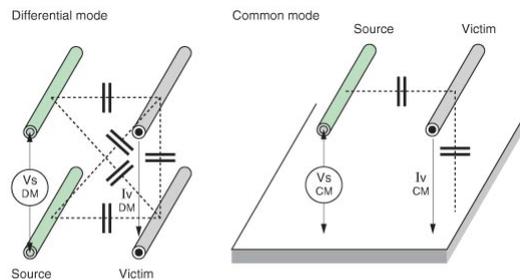
entidade participada por:



Mecanismos CEM de acoplamento



- Capacidade



Vs DM: Source of the disturbing voltage (differential mode)
 Iv DM: Disturbing current on victim side (differential mode)
 Vs CM: Source of the disturbing voltage (common mode)
 Iv CM: Disturbing current on victim side (common mode)

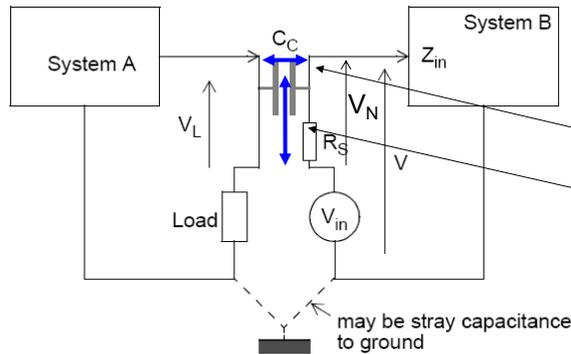
entidade participada por:



Mecanismos CEM de acoplamento



- Capacidade



Diminuir acoplamento capacitivo:

- Afastar condutores / pistas
- Reduzir “comprimento” comum condutores / pistas expostas

$$V_N = C_C \cdot dV_L/dt \cdot Z_{in}/R_S,$$

where C_C is the coupling capacitance and Z_{in}/R_S is the impedance to ground of the victim circuit

entidade participada por:

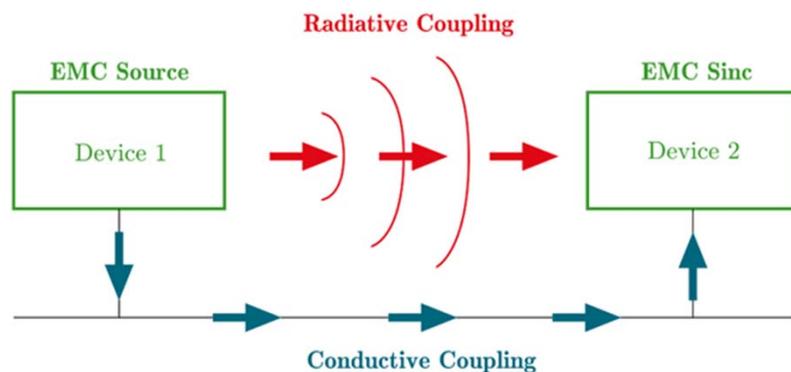


Estratégia para resolução de problemas CEM



No contexto CEM, existe sempre

- Fonte (naturais ou artificiais)
- Caminho
- Receptor (vítima)



Estratégia para resolução de problemas CEM



O processo base para a resolução de problemas de compatibilidade electromagnética passa sempre por:

1. Eliminar ou reduzir a **fonte de emissão**
2. Actuar sobre o **caminho de acoplamento**:
 - Tornando-o mais “resistivo” à propagação das perturbações (ferrites, filtros RF, blindagem)
 - Criando um caminho preferencial para a perturbação (estrutura equipotencial, desenho de terras)
3. Eliminar ou tornar o **receptor** (ou vítima) mais **imune**

entidade participada por:



Estratégia para resolução de problemas CEM



Assim:

- Actuar sobre as “fontes de perturbação” e “receptor (vítima)”, garantindo que os equipamentos / componentes individualmente:
 - **Cumprem** com as **normas harmonizadas CEM** aplicáveis
 - São **instalados** de acordo com as recomendações / **instruções de fabricante**



entidade participada por:



Estratégia para resolução de problemas CEM



- Actuar sobre o **caminho de acoplamento**:
 - **Reduzindo Loops** de corrente existentes entre cablagens e cablagem e invólucro (AC Mains, comunicação, controlo, etc) pela redução das áreas de indução das perturbações electromagnéticas **acoplamento indutivo**
 - **Separando as cablagens / circuitos** que se pretendem “limpos” dos que contêm ruído electromagnético **acoplamento capacitivo**

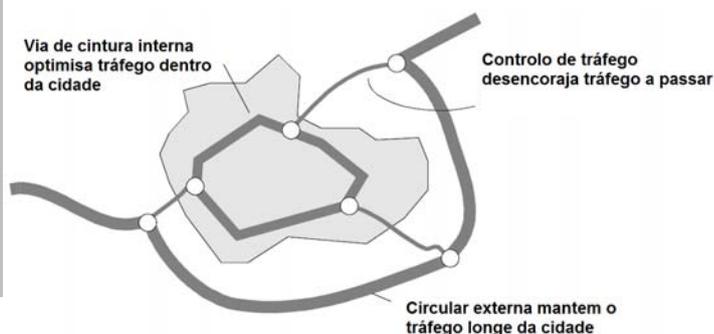
entidade participada por:



Estratégia para resolução de problemas CEM



- Actuar sobre o **caminho das perturbações** criando um **caminho preferencial** para a perturbação (estrutura equipotencial, desenho de terras)

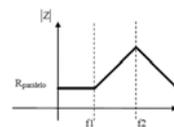
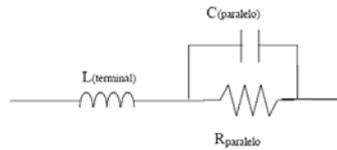
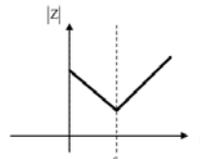
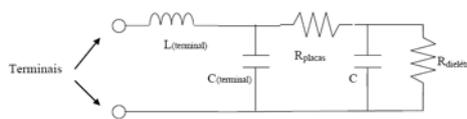
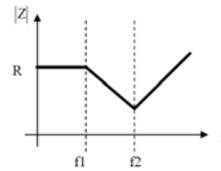
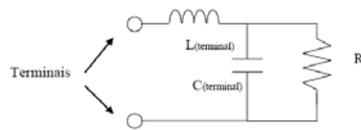


entidade participada por:



Comportamento não linear dos componentes

Resistência / Condensador / Bobina



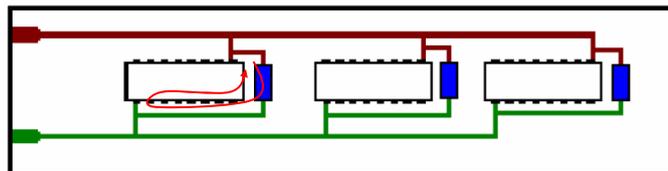
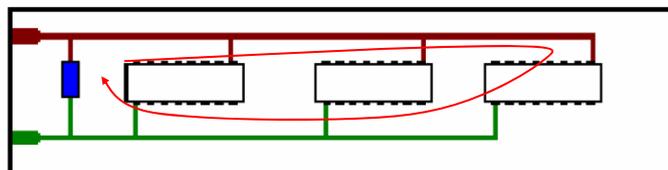
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Condensadores de desacoplamento – suprimir corrente no instante de comutação das gates



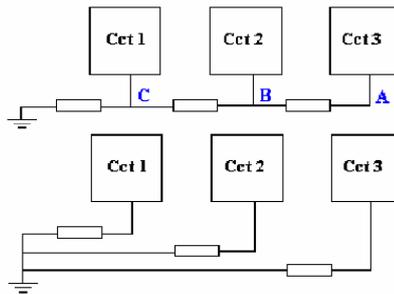
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Impedância do circuito de terra e pistas – referências de terra
- No circuito superior, o potencial de cada ponto de terra é afectado pelas correntes dos outros circuitos



- Múltiplos trajectos de circuito de terra diminui significativamente o ruído em modo comum e diferencial

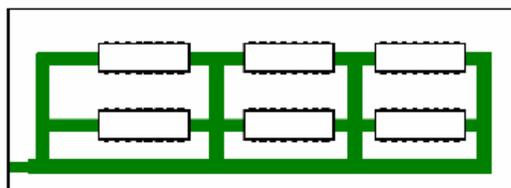
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Impedância do circuito de terra e pistas – plano ou malha de terra
- A utilização de um plano contínuo de terra reduz a impedância do circuito de terra



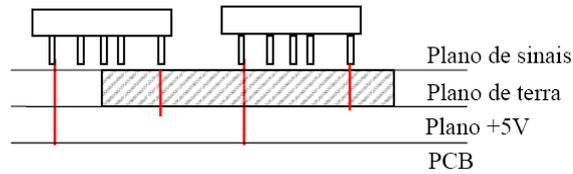
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Impedância do circuito de terra e pistas – PCB multicamada



- A utilização de PCBs multicamada permitem a redução drástica da impedância dos circuitos de terra e da diminuição das áreas dos Loops de corrente.
- O plano de terra junto ao Plano +5V funciona como condensador de desacoplamento

entidade participada por:

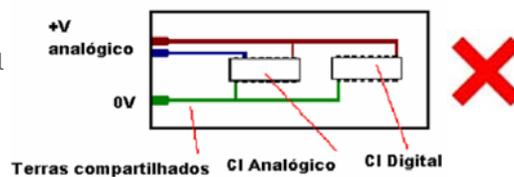


Conceitos base no desenho de PCBs

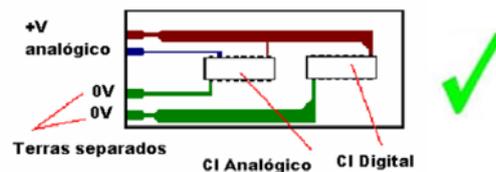


- Separação de circuitos de terra – Separação das massas dos circuitos analógicos e digitais

- Os impulsos de corrente gerados pelo circuito digital afectam o circuito analógico



- A utilização de terras independentes para os circuitos analógicos e digitais previne este problema



entidade participada por:

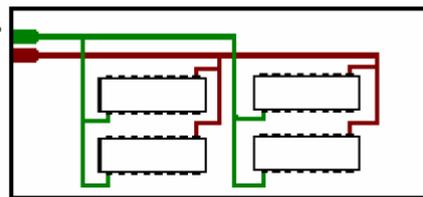
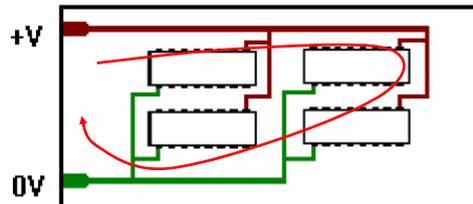


Conceitos base no desenho de PCBs



- Loops de corrente – Diminuição das áreas

- Diminuição das áreas de Loop por aproximação das pistas de ida e de retorno



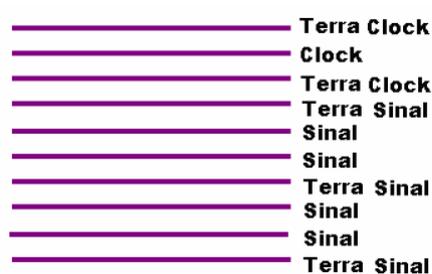
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Loops de corrente – Diminuição das áreas (cont.)



entidade participada por:

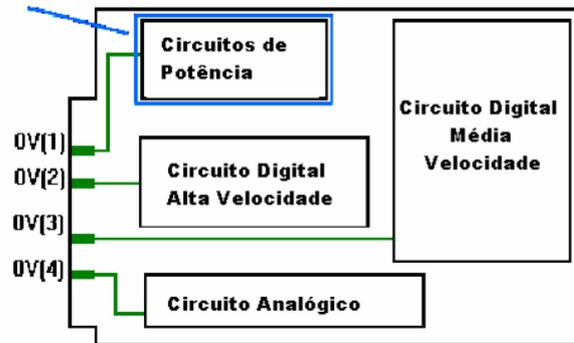


Conceitos base no desenho de PCBs



- Separação de circuitos

Blindagem localizada opcional



Para cada tipo de circuito as trilhas de Terra devem ser independentes

- Separação de “zonas” de circuitos por frequência de trabalho

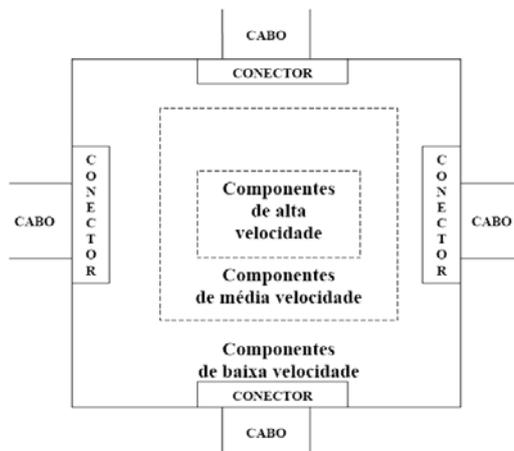
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Separação de circuitos (cont.)



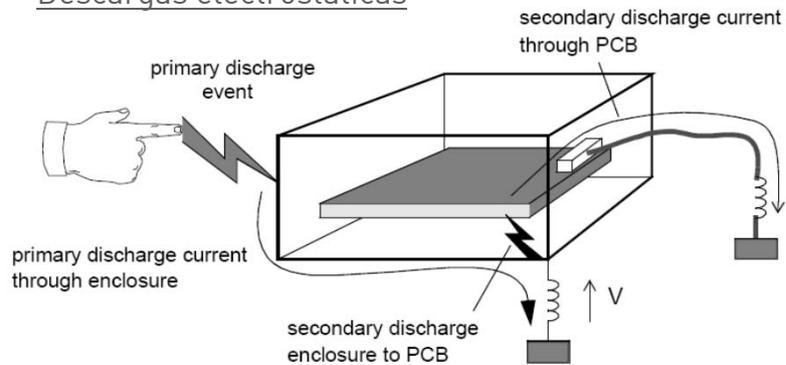
entidade participada por:



Conceitos base no desenho de PCBs



- Descargas electrostáticas



- Nos equipamentos, o invólucro é fundamental na circulação de correntes devido a descargas electrostáticas
- Deve-se **reduzir** a energia das **descargas** secundárias

entidade participada por:

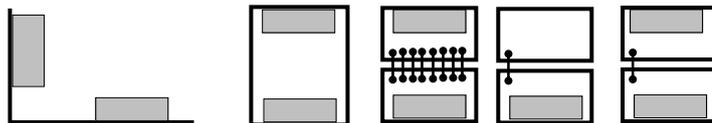


Conceitos base no desenho de equipamentos



- Utilização de estruturas equipotenciais

- Estrutura em que a impedância em alta frequência é próxima de 0Ω entre quaisquer dois pontos dessa estrutura
- Uma estrutura fechada corresponde a um invólucro “blindado”



entidade participada por:

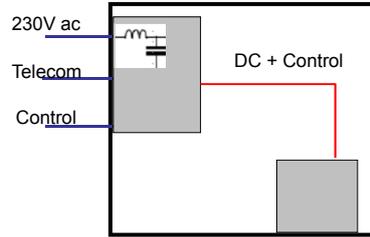
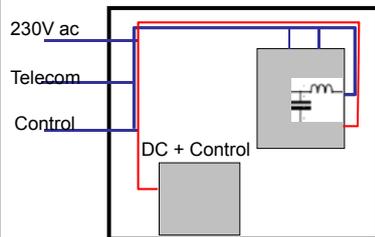


Conceitos base no desenho de equipamentos



• Separação de cablagens

- As cablagens de alimentação AC (entrada ou saída), circuitos secundários, circuitos de controlo deve estar fisicamente separadas
- Cablagem com ligação para o exterior do invólucro, cablagem interna ao invólucro



entidade participada por:

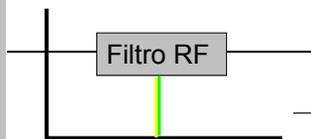


Conceitos base no desenho de equipamentos



• Retorno à massa com baixa impedância

- Colocação de filtros RF ou condensadores de filtragem em modo comum devem apresentar baixa impedância de retorno

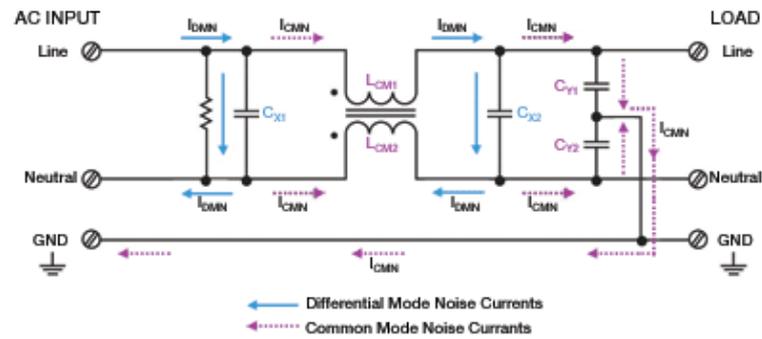


entidade participada por:



Conceitos base para a aplicação de Filtros

- Filtragem das cablagens dos equipamentos

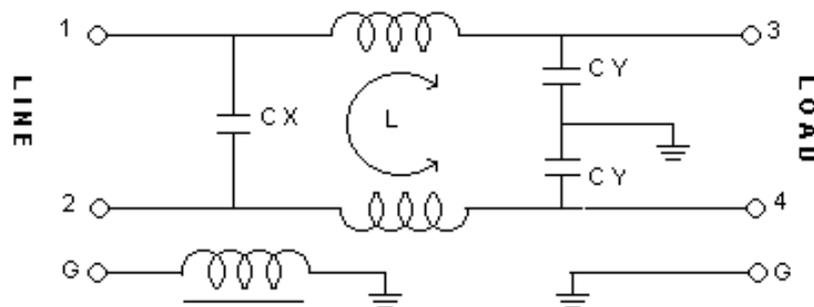


entidade participada por:



Conceitos base para a aplicação de Filtros

- Filtragem das cablagens dos equipamentos

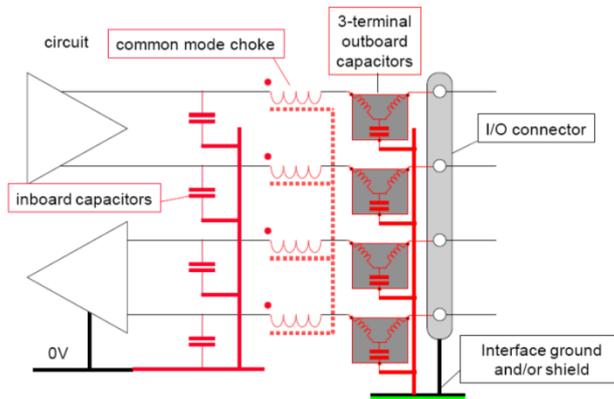


entidade participada por:



Conceitos base para a aplicação de Filtros

- Filtragem das cablagens dos equipamentos

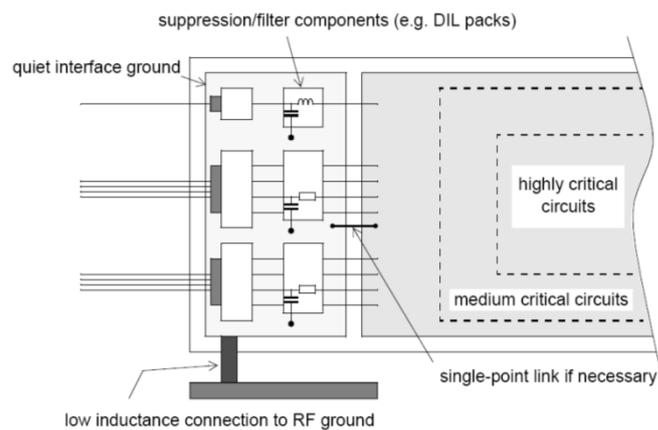


entidade participada por:



Conceitos base para a aplicação de Filtros

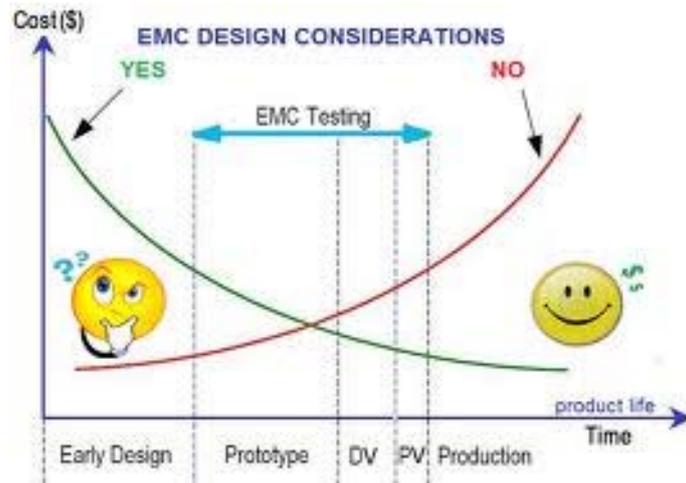
- Filtragem das cablagens dos equipamentos



entidade participada por:



CEM... Quanto custa?



entidade participada por:



Questões?...

entidade participada por:



Obrigado pela atenção!



Instituto Electrotécnico Português
Laboratório de Metrologia e Ensaios

Rua de S. Gens, 3717
4460-409 Senhora da Hora

 22 957 00 22 / 23

 96 627 20 19

 met@iep.pt

entidade participada por:

