

# Aspectos da compatibilidade eletromagnética em cabinas

Rogério Jacques de Moraes  
(in memoriam) e  
Marcus Barthus Azevedo,  
da NMI Brasil

**Como medir a eficácia da blindagem em cabinas, contêineres e abrigos para proteção dos equipamentos contra interferências? E quanto ao nível de emissões radiadas pelos equipamentos para o ambiente? O artigo a seguir apresenta dois métodos que permitem avaliar os aspectos de EMC - compatibilidade eletromagnética desses sistemas, baseados na medição da atenuação da blindagem.**

**A**s cabinas, abrigos, câmaras e recintos fechados são construídos para proteção dos equipamentos elétricos e eletrônicos contra as intempéries climáticas, descargas atmosféricas, sinais de radiofrequência e proteção física. Também servem para atenuar as emissões radioelétricas não intencionais geradas pelos equipamentos, evitando que se propaguem para o meio externo.

A compatibilidade eletromagnética é obtida quando esses equipamentos funcionam satisfatoriamente, sem introduzir perturbações eletromagnéticas intoleráveis ao ambiente externo. O efeito da blindagem das cabinas é avaliado pela atenuação dos sinais externos a elas, medidos no seu interior e vice-versa.

Normas nacionais e internacionais estabelecem limites e métodos de medição para as emissões de perturbação de radiofrequência e para imunidade às perturbações.

O local de instalação da cabina pode estar sujeito a perturbações eletromagnéticas de elevada intensidade e espectro amplo, como 30 V/m para o campo elétrico de 9 kHz a 1000 MHz, e 3 V/m na faixa de 1 a 40 GHz, em regiões industriais e de tráfego intenso de veículos [1]. Por outro lado, a maioria dos equipamentos elétricos tolera um campo elétrico perturbador de 0,3 V/m.

Assim sendo, a cabina que atenua as perturbações externas na proporção de 100:1 na intensidade de campo elétrico (40 dB, de 9 kHz a 1000 MHz) e de 10:1 (20 dB, de 1 a 40 GHz) já apresenta o efeito de blindagem de forma satisfatória. Pode-se acrescentar 10 dB na atenuação como fator de tolerância.

Há casos especiais nos quais o ambiente eletromagnético é bem mais agressivo do que o citado aqui, e também nos quais os equipamentos



**As cabinas protegem os equipamentos elétricos e eletrônicos contra as intempéries climáticas, descargas atmosféricas, sinais de radiofrequência e proteção física. Os abrigos também atenuam as emissões radioelétricas não intencionais geradas pelos equipamentos, evitando que se propaguem para o meio externo**

instalados no interior da cabina são bem mais suscetíveis – certamente, nessas situações a atenuação de blindagem da cabina deve ser bem maior.

A cabina pode também ser utilizada para blindar equipamentos que geram altos níveis de perturbação, de forma que se tomem toleráveis na parte externa.

Quando for necessário o acesso ou permanência de pessoas para operação ou manutenção no interior da cabina com equipamentos energizados, deve-se respeitar também o limite máximo de exposição ocupacional a campos eletromagnéticos de alta frequência, conforme mostra a tabela I [2].

### Ensaio da cabina

A medição da atenuação de blindagem pode ser realizada tendo como base a norma EN 50147-1 [3], que estabelece os métodos e os instrumentos de medição para a faixa de 9 kHz a 40 GHz, aplicáveis a câmaras anecóicas, cabinas e salas blindadas.

A atenuação da blindagem é expressa por:

$$as = 20 \cdot \log \left( \frac{E_0}{E_1} \right)$$

para campo elétrico e

$$as = 20 \cdot \log \left( \frac{H_0}{H_1} \right)$$

para campo magnético

onde:

- $a_s$ : atenuação de blindagem em dB;
- $E_0$  e  $H_0$ : intensidades dos campos elétrico  $E$  e magnético  $H$ , num local sem blindagem e com distância de medição  $d_0$  entre as antenas emissora e receptora;

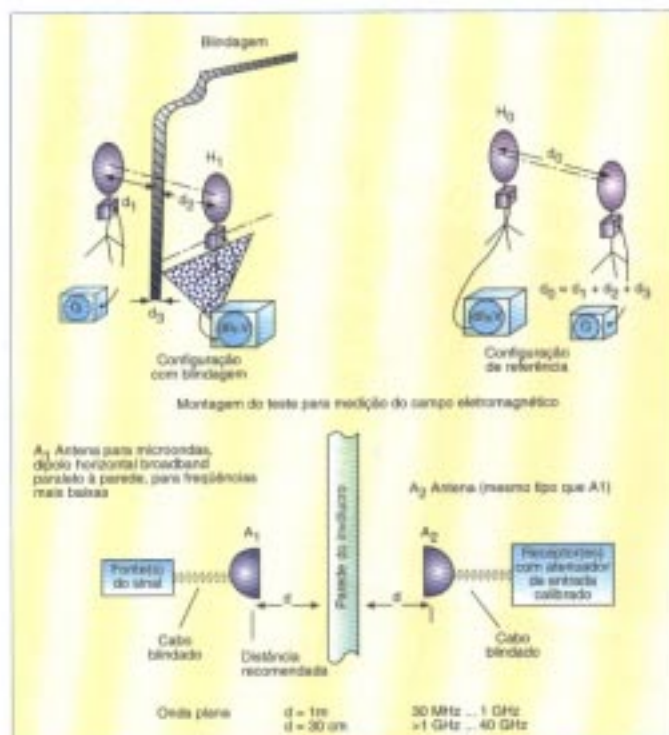


Fig. 1 - Montagem para medição dos campos E e H

- $E_1$  e  $H_1$ : intensidades dos campos  $E$  e  $H$  no mesmo local, porém com a parede da cabina entre as antenas e a mesma distância  $d_0$

Vale lembrar que:

$$d_0 = d_1 + d_2 + d_3$$

onde:

- $d_1$  = distância da antena emissora à parede da cabina;
- $d_2$  = distância da antena receptora à parede da cabina;
- $d_3$  = espessura da parede da cabina.

A figura 1 mostra a montagem para medição dos campos  $E$  e  $H$ .

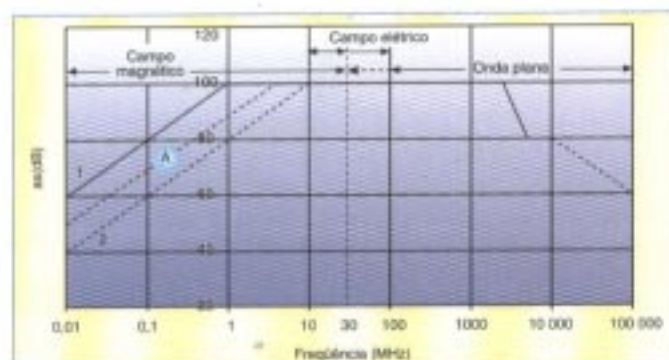


Fig. 2 - Valores típicos de atenuação de blindagem

Na medição do campo  $H$ , as antenas são circulares, com diâmetro variando entre 30 e 70 cm, preferencialmente 70 cm, paralelas à parede da cabina, diretamente opostas uma à outra. As distâncias são de  $d_1 = d_2 = 30$  cm, e as frequências recomendadas de medição são de 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz e 30 MHz.

Na medição do campo  $E$ , as antenas podem ser dipolos ou monopolos com plano terra; as distâncias de medição são as mesmas e as frequências recomendadas de medição são de 10 e 30 MHz.

Na medição de onda plana, na faixa de 30 MHz a 1 GHz, as antenas são dipolos horizontais faixa

larga e as distâncias de medição são de  $d_1 = d_2 = 1$  m. Na faixa de 1 a 40 GHz, as antenas podem ser cornetas ou discos parabólicos, e as distâncias de 30 cm. As frequências recomendadas são as seguintes: 100 MHz, 400 MHz, 1 GHz, 10 GHz e 40 GHz, ao menos, dependendo da faixa de frequência especificada para a cabina.

Medições preliminares com sensores de campo devem ser realizadas ao redor da armação da porta, das juntas de acesso, de filtros e de dutos de ar, com todos os elementos utilizados normalmente instalados, principalmente os que influenciam na blindagem, para identificar os locais de maior nível de sinal.

A figura 2 apresenta os valores típicos de atenuação de blindagem.

### Cabina com equipamento de tecnologia de informação

Os equipamentos de tecnologia da informação, como processadores de dados e de telecomunicações, com exceção de radiotransmissores e receptores e com sistema de alimentação de energia que não excede 600 V,

estão sujeitos às normas NBR 12304 [4] ou CISPR 22 [5] quanto às emissões radiadas e conduzidas.

Quanto à emissão radiada, a NBR 12304 especifica limites para o campo elétrico medido com detector quase-pico, de 30 dB $\mu$ V/m (30 a 230 MHz) e de 37 dB $\mu$ V/m (230 a 1000 MHz). A distância de proteção é de 10 m para equipamento classe B, residencial, e de 30 m para classe A, não residencial. A CISPR 22 apresenta os mesmos limites e distância de medição de 10 m para a classe B; para a classe A, os limites são acrescidos de 10 dB, mas se mantém a distância de 10 m. Os limites das duas normas são equivalentes quando se adota o critério em que o campo elétrico varia inversamente com a distância de medição.

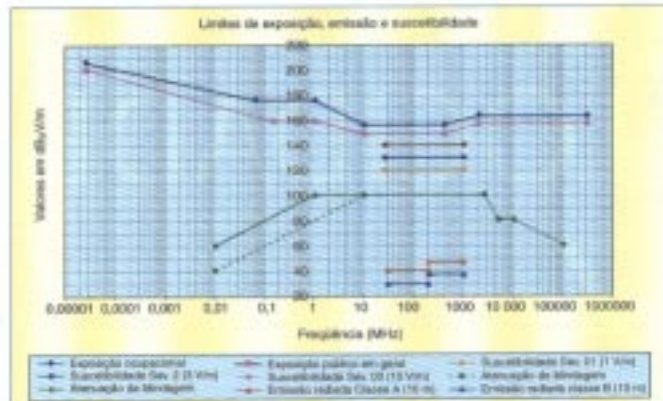


Fig. 3 - Curva composta de limites de exposição, de emissão e de suscetibilidade

No método de medição recomendado, a antena de medição é dipolo elétrico; as medições devem ser realizadas com polarização horizontal e vertical; a altura da antena de medição varia de 1 a 4 m; e o azimute do equipamento sob ensaio varia de 0 a 360 graus. O intuito é obter o maior nível do campo elétrico emitido pelo

equipamento. Devido à presença do plano de terra, o campo elétrico medido é resultado da onda direta e da refletida pelo plano terra. O medidor utilizado detecta o valor quase-pico.

#### Ensaio alternativo

Uma cabina com equipamentos de tecnologia da informação instalados no seu interior pode estar sujeita às normas aplicáveis a esses equipamentos.

O efeito de blindagem da cabina para as emissões radiadas na faixa de 30 a 1000 MHz pode ser avaliado utilizando-se o método de medição descrito anteriormente e um monopolo curto como antena emissora, instalado no interior da cabina. A distância de medição é de 10 m e a atenuação de blindagem dada por:

$$as = 20 \cdot \log\left(\frac{E_0}{E_I}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{E_0}{I \mu V/m}\right) - 20 \cdot \log\left(\frac{E_I}{I \mu V/m}\right) = E_0 - E_I (dB \mu V/m)$$

onde  $E_0$  é medido com a antena emissora fora da cabina e  $E_I$  com a antena emissora no interior. A distância de medição é de 10 metros – entre as duas antenas, no primeiro caso, e entre a antena de medição e a parede externa da cabina, no segundo caso.

O medidor mantém na tela o valor máximo para cada frequência enquanto são variados a altura da antena de medição entre 1 a 4 m, o

azimute da antena emissora quando esta for da cabina, e o azimute da cabina, quando a antena emissora está dentro da cabina. O ensaio é repetido com a antena emissora alinhada com cada uma das direções principais do interior da cabina.

Este método de ensaio apresenta as vantagens:

- utiliza os mesmos procedimentos de ensaio que os da norma aplicada;
- permite identificar as regiões da cabina que apresentam menor atenuação pela variação do azimute quando se gira o piso de sustentação da cabina;

- permite identificar a polarização da antena emissora que corresponde à menor atenuação;
- permite identificar frequências de ressonâncias internas, quando se varia a frequência dentro da faixa de medição e não apenas nas frequências recomendadas; e
- a antena de medição não é influenciada pela proximidade das paredes da cabina.

## Conclusão

O artigo apresentou um método normalizado de medição de atenuação de blindagem, bem como um método alternativo de análise. A figura 3 resume os limites de exposição, de emissão e de suscetibilidade a perturbações.

## REFERÊNCIAS

- [1] IEC 1000-2-1, First Edition, 1990: *Description of the environment – Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems.*
- [2] *Diretrizes para limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, variáveis no tempo até 300 GHz.* Abricem. Dez./1999.
- [3] EN 50147-1, Mar./1996: *Anechoic chambers – Part 1: Shield attenuation measurement.*
- [4] NBR 12304/1992: *Limites e métodos de medição de radioperturbação em equipamentos para tecnologia da informação.*
- [5] CEI/IEC CISPR 22: 1997 – *Information technology equipment – Radiodisturbance characteristics – Limits and methods of measurement.*

**Tab. 1 – Níveis de referência para exposição ocupacional a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo**

Faixa de frequência	Intensidade de campo elétrico eficaz, E (V/m)	Intensidade de campo magnético eficaz, H(A/m)	Densidade de potência onda plana equivalente Seq(W/m²)
9 - 65 kHz	610	24,4	-
0,065 - 1 MHz	610	1,6f	-
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	-
10 - 400 MHz	61	0,16	10
400 - 2000 MHz	3·√f	0,098·√f	f/40
2 - 300 GHz	137	0,38	50

Notas: f em MHz; para frequências entre 100 kHz e 10 GHz, deve-se calcular o valor médio de Seq ou os valores eficazes de E e H, raiz quadrada da média dos quadrados, em qualquer período de 5 min. Para frequências superiores a 10 GHz, o período é 68 · f<sup>-0,25</sup> min, com f em GHz.

Trabalho apresentado no Cinintel 2000, realizado em novembro de 2000 em Florianópolis, SC.