



# EMI

## Electromagnetic Interference

Tanto o mercado americano quanto o europeu são excelentes consumidores de máquinas produzidas no Brasil, principalmente equipamentos voltados à automação industrial. Atualmente, não é raro encontrarmos indústrias onde 25% do seu faturamento é gerado pela exportação. Essa realidade está obrigando a “adequação” dos padrões de qualidade brasileiros às exigências internacionais. Apenas como exemplo, o mercado americano é um dos mais exigentes, e para uma máquina ser aceita nos EUA, ela deve possuir uma série de certificados de qualidade. Esse é o foco deste artigo, que trata da mais clássica “compatibilidade” exigida internacionalmente: a EMI.

A EMI tem gerado muita dor de cabeça aos técnicos e engenheiros, não somente no aspecto de atender os padrões de qualidade, mas também pelos problemas técnicos que esse fenômeno causa. Além da EMI, não poderíamos deixar de estudar alguns conceitos relacionados a ela, tais como: EMC, e ESD.

**Alexandre Capelli**

## CONCEITO DE EMI

Antes de falarmos sobre EMI, vamos relembrar alguns conceitos sobre ondas eletromagnéticas. A onda eletromagnética é constituída por dois campos perpendiculares entre si: o elétrico (campo E), e o magnético (campo H) (**figura 1**).

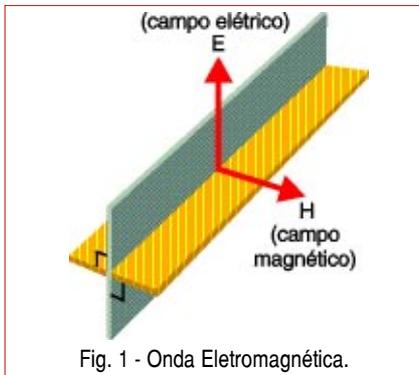


Fig. 1 - Onda Eletromagnética.

Um equipamento que opera com altas tensões e baixas correntes produz uma onda eletromagnética com o campo elétrico de maior magnitude em relação ao campo magnético. Nesse caso, essa onda é de alta impedância. Por outro lado, um equipamento que opera com alta corrente e baixa tensão gera ondas com o campo magnético de maior magnitude em relação ao elétrico. Essa onda, agora, é de baixa impedância.

De uma forma ou de outra, a EMI gerada por esses equipamentos se propaga no espaço, tal como as ondas de rádio (rádio frequência). É claro que não poderia ser diferente, pois, tanto a onda transmitida por um trans-

missor de rádio, como a EMI gerada por uma máquina são ondas eletromagnéticas. Fisicamente, elas se comportam do mesmo modo, não importando a sua origem.

Todo circuito eletroeletrônico gera EMI, porém, os equipamentos que operam em frequências acima dos 10 kHz, e com tensões elevadas em relação à corrente elétrica (onda de alta impedância) são os maiores geradores de EMI: ex.: inversores de frequência, fontes chaveadas, circuitos com PWM, etc. Isso significa que a EMI é mais forte para ondas de alta impedância (campo E grande) (**figura 2**).

## HISTÓRICO SOBRE EMI

A EMI foi descoberta na 2ª Guerra Mundial, ou melhor dizendo, no final dela. Após as explosões das duas bombas atômicas sobre o Japão, as comunicações de rádio próximas à região ficaram interrompidas por várias horas devido à interferência eletromagnética. Esse efeito, até então, não havia sido observado em uma escala tão grande. Após alguns anos, os fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos e vários cientistas trabalharam na pesquisa dos efeitos da EMI no funcionamento de equipamentos de natureza elétrica. Eles descobriram que a EMI pode prejudicar, ou até mesmo impedir, o funcionamento de qualquer aparato eletroeletrônico, dependendo apenas de sua intensidade, e da imunidade do aparato a ela.

Tornou-se necessária, portanto, a criação de um órgão internacional fiscalizador da emissão de EMI e, em 1970, surgiu o primeiro deles: a FCC, de origem americana. Outro capítulo interessante da história da EMI foi a sua utilização como arma de guerra. Em 1971 e 1972, os EUA, no auge da guerra do Vietnã, montaram potentes transmissores de rádio, cujo sinal modulado era apenas ruído. Esses transmissores, que possuíam o estágio amplificador de RF valvulado, foram instalados em barcos e outros pontos estratégicos do território vietnamita e, quando ligados, a EMI gerada era tão grande que impedia a comunicação via rádio do inimigo.

Quase dez anos depois (cerca de 1981) o ônibus espacial Columbia entrava em órbita para “instalar” um satélite de comunicação americano. Na verdade, esse satélite possuía também antenas que poderiam, em caso de guerra, “bombardear” o território soviético com EMI, impedindo ou dificultando suas comunicações.

Além disso, a EMI poderia desviar a rota de mísseis lançados da URSS contra os EUA.

Tudo isso ocorreu no período da “guerra fria” entre esses dois países, e ficou conhecido como “projeto Guerra nas Estrelas”.

Atualmente, temos vários órgãos internacionais de padronização e fiscalização de EMI. Dentre eles, podemos citar: EN, FCC, SABS, AS/NZS, CE, etc.

## EFEITOS DA EMI

A interferência eletromagnética pode causar uma infinidade de problemas nos equipamentos eletroeletrônicos. Muitas vezes uma máquina pode gerar EMI, e afetar um sistema dela própria. Um exemplo disso é a máquina-ferramenta.

Caso algumas precauções, que serão exploradas a seguir, não sejam devidamente tomadas, o inversor de frequência do eixo-árvore pode comprometer o funcionamento do CNC, principalmente na comunicação *online*. Com certeza, devido às potências empregadas, a EMI é mais intensa no ambiente industrial. A seguir, temos uma lista dos principais defeitos causados pela EMI na indústria.

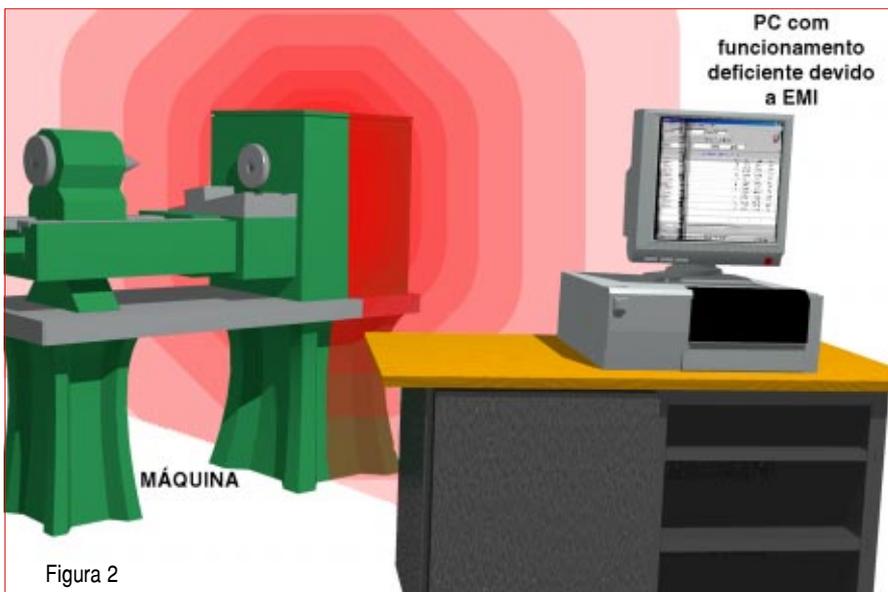


Figura 2

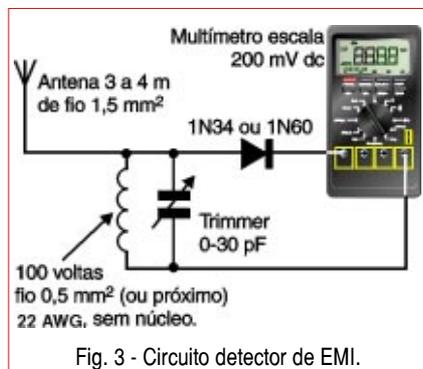
É bom salientar que esses defeitos podem ter sua origem em outras causas, porém, se a EMI nunca foi considerada nesses casos, vale a pena “checar”.

**Defeitos:**

- Falha de comunicação entre máquina e PC.
- Erro na execução do programa, geralmente sem seguir um ponto em específico.
- Caracteres estranhos no monitor de vídeo.
- Alarmes gerados sem motivo aparente.
- Falhas esporádicas e que não seguem uma lógica (ora é em um lugar, ora em outro).
- Queima de circuitos eletrônicos, mesmo esses sendo novos e confiáveis.
- Ruídos elétricos na alimentação, tanto DC como AC.
- Indução de corrente elétrica pelos rolamentos dos motores, causando seu desgaste prematuro. Normalmente, quando um rolamento se desgasta antes do prazo previsto, a tensão mecânica da correia da polia é logo a primeira suspeita. A seguir, analisa-se a lubrificação. Caso ambas estejam OK, e a rotação utilizada for a nominal do motor, a EMI pode ser a “vilã”.

**Mas, como posso saber o quão intensa é a EMI no meu ambiente de trabalho?**

Medir a EMI não é uma tarefa muito simples (empresas especializadas utilizam antenas especiais e analisadores de espectro para isso) conforme veremos mais adiante, porém a **figura 3** mostra um pequeno circuito que pode ajudar. Esse circuito era muito utilizado pelos “hobbistas”



de eletrônica, que desejavam montar um rádio de galena. Na verdade, o circuito é um rádio de galena, mas ao invés de um fone-de-ouvido, temos um multímetro. O funcionamento é bem simples, a bobina e o capacitor variável constituem o circuito de sintonia, e o diodo 1N60 é a etapa detectora. Essa etapa “converte” o sinal de RF sintonizado em um “nível DC”, que pode ser medido pelo multímetro. Para efetuar a sintonia, basta aproximar o circuito de qualquer fonte de EMI, e “regulá-lo” para a maior tensão do multímetro.

Finalmente, para termos uma idéia de quanta interferência uma máquina gera, aproximamos o circuito a cerca de 3m de distância dela. “Ajeite” a antena para obter o maior valor DC do multímetro (escala 200mV DC). Caso o valor obtido seja maior que 200mV, a máquina está com excesso de EMI.

Cabe lembrar algumas observações :

- Antes de fazer o teste, verifique com a máquina desligada quanto de EMI já está presente no ambiente. Por exemplo, se temos uma leitura de 20mV com a máquina desligada, e 180 mV com ela ligada, a máquina gerou 160mV de EMI .
- Os resultados são melhores se todos os circuitos eletroeletrônicos localizados nas proximidades da máquina estiverem desligados (lâmpadas fluorescentes, outras máquinas, motores CA e CC, etc.)
- O resultado obtido por esse método é apenas uma idéia do fenômeno. Ele não pode ser



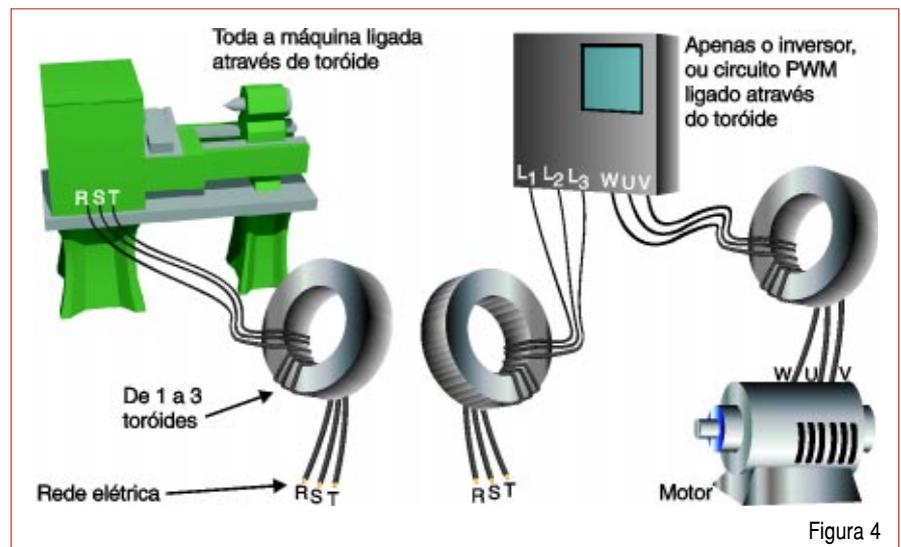
**- Freqüência de PWM :**

Para equipamentos que operem com sinais PWM, tais como inversores de freqüência, a redução da freqüência de PWM para valores abaixo dos 10 kHz ajuda muito na redução da EMI .

A única desvantagem dessa técnica é que o motor ficará um pouco mais “barulhento”, porém, sem qualquer prejuízo ao funcionamento.

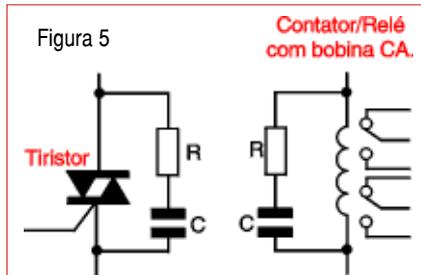
**- Toróides :**

Outra técnica é a aplicação de núcleos toroidais nos cabos de potência AC do equipamento. O modo como esses toróides são montados varia de caso para caso, porém a **figura 4** ilustra duas formas clássicas. Quanto ao tipo do toróide, também temos várias opções, mas, considerando o ambiente industrial, uma boa opção é o M43 da ETEK (diâmetro interno 35mm, e externo 61mm; 46 Ω para 25 MHz).

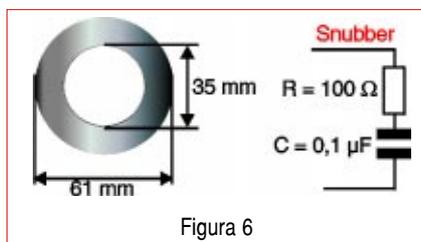


### - Filtros RC:

Quando um equipamento utiliza chaves estáticas (tiristores) ou bobinas AC (relés, eletroválvulas, etc.), devemos empregar um circuito “Snubber” de proteção. O circuito Snubber nada mais é do que um circuito RC, cuja função é “filtrar” variações de tensão (dv/dt) típicas de cargas indutivas. A **figura 5** mostra como



ligar o Snubber com seus componentes típicos R e C. Alguns fabricantes (LCR, Siemens, etc.) já possuem o Snubber encapsulado na forma de um único componente, o que facilita sua instalação. Ver valores típicos na **figura 6**.



### - Montagem do gabinete:

Os cuidados na confecção do gabinete do equipamento, influenciam na diminuição de EMI. O gabinete não deve possuir “pontas” em sua estrutura, pois elas podem servir como antenas transmissoras de interferências. Frestas também devem ser evitadas para não permitir o “escape” de EMI.

O material adequado para um gabinete é metal. Preferencialmente aço, e esse deve ter todas as suas partes aterradas (portas, barras de fixação dos cabos, etc.).

Caso não seja possível construir o gabinete em aço ou outro material metálico, ele deve ser revestido com tinta condutora. Essa técnica é a famosa “Gaiola de Faraday”, que é uma excelente proteção contra EMI. A própria blindagem dos cabos é uma gaiola de Faraday. Seu princípio de funcionamento é simples. Como dissemos anteriormente, a EMI é uma onda eletromagnética de alta impedância,

pois o campo predominante é o elétrico (E). O metal, por ser bom condutor, possui uma baixa impedância. Quando a EMI atinge um obstáculo metálico, como as impedâncias apresentam valores muito distintos, a EMI é refletida sobre a “malha”, e não absorvida pelo cabo (ou circuito). A absorção de energia só acontece quando temos impedâncias “casadas”. Apenas como exemplo, esse é o motivo da importância do “casamento” de impedâncias entre um televisor e sua antena.

Caso uma antena de 300 Ω seja ligada em uma entrada de 75 Ω, poderemos notar que a imagem não terá boa qualidade, pois como as impedâncias são diferentes, o sinal transmitido pela emissora será “refletido” pela antena, e não “absorvido” pela TV.

### - Aterramento elétrico:

O aterramento elétrico é de suma importância na redução de EMI (além de ser um fator de segurança ao usuário), como veremos mais adiante. O aterramento elétrico também evita a ESD (*electrostatic discharge*). Não entraremos em detalhes sobre a “construção” do aterramento, visto que a Revista Saber Eletrônica já publicou uma série de artigos a respeito, porém, o importante agora é saber que uma máquina bem aterrada emite menos EMI, e é mais imune à EMI emitida por outras máquinas ao seu redor.

Para quem tem dúvidas sobre como proceder em relação ao aterramento, a norma NBR 5410 (ABNT) trata desse assunto com riqueza de detalhes.

### - Transformador isolador:

O transformador isolador é uma das técnicas mais poderosas para eliminar a EMI de uma máquina (tanto emitida, quanto recebida).

Os cabos de alimentação de uma máquina, até chegarem ao quadro de distribuição, percorrem uma distância que, frequentemente, atinge vários metros. Esses cabos, portanto, funcionam como verdadeiras “antenas” transmissoras e receptoras de EMI.

O transformador isolador proporciona uma isolamento galvânica dessa “antena” ao equipamento, não permitindo que frequências acima de 60Hz (rede) saiam, ou entrem nele.

### - Circuito Impresso:

Na confecção das placas de circuito impresso, evitar cantos com ângulos agudos.

O leitor pode estar se perguntando: “**Mas, qual técnica devo utilizar para resolver meu problema de EMI, afinal ?**”

Todas as técnicas até aqui apresentadas são válidas. Uma boa dica é aplicá-las, simultaneamente.

## EMC (Electromagnetic Compatibility)

Conforme escrevemos no início deste artigo, várias entidades internacionais regulamentam a EMI. Através de certificados de conformidade (“Compliance”) essas entidades promovem os testes para verificação da EMI. Entre as mais famosas entidades, podemos citar: EN, FCC (americana), CE (comunidade europeia), AS/NZS, e MIL.

Apesar das pequenas diferenças entre os métodos de verificação e análise, todas tem os seguintes aspectos em comum:

**- Antes de um equipamento poder ser vendido ao mercado, ele deve ser testado quanto à:**

#### a - EMI fornecida ao meio ambiente

Em comum acordo, todas as entidades estabelecem limites cujos valores dependem do equipamento em questão. Esses valores são “standard” e podem ser consultados na “Part 15/ FCC”.

#### b - Imunidade à EMI

Da mesma forma que existem limites para emissão de interferências, o equipamento deve apresentar uma imunidade mínima à EMI, para que seu funcionamento esteja garantido. Por razões óbvias, os equipamentos médicos e de navegação são os mais exigidos nesse aspecto.

#### c - Geração interna de EMI

A EMI oriunda de um circuito não pode interferir no funcionamento de outro no mesmo equipamento. Quando isso ocorre, chamamos de “cross-talk”. Normalmente, esse problema é

mais freqüente em equipamentos com alta “densidade” de placas e cabos dentro do mesmo gabinete.

### - Teste de conformidade (“compliance”)

Geralmente, o teste de conformidade é feito em campo aberto. Isso evita as reflexões da EMI, que poderiam interferir nos resultados finais. O equipamento de teste é posto sobre uma mesa rotativa, e uma antena tipo dipolo, é colocada a cerca de 3 a 10 m da máquina sob teste. Através de analisadores de espectros, e detectores de RF, a emissão eletromagnética é medida (*figura 7*).

### - Teste do gabinete

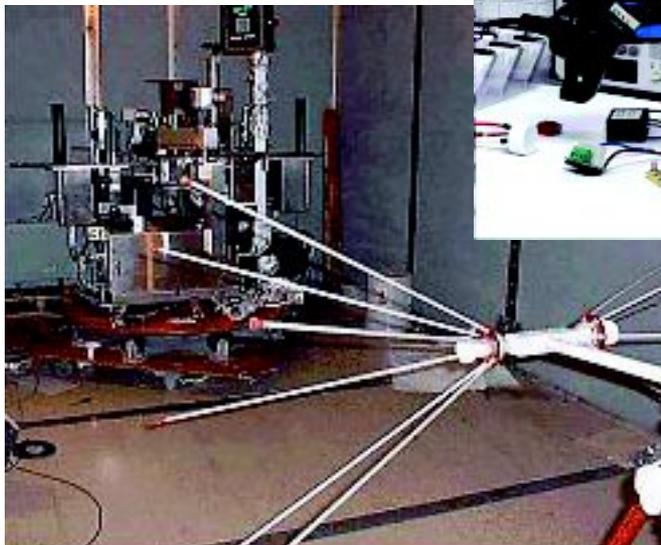
O teste mais usual para confirmar a imunidade do gabinete de montagem à EMI é o MIL-SDT-285, que requer uma sala blindada. Utilizando-se um transmissor de RF, localizado fora do gabinete sob teste, um intenso campo é emitido. Ao mesmo tempo, um receptor colocado dentro do gabinete mede qual a porção de EMI foi “perdida” através da reflexão no gabinete.

## ESD (Electrostatic Discharge)

Outra grande interferência que um equipamento pode sofrer é a ESD. Ela é o resultado de uma rápida equalização de cargas entre duas superfícies. A ESD mais comum é aquela gerada pela fricção de dois corpos isolantes que, quando carregados, “descarregam” através de uma faísca a carga elétrica acumulada. Várias são as conseqüências da ESD, entre elas, até mesmo explosões em instalações classificadas (com gases em suspensão). A queima de semicondutores, principalmente CMOS, é outra bastante comum. Quando manuseamos placas eletrônicas, podemos queimá-las através da ESD gerada por nossos corpos. Um corpo humano, eletricamente falando, pode ser representado por um modelo de um capacitor de 250 pF ligado em série com um resistor de 1500 Ω. Isso permite o acúmulo de um potencial de até 25000 V!

Para evitarmos essa queima de “placas” devemos estar sempre “ater-

Fig. 7 - Analisador de espectro e detector de RF.



Antena dipolo

rados”, eletricamente. Esse aterramento pode ser feito por pulseiras condutoras ligadas ao terra, ou outros dispositivos semelhantes.

Cabe lembrar que, quando manuseamos uma placa eletrônica sem o devido aterramento, podemos degradá-la, isto é, a queima pode não ser imediata, porém, sua vida útil será comprometida. Isso ocorre porque “danificamos” parte do isolante (óxido de metal) presente nos CI's ou outros dispositivos MOS.

Os testes para verificação de ESD mais aceitos internacionalmente estão na norma EN61000-4-2.

### Como resolver os problemas em uma máquina que apresenta ESD?

As duas alternativas para eliminar-se as cargas estáticas de um equipamento são: aterramento elétrico adequado, e diminuição dos atritos entre partes isoladas.

## CONCLUSÃO

Este artigo procurou demonstrar os possíveis problemas (e suas soluções) que a EMI pode causar no ambiente de trabalho, principalmente se esse for



industrial. Notem que alguns artigos publicados pela Saber apresentam circuitos simples, antes úteis apenas para hobbistas mas que servem também, para solucionar problemas encontrados na indústria. Claro que esses circuitos não podem proporcionar medidas precisas, porém podem ser interessantes dando uma “pista” para algum problema “misterioso”.

É bem verdade que um pouco de criatividade ajuda na hora de criá-los ou utilizá-los, mas pensamos que a consulta sistemática nos artigos publicados pela Saber, a respeito de “circuitos e informações”, pode ser muito útil ao técnico ou engenheiro. Para quem preferir, esta seção também está disponível no nosso *site*.

Abaixo seguem alguns endereços da Internet, para quem desejar aprofundar-se mais no assunto EMI :

[www.emitestlabs.com](http://www.emitestlabs.com)

[www.chomerics.com/emi.html](http://www.chomerics.com/emi.html)

[www.lcr-inc.com](http://www.lcr-inc.com)

[www.midemi.com/corefiles/esd.htm](http://www.midemi.com/corefiles/esd.htm)

Até a próxima!