

Capítulo VII

Aspectos EMC para o sistema de aterramento – referência para equipamentos sensíveis

Por Roberto Menna Barreto*

No Brasil, não existe propriamente uma imposição para o cumprimento de normas EMC no que se refere a produtos eletroeletrônicos de uso geral, embora as recomendações apresentadas pelo IEC sirvam de referência. No entanto, a Anatel, por intermédio da resolução nº 237, de 9 de novembro de 2000 – Regulamento para certificação de equipamentos de telecomunicações quanto aos aspectos de compatibilidade eletromagnética, passou a exigir de todos os fabricantes nacionais de equipamentos para uso em telecomunicações o cumprimento de requisitos específicos em EMC (que refletem as especificações técnicas da Diretiva EMC). Também já estão sendo adotados no Brasil requisitos EMC para equipamentos de eletromedicina, os quais (novamente) refletem as especificações técnicas da Diretiva EMC.

Dessa forma, quando consideramos a instalação de equipamentos eletroeletrônicos compondo um sistema eletrônico (instrumentação, telecomunicações, etc.) no Brasil, a situação que se apresenta é:

- O nível de emissão/imunidade de cada equipamento não está claramente definido, a menos que haja a comprovação de cumprimento com normas EMC específicas;
- O nível de emissão/imunidade do sistema eletrônico não é necessariamente o mesmo nível dos equipamentos que o compõe devido, por exemplo, aos cabos de interconexão que tornam o sistema mais vulnerável à influência de perturbações radiadas;
- Os níveis de perturbações eletromagnéticas em um determinado ambiente podem diferir drasticamente daqueles normalmente usados como referência na elaboração das normas EMC (ambientes residenciais e industriais).

A título de exemplo da importância de normalização em EMC, existem diferentes tipos de perturbação eletromagnética passíveis de ocorrer na rede elétrica de baixa tensão, podendo causar interferência eletromagnética, assim como harmônicos de corrente/tensão, variações do valor eficaz de tensão, surtos, etc.

Dentro do enfoque da diretiva européia sobre EMC, os níveis de perturbações eletromagnéticas aceitáveis na rede elétrica são definidos pela norma EN 50160 e os níveis de imunidade dos equipamentos pelas normas harmonizadas – Diretiva EMC, sendo estes sensivelmente superiores aos das perturbações esperadas na rede elétrica. Dessa forma, um equipamento eletroeletrônico para ligação à rede de baixa tensão terá o seu funcionamento correto garantido, uma vez que está apto a suportar os diferentes tipos de perturbações eletromagnéticas provenientes da rede elétrica.

Esta garantia de um funcionamento correto é assegurada por normalização também na instalação, em que as diferentes tecnologias existentes em um sistema eletrônico (instrumentação, automação, telecomunicações, etc., incluindo redes de comunicações, sistemas de energia AC e DC, sistemas de RF, etc.) têm de estar necessariamente interligadas pelo sistema de aterramento. Além disso, é também a base para uma proteção adequada contra descargas atmosféricas e seus efeitos, favorecendo, assim, a ocorrência de problemas de interferência, conforme caracterizado anteriormente.

Em outras palavras, a essência da compatibilidade eletromagnética de um sistema eletrônico é o seu próprio “sistema de aterramento”, sendo a sua importância

ainda maior no Brasil, uma vez que terá de compensar o tratamento não sistemático da área EMC pela falta de uma normalização abrangente. Muitas vezes o “sistema de aterramento” é confundido inadvertidamente com o conceito de “malha de terra” – um baixo valor de resistência de terra não é fundamental para EMC.

O sistema de aterramento, que deve ser visto não como um circuito para a “equalização de potencial”, mas sim como um circuito para favorecer o fluxo de corrente sob a menor indutância possível, assume, assim, o principal papel em sistemas eletrônicos e deve ser projetado no nível da instalação e do equipamento para, em conjunto com as técnicas EMC aplicadas (blindagem, filtragem, etc.), evitar que:

- perturbações eletromagnéticas sejam acopladas nos circuitos;
- perturbações eletromagnéticas acopladas nos circuitos possam ocasionar avarias ou erros de funcionamento.

Aterramento ao nível da instalação

O sistema de aterramento, que é único, tem de atender a diferentes compromissos:

- Controle de interferência eletromagnética, tanto interno ao sistema eletrônico (acoplamento capacitivo, indutivo e por impedância comum) como externo ao sistema (ambiente);
- Segurança, sendo a carcaça dos equipamentos ligadas ao terra de proteção (fio verde) e, dessa forma, qualquer sinal aterrado ou referenciado à carcaça ou ao gabinete, direta ou indiretamente, fica automaticamente referenciado ao terra de distribuição de energia;
- Proteção contra raios, sendo os condutores de descida do Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) conectados às estruturas metálicas (para evitar centelhamento) e sistemas de eletrodos de terra interconectados com o terra de energia, encanamentos metálicos, etc., ficando o “terra dos circuitos” ligados ao “terra do para-raios” (via estrutura ou sistema de eletrodos).

A consequência é que equipamentos com carcaças metálicas ficam expostos a ruído nos circuitos de aterramento (energia e raios).

Para atender aos compromissos de segurança, proteção contra raios e controle EMI, o sistema de aterramento ideal seria um plano com impedância zero, no qual poderíamos misturar os diferentes níveis de corrente destes sistemas sem que houvesse interferência. Entretanto, o ideal não é real e o que fazemos é simular este sistema de aterramento ideal com os materiais disponíveis (condutores com indutâncias e capacitâncias) por meio das configurações de aterramento flutuante (pouco usado devido a outros fatores), por um único ponto ou multiponto, cada uma destas apresentando vantagens e dificuldades.

O sistema de aterramento por um único ponto caracteriza-se por uma única tomada de terra, a partir da qual se distribui em toda a instalação, em uma concepção de “árvore ou estrela”, isto é, sempre abrindo, conforme ilustrado na Figura 1.

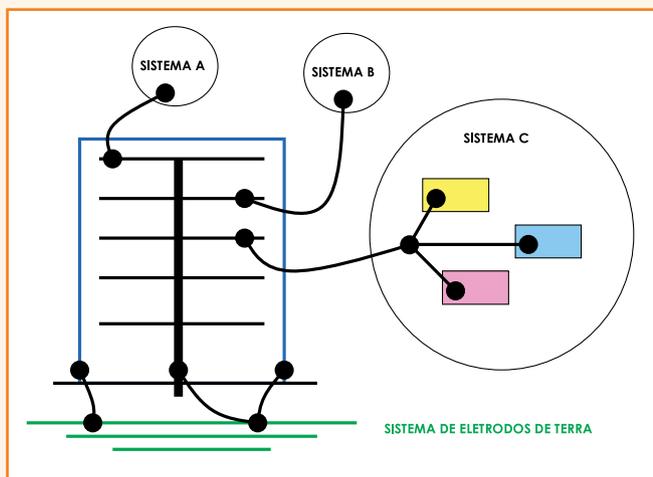


Figura 1 – Aterramento por um único ponto

Esta configuração é mais apropriada para frequências baixas e muitas vezes atende perfeitamente a sistemas eletrônicos de alta frequência instalados em áreas reduzidas, como é o caso de estações de telecomunicações (shelters). Nesses ambientes, existe um barramento de terra principal para o qual convergem todas as referências de aterramento dos equipamentos de telecomunicações e demais equipamentos instalados no local.

O sistema de aterramento por um único ponto deve ser isolado de outros circuitos e não deve servir de retorno para as correntes de sinal, as quais devem circular por condutores de sinal, por exemplo, com par balanceado.

Vale ressaltar que, para esta simulação do aterramento ideal com impedância zero, devemos considerar a faixa de frequência em uso. Por exemplo, um cabo terra de 53 mm com 30,5 m apresenta uma impedância de 0,01 ohms em 60 Hz e cerca de 330 ohms em 1 MHz. Ou seja, às vezes empregamos expressões, assim como “equipotencialização”, que teriam sentido somente dentro de certos limites.

Para frequências altas, o sistema multiponto é o mais adequado, conforme caracterizado na Figura 2, inclusive simplificando a instalação, uma vez que, por exemplo, para os cabos coaxiais a blindagem não teria que flutuar em relação ao gabinete.

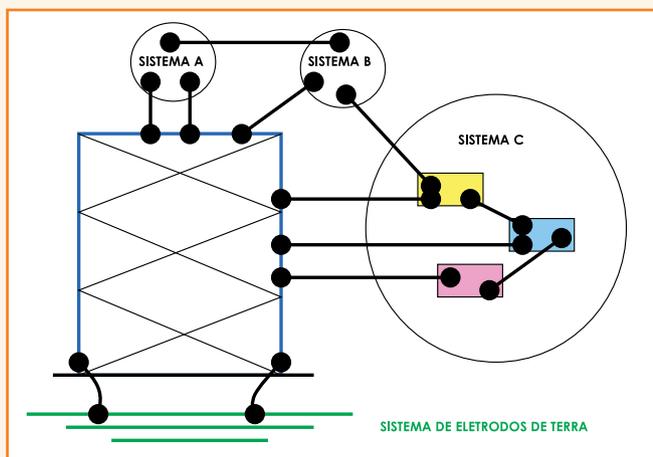


Figura 2 – Aterramento multiponto

Para equipamentos críticos (típico de data center) ou em ambientes com maior nível de perturbações eletromagnéticas, o sistema de aterramento multiponto é implementado por meio de um plano de terra equipotencial (grade de cobre embutida no concreto, piso falso, chapa metálica sob carpete). Ele, por sua vez, é conectado ao sistema de eletrodos de terra e os gabinetes dos equipamentos são conectados a este plano.

A vantagem do sistema multiponto é que qualquer cabo, ou condutor com ruído, conectado a um receptor por meio ou ao longo deste cabo, terá o seu campo contido entre o cabo e o plano, favorecendo que o ruído possa ser filtrado.

Para sistemas distribuídos (inclusive como de controle de processos industriais), com unidades fisicamente distantes e com alimentação de diferentes fontes (tomadas, fases de linha, transformador), faz-se o sistema de aterramento em cada local e aplicam-se as técnicas pertinentes para o controle de EMI radiada ou conduzida para cada percurso de sinal, formando-se “ilhas” conforme representado na Figura 3.

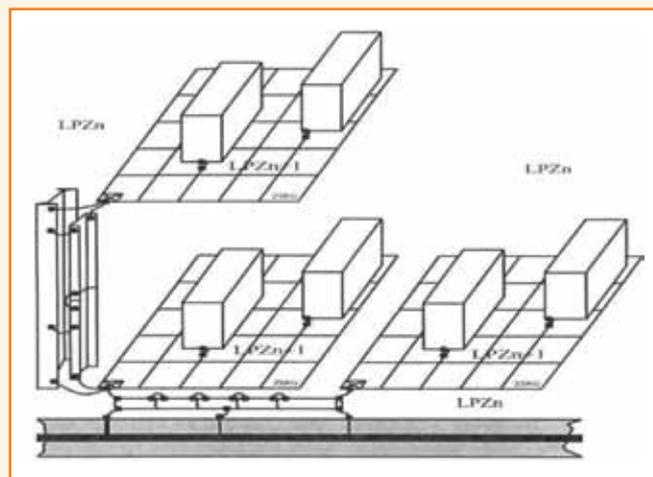


Figura 3 – Planos “equipotenciais”

Este é o procedimento utilizado também para a proteção contra raios (Lightning Protection Zone – LPZn), no qual um ambiente eletromagnético compatível com o nível de imunidade dos equipamentos instalados é favorecido. A entrada ou saída de cada zona assim delimitada é feita por uma única porta, na qual estariam instalados os dispositivos de proteção contra surtos, filtros, aterramento da blindagem de cabos, etc.

Aterramento ao nível do equipamento

O sistema de aterramento naturalmente continua ao nível dos equipamentos, indo do gabinete às placas de circuito impresso em um único circuito.

Como o condutor de proteção (fio verde) apresenta centenas de milivolts entre dois pontos, não serve como uma referência para a operação de circuitos eletrônicos, que trabalham com níveis muito baixos de sinal, sendo então necessária a criação de uma referência (também chamada de aterramento) apropriada à operação destes circuitos.

Este sistema de aterramento inerente a um equipamento eletrônico para referência de sinais poderá ser classificado como um aterramento por um único ponto, o qual poderá ter a configuração em série ou em paralelo, ou como um aterramento multiponto, conforme apresentado na Figura 4.



Figura 4 – Classes de aterramento para sinais

A configuração da conexão em série, por ser a mais simples, acaba sendo a mais utilizada e funciona corretamente desde que os níveis de sinais dos vários circuitos sejam semelhantes. Quando a tensão V_{fio} desenvolvida em um pedaço da fiação entre dois estágios [$V_{fio} = Z_{fio} \times$ (somatório das correntes que fluem neste pedaço de fio, originárias dos vários circuitos anteriores #1, #2, #3, etc.)] se torna significativa para a operação dos circuitos anteriores. Estes circuitos vêem a referência de “terra” modulada por estes V_{fio} que se apresentam em série, então esta configuração não é mais apropriada e a configuração da conexão em paralelo irá solucionar este aspecto.

Na configuração da conexão em paralelo cada condutor de retorno tem agora a exclusividade do circuito para o qual está referenciando, ou seja, que não existem mais correntes de outros circuitos fluindo por eles, ou seja, uma impedância comum de aterramento a diferentes circuitos (Z_{fio}) como no caso anterior. Esta configuração é apropriada desde que a faixa de frequência seja suficientemente baixa para desprezarmos os efeitos indutivos e capacitivos destes condutores de aterramento, quando então estaríamos alterando a configuração para o sistema multiponto, fazendo o comprimento dos condutores ser o menor possível.

Na prática, o que fazemos é uma “configuração mista”, alternando as diferentes classes conforme a necessidade de operação dos circuitos e segregando quanto ao nível de ruído: “terra de sinais” para o aterramento de circuitos mais sensíveis; “terra de ruído” para o aterramento de relés, circuitos de alta potência; e “terra de equipamento” para o aterramento de racks, gabinetes, etc., sendo estes três circuitos conectados ao condutor de proteção.

Para a placa de circuito impresso, esta mesma metodologia se

aplica, objetivando também o atendimento às normas EMC, sendo as trilhas de “terra” (e Vcc) as mais importantes, que é por onde fluem as correntes de sinal de todos os circuitos além do ruído em alta frequência gerado na placa. Daí a grande vantagem das placas multilayer, por apresentarem uma menor impedância característica.

Conclusão

Conforme apresentado, o sistema de aterramento constitui um único circuito, que vai desde o subsistema de eletrodos de terra até aos componentes em placas de circuito impresso. O dimensionamento deste circuito (sistema de aterramento) irá depender de diversos fatores, como as características dos equipamentos, as faixas de frequência utilizadas, as dimensões e topologia do sistema, as perturbações eletromagnéticas (radiadas e conduzidas) presentes no ambiente, etc. Fatores estes que poderão indicar a necessidade de medidas de proteção adicionais (filtragem, blindagem, isolamento, etc.) conforme a situação para este circuito que é o sistema de aterramento.

Ou seja, não existe um “pré-projeto” para a implantação de sistemas de aterramento. Cada instalação de sistema eletrônico (instrumentação, telecomunicações, hospitalar, automação, etc.) tem as suas próprias particularidades inerentes ao próprio sistema e ao local de instalação, e requer um projeto específico do sistema de aterramento que possa garantir a operação correta dos equipamentos instalados.

Muitas vezes o que é feito é a implantação do sistema de aterramento baseada em somente dois ou três critérios, em lugar de um projeto específico, tais como: a resistência de terra deve ser inferior a 5 ohms; a configuração em estrela deve ser implementada; deve-se evitar os “loops de terra”; deve-se fazer uma equalização de potencial; etc. Mas, em geral, estes critérios são falhos, não são suficientes e nem mesmo necessários.

A consequência então é um número bastante elevado de problemas sempre que ocorre uma situação de risco, assim como aquelas originadas por raios, por exemplo. Então se inicia uma busca por produtos especiais, tal como um “super” Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) que possa resolver o problema. Na verdade, o problema é de outra categoria, porque é no sistema de aterramento que o problema precisa ser solucionado.

Dessa forma, somente um estudo abrangente, tendo em consideração estes aspectos, poderá indicar uma solução apropriada para o sistema de aterramento.

* **ROBERTO MENNA BARRETO** é engenheiro eletricista e sócio-gerente da QEMC, empresa de consultoria na área de Compatibilidade Eletromagnética (EMC) e de proteção de instalações de sistemas eletrônicos contra descargas atmosféricas e seus efeitos.

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br