



TESTES PARA CERTIFICAÇÃO EMC DE UMA FONTE CHAVEADA *FULL RANGE* 60 W

Airton Bento¹, Luis Carlos Martinhago Schlichting²

Resumo: O processo de fabricação de componentes eletrônicos, sofreu grandes transformações nos últimos anos. Destaca-se nesse contexto, a tecnologia SMD (*Surface Mount Device*), que surge como uma nova opção à tecnologia PTH (*Pin Through Hole*). Diante disso, o objetivo desse estudo, foi examinar o comportamento dessas duas tecnologias, em relação a compatibilidade eletromagnética (EMC). Para examinar esse comportamento, foram utilizadas duas fontes de alimentação, uma montada com componentes SMD e outra com o uso de componentes PTH. Além das diferenças tecnológicas de montagem das fontes, foram comparados dois filtros de EMI. Os resultados apontam que o modelo SMD apresenta uma pequena desvantagem em relação ao modelo PTH, essa última com melhor desempenho nos testes de emissão conduzida. De acordo com esses resultados, conclui-se que as fontes não necessitam utilizar filtros EMI, por estarem dentro dos limites da norma CISPR11.

Palavras-chave: EMC. Emissão Conduzida. Emissão Irradiada. SMPS.

Abstract: *The process of manufacturing electronic components has undergone major changes in recent years. In this context, SMD (Surface Mount Device) technology emerges as a new option for PTH (Pin Through Hole) technology. Therefore, the objective of this study was to examine the behaviour of these two technologies in relation to electromagnetic compatibility (EMC). To examine this behaviour, two power supplies were used, one mounted with SMD components and another one with the use of PTH components. In addition to the technological differences in the assembly of the sources, two EMI filters were compared. The results show that the SMD model presents a small disadvantage in relation to the PTH model, the latter with the best performance in the conducted emission tests. According to these results, it is concluded that the sources do not need to use EMI filters because they are within the limits of the CISPR11 standard.*

Keywords: *EMC. Conducted Emission. Irradiated Emission. SMPS.*

¹ Especialista em Desenvolvimento de Produtos Eletrônicos, IFSC/Florianópolis <airton@mpei.com.br>.

² Professor do Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), IFSC/Florianópolis <schlicht@ifsc.edu.br>.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho, busca comparar as diferentes tecnologias de montagem de equipamentos eletrônicos. Além de verificar sua eficiência e a necessidade de utilização de filtros EMI, este estudo pretende fazer a avaliação de conformidade da fonte de alimentação com relação à emissão irradiada e conduzida, como etapa inicial do processo de certificação, para atender às normas de compatibilidade eletromagnética. Para isso, foi necessário um estudo, para verificação das normas utilizadas, que estabelecem os limites de emissão conduzida e irradiada por este tipo de equipamento, neste caso, a fonte de alimentação chaveada (SCHLICHTING, 2003).

A rede de energia elétrica, fornece para as residências e indústrias em tensão alternada, valores de tensões elevados, comparados aos utilizados pela maioria dos circuitos eletrônicos. As fontes de alimentação, têm como principal função, fornecer os níveis de tensão compatíveis, para os circuitos eletrônicos, transformando em valores e tipos adequados, nesse caso, com entrada de 90 a 240 V_{CA} (Tensão Corrente Alternada) e saída de 24 V_{CC} (Tensão Corrente Contínua).

Com o aumento das exigências dos clientes e a necessidade de atendimento às normas de compatibilidade eletromagnética (EMC), cada dia mais se faz necessária a realização de ensaios em

compatibilidade eletromagnética. Esta área ainda é pouco conhecida e apresenta custos elevados em nível de equipamentos de medidas (PASQUALOTTO; SCHLICHTING, 2017).

O atendimento às normas de EMC é necessário para as certificações CE (Conformidade Europeia) e FCC (*Federal Communications Commission*), requisitos para exportação.

As normas que estabelecem os limites de emissão conduzida e irradiada, foram elaboradas por um comitê chamado CISPR (Comitê Internacional Especial de Perturbações Radioelétricas). Em seu guia de uso é apresentada uma lista de equipamentos eletrônicos, com as normas que devem ser utilizadas, como pode ser verificado no Quadro 1, na linha em destaque, a CISPR11 (CISPR, 2006) foi a norma indicada, por conter conversores de potência, nos quais se encaixam as fontes chaveadas.

Quadro 1 – Relação de alguns produtos guia CISPR.

Parte da Tabela extraída do guia CISPR	CISPR Aplicável										Observações
	11	12/25	13	14-1	14-2	15	20	22	24	32	
Interruptor de terra AC											
Medidor de energia AC											
Motor alimentado por conversor AC											
Veículo trilho AC											
Medidor de Watt Hora AC											
Aceleradores (medicina)											
Máquinas agrícolas											
Equipamentos de solda a arco											
Amplificadores de áudio											
Caixa automático											
Carregadores de baterias - retificador											
Carregadores de baterias - comutação											
Carregadores de baterias sem fio (WPT)											
Máq. Acabamento de piso a bateria											
Barcos (menor que 15m comprimento)											
Disp. De disco óptico - CD e DVD											
Cartões sintonizadores de TV PC											OBS1
Cartões sint. Rádio AM / FM PC											
Tocadores / gravadores											
Fontes de alimentação retificadas											
Terminal de ponto de venda											
Conversores de potência											
Fontes de alimentação sem fio (WPT)											
Ferramentas elétricas (inclui à bateria)											
Amplificadores de RF											
Conversores de RF											
Veículos rodoviários											

OBS1: Parte do sintonizador de TV testada para CISPR 13 quando o CISPR 22 é aplicado ao PC

A norma CISPR11 é dividida em duas classes, A e B, sendo a primeira indicada para equipamentos industriais, médicos e científicos e a segunda para equipamentos de uso residencial. Por se tratar de um equipamento de uso não residencial, a classe A foi utilizada para os testes, desta forma, apresenta-se os limites para a classe utilizada, tanto para emissão conduzida quanto irradiada.

Na Tabela 1 apresenta-se os limites de emissões irradiadas para Classe A, de acordo com a norma CISPR11. Para que determinado equipamento atenda à mesma, os valores obtidos após as medições, devem ficar abaixo desses limites estabelecidos.

Tabela 1 – Limites emissão irradiada CISPR11 Classe A.

Faixa e Frequência (MHz)	Quase Pico (dBµV) 10 m	Quase Pico (dBµV) 3 m
30 – 230	40,0	50,5
230 – 1.000	47,0	57,5

Na Tabela 2, tem-se os limites estabelecidos pela norma, para emissão conduzida, onde, para cada faixa de frequência, são apresentados os valores máximos permitidos, quase pico e valor médio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Compatibilidade Eletromagnética

Faz-se necessário abordar de forma conceitual Compatibilidade Eletromagnética (EMC – *Electromagnetic Compatibility*). Conforme Paul (2006) “Um sistema eletrônico que é capaz de funcionar compatível com outros sistemas eletrônicos e não produzir ou ser suscetível a interferências é dito ser eletromagneticamente compatível em seu ambiente.”.

Tabela 2 – Limites Emissão Conduzida CISPR11 Classe A.

Faixa e Frequência (MHz)	Quase Pico (dBµV)	Média (dBµV)
0,14 – 0,50	79	66
0,50 – 5	73	60
5 – 30	73	60

Um sistema é considerado eletromagneticamente compatível com seu ambiente se atender a três critérios:

- não causa interferência em outros sistemas;
- não é suscetível a emissões de outros sistemas;
- não causa interferência em si mesmo.

De acordo com estes critérios, um equipamento está atendendo às normas, do ponto de vista da compatibilidade eletromagnética, uma vez que ele não interfere em outros sistemas, não é interferido por outros sistemas e não causa interferência no próprio sistema.

O modelo apresentado por Paul (2006) decompõe o problema da compatibilidade eletromagnética conforme a Figura 1.

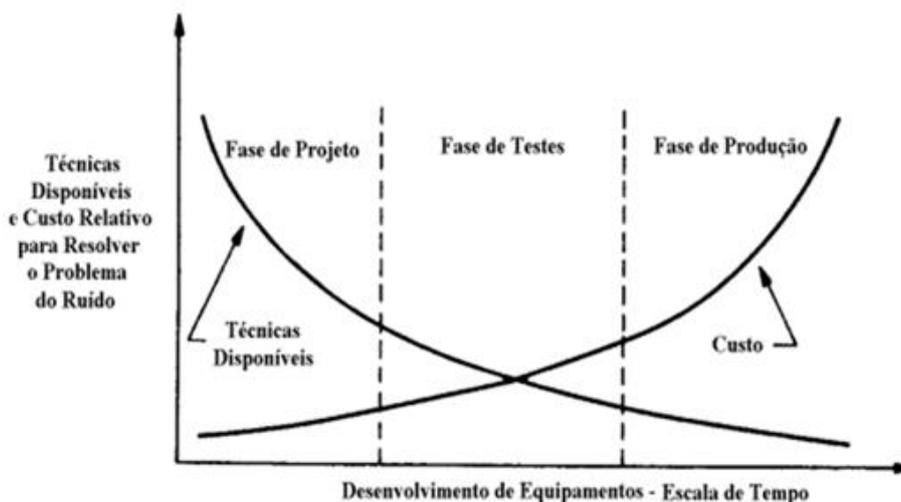
Figura 1 – Decomposição básica de EMC.



Esta decomposição é dividida em três partes: a primeira é a fonte (emissor) na qual o ruído eletromagnético é gerado; a segunda, o meio por onde esse ruído eletromagnético, se propaga até chegar ao receptor. Este ruído eletromagnético ao chegar ao receptor pode gerar resultados ou efeitos indesejados em sistemas próximos, revelando um problema de compatibilidade eletromagnética.

Por que se preocupar com EMC? Conforme pode ser verificado na Figura 2, na fase inicial do projeto, as técnicas disponíveis para resolver os problemas de EMI são muitas e o custo considerado baixo. À medida que o projeto avança ocorre o inverso: aumento do custo e poucas possibilidades de solução, por isso há a necessidade de observar as técnicas existentes, para que o projeto seja viável do ponto de vista econômico e técnico.

Figura 2 – EMC: Técnicas disponíveis vs. Custo. Adaptado de OTT (2009).



2.2 Interferência eletromagnética conduzida

Segundo Montrose (2000), emissões conduzidas, são os componentes da energia de RF (radiofrequência) que são transmitidos através de um meio, como uma onda de propagação, sempre através de um fio ou cabos de interconexão.

2.3 Interferência eletromagnética irradiada

Conforme a definição de emissões irradiadas dada por Montrose (2000), o componente da energia de RF, que é transmitida através de um meio, geralmente é transmitido pelo ar.

2.4 Problemas e soluções EMC

Os quatro problemas básicos em EMC são: emissões irradiadas, suscetibilidade a emissões irradiadas, emissões conduzidas e suscetibilidade a emissões conduzidas.

2.5 Como solucionar ou minimizar esses problemas

Segundo Paul (2006), esses problemas de compatibilidade eletromagnética podem ser mitigados de três maneiras:

- 1) reduzir a emissão na fonte do ruído eletromagnético;
- 2) fazer o caminho do acoplamento o mais ineficiente possível;
- 3) fazer com que o receptor seja o menos suscetível a essas emissões.

Segundo Paul (2006), o primeiro passo em equipamentos que utilizam técnicas digitais é diminuir o tempo de transição dos sinais digitais, até o valor que não interfira no funcionamento do equipamento. Muitas vezes as transições são realizadas em picossegundos, quando na prática podem ser realizadas na escala de nanossegundos. Ao diminuir o tempo de transição do sinal, diminui-se a amplitude dos harmônicos de frequência alta dessa transição, reduzindo a eficiência do acoplamento, com isso reduzindo o nível de ruídos eletromagnéticos no receptor.

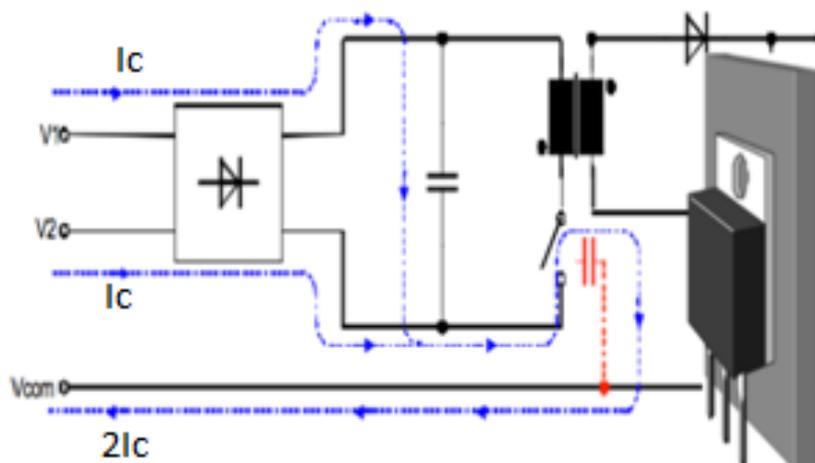
Existem os métodos chamados de força bruta, como blindagens, que diminuem a suscetibilidade do receptor ou uso de filtros de EMI, o que aumenta os custos do equipamento. Diminuir ou eliminar cabos que interligam sistemas faz com estes cabos deixem de irradiar sinais indesejados. Na maioria das vezes, são cabos sem blindagem, fazendo com que, dependendo do tamanho, tornem-se antenas para irradiar ou receber ruídos eletromagnéticos.

Em se tratando de fontes de alimentação, equipamentos que são ligados à rede elétrica, na próxima seção será feito um adendo para abordar as correntes de modo comum e de modo diferencial, por serem a forma como a interferência eletromagnética se propaga. Por esta razão, devem ser reduzidas de forma adequada, com a utilização de filtros EMI quando necessário.

2.5.1 Correntes de modo comum e modo diferencial

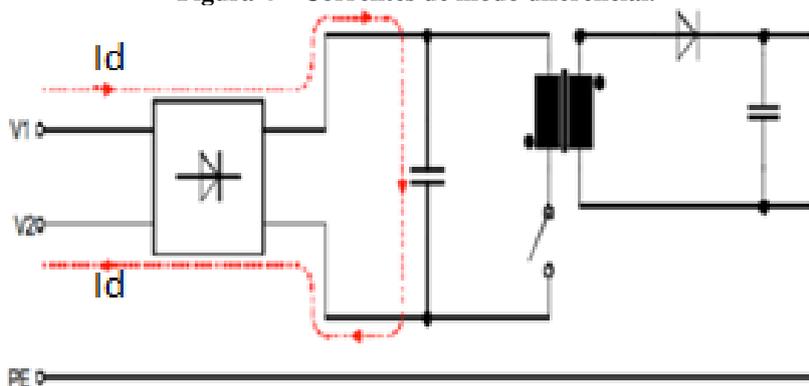
Um equipamento eletrônico, quando ligado a uma rede elétrica, possui um cabo de alimentação que possui um fio fase, um fio neutro e um fio terra. Quando uma tensão é aplicada, estando o equipamento alimentando uma carga qualquer, aparecem correntes que se propagam pelos condutores. Estas, dependendo do modo de propagação, podem ser decompostas em correntes de modo comum e de modo diferencial (PAUL 2006). Muitos problemas de compatibilidade estão relacionados a essas correntes. As correntes de modo comum são aquelas que se propagam no mesmo sentido nos dois condutores, como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 – Correntes de modo comum.



Já as correntes de modo diferencial se propagam em sentidos opostos, como podemos observar na Figura 4.

Figura 4 – Correntes de modo diferencial.



3 METODOLOGIA

3.1 Testes Emissão Conduzida

Os testes de emissão conduzida foram realizados no laboratório de EMC do IFSC, utilizando uma LISN (*Line Impedance Stabilization Network*), de marca Rhode & Schwarz e modelo ENV216 conforme Figura 5.

Figura 5 – Equipamento R&S ENV216.



Para realizar as medições, foi conectado a LISN ao analisador de espectro, modelo HMS-X conforme Figura 6.

Figura 6 – Analisador de espectro HMS-X.



Esses equipamentos, ligados a um computador, com software de análise específico, permitem a realização dos testes de emissão conduzida. A disposição dos equipamentos de medidas e o equipamento em teste, podem ser verificados na Figura 7.

Figura 7 – Setup conduzidas.



3.2 Testes de Emissão Irradiada

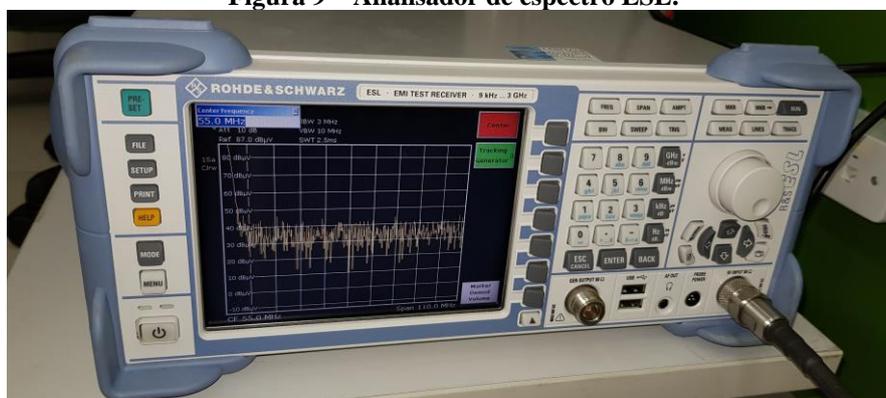
Os testes de emissão irradiada foram realizados na câmara GTEM-750 conforme Figura 8.

Figura 8 – Câmara GTEM-750.



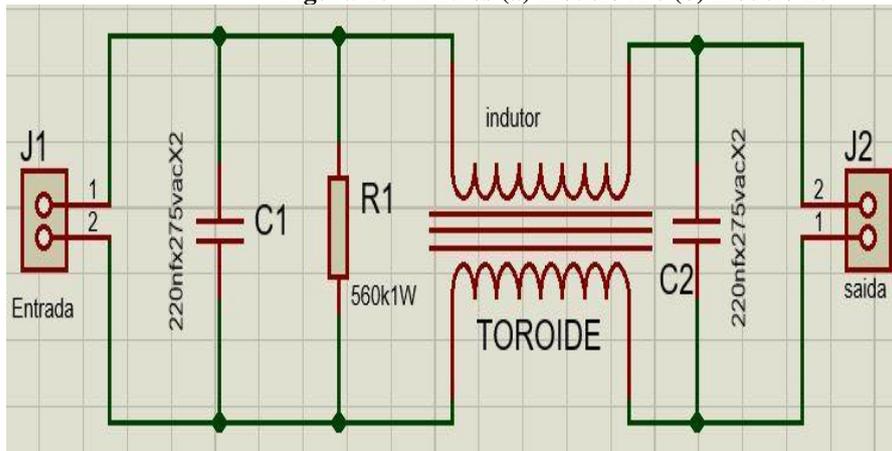
Essa câmara é conectada a um analisador de espectro, marca Rhode & Schwarz, modelo ESL, conforme Figura 9, estes equipamentos, ligados a um computador com software específico instalado, com *setups* das normas pré-configurados.

Figura 9 – Analisador de espectro ESL.

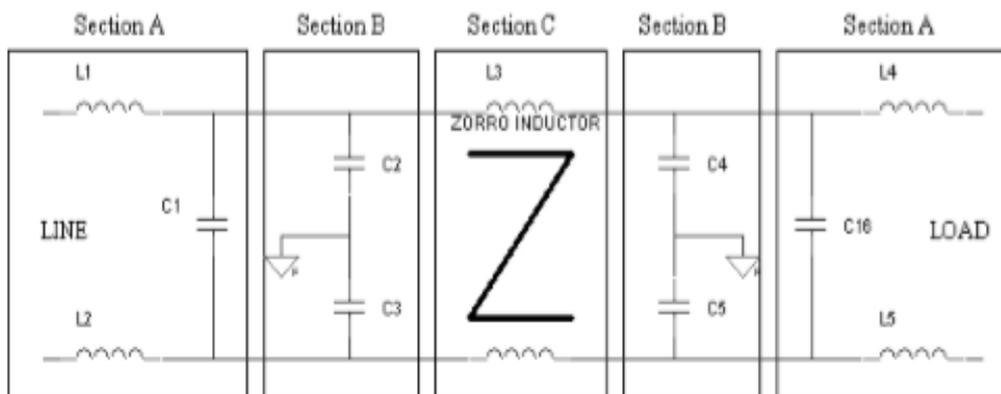


Todos os testes foram realizados com as fontes alimentadas em 220 V_{CA}, com carga resistiva e potência de 60 W. Cada fonte foi testada em três diferentes situações: sem filtro EMI na entrada, com filtro modelo A, e com filtro modelo B (Figura 10).

Figura 10 – Filtros (a) modelo A e (b) modelo B.



(a)



(b)

O filtro modelo A é o utilizado originalmente na fonte modelo PTH extraído do *datasheet* do componente FSCM0765R da Fairchild Semiconductors. O filtro modelo B, foi extraído da nota de aplicação AN4145 (FAIRCHILD, 2004), utilizado na fonte SMD, quando realizado a mudança de tecnologia.

3.3 Equipamentos submetidos aos testes

As fontes que foram submetidas aos testes de compatibilidade, são utilizadas nos equipamentos fabricados pela empresa MPCÍ Metal Protector LTDA., onde atua um dos autores deste estudo, fabricante de detectores de metais, para diversas áreas de segurança, tais como, aeroportos, agências bancárias, casas de câmbio, lotéricas, penitenciárias, clubes etc. Outra área de utilização desses equipamentos são as indústrias alimentícias, que os utilizam para que contaminações com metais envolvidos no processo não cheguem ao consumidor, evitando que tais partículas sejam ingeridas, em atendimento às normas estabelecidas por órgãos reguladores como a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Outra aplicação é a APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), para detecção de partes de máquinas, que ao serem identificadas na linha, permitem uma correção imediata do problema, evitando paradas e perdas de produção.

A fonte modelo PTH comercializada pela empresa MPCÍ Metal Protector LTDA., foi desenvolvida com base no documento de aplicação do fabricante Fairchild Semiconductors (referência ao *datasheet* FSCM0765). Com a necessidade de automatizar processos, além da dificuldade de encontrar determinados componentes em PTH, todos os produtos da empresa passaram pelo processo de mudança de tecnologia de montagem, passando de PTH para SMD, inclusive a fonte de alimentação. Trata-se do mesmo projeto, porém com tecnologias de montagem diferentes.

Na Figura 11, apresenta-se uma imagem da fonte modelo PTH montada, tendo em destaque o filtro Modelo A de entrada.

A Fonte de modelo SMD tem a maioria de seus componentes em tecnologia SMD e possui um filtro Modelo B de entrada, conforme a Figura 12. Este é um filtro calculado para a faixa de frequência de operação da fonte, levando em consideração as correntes de modo comum e modo diferencial conforme apresentado anteriormente.

Figura 11 – Fonte PTH com filtro Modelo A em destaque.



Figura 12 – Fonte SMD com filtro Modelo B em destaque.

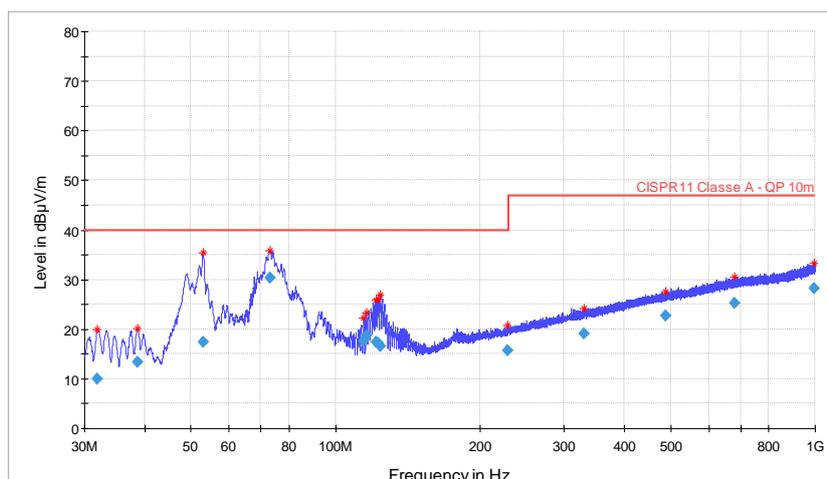


4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Testes Emissão irradiada: Fonte SMD

Na Figura 13, tem-se o resultado obtido no teste de emissão irradiada, fonte SMD sem filtro. Observe-se que seu pico máximo está em $35 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, $5 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ abaixo do limite permitido pela norma.

Figura 13 – Teste de emissão irradiada da fonte SMD sem filtro.



Na Figura 14, tem-se o gráfico com os resultados de emissão irradiada com a fonte SMD, utilizando o filtro Modelo A da fonte PTH, em que o pico máximo chega a $29 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, uma redução de $6 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ em relação ao resultado sem filtro. A mesma fonte com o filtro modelo B, apresenta um resultado de $34 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, em seu pior caso, comportando-se de modo similar aos testes efetuados sem filtro, conforme pode-se observar na Figura 15.

Figura 14 – Teste de emissão irradiada da fonte SMD com filtro Modelo A.

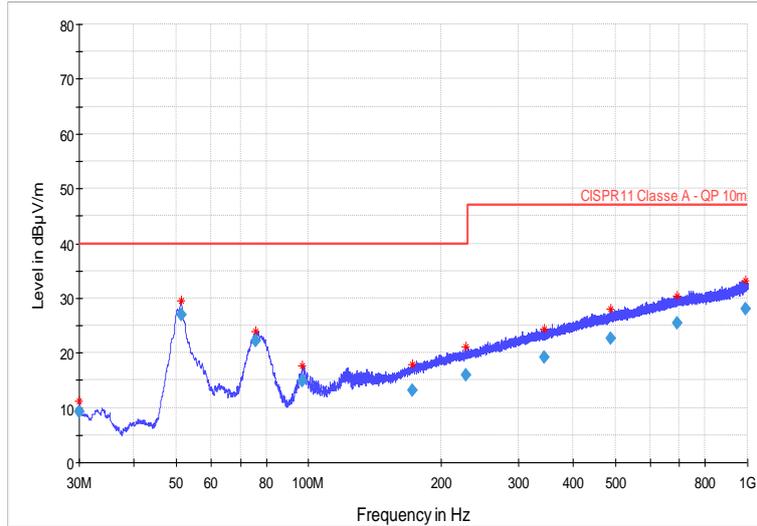
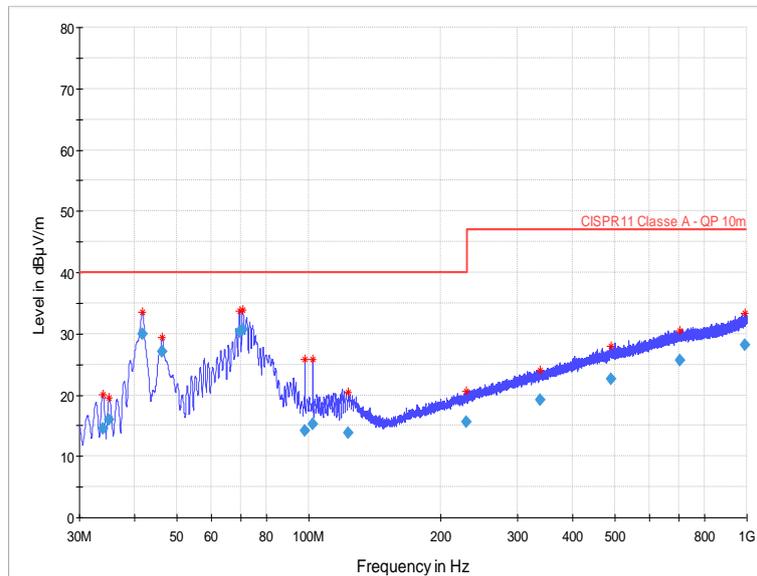


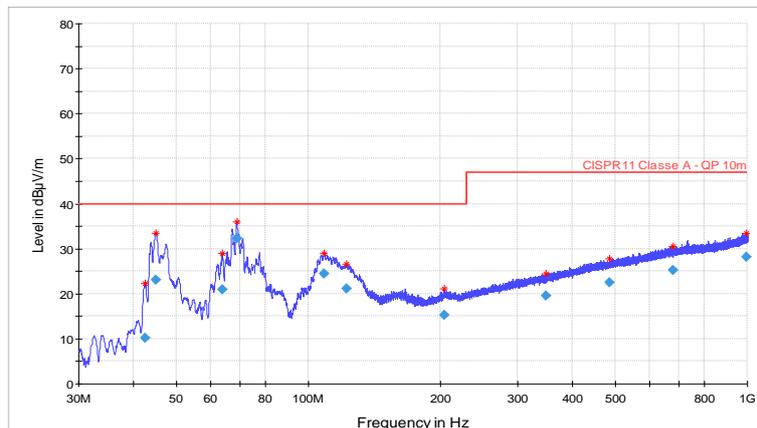
Figura 15 – Teste de emissão irradiada da fonte SMD com filtro Modelo B.



4.2 Testes Emissão Irradiada: Fonte PTH

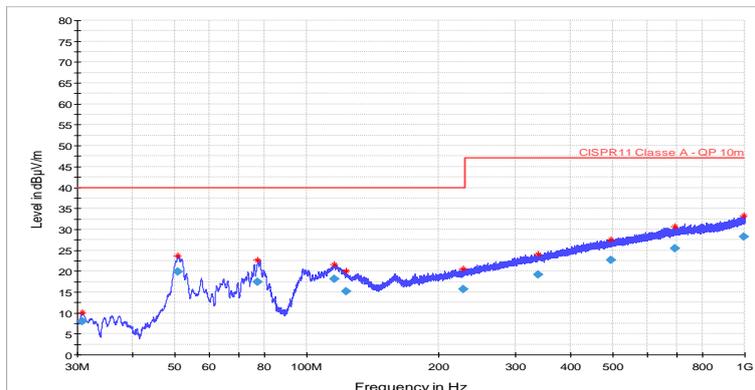
Na Figura 16, tem-se o resultado do teste de emissão irradiada da fonte modelo PTH, sem filtro EMI, apresentando em seu pior caso, 35 dBμV/m, abaixo do limite definido em norma.

Figura 16 – Teste de emissão irradiada da fonte PTH sem filtro.



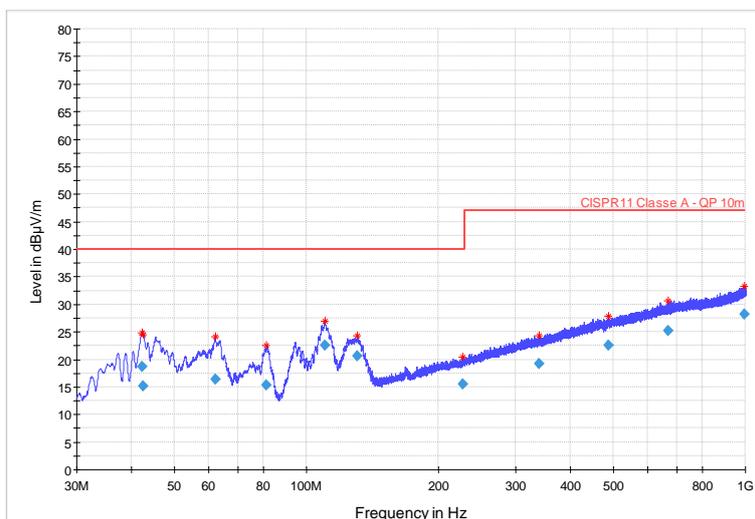
Na Figura 17, apresenta-se os testes de emissão radiada na fonte modelo PTH utilizando o filtro modelo A, o qual apresentou, em seu pior caso, 23 dB μ V/m, valor bem abaixo dos limites estabelecidos pela norma CISPR11.

Figura 17 – Teste de emissão irradiada da fonte PTH com filtro Modelo A.



Na Figura 18, tem-se os dados do teste da fonte PTH de emissão irradiada, utilizando o filtro Modelo B, apresentando, em seu pior caso 27 dB μ V/m, pior que o resultado com o filtro Modelo A.

Figura 18 – Teste de emissão irradiada da fonte PTH com filtro Modelo B.



Na Tabela 4, apresenta-se os valores máximos registrados nos testes de emissão irradiada, dados comparativos, com relação a tecnologia das fontes de alimentação testadas, testes sem filtros e com filtros EMI.

Tabela 3 – Dados comparativos emissão radiada: valores máximos alcançados.

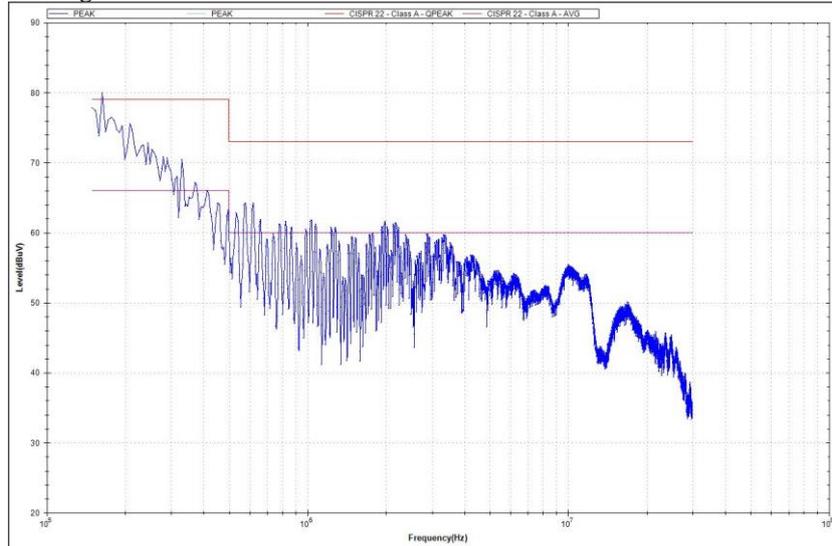
Radiada	SMD	PTH
Sem fitro	35 dB μ V/m	36 dB μ V/m
Filtro Modelo A	29 dB μ V/m	23 dB μ V/m
Filtro Modelo B	34 dB μ V/m	27 dB μ V/m

4.3 Testes de Emissão Conduzida: Fonte SMD

Nos testes de emissão conduzida, tem-se duas curvas, a curva inferior são os valores médios e a curva superior os valores limites de quase pico, este último, o que deve ser inferior para aprovação nos testes.

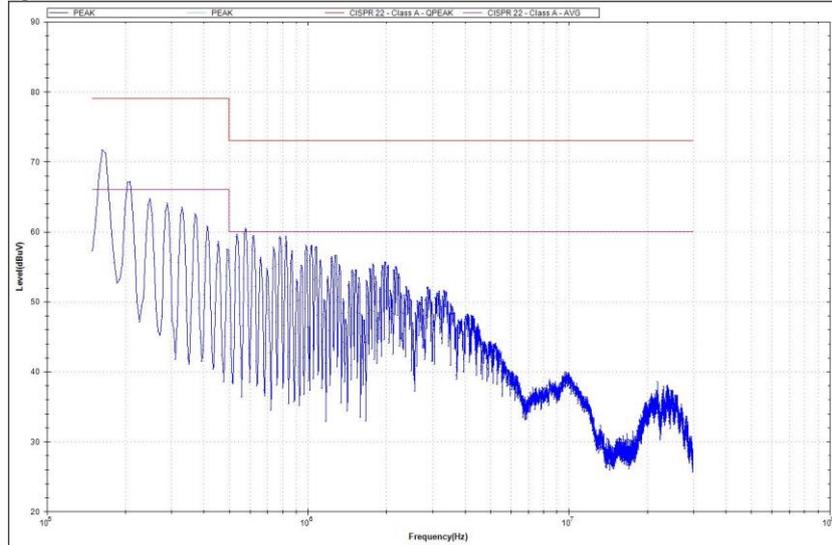
Ao ser submetida a fonte modelo SMD ao teste de emissão conduzida, sem filtro de EMI, pode-se verificar conforme a Figura 19, que, no início apresenta um pico de 1 dB μ V/m, acima do limite da norma, demonstrando a necessidade da utilização de filtro de EMI neste modelo.

Figura 19 – Teste de emissão conduzida da fonte SMD sem filtro.



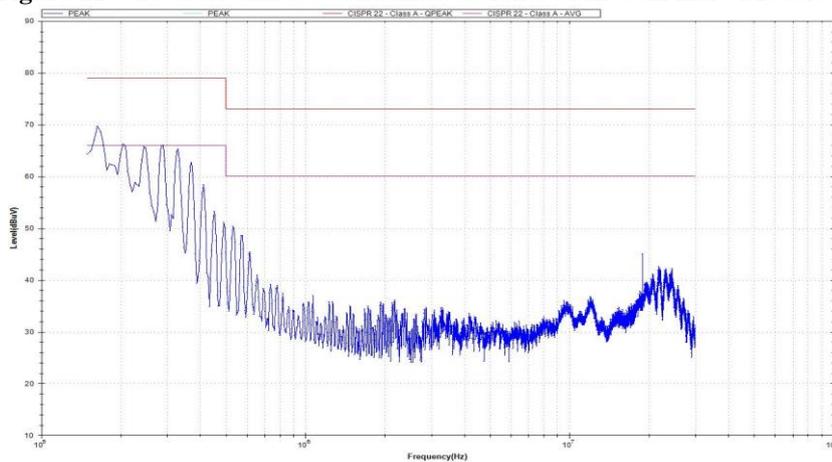
Na Figura 20, o modelo de fonte SMD, com o filtro Modelo A, fica abaixo do limite, em 7 dBµV/m, demonstrando sua eficiência para redução de ruídos eletromagnéticos.

Figura 20 – Teste de emissão conduzida da fonte SMD com filtro Modelo A.



Na Figura 21, com o filtro modelo B, é possível verificar uma pequena melhora dos resultados da fonte SMD nos testes de emissão conduzida, com o filtro modelo B em relação ao modelo A.

Figura 21 – Teste de emissão conduzida da fonte SMD com filtro Modelo B.



4.4 Testes de Emissão Conduzida: Fonte PTH

Na Figura 22, tem-se o resultado dos testes de emissão conduzida da fonte modelo PTH sem filtro, demonstrando que os valores mais próximos dos limites de quase pico ficam abaixo dos limites estabelecidos na norma. Na Figura 23, pode-se verificar a diminuição dos níveis de ruídos eletromagnéticos, neste caso utilizando o filtro Modelo A em comparação aos resultados sem filtro. Na Figura 24, apresenta-se o resultado da fonte modelo PTH com o filtro Modelo B, apresentando um corte maior à medida que a frequência aumenta.

Figura 22 – Teste de emissão conduzida da fonte PTH sem filtro.

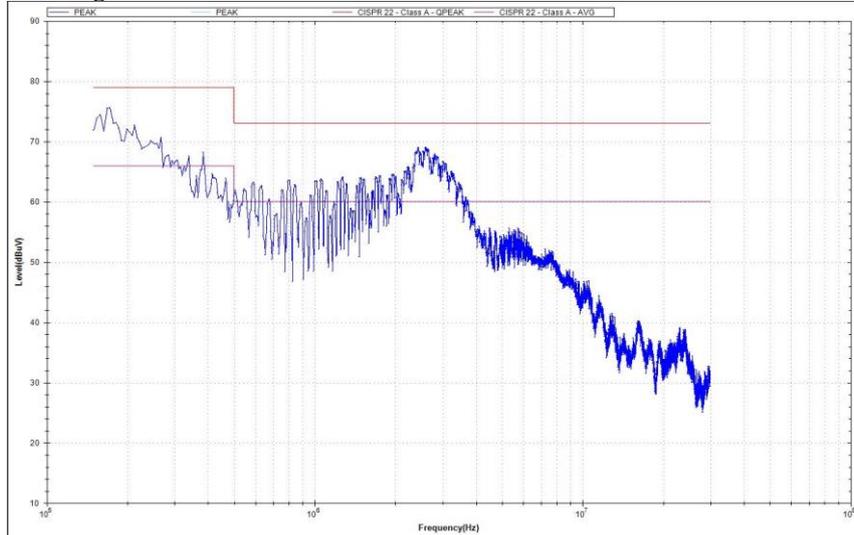


Figura 23 – Teste de emissão conduzida da fonte PTH com filtro Modelo A.

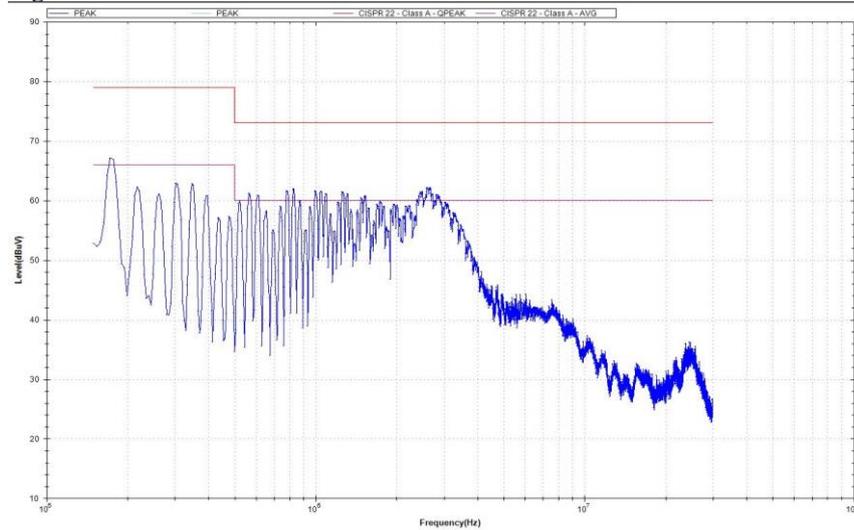
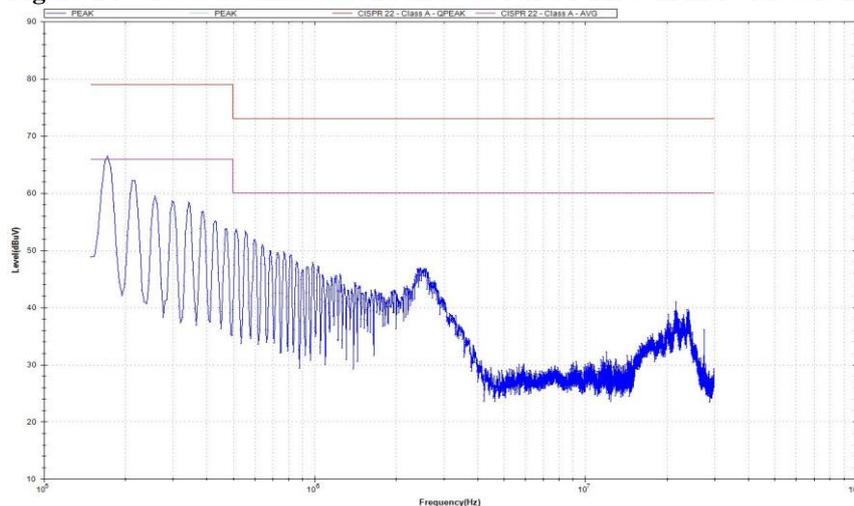


Figura 24 – Teste de emissão conduzida da fonte PTH com filtro Modelo B.



Ao se analisar os gráficos dos resultados, apresenta-se na Tabela 4, os dados comparativos de emissão conduzida em seus pontos críticos, nos diferentes tipos de tecnologias e filtros utilizados.

Tabela 4 – Dados comparativos emissão conduzida: valores máximos alcançados.

Conduzida	SMD	PTH
Sem fitro	80 dB μ V/m	76 dB μ V/m
Filtro Modelo A	72 dB μ V/m	67 dB μ V/m
Filtro Modelo B	70 dB μ V/m	66 dB μ V/m

5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS CUSTOS DOS FILTROS, PRODUÇÃO E MATÉRIA PRIMA

Apresenta-se a seguir uma comparação genérica, das diferenças dos custos de mão de obra e matéria prima das duas tecnologias.

- Custo do serviço de montagem da fonte PTH = 2X.
- Custo do serviço de montagem da fonte SMD = X.
- Custo matéria prima PTH = Y.
- Custo matéria prima SMD = 2Y.

Como os custos da matéria prima são muito superiores aos dos serviços de montagem, faz-se necessária a verificação dos itens em SMD que necessitam ser substituídos por modelo PTH, para que haja uma redução no custo total da fonte, por exemplo:

- Varistor PTH 275 14 mm -14k431: R\$ 0,42;
- Varistor SMD V275SM7: R\$ 7,65.

Com relação aos valores dos filtros, apresenta-se abaixo o custo de matéria prima de cada modelo, demonstrando-se a viabilidade da utilização do Modelo A.

- Filtro modelo A: R\$ 2,60.
- Filtro modelo B: R\$ 14,00.

6 CONCLUSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS

Após testes de emissão irradiada e emissão conduzida, chega-se a algumas constatações elencadas a seguir.

- 1) A fonte modelo PTH não necessita de filtros, uma vez que em todos os testes sem filtros, ficou abaixo dos limites estabelecidos pela norma CISPR11.
- 2) A fonte modelo SMD, ao ser submetida ao teste de emissão conduzida, estando sem o filtro EMI, apresentou um pico acima do limite estabelecido pela norma, desta forma indicando a necessidade da utilização do filtro na entrada. Por se tratar do mesmo projeto, tem-se aqui duas variáveis, não se podendo afirmar que há uma vantagem da tecnologia PTH, pois os *layouts* das placas são diferentes.
- 3) O comportamento dos dois modelos de fontes nos testes de emissão irradiada aponta para um melhor desempenho da fonte modelo PTH, estando com o filtro Modelo A.
- 4) Nos testes de emissão conduzida, os dois modelos de filtro, nos dois modelos de fonte, até a frequência de 230 MHz se assemelham; à medida que a frequência aumenta, o filtro Modelo B passa a ser mais eficiente.

Embora, de acordo com os testes realizados, um dos modelos de fonte, não necessite de filtro de EMI, como essas fontes são utilizadas muito próximo aos sensores indutivos do detector de metais, a utilização do filtro EMI se faz necessária, para que o equipamento tenha um desempenho superior em termos de estabilidade, quando configurado para níveis de sensibilidade maiores.

Com relação aos custos de produção, a fonte modelo PTH em seu processo de montagem é mais cara, por sua montagem ser realizada de forma manual. Isto não acontece no modelo SMD, fazendo com que os custos de mão de obra caiam. No entanto, ao se comparar os custos dos componentes SMD e PTH, verifica-se que os valores de alguns componentes em SMD são mais caros que o valor dos PTH, desta forma, conclui-se que é viável fazer um *layout* misto, com a troca dos itens mais caros em SMD por itens mais baratos em PTH, conseguindo uma redução nos custos de montagem e da matéria-prima. Neste novo *layout* deverá ser

implementado o filtro Modelo A, uma vez que seu desempenho fez com que os resultados ficassem bem abaixo dos limites da norma, nos testes práticos em conjunto com os sensores, permitiu a fonte operar sem nenhuma interferência.

REFERÊNCIAS

- CISPR. **CISPR 11 – Industrial, scientific, and medical (ISM) radio-frequency equipment electromagnetic disturbance characteristics - Limits and methods of measurement**, 2006.
- FAIRCHILD SEMICONDUCTORS. **Application Note 4145: Electromagnetic Compatibility for Power Converters**. 2006.
- MONTROSE, M. I. **Printed Circuit Board Design Techniques for EMC Compliance**. 2nd ed. Hoboken, Nova Jersey, EUA: Wiley-Blackwell, 2000.
- OTT, Henry W. **Eletromagnetic Compatibility Engineering**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.
- PASQUALOTTO, T.; SCHLICHTING, L. C. M. Desenvolvimento de computador de telemetria com foco na redução de emissões eletromagnéticas conduzidas e radiadas. **Revista Ilha Digital**, v. 6, p. 10, 2017.
- PAUL, Clayton R. **Introduction to Eletromagnetic Compatibility**. 2nd ed. Hoboken: Jhon Wiley & Sons, 2006.
- SCHLICHTING, L. C. M. **Contribuição ao estudo da Compatibilidade Eletromagnética Aplicada aos Conversores Estáticos**. 2003. 139p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – UFSC, Florianópolis, 2003.