



## 16º Congresso Nacional de Iniciação Científica

**TÍTULO:** ESTUDO DA INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM MOTORES ELÉTRICOS EMPREGADOS EM EQUIPAMENTOS HOSPITALARES

**CATEGORIA:** CONCLUÍDO

**ÁREA:** ENGENHARIAS E ARQUITETURA

**SUBÁREA:** ENGENHARIAS

**INSTITUIÇÃO:** UNIVERSIDADE BRAZ CUBAS

**AUTOR(ES):** ED CARLOS LEITE DA SILVA, ANDRÉ LUIZ DE FARIA, NATÁLIA MESQUITA

**ORIENTADOR(ES):** ANTONIO CARLOS DA CUNHA MIGLIANO

Realização:



Apoio:



**Resumo:** - O presente trabalho aborda o estudo sobre a interferência eletromagnética (EMI-Electromagnetic Interference) em motores elétricos empregados em equipamentos eletro-médicos. Este tema tornou-se importante em função de diversos equipamentos operarem em ambientes hospitalares e, quando expostos a campos eletromagnéticos, podem sofrer alterações funcionais, prejudicando nos diagnósticos médicos, tornando-os pouco confiáveis e induzir a erros, ou até mesmo interferir no funcionamento de outros equipamentos. **Objetivos** – Analisar os distúrbios e ruídos existentes nos motores elétricos empregados em equipamentos hospitalares e estabelecer procedimentos que venham a minimizar, ou eliminar, esses fenômenos de modo a mantê-lo em conformidade com a Norma ABNT NBR IEC 60601-1-2. **Método** - O equipamento de estudo é um Aparelho Recortador de Gesso, utilizado nos laboratórios de odontologia para executar os moldes das próteses dentárias. O mesmo possui tampa frontal em alumínio com pintura eletrostática, com total vedação para evitar vazamentos de água durante o recorte de modelos. O sistema emprega disco de corte de 254 mm – Carbetto de silício, possui mesa com transferidor de ângulos, para o perfeito recorte dos modelos ortodônticos. O fluxo de água é distribuído por todo o disco, evitando a aderência do gesso. Os parafusos e porcas são de latão para não oxidar. O sistema elétrico é totalmente isolado, sem qualquer risco de descarga elétrica no operador. A massa de 16,500 kg, potência 1/4CV, rotação 1.715 RPM, consumo 190W.Voltagem: 110/220V. O equipamento utilizado para o teste foi o analisador de espectros modelo: Agilent E7405A – 9Khz a 26,5 Ghz – EMC Analyzer, em conjunto com o equipamento MODEL 3810/2 LISN. **Resultados** – O arranjo experimental da análise espectral foi realizado com a rede alimentada sem nenhum equipamento conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), com amplitude transitando na faixa de 30 dB $\mu$ V. Na etapa seguinte foi realizada a análise do motor em funcionamento, conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), demonstrando que a amplitude excede a faixa limite da referência estipulada. **Considerações finais** - Apesar de todos os equipamentos sofrerem interferências eletromagnéticas, decorrentes do seu próprio funcionamento ou de origem externa, os mesmos devem atuar abaixo da faixa de referência de 50 dB $\mu$ V. Com base nessas informações e analisando os resultados obtidos na análise espectral, pode-se concluir que inicialmente o comportamento do ruído se mantém próximo a faixa limite de referência (acima dos 42 dB $\mu$ V) e por alguns instantes ultrapassando os 50

dBuV. Com a aplicação do filtro de Ferrite, o comportamento do ruído é atenuado acintosamente, mantendo-se em torno de 30 dB $\mu$ V.

**Palavras-chave:** - Interferência Eletromagnética, Equipamento eletro médico, degradação, desempenho, análise espectral, perturbação eletromagnética.

## 1 Introdução

O presente trabalho aborda o estudo sobre a interferência eletromagnética (EMI- Electromagnetic Interference) em motores elétricos, que são empregados em equipamentos eletro-médicos. Esse assunto torna-se importante em função de diversos equipamentos operarem em ambiente hospitalar, e quando expostos a campos eletromagnéticos podem sofrer alterações funcionais, prejudicando nos diagnósticos médicos, tornando-os pouco confiáveis e induzir a erros, ou até mesmo interferir no funcionamento de outros equipamentos.

A preocupação com a EMI no ambiente hospitalar data do início dos anos 90, quando em função de uma grande concentração de equipamentos eletrônicos em Unidades de Terapia Intensiva e centros cirúrgicos, foram detectados e relatados diversos episódios de mau funcionamento dos equipamentos hospitalares.

Atualmente, a maior parte das pessoas ligadas à área de saúde estão cientes da EMI, devido a interação entre as diversas ramificações da área da saúde com a área da engenharia, e também devido certificações de conformidade dos equipamentos médicos às normas de segurança elétrica, NBR-IEC 60601-1 [6] que vem sendo implantada no Brasil desde 1994, e a norma NBR-IEC 60601-2/97 [7] obrigatória a partir de 2002, que prevê ensaios destinados a verificar a intensidade do campo elétrico máximo que o equipamento médico suporta sem alterar seu funcionamento e as emissões de campos eletromagnéticos pelo equipamento durante o funcionamento.

Os objetivos deste trabalho são analisar os distúrbios e ruídos existentes nos motores elétricos empregados em equipamentos hospitalares e estabelecer ações ou procedimentos que venham a minimizar ou eliminar esses fenômenos, de modo a mantê-lo em conformidade com a Norma ABNT NBR IEC 60601-1-2.

## 2 Fundamentação

EMI – Electromagnetic Interference, é o fenômeno caracterizado por uma degradação no desempenho de um equipamento devido a uma perturbação eletromagnética, que pode se propagar tanto no vácuo como por meios físicos. Todo equipamento produz algum tipo de campo magnético ao seu redor e, assim, se torna gerador de EMI. Como consequência, tem-se a transferência de energia eletromagnética entre um equipamento “fonte” com o equipamento “vítima”. Essas interferências podem ocorrer por radiação ou condução (acoplamentos capacitivos e indutivos), conforme ilustrado na Fig. 1.

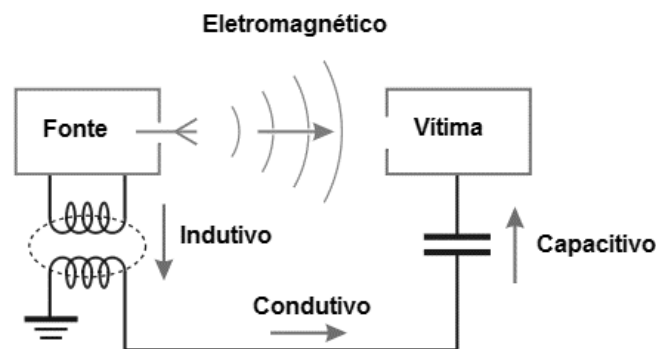


Figura 1. Interferência Eletromagnética

A Tab. 1 apresenta as fontes de perturbação eletromagnética que podem ser divididas em naturais e não naturais.

Tabela 1. Fontes de Interferência Eletromagnética

Naturais	Não naturais
Ruídos atmosféricos (decorrentes de descargas elétricas)	Acionamentos de cargas indutivas (motores elétricos)
Ruídos cósmicos (provocados por explosões do Sol)	Acionamentos de cargas resistivas (lâmpadas incandescentes, aquecedores, equipamentos médicos, equipamentos de comunicação móvel)

O decibel foi originalmente conhecido pela indústria da telefonia para descrever ganhos e perdas de sinais de áudios nos circuitos de telefonia. A unidade original foi denominada bel devido a Alexandre Graham Bell, o inventor do telefone, sendo muito utilizada por engenheiros na representação de grandezas físicas (potência e

intensidade), entretanto o bel provou ser uma unidade grande, então, o decibel (um décimo de um bel) foi adotado como notação padrão. Define-se decibel (dB) por meio da expressão (1),

$$dB_{ruído} = 20 \log_{10}\left(\frac{V_1}{V_2}\right) \quad (1)$$

onde,  $V_1$  é a queda de tensão provocada pelo sinal ruidoso em uma resistência de 50 ohms, e  $V_2$  é a tensão de referência, por convenção utiliza-se nas medições de EMI o  $dB_{\mu V}$  para melhor visualização da interferência no espectro da frequência. A queda de tensão  $V_1$  em uma resistência de 50 ohms (impedância da LISN) representa a rede na medição da EMI.

Na Fig. 2 são apresentados os limites recomendados pela Norma CISPR 22 para as classes de equipamentos enquadrados nos limites A e B.

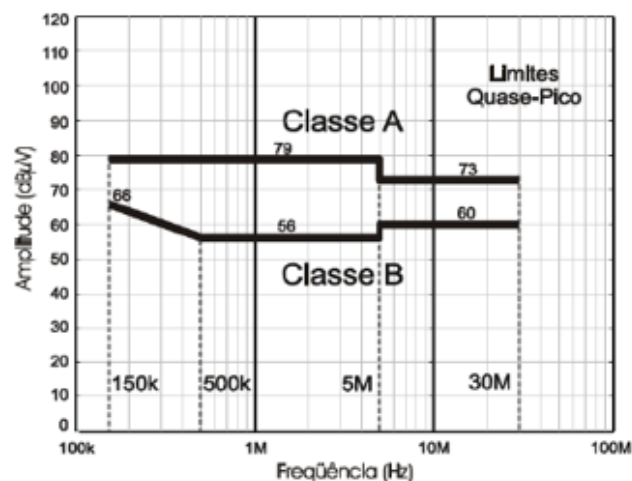


Figura 2 – Limites recomendados para os ruídos conduzidos nos terminais de alimentação segundo a norma CISPR22.

Os equipamentos de ambiente domésticos, incluindo equipamentos portáteis e computadores pessoais, devem ser enquadrados na classe B. Todos os demais que não atingem os limites da classe B, mas atingem os limites da classe A, ficam enquadrados na Classe A.

## 2.1 Motor

É um elemento de trabalho que converte energia elétrica em energia mecânica de rotação, é composto pelo estator, conjunto de elementos fixados à carcaça da máquina, e pelo rotor, conjunto de elementos fixados em torno do eixo, internamente ao estator, conforme demonstrado na Fig. 3.

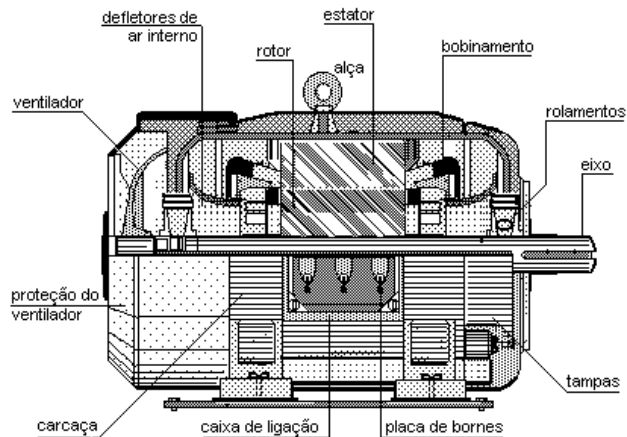


Figura 3 – Motor de Indução.

O estator é composto de: Carcaça – serve de suporte ao rotor, aos polos e de fechamento de caminho magnético; Enrolamento de campo – são bobinas que geram um campo magnético intenso nos polos; Polos ou sapatas polares – distribui o fluxo magnético produzido pelas bobinas de campo; Escovas – são barras de carvão e grafite que estão em contato permanente com o comutador.

O rotor é composto de: Eixo da Armadura – responsável pela transmissão de energia mecânica para fora do motor, pelo suporte dos elementos internos do rotor e pela fixação ao estator, por meio de rolamentos e mancais; Núcleo da Armadura – composta de lâminas de Fe-Si, isoladas umas das outras, com ranhuras axiais na sua periferia para a colocação dos enrolamentos da armadura; Enrolamento da Armadura – São bobinas isoladas entre si e eletricamente ligadas ao comutador; Comutador – consiste de um anel com segmentos de cobre isolados entre si, e eletricamente conectados às bobinas do enrolamento da armadura.

### 2.1.1 Motores de Corrente Alternada

O fluxo magnético do estator é gerado nas bobinas de campo pela corrente alternada da fonte de alimentação monofásica ou trifásica, portanto, trata-se de um campo cuja intensidade varia continuamente e cuja polaridade é invertida periodicamente. Quanto ao rotor, há dois casos a considerar.

### 2.1.2 Motores de Indução Monofásicos

É um motor elétrico de pequena ou média potência, geralmente menores que 5 CV. Para a produção do conjugado de partida o motor de indução monofásico necessita de um segundo enrolamento de partida auxiliar ( $E_a$ ) defasada de  $90^\circ$  construtivamente do enrolamento de trabalho ( $E_t$ ), conforme Fig. 5.

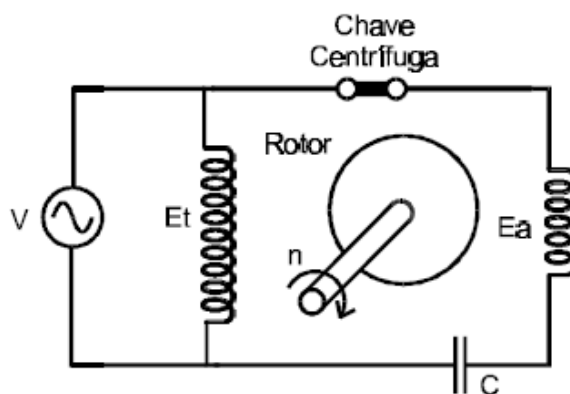


Figura 5. Motor de Indução Monofásico

O resultado da ação das correntes nos enrolamentos de trabalho e auxiliar é um campo magnético girante no estator, que faz o motor partir. Após a partida o enrolamento auxiliar é desligado através de uma chave centrífuga que opera a cerca de 75% da velocidade síncrona. O conjugado de partida, neste caso, é moderado. Para aumentar o conjugado de partida é usado um capacitor, ligado em série com o enrolamento auxiliar e a chave centrífuga. Esta técnica é utilizada para cargas de partida difícil, tais como: compressores, bombas, equipamentos de refrigeração, etc.

### 3 Metodologia

O equipamento de estudo é um Aparelho Recortador de Gesso, utilizado nos laboratórios de odontologia para executar os moldes das próteses dentárias. O mesmo possui tampa frontal em alumínio com pintura eletrostática, ótima resistência, com total vedação para evitar vazamentos de água durante o recorte de modelos. Disco de corte de 10" dupla face – Carboneto de silício, possui mesa com transferidor de ângulos, para o perfeito recorte dos modelos ortodônticos e dispositivo para recorte na horizontal. O fluxo de água é distribuído por todo o disco evitando a aderência de gesso, os parafusos e porcas são de latão para não oxidar, sistema elétrico totalmente isolado sem qualquer risco de choque para o operador. Peso 16,500 Kg, potência 1/4CV, rotação 1.715 RPM, consumo 190W, largura: 40cm, altura: 38cm, comprimento: 40cm. Voltagem: 110/220V. O equipamento

utilizado para o teste foi o analisador de espectros modelo: Agilent E7405A – 9Khz a 26,5 Ghz – EMC Analyzer, em conjunto com o equipamento MODEL 3810/2 LISN. Conforme o arranjo experimental demonstrado na Fig. 6, observa-se o esquema de ligação para executar as análises. Com o Analisador de espectro conectado ao LISN (50Ω), esse ligado ao motor, onde tem-se o filtro de ferrite instalado no cabo de alimentação do motor e com o auxílio do computador pode-se analisar os gráficos gerados.

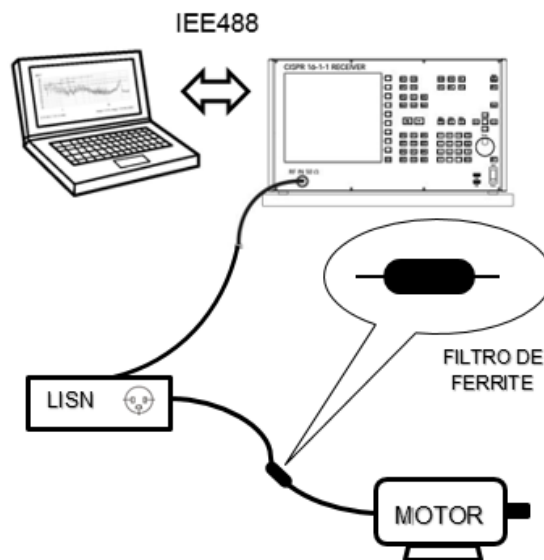


Figura 6 – Arranjo experimental.

A Fig. 7 demonstra os filtros de ferrite que serão adicionados após se obter as análises do motor, de modo a adequar os ruídos decorrentes do funcionamento do motor.

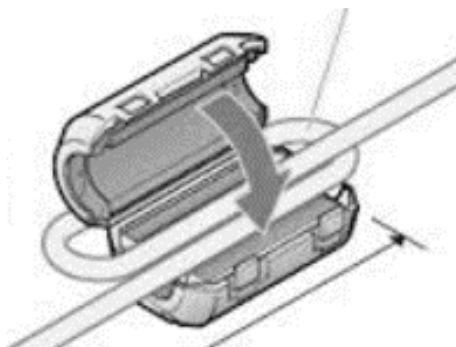


Figura 7 – Filtro de Ferrite.

## 4 Resultados

**Análise espectral da rede de alimentação sem conexão a qualquer tipo de equipamento externo.**



Os procedimentos para a execução das análises seguiram as seguintes etapas:  
O arranjo experimental da análise espectral foi realizado com a rede alimentada sem nenhum equipamento conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), com amplitude transitando na faixa de 30 dBuV - **Fig. 8.**

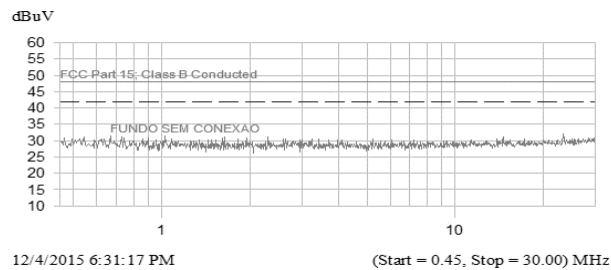


Figura 8. Análise espectral da rede de alimentação sem conexão a qualquer tipo de equipamento externo.

Nesta etapa foi realizada a análise do motor em funcionamento, conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), demonstrando que a amplitude excede a faixa limite da referência estipulada - **Fig. 9.**

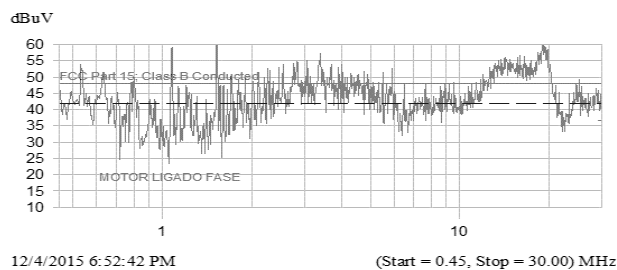


Figura 9. Análise espectral do motor em funcionamento.

Neste experimento foi executada a análise do motor em funcionamento, conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), adicionado filtro de Ferrite no condutor de alimentação - **Fig. 10.**

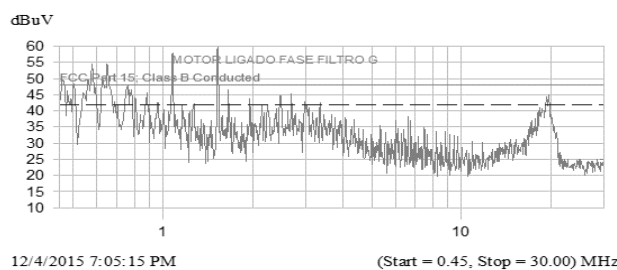


Figura 10. Análise espectral com motor ligado adicionado filtro de ferrite.

Foi realizada a análise do filtro de ferrite pequeno adicionado apenas uma volta no condutor e sem nenhum equipamento conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), apresentando um ganho na faixa de aproximadamente -7dB. - **Fig. 11.**

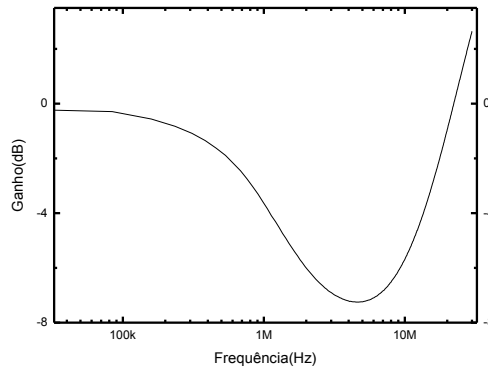


Figura 11. Análise com filtro de ferrite pequeno com uma volta no condutor.

Nesta etapa foi realizada a análise do filtro de ferrite grande adicionado uma volta no condutor e sem nenhum equipamento conectado ao conjunto de teste (LISN – Analisador de Espectro), apresentando um ganho na faixa de aproximadamente -26dB. - **Fig. 12.**

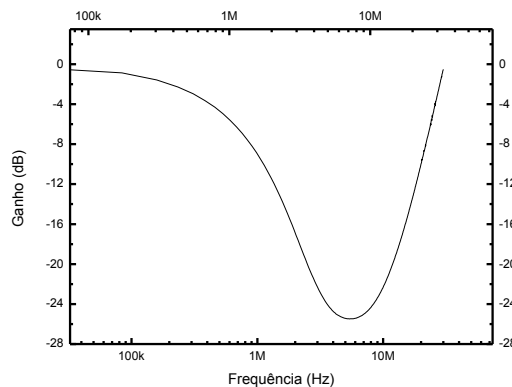


Figura 12. Análise com filtro de ferrite grande com uma volta no condutor.

## 5 Discussão e Conclusão

Apesar de todos os equipamentos sofrerem interferências eletromagnéticas, decorrentes do seu próprio funcionamento ou de origem externa, os mesmos devem atuar abaixo da faixa de referência de 50 dBuV. Com base nessas informações e analisando os resultados obtidos na análise espectral, podemos concluir que

inicialmente o comportamento do ruído se mantém próximo a faixa limite de referência (acima dos 42 dBuV) e por alguns instantes ultrapassando os 50 dBuV. Com a aplicação do filtro de Ferrite, o comportamento do ruído é atenuado acintosamente mantendo-se em torno de 30 dBuV. Com a análise espectral realizadas nos filtros de ferrite, nota-se que com o filtro pequeno ocorreu um ganho de -3dB a -7dB na faixa de frequência de 1M a 10M e com o filtro de ferrite grande, na mesma faixa de frequência o ganho variou entre -3dB a -28dB. O estudo comprovou que em altas frequências (10MHz) o filtro de ferrite apresentou resultados satisfatórios.

## **6 Referências Bibliográfica**

[1] Robert Macku, Pavel Kuktavy, Tomas Trcka, Jiri Sicner, Fracture Related Eletromagnetic Emission Measurement and Excess Noise Analysis of Reinforced Composites, 2014.06.22.

[2] [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211812814000236](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211812814000236).