



ENSINO DE ELETROMAGNETISMO ASSOCIADO À PERSPECTIVAS PROFISSIONAIS

Sérgio Antenor de Carvalho – antenor@ufc.br

Elvio César Giraudo – elvio@ufc.br

Marciel Barros Pereira – marcielbp@gmail.com

NUCEMA - Núcleo de Compatibilidade Eletromagnética Micro-ondas e Antenas

NUTEC - Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará

Universidade Federal do Ceará – Departamento de Engenharia de Teleinformática

Campus do PICI

60755 – Fortaleza - Ceará

Resumo: Neste trabalho apresentamos uma abordagem pedagógica que associa o ensino de eletromagnetismo com perspectivas profissionais através da introdução da compatibilidade eletromagnética no curso e da atuação de um monitor que desenvolve um projeto nesse tema.

Palavras-chave: Eletromagnetismo, Compatibilidade eletromagnética, Interferência eletromagnética, Suscetibilidade eletromagnética, Metrologia.

1. INTRODUÇÃO

A engenharia vive um momento impar na história nacional com forte demanda por profissionais qualificados o que leva a uma expansão dos cursos existentes e a criação de novos cursos, na UFC temos como exemplo: engenharia ambiental; engenharia de petróleo e engenharia de energias renováveis.

Na engenharia de teleinformática temos duas ênfases: engenharia de computação e engenharia de telecomunicações, os alunos desde que entram no curso são atraídos para projetos de desenvolvimento tecnológico, projetos de iniciação científica, monitorias e, após o ciclo básico, é comum estagiarem em empresas.

Uma disciplina do ciclo básico da engenharia de teleinformática é a de eletromagnetismo, que abrange o estudo de fenômenos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos. Disciplina considerada difícil pelos alunos, e que mesmo com todas as aplicações desenvolvidas no curso, muitos alunos consideram uma disciplina teórica, por envolver uma matemática sofisticada e pela dificuldade em associar os conceitos físicos a esta matemática e aplicá-los aos problemas de engenharia.

Um recurso pedagógico importante para melhorar a qualidade do ensino da disciplina e o índice de aprovação, é ter um monitor para a disciplina. Um aluno que já ultrapassou as dificuldades da disciplina e que sendo da mesma faixa etária dos alunos estabelece uma boa comunicação transmitindo a sua experiência e aumentando o envolvimento dos alunos com a disciplina. Neste momento devemos responder: como atrair um aluno para ser monitor de eletromagnetismo? Existem outras oportunidades diretamente ligadas a atuação do engenheiro no mercado e o interesse em uma iniciação a docência tende a ficar em segundo plano.

Realização:











Neste trabalho apresentamos uma abordagem que associa o ensino de eletromagnetismo com perspectivas profissionais, introduzindo na disciplina a compatibilidade eletromagnética EMC (electromagnetic compatibility), tema de formação profissional associado a diversas áreas da engenharia. Para o monitor é uma oportunidade de ampliação da sua formação profissional através do desenvolvimento de um projeto em EMC no NUCEMA e para os alunos é uma motivação para se dedicar a disciplina por perceberem a sua relevância, aplicação e conexão com outras disciplinas do curso.

Na seção 2 apresentamos uma visão geral sobre a disciplina de eletromagnetismo, na seção 3 temos os conceitos gerais sobre compatibilidade eletromagnética e como eles são inseridos no desenvolvimento temático da disciplina, na seção 4 o plano de trabalho do monitor é mostrado com um exemplo de projeto desenvolvido pelo monitor. Na seção 5 temos a conclusão do trabalho.

2. A DISCIPLINA DE ELETROMAGNETISMO

No curso de engenharia de teleinformática temos duas ênfases: engenharia de computação e engenharia de telecomunicações. Eletromagnetismo é uma disciplina do ciclo básico, anual, do 2ºano com uma carga horária de 180h, são 4 horas de aula e 1 hora de estudo dirigido por semana. No 1º semestre abordamos: análise vetorial para eletromagnetismo; lei de Coulomb e campo elétrico; fluxo elétrico e lei de Gauss; energia e potencial; corrente, lei de Biot-Svart e Lei de Ampère. No 2º semestre abordamos: materiais condutores, dielétricos e capacitância; equações de Poisson e Laplace; forças magnéticas, materiais magnéticos e indutância; lei de Faraday, campos variantes no tempo e equações de Maxwell; métodos numéricos para eletromagnetismo – diferenças finitas, método dos momentos e elementos finitos. Associado com cada tópico temos os métodos numéricos para a simulação computacional, por exemplo: linhas de força elétrica; cálculo de fluxo elétrico e fluxo magnético por superfícies; distribuições de potenciais; cálculo de campo magnético; capacitância e indutância de estruturas. O livro texto adotado é o (HAYT 2008) e como texto complementar para o tópico métodos numéricos para eletromagnetismo adotamos (SADIKU 2004).

3. INTRODUÇÃO À COMPATIBLIDADE ELETROMAGNÉTICA

A disciplina começa com uma aula sobre conceitos gerais de compatibilidade eletromagnética EMC que engloba a interferência eletromagnética EMI (electromagnetic interference) e a suscetibilidade eletromagnética EMS (electromagnetic susceptibility). Apresentamos exemplos do cotidiano e a sua importância na nossa sociedade.

Explicamos EMC como o campo de estudo que aplica eletromagnetismo para que dispositivos, equipamentos e sistemas possam funcionar harmoniosamente em um mesmo ambiente, em uma definição formal (Chatterton & HOULDEN, 1992) temos: EMC é a capacidade de um dispositivo, equipamento ou sistema funcionar satisfatoriamente em seu ambiente eletromagnético sem introduzir distúrbios eletromagnéticos intoleráveis a qualquer coisa no seu ambiente. Como exemplo de um ambiente analisamos a própria sala de aula onde





temos: ar-condicionado funcionando; vários laptops ligados; celulares; projetor; rede sem fio; tudo funcionando harmoniosamente.

Quando dispositivos, equipamentos e sistemas não funcionam harmoniosamente em um mesmo ambiente temos a EMI, alguns exemplos: carro morre ao passar por uma ERB (estação de radio base); rede sem fio cai ao se usar um telefone fixo sem fio; televisão apita quando se aproxima um celular ligado; válvula de controle numa temelétrica sofre interferências de sinais de celular e/ou da ERB; caixas de som do computador recebe sinais AM/FM.

Um sistema eletromagneticamente compatível: não causa interferência em outros sistemas; não é suscetível a emissões de outros sistemas e não causa interferência nele mesmo. Para que ocorra a EMI um caminho de acoplamento entre a fonte de interferência e a vítima deve existir, Figura 1. Reconhecer e analisar o caminho de acoplamento é necessário para que possamos aplicar as soluções.



Figura 1 – Relação Fonte Vítima.

O acoplamento pode ser classificado pela forma que a EMI chega na vítima:

- condução onda eletromagnética propaga através de um suporte físico, ex. par paralelo, cabo coaxial, sistema elétrico de uma casa;
- radiação onda eletromagnética propaga pelo espaço, ex. rede sem fio, celular, AM, FM.

Se o acoplamento for por condução podemos filtrar a EMI e no caso da radiação, caso mais complexo, podemos: aumentar as distâncias envolvidas; blindar a vítima; fazer um design na placa de circuito que minimize a suscetibilidade a onda eletromagnética existente no espaço.

Mostramos um painel com disciplinas do curso que formam a base para desenvolver a compatibilidade eletromagnética, Figura 2, assim enfatizamos a integração do eletromagnetismo com as outras disciplinas.

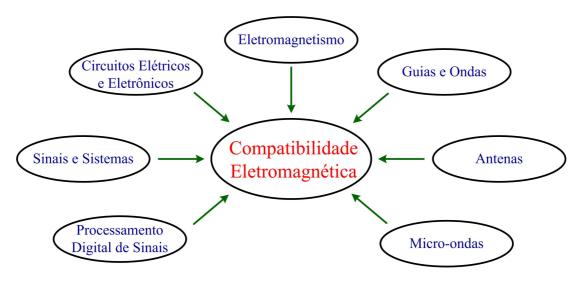


Figura 2 – Disciplinas relacionadas à EMC.





A seguir mostramos um painel com algumas áreas de atuação profissional nas quais a EMC se aplica, Figura 3, o que mostra aos alunos que a EMI e a EMS são problemas que devem ser levados em conta.

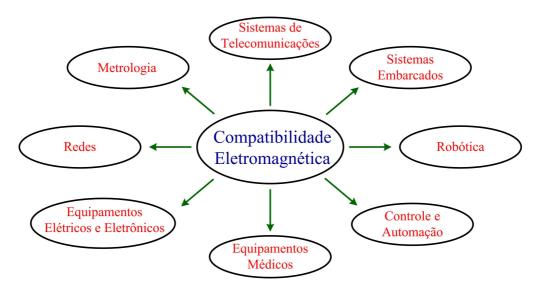


Figura 3 – EMC e aplicações.

Dois exemplos são discutidos no 1^o. semestre:

• a descarga eletrostática ESD (electrostatic discharge), que é a transferência de carga eletrostática entre corpos em diferentes níveis de potencial – as correntes elétricas provocam EMI nos circuitos eletrônicos por contato, Figura 4.a, quando a corrente flui pelo equipamento ou por indução, Figura 4.b, quando a corrente flui externa ao equipamento gerando campos elétrico e magnético;

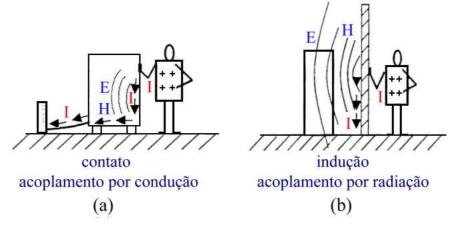


Figura 4 – Descargas eletrostáticas (SANCHES 2003).





• pulso eletromagnético – EMP (electromagnetic pulse) – provocado por explosão nuclear, Figura 5, que emite um campo eletromagnético com campo elétrico da ordem de 10^5 V/m e campo magnético da ordem de 260 A/m, alguns efeitos: perturbação no funcionamento dos circuitos; destruição por queima (efeito joule).

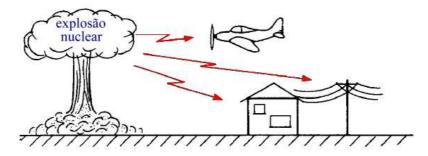


Figura 5 – Pulso eletromagnético.

No 2^o. semestre ao desenvolver o tema materiais condutores, dielétricos e capacitância discutimos a blindagem metálica para campo eletrostático – gaiola de Faraday – Figura 6 e o aterramento da blindagem eletrostática para diminuir o efeito da capacitância de acoplamento entre o circuito fonte e o circuito vítima, Figura 7.

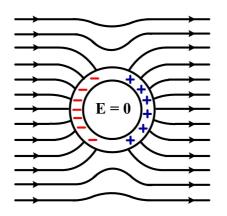


Figura 6 – Blindagem metálica para campo eletrostático – gaiola de Faraday.

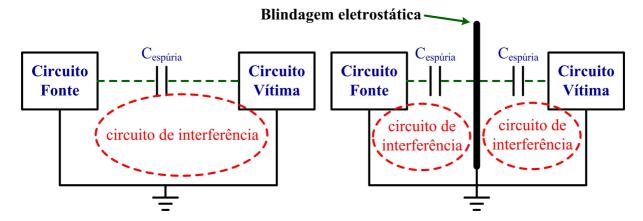


Figura 7 – Blindagem eletrostática: capacitância de acoplamento.





Também no 2^o. semestre, nos temas indutância e lei de Faraday, analisamos como um laço de corrente grande aumenta a suscetibilidade de um circuito a EMI e a geração de campo magnético não desejado, Figura 8.

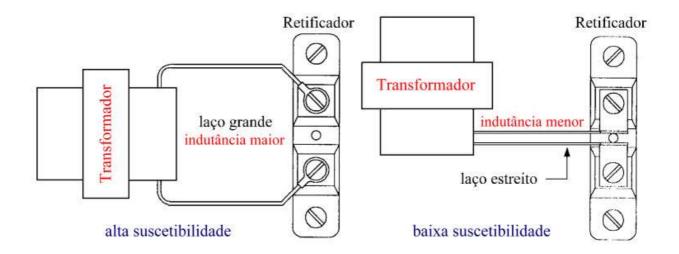


Figura 8 – Laço de corrente: suscetibilidade e geração de campo magnético.

4. PLANO DE TRABALHO DO MONITOR

O objetivo desta abordagem é atrair alunos para serem monitores de eletromagnetismo oferecendo, além de uma iniciação a docência, uma experiência de desenvolvimento de projeto em EMC. Associar a monitoria a uma experiência de projeto oferece ao aluno uma visão integradora do conhecimento (eletromagnetismo e outras disciplinas) com a sua aplicação (EMC de dispositivos e sistemas).

As atividades de projeto ocorrem no NUCEMA (Núcleo de Compatibilidade Eletromagnética Micro-ondas e Antenas) do NUTEC (Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará), onde temos um conjunto de equipamentos, Tabela 1, que permitem a pré-conformidade, isto é, uma análise aproximada de EMI de um produto durante o seu ciclo de desenvolvimento.

O monitor começa estudando os princípios básicos da EMC usando como referência o (CLAYTON 2006) e relacionando com os temas da disciplina eletromagnetismo, isto permite que o monitor na sua atuação junto a turma correlacione EMC com o que os alunos estão estudando. Num segundo momento o monitor inicia um treinamento básico de medida, estudando o manual do equipamento e executando rotinas de medidas de EMI. Um exemplo é a medida da potência de RFI emitida pelo cabo de alimentação de uma furadeira manual, Figura 9, usa-se uma braçadeira formada por anéis de ferrita que envolverão o cabo de alimentação do equipamento sob teste EUT (equipment under test), Figura 10.





Tabela 1 – Equipamentos para EMC do NUCEMA.

EMI Analyzer - 9khz - 26.5 Ghz
antena biconica - 30MHz - 300MHz
antena log-periódica- 200MHz-2GHz
antena corneta - 18GHz-40GHz
Spectrum Analyzer – 20Hz – 26.5GHz
Handheld Analyzer – 100 kHz – 6GHz
Signal Generator 9 kHz – 3 GHz



Figura 9 – Teste de RFI de um cabo de alimentação (Rohde&Schwarz 2007).



Figura 10 – Braçadeira para teste de RFI de um cabo de alimentação (Rohde&Schwarz 2007).





Após estudar os princípios básicos de EMC e realizar o treinamento básico de medida de EMI o monitor inicia o seu projeto. Atualmente o monitor desenvolve um sistema que integra os equipamentos de medida de EMI e EMS em uma rede, permitindo o controle remoto na realização das medias e o posterior processamento dos dados. Na Figura 11 temos a estrutura do sistema.

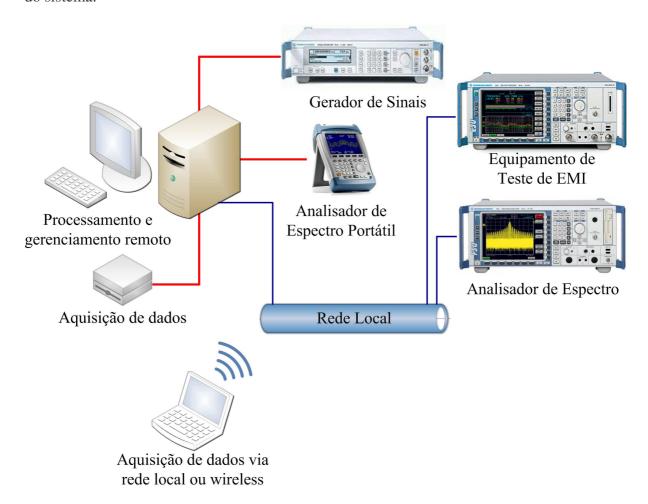


Figura 11 – Integração de Equipamentos para EMC em Rede.

Na Figura 12 temos a tela de uma medida na faixa de frequência de FM (88 MHz a 108 MHz) pelo analisador de espectro portátil e na Figura 13 mostramos os dados plotados, estes dados serão analisados para avaliar o uso do espectro nesta faixa.



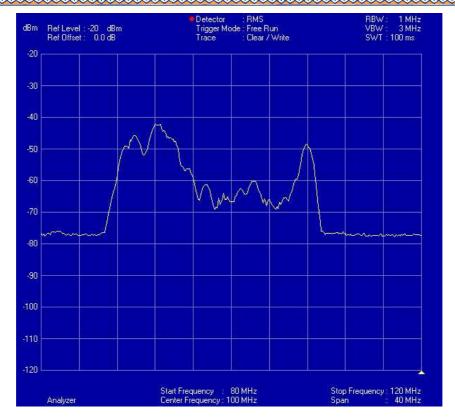


Figura 12 – Tela do Analisador de Espectro: medida de uma faixa FM (88 MHz a 108 MHz).

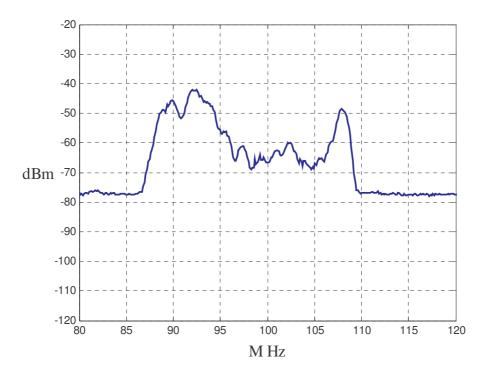


Figura 13 – Dados da medida de uma faixa FM (88 MHz a 108 MHz).





5. CONCLUSÕES

Neste trabalho uma abordagem pedagógica foi apresentada com o fim de melhorar o ensino de eletromagnetismo para a engenharia. Com esta abordagem os alunos conseguem perceber as aplicações e as áreas de atuação da compatibilidade eletromagnética e consequentemente do eletromagnetismo. Além disso conseguimos atrair alunos para monitoria da disciplina, oferecendo uma iniciação a docência associada a uma experiência de desenvolvimento de projeto em EMC. A atuação do monitor dinamiza a participação dos alunos já que compartilha a sua experiência com a disciplina e o projeto que desenvolve.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHATTERTON, Paul A.; HOULDEN, Michael A. (1992). EMC: Electromagnetic Theory to Practical Design. Chichester: John Wiley & Sons. 295 p.

CLAYTON, Paul R. (2006). Introduction to Electromagnetic Compatibility. New Jersey: John Wiley & Sons. 983 p.

HAYT, WILLIAM. H. Jr.; BUCK, JOHN A.(2008). Eletromagnetismo. 7. ed. Porto Alegre: McGraw-Hills - Artmed. 602 p.

SADIKU, MATTHEW N. O. (2004). Elementos de Eletromagnetismo. 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 687 p.

Rohde&Schwarz. R&S MDS-21 Absorbing Clamp, R&S EZ-24 Ferrite Clamp. 6. ed. Julho 2007.

SANCHES, Durval (2003). Interferência Eletromagnética. Rio de Janeiro: Interciência. 124 p. WENTWORTH, Stuart M. (2009). Eletromagnetismo Aplicado. Porto Alegre: Bookman. 672 p.

TEACHING OF ELECTROMAGNETISM ASSOCIATED TO PROFESSIONAL PERSPECTIVES

Abstract: We present a pedagogical approach that associate the teaching of electromagnetism with career prospects through the introduction of electromagnetic compatibility in the course and the performance of a monitor that is developing a project in this theme.

Key-words: electromagnetism, electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, electromagnetic susceptibility, metrology.