



ESTUDO E UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NA ANÁLISE DE ANTENAS PARA APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Samara Pereira da Silva – samarapereira25@gmail.com

Universidade Federal do Pará- Campus Tucuruí – Faculdade de Engenharia Elétrica.

Miércio Cardoso de Alcântara Neto – miero@ufpa.br

Universidade Federal do Pará- Campus Belém – Faculdade de Engenharia Elétrica

Fabrcio José Brito Barros – fbarros@ufpa.br

Universidade Federal do Pará – Campus de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Elétrica.

Sandro R. Zang- sandro@cetuc.pu-rio.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

José R. Bergmann- bergmann@cetuc.puc-rio.br

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Gervásio Protásio dos Santos Cavalcante – gervasio@ufpa.br

Universidade Federal do Pará – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Wellington da Silva Fonseca – fonseca@ufpa.br

Universidade Federal do Pará - Campus Tucuruí – Faculdade de Engenharia Elétrica.

BR 422 Km 13, canteiro de obras UHE – Vila Permanente . 68464-000 – Tucuruí – Pará

Resumo: *A evolução dos sistemas móveis de comunicação e a possibilidade de atingir elevadas taxas de transferência de dados são alguns dos fatores que justificam o desenvolvimento das pesquisas na área de eletromagnetismo aplicado. Contudo, faz-se necessário a modelagem e a análise precisa de estruturas eletromagnéticas mais complexas por meio de métodos numéricos e de softwares computacionais. Os simuladores de campo eletromagnético de onda completa possibilitam a análise e otimização de estruturas complexas, e permitem a substituição do processo de projeto experimental iterativo. Estes simuladores são capazes de processar estruturas eletricamente grandes, inclusive com a disponibilização de recursos para computação distribuída. Entretanto, não é comum discentes do curso de graduação em engenharia elétrica tenham algum contato com este tipo de software. Partindo dessa premissa, o estudo destes simuladores proporciona ao aluno de engenharia elétrica da Universidade Federal do Pará, Campus universitário de Tucuruí a oportunidade de se familiarizar com este tipo de ferramenta computacional, assim como o emprego de métodos numéricos disponíveis na literatura voltadas a essa área de concentração. Neste artigo é analisada uma antena corneta coaxial circularmente simétrica que agregar conhecimentos referentes a teoria de antenas e a cerca do método numérico utilizado na modelagem e simulação da estrutura, contribuindo assim para a formação profissional do discente.*

Palavras-chave: *Ensino em engenharia, Eletromagnetismo, Antena, Métodos numéricos, Formação profissional.*



1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se caracterizar fenômenos físicos com maior precisão tornou a modelagem matemática dos mesmos bastante complexa, o que invariavelmente recai em equações não-lineares de várias variáveis. Isto fez com que a solução dessas equações, quer para propósito de análise ou de síntese, seja factível apenas via abordagem numérico-computacional. Isto é particularmente verdadeiro na área de eletromagnetismo aplicado, onde há a necessidade de se obter soluções de sistemas de equações diferenciais parciais lineares e não-lineares em várias circunstâncias.

Em problemas geralmente complexos para uma resolução analítica ou que não podem ser resolvidos analiticamente, aplicam-se métodos numéricos. Neste panorama, os métodos numéricos surgem como ferramenta indispensável ao trabalho dos engenheiros que, com sua eficiência e flexibilidade, são capazes de simular problemas matemáticos complexos obtidos de modelos físicos sofisticados. Diante desta situação, o estudo das técnicas numéricas para solução de problemas em eletromagnetismo é de grande interesse acadêmico, científico e industrial.

Enfatizando a área acadêmica, a utilização de métodos numéricos é fundamental à medida que proporciona aos alunos de engenharia elétrica o estudo de ferramentas computacionais importantes que proporcionam a modelagem computacional dos mais variados tipos de problemas de eletromagnetismo, tornando assim possível a transformação de idéias antes abstratas, como a propagação das ondas eletromagnéticas, em concretas após sua simulação (animação) via softwares de eletromagnetismo aplicado. Na área de telecomunicações, a análise e síntese de antenas podem ser feitas através destes métodos.

Para o caso de comunicação ponto multiponto em um enlace de telecomunicações, diagramas omnidirecionais podem ser gerados por antenas formadas por um único refletor ou por duplos-refletores circularmente simétricos (ZANG, 2010). Para obter um diagrama verticalmente polarizado, estas antenas refletoras circularmente simétricas, podem ser iluminadas por uma corneta.

Desta forma, a escolha do tipo de alimentador é de fundamental importância para determinação das características de radiação de antenas refletoras. Neste trabalho, a análise de uma antena corneta coaxial excitada por pulsos de curta duração é realizada. Este modelo de alimentador produz um diagrama de radiação com simetria circular e um nulo junto ao eixo de simetria da antena, que, no caso de uma configuração duplo-refletores, proporciona uma melhor iluminação do subrefletor, minimizando a radiação que retorna para a abertura desta corneta.

Para simulação da antena foi utilizado o software comercial CST MICROWAVE STUDIO, de simulação eletromagnética 3D. O software é baseado no método numérico FIT (*Finite Integration Technique*) que utiliza representação discreta das equações de Maxwell de forma a resolvê-las a partir da conservação de carga e energia, cuja formulação admite ambas as soluções, no domínio do tempo e da frequência (FILHO *et al*, 2004). O domínio tempo é particularmente atraente, uma vez que sinais arbitrários de excitação nesse domínio podem ser introduzidos. O domínio da frequência opera com sinais do tipo CW, não sendo possível à versatilidade de formatar o sinal de excitação de maneira arbitrária (FILHO *et al*, 2004).

2. A ANTENA CONTENA ANALISADA

O modelo para a antena de abertura analisada é baseado em (ZANG, 2010). Um corte transversal nesta corneta coaxial é ilustrado na Figura 1a. A Figura 1b apresenta as dimensões da corneta coaxial no plano yz.

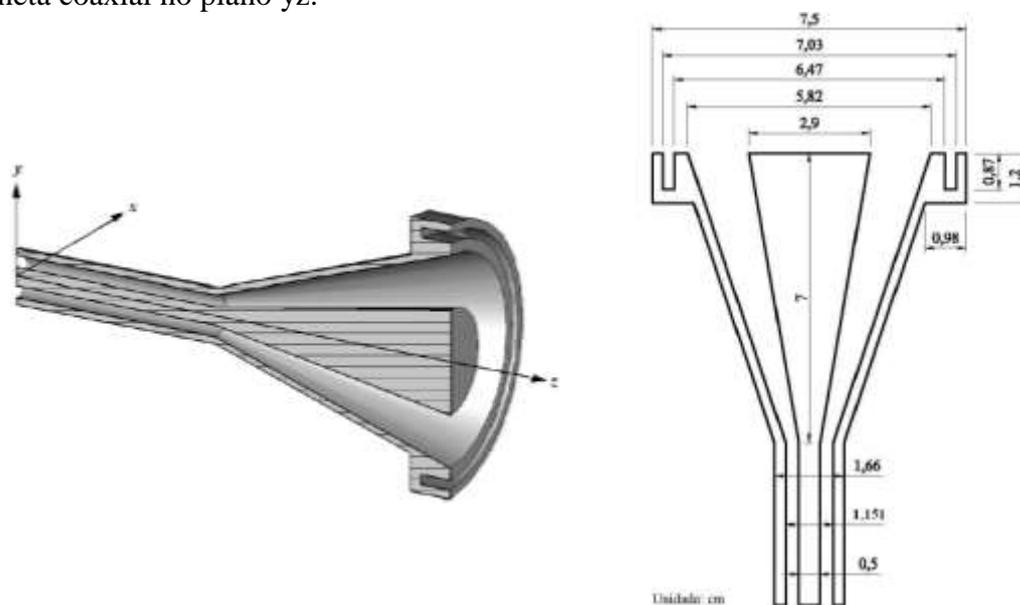


Figura 1- Corneta coaxial apresentada em (ZANG, 2010). (a) Corte transversal. (b) Dimensões da corneta no plano yz.

Para o projeto da corneta coaxial foi considerada uma estrutura de acoplamento com carregamento dielétrico. As Figuras 2a e 2b ilustram as dimensões desta estrutura considerada no modelo desenvolvido.

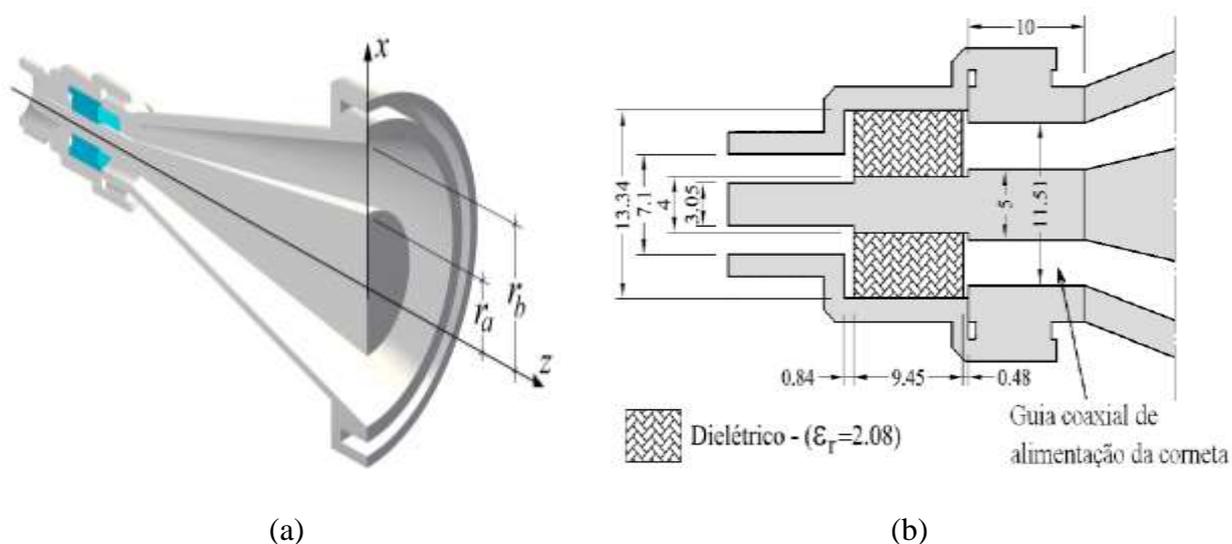


Figura 1 – (a) Corte transversal da corneta. (b) Estrutura de acoplamento da corneta coaxial.

3. METODOLOGIA

Primeiramente o aluno teve a necessidade de buscar informações básicas de antenas, vistas na disciplina de “Teoria Eletromagnética II”, também como pesquisar nas literaturas conceitos da antena específica que está sendo instrumento de estudo de caso. Em seguida, foi escolhido o *software* a ser utilizado pelo discente. Dessa forma buscando conhecer o método numérico no qual o *software* se baseia.

Utilizou-se para a execução deste trabalho a ferramenta computacional CST® – *Computer Simulation Technology*, em sua versão acadêmica, o mesmo é baseado na Técnica de Integração Finita, para o estudo de caso de antenas em duas ou três dimensões.

Para o aprendizado do software e desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado o computador obtido com recursos do plano de trabalho a qual pertence ao projeto de pesquisa “Estudo e implementação de métodos numéricos em eletromagnetismo aplicado”. O computador está localizado no Laboratório de Eletromagnetismo (LEMAG) da Universidade Federal do Pará no campus de Tucuruí, possibilitando que o usuário usufrua de uma máquina com melhor tempo de processamento, sendo possível verificar o resultado rapidamente.

4. SIMULAÇÃO DA ANTENA CORNETA

Neste tópico será demonstrada construção da geometria da antena, assim solidificar também a aprendizagem da ferramenta computacional, para o ensino de estruturas complexas (antenas). A antena corneta foi implementada para uma frequência de 10 GHz, utilizando o referido *software*. No subtópico abaixo será explanado, a construção da antena, a excitação, condições de contorno e tipo de *Solver* utilizado.

4.1. Modelagem da antena

A estrutura da antena aqui modelada é composta por material condutor perfeito (PEC) e segue o esquemático segundo apresentado na Figura 3. Toda a estrutura da antena é alimentada através de um coaxial tipo N, modelado para prover impedância de casamento em 50Ω . A Figura 2 mostra a antena construída na área de trabalho do *software*.

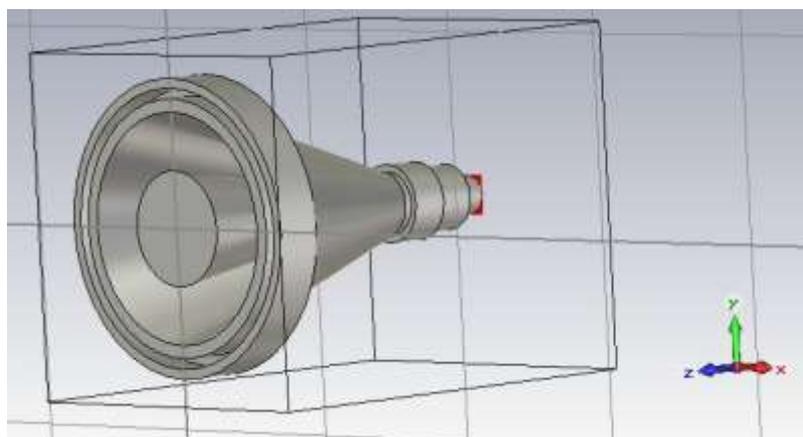


Figura 3. Visualização da Antena na área de trabalho do CST®.

O *software* utilizado, assim como em outros, permite selecionar um ambiente apropriado ao tipo projeto a que se deseja desenvolver, fornecendo ao usuário um cenário com configurações pré-definidas. Por esta razão, ao iniciar a modelagem da antena foi selecionando o ambiente *Antenna Horn Waveguide*. Toda a estrutura é excitada através da *Waveguide Port*, que simula a alimentação por meio de um guia de onda, o mesmo acoplado a parte inferior do condutor do conector tipo N.

Considerando a simetria circular da corneta coaxial e o modo fundamental TEM incidente sobre o conector tipo N, somente aos modos TEM e TM_{on} são excitadas através de toda região de transição, desde que os modos TEM e TM_{on} não casam com os modos TE. Visando reduzir o esforço computacional e consequentemente o tempo da simulação, foram definidas as seguintes condições de contorno para a antena: polarização vertical, com componentes de campo elétrico (E) ao longo do plano y-z (direção longitudinal ao longo da antena) e componentes do campo magnético (H) ao longo do plano x-z. Configuração essa disponível no ícone *Boundary Conditions*.

A análise da estrutura é realizada na faixa de frequências pertencentes ao padrão UWB (*Ultra Wide Band*) compreendidas entre 8 e 12GHz. Para as simulações, configurou-se monitores de campos elétrico (*E-field*), magnético (*H-field*) e de campo distante (*far field*) para a frequência 10GHz a fim de monitorar o comportamento da onda eletromagnética propagante e a obtenção de seu diagrama de radiação. A malha que envolve a antena é do tipo *Hexahedral*, devido ao tipo de *solver* utilizado, no caso o *Transient Solver*, com critério de estabilidade numérica de $\lambda/30$ (onde λ é o comprimento de onda para a frequência de análise).

4.2. Resultados

A inclusão de monitores de campo permite a análise do comportamento da onda na região de campo distante, com mencionado anteriormente, o que possibilita a obtenção do diagrama de radiação que será apresentado na Figura 4.

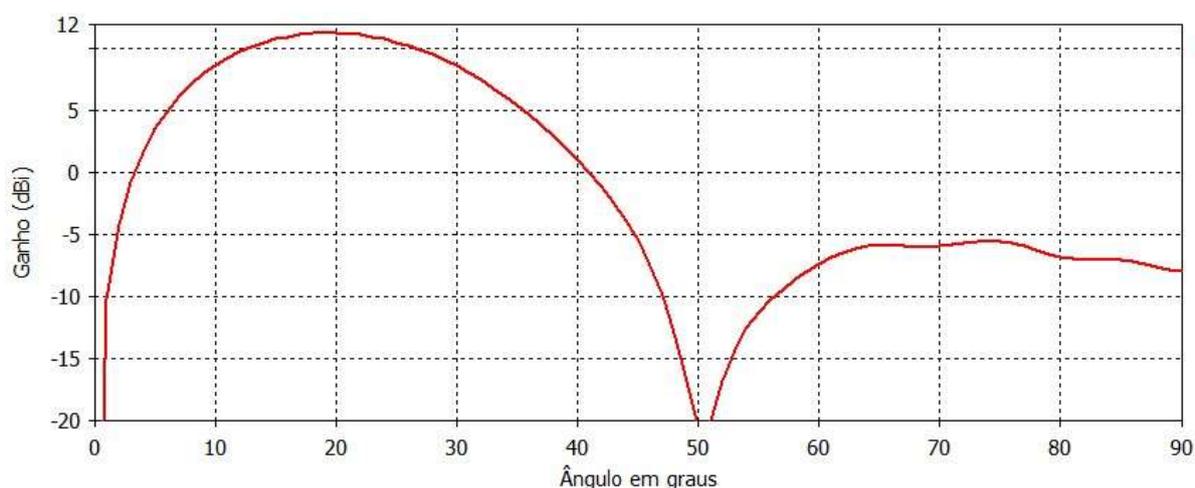


Figura 4. Diagrama de radiação da antena corneta coaxial

Para uma análise mais completa das propriedades de radiação da antena no espaço livre, o *software* utilizado possibilita a visualização dos campos eletromagnéticos através dos recursos 2D / 3D. Será feito um corte longitudinal ao longo no plano y-z e as intensidades dos campos serão plotadas na Figura 5.

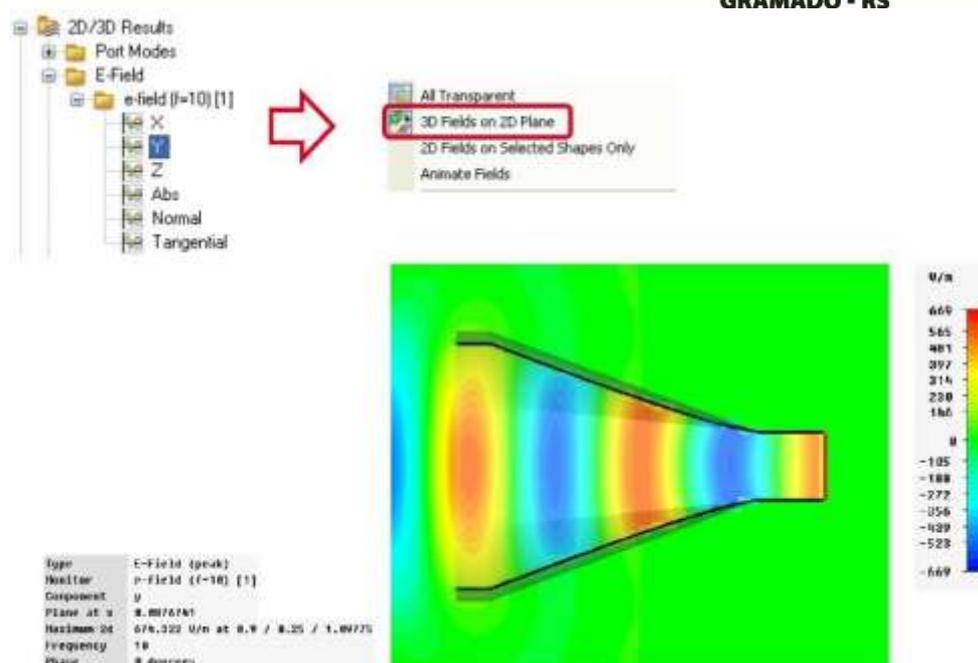


Figura 5 – Comportamento do campo E.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi desenvolvido nesse trabalho um estudo sobre a antena corneta coaxial para sistema UWB através de simulações empregando o *software* computacional CST®. O principal objetivo do trabalho consistiu na familiarização do aluno com a ferramenta de estudo e análise de estruturas eletromagnéticas. No estudo apresentado, explorou-se o diagrama de radiação da antena, este sendo um dos parâmetros frequentemente usado como figura de mérito para descrever o desempenho da antena.

A utilização desse software possibilitou adicionar conhecimentos ao aluno, tais como: teoria de antenas e conceitos de campos radiados. Assim como, rotinas para projeto de antenas e, os procedimentos necessários para obtenção dos campos radiados pela mesma.

Constatou-se, que além, dos conceitos citados acima, é muito importante para o aluno de graduação participar das atividades de iniciação científica, pois desperta no mesmo o interesse por áreas que utilizam conceitos de eletromagnetismo ampliando seus conhecimentos principalmente em telecomunicações. Tornando-se, dessa forma, um mecanismo facilitador ao desenvolvimento de trabalhos de conclusão de curso (TCC).

Agradecimentos

O grupo envolvido neste trabalho agradece ao LCT (Laboratório de Computação e Telecomunicações) por fornecer suporte técnico à esse projeto. Ao INCT-CSF (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Comunicação Wireless), CNPq e CAPES pelo constante apoio aos projetos do Campus Tucuruí.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALANIS, Constantine A., Teoria de antenas: análise e síntese, volume 1/ Constantine A. Balanis; tradução J. R. Souza; revisão Silvio Ernesto Barbin, J. R. Suza. – Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BARROS, F. J. B., ZANG, S. R., BERGMANN, J. R. Análise e síntese de antenas circularmente simétrica utilizando o método FDTD. Anais: Momag (15º SBMO– Simpósio Brasileiro de Micro-ondas e Optoeletrônica e 10º CBMag – Congresso Brasileiro de Eletromagnetismo). João Pessoa: UFNR, 2012.

FILHO, B. Sá de A.; PEROTONI, M.; JUNQUEIRA, C. Análise de impulsos em antenas UWB. Anais: IX - Simpósio de Guerra Eletrônica (SIGE). São Paulo: ITA, 2004.

SOUZA, R. M., “O Método dos Elementos Finitos aplicado ao problema de condução de calor”, Apostila de elementos finitos – Núcleo De Instrumentação E Computação Aplicada À Engenharia (NiCAE) da Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

ZANG, S. R. “Síntese e Análise Rigorosa de Antenas Omnidirecionais de Duplo-Refletores: Caso do Refletor Principal com Geratriz Circular,” Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Fevereiro 2010.

STUDY AND USE OF COMPUTATIONAL TOOLS IN THE ANALYSIS OF ANTENNAS FOR LEARNING ELECTROMAGNETISM IN ELECTRICAL ENGINEERING

Abstract: *With the natural evolution of studies in applied electromagnetic, there is a need to address complex phenomena with greater precision. This leads to the use of numerical methods and software tools with higher accuracy. Most students of electrical engineering has no contact with the undergraduate software using computational algorithms, more sophisticated requiring more processing resources. From this perspective, the study of electromagnetic softwares gives to the electrical engineering student the opportunity to meet these computational tools, as well as, using numerical methods applied for synthesis and analysis of complex structures. The study framework used for this work is a circularly symmetric coaxial horn antenna, which will add knowledge of antennas and the numerical method used in the simulation, thus contributing to the training of students.*

Key-words: *Engineering education, Electromagnetism, Antenna, Numerical Methods, Training.*