

## **Modelagem de Modos Transversais em Guias de Onda Retangulares.**

*Pires, M. B\*;* Cremasco, C. W. ; Bueno, T, E, P.

Departamento de Física, Centro de ciências exatas Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

Modalidade de apresentação: (x) Presencial      ( ) Remoto

\* e-mail: matheus.pires@edu.ufes.br

---

### **Resumo**

O conhecimento dos modos de propagação transversais elétricos (TE) e magnéticos (TM) em guias de onda retangulares e cavidades é fundamental para compreensão da Espectroscopia de Ressonância Eletrônica. A forma convencional desta espectroscopia, faz uso de uma cavidade com modo ressonante muito bem conhecido. A amostra é posicionada onde a intensidade do campo magnético oscilante é máxima e a do campo elétrico é mínima. Um campo magnético estático é aplicado perpendicular ao campo magnético oscilante. Para valores bem definidos de campo estático a amostra absorve a radiação e a cavidade passa a refletir a radiação. Durante a apresentação os seguintes tópicos serão abordados:

#### *- Modos TE e TM:*

Modos TE (Transversais Elétricos) têm o campo elétrico transversal à direção de propagação, sem componente elétrica nessa direção. Modos TM (Transversais Magnéticos) apresentam o campo magnético transversal à direção de propagação, sem componente magnética na direção de propagação.

#### *- Equações de Maxwell e a Equação de Helmholtz:*

A modelagem de modos TE e TM baseia-se nas Equações de Maxwell, que descrevem a propagação e interação dos campos elétricos e magnéticos. A Equação de Helmholtz, derivada das Equações de Maxwell, é crucial para determinar as condições de propagação dentro do guia de onda. Em um guia de onda retangular, a solução da Equação de Helmholtz é condicionada pelas fronteiras do guia, levando à quantização dos modos permitidos.

#### *- Utilização de Python e Interface Gráfica:*

Realizamos a modelagem utilizando Python, com uma interface gráfica para simulação das linhas de campo. A abordagem computacional permitiu visualizar o comportamento dos modos TE e TM dentro do guia de onda, oferecendo uma ferramenta poderosa para a análise e ensino de conceitos complexos em eletromagnetismo.

#### *- Implementação e Simulação:*

Implementamos a solução numérica das Equações de Maxwell e da Equação de Helmholtz em Python para determinar os modos próprios do guia de onda. A interface gráfica facilitou a simulação e visualização dos campos eletromagnéticos, proporcionando uma representação clara e intuitiva dos modos de propagação.

#### *- Obtenção experimental:*

A obtenção experimental da frequência de ressonância da cavidade é feita através de um gerador de micro-ondas, guias de ondas, circulador, díodo detector e lock-in, foi possível determinar a frequência de ressonância da cavidade, onde a intensidade de radiação refletida é mínima.

Concluimos que a modelagem e simulação de modos TE e TM em guias de onda retangulares, utilizando Python, oferecem uma compreensão aprofundada dos princípios de propagação de ondas em estruturas confinadas. Esta abordagem facilita não apenas a análise teórica, mas também proporciona uma plataforma prática para experimentação e visualização de fenômenos eletromagnéticos complexos.

**Palavras Chave:** *Modos TE, Modos TM, Guias de onda, Cavidades ressonantes, Python, Modelo Computacional*