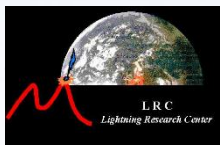


FERRAMENTA COMPUTACIONAL EM FDTD PARA CÁLCULO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS FRENTA ÀS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

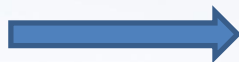
Victor Alves Melo,
Fernando H. Silveira**,
Silvério Visacro

GDS



1. INTRODUÇÃO

Análise de desempenho de
sistemas elétricos frente aos
efeitos de Descargas Atmosféricas

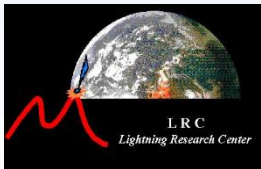


Ferramentas computacionais

- Modelagem do problema em foco
- Análises de sensibilidade

1. Abordagens analíticas;
2. Abordagens por parâmetros de circuitos distribuídos;
3. Abordagem eletromagnética

- **Evolução dos recursos computacionais tem permitido acesso e maior uso de abordagens eletromagnéticas**
 - obtenção de resultados mais precisos e de validade generalizada
 - complexos acoplamentos eletromagnéticos entre os elementos e efeitos de propagação sem simplificações



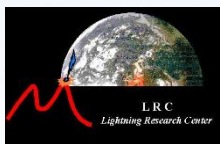
Objetivo do Trabalho

Apresentar os resultados preliminares relativos ao desenvolvimento de **ferramenta computacional avançada baseada no Método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD)** para estudos relativos ao desempenho de sistemas elétricos frente aos efeitos de descargas, com enfoque nos aterramentos elétricos e linhas de transmissão

- **Comparações de resultados:**

- Aterramentos elétricos (Dados reais de medição);
- Linhas de transmissão (simulação com elaborado modelo computacional – HEM)

- **Implementação atual: MATLAB**



2. O MÉTODO FDTD

- FDTD: **Finite Difference Time Domain** (Método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo)

- Baseado nas equações rotacionais de Maxwell

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\mu \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}, \quad \nabla \times \mathbf{H} = \varepsilon \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \sigma \mathbf{E}$$

- Discretização das equações de Maxwell no tempo e no espaço para solução

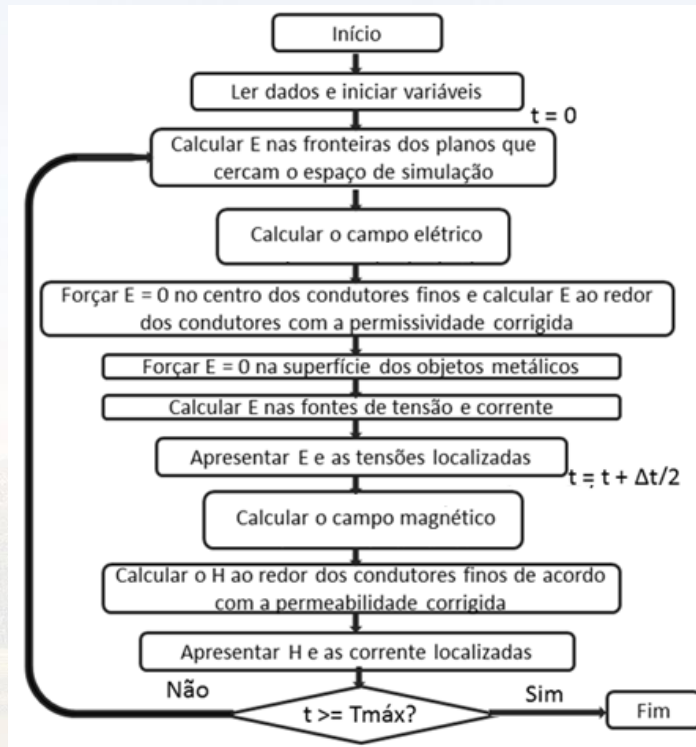
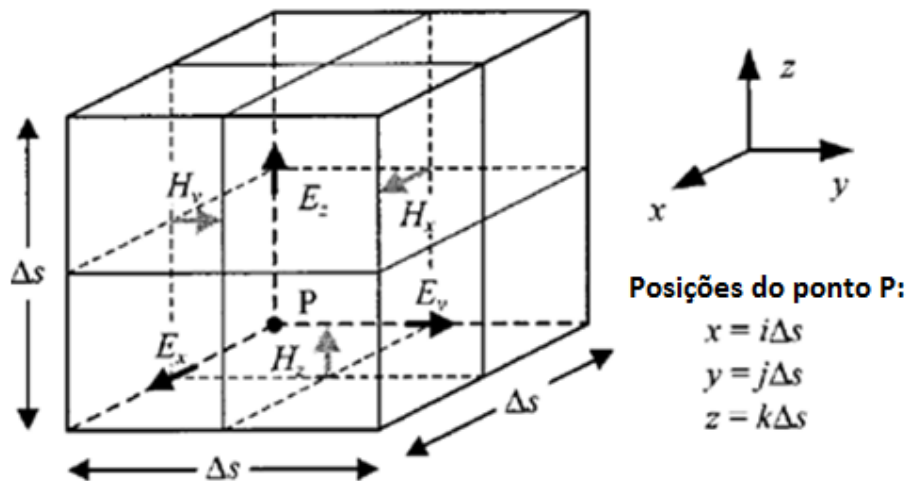
- **Tensões e correntes** X Campo elétrico e Campo magnético

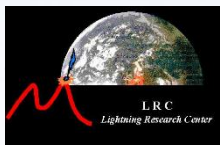
- Representação fiel do sistema: **geometria e características físicas do meio**

- Domínio do tempo: representação de fenômenos não lineares

2. O MÉTODO FDTD

Célula de Yee:





3. RESULTADOS PRELIMINARES

3.1 Aterramentos elétricos

Configuração 1: eletrodo vertical

Configuração 2: malha

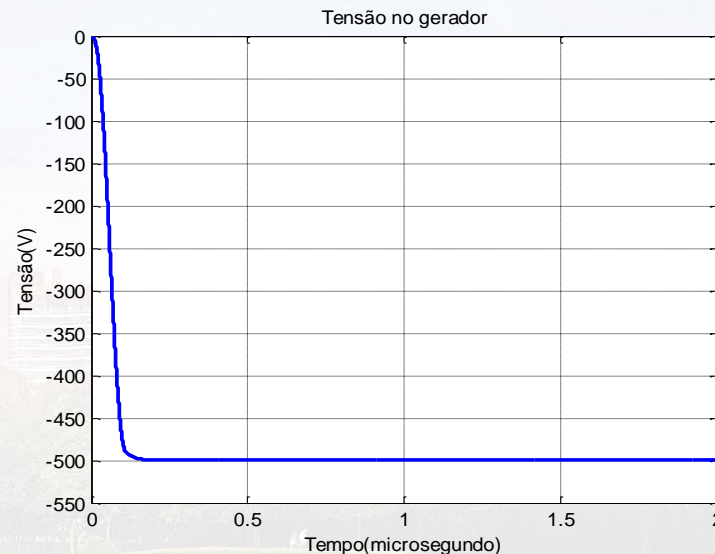
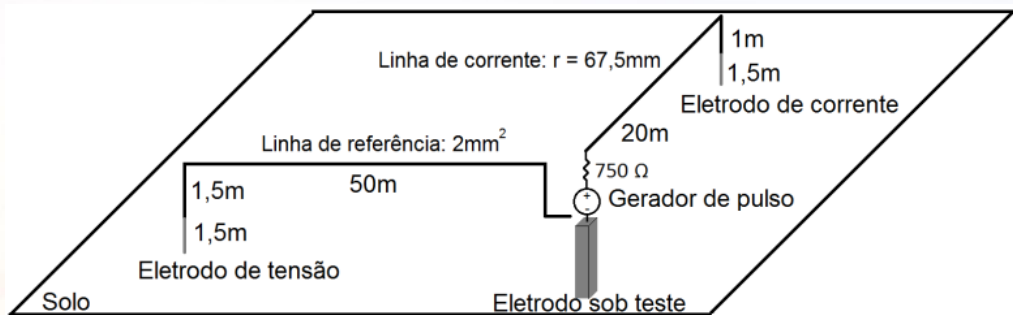
Dados reais
de medição

3.2 Linhas de transmissão

138 kV, circuito duplo

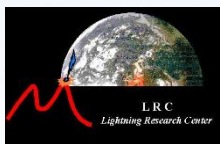
Comparação
com modelo
HEM

Configuração 1: haste vertical



Eletrodo: $L=3\text{m}$ e $0,5 \times 0,5\text{m}^2$

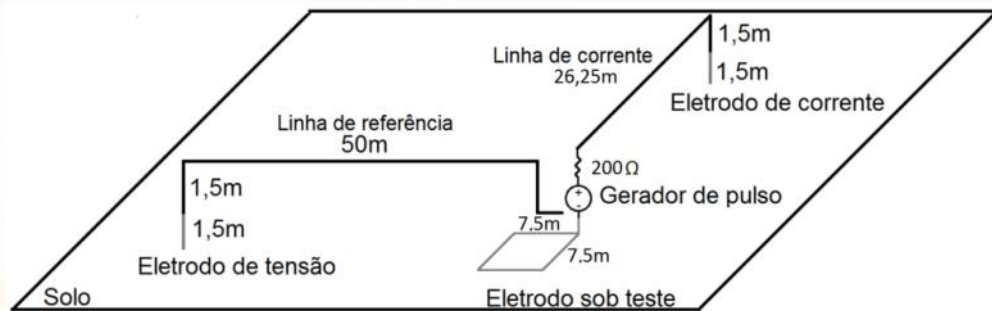
$\rho = 440 \Omega \cdot \text{m}.$



3. RESULTADOS PRELIMINARES

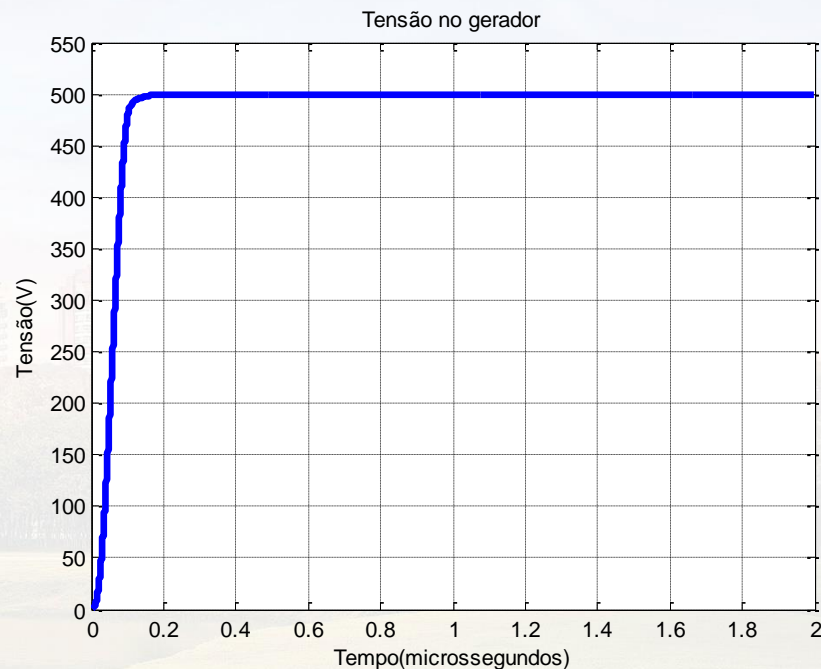
3.1 Aterramentos elétricos

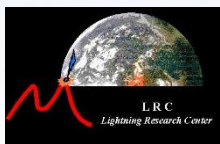
Configuração 2: malha



Malha: 7,5 m x 7,5 m

$\rho = 260 \Omega.m.$





3. RESULTADOS PRELIMINARES

3.2 Linha de transmissão

138 kV, circuito duplo

USA - Canada

$H_{media} = 30 \text{ m}$

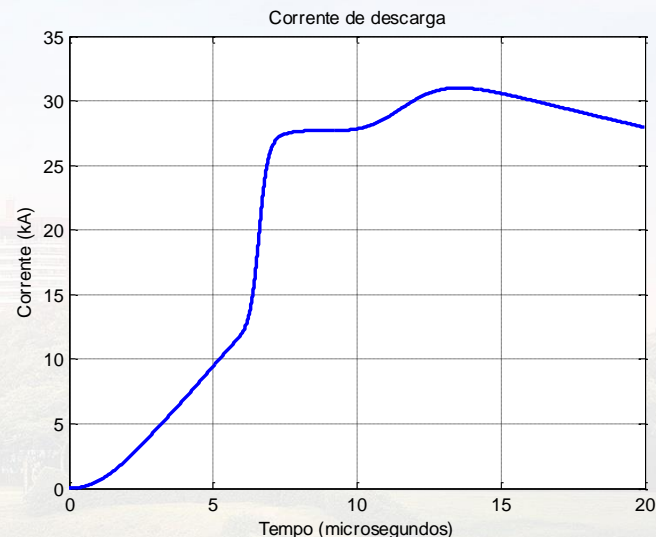
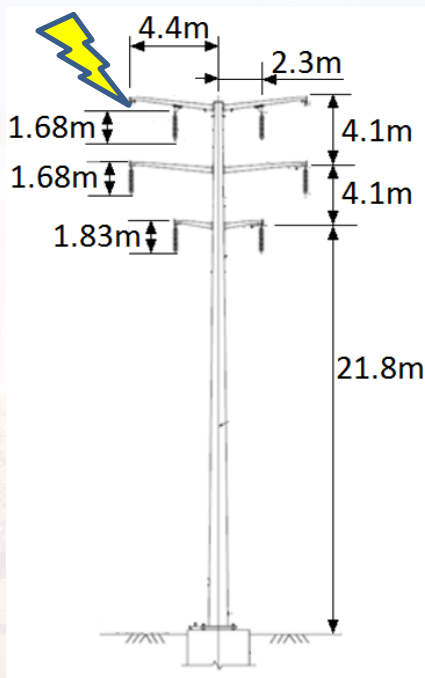
CFO = 795 kV

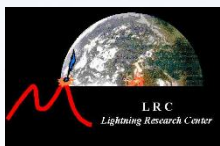
127 estruturas

33,8 km

$Rat = 20 \Omega$

Vão: 270 m



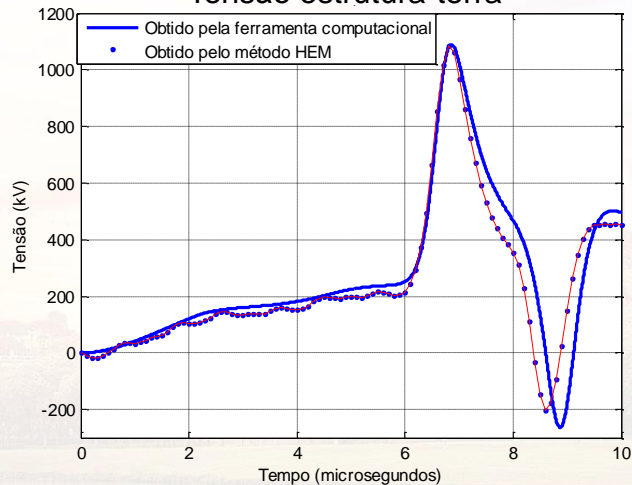


3. RESULTADOS PRELIMINARES

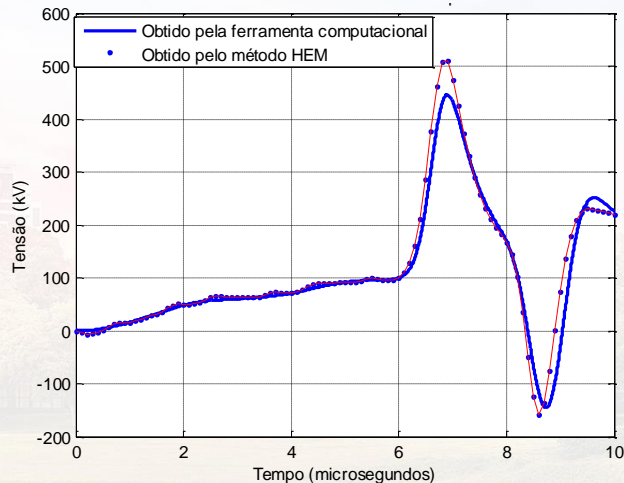
3.2 Linha de transmissão

Comparação de resultados com modelo HEM

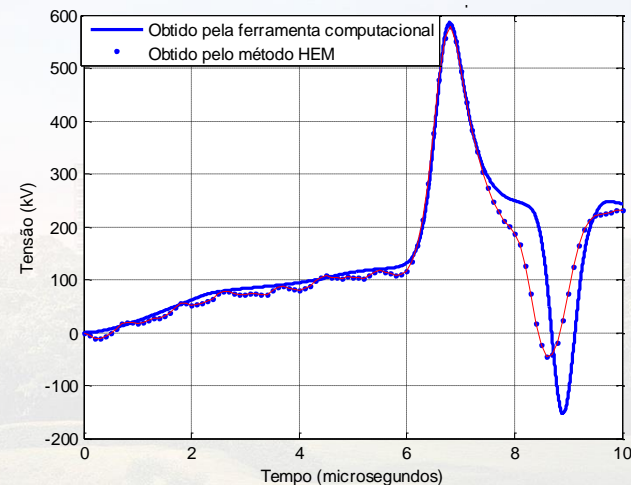
Tensão estrutura-terra

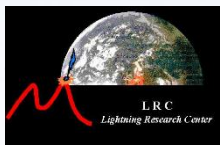


Tensão fase-terra



Tensão na cadeia de isoladores





4. COMENTÁRIOS FINAIS

- Resultados obtidos em termos de elevação de potencial no solo e sobretensões nos isoladores das linhas de transmissão apresentaram boa concordância com dados de medição e resultados simulados no modelo HEM.
- Maior diferença: 8%
- Estágio preliminar de desenvolvimento
 - Desenvolvimento de uma interface amigável para operação do programa;
 - Implementações que permitam à ferramenta representar importantes efeitos relacionados às descargas incidentes em linhas de transmissão:
 - Ionização do solo, efeito corona...

FERNANDO H. SILVEIRA (autor apresentador)

✉ silveira@ufmg.br

VICTOR ALVES MELO (autor principal)

✉ vasmelo@yahoo.com.br