



GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

SISTEMA PARA MODELAGEM AUTOMÁTICA DE CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS EM SUBESTAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

**ATHANASIO MPALANTINOS NETO(1);CARLOS RUY NUNEZ BARBOSA(1);LUIS ADRIANO DE MELO
CABRAL DOMINGUES(1);CARLOS KLEBER DA COSTA ARRUDA(1);ARTHUR LINHARES ESTEVES DOS
REIS(1);FELIPE TEODORO DE OLIVEIRA(1);MARLUCIO BARBOSA(2);FELIPE RAMOS DA
SILVA(3);MATHEUS WILLIAM GURGEL GONÇALVES(3);THIAGO PIRES VIULA(3);PAULO ROBERTO
GONÇALVES DE OLIVEIRA(1)
CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELETRICA CEPEL(1);FUNDACAO COPPETEC(2);LIGHT
SERVIÇOS DE ELETRICIDADE S.A., (3)**

RESUMO

A Lei 11.934 e na Resolução Normativa 915 da ANEEL impõem as empresas do setor elétrico o atendimento a níveis de campos elétrico e magnético (CEM) para exposição ocupacional e para todo o público. Admitindo, para a verificação destes níveis, medições ou cálculo. Adicionalmente, Secretaria Municipal de Meio Ambiente exige, previamente, para concessão da licença de instalação, os valores CEM que serão produzidos pela subestação. O CEPEL e a COPPE/UFRJ desenvolveram para a LIGHT, um sistema especialista para modelagem automática de CEM em subestações de distribuição. Neste trabalho é apresentada a solução adotada para a simulação comparando com medições em uma subestação real.

PALAVRAS-CHAVE

Campo elétrico, campo magnético, legislação, métodos numéricos, subestações

1 INTRODUÇÃO

A Legislação Brasileira - Lei 11.934 [1] e Resolução Normativa ANEEL 915 [2] impõem às empresas a necessidade de garantir que os níveis máximos de campos elétrico e magnético atendam limites determinados. Adicionalmente a SMAC – RJ (Secretaria Municipal de Meio Ambiente) exige, para concessão da licença de instalação, que a empresa apresente um estudo prévio dos níveis de campo que serão produzidos. Nas subestações que não estão energizadas ou em fase de projeto não se pode medir os campos, restando como alternativa o uso de simulações numéricas. Para tanto é necessário dispor de uma ferramenta computacional com capacidade e precisão adequadas que garanta o correto atendimento das normas legais garantindo a otimização e economicidade dos projetos, bem como precisão dos cálculos para garantir segurança no caso de uma fiscalização.

Nas subestações em operação estes limites podem ser verificados através de medições, porém a distribuição de campo elétrico dentro de uma subestação é bem mais complexa do que a encontrada na vizinhança de linhas de transmissão. Como existem muitas fontes (partes energizadas) em várias direções e muitas estruturas aterradas próximas, as linhas de campo elétrico fecham para as estruturas mais próximas e nem sempre para o solo onde teríamos a componente vertical do campo predominante. Os medidores de campo elétrico mais utilizados na prática só leem o campo numa direção (usualmente vertical) e ainda são calibrados para condições específicas de operação, quer seja para condições de temperatura e umidade como para posição de leitura, campo uniforme, etc., assim, por exemplo, ao se levantar um perfil de campo próximo aos equipamentos, a leitura pode indicar uma diminuição do valor de campo elétrico em uma determinada região, e na realidade o campo está mudando de direção e o instrumento está lendo uma componente do campo.

Portanto, mesmo para medir o campo é preciso conhecer o comportamento deste na região onde será realizada a medição e as características operacionais do instrumento.

Os modelos e programas computacionais tridimensionais para cálculo de campos eletromagnéticos, baseados em técnicas de elementos finitos já são de uso corrente na engenharia, porém não se adaptam a configurações complexas, de grandes dimensões e fronteiras abertas, como é o caso de subestações. Métodos de integrais de contorno lidam bem com arranjos de grandes dimensões e fronteiras abertas, porém para uma representação adequada a geometrias complexas levam a um custo computacional muito grande. O método de simulação de cargas

e correntes [3,4] para o cálculo de campos elétricos e campos magnéticos tem se apresentado como o mais indicado por representar de forma adequada problemas de geometria complexa e fronteiras abertas com custo computacional razoável.

O conhecimento da modelagem mais adequada de cada equipamento para cada estudo particular requer uma larga experiência de simulação e medição, que não pode ser facilmente transmitida em cursos e treinamentos, sugerindo a criação de sistemas especialistas para incorporar essa experiência de modelagem nos sistemas de cálculo.

Neste sentido o CEPEL em conjunto com a COPPE/UFRJ desenvolveu, no âmbito de um projeto ANEEL, para LIGHT um sistema para modelagem de campos elétricos e magnéticos em subestações de distribuição onde o desafio foi conjugar as melhores características dessas metodologias e produzir ferramentas de fácil utilização, e boa precisão computacional, que possam servir à engenharia de projeto, manutenção e operação da empresa.

Neste trabalho é apresentado um resumo das atividades desenvolvidas no projeto: legislação pertinente, dificuldades e propostas de solução para o desenvolvimento de simulações numéricas de subestações, a interface gráfica desenvolvida e uma comparação de resultados da simulação de uma subestação de 138 kV (Subestação Eldorado em Duque de Caxias-RJ) com as medições realizadas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Legislação Pertinente

A exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos é regida pela Lei 11.934 cuja aplicação nas instalações do Setor Elétrico é regulamentada pela ANEEL através da Resolução Normativa 915. As empresas estão obrigadas a apresentar à ANEEL os valores de campo nas suas instalações – usinas, linhas de transmissão e subestações. Os limites aceitáveis para campo elétrico e magnético definidos nas Resoluções da ANEEL são aqueles indicados pelas Normas ICNIRP [5,6]. A outra Norma Internacional reconhecida pela Organização Mundial da Saúde como tendo base científica é a do IEEE [7].

Especificamente na cidade do Rio de Janeiro a SMAC-RJ exige, para concessão da licença de instalação, que a empresa apresente um estudo prévio dos níveis de campo que serão produzidos.

O CEPEL participou da elaboração das diversas legislações e, também do cumprimento dessa determinação da ANEEL [8] executando o trabalho ou prestando consultoria na realização de procedimentos de simulação numérica (especialmente no caso de linhas de transmissão) e medições em usinas e subestações nas empresas ELETROBRAS e em empresas privadas.

2.2 Simulação Numérica de Subestações

A modelagem, de forma mais adequada, de cada equipamento, estruturas, e outros elementos presentes nas subestações para cada estudo particular requer não apenas um conhecimento do método numérico adotado, mas também uma larga experiência de simulação e medições para verificação dos modelos. Outro fator a ser considerado é que o modelo global gerado para subestação deve ser compatível com os recursos computacionais disponíveis, caso contrário será preciso fazer ajustes ao modelo com o cuidado de não prejudicar a qualidade da solução. Para atender a todos estes critérios é sugerida a criação de sistemas especialistas que incorporem o conhecimento de modelagem nos sistemas de cálculo.

O desafio presente é conjugar as melhores características dessas metodologias junto com a experiência de modelagem e medições, desenvolvida pelo CEPEL nos últimos 35 anos, e produzir ferramentas de fácil utilização, e boa precisão computacional, que possam servir à engenharia de projeto, manutenção e operação das empresas.

A figura 1 mostra o processo de modelagem partindo de uma subestação real passando pelo processo de edição, feita pelo usuário, e a geração dos modelos dos equipamentos, feita de forma automática e transparente ao usuário, para o método de simulação de cargas.

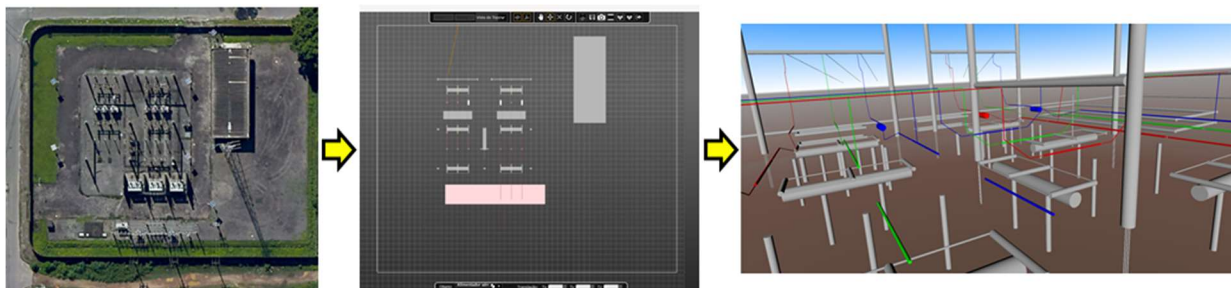


Figura 1. Processo de modelagem automática

Pode-se listar os principais desafios na construção de um sistema para realização da simulação numérica de uma subestação:

- Gerarão dos modelos com foco na exposição humana aos CEM – área de circulação de pessoas.
- Modelagem automática adaptada a configuração da subestação, isto significa introduzir no sistema a experiência acumulada de medições em campo e de simulações, identificando, dentre todos os elementos presentes na SE, quais são mais ou menos relevantes, e identificando quais deverão participar e de que forma na simulação, dependendo do papel de cada um, de sua localização, presença de outros elementos próximos, com que resolução (número de cargas) serão representados de acordo com o método numérico adotado. Assim um elemento pode ser representado de várias formas dependendo destes fatores e dos recursos computacionais disponíveis, ou até mesmo descartado. A figura 2 mostra um exemplo da modelagem automática de uma chave seccionadora, onde a quantidade de eletrodos e forma são pré-definidos, porém a quantidade de cargas (discretização) pode variar dependendo da necessidade, já na figura 3, coluna de concreto ou treliça, tanto a forma de representar – tipo e quantidade de eletrodos – como a quantidade de cargas, podem variar de acordo com as condições já descritas.

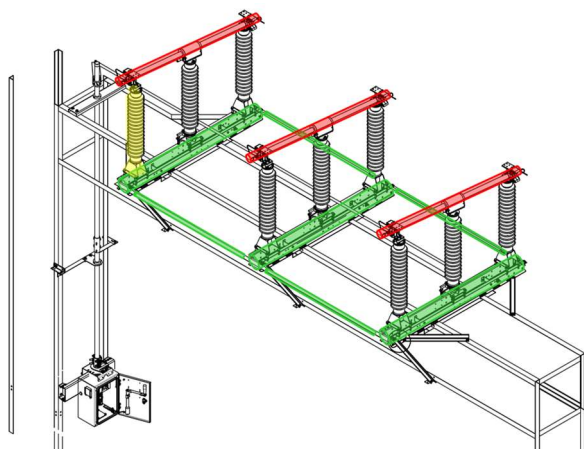


Figura 2. Pré-modelagem de uma chave seccionadora

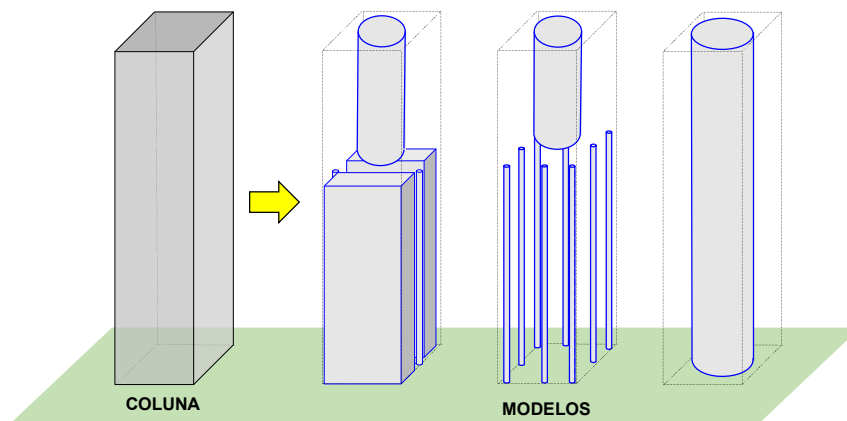


Figura 3. Opções de modelagem para colunas

- Guardar os estudos de forma que as informações possam ser acessadas a qualquer momento – guardar a memória de cálculo;

Para construção das soluções que integram o sistema computacional pode-se listar:

- Divisão do problema em duas etapas, devido as características peculiares das subestações:
 - Primeira etapa: solução para a área externa da subestação – fornece resultados quanto a exposição de todo o público.
 - Segunda etapa: solução da área interna da subestação – modelagem mais complexa e fornece resultados quanto a exposição ocupacional.
- Utilização de interfaces gráficas que auxiliem na composição do caso a ser estudado (edição) e na análise de resultados.
- Persistência dos dados em banco de dados, com versionamento dos casos em estudo ou estudados.
- Automação:
 - Ferramenta de pré-processamento - geração dos eletrodos a partir da modelagem geométrica e elétrica da subestação, isto é, transformação dos objetos em eletrodos para o cálculo de campos elétrico e magnético, verificação de inconsistências na geometria (eletrodos que se tocam, por exemplo) e correções necessárias, discretização dos eletrodos (número de linhas de cargas ou correntes e a subdivisão destas, etc.), além da verificação da compatibilidade do modelo gerado para subestação e o hardware disponível, promovendo ajustes necessários.
 - Ferramenta de pós-processamento - geração de pontos de interesse em um perfil ou área para cálculo dos campos, limpeza de pontos fora da região de interesse e nos interiores dos objetos, evitando assim erros no processamento. Após o cálculo, os valores resultantes são incluídos na visualização 3D.

2.3 Interface Gráfica

Para desenvolvimento do sistema assistido para simulação de campos elétrico e magnético em subestações de distribuição utilizou-se uma arquitetura baseada em SOA – *Service-Oriented Architecture*, o que permite desenvolver o sistema em cima de serviços. Desta forma sua expansão ou melhoria de desempenho, ou até mesmo a troca do método numérico utilizado, pode ser obtida pela troca dos módulos responsáveis pelos serviços sem prejuízo do resto do sistema. O armazenamento dos dados dos estudos é feito em banco de dados, com versionamento dos casos.

O sistema é composto basicamente por:

- Serviço integrador com interface gráfica, serviços especializados em edição das partes externas, figura 4, e internas, figura 5, das subestações. Para cada uma existe um conjunto de elementos pré-modelados, que são utilizados pelo usuário para compor o caso de estudo.

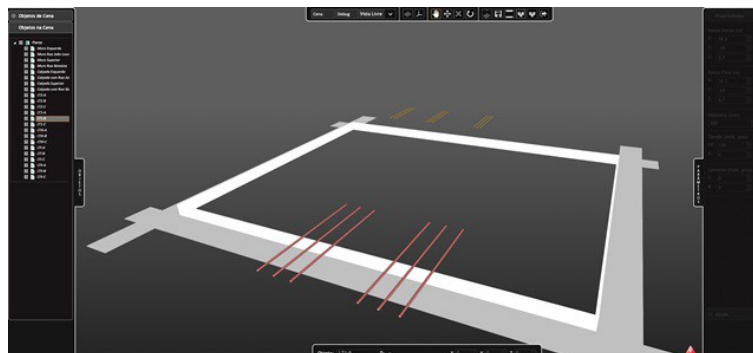


Figura 4. Edição da área externa da SE - exposição para todo o público.

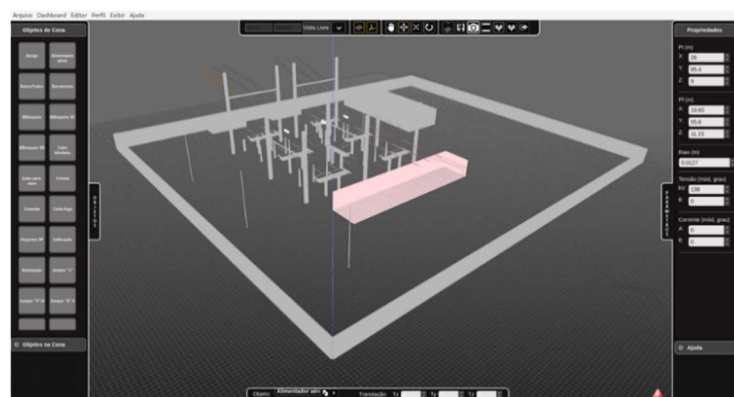


Figura 5. Edição da área interna da SE - exposição ocupacional.

- Serviço de pré-processamento especializado em modelagem de subestações de distribuição e análise de consistência – este serviço é que define o que é relevante e como deve ser representado na simulação cada objeto, considerando as características do método numérico adotado.
- Serviço de pós-processamento e análise dos resultados.
- Módulo de cálculo baseado no Método de Simulação de Cargas para campo elétrico e Simulação de Correntes para o campo magnético.

2.4 Comparação da Simulação e Medição

A legislação pede que se realize uma medição ou cálculo de campo elétrico e magnético no perímetro externo da SE, para caracterização da exposição de "todo o público", e no interior da SE ao longo dos principais caminhos de circulação dos profissionais que trabalham na SE, caracterizando "exposição ocupacional".

Pela complexidade dessas instalações, é aconselhável realizar um planejamento prévio das medições em subestações, de forma a racionalizar o trabalho de campo. Um exemplo do planejamento das medições a ser aplicado em uma subestação está apresentado, sinteticamente em [9].

Com o objetivo de apresentar o tipo de trabalho que pode ser desenvolvido no sistema computacional foi realizada uma medição da parte externa da subestação Eldorado de 138 kV da Light.

Na figura 6 é apresentada a subestação Eldorado onde foram feitas medições de campo para simulação da parte externa da subestação.

Na figura 7 é apresentada a simulação para área externa da subestação – mapa da distribuição do campo elétrico.

Foram medidos perfis paralelos ao muro no perímetro externo da subestação a 1,5m acima do meio-fio da calçada e a 1,50 m do solo no asfalto da Rua Ibiráuna, embaixo dos condutores das linhas de 138 kV, como pode ser observado na figura 8.

Durante o processo de medição foram utilizados o medidor de campo elétrico e magnético EMDEX II da ENERTECH e o medidor de temperatura e umidade do ar HM-34 da Vaisala.



Figura 6. Subestação de Eldorado - Duque de Caxias – RJ

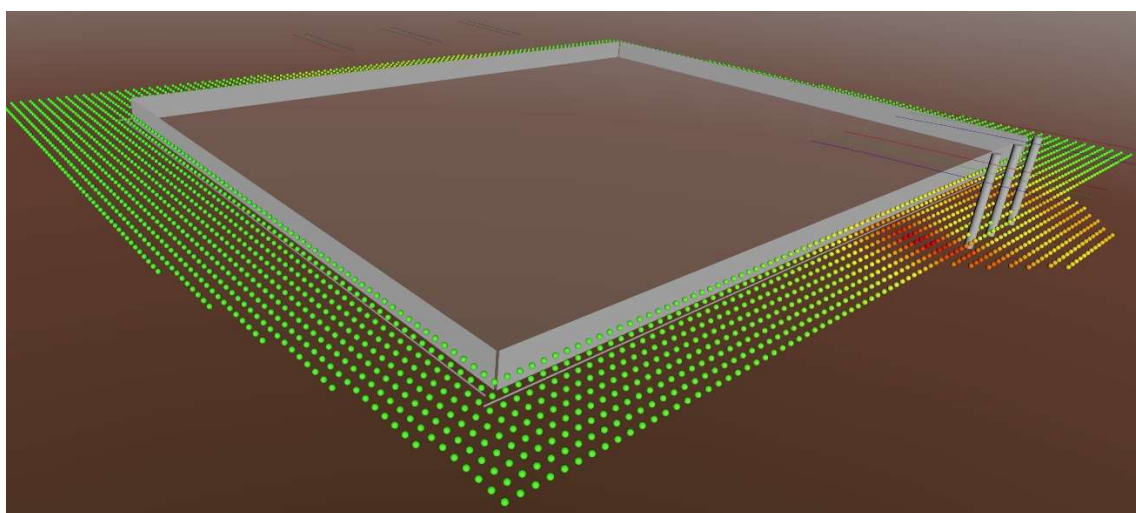


Figura 7. Simulação para área externa da subestação – mapa da distribuição de campo elétrico



Figura 8. Medição do perfil paralelo ao muro da subestação

A simulação foi realizada de forma que fossem representadas todas as estruturas que influenciam nos valores de campo elétrico e magnético que se pretende calcular. No caso as linhas de transmissão de 138 kV que entram na subestação e o muro que a limita. Nas figuras 9 e 10 são apresentados os resultados da comparação dos valores medidos e calculados dos campos elétricos a uma distância de 2 m e 6,5 m do muro da subestação, nos perfis A e B, respectivamente. Pode-se ressaltar a boa aderência dos resultados.

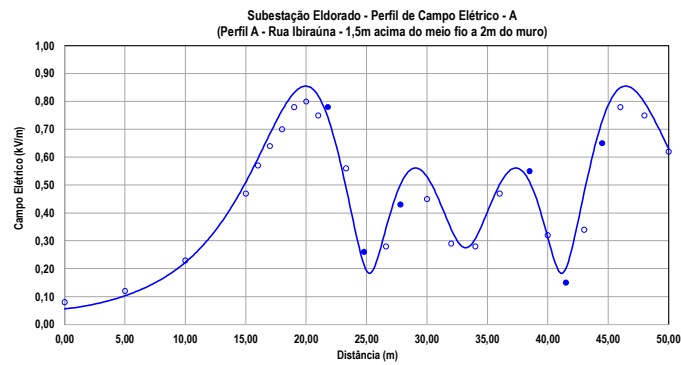


Figura 9. Perfil de campo elétrico a 2 m do muro

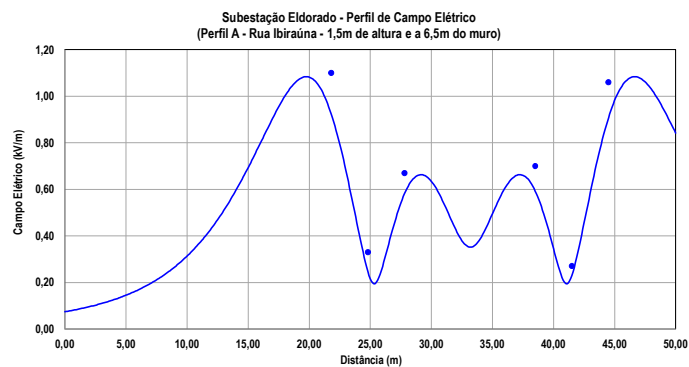


Figura 10. Perfil de campo elétrico a 6,5 m do muro

Na Figura 11 é apresentado o resultado de diferentes formas de representação dos condutores e muro e sua influência no resultado da simulação.

Nas Simulações I, II e III representam um aumento, sucessivo, da discretização nos eletrodos que representam os condutores e na Simulação IV foi aprimorada a representação do muro com a Discretização dos condutores da Simulação III. Pode-se observar que a melhoria na representação do muro, apesar de ter consumido mais recursos, não representou uma melhora significativa na simulação global. Portanto, considerando os recursos disponíveis de computação, é fundamental um processo de modelagem flexível de forma a se obter uma modelagem ótima global.

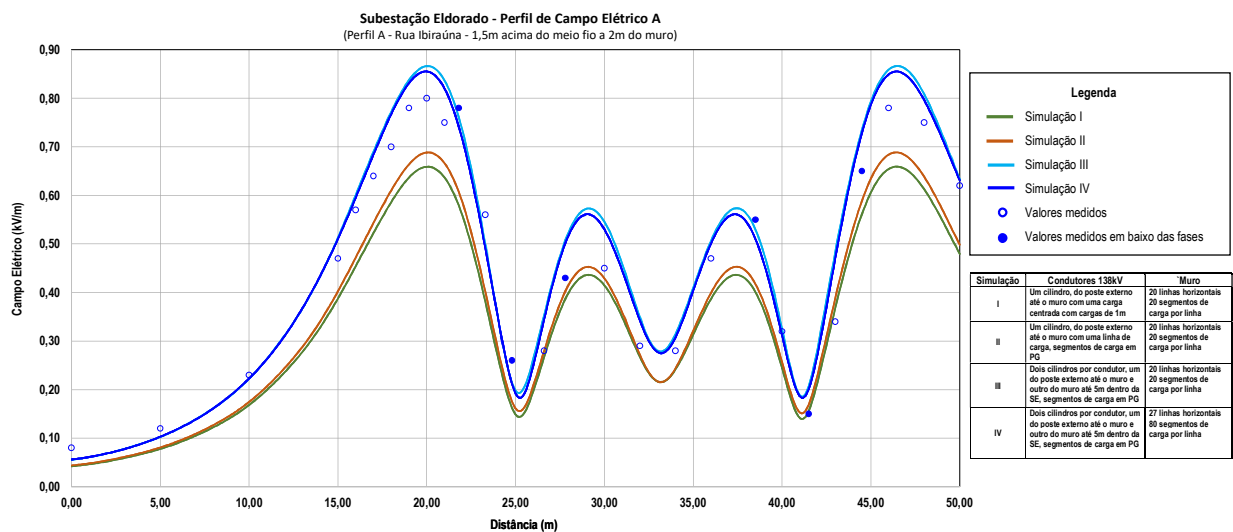


Figura 11. Análise comparativa das simulações

O objetivo foi mostrar que um bom resultado está diretamente ligado ao conhecimento do método numérico, experiência com simulação e medição, enfatizando a necessidade de incorporar ao sistema um módulo de inteligência para definição e escolha da melhor modelagem. O sistema tem este módulo embarcado de forma que o usuário não precise ser um especialista em modelagem numérica

3 CONCLUSÕES

O CEPEL em conjunto com a COPPE/UFRJ desenvolveu, no âmbito de um projeto ANEEL, para a Light SESA, um sistema para modelagem automática de campos elétricos e magnéticos em subestações de distribuição.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do sistema computacional. São apresentadas a interface gráfica, as dificuldades e soluções para modelagem de uma subestação e uma análise de resultados da comparação de simulação de uma subestação com as medições de campos elétrico e magnético realizadas, com uma boa aderência entre os valores medidos e calculados, enfatizando a necessidade de incorporar ao sistema um módulo de inteligência (baseado na experiência do CEPEL) para definição e escolha da melhor modelagem, de forma que o usuário não precise ser um especialista em modelagem numérica.

Com este sistema é possível determinar os valores de campos elétrico e magnético em subestações de distribuição em fase de projeto ou operação, prever alterações nos valores de campos em futuras expansões. Adicionalmente, com a visão da distribuição de campos global na subestação, pode-se identificar áreas onde é necessária uma readequação e projetar uma solução.

4 PRÓXIMOS PASSOS

A partir da entrega desta versão do sistema serão realizadas algumas atividades importantes tanto para a aplicação deste ao dia a dia dos trabalhos da empresa como para levar a ferramenta ao estágio de consolidação comercial:

- Medições adicionais de campo de outras subestações para avaliar modelagens possíveis melhoramentos nos modelos desenvolvidos;
- Inclusão de novos equipamentos pré-modelados;
- Importar plantas de subestações de arquivos em formatos padrão (CAD comerciais);
- Expansão do sistema e reavaliação da modelagem para subestações de grande porte (transmissoras).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] DOU. Lei 11934 - Limites a exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos. 2009, seção 1, p. 5.
- [2] ANEEL. Resolução Normativa, nº 915. 2021.
- [3] Singer, H., Steinbigler, H., Weiss, P. A charge simulation method for the computation of high voltage fields. IEEE Power Apparatus and Systems, vol. PAS-93, pp. 1660-1668, 1974.
- [4] Domingues, L. A. M. C., Fernandes, C., Dart, F. C., Barbosa, C. R. N., Mpalantinos Neto, A. Aplicação do Método de Simulação de Cargas ao Cálculo de Campos Eletrostáticos tridimensionais. Segundo Simpósio Franco-Brasileiro sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos, p. 112-121, 1989.
- [5] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). 1998.
- [6] ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). 2010.
- [7] IEEE. Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz (IEEE C95.6-2002). [Standard]
- [8] Domingues, L. A. M. C., Barbosa, C. R. N., Mpalantinos Neto, A. Análise das implicações da Resolução Normativa ANEEL 616 no projeto e operação das instalações do Setor Elétrico. XXIII SNPTEE, grupo III, 2005.
- [9] Domingues, L. A. M. C., Barbosa, C. R. N., Mpalantinos Neto, A. Exposição a Campos Elétrico e Magnético – Avaliação do Impacto da Resolução Normativa nº 398 e propostas de ação para seu atendimento. Eletrobras CEPEL, Nota Técnica DLE 45904/10, 2010.

DADOS BIOGRÁFICOS

**ATHANASIO MPALANTINOS NETO**

Possuo graduação em Engenharia Elétrica - Sistemas Elétricos de Potência - pela Universidade Federal Fluminense (1987) e mestrado em Engenharia Civil - Modelagem Numérica - pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005). Sou pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL - desde 1987. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão de Energia Elétrica, em Medições e Modelagem Numérica de Campos Eletromagnéticos em Linhas de Transmissão, Subestações e Equipamentos e Exposição a Campos Elétricos e Magnéticos de Baixa Frequência.

(2) CARLOS RUY NUNEZ BARBOSA

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (1987) e mestrado em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ (2005). Atualmente é pesquisador iii do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Cálculo de Campos Eletromagnéticos, atuando principalmente nos seguintes temas: campo elétrico, campo magnético aplicado a subestação, linhas de transmissão e na geração de energia.

(3) LUIS ADRIANO DE MELO CABRAL DOMINGUES

Engenheiro Eletricista, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1980.M.Sc. PUC (Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro) – Aplicação de técnicas de previsão no estudo da temperatura de cabos condutores de Linhas de Transmissão. Principais Atividades de Pesquisa: Pesquisador no Departamento de Eletrotécnica – CEPEL, trabalhando com modelagem e cálculo de campos eletromagnéticos aplicados a Linhas de Transmissão e Equipamentos; estudos do efeito corona e fenômenos de indução; análises de confiabilidade de equipamentos e sistemas. Diversos artigos publicados em Seminários Nacionais e Internacionais, incluindo Sessão Bienal Cigré 2010, BEMS e ICNIRP.

(4) CARLOS KLEBER DA COSTA ARRUDA

Formado em Engenharia Industrial Elétrica pelo CEFET-RJ (1999), mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela UFRJ (2003, 2012). Atualmente é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). Tem experiência em pesquisa de modelos computacionais aplicados em linhas de transmissão e equipamentos, campos eletromagnéticos, aterramento, descargas atmosféricas e confiabilidade aplicada a subestações.

(5) ARTHUR LINHARES ESTEVES DOS REIS

Arthur Linhares Esteves dos Reis é pesquisador do Departamento de Gestão de Ativos (DGA) do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), desde 2014, trabalhando na área de otimização de projetos de linhas de transmissão. Possui mestrado em Sistemas de Energia pela Coppe/UFRJ (2018) e graduação em Engenharia Elétrica pela UFJF (2014). Participou de intercâmbio pelo Ciência sem Fronteiras na Universidade de Brunel, Reino Unido (2012/13). Foi bolsista de iniciação científica, dando continuação ao estágio na Universidade de Uppsala, Suécia (2012). Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial - PET (2010/12).

(6) FELIPE TEODORO DE OLIVEIRA

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2014), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2018), curso-técnico-profissionalizante em Técnico em Eletrotécnica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (2007). Atualmente é Profissional Pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atua principalmente nos seguintes temas: avaliação de campos eletromagnéticos em subestações e linhas de transmissão, métodos numéricos, gestão de ativos de sistemas de energia, efeito corona, ultra-alta tensão, corredores híbridos.

(7) MARLUCIO BARBOSA

Licenciado (2008) em Matemática, bacharel em Matemática Pura e bacharel (2008) em Matemática Aplicada e Computacional (2008) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2010) e Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2021). Foi CIO na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2012-2015). Atua em pesquisa aplicada nas áreas de Tecnologia da Informação, E-Learning, Computação de Alto Desempenho, Métodos Numéricos e Gráfica.

(8) FELIPE RAMOS DA SILVA

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (2011), com conhecimentos nas áreas de projetos de usinas hidrelétricas, subestações e sistemas industriais nos setores eletromecânicos, sistemas de proteção e controle. Atualmente sou engenheiro eletricista na empresa LIGHT S.E.S.A no setor de construção de subestações de alta tensão exercendo atividades de gestão de contratos de R\$ 5mi a R\$ 40mi na modernização e construção de novos empreendimentos, desenvolvimento de viabilidades técnicas, elaboração de projetos,

especificações, inspeção de equipamentos e pesquisa e desenvolvimento (P&D).

(9) MATHEUS WILLIAM GURGEL GONÇALVES
Me chamo Matheus William Gurgel Gonçalves, sou Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense, tendo concluído esta graduação em 2016. Trabalho há 07 anos na concessionária de distribuição de Energia Elétrica - Light, empresa onde atuei nas áreas de Projeto e Construção Subestações de 138kV, Engenharia de Manutenção e Suprimentos.

(10) THIAGO PIRES VIULA
Thiago Pires Viúla Nascido em Maceió, AL, em 14 de setembro de 1979. Graduação em Engenharia elétrica pela Universidade Veiga de Almeida – 2008. MBA Gestão de Negócios, IBMEC – 2021. Pós-graduação MBA em Gestão de Projetos pela FUNCEFET - 2013. Especialização - Aperfeiçoamento em Sistemas Elétricos - UFRJ-COPPE. Atualmente Coordenador de Planejamento da Distribuição e Geoprocessamento – Light S.E.S.A.

(11) PAULO ROBERTO GONÇALVES DE OLIVEIRA
Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Veiga de Almeida (1991). Atualmente é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição de Campos Eletromagnético 60Hz em Usinas, Subestações e Linhas de Transmissão e Descargas Parciais em equipamentos de Alta Tensão.