



LMAT_SIMX

**SIMULADOR DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS ELF
EMANADOS DE LINHAS DE MUITO ALTA TENSÃO**

Editor: Professor Doutor Carlos Lemos Antunes

ISBN: 978-972-8822-11-8



Pacote de software

LMAT_SIMX — Análise e Simulação de Campos Eléctricos e Magnéticos Emanados de Linhas de Muito Alta Tensão

Manual do Utilizador

(Versão 2.0 - Outubro 2007)

Copyright © Outubro 2007, APDEE. Todos os direitos reservados.

Índice

1. LMAT_SIMX.....	5
1.1. Introdução.....	5
1.2. Breve descrição dos módulos.....	5
1.3. Instalação.....	7
1.3.1. Requisitos mínimos.....	7
1.3.2. Modo de Instalação.....	8
1.4. Inicialização.....	11
2. LMAT_GEOMODEL.....	17
2.1. Introdução.....	17
2.2. Utilização.....	17
2.3. Exemplos de Aplicação.....	23
3. LMAT_SIMAG.....	29
3.1. Introdução.....	29
3.2. Utilização.....	30
3.3. Exemplo de Aplicação.....	35
4. LMAT_SIMEL.....	39
4.1. Introdução.....	39
4.2. Utilização.....	40
4.3. Exemplo de Aplicação.....	45
5. LMAT_VISUAL.ELF.....	49
5.1. Introdução.....	49
5.2. Descrição.....	50
5.3. Utilização.....	54

1. LMAT_SIMX

1.1. Introdução

O pacote de software LMAT_SIMX destina-se à análise e simulação de campos eléctricos e/ou magnéticos emanados de Linhas de Muito Alta Tensão.

Este pacote de software consiste num conjunto de módulos (4 módulos), designados por LMAT_GEOMODEL, LMAT_SIMAG, LMAT_SIMEL e LMAT_VISUAL.ELF. Todos os módulos pertencentes ao pacote de software LMAT_SIMX foram desenvolvidos em MATLAB, têm uma interface simples e são de fácil utilização.

1.2. Breve Descrição dos módulos

O LMAT_GEOMODEL é utilizado para modelar a configuração geométrica das Linhas de Muito Alta Tensão a analisar. A catenária é aproximada por um conjunto de segmentos de recta. Este módulo gera a base de dados que contém os pontos extremos de cada segmento, guardando esta base de dados para posteriormente ser utilizada nos processadores numéricos LMAT_SIMEL e LMAT_SIMAG. O LMAT_GEOMODEL tem capacidade de, no máximo, modelar até 3 Linhas de Muito Alta Tensão com diferentes configurações e orientações.

O módulo LMAT_SIMAG é o processador numérico 3D para o cálculo do campo magnético e baseia-se na lei de Biot-Savart. Sendo a catenária descrita pelas Linhas aproximada por segmentos de recta, cada segmento contribui para o valor do campo magnético em qualquer ponto em análise. Os pontos onde o processador calcula o valor do campo magnético são introduzidos pelo utilizador, bem como o estado eléctrico da Linha (Tensão e Corrente). O valor resultante das componentes x, y e z do campo magnético em cada ponto é obtido a partir da soma aritmética das contribuições respectivas x, y e z de cada segmento para o ponto.

O módulo LMAT_SIMEL permite o cálculo e simulação do campo eléctrico emanado por Linhas de Muito Alta Tensão. O campo eléctrico é calculado usando uma aproximação numérica 3D utilizando o método das imagens. Os condutores são considerados fios filamentares com uma tensão fase-terra nos condutores e zero nos cabos de guarda. A terra é considerada como sendo um bom condutor com uma tensão nula e a sua influência é considerada através do método das imagens. A influência da vegetação não é considerada.

O LMAT_VISUAL.ELF é um módulo complementar que permite a visualização/manipulação dos resultados obtidos pelos processadores numéricos LMAT_SIMAG e LMAT_SIMEL. Este módulo permite a visualização 3D da distribuição do campo no plano em análise, a visualização de uma secção da representação 3D, assim como o valor em qualquer ponto da grelha representativa do plano em análise. Este módulo permite também a visualização da projecção do campo a 2D, projecção esta que pode ser representada de três formas diferentes.

No primeiro tipo, a representação do campo é feita com base numa escala de cores e são também representadas algumas linhas de isovalores.

No segundo tipo, o campo é representado por pontos, coloridos por uma escala, nos nodos representativos do plano.

O terceiro tipo corresponde a uma representação do campo por círculos centrados nos nodos com um raio proporcional à amplitude do campo.

Neste manual é descrito como exemplo o modo de utilização dos diversos módulos. Os dados gerados e/ou introduzidos nos diferentes módulos podem ser guardados em ficheiros para posterior utilização. Para garantir uma fácil pesquisa dos ficheiros sugere-se que sejam sempre guardados na pasta SAVED, podendo sempre criar sub-pastas dentro desta.

1.3. Instalação

1.3.1. Requisitos mínimos

Para poder utilizar o pacote de software LMAT_SIMX são necessários alguns requisitos mínimos a verificar:

Requisitos mínimos de Hardware

Processador:

Pentium IV ou compatível a 1GHz

Memória RAM: 256 MB

Espaço no disco rígido: 100 MB

Requisitos mínimos de Software

Sistema Operativo:

Windows XP

Matlab

Versão 7.4.0.287 (R2007a)

O pacote de software não funciona para versões anteriores à recomendada e não foi testado em versões superiores.

Microsoft Office:

Excel

Autocad ou software compatível com leitura de ficheiros com extensão **.dxf**

1.3.2. Modo de Instalação

Para uma correcta instalação do pacote de software LMAT_SIMX deverão ser efectuados os seguintes passos:

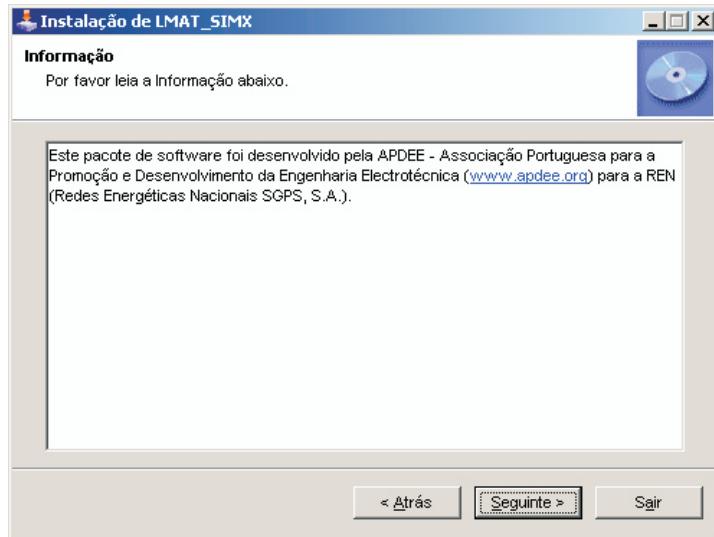
Clique no ícone **LMAT_SIMX.exe** para iniciar a instalação.

Há-de aparecer a janela da Fig. 1 onde deve pressionar o botão **Seguinte** para dar seguimento à instalação.



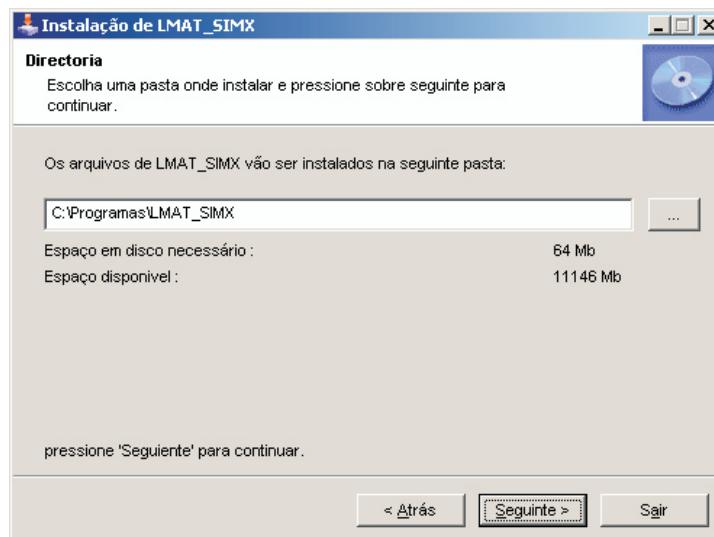
(Fig. 1)

Na janela da Fig. 2 pressione o botão **Seguinte** para continuar a instalação.



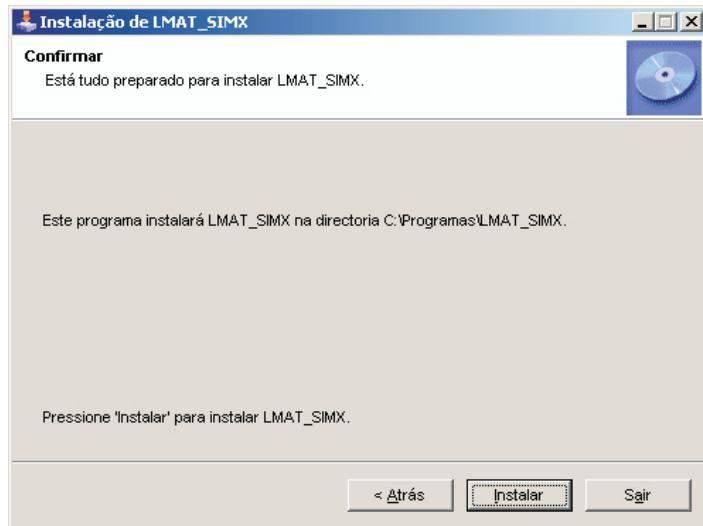
(Fig. 2)

De seguida deve indicar a directória onde o software LMAT_SIMX vai ser instalado.



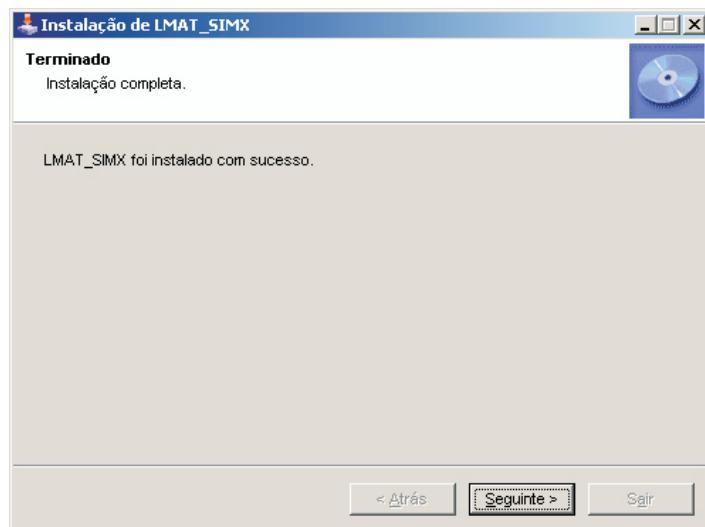
(Fig. 3)

Na janela da Fig. 4 deve pressionar o botão **Instalar** para dar início à instalação do pacote de software LMAT_SIMX.



(Fig. 4)

Concluídos todos os pontos anteriores pressione o botão **Seguinte** para terminar a instalação do pacote de software.



(Fig. 5)

1.4. Inicialização

Para utilizar o programa LMAT_SIMX é necessário clicar duas vezes em cima do ícone do programa, pelo que surgirá então a primeira janela de interface no ecrã (Fig. 6).



Fig. 6 - Janela Inicial

Nesta janela existem 2 botões que permitem inicializar/operar o pacote de software.

O botão **Iniciar nova simulação** permite inicializar uma nova simulação, começando por introduzir a configuração geométrica das Linhas (LMAT_GEOMODEL).

O botão **Continuar simulação** permite continuar uma simulação que não tenha sido concluída, i. e. permite ler dados de uma configuração que tenha sido guardada num ficheiro. Quando se pressiona o botão **Continuar simulação** surge um sub-menu que nos permite seleccionar qual o módulo onde se abandonou a simulação (módulo onde se guardou os valores da simulação para um ficheiro) e a partir do qual se pretende continuar (Fig. 7).



Fig. 7 - Janela de continuação de simulação

É possível continuar simulações a partir dos módulos LMAT_GEOMODEL, LMAT_SIMEL e LMAT_SIMAG. O utilizador deve então seleccionar o módulo que pretende para continuar a simulação. Ao indicar um módulo será também pedido que indique o ficheiro correspondente à configuração (Fig. 8).

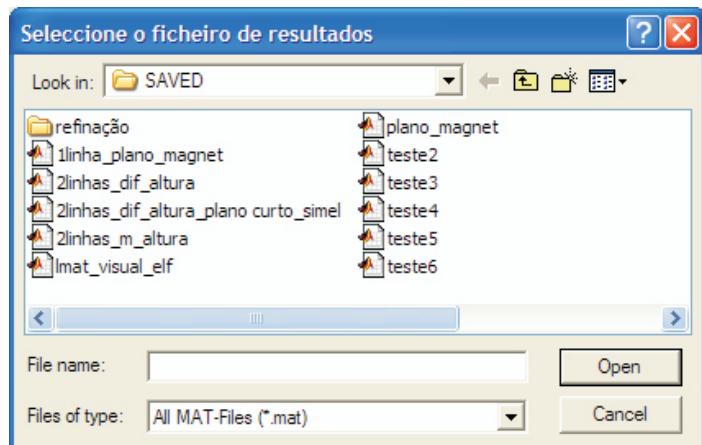


Fig. 8 - Janela de localização de ficheiro

De notar que a directória base onde a janela de localização de ficheiros abre é a directória SAVED, pelo que se aconselha que os ficheiros sejam gravados nesta directória ou em sub-directórias dentro desta.

Quando o utilizador opta por continuar uma simulação, e é inicializado o respectivo módulo, este apresenta os valores lidos do ficheiro nos respectivos campos da janela desse módulo.

LMAT_GEOMODEL — Modelador Geométrico para Linhas de Muito Alta
Tensão do Pacote de Software LMAT_SIMX

Copyright © Outubro 2007, APDEE. Todos os direitos reservados.

2. LMAT_GEOMODEL

2.1. Introdução

O módulo LMAT_GEOMODEL é o pré-processador do pacote de programas LMAT_SIMX e permite modelar Linhas de Muito Alta Tensão. Este módulo gera uma base de dados que contém os pontos extremos de cada segmento que aproxima a catenária de cada cabo (condutores e guarda) de cada Linha. Este modelador permite a utilização de no máximo três Linhas com diversas configurações e orientações.

A base de dados gerada pelo LMAT_GEOMODEL é posteriormente utilizada no cálculo dos campos Magnéticos/Eléctricos pelos processadores numéricos LMAT_SIMAG e LMAT_SIMEL, respectivamente.

2.2. Utilização

Quando o LMAT_GEOMODEL é inicializado a janela da Fig. 9 aparece no ecrã.

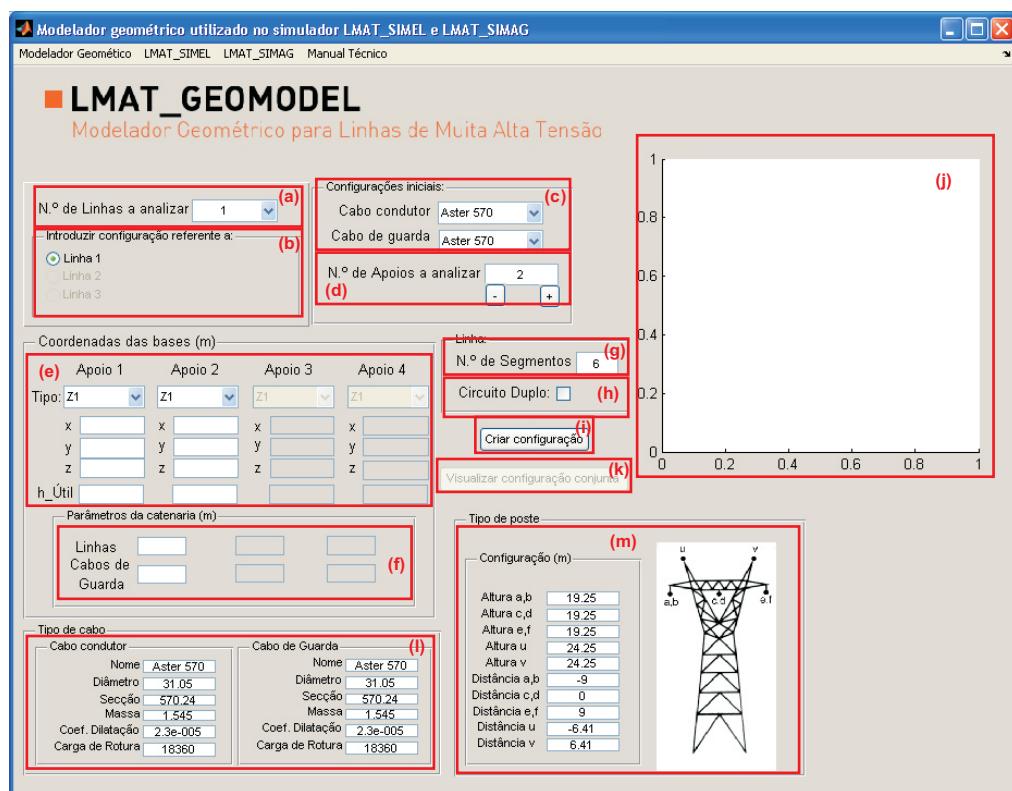


Fig. 9 - Interface do LMAT_GEOMODEL

Para obter um bom funcionamento do LMAT_GEOMODEL aconselha-se que sejam seguidos os seguintes passos:

Indicar o número total de Linhas a modelar^(a).

Apenas são modelados troços de Linha com um máximo de 4 apoios.

Seleccionar uma Linha para introduzir a sua configuração^(b)

Indicar o tipo de cabo condutor e de guarda^(c) (informativo).

Número de apoios a analisar^(d).

Indicar para cada apoio o seu tipo e a localização^(e).

Parâmetros da catenária para cabos condutores e de guarda para cada vão^(f).

Número de segmentos a utilizar para modelar a catenária^(g).

Caso a Linha seja de circuito duplo, seleccionar a caixa de verificação^(h).

Pressionar o botão **Criar Configuração**⁽ⁱ⁾ para activar a Linha no modelador.

Ao pressionar o botão, aparecerá um esboço da Linha na janela de interface^(j).

Repetir os pontos anteriores para as outras Linhas (caso existam mais do que uma Linha).

Uma vez criada a configuração individual de cada Linha é possível ver a configuração conjunta, para isso é necessário pressionar o botão **Visualizar configuração conjunta**^(k). Também é apresentada alguma informação acerca das características dos cabos escolhidos, bem como da configuração geométrica dos apoios.

No LMAT_GEOMODEL existe ainda um menu que nos permite:

Criar uma nova configuração, i.e., apagar todos os valores existentes de forma a que o utilizador introduza os novos valores.

Modelador Geométrico => Criar nova configuração

Introduzir uma nova configuração de postes ou remover postes da base de dados.

Modelador Geométrico => Editar base de dados dos postes

Quando se opta por esta opção, aparece no ecrã uma nova janela (Fig. 10) que permite manipular os modelos de postes existentes na base de dados.

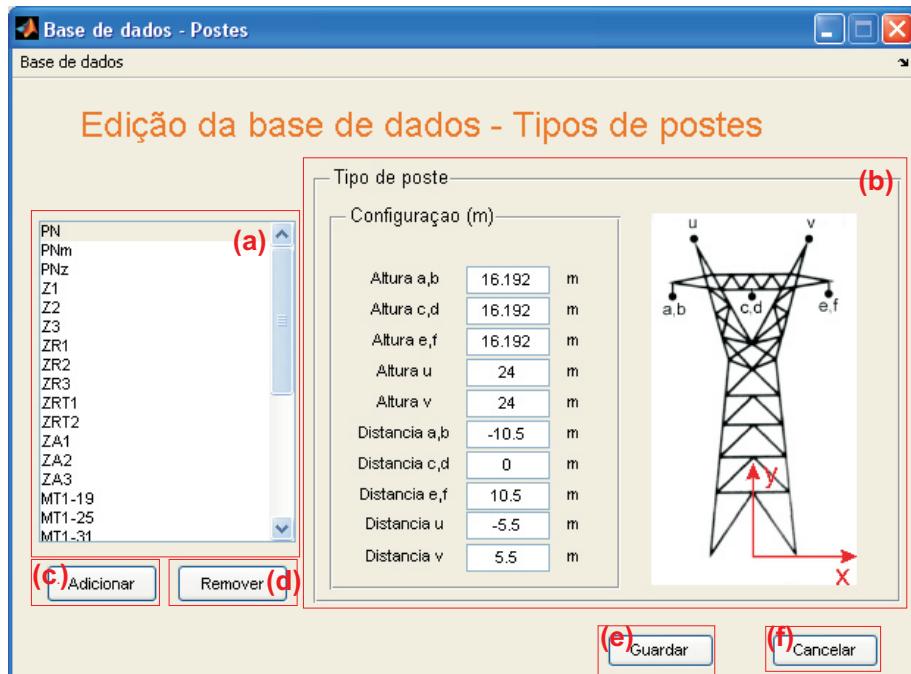


Fig. 10 - Janela de manipulação da base de dados

Nesta janela existe:

Uma lista onde se apresentam os modelos de apoios existentes na base da dados^(a).

Ao seleccionar um modelo, é apresentada a configuração geométrica referente a esse modelo^(b).

Um botão que permite adicionar novos modelos à base de dados^(c).

Quando o botão **Adicionar**^(c) é premido, aparece no ecrã uma janela (Fig. 11) a pedir os valores das medidas dos diversos pontos, correspondentes à configuração geométrica das Linhas.

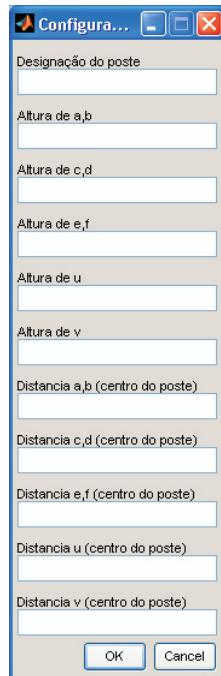


Fig. 11 - Introdução de nova configuração de apoios

A designação (nome) do poste é atribuído pelo utilizador e não tem qualquer restrição. Já as medidas deverão ser introduzidas segundo o referencial da Fig. 12, i.e., deverão ser consideradas distâncias negativas e positivas. As alturas introduzidas deverão ser referenciadas ao solo, i.e., devem corresponder às alturas reais a que os condutores se situam do solo, uma vez colocado o poste no terreno.

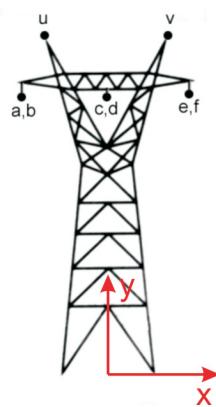


Fig. 12 -Referência

Um botão que permite eliminar modelos da base de dados^(d).

Um menu que permite ler uma base de dados de apoios criada em MS-EXCEL, no formato especificado pela REN.

O botão **Guardar**^(e) que permite registar as alterações para posteriormente serem utilizadas.

O botão **Cancelar**^(f) que permite anular as alterações feitas na base de dados.

As alterações só são guardadas de forma a serem utilizadas posteriormente no modelador geométrico LMAT_GEMODEL quando o utilizador pressiona o botão **Guardar**^(e).

A lista de apoios manipulada nesta base de dados estará disponível na pop-list **Tipo de poste** do interface LMAT_GEMODEL onde o utilizador escolhe o tipo de apoio utilizado na Linha.

Guardar a configuração actual num ficheiro para posterior utilização.

Modelador Geométrico => Guardar configuração actual

Ler uma configuração de um ficheiro para continuar uma simulação que não foi concluída.

Modelador Geométrico => Ler configuração de um ficheiro

Ler o tipo de apoios, localização e parâmetros da catenária directamente de uma base de dados criada em ambiente MS-EXCEL. Esta base de dados tem de estar no formato especificado pela REN (base de dados dos elementos gerais de uma Linha).

Modelador Geométrico => Ler base de dados de uma Linha

Quando esta opção é escolhida, aparecerá no ecrã a seguinte janela (Fig. 13):

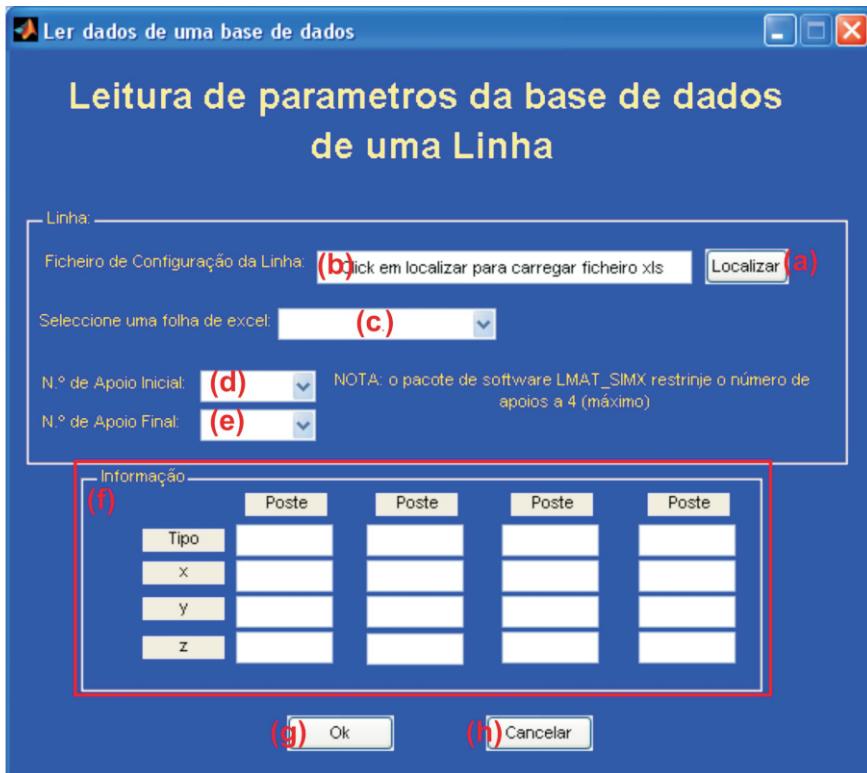


Fig. 13 - Janela de interface de leitura de dados de uma base de dados

Nesta janela existe um botão designado por “**Localizar**”^(a) que permite explorar o computador de forma a localizar o ficheiro da base de dados pertendido. Uma vez seleccionado o ficheiro, o campo ^(b) será preenchido com o respectivo caminho do ficheiro seleccionado e no campo ^(c) aparecerão as folhas (sheets) do MS-EXCEL disponíveis nesse ficheiro.

O utilizador deve então indicar uma folha do MS-EXCEL e aguardar algum tempo, de forma a que as listas correspondentes aos números dos apoios sejam carregadas (lidos da base de dados).

Preenchidas as respectivas listas, o utilizador deve indicar o número do apoio incial e final que pertende simular. O número máximo de apoios está limitado a 4.

Caso este número não seja respeitado, aparecerão alguns avisos no ecrã de forma a alertar o utilizador para alterar as suas pertenções.

Caso o número de apoios esteja bem configurado (compreendido entre 2 e 4), as respectivas coordenadas e tipo de apoio aparecerão no campo^(f).

Para concluir a configuração dos apoios o utilizador tem de pressionar o botão “**ok**”^(g), onde retornará à janela principal do LMAT_GEOMODEL já com os campos^(e,f) preenchidos.

Iniciar o módulo LMAT_SIMEL para o cálculo do Campo Eléctrico

LMAT_SIMEL => Iniciar LMAT_SIMEL

Iniciar o módulo LMAT_SIMAG para o cálculo do Campo Magnético

LMAT_SIMAG => Iniciar LMAT_SIMAG

2.3. Exemplos de Aplicação

Como exemplo será apresentado um caso onde se pretende modelar duas Linhas de Muito Alta Tensão colocadas ortogonalmente uma à outra. Pretende-se utilizar para a primeira Linha apoios do tipo Z1 e para a segunda do tipo ZA3, de forma a que uma Linha passe por cima da outra sem se tocarem. Ambas as configurações não existem na base de dados e têm de ser criadas.

Neste exemplo pretende-se analisar pequenos troços das Linhas, onde para a primeira Linha serão utilizados 3 apoios (2 vãos) e para a segunda Linha, 2 apoios (1 vâo). Em ambos os casos os parâmetros das catenárias são, 1460 para os cabos condutores e 2530 para os cabos de guarda e serão utilizados 10 segmentos para modelar a catenária.

Definidas as Linhas a modelar, começa-se por inicializar o LMAT_GEOMODEL e indicar o número de Linhas a modelar (Fig. 14).

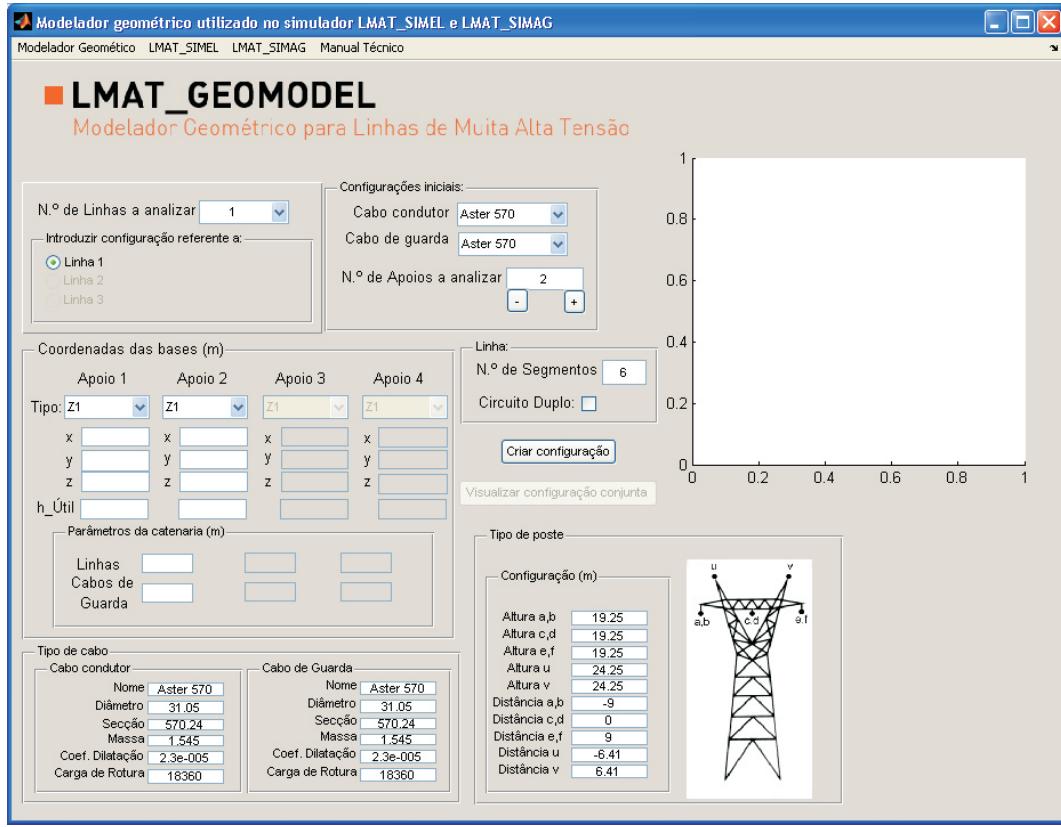


Fig. 14 - Ecrã Inicial

Como os apoios que se pretendem utilizar não constam na base de dados, terá de se editar a base de dados e acrescentá-los. Para isso acede-se ao menu **Modelador Geométrico** e a **Editar base de dados dos postes**.

Na janela de interface da base de dados pressiona-se o botão **Adicionar** e introduzem-se os valores de configuração dos apoios (Fig. 15 e Fig. 16).

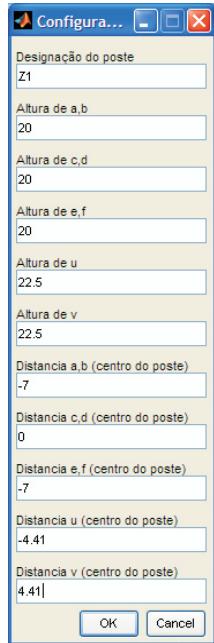


Fig. 15 - Config. do apoio Z1

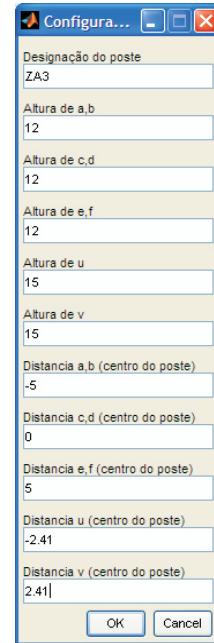


Fig. 16 - Config. do apoio ZA3

Criadas as novas configurações dos apoios dar-se-á início à modelação de cada Linha.

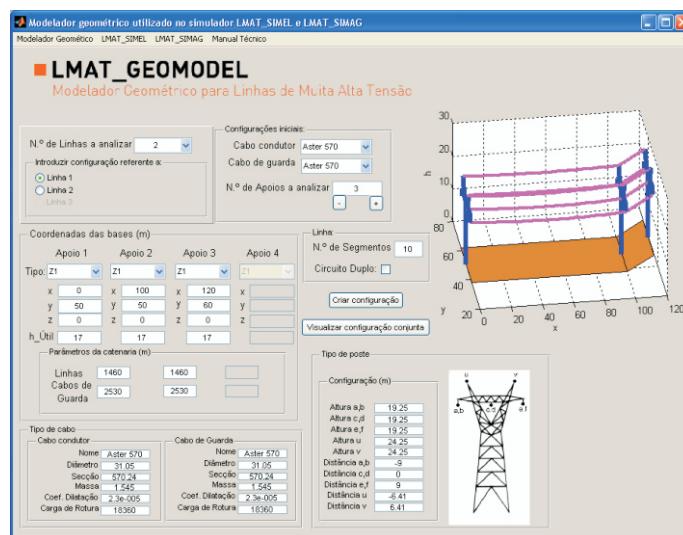


Fig. 17 - Modelação da primeira Linha

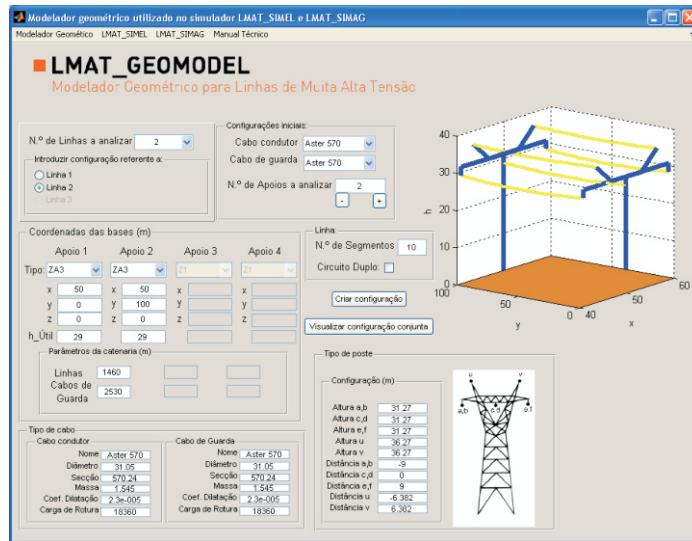


Fig. 18 - Modelação da segunda Linha

Introduzida a informação relativa a cada Linha, seguidos os passos mencionados anteriormente, podemos então visualizar a configuração conjunta das duas Linhas (Fig. 19). Esta visualização é feita através de uma janela independente baseada no MATLAB, onde é possível executar diversas operações sobre o gráfico, nomeadamente rodar a configuração, ampliar ou diminuir a imagem, guardar como imagem, copiar a configuração como imagem para colar num documento e imprimir a configuração.

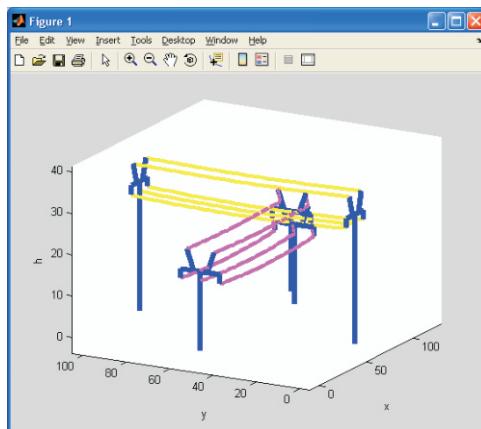


Fig. 19 - Visualização da configuração conjunta

Está assim concluída a modelação das Linhas de forma a serem utilizadas nos processadores numéricos LMAT_SIMEL ou LMAT_SIMAG.

LMAT_SIMAG — Processador numérico para o cálculo do Campo Magnético
emanado de Linhas de Muito Alta Tensão

Copyright © Outubro 2007, APDEE. Todos os direitos reservados.

3. LMAT_SIMAG

3.1. Introdução

O módulo LMAT_SIMAG permite calcular Campos Magnéticos ELF emanados de Linhas de Muito Alta Tensão. Este módulo calcula o Campo Magnético para uma configuração 3D das Linhas em análise.

Os pontos onde o Campo Magnético é calculado, são definidos de duas formas:

A primeira forma consiste em definir um plano por três pontos pertencentes ao mesmo, indicar as coordenadas dos extremos do plano ($D1_{\min}$, $D1_{\max}$, $D2_{\min}$, $D2_{\max}$), indicar o incremento em ambas as direcções de forma a criar uma grelha de pontos que represente esse plano e a indicar a altura a que esse plano está do solo (“zero absoluto”).

Na segunda forma o utilizador introduz pontos discretos de forma a que três pontos consecutivos formem um triângulo.

Este segundo método de indicar os pontos para cálculo do Campo Magnético tem a vantagem de poder ser utilizado para modelar terrenos irregulares, mas obriga que o utilizador introduza ponto a ponto, a definição de cada plano.

O utilizador terá de introduzir duas vezes os pontos que são comuns a dois triângulos.

3.2. Utilização

Quando o LMAT_SIMAG é inicializado a janela da Fig. 20 aparece no ecrã.

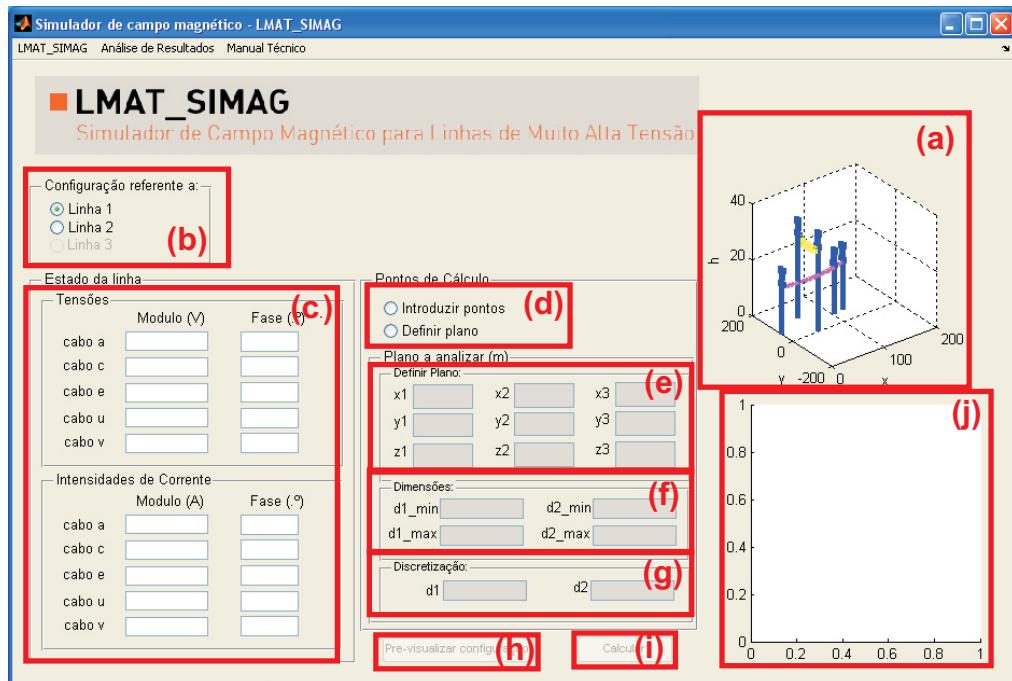


Fig. 20 - Interface do LMAT_SIMAG

Nesta janela, em forma de gráfico, é apresentada a informação proveniente do modulador geométrico (módulo LMAT_GEMODEL)^(a).

Para utilizar o LMAT_SIMAG deve seguir os seguintes passos:

- Selecionar uma Linha para introduzir o seu estado eléctrico^(b)
- Introduzir valores da tensão em módulo e fase^(c).
- Introduzir valores da corrente em módulo e fase^(c).

Repetir o ponto anterior para as outras Linhas (caso existam mais do que uma Linha).

Indicar a forma que se pretende para a introdução/geração dos pontos para o cálculo do Campo Magnético^(d)

Introduzir pontos discretos de forma a que três pontos formem um triângulo.

Quando esta opção é escolhida, aparecerá no ecrã a janela da Fig. 21 onde o utilizador deverá introduzir o número total de pontos. Este número deve ser previsto de forma a ser múltiplo de três e deve entrar em consideração com os pontos comuns entre triângulos.

Após a indicação do número de pontos e confirmado esse número, aparecerá no ecrã a janela da Fig. 22 onde deverão ser introduzidas as coordenadas de cada ponto. Esta janela aparecerá no ecrã tantas vezes quantos os números de pontos indicados pelo utilizador.

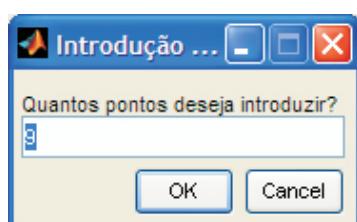


Fig. 21 -Número de pontos a utilizar



Fig. 22 - Coordenadas de cada ponto

Durante a introdução de pontos se o utilizador optar por cancelar aparecerá a janela da Fig. 23 no ecrã e serão anulados todos os pontos introduzidos anteriormente.

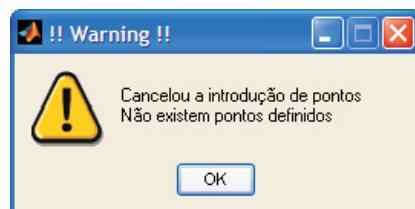


Fig. 23 - Aviso de cancelamento da introdução de pontos

Executando o processo até ao fim correctamente, quando acabar a introdução dos pontos o botão **Pré-visualizar configuração** fica activo de forma a ser pressionado.

Definir um plano

O plano de análise é definido por três pontos^(e) e é delimitado pelas coordenadas dos seus extremos ($D1_{\min}$, $D1_{\max}$, $D2_{\min}$, $D2_{\max}$)^(f).

Como o módulo LMAT_SIMAG calcula o Campo Magnético em pontos, é necessário discretizar o plano de forma a obter uma grelha de pontos que define o plano.

Para isto é necessário introduzir o valor dos dois parâmetros que definem a discretização (d1 e d2). Estes valores são todos configurados na janela de interface do LMAT_SIMAG no campo assinalado com^(g).

Neste caso o botão **Pré-visualizar configuração** fica de imediato activo, sendo os testes de coerência da definição do plano feitos no mesmo.

Após a definição dos pontos de cálculo é necessário pressionar o botão **Pré-visualizar configuração** para activar esses pontos no processador numérico e para aparecer a representação dos mesmos no gráfico da configuração geométrica^(a).

Se o utilizador optou por gerar os pontos de forma automática ao pressionar este botão irão ser feitos alguns testes de forma a verificar se o plano de análise foi bem definido, i.e., se $D1_{\min} < D1_{\max}$ e se $D2_{\min} < D2_{\max}$. Caso uma destas condições não se verifique, aparecerá no ecrã o aviso da Fig. 24.

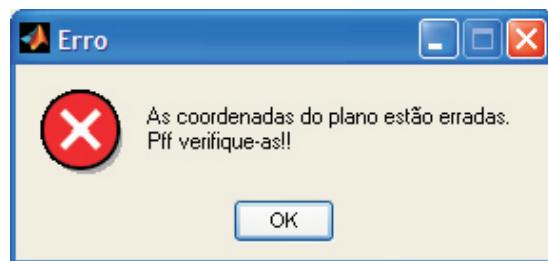


Fig. 24 - Aviso de incoerências na definição do plano em análise

Caso o utilizador deixe por preencher algum dos campos necessários para definir o plano em análise, aparecerá no ecrã o seguinte aviso (Fig. 25).

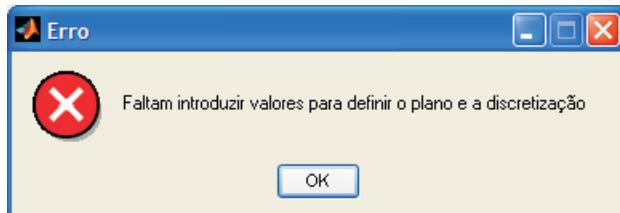


Fig. 25 - Aviso de falta de parâmetros

Finalizado o processo de introdução de pontos de forma correcta, é activado o botão **Calcular** de forma ao utilizador dar inicio ao cálculo.

Definida toda a informação necessária ao cálculo do Campo Magnético pode então ser inicializado o cálculo, pressionando o botão **Calcular**.

Ao pressionar o botão **Calcular**, serão feitos alguns testes com a finalidade de verificar se todos os campos necessários ao cálculo estão preenchidos.

Caso exista alguma Linha que não tenha o seu estado eléctrico definido, aparecerá a seguinte mensagem (Fig. 26).



Fig. 26 - Aviso da indefinição do estado eléctrico de uma Linha

Caso exista algum item dentro do estado eléctrico de uma Linha por preencher aparecerá uma mensagem a avisar para o facto e a indicar qual a Linha a que o item pertence (Fig. 27).

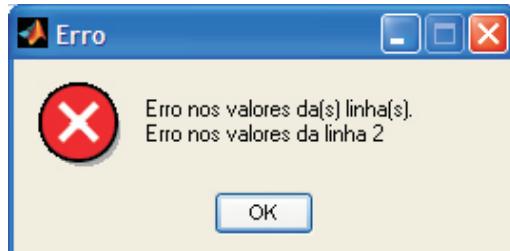


Fig. 27 - Aviso da existência de algum item por preencher, com indicação da Linha

O cálculo do Campo Magnético poderá ser demorado, dependendo da discretização da(s) Linha(s) e do número de pontos onde se pretende determinar o seu valor.

Para dar informação ao utilizador sobre a estimativa de tempo que poderá demorar o cálculo, será apresentada no ecrã uma janela ilustrativa da estimativa de tempo (Fig. 28).

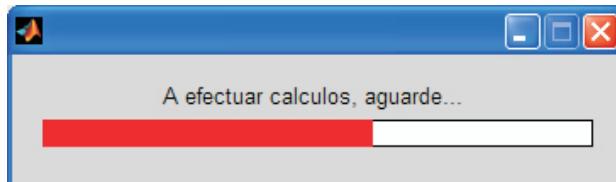


Fig. 28 - Ilustração da estimativa de tempo de cálculo

Esta estimativa do tempo de cálculo é feita para cada Linha individualmente, caso existam mais do que uma Linha em estudo, irá aparecer uma nova janela (Fig. 28) para cada Linha.

Uma vez concluído o cálculo do Campo Magnético em todos os pontos para todas as Linhas, aparecerá na janela inicial do LMAT_SIMAG um esboço da distribuição 3D do Campo Magnético no plano em análise⁽ⁱ⁾.

No LMAT_SIMAG existe também um menu que permite:

Guardar resultados obtidos num ficheiro para posterior utilização.

LMAT_SIMAG => Guardar resultados obtidos

Ler resultados guardados num ficheiro para continuar uma simulação que não foi concluída.

LMAT_SIMAG => Ler resultados guardados

Terminar a utilização do LMAT_SIMAG.

LMAT_SIMAG => Sair

Iniciar o módulo LMAT_VISUAL.ELF para a análise/interpretação dos resultados obtidos com o simulador LMAT_SIMAG

Análise de Resultados => Iniciar LMAT_VISUAL.ELF

3.3. Exemplo de Aplicação

Para exemplificar o funcionamento deste módulo, vamos calcular o Campo Magnético emanado pelas duas Linhas modeladas anteriormente no módulo LMAT_GEOMODEL.

O estado eléctrico considerado para as duas Linhas será de 220kV e 1140A para um sistema trifásico equilibrado.

O Campo Magnético será calculado ao longo de um plano definido pelos pontos $P_0(0, 0, 0)$, $P_1(0, 1, 0)$ e $P_2(1, 0, 0)$ com $D1_{\min} = 0$, $D1_{\max} = 150$, $D2_{\min} = 0$ e $D2_{\max} = 100$. A discretização utilizada será de $d1 = 10$ e $d2 = 10$, o que corresponde a uma grelha de pontos de 10m em 10m.

Introduzindo os valores correctamente, dando ordens para calcular e aguardando o tempo de cálculo, obtém-se a distribuição do Campo Magnético ao longo do plano escolhido. Como referido anteriormente, a grelha representativa do plano em análise encontra-se desenhada a *cyan* na janela principal do LMAT_SIMAG^(a) (Fig. 29).

Nesta janela, no fim do cálculo, é também apresentado um esboço da distribuição do Campo Magnético⁽ⁱ⁾ (Fig. 29).

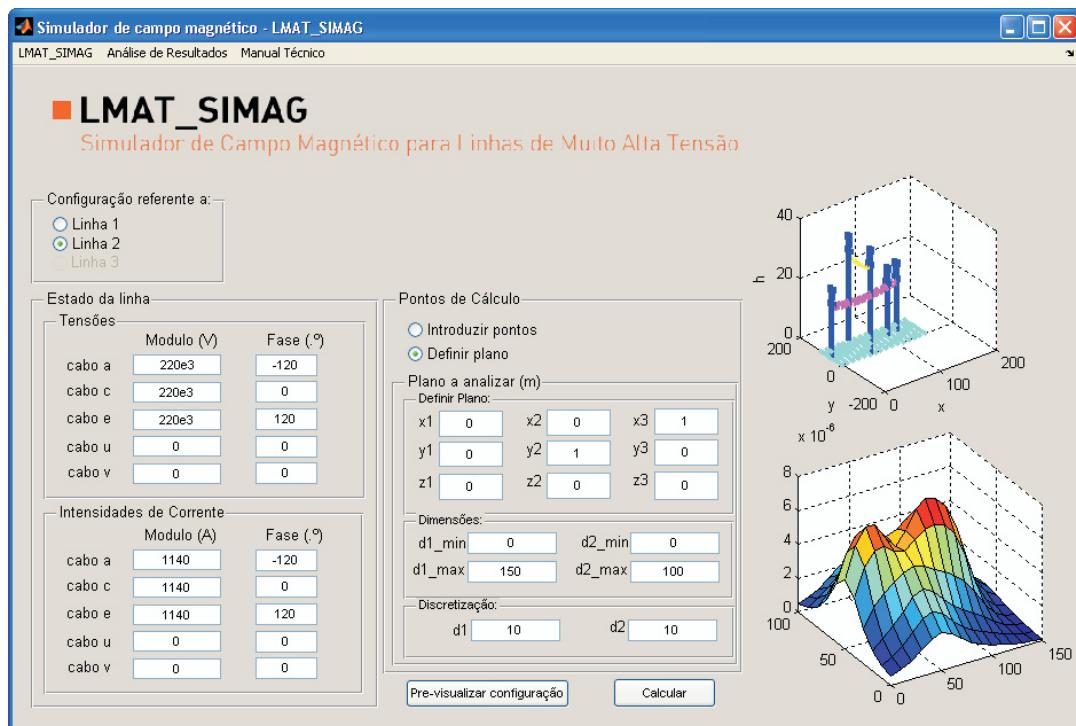


Fig. 29 - Janela de interface no fim de concluir o cálculo

Para analisar e manipular os resultados é necessário utilizar o módulo LMAT_VISUAL.ELF.

LMAT_SIMEL — Processador numérico para o cálculo do Campo Eléctrico emanado
de Linhas de Muito Alta Tensão

Copyright © Outubro 2007, APDEE. Todos os direitos reservados.

4. LMAT_SIMEL

4.1. Introdução

O módulo LMAT_SIMEL permite calcular Campos Eléctricos ELF emanados de Linhas de Muito Alta Tensão. Este módulo calcula o Campo Eléctrico para uma configuração 3D das Linhas em análise.

Os pontos onde o Campo Eléctrico é calculado, são definidos de duas formas:

A primeira forma consiste em definir um plano por três pontos pertencentes ao mesmo, indicar as coordenadas dos extremos do plano ($D1_{\min}$, $D1_{\max}$, $D2_{\min}$, $D2_{\max}$), indicar o incremento em ambas as direcções de forma a criar uma grelha de pontos que represente esse plano e a indicar a altura a que esse plano está do solo (“zero absoluto”).

Na segunda forma o utilizador introduz pontos discretos de forma a que três pontos consecutivos formem um triângulo.

Este segundo método de indicar os pontos para cálculo do Campo Eléctrico tem a vantagem de poder ser utilizado para modelar terrenos irregulares, mas obriga que o utilizador introduza ponto a ponto, a definição de cada plano.

O utilizador terá de introduzir duas vezes os pontos que são comuns a dois triângulos.

4.2. Utilização

Quando o LMAT_SIMEL é inicializado a janela da Fig. 30 aparece no ecrã.

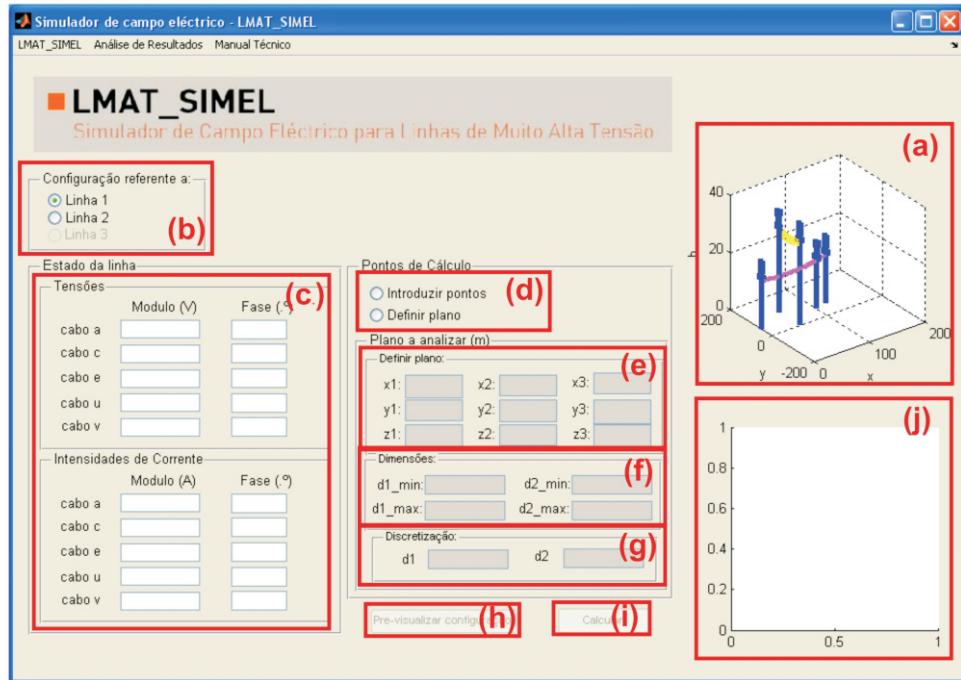


Fig. 30 - Interface do LMAT_SIMEL

Nesta janela, em forma de gráfico, é apresentada a informação proveniente do modulador geométrico (módulo LMAT_GEMODEL)^(a).

Para utilizar o LMAT_SIMEL deve seguir os seguintes passos:

Seleccionar uma Linha para introduzir o seu estado eléctrico^(b)

Introduzir valores da tensão em módulo e fase^(c).

Introduzir valores da corrente em módulo e fase^(c).

Repetir o ponto anterior para as outras Linhas (caso existam mais do que uma Linha).

Indicar a forma que se pretende para a introdução/geração dos pontos para o cálculo do Campo Eléctrico^(d)

Introduzir pontos discretos de forma a que três pontos formem um triângulo.

Quando esta opção é escolhida, aparecerá no ecrã a janela da Fig. 31 onde o utilizador deverá introduzir o número total de pontos. Este número deve ser previsto de forma a ser múltiplo de três e deve entrar em consideração com os pontos comuns entre triângulos.

Após a indicação do número de pontos e confirmado esse número, aparecerá no ecrã a janela da Fig. 32 onde deverão ser introduzidas as coordenadas de cada ponto. Esta janela aparecerá no ecrã tantas vezes quantos os números de pontos indicados pelo utilizador.

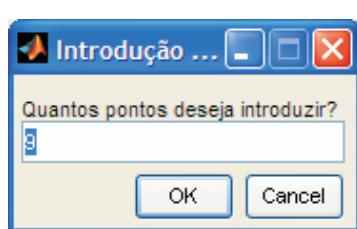


Fig. 31 -Número de pontos a utilizar

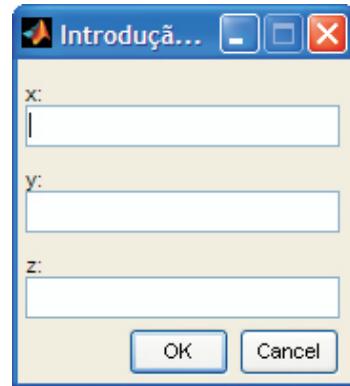


Fig. 32 - Coordenadas de cada ponto

Durante a introdução de pontos se o utilizador optar por cancelar aparecerá a janela da Fig. 28 no ecrã e serão anulados todos os pontos introduzidos anteriormente.

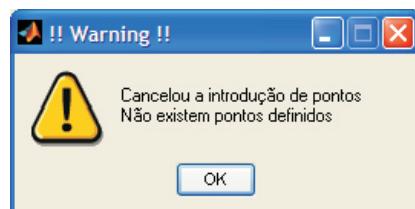


Fig. 33 - Aviso de cancelamento da introdução de pontos

Executando o processo até ao fim correctamente, quando acabar a introdução dos pontos o botão **Pré-visualizar configuração** fica activo de forma a ser pressionado.

Definir um plano

O plano de análise é definido por três pontos^(e) e é delimitado pelas coordenadas dos seus extremos ($D1_{\min}, D1_{\max}, D2_{\min}, D2_{\max}$)^(f).

Como o módulo LMAT_SIMEL calcula o Campo Eléctrico em pontos, é necessário discretizar o plano de forma a obter uma grelha de pontos que define o plano.

Para isto é necessário introduzir o valor dos dois parâmetros que definem a discretização (d1 e d2). Estes valores são todos configurados na janela de interface do LMAT_SIMEL no campo assinalado com^(g).

Neste caso o botão **Pré-visualizar configuração** fica de imediato activo, sendo os testes de coerência da definição do plano feitos no mesmo.

Após a definição dos pontos de cálculo é necessário pressionar o botão **Pré-visualizar configuração** para activar esses pontos no processador numérico e para aparecer a representação dos mesmos no gráfico da configuração geométrica^(a).

Se o utilizador optou por gerar os pontos de forma automático, ao pressionar este botão irão ser feitos alguns testes de forma a verificar se o plano de análise foi bem definido, i.e., se $D1_{\min} < D1_{\max}$ e se $D2_{\min} < D2_{\max}$. Caso uma destas condições não se verifique, aparecerá no ecrã o aviso da Fig. 34.



Fig. 34 - Aviso de incoerências na definição do plano em análise

Caso o utilizador deixe por preencher algum dos campos necessários para definir o plano em análise, aparecerá no ecrã o seguinte aviso (Fig. 35).

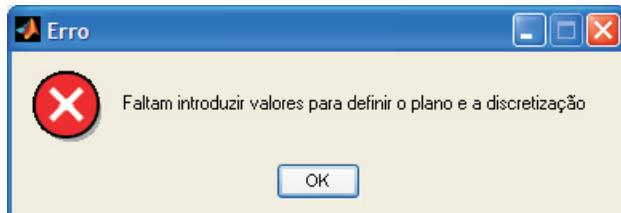


Fig. 35 - Aviso de falta de parâmetros

Finalizado o processo de introdução de pontos de forma correcta, é activado o botão **Calcular** de forma ao utilizador dar inicio ao cálculo.

Definida toda a informação necessária ao cálculo do Campo Eléctrico pode então ser inicializado o cálculo, pressionando o botão **Calcular**.

Ao pressionar o botão **Calcular**, antes de ser iniciado propriamente o processamento são, em primeiro, feitos alguns testes com a finalidade de verificar se todos os campos necessários ao cálculo estão preenchidos.

Caso exista alguma Linha que não tenha o seu estado eléctrico definido, aparecerá a seguinte mensagem (Fig. 36).



Fig. 36 - Aviso da indefinição do estado eléctrico de uma Linha

Caso exista algum item dentro do estado eléctrico de uma Linha por preencher aparecerá uma mensagem a avisar para o facto e a indicar qual a Linha a que o item pertence (Fig. 37).



Fig. 37 - Aviso da existência de algum item por preencher, com indicação da Linha

O cálculo do Campo Eléctrico poderá ser demorado, dependendo da discretização da(s) Linha(s) e do número de pontos onde se pretende determinar o valor do Campo Eléctrico.

Para dar informação ao utilizador sobre a estimativa de tempo que poderá demorar o cálculo, será apresentada no ecrã uma janela ilustrativa da estimativa de tempo (Fig. 38).

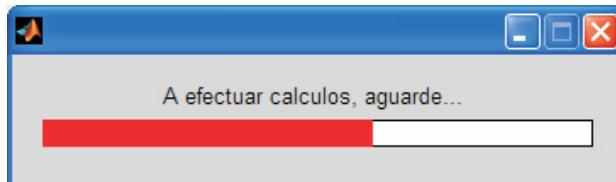


Fig. 38 - Ilustração da estimativa de tempo de cálculo

Esta estimativa do tempo de cálculo é feita para cada Linha individualmente, caso existam mais do que uma Linha em estudo, irá aparecer uma barra (Fig. 38) para cada Linha.

Uma vez concluído o cálculo do Campo Eléctrico em todos os pontos para todas as Linhas, aparecerá na janela inicial do LMAT_SIMEL um esboço da distribuição 3D do Campo Eléctrico no plano em análise⁽ⁱ⁾.

No LMAT_SIMEL existe também um menu que permite:

Guardar resultados obtidos num ficheiro para posterior utilização.

LMAT_SIMEL => Guardar resultados obtidos

Ler resultados guardados num ficheiro para continuar uma simulação que não foi concluída.

LMAT_SIMEL => Ler resultados guardados

Terminar a utilização do LMAT_SIMEL.

LMAT_SIMEL => Sair

Iniciar o módulo LMAT_VISUAL.ELF para a análise/interpretação dos resultados obtidos com o simulador LMAT_SIMEL

Análise de Resultados => Iniciar LMAT_VISUAL.ELF

4.3. Exemplo de Aplicação

Para exemplificar o funcionamento deste módulo, vamos calcular o Campo Eléctrico emanado pelas duas Linhas modeladas anteriormente no módulo LMAT_GEOMODEL.

O estado eléctrico considerado para as duas Linhas será de 220kV e 1140A para um sistema trifásico equilibrado.

O Campo Eléctrico será calculado ao longo de um plano definido pelos pontos $P_0(0, 0, 0)$, $P_1(0, 1, 0)$ e $P_2(1, 0, 0)$ com $D1_{\min} = 0$, $D1_{\max} = 150$, $D2_{\min} = 0$ e $D2_{\max} = 100$. A discretização utilizada será de $d1 = 10$ e $d2 = 10$, o que corresponde a uma grelha de pontos de 10m em 10m.

Introduzindo os valores correctamente, dando ordens para calcular e aguardando o tempo de cálculo, obtém-se a distribuição do Campo Eléctrico ao longo do plano escolhido. Como referido anteriormente, a grelha representativa do plano em análise encontra-se desenhada a *cyan* na janela principal do LMAT_SIMEL^(a) (Fig. 39).

Nesta janela, no fim do cálculo, é também apresentado um esboço da distribuição do Campo Eléctrico⁽ⁱ⁾ (Fig. 39).

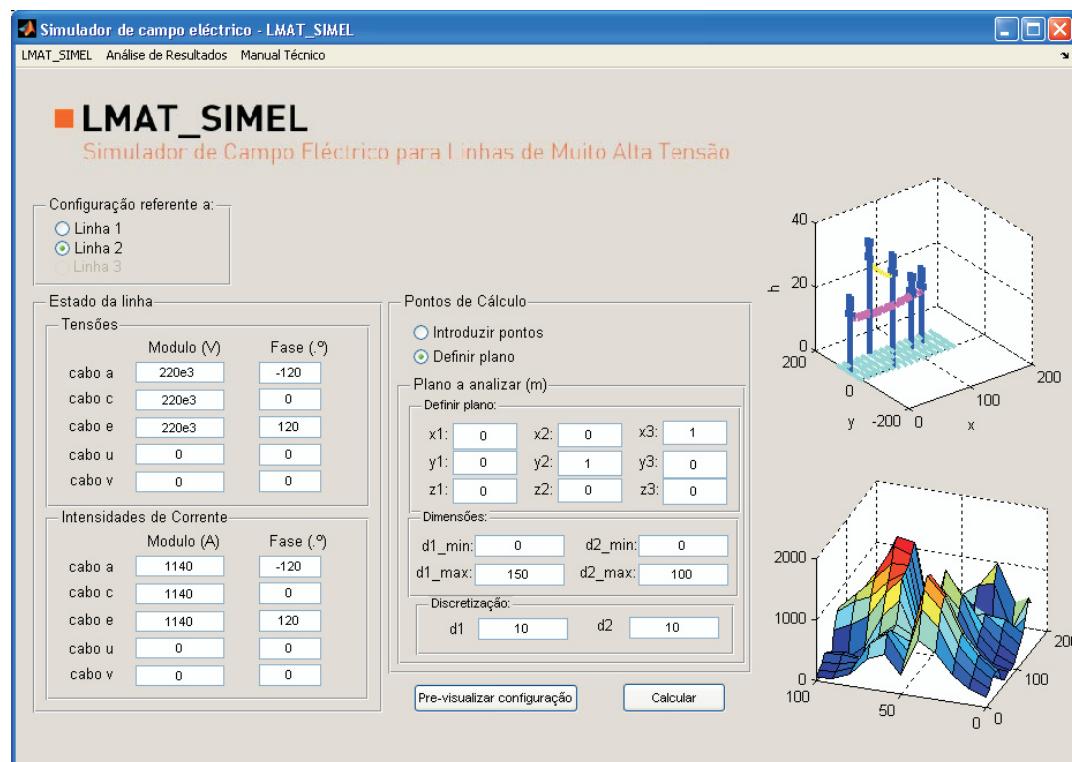


Fig. 39 - Janela de interface no fim de concluir o cálculo

Por fim, para analisar e manipular os resultados é necessário utilizar o módulo LMAT_VISUAL.ELF.

LMAT_VISUAL.ELF – Visualização e Manipulação de
Campos Eléctricos/Magnéticos ELF

Copyright © Outubro 2007, APDEE. Todos os direitos reservados.

5. LMAT_VISUAL.ELF

5.1. Introdução

O módulo LMAT_VISUAL.ELF permite a visualização e manipulação de campos eléctricos e magnéticos emanados de Linhas de Muito Alta Tensão.

Os valores do Campo são previamente calculados pelos processadores numéricos LMAT_SIMAG ou LMAT_SIMEL consoante sejam Campos Magnéticos ou Eléctricos. Os valores obtidos para os Campos podem referir-se a um plano que é discretizado segundo uma grelha introduzida pelo utilizador ou a um conjunto de pequenos planos definidos por triângulos.

A discretização do plano em análise é importante para a obtenção de uma boa representação da distribuição dos Campos Magnéticos ou Eléctricos, mas uma boa discretização acarreta um tempo de cálculo considerável.

Quando se calcula o Campo Eléctrico ou Magnético num plano que é discretizado por um conjunto de pontos, o LMAT_VISUAL.ELF permite estimar o valor do campo nos nodos intermédios, utilizando para isso uma interpolação bidimensional, de forma a reduzir o tempo de cálculo.

O LMAT_VISUAL.ELF permite visualizar tridimensionalmente a distribuição do campo no plano em análise, uma secção da representação 3D, assim como o valor em qualquer ponto da grelha do plano em análise.

Este módulo permite também a visualização da projecção do campo a 2D, projecção esta que pode ser representada de três formas diferentes:

No primeiro tipo, a representação do campo é feita com base numa escala de cores e são também representadas algumas linhas de isovalores.

No segundo tipo, o campo é representado por pontos, coloridos por uma escala, nos nodos representativos do plano.

O terceiro tipo corresponde a uma representação do campo por círculos centrados nos nodos com um raio proporcional à amplitude do campo.

5.2. Descrição

O LMAT_VISUAL.ELF é inicializado a partir dos processadores numéricos LMAT_SIMEL ou LMAT_SIMAG e tem como janela de interface a janela da Fig. 40.

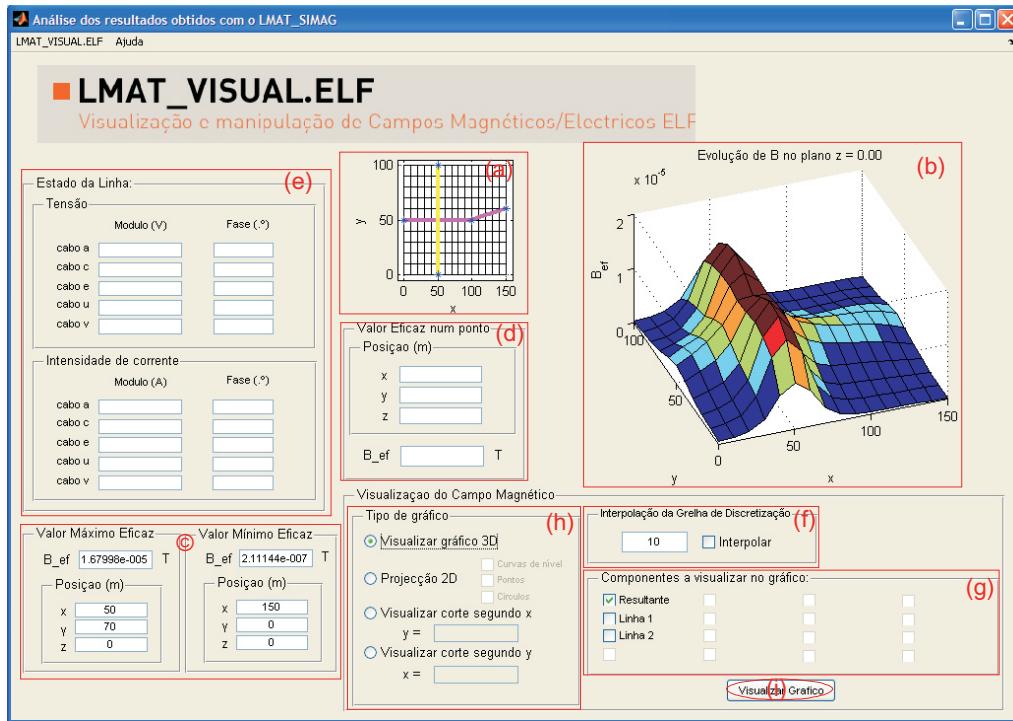


Fig. 40 - Interface do LMAT_VISUAL.ELF

Nesta janela, na forma de gráfico ou texto, é apresentada toda a informação introduzida e obtida na simulação.

É apresentado:

Um gráfico com a representação geométrica da(s) Linha(s) e com a configuração da grelha representativa do plano em análise^(a).

A distribuição 3D do Campo Magnético ou Eléctrico^(b).

Os valores máximos e mínimos da distribuição de Campo, bem como a sua localização no plano em análise^(c).

No LMAT_VISUAL.ELF existe a possibilidade de indicar um ponto no gráfico, onde as coordenadas e o respectivo valor de campo aparecerão na janela de interface^(d).

Quando apenas uma Linha ou componentes de uma Linha estão seleccionadas, o estado da Linha é apresentado na forma de texto^(e) (Fig. 41).

Estado da Linha:		
Tensão		
	Modulo (V)	Fase (°)
cabo a	220000	-120
cabo c	220000	0
cabo e	220000	120
cabo u	0	0
cabo v	0	0

Intensidade de corrente		
	Modulo (A)	Fase (°)
cabo a	1140	-120
cabo c	1140	0
cabo e	1140	120
cabo u	0	0
cabo v	0	0

Fig. 41 - Informação do estado da Linha

As maiores funcionalidades deste módulo residem na possibilidade do utilizador:

Escolher o tipo de representação que pretende.

Existe a possibilidade de representar a distribuição de campo tridimensionalmente, fazer uma projecção a 2D ou visualizar secções da distribuição 3D.

Indicar a divisão da grelha a utilizar na interpolação para obter uma melhor representação da distribuição de Campo.

O LMAT_VISUAL.ELF permite interpolar os resultados com base nessa nova divisão, de forma a criar uma população de nodos maior (maior refinação) que possibilite uma melhor representação da distribuição do Campo Magnético ou Eléctrico.

Visualizar os gráficos em janelas independentes.

Este tipo de visualização fornece ao utilizador a possibilidade de guardar os gráficos, imprimi-los e manuseá-los (rodar, ampliar, consultar valores por nodo).

Atribuir/configurar uma escala de cores.

Quando se opta por configurar a escala de cores, uma nova janela (Fig. 42) aparece no ecrã. Nesta janela o utilizador indica o número de cores que pretende utilizar, indicando de seguida a gama de valores e a respectiva cor associada a cada intervalo.

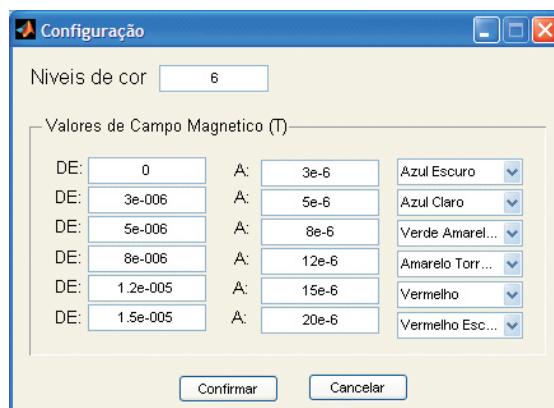


Fig. 42 - Configuração da escala de cores

Esta escala de cores aparece no lado direito dos gráficos, quando são visualizados em janelas independentes.

Exportar a projecção 2D da distribuição de campo magnético ou eléctrico.

Uma das funcionalidades implementadas no módulo LMAT_VISUAL.ELF é a exportação da distribuição do campo magnético ou eléctrico para um software de desenho, tipo AutoCad.

Esta opção está acessível através de um menu existente na barra superior e permite criar um ficheiro de extensão .dxf.

O ficheiro criado contém uma representação 2D do campo, i.e., contém as coordenadas x e y de cada ponto da grelha e uma cor associada consoante o nível de campo existente. Os níveis de campo utilizados na graduação são variáveis e ajustáveis pelo utilizador, já as cores são fixas, i.e., a cor associada será atribuída consoante a tabela seguinte:

Nível	Cor
0 – Nível 1	Azul
Nível 1 – Nível 2	Cyan
Nível 2 – Nível 3	Verde
Nível 3 – Nível 4	Amarelo
Nível 4 – Nível 5	Cor de laranja
Nível 5 – Nível 6	Vermelho
> Nível 6	Branco/Preto

Tabela 1 - Tabela de cores para exportação dfx

De notar que no máximo são permitidos 6 níveis e caso o valor de campo magnético ou eléctrico num determinado ponto exceda o limite do 6º nível, este ponto será representado pela cor Branca ou Preta, consoante o layout do AutoCad. Os níveis de campo são configuráveis através do menu “configurar escala de cores”. Esta escala é comum a toda a utilização do módulo LMAT_VISUAL.ELF.

5.3. Utilização

Para exemplificar como operar com o módulo LMAT_VISUAL.ELF vamos utilizar os resultados obtidos a partir do módulo LMAT_SIMAG para exemplo considerado ao longo deste manual.

Na Fig. 43 é apresentada a distribuição do Campo Magnético.

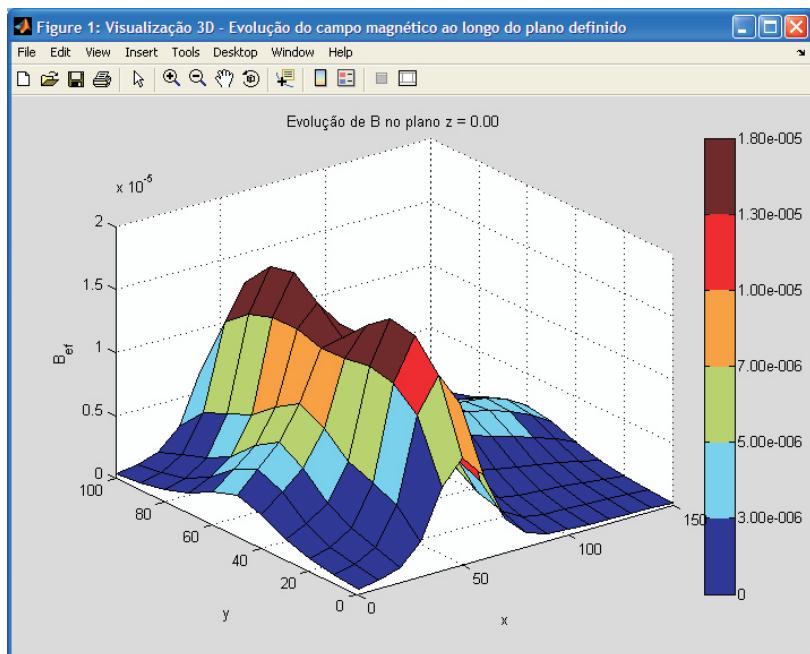


Fig. 43 - Representação 3D do campo com uma grelha de 10x10m

Esta representação foi apresentada numa janela independente, onde também se representa a escala de cores.

Para visualizar o gráfico da distribuição de Campo nesta situação, apenas se pressionou o botão **Visualizar Gráfico⁽ⁱ⁾**.

Por análise da Fig. 43 concluiu-se que os nodos gerados pela grelha 10x10 m são insuficientes para uma boa análise dos resultados.

Recorrendo-se à interpolação que o LMAT_VISUAL.ELF nos permite efectuar, e subdividindo a grelha por 10, i.e. gerando uma nova grelha definida por 1x1 m, obtém-se uma melhor representação da distribuição do campo (Fig. 45).

Para executar esta operação apenas tem de se localizar o painel **Interpolação da Grelha de Discretização^(f)**, introduzir a divisão pretendida para a grelha e “clicar” na caixa de verificação **Interpolar** (Fig. 44).



Fig. 44 - Painel Interpolar Grelha de Discretização

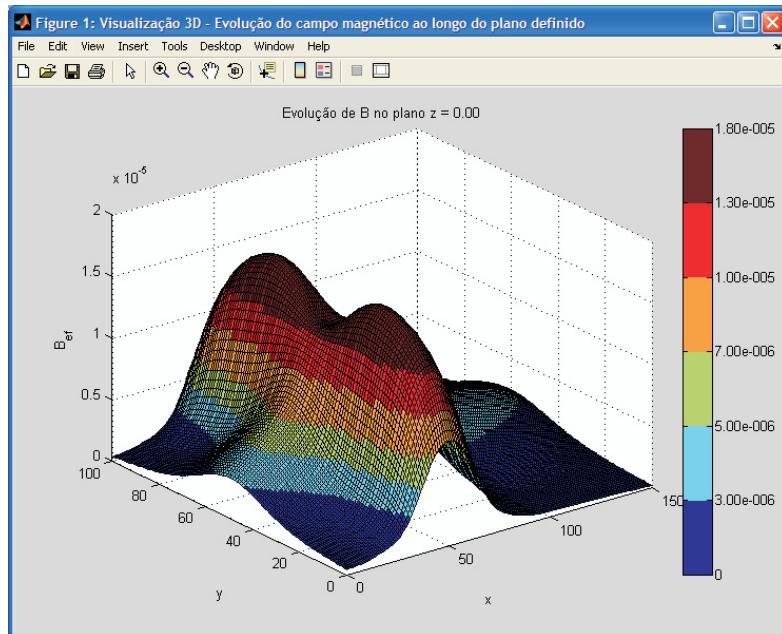


Fig. 45 - Representação 3D do campo utilizando a interpolação

Como a solução é composta pela contribuição de duas Linhas, o LMAT_VISUAL.ELF permite-nos analisar a contribuição de cada Linha (Fig. 47 e Fig.48).

A escolha da Linha que se pretende visualizar é feita no painel **Componentes a visualizar no gráfico^(g)** (Fig. 46).

Este painel é dinâmico e altera os seus valores consoante o tipo de gráfico que se está a representar.

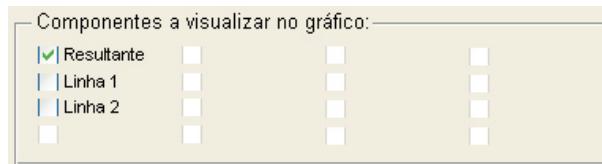


Fig. 46 - Painel “Componentes a visualizar no gráfico”

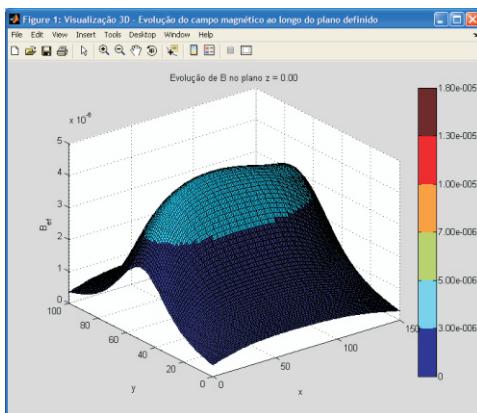


Fig. 47 - Contribuição de 1 Linha

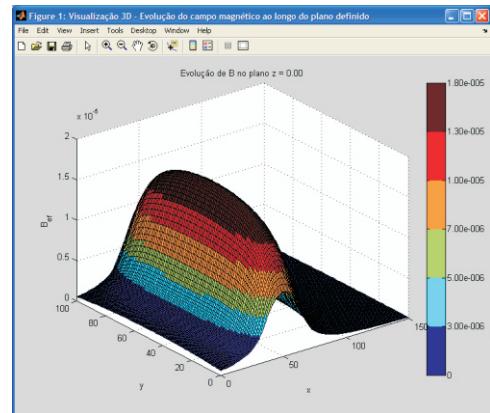


Fig. 48 - Contribuição da outra Linha

Durante a visualização da distribuição do Campo a 3D existe a possibilidade de visualizar o valor do Campo em cada ponto, para isso basta indicar o ponto através de um “click” no rato. O valor aparece numa sub-janela^(a) que está dentro da visualização na janela independente onde se representa o gráfico (Fig. 49).

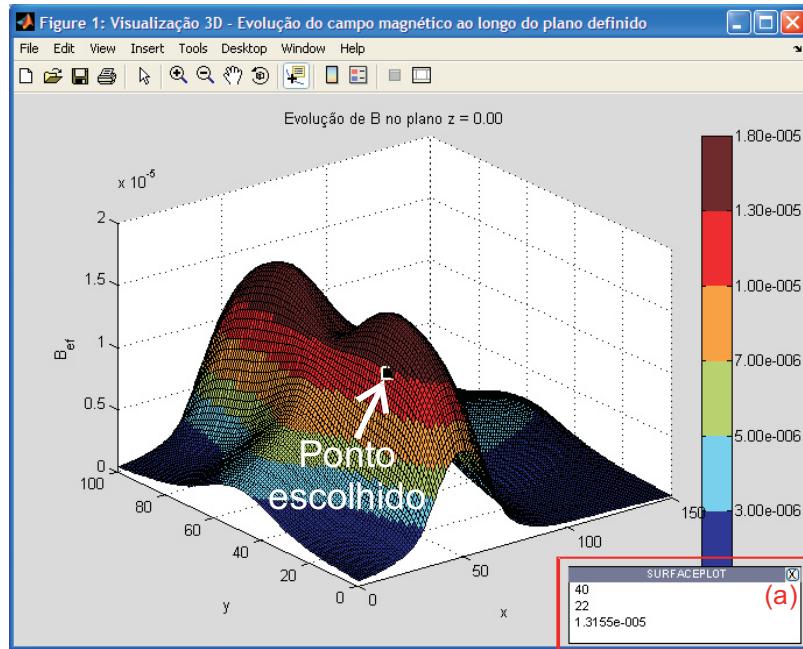


Fig. 49 - Selecção de um ponto

Na sub-janela^(a) da Fig. 49 aparecem três valores onde os dois primeiros indicam o ponto escolhido (x, y) e o terceiro indica o valor de Campo nesse ponto.

Além da representação tridimensional, o módulo LMAT_VISUAL.ELF também permite visualizar a projecção da distribuição do Campo. Esta projecção pode ser feita de três formas distintas e pode ser escolhida no painel **Tipo de gráfico**^(h) (Fig. 50).

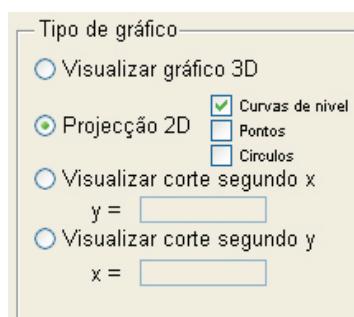


Fig. 50 - Painel “Tipo de gráfico”

A primeira consiste na visualização por cores associadas a gamas de valores do Campo Eléctrico ou Magnético, acrescentando também a representação de algumas linhas de isovalores.

A representação pode ser feita para o conjunto das Linhas (Fig. 51) como para cada Linha em separado (Fig. 52 e Fig. 53), para isso deve-se operar no painel **Componentes a visualizar no gráfico^(g)**.

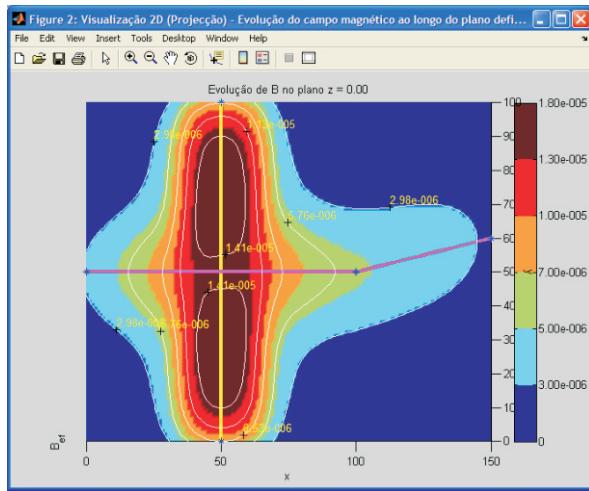


Fig. 51 - Projecção do Campo resultante

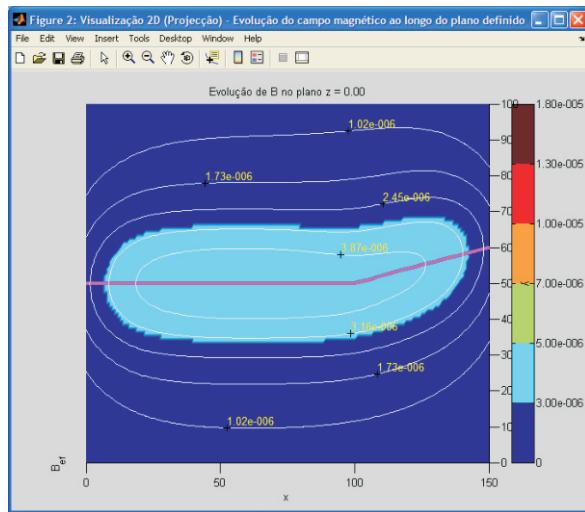


Fig. 52 - Projecção do Campo gerado por uma Linha

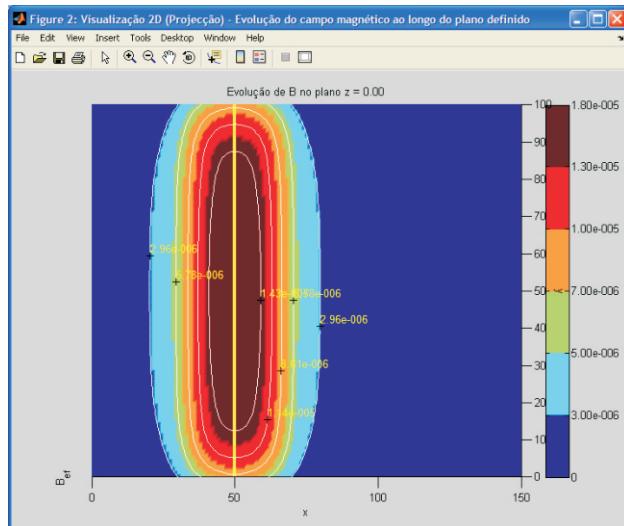


Fig. 53 - Projecção do Campo gerado pela outra Linha

O segundo tipo consiste em representar o Campo Eléctrico ou Magnético por pontos localizados nos nodos definidos pela grelha com uma cor associada à escala de cores (Fig. 54).

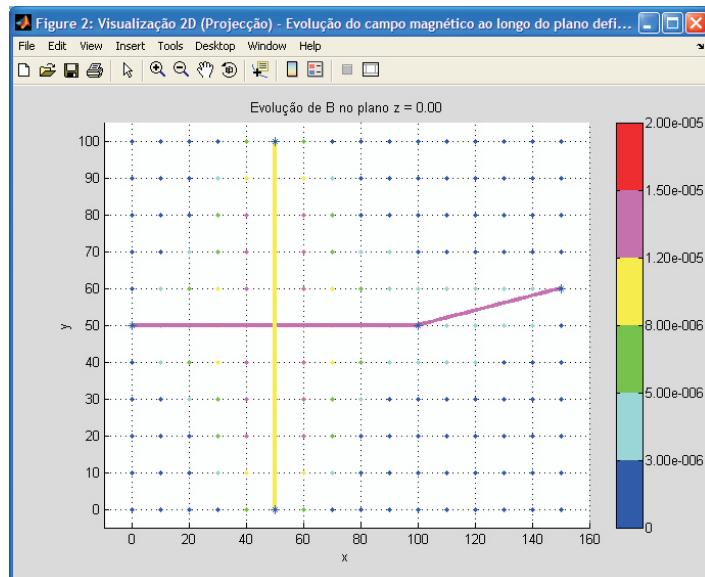


Fig. 54 - Projecção do Campo resultante (2º tipo de representação)

O terceiro tipo consiste em representar o Campo Eléctrico ou Magnético por círculos localizados nos nodos definidos pela grelha com um raio proporcional ao valor de Campo (Fig. 55).

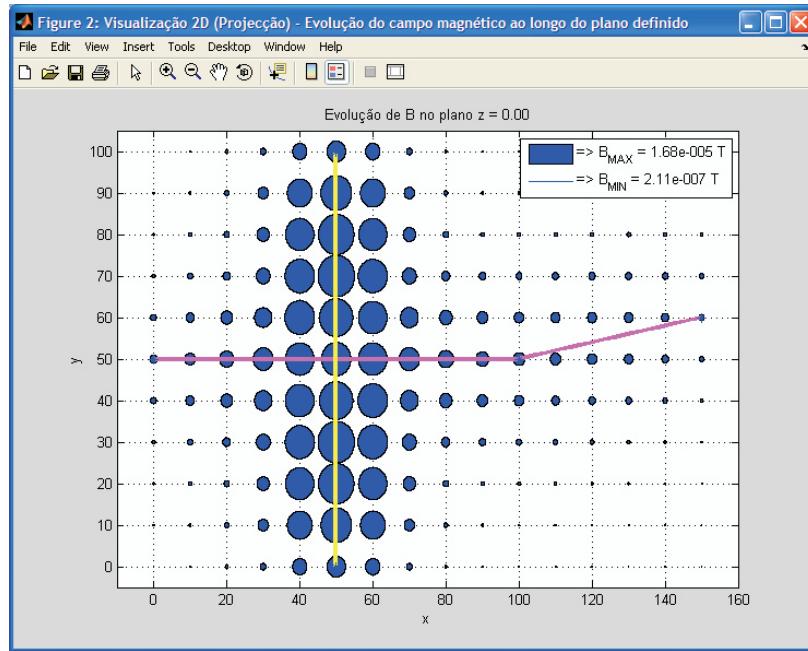


Fig. 55 - Projecção do Campo resultante (3º tipo de representação)

Outra funcionalidade é a visualização de uma secção 2D da distribuição resultante 3D.

Para utilizar esta funcionalidade é necessário especificar o plano de corte (x ou y) no painel **Tipo de gráfico^(h)** e indicar o valor de corte.

Por exemplo, se pretendermos visualizar um corte segundo x com um valor de 50, teria de se indicar os valores conforme indicado na Fig. 56.

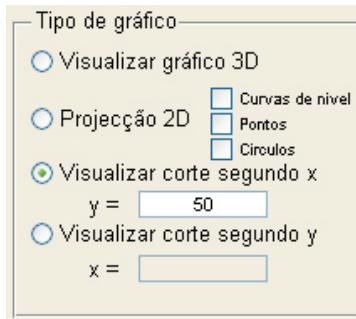


Fig. 56 - Painel “Tipo de gráfico”

Neste tipo de análise existe ainda a possibilidade de analisar componente a componente, por isso é necessário seleccionar as componentes que se querem analisar.

Como anteriormente, no painel **Componentes a visualizar no gráfico**, agora apareceram todas as componentes possíveis de visualizar para este tipo de representação.

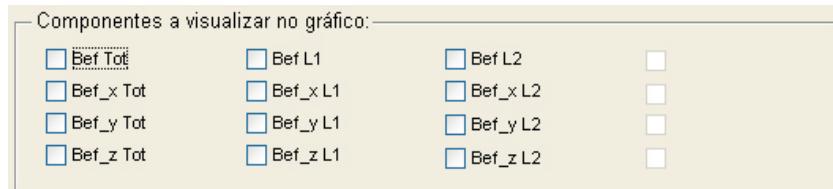


Fig. 57 - Componentes possíveis a visualizar

Por exemplo, para o caso anterior (plano Y=50), se se indicarem as componentes B_{ef_Total} , B_{ef_L1} e B_{ef_L2} obtém-se o gráfico da Fig. 58.

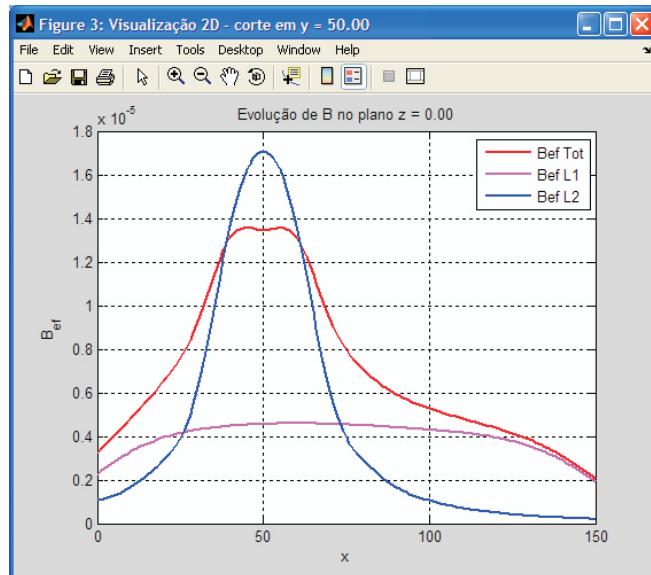


Fig. 58 - Distribuição do campo no plano y=50

Caso se pretenda visualizar as componentes x, y, z para a distribuição resultante ou para cada linha em separado, basta assinalar as respectivas caixas de verificação.

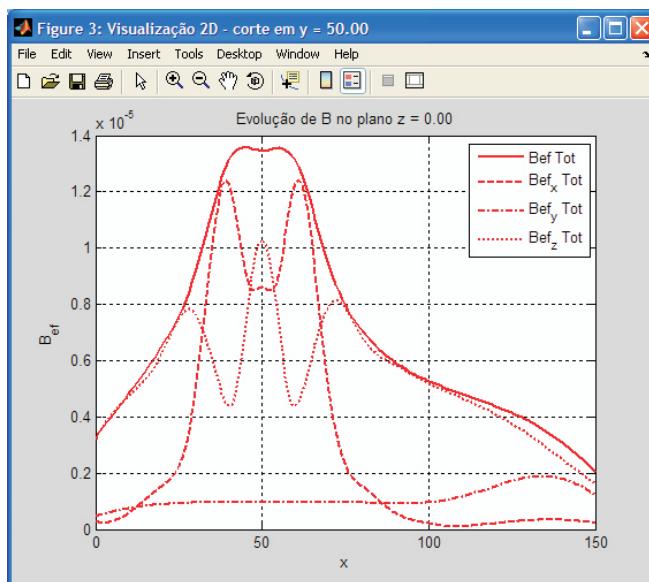


Fig. 59 - Distribuição do campo resultante no plano y=50

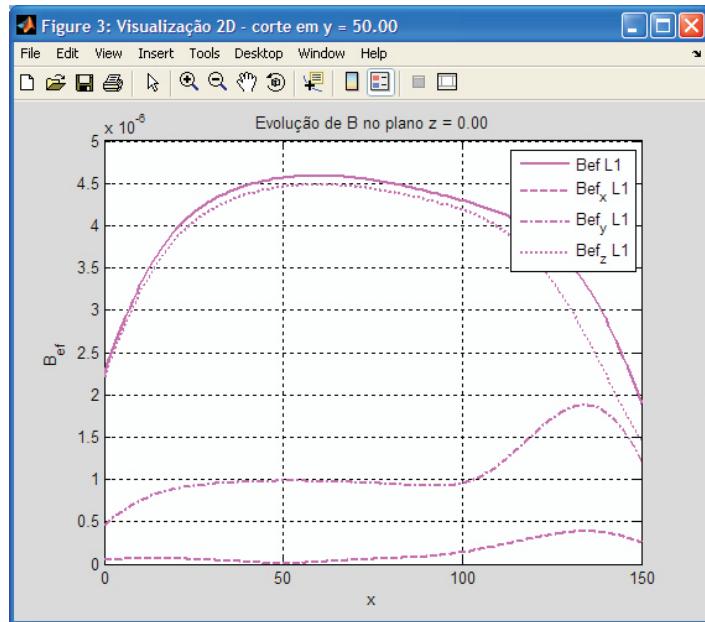


Fig. 60 - Distribuição do campo gerado pela Linha 1 no plano y=50

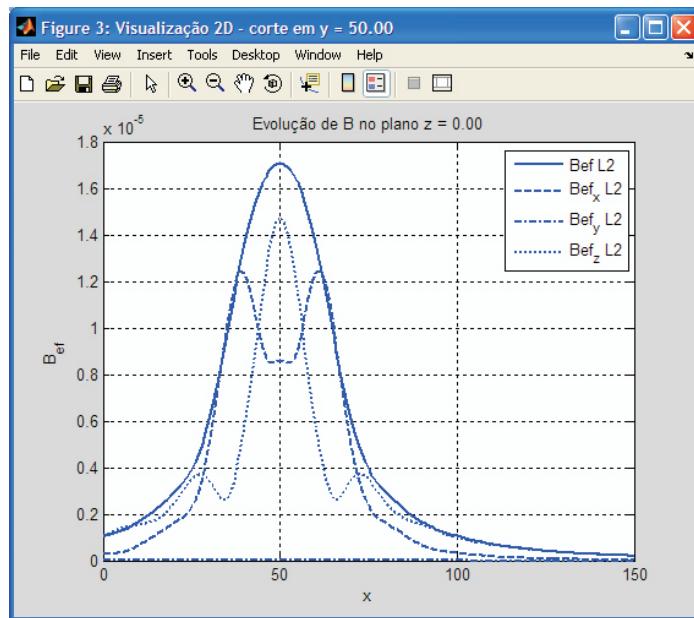


Fig. 61 - Distribuição do campo gerado pela Linha 1 no plano y=50

- A.P.D.E.E. -

Associação Portuguesa para a Promoção e Desenvolvimento da Engenharia Electrotécnica