FEM for Students

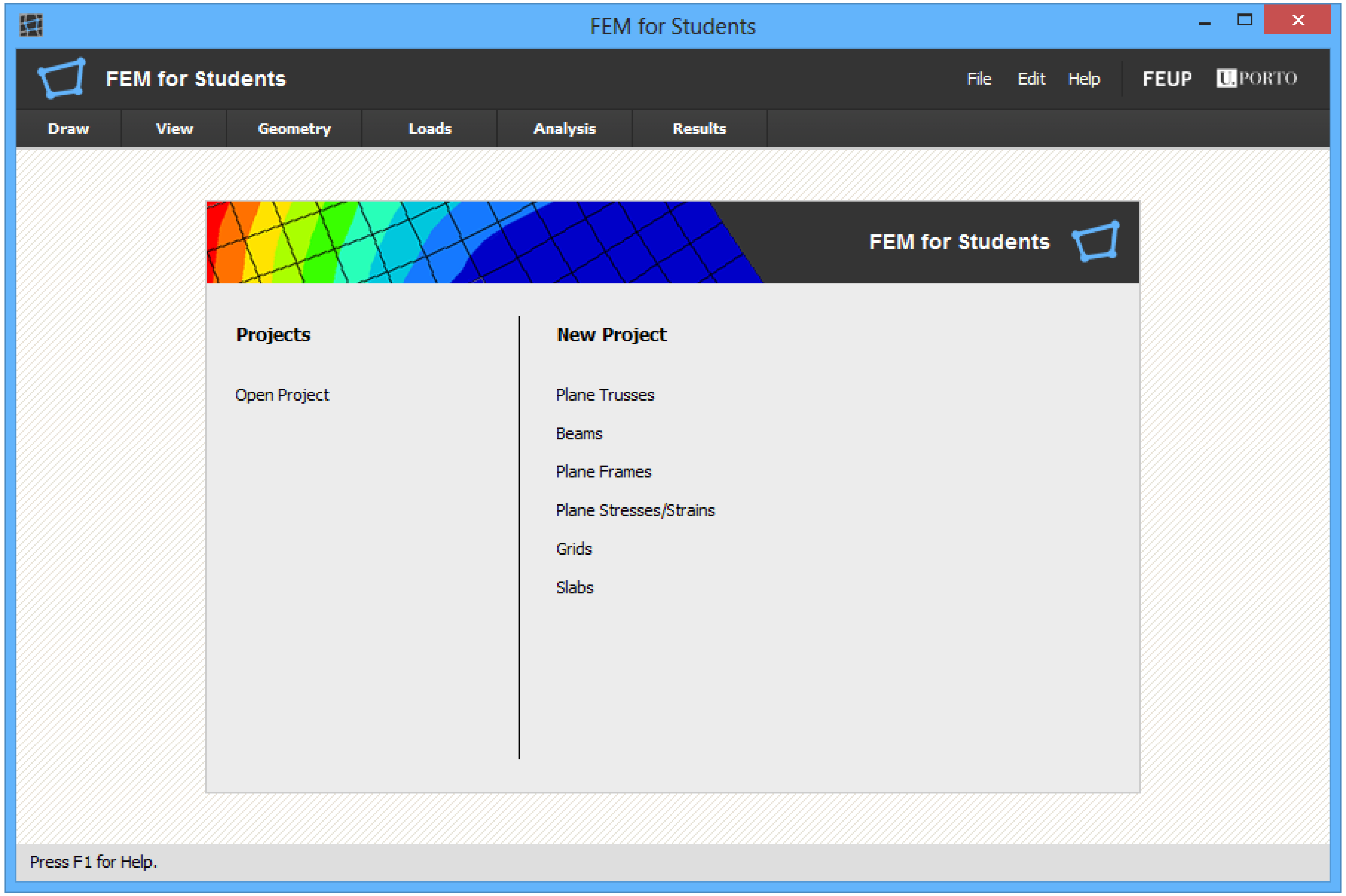
MODELAÇÃO E ANÁLISE ESTRUTURAL PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

André de Sousa
2014

APRESENTAÇÃO DO FEM FOR STUDENTS

O FEM for Students é um programa de modelação e análise estrutural pelo Método dos Elementos Finitos.

Após a inicialização, o programa apresenta um painel inicial que permite ao utilizador escolher o tipo de modelo estrutural que pretende para o seu projeto. Este painel que aparece ao centro da janela permite ainda abrir um projeto existente. O programa abrange a generalidade dos problemas estruturais encontrados na prática da engenharia e que são alvo de estudo em qualquer curso universitário de Engenharia Civil.



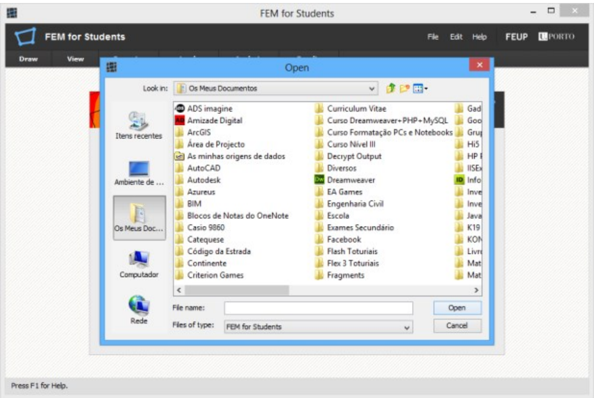
REQUISITOS DO PROGRAMA

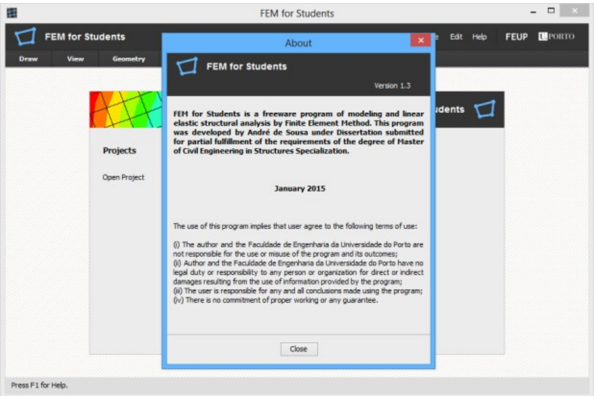
O FEM for Students foi escrito na linguagem de programação Java.

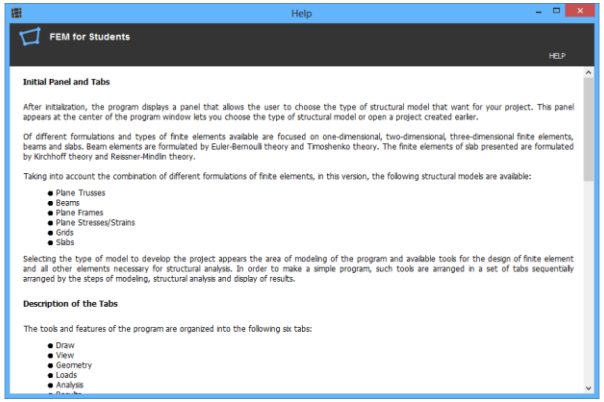
Para se poder correr o programa no computador é necessário ter instalada a plataforma Java SE 8. A plataforma Java Standard Edition permite desenvolver e implementar aplicativos Java em computadores e servidores.

SOBRE O AUTOR

O programa FEM for Students foi desenvolvido integralmente por André de Sousa no âmbito da Dissertação em Estruturas submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para satisfação parcial dos requisitos do grau Mestre em Engenharia Civil.







PAINEL INICIAL DO FEM FOR STUDENTS

Este painel que aparece ao centro da janela do programa permite escolher o tipo de modelo estrutural ou abrir um projeto criado anteriormente.

Das diversas formulações e tipos de elementos finitos disponíveis são focados os elementos finitos unidimensionais, bidimensionais, tridimensionais, de viga e de laje. São apresentados elementos finitos de viga formulados pela teoria de Euler-Bernoulli e pela teoria de Timoshenko. Os elementos finitos de laje apresentados abrangem a teoria de Kirchhoff e a teoria de Reissner-Mindlin.

Atendendo à combinação das diversas formulações de elementos finitos, nesta versão do programa, estão disponíveis os seguintes modelos estruturais:

- Treliças Planas;
- Vigas;
- Pórticos Planos;
- Estado Plano de Tensão/Deformação;
- Grelhas;
- Lajes.

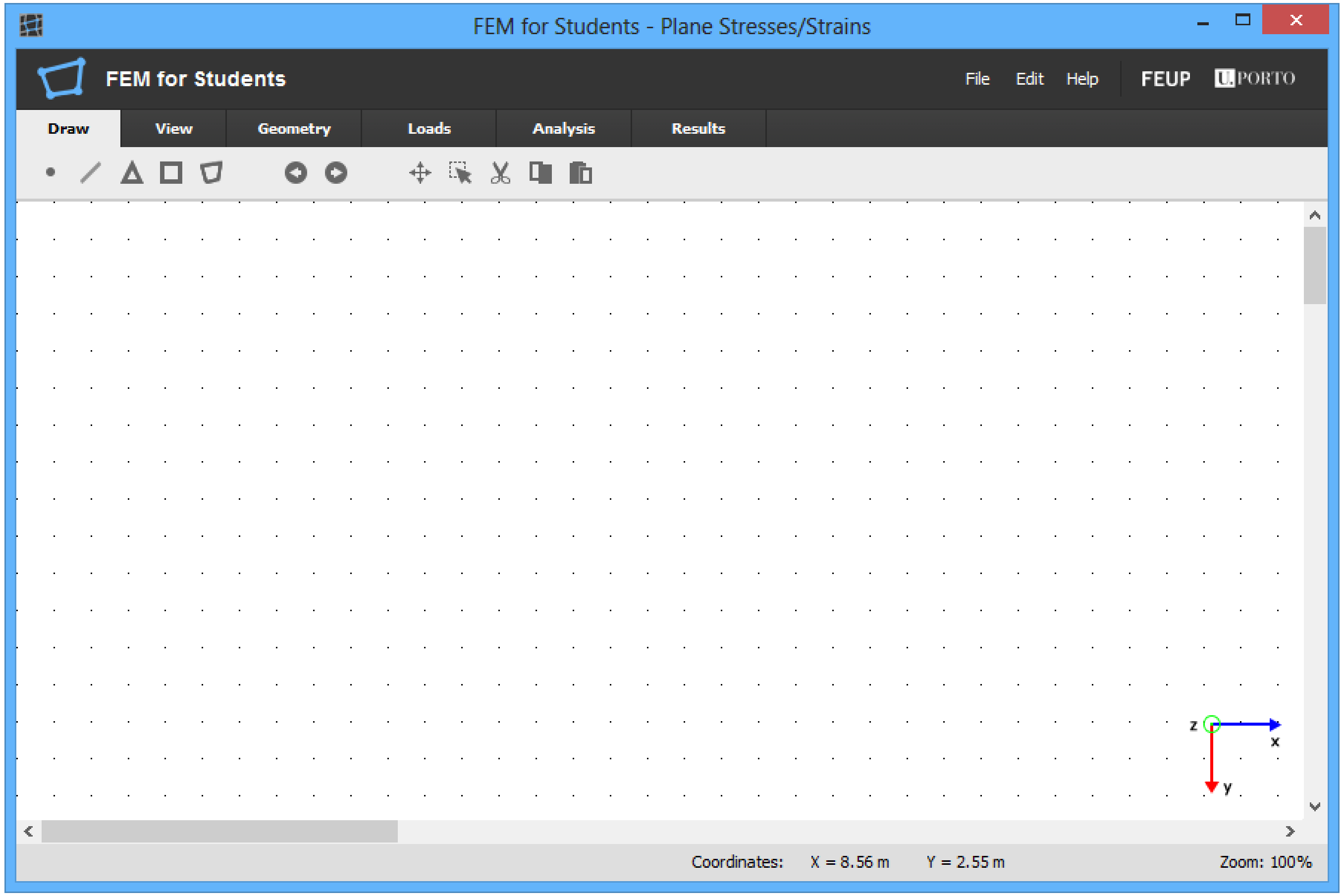
Selecionado o tipo de modelo para o projeto a desenvolver entra-se na área de modelação do programa e passam a estar disponíveis as ferramentas para o desenho dos elementos finitos e de todos os outros elementos necessários à análise estrutural. De modo a tornar o programa intuitivo, as ferramentas referidas estão dispostas por um conjunto de separadores organizados sequencialmente pelas etapas de modelação, análise estrutural e visualização dos resultados.

Outras funcionalidades do programa estão concentradas nos menus File, Edit e Help. De modo a que os utilizadores possam guardar os projetos criados e posteriormente recuperá-los, o programa permite a gravação dos projetos na memória permanente do computador.

MODELAÇÃO COM ELEMENTOS FINITOS

Escolhido o modelo estrutural para o projeto, o programa apresenta o painel de desenho e passam a estar disponíveis todas as ferramentas para modelação organizadas sequencialmente por um conjunto de separadores.

Assim, a primeira tarefa consiste em desenhar a malha de elementos finitos. De seguida, são definidos os restantes detalhes como, por exemplo, o número de nós dos elementos finitos, as propriedades dos materiais ou as condições de apoio. Posteriormente são aplicados os carregamentos à estrutura. Após realizado o cálculo estão disponíveis as funcionalidades de visualização dos resultados.



SEPARADORES

As ferramentas e funcionalidades do programa estão organizadas pelos seguintes seis separadores:

- Draw;
- View;
- Geometry;
- Loads;
- Analysis;
- Results.

Muitos dos botões apresentados nestes separadores abrem painéis laterais onde são disponibilizadas as áreas com as funcionalidades a que o utilizador pretende aceder.

DESCRIÇÃO DOS SEPARADORES

O separador Draw contém as ferramentas necessárias ao desenho dos diferentes elementos finitos disponíveis no programa. Possui algumas funcionalidades de produtividade como, por exemplo, a seleção dos elementos finitos, mover, cortar, copiar ou colar.

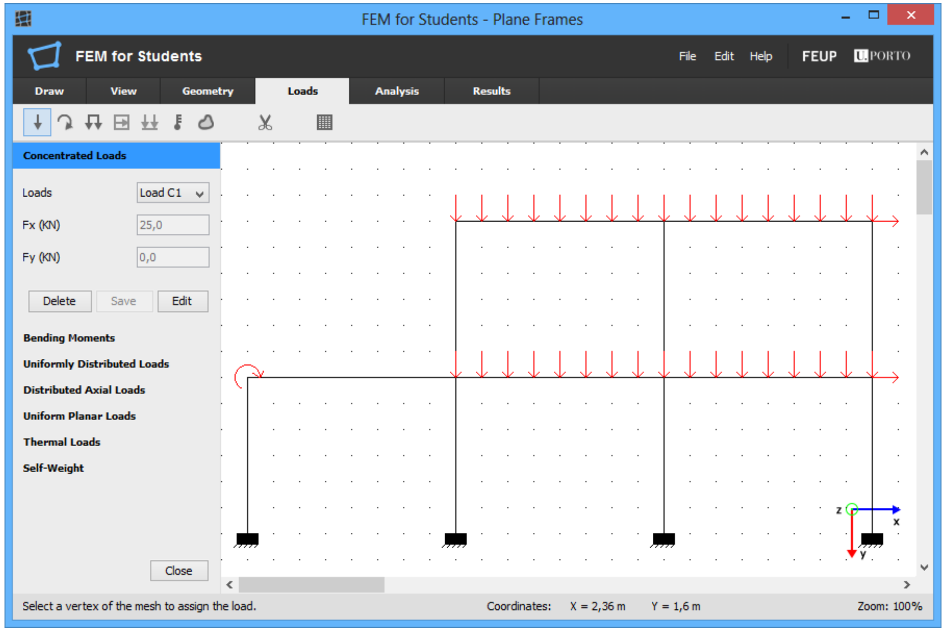
O separador View contém ferramentas de visualização, nomeadamente, disponibiliza a possibilidade de mover o painel, fazer *zoom*, mostrar uma malha de pontos e outras funcionalidades que facilitam o desenho dos elementos finitos.

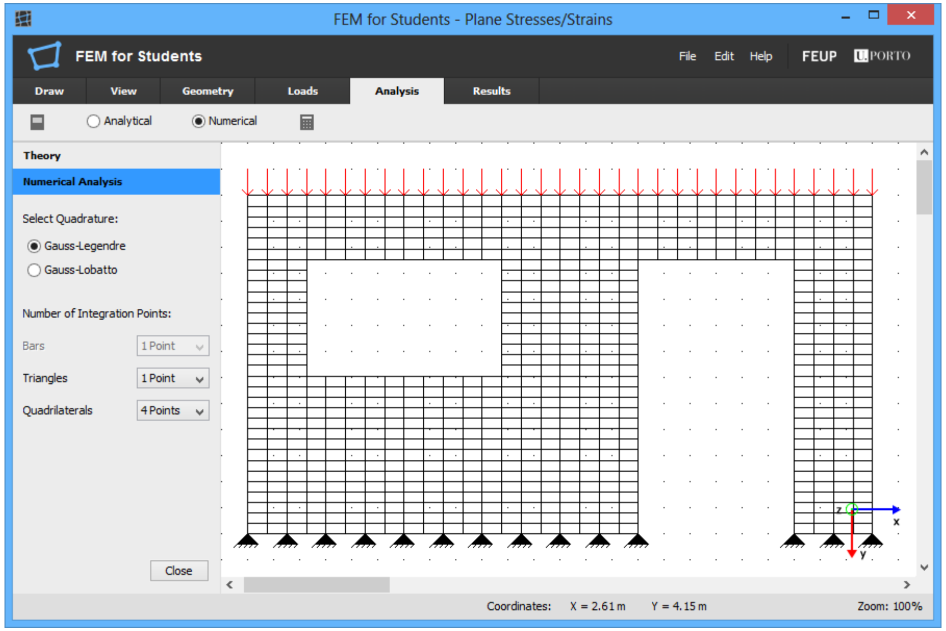
O separador Geometry contém as funcionalidades para definir o número de nós dos elementos finitos, as restantes propriedades das secções dos elementos finitos, as propriedades do material, refinamento das malhas de elementos finitos e introdução dos apoios estruturais.

O separador Loads contém as ferramentas para atribuição dos carregamentos ao modelo estrutural construído. Consoante o modelo estrutural é possível adicionar carregamentos como cargas concentradas, momentos fletores, cargas lineares distribuídas, cargas axiais distribuídas, carregamentos de superfície, ações térmicas e/ou considerar o peso próprio dos elementos finitos.

Relativamente ao separador Analysis, este disponibiliza, por exemplo, para os elementos finitos de viga e de laje a seleção da teoria de formulação. Possibilita ainda escolher se a análise vai ser analítica ou numérica e o botão para efetuar o cálculo da estrutura.

No separador Results, consoante o modelo selecionado, é possível ver, por exemplo, o sistema de equações globais, todos os resultados ao nível de cada elemento finito, a deformada da estrutura, os diagramas de esforços, os mapas de tensões e/ou as tensões e direções principais.

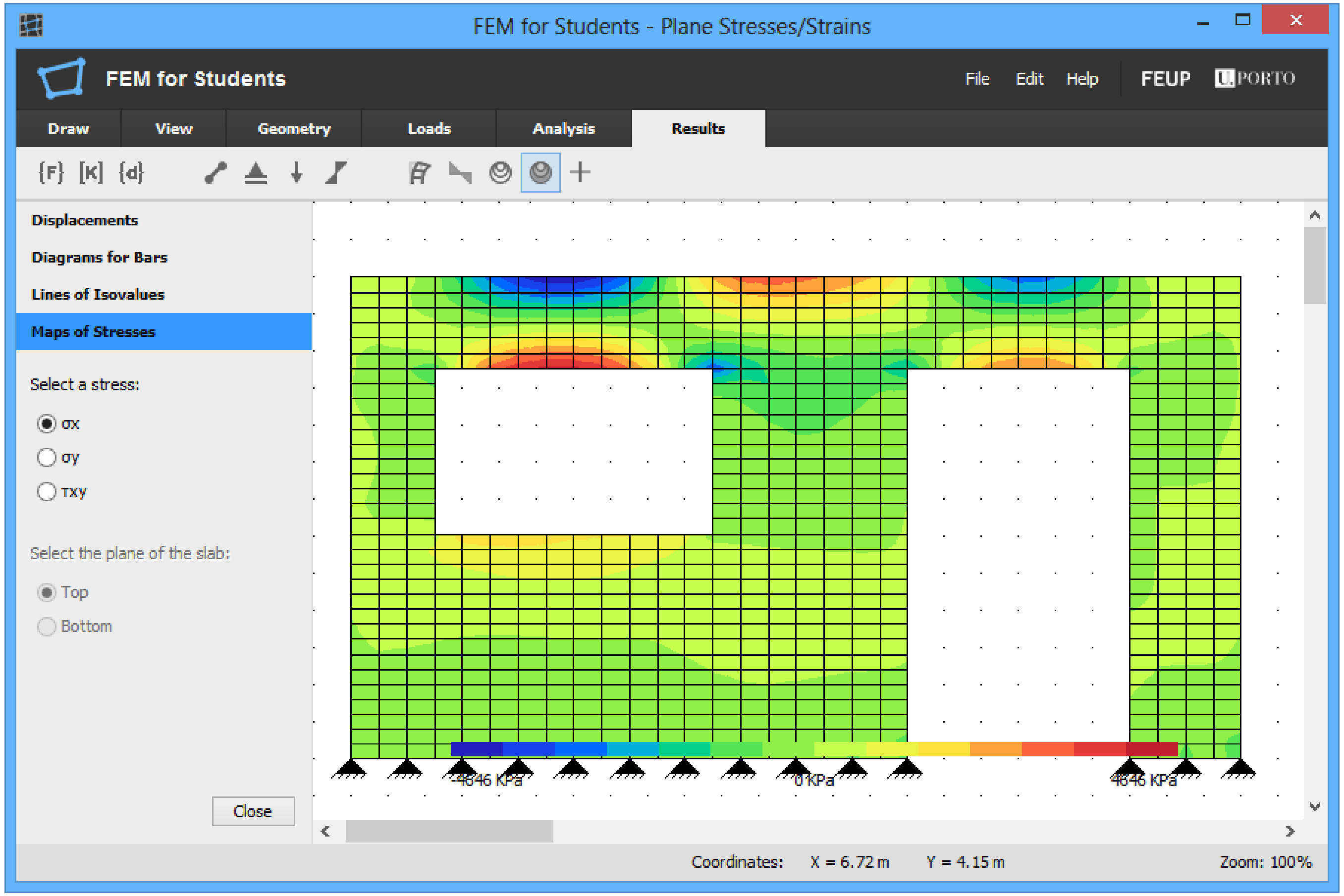




VISUALIZAÇÃO DOS RESULTADOS

No separador Results estão disponíveis as opções para escolher o tipo de resultado obtido da análise com elementos finitos.

No primeiro grupo de botões estão disponíveis as opções relativas à visualização do sistema global de equações. No segundo grupo estão disponíveis as opções para visualização dos resultados em tabelas ao nível dos elementos finitos. Assim, além do sistema global de equações, é possível visualizar a equação de equilíbrio para cada elemento finito, as reações de apoio, as forças nodais e as tensões nodais. No último grupo estão concentradas as funcionalidades para representação gráfica dos resultados.

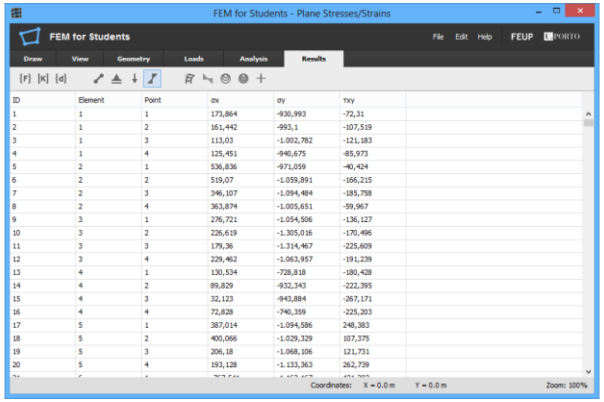


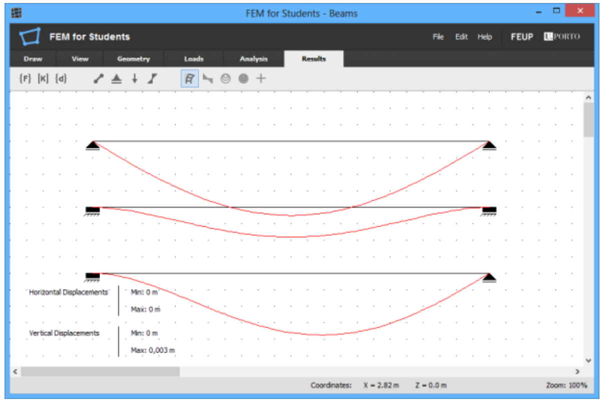
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

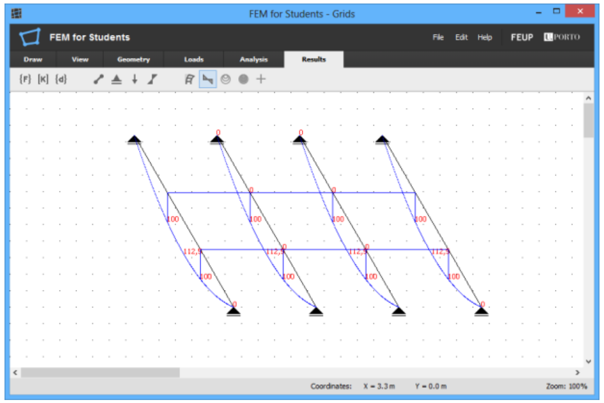
Para todos os modelos é possível visualizar a deformada da estrutura.

Além disto, para os modelos de barras é possível visualizar os diagramas de esforços e para os modelos bidimensionais as linhas de isovalores, os mapas de tensões e as tensões e direções principais.

Relativamente à visualização das linhas de isovalores e dos mapas de tensões, o utilizador pode escolher qual a tensão que pretende ver representada.







OUTRAS FUNCIONALIDADES

O programa desenvolvido permite modelar problemas simples com diversas formulações de elementos finitos. Os modelos de sistemas discretos disponíveis permitem o estudo de estruturas articuladas, estruturas reticuladas, vigas e grelhas. Relativamente aos meios contínuos, o utilizador pode escolher entre um estado plano de tensão ou deformação e o estudo de lajes pelas duas teorias referidas anteriormente.

Como já salientado, o programa possibilita o uso de diferentes formulações de elementos finitos. Além disto, o programa abrange a generalidade dos modelos estruturais usados na prática de engenharia. Do ponto de vista de simulação numérica o programa permite que sejam feitas alterações ao modelo de forma bastante intuitiva e visualizá-las rapidamente de modo a compreender o seu impacto no comportamento da estrutura.

O programa apresenta, por exemplo, a informação relativa ao posicionamento do rato e dicas sobre o funcionamento das ferramentas selecionadas nos separadores. Estas dicas são apresentadas sempre que o utilizador seleciona determinada ferramenta do programa e têm como objetivo informá-lo sobre o modo de funcionamento desta. Estes elementos estão dispostos no painel inferior da interface gráfica do programa. Relativamente ao refinamento das malhas de elementos finitos, o utilizador pode refinar apenas determinadas áreas da malha, bastando para isso selecionar previamente os elementos finitos antes de selecionar a ferramenta de refinamento. O programa também apresenta algumas mensagens de alerta quando o utilizador se esquece de definir alguma propriedade essencial para o cálculo da estrutura no momento em que pressiona o botão para calcular. Outras funcionalidades podem ser acedidas se se pressionar o botão direito do rato sobre o painel de desenho do programa.

O desenvolvimento deste programa inseriu-se na no tema da Dissertação em Estruturas do autor que consistia em criar uma ferramenta informática para modelação e análise estrutural pelo Método dos Elementos Finitos orientada para o ensino universitário. Deste modo, o programa foi desenvolvido com o intuito de permitir consolidar as matérias abordadas num curso universitário sobre o Método dos Elementos Finitos.

FEM for Students

O FEM for Students é um programa de modelação e análise estrutural pelo
Método dos Elementos Finitos desenvolvido por André de Sousa no âmbito da Dissertação em Estruturas
submetida para satisfação dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil.

asousafilipe@hotmail.com