

Capítulo 1

MEF e ANSYS

O que é MEF?

- **O Método dos Elementos Finitos é uma forma de simular condições de carregamento num produto e determinar a resposta do produto para aquelas condições.**
- **O produto é modelado usando-se blocos construtivos discretos, chamados *elementos*.**
 - Cada elemento tem equações exatas que descrevem como ele responde a um certo carregamento.
 - A “soma” das respostas de todos os elementos do modelo dá a resposta total do produto.
 - Os elementos têm um número finito de incógnitas, por isso o nome *elementos finitos*.

Nota histórica

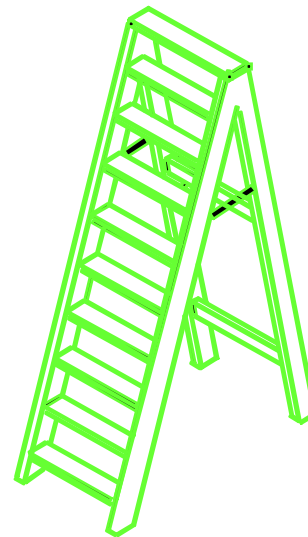
- O método dos elementos finitos para análise estrutural foi criado por pesquisadores acadêmicos e de empresas durante as décadas de 50 e 60.
- A teoria que sustenta este método de cálculo tem mais de 100 anos de idade, e foi a base para o cálculo manual de avaliação de pontes suspensas e reservatórios.

Capítulo 1 – MEF e ANSYS

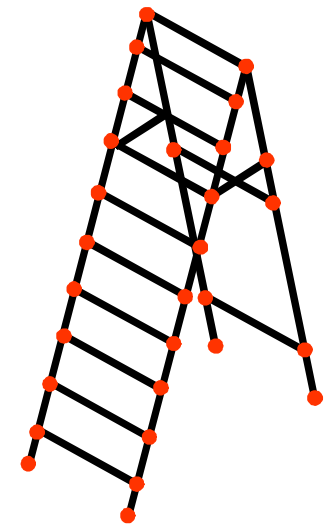
...O que é MEF?

Manual de Treinamento

- O modelo de elementos finitos, que tem um número *finito* de incógnitas, pode apenas *aproximar* a resposta do sistema físico real, que tem *infinitas* incógnitas.
 - Assim, uma questão surge: *Quanto boa é a aproximação?*
 - Infelizmente, não há uma resposta fácil para esta questão. Ela depende diretamente do que você está simulando e das ferramentas que você está usando para a simulação. Nós tentaremos, porém, dar-lhe algumas linhas mestras através deste curso de treinamento.



Sistema Físico



Modelo de E.F.

Capítulo 1 – MEF e ANSYS

...O que é MEF?

Manual de Treinamento

Por que o MEF é necessário?

- **Para reduzir a quantidade de protótipos de testes**
 - A simulação por computador permite a execução de múltiplas análises, que podem ser testadas mais rápida e eficientemente.
- **Para simular produtos para os quais não são viáveis testes através de protótipos**
 - Por exemplo: implantes cirúrgicos, como um joelho artificial
- **Vantagens:**
 - Economia de custos
 - Economia de tempo... redur o “time to market”
 - Criação de produtos de melhor qualidade e mais eficientes

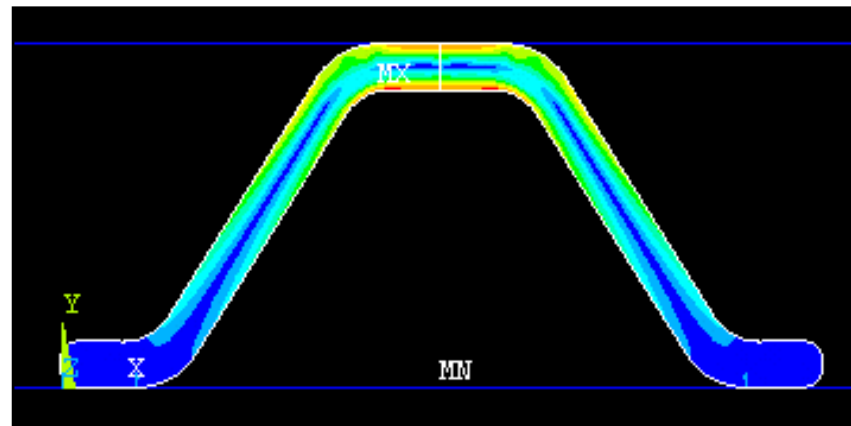
- **O ANSYS é um pacote completo para análise pelo método dos elementos finitos, utilizado por engenheiros em todo o mundo, em praticamente todos os campos da engenharia:**
 - Estrutural
 - Térmico
 - Fluídos, incluindo Dinâmica de Fluídos
 - Elétrico / Eletrostático
 - Electromagnetismo
- **O ANSYS é utilizado nas indústrias:**
 - Aeroespacial
 - Automotiva
 - Biomedica
 - Pontes e Construções
 - Eletrônica & Aplicações
 - Equipamentos e máquinas pesadas
 - Sistemas micro-eleto-mecânicos
 - Equipamentos esportivos

Capítulo 1 – MEF e ANSYS

...Sobre o ANSYS

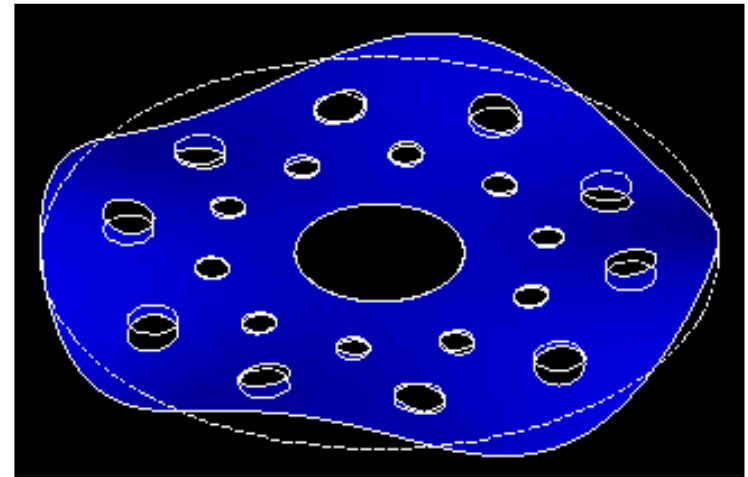
Manual de Treinamento

- **Análise estrutural é usada para determinar deslocamentos, deformações, tensões e forças de reação.**
- **Análise estática**
 - Usada para condições de carregamento estático.
 - Comportamento não-linear, tal como grandes deflexões e deslocamentos, contato, plasticidade, hiperelasticidade e trincas podem ser simulados.



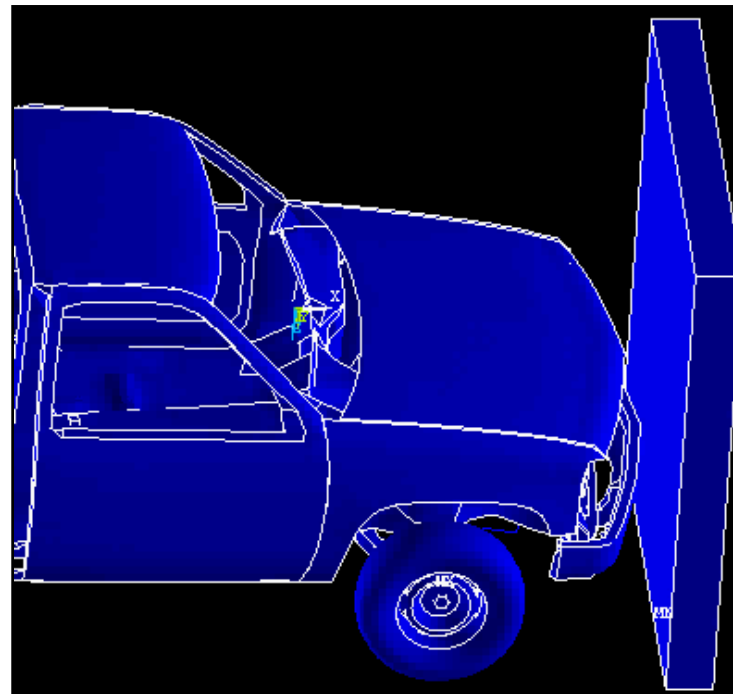
Compressão de um suporte hiperelástico

- **Análise dinâmica**
 - Inclui efeitos das massas e de amortecimentos.
 - **Análise modal** calcula as frequências naturais e modos de vibrar.
 - **Análise harmônica** determina a resposta da estrutura para carregamentos senoidais de amplitudes e frequências conhecidas.
 - **Análise dinâmica de transiente** determina a resposta da estrutura a cargas que variam no tempo e pode incluir comportamento não-linear.
- **Outras possibilidades de análise**
 - Análise espectral
 - Vibração aleatória
 - Cálculo de auto-valores
 - Sub-estruturação, sub-modelagem



Modo de vibração

- **Dinâmica explícita com ANSYS/LS-DYNA**
 - Indicado para simulação de grandes deformações onde forças de inércia são predominantes.
 - Utilizado para simular impacto, conformação, etc.



Análise de impacto de um veículo

Capítulo 1 – MEF e ANSYS

...Sobre o ANSYS

Manual de Treinamento

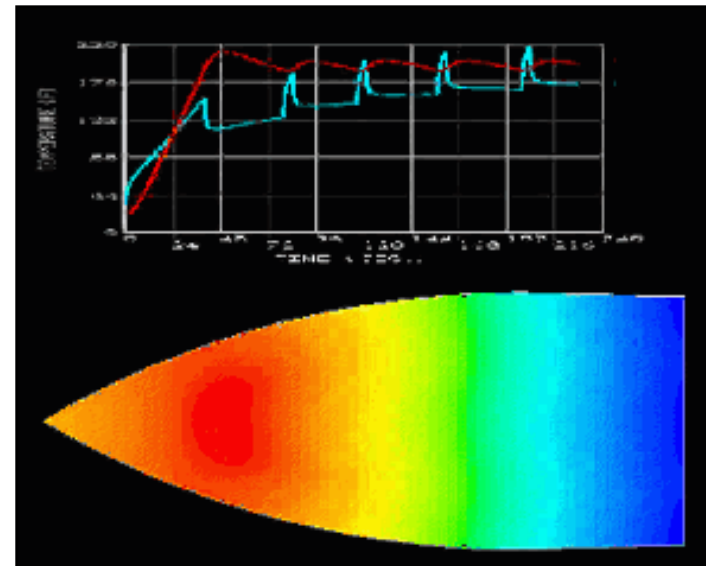
- **Análise térmica é utilizada para determinar a distribuição de temperatura num objeto. Outras variáveis de interesse incluem quantidade de calor perdido ou ganho, gradientes térmicos e fluxo térmico.**
- **Todos os três modos primários de transferência de calor podem ser simulados: condução, convecção, radiação.**

Estado único

- Efeitos dependentes do tempo são ignorados.

Transiente

- Para determinar temperaturas, etc. como uma função do tempo.
- Permite a simulação de mudança de fases (derretimento ou congelamento).

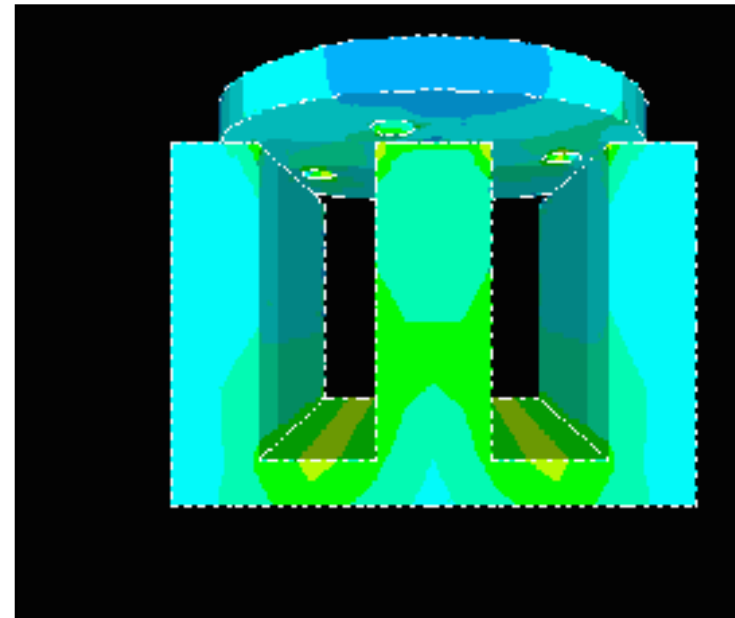


Transiente de Temperatura de uma cobertura de aquecimento de ferro

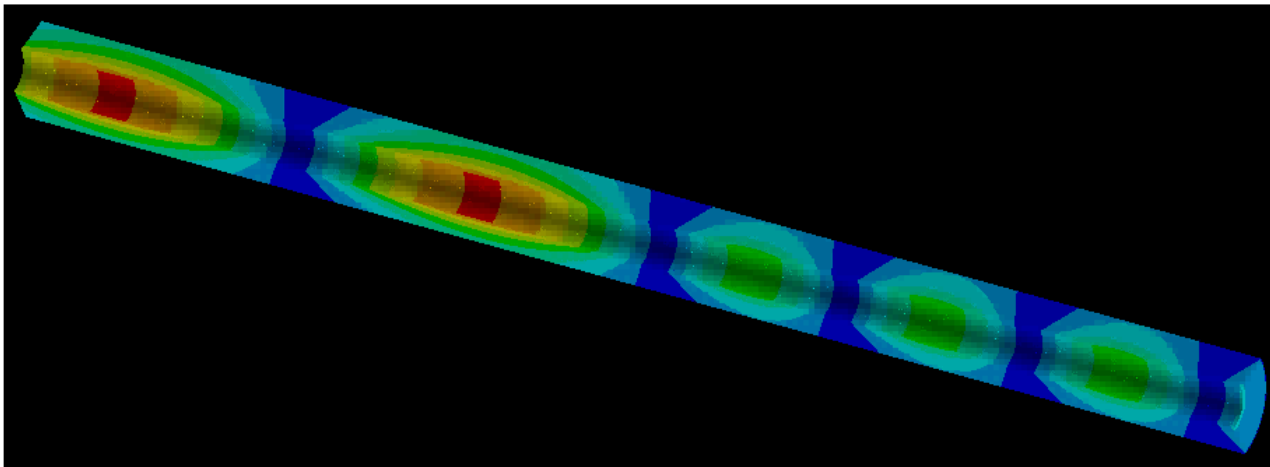
Fevereiro de 2003

1-9

- **Análise electromagnética é usada para calcular campos magnéticos em equipamentos eletromagnéticos.**
- **Eletromagnetismo estático e de baixa frequência**
 - Para a simulação de equipamentos operando com fontes de potência de corrente contínua, corrente alternada de baixa frequência ou transientes de baixa frequência.
 - Exemplo: atuadores solenóides, motores, transformadores
 - Variáveis de interesse incluem densidade de fluxo magnético, intensidade de fluxo, forças e torques magnéticos, impedância, indutância, correntes livres, perda de potência.



- **Eletromagnetismo de alta frequência**
 - Para simular equipamentos com ondas de propagação electromagnética.
 - Exemplo: micro-ondas e componentes passivos de frequência, conectores coaxiais
 - Variáveis de interesse incluem parâmetros-S, fator-Q, perda de realimentação, perdas dielétricas e de condução e campos elétricos e magnéticos.



Campo elétrico em um cabo coaxial

- **Eletrostática**
 - Para calcular o campo elétrico a partir da voltagem ou excitação de carga.
 - Exemplo: equipamentos de alta voltagem, sistemas micro-eletromecânicos, linhas de transmissão
 - Variáveis típicas de interesse são potência de campo elétrico e capacitância.
- **Condução de corrente**
 - Para calcular a corrente em um condutor a partir de uma voltagem aplicada
- **Acoplamento de circuitos**
 - Para circuitos elétricos acoplados com equipamentos eletromagnéticos

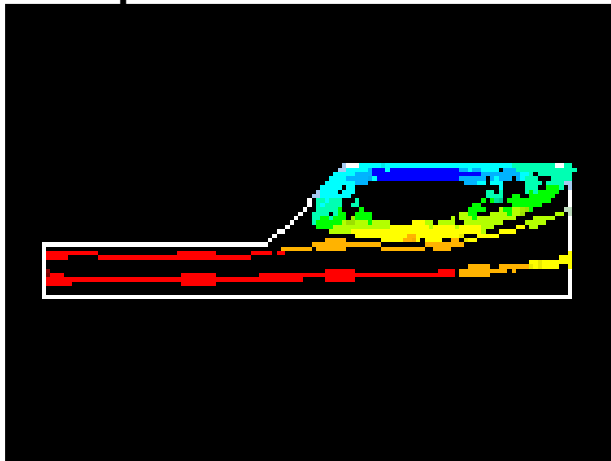
Capítulo 1 – MEF e ANSYS

...Sobre o ANSYS

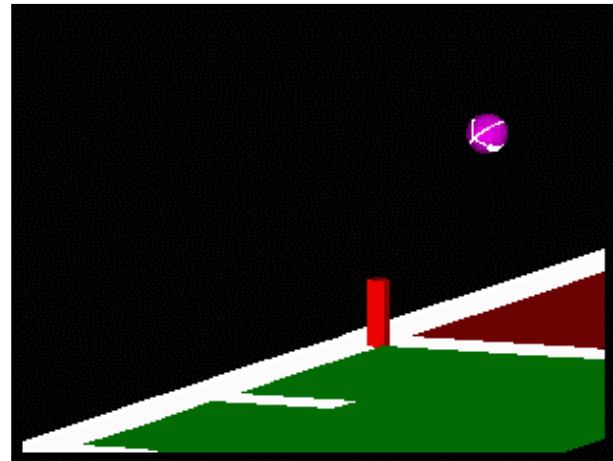
Manual de Treinamento

- **Tipos de análises eletromagnéticas:**
 - **Análise estática** calcula campos magnéticos para corrente contínua ou ímãs permanentes.
 - **Análise harmônica** calcula campos magnéticos para corrente alternada.
 - **Análise de transiente** é utilizada para campos magnéticos dependentes do tempo.

- **Dinâmica computacional de fluidos**
 - Para determinar a distribuição de fluxo e temperatura num fluido.
 - O ANSYS/FLOTRAN pode simular fluxo laminar e turbulento, fluxo compressível e incompressível.
 - Aplicações: aeroespacial, equipamentos eletrônicos, projeto automotivo
 - Variáveis típicas de interesse são velocidades, pressões, temperaturas e coeficientes superficiais.



Velocidade de um fluido num duto



Distribuição de pressão numa bola de futebol

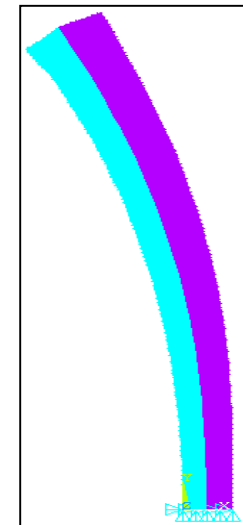
- **Acústica**
 - Para simular a interação entre um meio fluido e o meio sólido envolvente.
 - Exemplo: alto-falantes, interiores de automóveis, sonares
 - Variáveis típicas de interesse são distribuição de pressão, deslocamentos e frequências naturais.
- **Análise de fluídos em compartimentos**
 - Para simular o efeito de um fluido contido estagnado e calcular pressões hidrostáticas.
 - Exemplo: tanques de óleo e outros compartimentos de líquidos
- **Transporte de calor e massa**
 - Um elemento uni-dimensional é utilizado para calcular o calor gerado pelo transporte de massa entre dois pontos, como em uma tubulação.

Capítulo 1 – MEF e ANSYS

...Sobre o ANSYS

Manual de Treinamento

- **Análise de campos acoplados considera a interação mútua entre dois ou mais campos. O fato de que cada campo depende dos demais, faz impossível estudar cada um separadamente, de maneira que é necessário um sistema que possa manipular todos os problemas físicos envolvidos de maneira combinada.**
- **Exemplos:**
 - Análise temperatura-tensão
 - Piezoelétrica (elétrica & estrutural)
 - Acústica (fluido & estrutural)
 - Análise temperatura-elétrica
 - Calor por indução (magnética & térmica)
 - Análise eletrostática-estrutural



Deflecção de uma barra bi-metálica sob aquecimento

FIM

MEF e ANSYS