

Novas Tecnologias em Sistemas Integrados de Manufatura



Eduardo Romeiro Filho

Designer Industrial (ESDI/UERJ), DSc. Engenharia de Produção (COPPE/UFRJ)

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção da UFMG

Tel. 31 3499 4892 Fax. 31 3499 4888

romeiro@dep.ufmg.br

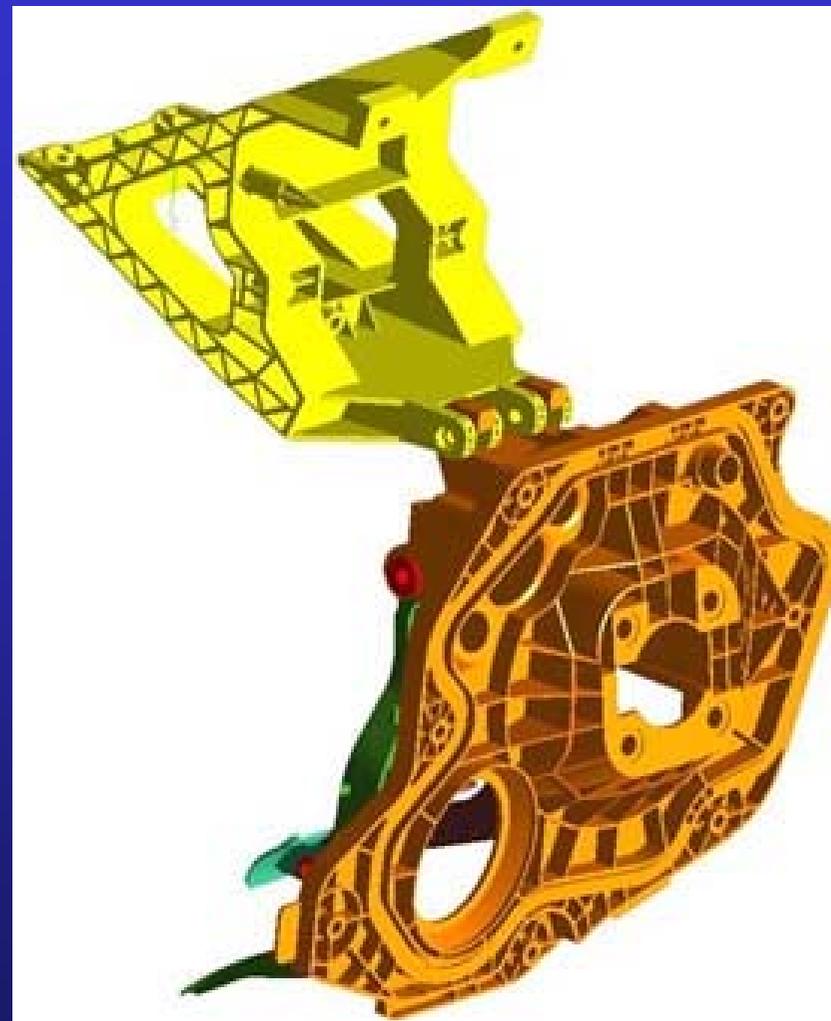
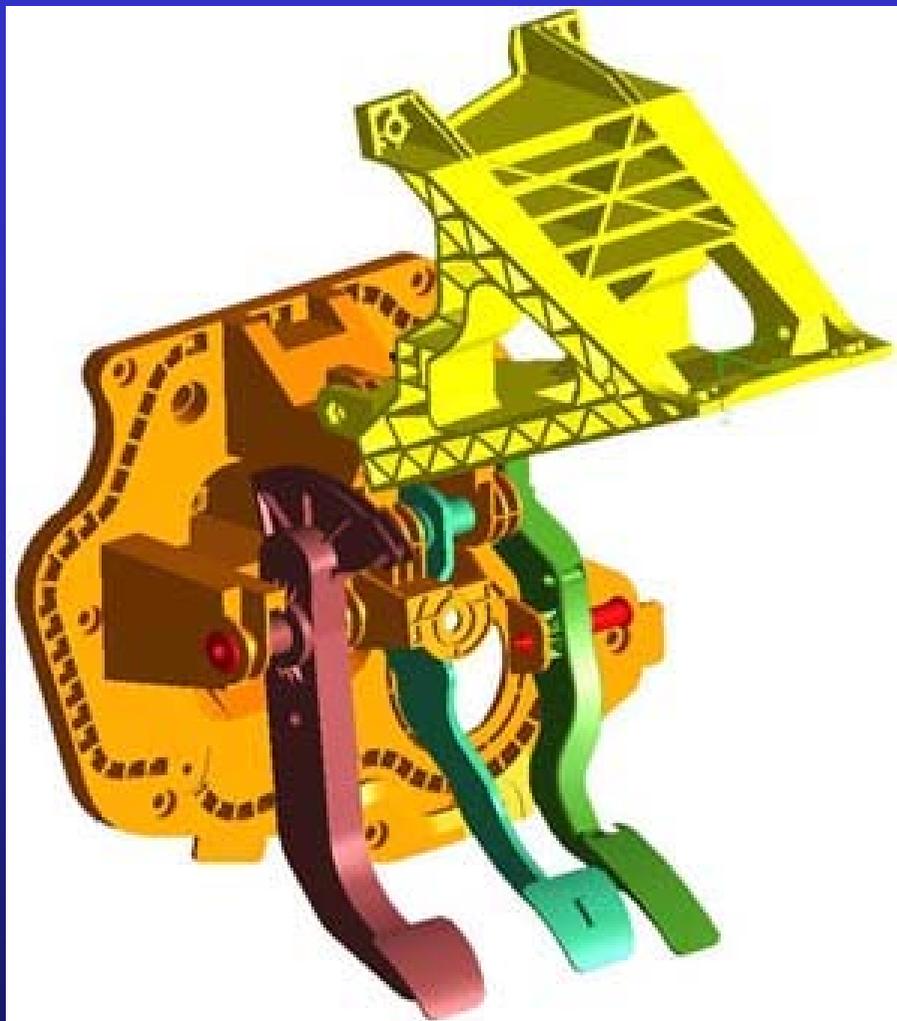


Neste Bloco:

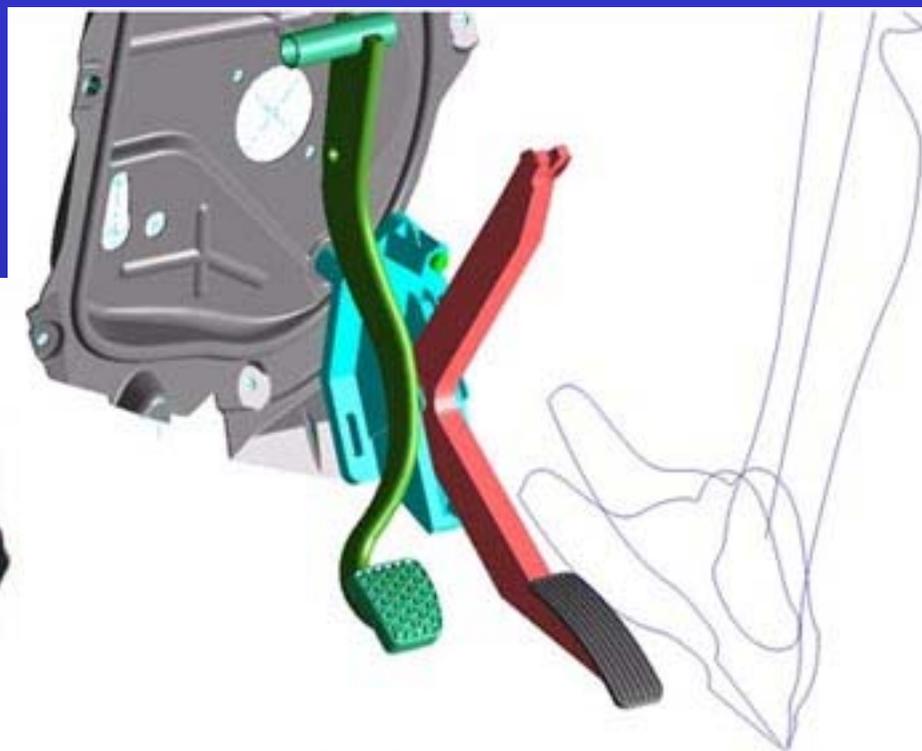
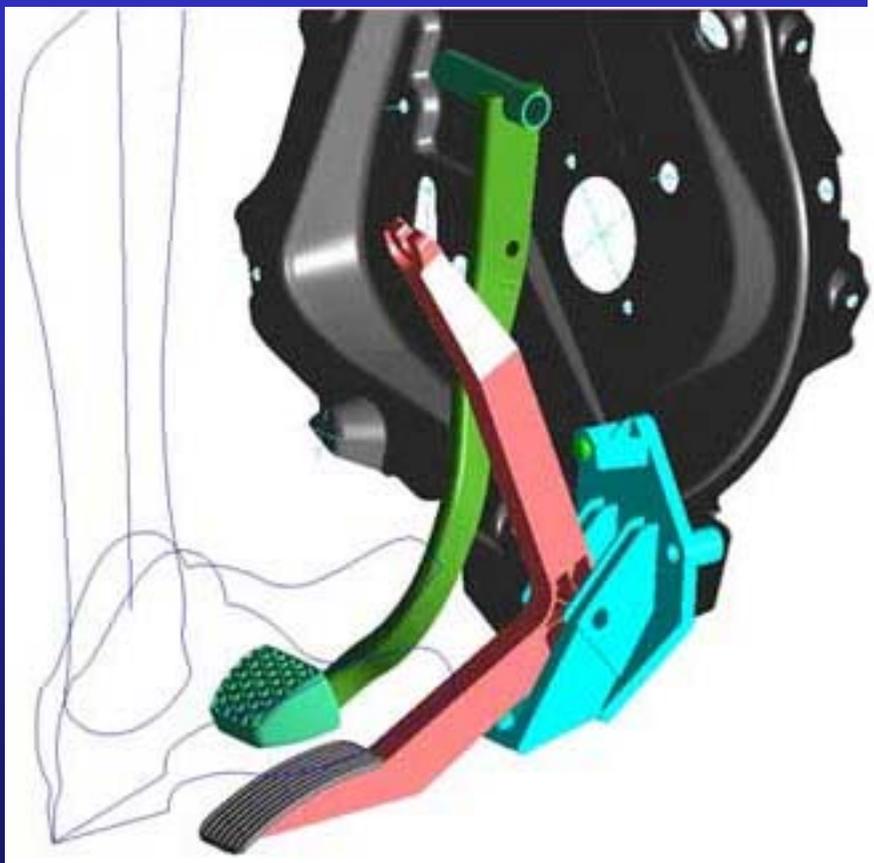
Novas Tecnologias no Projeto do Produto

- Sistemas Integrados de Manufatura;
- CAE/CAD/CAM (Engenharia, Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador);
- Engenharia Simultânea.

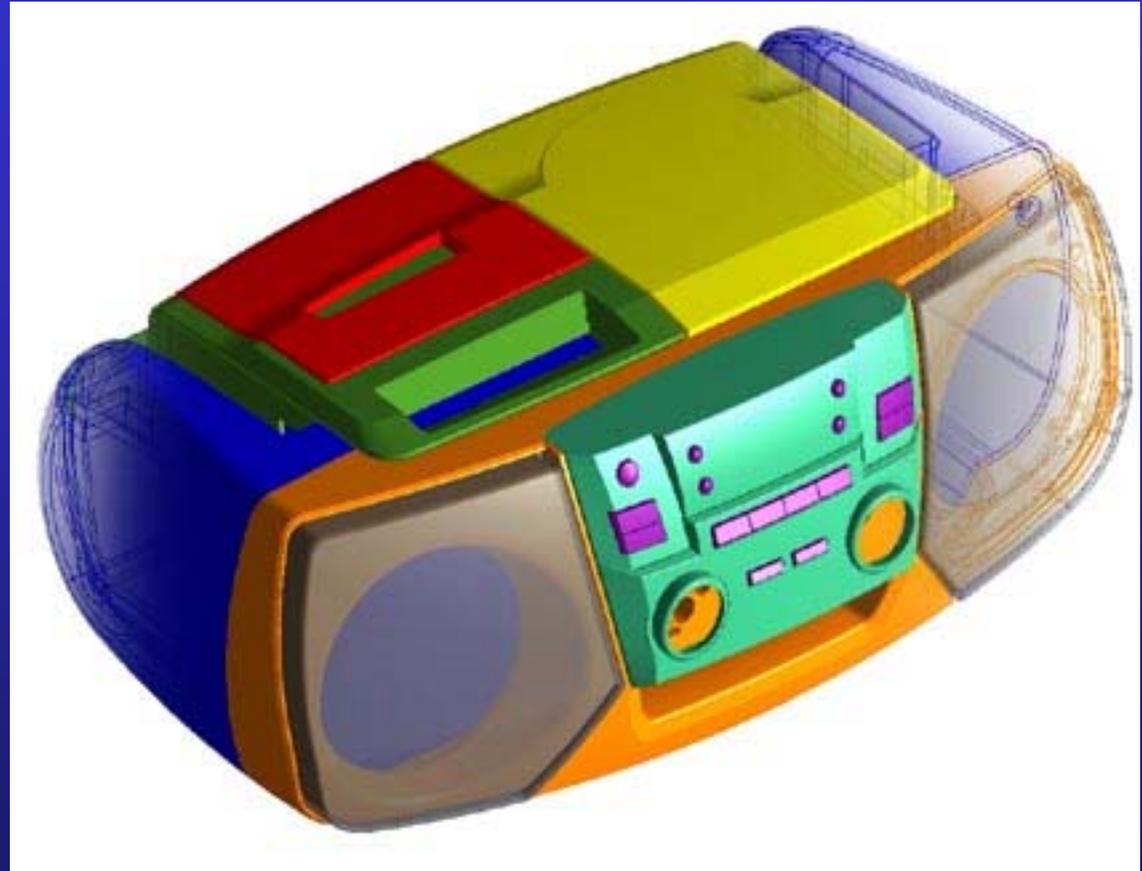
Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



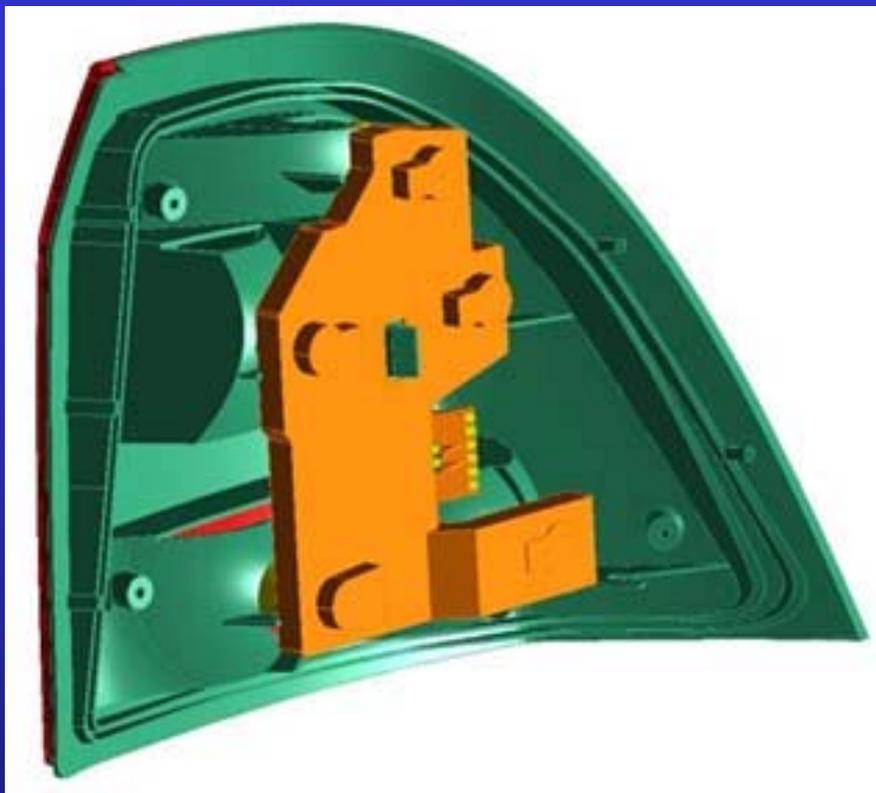
Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



O CAD, Projeto Auxiliado por Computador, se considerado de forma bastante ampla, é uma tecnologia multidisciplinar, contendo um conjunto de ferramentas utilizadas em todas as áreas em que existem uma forma de interação entre um computador digital e a atividade de projeto.



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



CAD (Computer Aided Design) **Projeto Auxiliado por Computador**



Vetores => Modelos Matemáticos

RETA

— Equação geral $Ax + By + C = 0$
ou $y = mx + b$

De onde $m = -\frac{A}{B} = \text{tg}\alpha$ $b = -\frac{C}{B}$
 $m = \text{coef. angular}$ $b = \text{coef. linear}$

— Distância d entre 2 pontos $(x_0, y_0), (x_1, y_1)$
 $d = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2}$

— Equação em função de a, b
 $\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$

CIRCUNFERÊNCIA

Coordenadas cartesianas
 $(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2$

Coordenadas polares
 $r^2 - 2r \cdot c \cdot \cos \theta + c^2 = R^2$

Equação da tangente no ponto $P(x_0, y_0)$
 $(x - a)(x_0 - a) + (y - b)(y_0 - b) = R^2$

Aplicações de CAD:

- **Produtos manufaturados: automóveis, aviões, computadores, telefones;**
- **Construções civis: edifícios, pontes, estradas;**
- **Plantas: refinarias de petróleo, Plataformas offshore, indústria farmacêutica, alimentícia;**
- **Postos de serviços: aeroportos, sistemas de metrô, portos;**
- **Outros...**

Vantagens da utilização de CAD:

- Redução de tempo na execução de projeto e desenho;
- Redução de tempo em revisões e modificações do desenho;
- Alta precisão;
- Melhoria na qualidade do projeto e desenho;
- Melhoria no fluxo de informações;
- Utilização de bibliotecas-padrão, para repetição de elementos comuns a vários desenhos;
- Padronização dos desenhos;
- Etc.

Desvantagens da utilização de CAD:

- Tempo perdido devido a falhas em *hardwares* e *softwares*;
- Tempo de espera em fila (plotagens, equipamentos);
- Custo de aquisição de equipamentos e treinamento;
- Problemas de saúde (fadiga ótica, postura, etc).

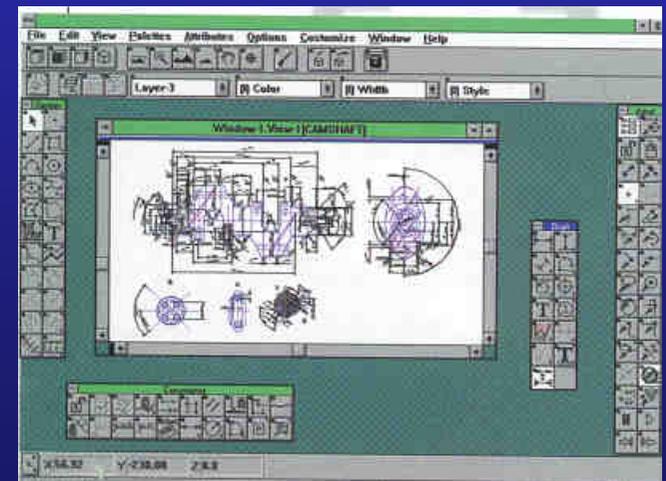
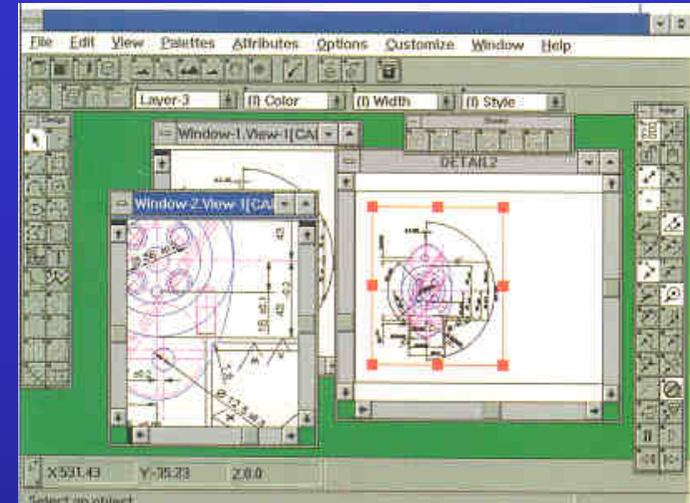
- Sistema 2D

Vantagens CAD 2D:

- rápido treinamento de operadores;
- esquemas elétricos e hidráulicos;
- circuitos e placas eletrônicas;
- criação de vários tipos de croquis;
- onde existe necessidade de informações volumétricas.

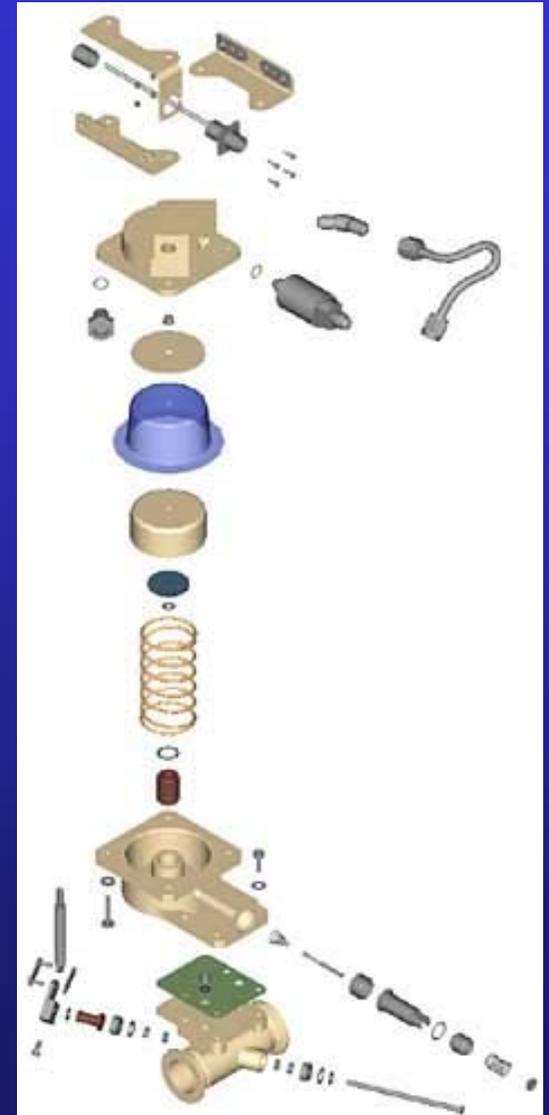
Desvantagens CAD 2D:

- corre o risco de transformar o sistema em uma simples prancheta eletrônica;
- pouco mais produtiva que as pranchetas comuns.

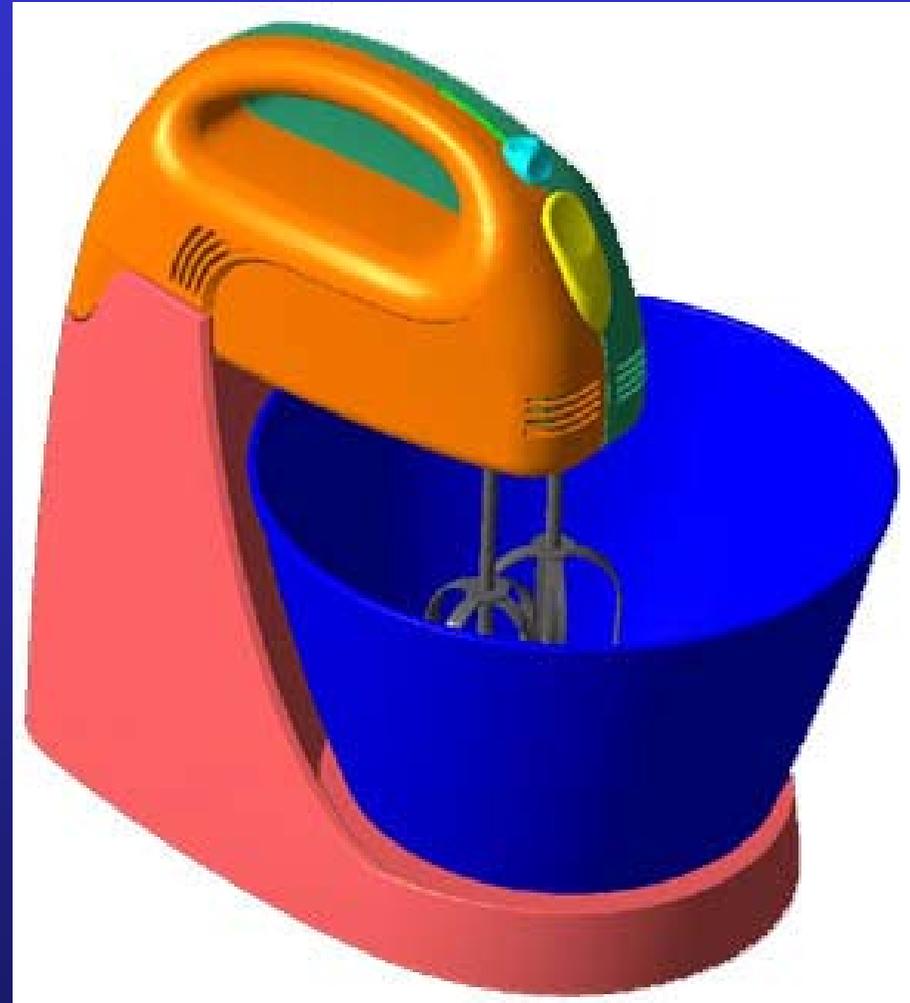
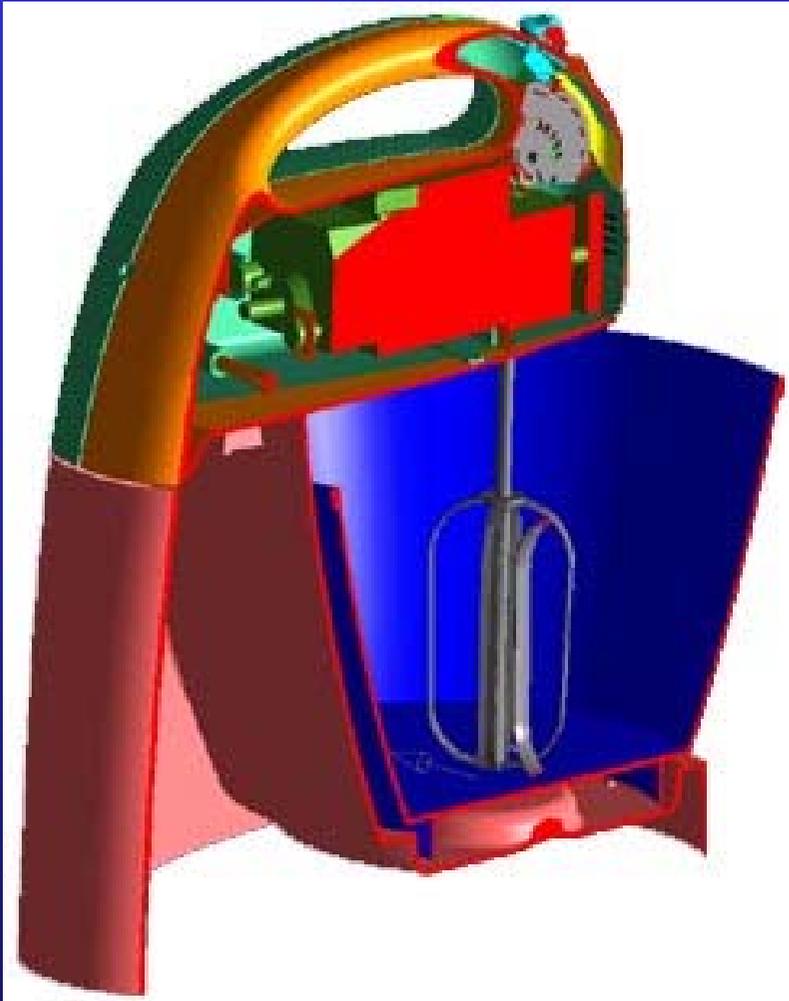


- Sistema 3D

- apresenta dificuldades que são próprias do processo de desenho (3 dimensões);
- imprescindível na aplicação de análises por elementos finitos;
- necessário para cálculos de volume, propriedades de massa e eixo de inércia e verificação de interferências.



- - Sistema 3D

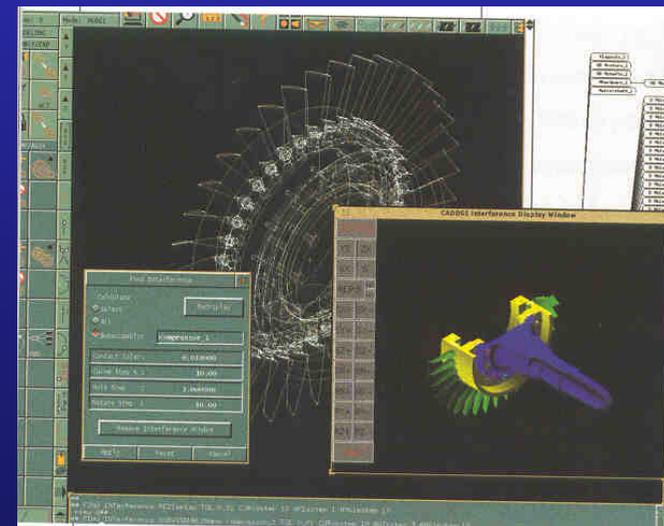
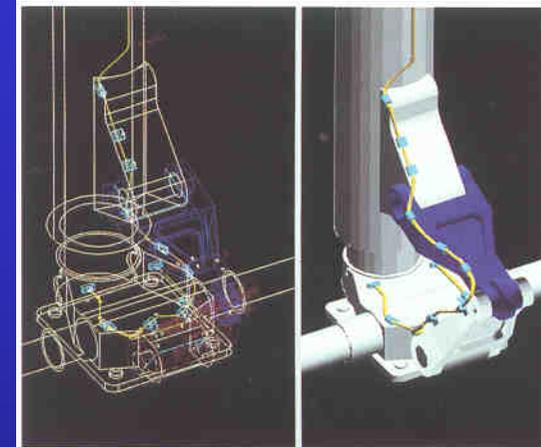


● - Sistema 3D

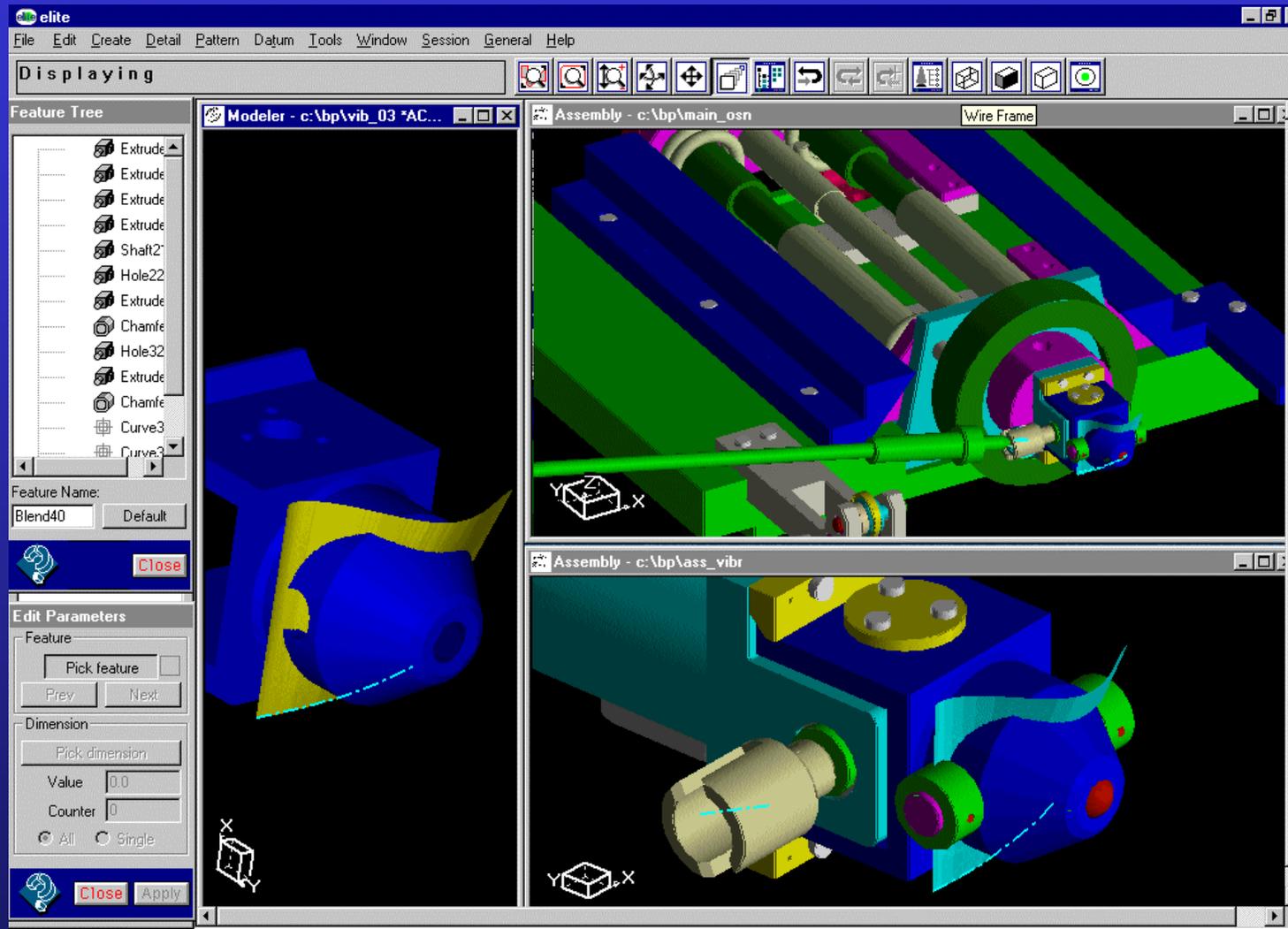


Os principais métodos de representação 3D:

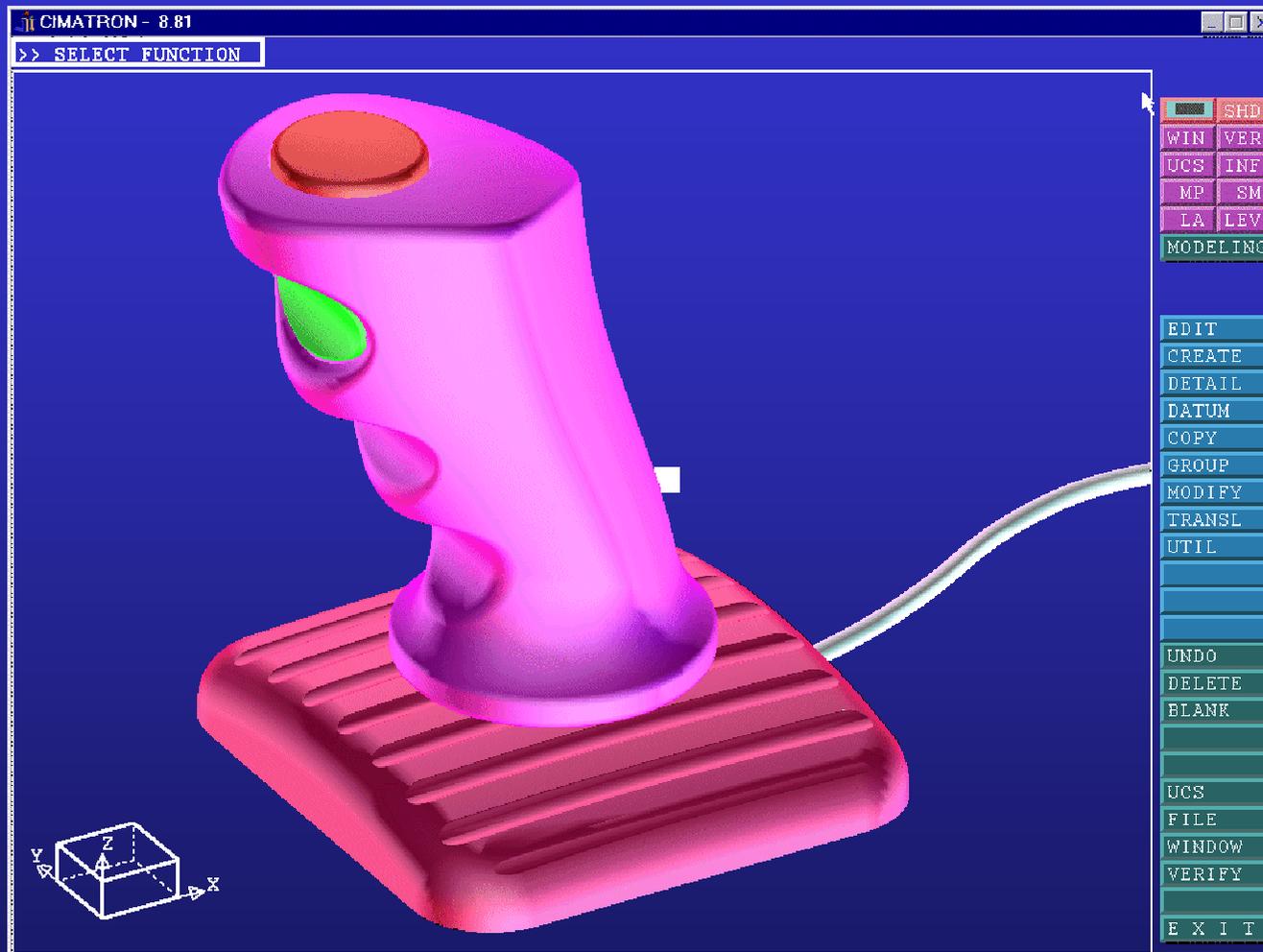
- Wireframe
- CSG
- Brep
- Híbrida
- Baseada em Features
- Paramétrica
- Dinâmica



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



CAE
Prototipagem Virtual
(FEM / FEA)

CAE – Computer Aided Engineering
(Engenharia Auxiliada por Computador)

FEM – Finite Element Method
(Método de Elementos Finitos)

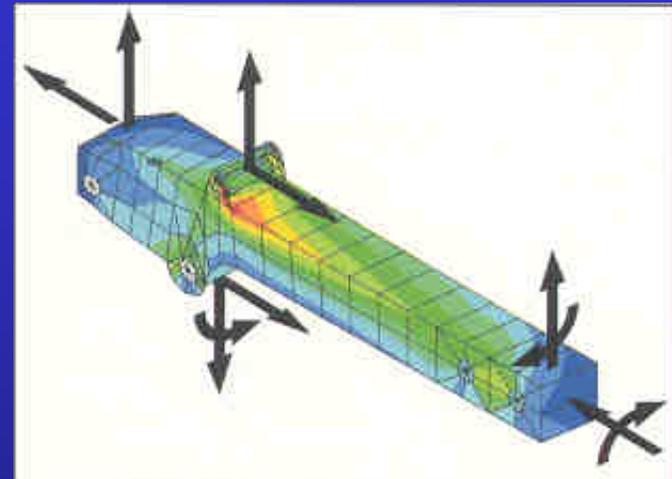
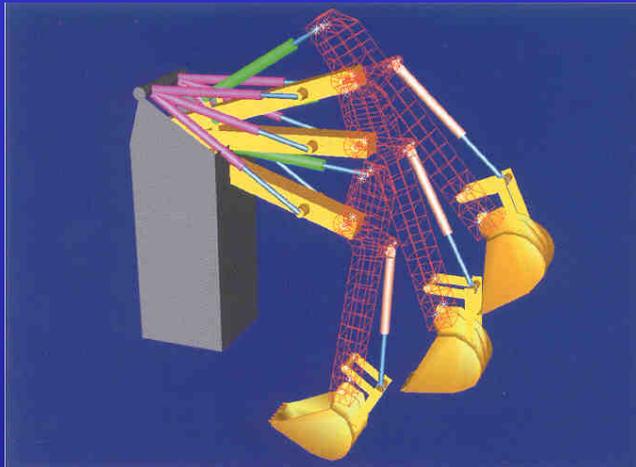
FEA - Finite Element Analysis
(Análise de Elementos Finitos)



Validação do Projeto Virtual

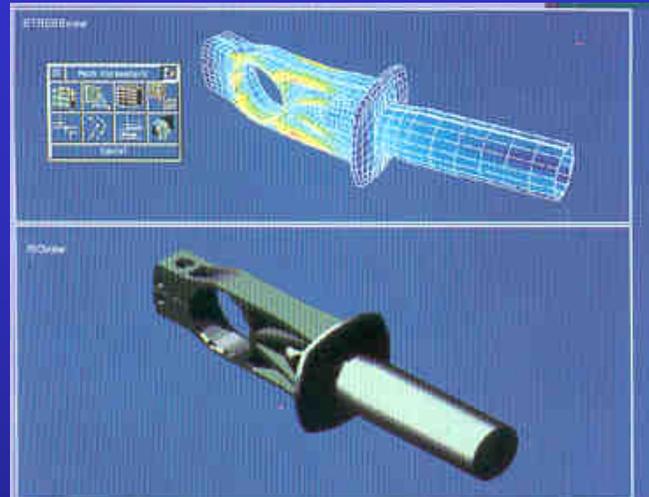
PROTOTIPAGEM VIRTUAL
Análise Dinâmica de Múltiplos Corpos

- **Simulação do comportamento dinâmico de sistemas mecânicos submetidos a deslocamentos;**
- **Possibilita a construção de um protótipo virtual para visualização dos movimentos e forças atuantes no conjunto;**
- **Permite a utilização de um número reduzido de graus de liberdade, executando análises que seriam muito demoradas ou complicadas para FEM;**
- **Não calcula tensões internas (FEA), mas obtém as forças atuantes no conjunto para ser utilizado como dados de entrada no modelo FEM;**



Vantagens da Utilização de Prototipagem Virtual:

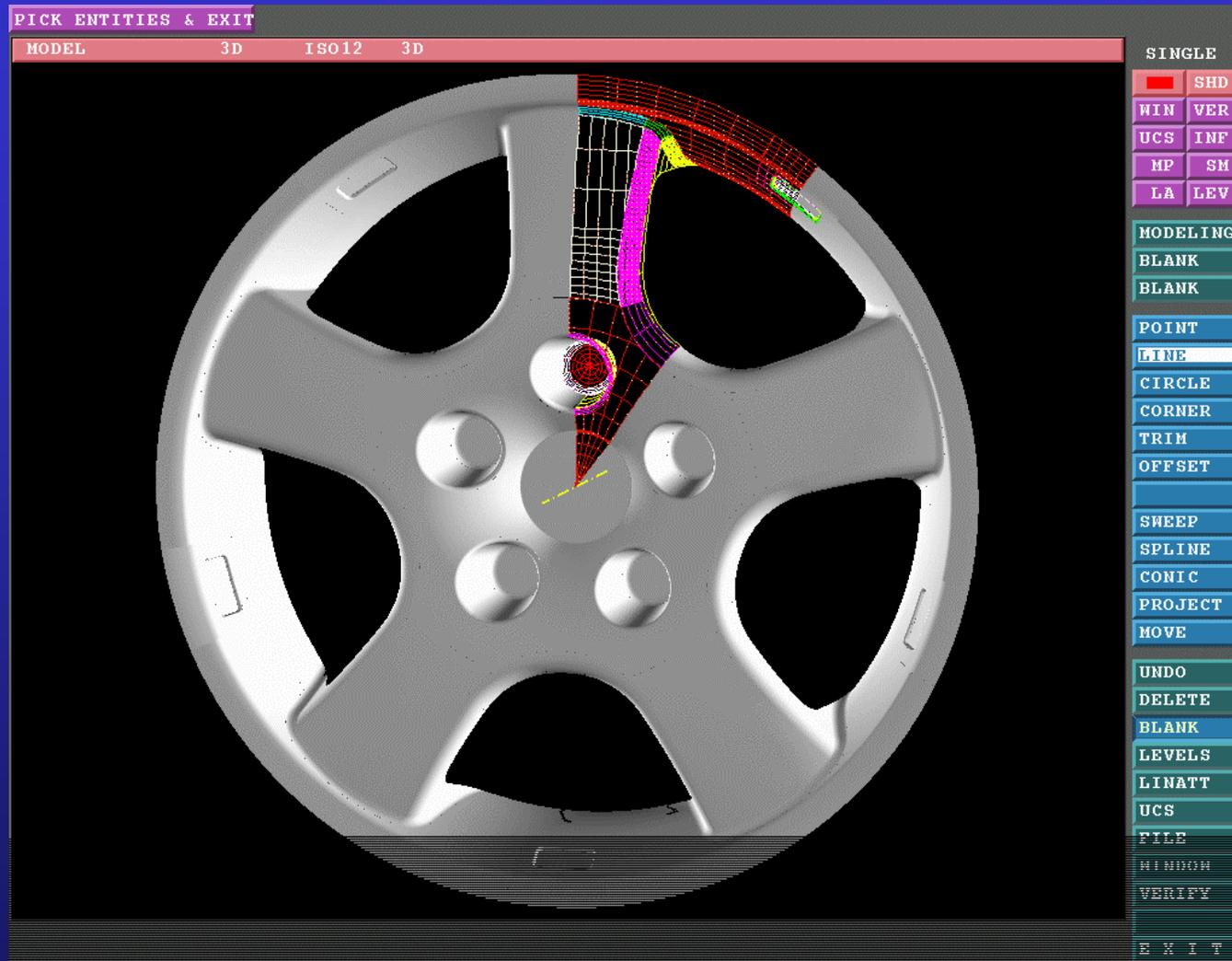
- Visualizar os movimentos do sistema (interferências);
- Determinar as forças atuantes;
- Utilização como dados de entrada para modelos FEM;
- Otimização do projeto antes da construção do protótipo físico.



Aplicações de Prototipagem Virtual:

- Determinação de esforços dinâmicos em geral;
- Análise de manobrabilidade e estabilidade em veículos;
- Determinação de potências necessárias em motores;
- Determinação de sistemas de suspensão e isolamento de vibrações;
- Detecção de travamentos em mecanismos;

Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



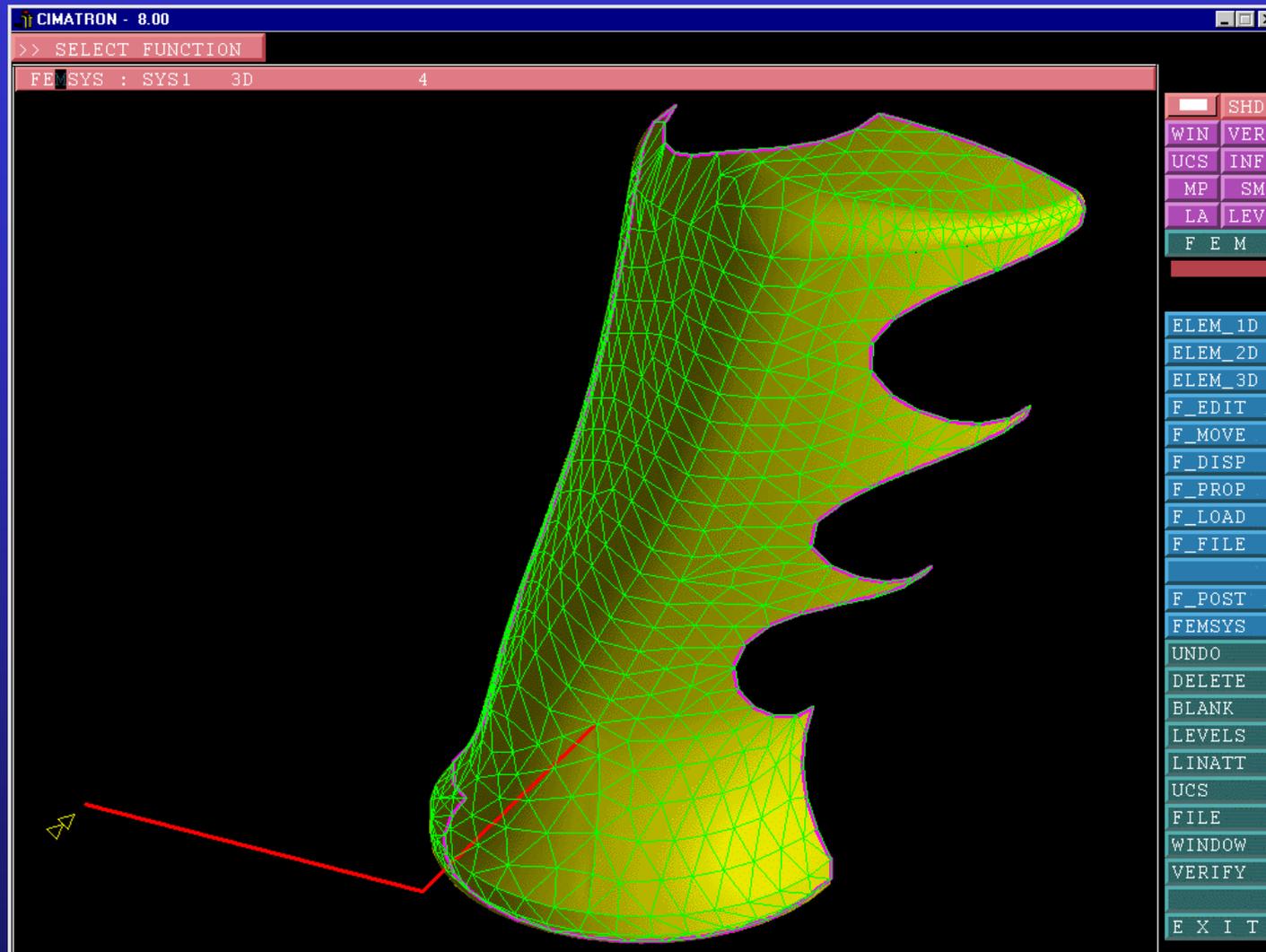
FEM / FEA
Validação do protótipo Virtual

Método de Elementos Finitos (FEM) é um método computacional que tem a finalidade de prever a reação de um objeto em função das forças, do calor e das vibrações atuantes.

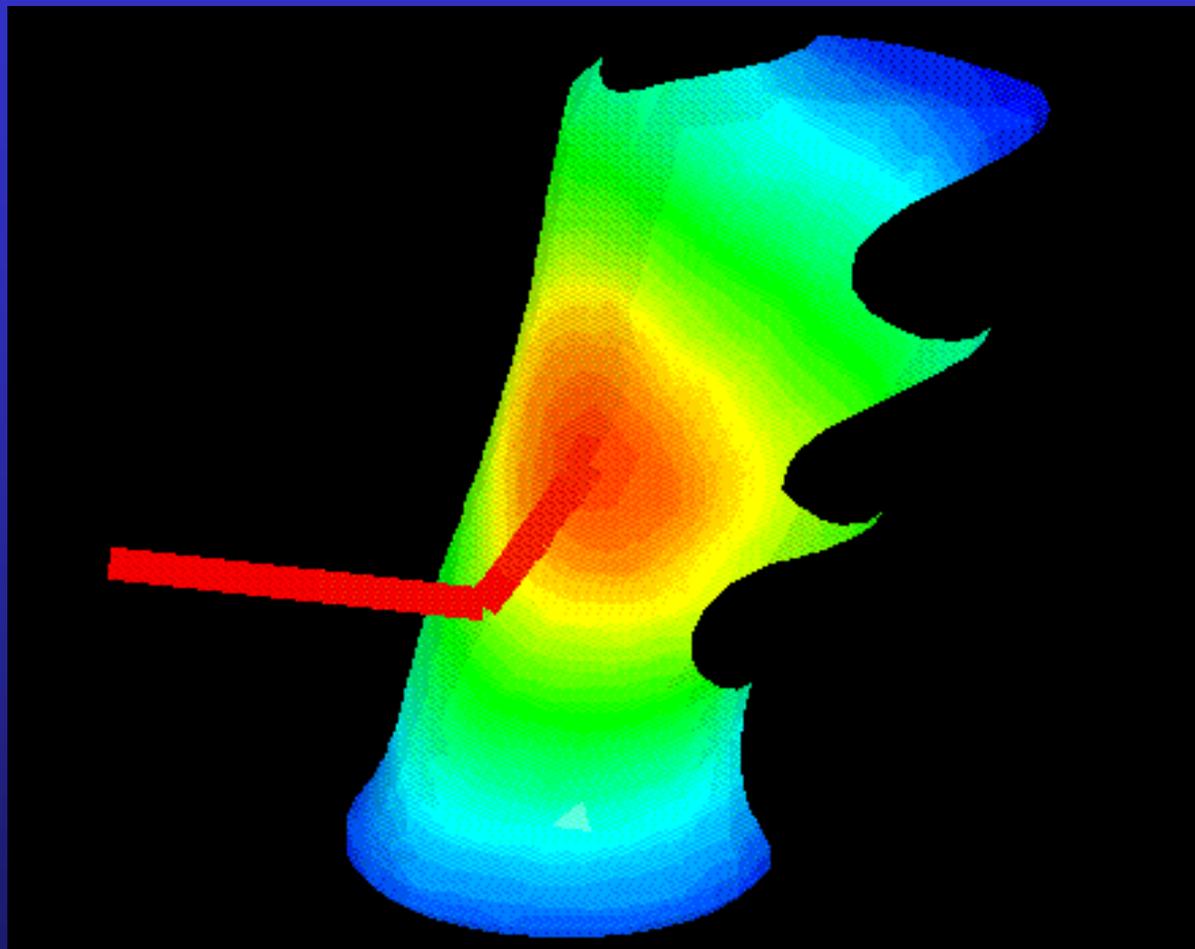


Também é chamado de Prototipagem Virtual pois é uma ferramenta que serve para analisar como o produto irá reagir quando for utilizado.

Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



Princípios:

- ✓ Baseado em equações de matrizes algébricas;
- ✓ Relacionam cargas e deflexões para análises de tensões;
- ✓ Divide um corpo real em milhares de elementos de formas geométricas regulares;
- ✓ O comportamento de cada elemento é traduzido em equações matemáticas;
- ✓ A somatória dos comportamentos dos micro elementos produzem o comportamento esperado do objeto real;
- ✓ Os elementos, apesar de muito pequenos, não são infinitesimais;
- ✓ É possível dividir uma forma geométrica complexa em formas simples, como barras, vigas e chapas triangulares;
- ✓ Caso seja necessário, também existem elementos mais complexos, como conchas curvas e sólidos tridimensionais.

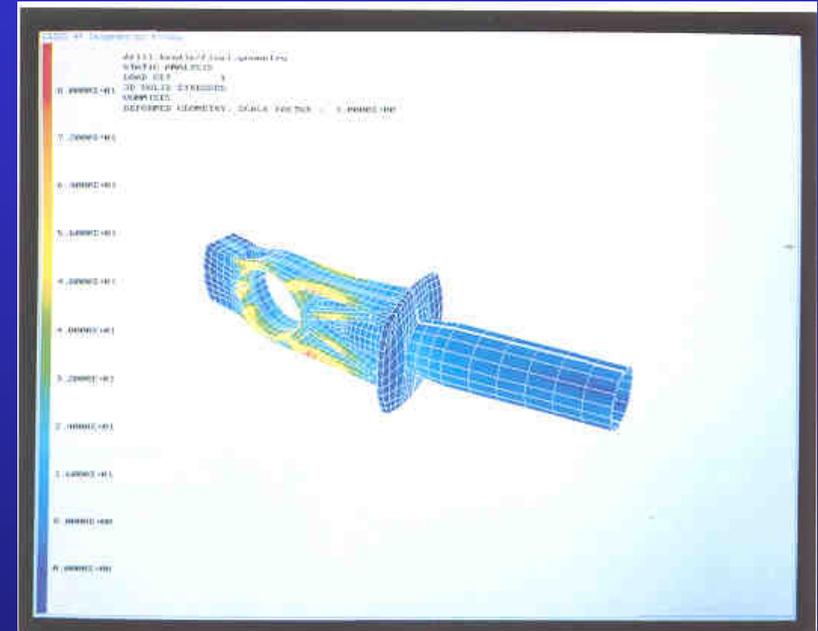
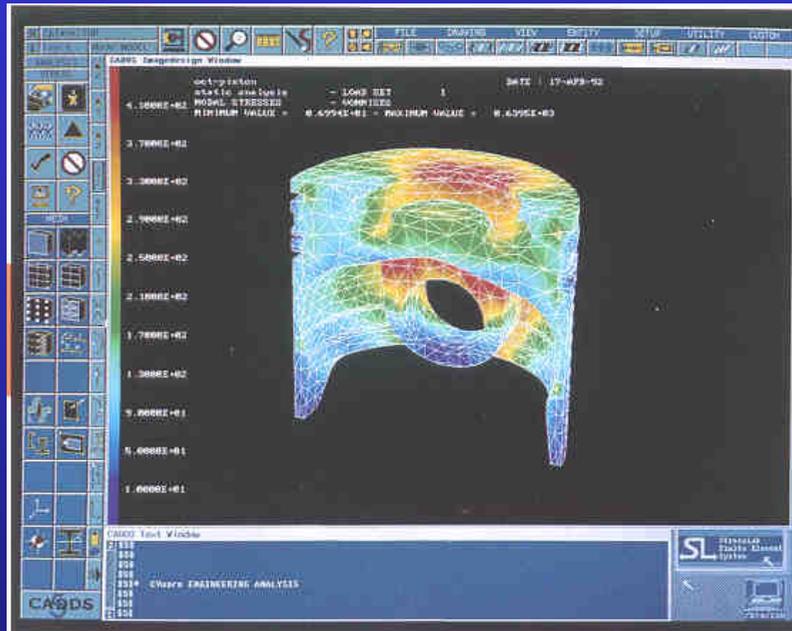
Modelo de Elementos Finitos:

- A eficiência da Análise de Elementos Finitos (FEA) depende do detalhamento do modelo utilizado e do processador matemático
- O Modelo de Elementos Finitos pode ser um modelo CAD 3D ou mesmo gerado/importado a partir de um desenvolvimento CAD
- Especial atenção é dada às junções dos elementos, existindo vários tipos e formas de uniões

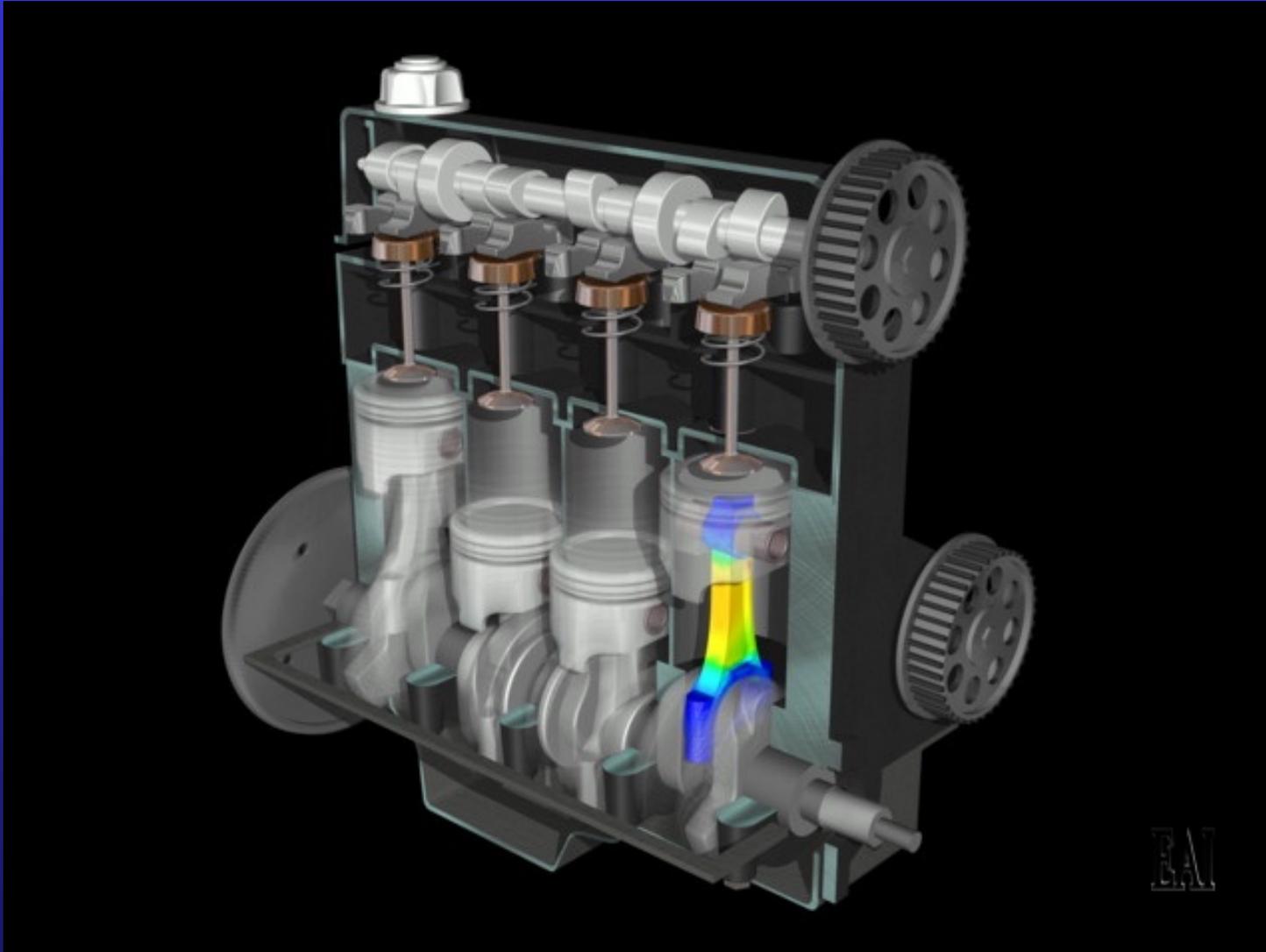
Aplicações:

-O Método de Elementos Finitos (FEM) é empregado para prever os seguintes comportamentos físicos:

- **Análise de Tensões**
- **Vibrações Mecânicas**
- **Transferência de Calor (condução, convecção, radiação)**
- **Fluxos de Fluidos (líquidos e gasosos)**
- **Fenômenos Elétricos e Magnéticos**
- **Acústica**



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



Após a Análise por Elementos Finitos, as modificações necessárias (estruturais, materiais) são repassadas ao modelo CAD, onde dá-se início ao

Detalhamento do Projeto

Otimização CAD (refinamento do projeto):

- As modificações ocasionadas durante o FEA, são aproveitadas no desenho CAD, utilizando os resultados da análise;
- É iniciada a fase de detalhamento do projeto, que compõem:
 - * detalhamento de juntas;
 - * especificação de parafusos, porcas, etc (bibliotecas);
 - * cotagem (dimensionamento);
 - * detalhamento para fabricação;

**PROTÓTIPO FÍSICO
(Validação do Projeto)**

PROTÓTIPO FÍSICO (Validação do Projeto)

Uma nova família de máquinas altamente inovadoras permitem, com tecnologias e materiais diferentes, obter um protótipo de um modelo ou de um molde, de maneira precisa e rápida a partir do modelo sólido gerado no sistema CAD 3D. Tais máquinas são conhecidas como máquinas de Prototipagem Rápida.

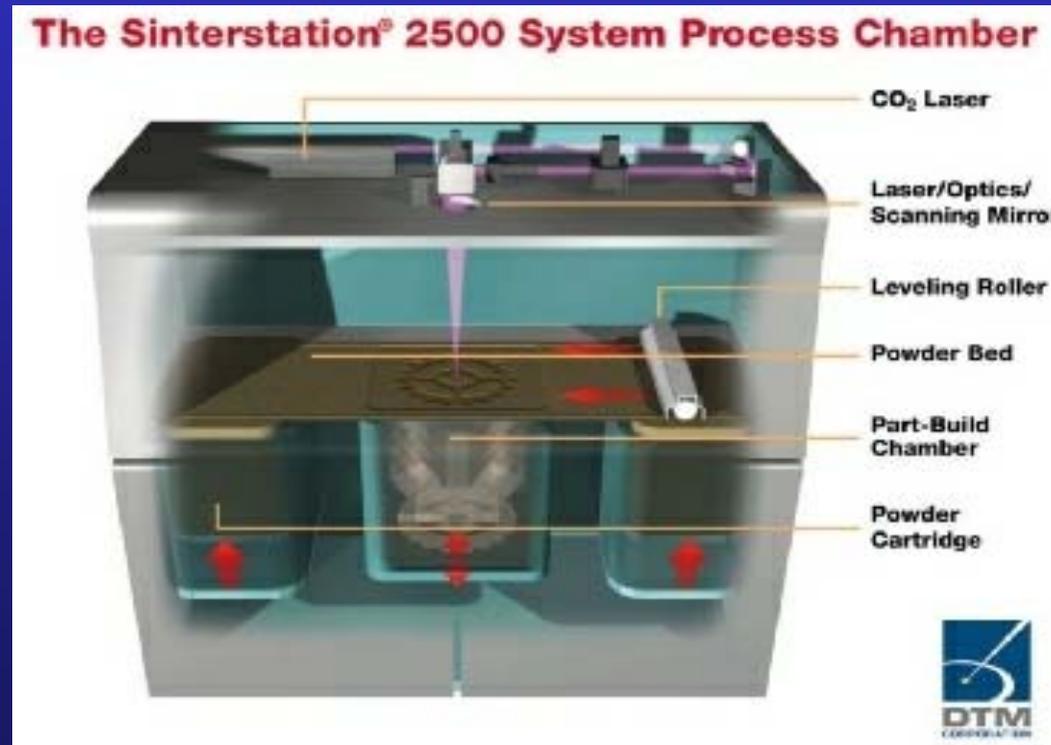


Principais Vantagens da Prototipagem Rápida

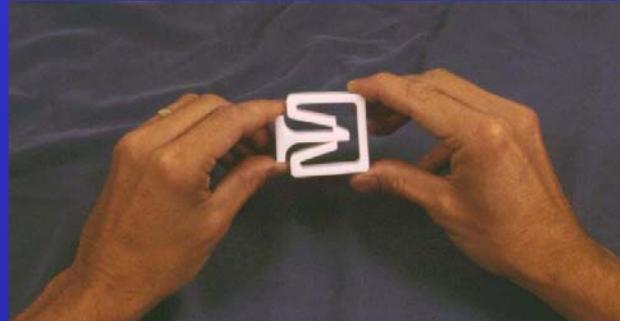
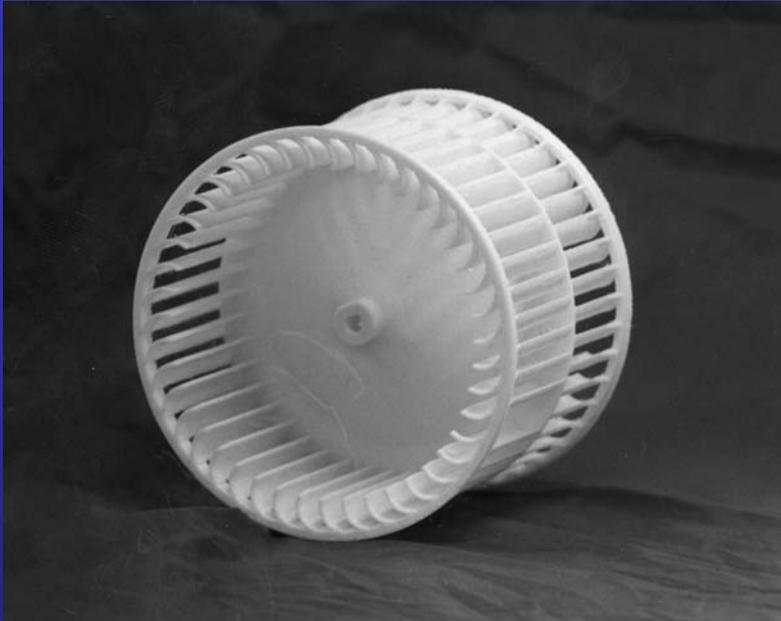
- Maior velocidade e menor custo
- Obtenção de matrizes para produção limitada de peças,
- Menor *time to market*
- Acréscimo na qualidade através de melhor avaliação do projeto.
- Diminuição das incertezas e riscos

Prototipagem Rápida

- Processo de estereolitografia (*StereoLithography - SL*),

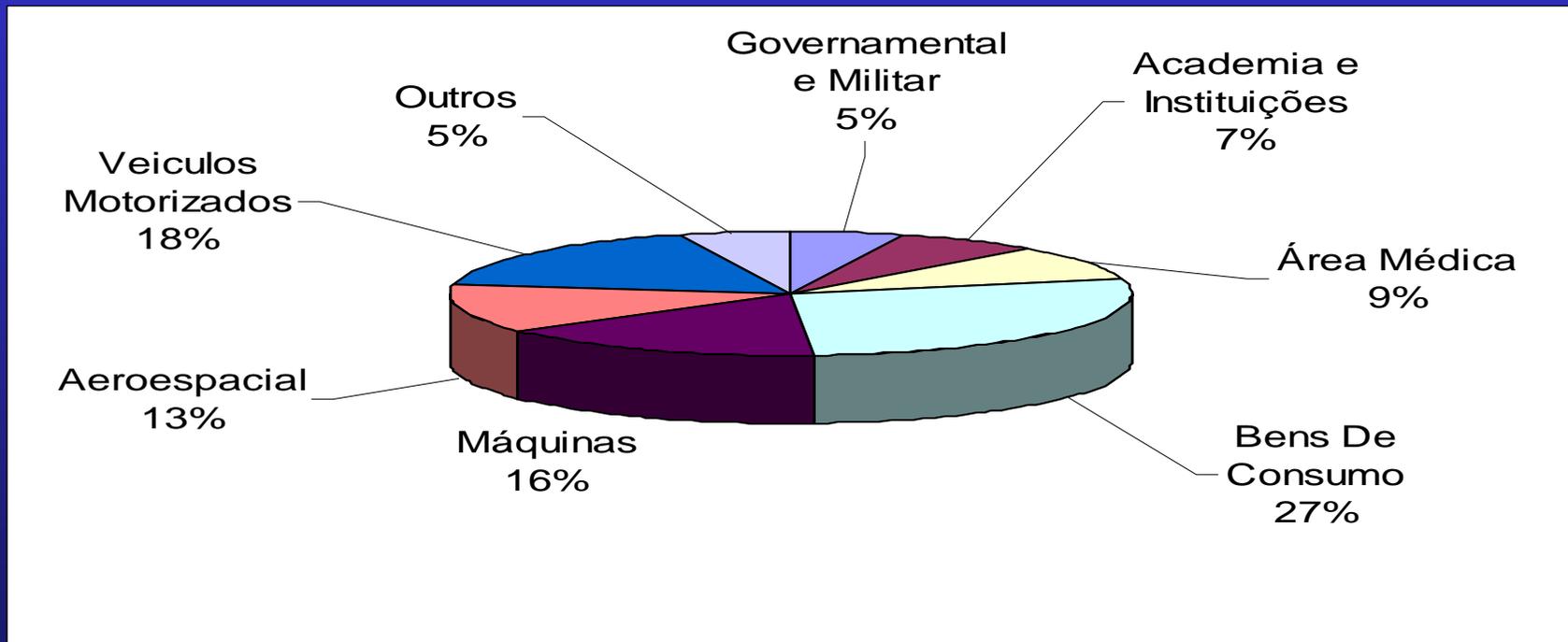


Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



Aplicações da Prototipagem Rápida

As técnicas de prototipagem rápida podem ser aplicadas às mais diversas áreas tais como, automotiva, aeronáutica, marketing, restaurações , educação, paleontologia e arquitetura.



Aplicações de prototipagem rápida em diferentes áreas produto nos EUA (Wohlers, 1998).

CAPP (*Computer Aided Planning Process*)
(Definição do Processo)

Objetivos do Planejamento do Processo

As funções do planejamento do processo são selecionar e definir os processos a serem executados em uma peça de maneira econômica, de acordo com as especificações do projeto.

■
O documento resultante do planejamento do processo, conhecido como plano de processo, é a base para se realizar o planejamento da produção e serve como referência à produção propriamente dita.

Se considera o planejamento do processo como o elo de ligação entre projeto e o planejamento da produção e também o chão-de-fábrica.

O Planejamento do Processo Convencional

O desenvolvimento de um plano de processo inicia-se, geralmente, a partir de um desenho de produto. A partir das informações de projeto, o processista passa a seqüenciar as operações do plano macro. Em uma fase posterior, estas operações são detalhadas, sendo que o nível de detalhe, depende de características da empresa.

O Planejamento do Processo Assistido por Computador (CAPP)

As características do planejamento de processo convencional, que dependem da experiência do processista, resultam em problemas que podem ser resolvidos pela aplicação do computador.

As informações produzidas pelo CAPP tornam-se padronizadas, eliminando-se a inconsistência de plano obtidos por Processistas diferentes.

A qualidade da documentação enviada ao chão-de-fábrica eleva-se também, garantindo o domínio do processo.

Benefícios do CAPP

Redução do tempo de planejamento
Agilidade nas revisões
Padronização dos processos
Criação de uma base única de processos
Aumento da qualidade dos processo

Existem ainda várias outras vantagens:

- como a redução drástica de papel impresso,
- agilidade na elaboração e alteração de uma especificação de projeto,
- alta confiabilidade nos dados por estarem automatizados com fórmulas de cálculos,
- definição de hierarquia para aprovação de projeto, entre outras.

A consequência do uso de CAPP nas outras áreas da empresa são: diminuição de refugos, diminuição do custo ferramentas, diminuição de lead-time e criação de padrões de engenharia

**CAM / CNC / DNC
(PRODUÇÃO)**

CAM (Computer Aided Manufacturing)

Pode ser definido, como auxílio via computador da preparação da manufatura, representando as todas as tecnologias usadas no chão de fábrica, que agem dentro de um processo produtivo, dizendo não só a respeito da automação da manufatura, como também a tomada de decisão, plano operacional, etc.

CNC (Comando Numérico Computadorizado)

Funções da Programação CN

Os sistemas CN normalmente são informações sobre o caminho da ferramenta, a partir da representação geométrica da peça disponível na forma computacional.

Estas informações são transformadas pelos computadores em instruções de movimento e comutação.

O comando Numérico foi o primeiro passo por que passaram as unidades de comando para máquinas ferramentas.

Métodos de Programação CN:

Programação direto na máquina - MID (*Material Data Input*)
Programação Manual

Programação auxiliada por computador:

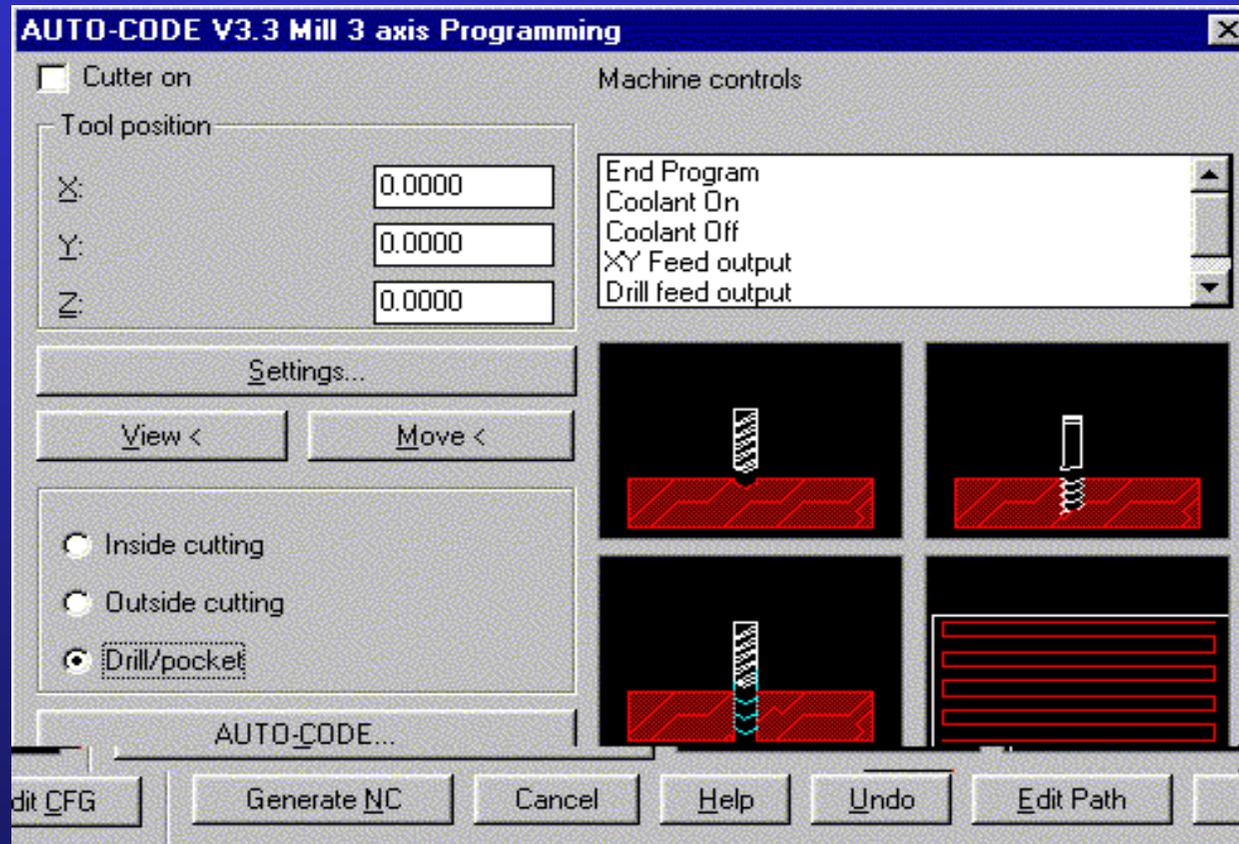


O mais tradicional método de programação auxiliada por computador é o que utiliza a linguagem APT ("*Automatically Programmed Tool*"). A função do programador, utilizando esse método, é escrever o programa fonte, aonde definisse a geometria da peça e/ou o percurso da ferramenta, via definição de forma padronizada pela linguagem de entes geométricos e funções auxiliares.

Outros métodos são executados pelos modernos sistemas CAD/CAM, onde a entrada é o desenho da peça ou o percurso da ferramenta. Interativamente, no módulo CAM do sistema, inicia-se a programação CN que gerará um arquivo neutro.



Definição do percurso da ferramenta



Definição do DNC

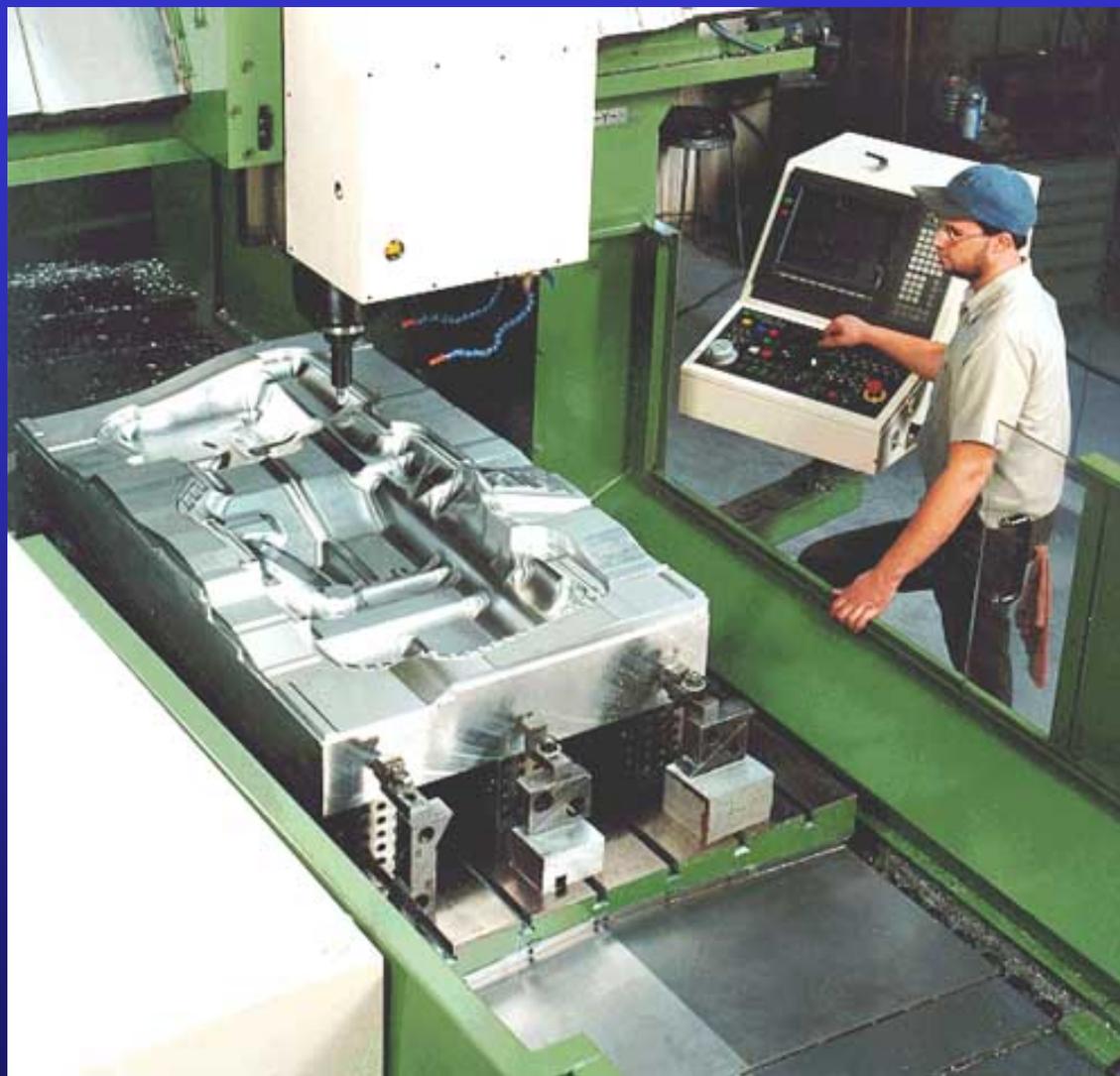
Inicialmente restringiam-se ao gerenciamento e distribuição dos programas. Em seguida, surgiram comandos simplificados, onde parte das funções do CN eram deslocadas para o computador, barateando-se o hardware do CN, mas aumentava-se o risco de parada da linha.

Os primeiros sistemas DNC foram implementados no final da década de 60 nos EUA e Japão, para gerenciar e distribuir os programas CN. Esperava-se a simplificação do gerenciamento e distribuição de programas, maior velocidade na transmissão dos dados, e maior confiabilidade na operação de transmissão.

Primeiramente pode-se dividir em duas fases o DNC

- ***Direct Numerical Control***
- ***Distributed Numerical Control***

Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



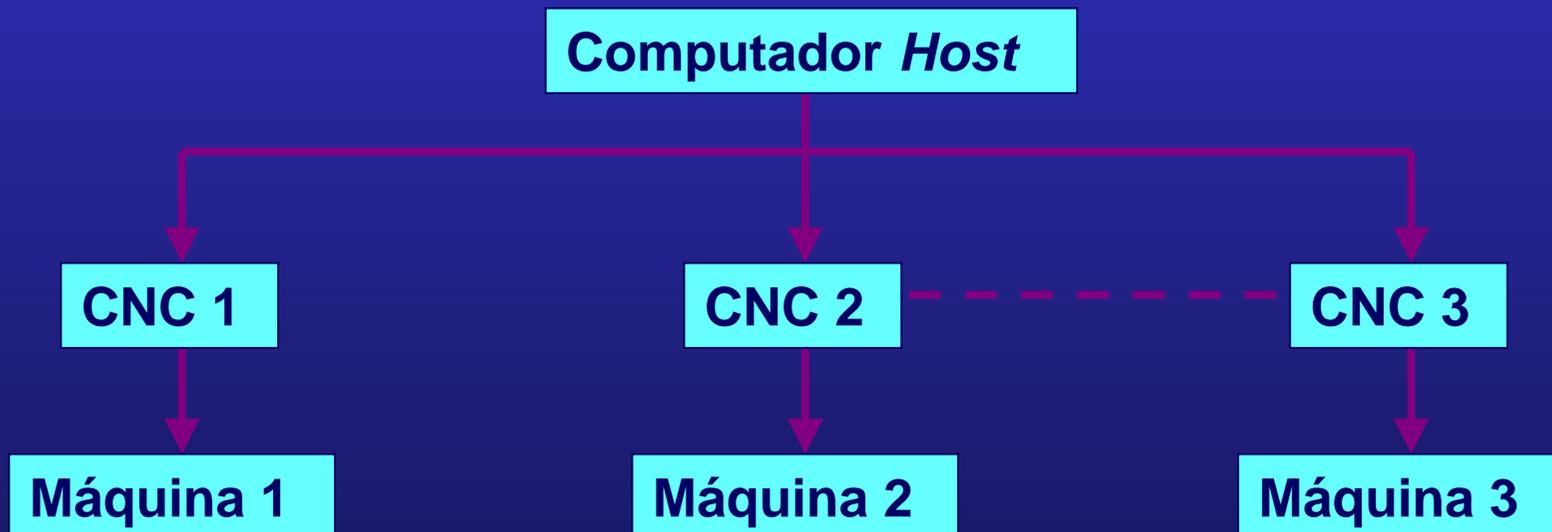
Controle Numérico Direto (DNC):

Esta estrutura consiste no controle direto das máquinas ferramentas pelo computador central (*mainframe*) que pode controlar até dezenas de máquinas ao mesmo tempo. Os programas são transferidos diretamente da memória do computador para unidade de comando.



Controle Numérico Distribuído (DNC):

Como a evolução dos sistemas CNC's que passaram a ser mais autônomas as unidades junto as máquinas passaram a ter uma biblioteca de programas podendo operar independente do computador central. Os programas continuam acontecendo via comunicação direta.



Atualmente, pode-se dizer que o DNC possui várias funções:

- Integração de outros setores da empresa (engenharia, produção,...);
- Integração de sistemas CAD com máquinas CN;
- Gerenciamento e distribuição de programas CN;
- Correção de dados;
- Aquisição e processamento de dados da produção e de máquinas CN;
- Funções parciais de controle da produção e do fluxo de materiais;

**CAQ - MEDIÇÃO
(Validação da Produção)**

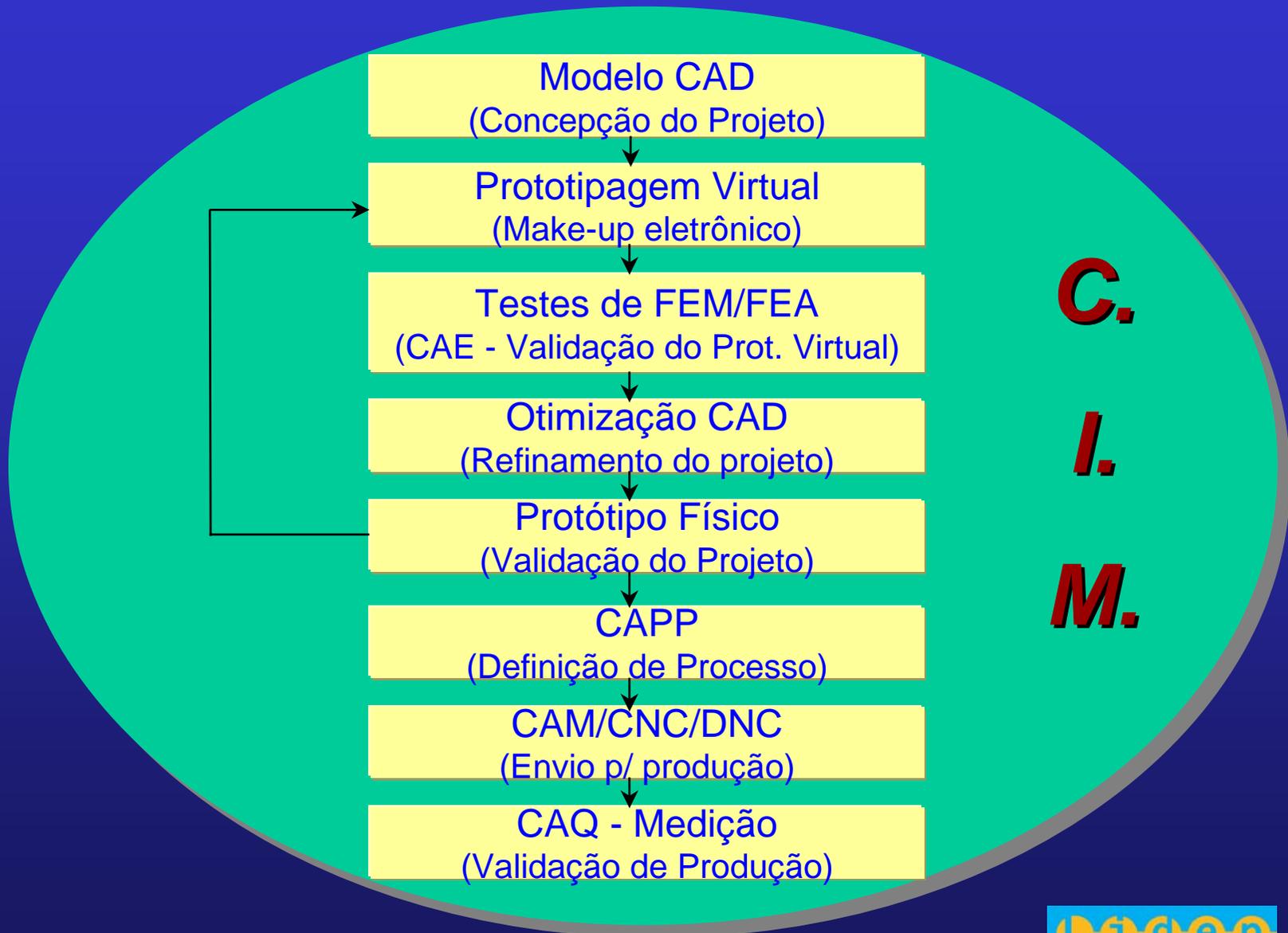
CAQ - Computer Aided Quality

Equipamentos De Medição

■
Normalmente são equipamentos destinados, à aferição da qualidade em sistemas de fabricação.

Em muitos casos, são máquinas bastante rígidas, onde a ferramenta é substituída por “apalpadores”(mecânicos ou óticos), ou por sistemas de visão artificial, ou de raio X.

Novas Tendências em Design e Projeto do Produto

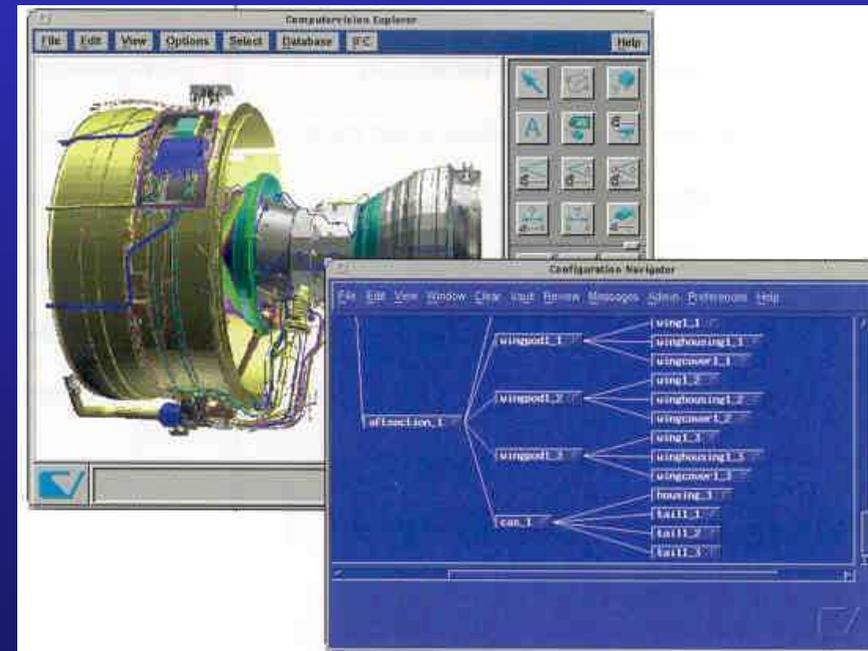


Ferramentas que ajudam no gerenciamento de dados e no processo de desenvolvimento do produto:

- EDM (Engineering Data Management);**
- PDM (Product Data Management);**
- PIM (Product Information Management);**
- TIM (Technical Information Management);**
- TDM (Technical Data Management) etc.**

O EDM/PDM controla o modelo matemático do CAD (novos modelos, revisões, *workflow*, normas, processos de fabricação, etc) utilizando-o em todas as etapas do processo de desenvolvimento do produto, visando:

- Redução do “*time-to-market*”;
- Melhoria da qualidade;
- Redução de custo.



O sistema PDM cria uma estrutura com todas as informações necessárias para gerenciar e controlar o produto, que inclui:

- Configurações de produtos;
- Especificações;
- Desenhos CAD;
- Modelos geométricos;
- Imagens (desenhos scaneados, fotos);
- Modelos de Elementos Finitos e resultados (FEM/FEA);
- Processos de Fabricação (CAPP);
- Programas CNC (CAM);
- Programação de produção (MRP);
- Anotações eletrônicas (atas de reuniões, revisões, etc);
- Outros

Qualquer tipo de informação necessária ao ciclo de vida do projeto do produto e sua fabricação, o PDM gerencia, tornando acessível a todos os envolvidos os dados e correções que se fizerem necessários.



O PDM não gerencia apenas o ciclo de vida do projeto do produto, podendo atuar na concepção, no detalhamento, na prototipagem e testes, fabricação ou onde se fizer necessário.

Aplicação de Sistemas PDM:

- Engenharia;
- Manufaturas;
- Publicidade;
- Desenvolvimento de softwares;
- Serviços financeiros;
- Qualquer atividade que informação/processo possam ser controlados.

Conceito :

O CIM representa uma forma específica de funcionamento de um sistema de produção que passa pela integração organizacional, suportada pela informatização.



Existem varias definições, mas podemos dividi-lás em 3 classes:

- Ênfase no caráter organizacional.
- Ênfase na importância dos sistemas de informações.
- Ênfase nas características especiais do modelo de manufatura integrada.

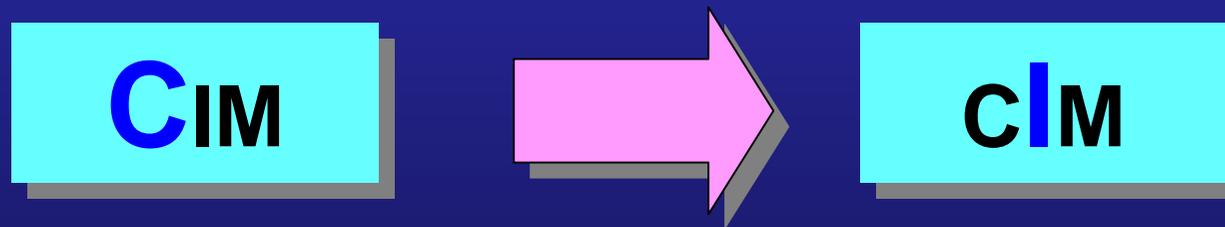
Nova leitura da sigla CIM

Desde os primórdios da utilização da sigla CIM, a ênfase estava na letra "C" de Computador, ou de uma forma mais ampla, Tecnologia de Informação.



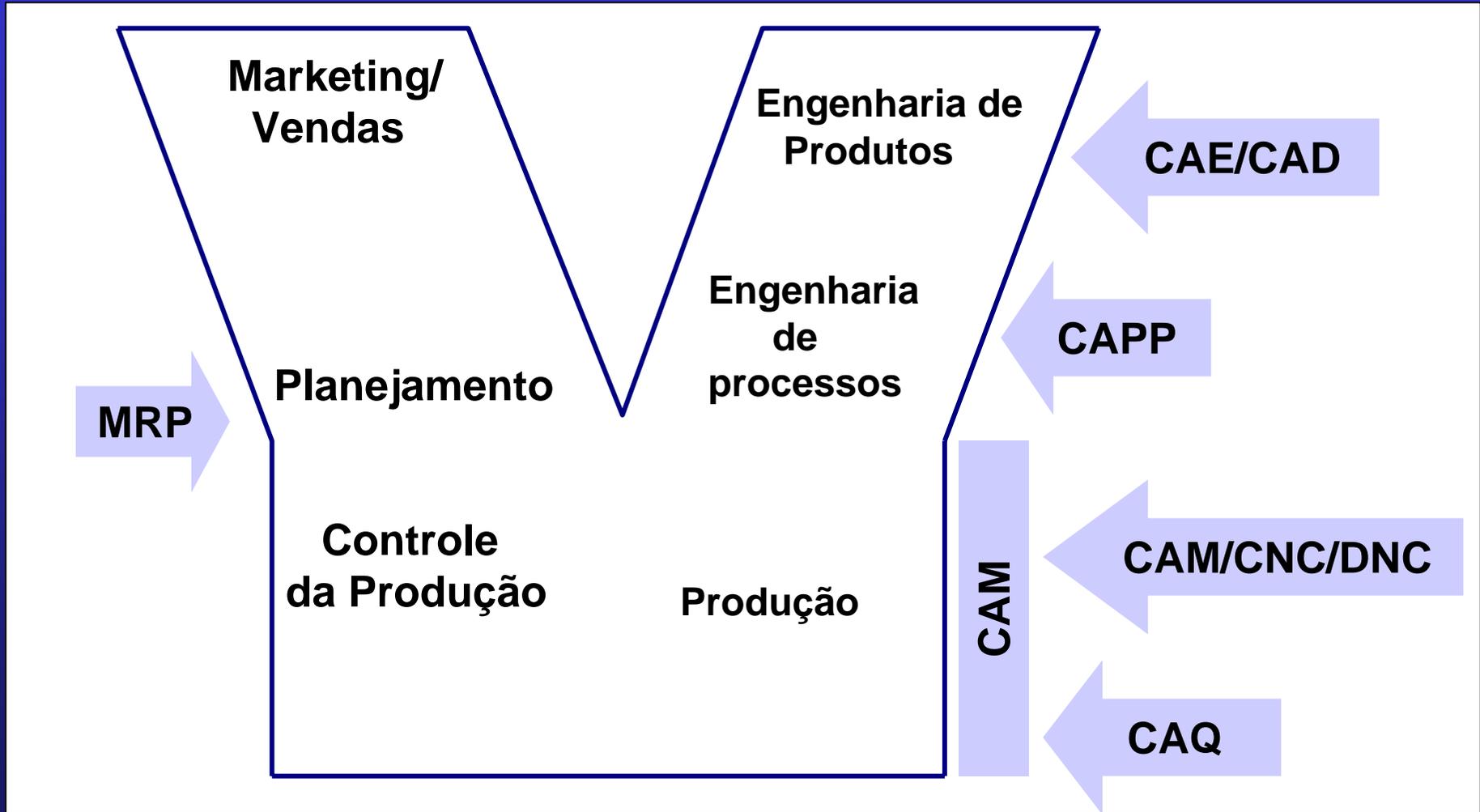
Considerava-se CIM como sendo "a utilização do processamento de dados eletrônicos e o fluxo de informações auxiliado por computador em todos os setores da empresa".

A ênfase atual mudou e a letra hoje então mais importante da sigla CIM é o "I" de Integração, que representa os processos de negócios nas suas diversas visões (estratégias, atividades, informação, recursos e organização) dentro de uma visão holística do negócio.

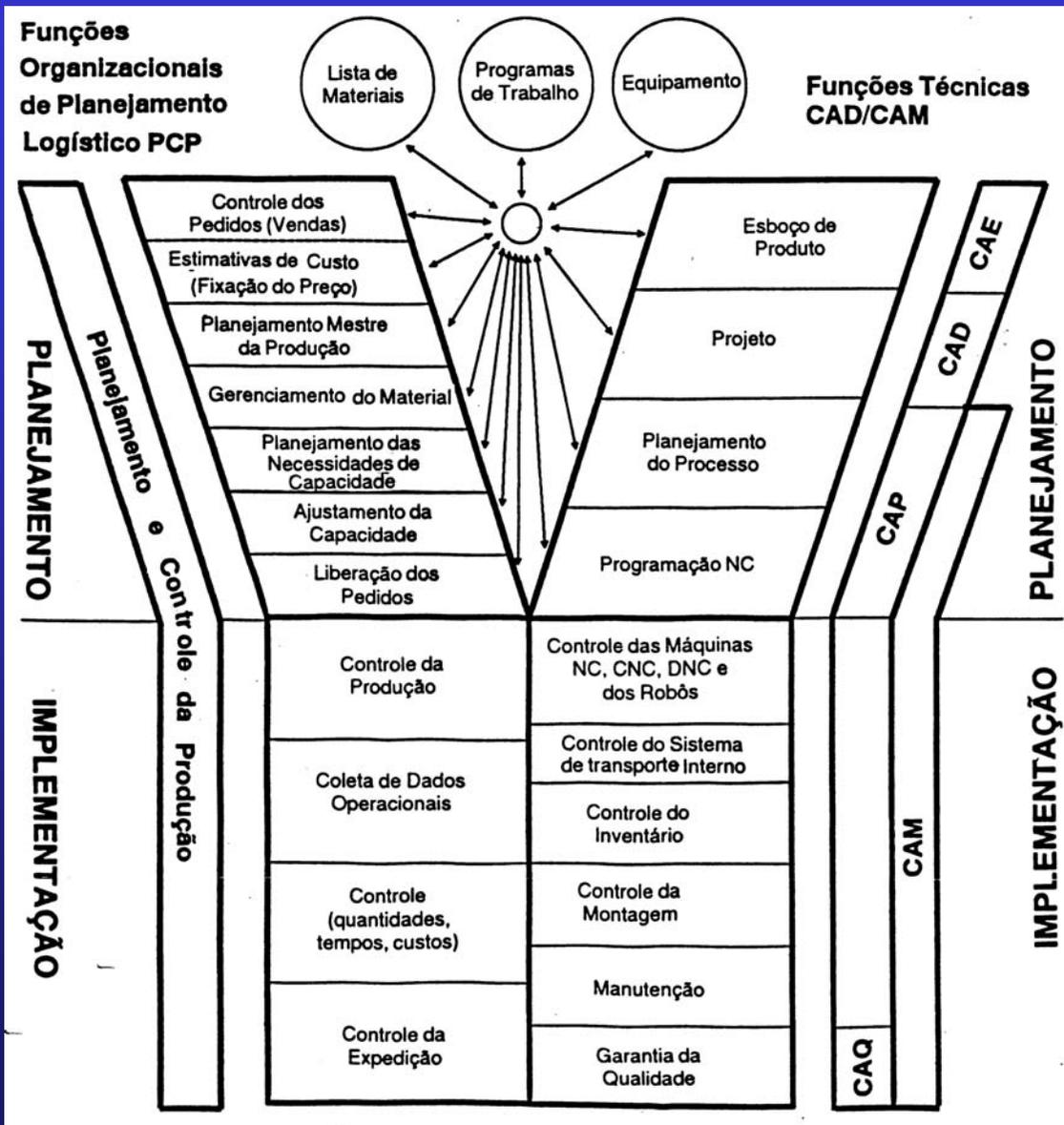


Integrar é obter uma operação mais eficaz dos processos de negócio de uma empresa e entre eles, compreendendo as pessoas, máquinas e informação, de acordo com os objetivos da empresa (Goranson 1997).

Modelo Y segundo Prof. A.W. Scheer



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto



Novas Tendências em Design e Projeto do Produto

ENGINEERING DATA MANAGEMENT

CONCEPT DESIGN ANALYSIS DRAFTING MANUFACTURING

Rolls-Royce Aerospace Group

- First to fully mock-up electronically a large turbofan jet engine
- Savings of over 35% achieved through digital mock-up on Trent 800, the latest engine
- Time to market reduced by over 25% in last decade with significant quality and cost gains
- Civil Aero Engine market share increased from 8-25% in last ten years

"We are undertaking this important relationship with Computervision to improve the strategic alignment of our technology with our business. Our new joint approach is a departure from the traditional supplier customer relationship, and is one that other industries will have to consider in the near future. Fundamental to this approach is the need to get our partners and suppliers adopting this process. We are delighted that Computervision will support us in fulfilling this need."

*- Phil Ruffles, Director Engineering
Rolls-Royce Aerospace Group*

WE MEASURE OUR SUCCESS BY OUR CUSTOMERS' SUCCESSES

Agradecimentos Especiais

■
A todos os participantes,
Obrigado!

Contato

Eduardo Romeiro Filho

Departamento de Engenharia de Produção da UFMG
Laboratório Integrado de Design e Engenharia do Produto

romeiro@dep.ufmg.br

Tel. 31 3499 4892 0 Fax 31 3499 4888

www.dep.ufmg.br/romeiro

