

# Guia de análise para projetistas de máquinas

## SUMÁRIO

A análise na vanguarda  
do desenvolvimento de  
projetos de máquinas 1-2

Área de aplicação 2

Escopo da análise 2

Excelente integração  
com 3D 3

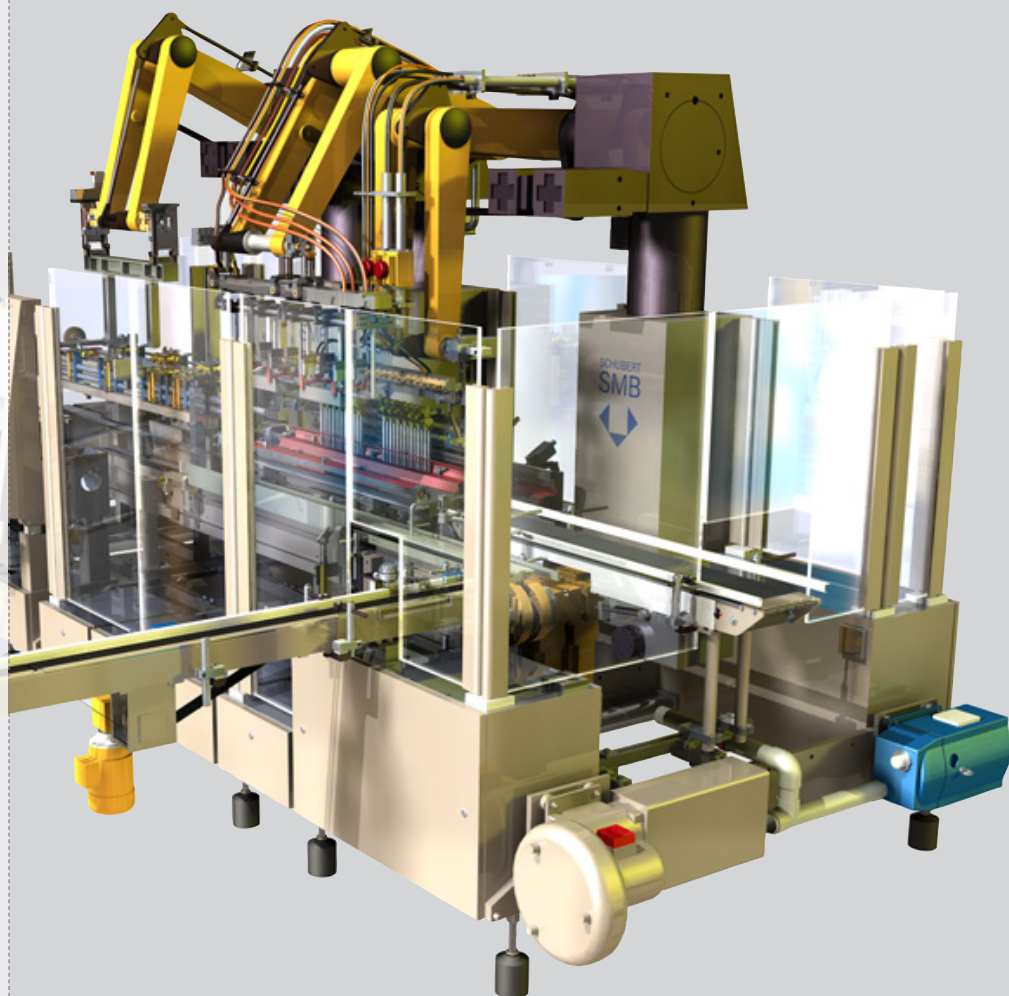
Estudos hipotéticos 3

Tipos eficientes  
de análises 4-6

Análise de montagens 7

Visualização 3D 8

Ferramentas de  
comunicação e  
colaboração de projetos 8

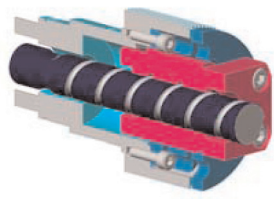


# COSMOS®

SolidWorks Corporation

**3D**  
**SolidWorks**

Os softwares de análise e simulação são ferramentas indispensáveis no desenvolvimento de máquinas em larga escala. Essas ferramentas permitem que o desenvolvedor avalie os projetos no início do ciclo, determine as causas de falhas prematuras em campo, explore rapidamente alterações no projeto para reduzir custo e peso e determine o fator de segurança do produto. O uso de ferramentas de análise tem especial valor para projetistas de máquinas devido ao tamanho e à complexidade dos sistemas em desenvolvimento. Ferramentas de análise podem identificar problemas de projeto que passam despercebidos simplesmente por causa da natureza dinâmica das diversas partes móveis da máquina.



**Figura 1**

**A FANUC Robotics utilizou o COSMOSWorks, o complemento do SolidWorks, para otimizar projetos. Essa combinação facilita a realização de análises e altera as dimensões de peças, onde for necessário, permitindo que os engenheiros criem projetos superiores. Segundo a FANUC, com a ajuda do COSMOSWorks agora é possível analisar o braço interno de um robô em apenas 15 minutos, sem simplificação, em um PC sofisticado.**

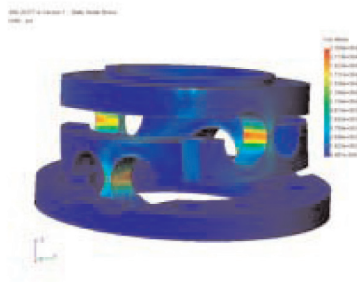
**Ferramentas de análise podem identificar problemas de projeto que passam despercebidos simplesmente por causa da natureza dinâmica das diversas partes móveis da máquina.**

Os fabricantes de máquinas sofrem as inflexíveis demandas dos clientes e do mercado por sistemas com preços mais acessíveis, mais confiáveis e mais produtivos, fazendo com que aqueles que desejam continuar tendo sucesso utilizem todas as ferramentas disponíveis. Essas ferramentas de análise reduzem os custos de desenvolvimento dos produtos através da redução das alterações tardias na engenharia. Elas asseguram que os produtos sejam lançados com rapidez, permitindo conquistar a maior fatia possível do mercado. Finalmente, elas permitem que os engenheiros testem materiais e projetos que resultam em produtos com peso e custo mínimos. Com o software de análise, os engenheiros podem simular o desempenho do projeto e também identificar e resolver problemas potenciais de projeto antes da criação de protótipos e da produção.

Este guia descreve as principais questões de desempenho de projeto enfrentadas pelos fabricantes e projetistas de máquinas, identificando os benefícios de se utilizar o software de análise COSMOS no ciclo de desenvolvimento do produto.

### **A análise na vanguarda do desenvolvimento de projetos de máquinas**

Independentemente da aplicação específica, projetistas de máquinas são pressionados por seus clientes para: aumentar a confiabilidade e a longevidade, lançar produtos novos e avançados no mercado mais rápido, reduzir o peso e o custo dos produtos e aumentar a produtividade. Trabalhando nesse tipo de ambiente, os engenheiros têm pouco tempo para produzir vários protótipos e utilizar métodos de tentativa e erro a fim de compreender melhor o comportamento físico de seus projetos. Contudo, essas informações são vitais para a criação de produtos inovadores e de alta qualidade.


**Figura 2**

Utilizando o COSMOSWorks, a equipe de engenheiros da Fanuc pode tirar proveito de todas as vantagens da eficiência do modelador de sólidos. Os pacotes gráficos convertem valores de tensão em algo de fácil visualização, o solver é rápido e, como o COSMOS™ é incorporado ao pacote do SolidWorks, isto ajuda a aumentar a produtividade do grupo de desenvolvimento da Fanuc.

As ferramentas de análise ajudam os projetistas de máquinas a compreender rapidamente o comportamento físico dos seus projetos, sem utilizarem protótipos e testes físicos dispendiosos que aumentam o ciclo de projeto do produto. Ferramentas de análise podem reduzir significativamente o número de ECOs, prazos perdidos devido a retrabalho no final do ciclo de projeto e reprojeto caros por ocasião da fabricação. A eliminação desses problemas diminui os custos de desenvolvimento e o tempo de lançamento no mercado. Além disso, essas ferramentas intensificam as comunicações entre as equipes de projeto, vendas, marketing, fabricação e o cliente através da facilidade de leitura e entendimento dos resultados gráficos.

As ferramentas de análise ajudam os projetistas de máquinas na compreensão rápida do comportamento físico de seus projetos, sem a utilização de protótipos e testes físicos dispendiosos que aumentam o ciclo de projeto do produto.

### Áreas de aplicação

- Equipamento de produção: cartões Hallmark, produção de alimentos
- Robôs industriais e sistemas robóticos: otimização de projetos, análise de falhas.
- Máquinas industriais para alimentos
- Equipamento de embalagem
- Sistemas eletromecânicos: sistemas de controle de processos de aquecimento.
- Placas de circuito impresso: semicondutores, dissipadores de calor, MEMS.
- Sistemas de resfriamento: ventiladores, motores, fluxos de ar.
- Sistemas eletrônicos: antenas, transmissores, interruptores.
- Ferramentas de automação
- Máquinas de aeração para bebidas
- Máquinas para abertura, enchimento e fechamento de sacos
- Máquinas para engarrafar: lavagem, esterilização, enchimento, colocação de tampa e de rótulo.
- Máquinas para embalagem de pães
- Máquinas de embalagem de papelão
- Umedecedores de etiqueta, tipo industrial
- Máquinas para etiquetagem, tipo industrial
- Máquinas para embrulhar

### Escopo da análise

- Verificação/validação de projetos: Este projeto funciona? Este projeto terá o desempenho que eu espero?
- Mérito relativo: Qual destes projetos candidatos parece ser o melhor? Como posso identificar e eliminar os projetos de funcionamento deficiente?
- Prova do conceito: Teste de novos conceitos radicais sem produzir protótipos.
- Durabilidade e confiabilidade: análise de fadiga/falhas, teste de queda, simulação de vibrações.

### Excelente integração com o CAD 3D

O software de análise COSMOS é altamente integrado aos principais sistemas CAD e diretamente integrado ao sistema de modelagem SolidWorks®, o padrão para projetos em 3D. Isso significa que os engenheiros podem utilizar o software de análise COSMOS diretamente no modelo CAD e não precisam remodelar projetos para tirar proveito da tecnologia de análise.



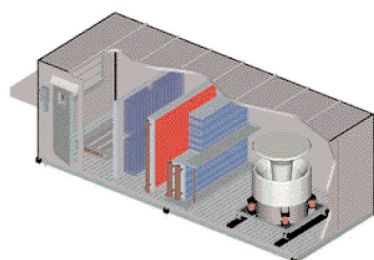
**Figura 3**

Robert McAnany é um engenheiro de projetos da Hallmark Cards que desenvolve máquinas para fabricação de cartões. Inovação e velocidade são essenciais no projeto das máquinas. Para um projeto em particular, McAnany passou uma semana realizando repetições de projeto de quatro componentes essenciais. "Nessa ocasião, estudei 18 projetos separados. Esse investimento no software COSMOS economizou pelo menos seis semanas de tentativas e erros na oficina, o suficiente para amortizar o investimento do software", ele declarou. E mais, a máquina funcionou logo na primeira vez. "Não tive tempo de errar nesse projeto", afirmou McAnany.

### Estudos hipotéticos

A óbvia vantagem da realização de testes "virtuais" com simulações de computador em relação aos testes físicos, além da economia de custo e de tempo, é a capacidade de se poder comparar muitos projetos que incorporam diferentes materiais, geometrias de peças, configurações de montagens, subsistemas, etc. O uso da análise para conduzir estudos hipotéticos - e se eu testar esse material ou utilizar esse tipo de mecanismo - pode ajudar os engenheiros a identificar o melhor material e o melhor projeto mecânico para uma determinada função. Usar um modelo computacional e um software de análise para executar avaliações hipotéticas economiza tempo e dinheiro, além de ajudar a melhorar o desempenho do produto. Ao combinar estudos de análise com o SolidWorks Configuration Management, o projetista pode chegar rapidamente à melhor solução de forma de projeto com muitos graus de liberdade.

Usar um modelo computacional e um software de análise para executar avaliações hipotéticas economiza tempo e dinheiro, além de ajudar a aprimorar o desempenho do produto.



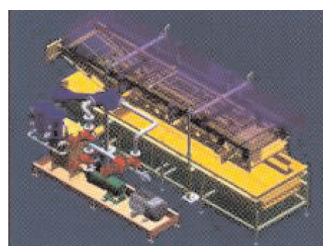
**Figura 4**

Os sistemas de ventilação modulares e personalizados são produtos ideais para análise, pois precisam ser capazes de aquecer, resfriar, umidificar e desumidificar o ar, além de filtrar partículas. Um dos fornecedores mais inovadores e rápidos dos EUA é a Cambridgeport Air Systems. Logo após a instalação do COSMOSFloWorks, a Cambridgeport começou a observar um retorno impressionante sobre o investimento. Os resultados das análises do COSMOSFloWorks substituíram três protótipos físicos, economizando aproximadamente entre US\$ 5.000 e 6.000. Isso permitiu que a empresa apresentasse propostas para trabalhos que eram antes considerados muito complexos.

### Tipos eficientes de análise - térmica, vibração, fluxo de fluido, não-linear, eletromagnética

Projetistas de máquinas precisam trabalhar com sistemas de complexidade e variabilidade impressionantes. A cinemática e a dinâmica de todas as peças móveis e seu potencial de interferência exigem um intenso esforço de projeto. Os efeitos térmicos dos componentes geradores de calor sobre o resto do sistema podem ser difíceis de prever e de desenhar. A vibração e outros problemas estruturais podem provocar falhas de peças, desempenho deficiente e outros problemas operacionais. Empresas que usam análise para tratar desses problemas no estágio de projeto desenvolvem uma grande vantagem em relação aos concorrentes. O software de análise COSMOS ajuda a garantir que essas considerações sejam abordadas no início do ciclo de desenvolvimento do produto, permitindo que os fabricantes acelerem o lançamento no mercado e reduzam os custos de desenvolvimento, ao mesmo tempo em que criam produtos de qualidade superior e com menos problemas de garantia. Utilizando uma ampla variedade de tecnologias de análise, o software COSMOS ajuda os engenheiros a garantir que o comportamento de um dispositivo estará dentro dos limites do projeto, será confiável e evitará falhas térmicas, eletromagnéticas ou induzidas por tensões.

**Empresas que usam análise para tratar desses problemas no estágio de projeto desenvolvem uma grande vantagem em relação aos concorrentes.**



**Figura 5**

**A Casa Herrera projeta e fabrica máquinas para processamento de produtos alimentícios à base de farinha e milho, como "tortillas" e flocos de milho. A utilização do COSMOS na análise de projeto torna possível calcular em 30 minutos as forças essenciais de componentes da máquina, como a exercida pelo rolete sobre a cabeça do cortador de folhas. Antigamente, essa análise complexa demandaria duas semanas de trabalho de um engenheiro experiente.**

- A análise estática é uma ferramenta que ajuda o projetista de máquinas a evitar falhas catastróficas imediatas ou a longo prazo e a determinar se é necessário reprojeter um ou mais elementos básicos. Os projetistas podem estudar as tensões e deflexões no dispositivo e compará-las com os níveis permissíveis para previsão de falhas. O COSMOSWorks tem a capacidade de analisar cascas com a utilização de superfícies do SolidWorks e a extração de superfícies médias de estruturas de paredes finas, particularmente úteis em máquinas que incorporam chapa metálica nos projetos. A análise estática permite que os projetistas otimizem as geometrias, minimizem o peso e o uso de material, e determinem o fator de segurança integrado em cada máquina.
- A análise de movimento também é muito valiosa no desenvolvimento de máquinas com montagens dinâmicas de natureza extremamente complexa. A execução da análise de movimento permite que os projetistas façam "testes virtuais" antes da fabricação de protótipos físicos, economizando tempo e dinheiro durante o ciclo de projeto iterativo. Alterações efetuadas antes de "cortar o metal" são muito mais econômicas e rápidas de representar. A análise de movimento permite que os projetistas aprendam mais sobre a máquina na fase conceitual e detectem interferências dinâmicas antes da fabricação de modelos de engenharia.

- A análise térmica tem importância crucial no projeto de máquinas. O gerenciamento de temperaturas em componentes como placas de circuito impresso, dispositivos mecânicos ou sistemas eletrônicos pode ser um desafio de projeto importante que o engenheiro deve enfrentar e resolver. O software de análise COSMOS pode executar uma análise térmica de estado estacionário ou transiente em peças ou montagens. Depois de gerar a malha do projeto, o projetista estabelece as restrições relevantes e ajusta as condições de fluxo de calor ou de energia associadas a uma característica geométrica do modelo. Como as propriedades materiais do componente incluem condutividade térmica, coeficiente de expansão térmica e capacidade calorífica, o projetista adquire uma previsão realista das distribuições de temperatura sob as cargas e condições operacionais recomendadas.

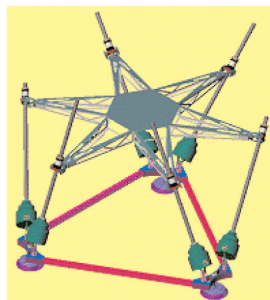


Figura 6

A Pushcorp, Inc. fabrica ferramentas de braço robótico e de automação. A Pushcorp escolheu o SolidWorks e o COSMOSWorks pela facilidade de uso, grande integração com o Windows e extrema funcionalidade. O recurso de chapa metálica do SolidWorks também tem a capacidade de integrar-se bem com oficinas locais. Além disso, ser capaz de usar o COSMOSWorks e o SolidWorks permite à Pushcorp "acertar logo na primeira vez".

Com o software de análise de projetos COSMOS, o engenheiro pode simular as frequências naturais de uma peça ou de uma montagem.

- A análise de vibração é valiosa em muitos tipos de máquinas. Muitas possuem motores, bombas e outras fontes de vibração que podem afetar adversamente o desempenho de dispositivos eletrônicos e mecânicos instalados nas proximidades. O melhor desempenho com um mínimo de efeitos adversos sobre esses componentes exige a compreensão das frequências naturais nas quais um componente ou montagem poderá vibrar, e o impacto de quaisquer tensões ou deflexões que possam ocorrer. Com o software de análise COSMOS, um engenheiro pode simular as frequências naturais de uma peça ou de uma montagem e utilizar essas informações para modificar o projeto ou os materiais utilizados, a fim de evitar a ressonância e a deflexão em certas áreas ou para aprimorar o desempenho. A análise de vibrações aleatórias também pode ajudar os engenheiros a reforçar os sistemas elétricos projetados para resistir a terremotos, e representa uma técnica mais econômica do que a realização de testes com tremores físicos. A análise pode ser utilizada para reduzir a frequência e a vibração a fim de minimizar os efeitos de perturbação no desempenho do sistema.

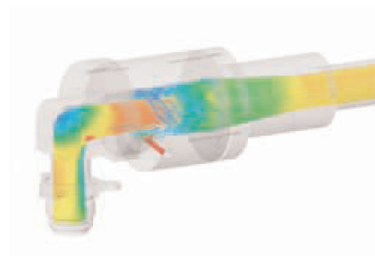


Figura 7

A Neumag aprimora continuamente o projeto de bocal de textura, um processo tradicionalmente realizado por tentativa e erro, o que não é ideal devido ao alto custo e ao tempo para produzir os protótipos necessários. Eles concluíram que dados experimentais não eram mais suficientes, e criar protótipos e usar especialistas externos era muito caro. O COSMOS FloWorks permitiu à Neumag compreender melhor seus projetos e prever melhor os efeitos das alterações no projeto.

- A análise de fluxo de fluidos tem diversas aplicações no domínio do projeto de máquinas. As propriedades do fluxo de fluidos exercem uma função importante na análise de transferência de calor. As máquinas grandes geralmente possuem geradores de calor grandes, como fontes de alimentação e motores que exigem um resfriamento ativo. A transferência de calor convectiva e conjugativa depende das propriedades do fluxo de fluidos. Sistemas eletrônicos, como os sistemas hidráulicos, podem ser modelados e seus projetos avaliados. Além disso, essa análise pode ser usada no processo de projeto de componentes fluídicos como bocais, válvulas, sistemas de bombas e sistemas de lubrificação. Seja qual for a necessidade analítica de um fabricante, o COSMOSFloWorks™ oferece a análise da dinâmica de fluxo computacional (CFD) de alta potência para se compreender o impacto do fluxo de fluidos na temperatura de sistemas elétricos.
- A análise não-linear fornece aos projetistas de produtos elétricos e eletrônicos a possibilidade de avaliar o desempenho de um produto dentro de um ambiente complexo de simulação tridimensional, dando a eles uma determinação muito mais precisa dos diferentes fatores que podem provocar uma falha em um dispositivo. As ferramentas de análise não-linear são eficientes para analisar problemas estáticos e dinâmicos com não-linearidade material e geométrica, hiperelasticidade, arrasto, termoplasticidade e viscoelasticidade. O software de análise não-linear COSMOSM® também pode analisar problemas de contato não-linear relativos a interações de superfície de modelos com ou sem atrito.

As máquinas grandes geralmente possuem grandes geradores de calor, como fontes de alimentação e motores que exigem um resfriamento ativo.



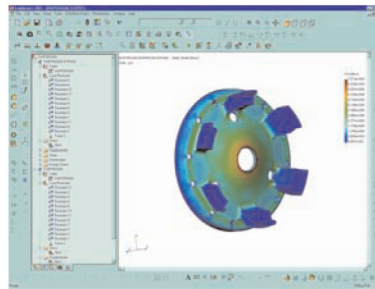
**Figura 8**

**Quebrar as regras do projeto mecânico? Isso foi o que o software COSMOSFloWorks ajudou David Rachels e sua equipe de engenharia a fazer recentemente, quando redesenharam um separador inercial ciclônico para um dos principais fabricantes norte-americanos de motores à turbina. O desafio do projeto era maximizar a rotação do ar para aumentar a eficiência e manter o delta P abaixo do limite especificado pelo cliente. Para descobrir se estavam perto desse objetivo, eles criaram combinações específicas do modelo e as analisaram no COSMOSFloWorks. Foram analisadas 27 variações, incluindo todos os pontos axiais e o ponto central.**

- O software de análise eletromagnética oferece técnicas eficientes para a otimização de potência em campos elétricos, frequentemente utilizadas no projeto de máquinas de grande escala. A interferência entre fontes de alimentação e placas de circuito, por exemplo, pode ter ramificações que afetam de forma adversa o desempenho do sistema. Essa capacidade de análise do COSMOSEMST™ também é útil na resolução de problemas de compatibilidade e de interferência eletromagnética.

### Análise de montagens

A análise de montagens em grande escala é crucial para projetistas de máquinas. Máquinas industriais possuem naturalmente muitas submontagens complexas com diversas peças. Conseqüentemente, a análise de projetos de máquinas requer uma faixa extensa de métodos de fixação, interconexão e encapsulação. Os projetistas exigem a realização de análises em peças, submontagens e montagens completas. Essas montagens podem ser afetadas por calor, pressão, vibração, impacto e campos eletromagnéticos em todos os níveis do projeto.



**Figura 9**

**A Speedgrip Chuck Inc. usa o COSMOSWorks para verificar os pontos de tensão em mandris. A Speedgrip fabrica dispositivos de fixação de peças de precisão conhecidos como mandris. Esses mandris fixam peças e outros objetos enquanto estes estão sendo fabricados. Os mandris da Speedgrip são utilizados em ferramentas de produção como tornos e máquinas de trituração, balanceamento e soldagem.**

A análise de espaçamento/contato de montagens do COSMOS permite simular várias condições reais para máquinas grandes.

O software de análise COSMOS permite que os engenheiros simulem todos esses comportamentos, tornando possível a análise de montagens de CAD pequenas ou grandes. O software oferece aos engenheiros a possibilidade de atribuir materiais diferentes a partes distintas da montagem e especificar como será a interação entre os componentes. A análise de espaçamento/contato de montagens do COSMOS permite simular várias condições reais para máquinas grandes.

Vários testes físicos que antes eram realizados em máquinas grandes, agora podem passar para simulações em computador. Testes de queda, realizados para assegurar que o transporte não danifique a máquina, podem ser aplicados durante a fase de projeto e alterações mais fáceis e econômicas podem ser feitas antes da prototipagem física e da fabricação. A análise térmica pode evitar o superaquecimento dos componentes do sistema e ajudar a projetar sistemas de aquecimento e resfriamento adequados para a máquina. É possível modelar as fontes de vibração no sistema e estudar os seus efeitos nos componentes circundantes. Isso permite desenvolver sistemas de isolamento eficazes no início do ciclo de projeto.

### Visualização 3D

As ferramentas do COSMOS permitem a análise de máquinas e produtos industriais em grande escala nos níveis de componente, montagem e sistema.

- A visualização 3D fornece ao projetista uma primeira verificação da intenção do projeto, de sua operação adequada e da estética à medida que este se desenvolve.
- O CAD 3D permite ao projetista visualizar um projeto de produto de todos os ângulos e examinar as peças internas do produto durante todo o processo de projeto. Isso dá aos projetistas uma visão clara e precisa de peças e montagens logo no início do ciclo de projeto.
- A visualização 3D reduz os erros de comunicação e fabricação, economizando tempo de desenvolvimento ao transmitir as informações de maneira mais eficiente, de modo que os projetistas possam localizar os problemas no início do ciclo do projeto. Os projetistas podem visualizar o produto de todos os lados e olhar o interior, ocultando o invólucro externo ou outras peças.
- Animações 3D de simulações permitem visualizar como a máquina funciona no mundo real.
- As plotagens de seção permitem visualizar os resultados da simulação no interior da peça e não apenas na superfície.

As ferramentas de colaboração oferecem novos meios para que os projetistas de produtos possam trabalhar de modo mais eficiente com outros membros da equipe de desenvolvimento.



**Figura 10**

A Johnson Corporation fornece sistemas de controle de processos avançados, juntas rotativas, sifões, sistemas de aquecimento e componentes afins para equipamentos de fluidos e de transferência de calor usados em indústrias de processos. Na otimização de uma junta rotativa e de uma montagem de sifão utilizados em máquinas de alta velocidade para fabricação de papel, o COSMOSWorks permitiu que os engenheiros da Johnson analisassem essas peças e controlassem mais conceitos em um tempo menor e com menos repetições de projeto. O resultado foi uma montagem mais forte, mais leve e com maior durabilidade, criada em uma fração do tempo de desenvolvimento normal.

### Ferramentas de comunicação e colaboração de projetos

- A colaboração em projetos tornou-se uma parte cada vez mais importante do processo de desenvolvimento de produtos, pois permite que os projetistas compartilhem facilmente os projetos com qualquer pessoa e em qualquer lugar.
- As ferramentas de colaboração oferecem novos meios para que os projetistas de produtos possam trabalhar de modo mais eficiente com outros membros da equipe de desenvolvimento. A capacidade de compartilhar recursos de projeto pela Internet beneficia todos os projetistas de produtos, dos consultores independentes aos engenheiros de grandes multinacionais.
- As ferramentas de análise do COSMOS permitem aos projetistas compartilhar os resultados da análise em vários formatos, tais como:
  - Relatórios em HTML de resultados de análises
  - Arquivos VRML
  - Arquivos AVI
  - O COSMOSWorks permite que os usuários publiquem o eDrawings para os resultados da análise.



**COSMOS<sup>®</sup>**

SolidWorks Corporation

**Sede da Empresa**

SolidWorks Corporation  
300 Baker Avenue  
Concord, MA 01742 EUA  
Telefone: +1-978-371-5011  
Email: [info@solidworks.com](mailto:info@solidworks.com)

**Sede na Europa**

Telefone: +33-4-42-15-03-85  
E-mail: [infoeurope@solidworks.com](mailto:infoeurope@solidworks.com)

**Sede na América Latina**

Telefone: +55-11-3186-4150  
ou 0800-772-4041  
Email: [info@solidworks.com](mailto:info@solidworks.com)

Para obter informações adicionais sobre produtos de análise da SolidWorks, acesse o site [www.solidworks.com](http://www.solidworks.com).



SolidWorks é uma marca comercial registrada da SolidWorks Corporation. COSMOS é uma marca comercial registrada da Structural Research and Analysis Corporation. Todos os outros nomes de empresas e produtos são marcas comerciais ou marcas registradas dos seus respectivos proprietários. ©2006 Structural Research and Analysis Corporation. Todos os direitos reservados.