

Otimização com o **COSMOSWorks**

SUMÁRIO

Introdução 1

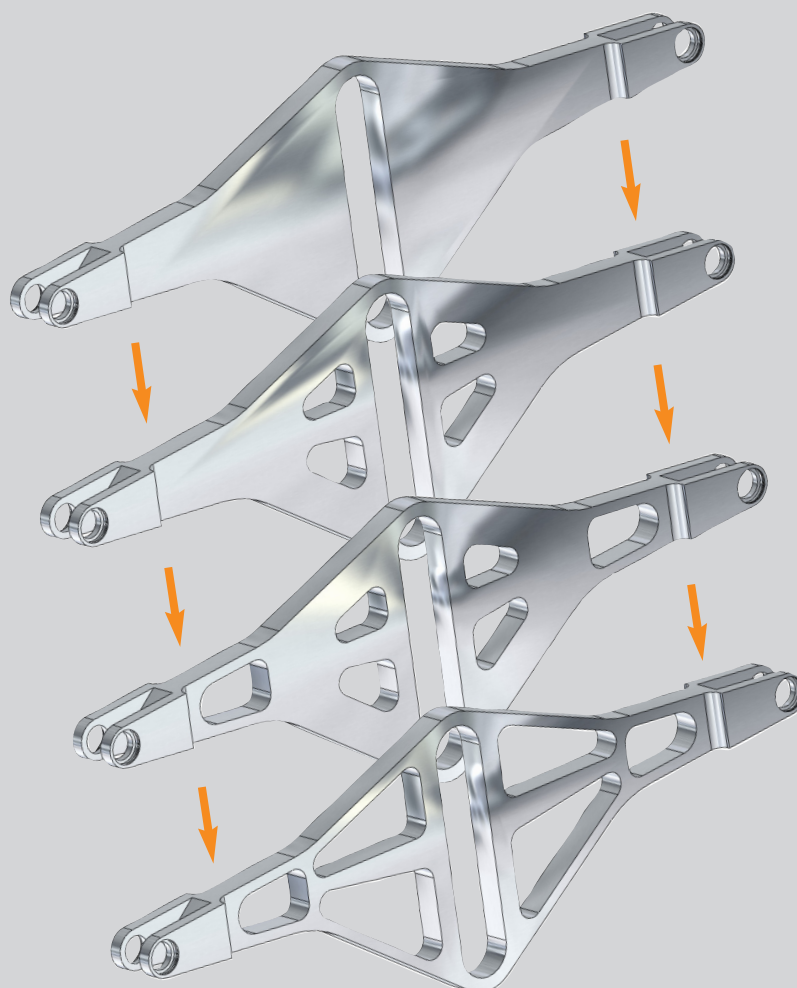
Base para a
otimização 2-3

Ferramentas para
a otimização de
produtos 4-5

Otimização com o
com o COSMOSWorks 6

A conexão entre CAD e
análise para otimização 7

Sucesso com
a otimização 7-8



COSMOS®

SolidWorks Corporation



Na última década, engenheiros de projeto aprenderam a utilizar e confiar em ferramentas de engenharia assistida por computador (CAE), como análise de elementos finitos (FEA), dinâmica de fluido computacional (CFD) e simulação de movimento, como recursos importantes para produzir projetos melhores de forma mais rápida. Eles sabem que essas ferramentas ajudam a projetar peças, montagens e produtos preparados para enfrentar o trabalho mais pesado que provavelmente virá mais adiante.

Entretanto, produtos projetados para atender ao "pior caso" talvez não sejam a melhor solução na vida real. Para atender a requisitos de segurança e resistência, podem ser muito complicados e pesados demais para seus objetivos, ou extremamente difíceis e caros para fabricar. Engenheiros de projeto empenhados em projetar produtos considerados os melhores e mais lucrativos para determinada função devem dar o próximo passo em termos de CAE no desenvolvimento de produtos - a otimização.

A otimização do projeto pode aumentar o valor do produto aprimorando seu desempenho dentro do sistema operacional.

Otimização para engenheiros de projeto

A otimização de projeto pode aumentar o valor de um produto melhorando seu desempenho dentro do ambiente operacional e reduzindo o custo de produção ao diminuir a quantidade de material usada para produzi-lo.

Por definição, o engenheiro de projetos está na vanguarda do desenvolvimento de produtos. Hoje, qualquer engenheiro está familiarizado com análise de projeto - e isto significa que ele já possui o conhecimento básico necessário para realizar a otimização. Ele só precisa das ferramentas adequadas para dar o próximo passo.

A otimização ajudará o engenheiro de projeto a aumentar seu conhecimento em relação ao comportamento do produto e aprimorar o projeto, além de trabalhar com os dados obtidos de análises concluídas anteriormente.

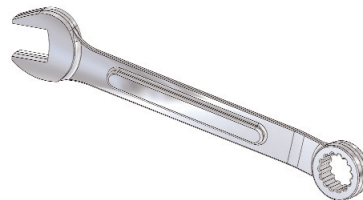


Figura 1
Chave inglesa com
extremidade aberta
para otimização

A otimização em perspectiva

O objetivo básico do desenvolvimento de produtos é criar um produto melhor e mais importante do que já existentes - dentro de um conjunto finito de restrições definido pelo propósito e pelo desempenho esperado do produto. Desse ponto de vista, o projeto de produtos se torna um processo de otimização.

Matematicamente, otimização significa buscar o máximo ou o mínimo de uma função. Para um engenheiro isso não é tão simples porque a função em estudo quase sempre apresenta vários objetivos e variáveis. Logo, para fins de engenharia, faz mais sentido descrever otimização como o cálculo de diversos objetivos, como peso, tensão, custo, deflexão, frequências naturais ou temperatura, todos dependentes de variáveis como dimensões, cargas e restrições, materiais e/ou requisitos de fabricação.

Entretanto, engenheiros de projeto raramente dispõem de todos esses valores nos estágios iniciais do processo de projeto. Para eles, é muito mais prático fazer a otimização com uma ferramenta de software que irá ajudá-los a chegar ao projeto que parece ser "o melhor" dentro dos limites de seu conhecimento atual.

Este documento analisa alguns conceitos básicos em otimização e as ferramentas disponíveis para otimização voltada para FEA, e mostra como os engenheiros de projeto podem obter o máximo da otimização em seus trabalhos diários.

Base para a otimização

O processo de otimização é composto de três componentes principais:

- Objetivo
- Variáveis
- Restrições

De forma simplificada, o projeto otimizado deve maximizar ou minimizar o objetivo alterando as variáveis, além de manter respostas decisivas dentro das restrições definidas.

Se o engenheiro de projeto puder reduzir a definição do problema a um único objetivo - ou um objetivo por vez - o processo de otimização torna-se mais fácil.

Objetivo

O objetivo é a finalidade da otimização. Exemplo: se a pesquisa de uma empresa mostra que ela terá vantagem sobre a concorrência se produzir um produto mais leve ou com um custo mais baixo, minimizar o peso ou custo se torna o objetivo da otimização. Esse caso é denominado de otimização de objetivo único.

Os engenheiros quase sempre precisam lidar com otimizações de objetivos variados. Esse tipo de situação, no entanto, pode exigir mais recursos do que os disponíveis no dia-a-dia. Se o engenheiro de projeto puder reduzir a definição do problema a um único objetivo - ou um objetivo por vez - o processo de otimização torna-se mais fácil.

Na maioria dos casos, engenheiros que trabalham com respostas estruturais têm a minimização do peso como objetivo. Em aplicativos de fluxo de fluidos, os objetivos mais comuns são minimizar a queda de pressão e a energia turbulenta, ou maximizar a velocidade.

Restrições

As restrições trazem a realidade para a otimização. O exemplo de viga cantilever exibido na Figura 2 é um desses casos. Se o problema de otimização fosse definido como um estudo de minimização de peso sem restrições, a otimização selecionaria imediatamente a condição mínima de material permitida pelas variáveis dimensionais. No mundo real, entretanto, a maioria das peças apresenta outros requisitos operacionais como resistência e rigidez. Portanto, é importante que o engenheiro selecione restrições que definam o comportamento aceitável da peça dentro do sistema. As restrições que ele seleciona são basicamente as permitidas em uma única análise estática, de frequência ou térmica.

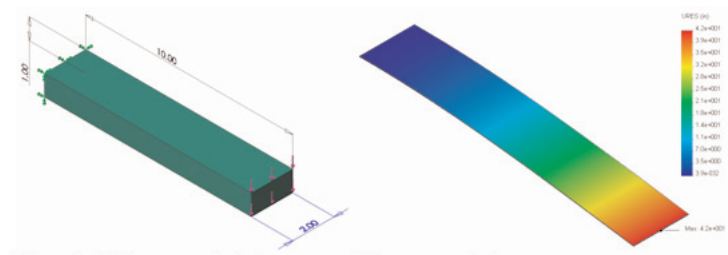


Figura 2
A viga de peso mínimo pode apresentar deflexão excessiva

Variáveis do projeto

Em um estudo de otimização, o engenheiro deve poder alterar os parâmetros do projeto se espera encontrar a melhor entre as diversas configurações de projeto possíveis. Esses parâmetros são as variáveis do projeto. Elas podem ser dimensões, ou o número de instâncias em um padrão, ou as propriedades do material, ou as cargas, rigidez da mola - ou qualquer outro aspecto de um projeto com uma consideração ou valor que possa ser detectado como "o melhor".

As variáveis podem ser contínuas - o que significa que podem ter qualquer valor entre um mínimo e um máximo especificados. A maioria das variáveis dimensionais se encaixa na categoria de contínuas.

Elas também podem ser discretas - o que significa que possuem um conjunto de valores possíveis. A forma mais simples da variável discreta é uma variável liga-desliga ou sim-não. Por exemplo, a presença ou a falta de uma solda ou componente de fixação se encaixa na categoria de variável discreta. Outros exemplos incluem as instâncias de um padrão. Ou, por exemplo, uma polia ou roda pode ter qualquer número inteiro de braços - mas não 3,2 ou 4,7.

Os calibres de chapas metálicas oferecem um exemplo de variável que pode se encaixar nas duas categorias. Geralmente, a espessura do calibre tem valores predefinidos, mas é comum especificar a espessura como uma variável contínua e depois arredondá-la para cima ou para baixo para a espessura mais próxima.

A seleção de variáveis é um passo muito importante no planejamento de um estudo de otimização. Se o engenheiro selecionar variáveis demais, ou de menos, a eficiência da análise pode ficar comprometida. Variáveis demais, ou uma variedade muito grande, podem dificultar a determinação pelo programa de uma configuração mais apropriada do projeto - especialmente ao considerar mínimo e máximo relativos. Por outro lado, se o projetista fornece muito poucas variáveis, ou uma pequena variedade, o sucesso do estudo pode ser desnecessariamente limitado.

O método mais confiável de selecionar variáveis de forma adequada está na realização de estudos de sensibilidade preliminares sobre as várias possibilidades. Esse processo será discutido na próxima seção.

Se o engenheiro selecionar variáveis demais ou de menos, a eficiência da análise pode ficar comprometida.

Ferramentas para a otimização de produtos

A otimização voltada para FEA representa um campo de pesquisa em crescimento na engenharia. Embora haja muitos programas e técnicas disponíveis para realizá-la, os mais usados atualmente são os estudos comerciais, os estudos de sensibilidade e a otimização do formato. Os dois métodos de otimização de formato mais usados são pesquisa gradiente e planejamento de experimentos (DoE). O último tem como base respostas de cálculos de superfície e resultados em soluções "robustas" - ou seja, eficazes na variedade mais ampla de condições de serviço possíveis durante a vida do produto.

Os dois métodos de otimização de formato mais usados são pesquisa gradiente e planejamento de experimentos (DoE).

Estudos comerciais

Estudos comerciais são explorações iterativas de configurações de projeto alternativas. Por exemplo, o engenheiro de projeto pode adicionar ou remover uma nervura para determinar o impacto resultante no desempenho.

Estudos comerciais podem ser muito valiosos para avaliar rapidamente várias opções e, se for o caso, determinar qual das alterações possíveis de uma peça causa maior impacto. Como o número de combinações de recursos pode ser ilimitado, é importante registrar as iterações e suas respectivas respostas para evitar repetição ou perda. Os usuários do SolidWorks dispõem de uma excelente ferramenta para gerenciar iterações de estudo comercial no utilitário Configurações.

Depois que as alterações possíveis são determinadas e algumas mostram que devem ser mais estudadas, o projetista pode empregar um estudo de sensibilidade para investigar a variabilidade das dimensões ou os recursos de projeto relevantes.

Estudos de sensibilidade

Um estudo de sensibilidade avalia de maneira sistemática a alteração na resposta em função das variações de dados. Os resultados de tais estudos normalmente são exibidos em plotagens e gráficos que indicam a magnitude do parâmetro que está sendo alterado no eixo X e a resposta à alteração no eixo Y. A Figura 3 mostra um exemplo desse resultado. Uma grande variação em resposta à variedade de dados indica alta sensibilidade. Uma baixa variação na resposta indica insensibilidade. Esses estudos ajudam a mostrar ao engenheiro os recursos que merecem mais estudo.

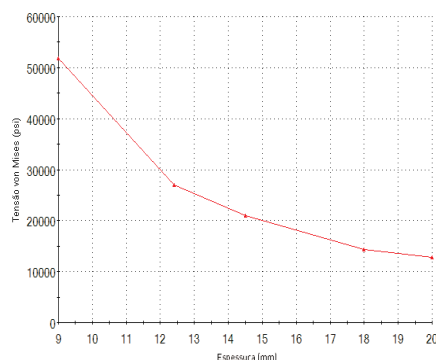
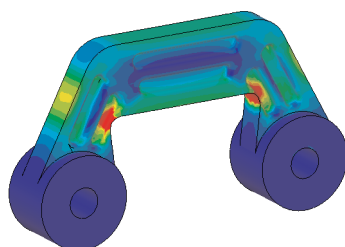


Figura 3
Estudo da Sensibilidade dos
Parâmetros - tensão versus
espessura

Além disso, estudos de sensibilidade podem apontar para o engenheiro os parâmetros mais significativos, assim como a variedade de valores com maior impacto no objetivo. Um programa de otimização com base em FEA pode concluir esse estudo solucionando o problema com uma série de valores para um parâmetro específico e, em seguida, plotar o objetivo e respostas restritas.

A Figura 4 mostra a forma dos dados para planejar um estudo de sensibilidade no COSMOSWorks com a funcionalidade Cenários de projeto do programa. Esse método automatizado divide cada variedade de parâmetro considerada em partes iguais, indicando os valores dimensionais a serem estudados. Depois de resolver o modelo em cada dimensão, o programa gera plotagens de resposta, como as exibidas na Figura 4.

Estudos de sensibilidade podem apontar para o engenheiro os parâmetros mais significativos, assim como a variedade de valores com maior impacto no objetivo.

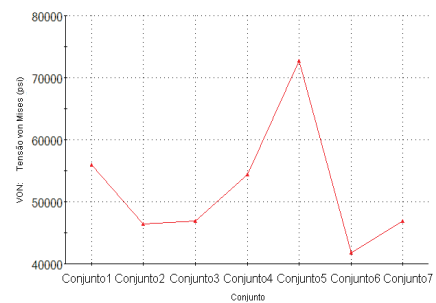
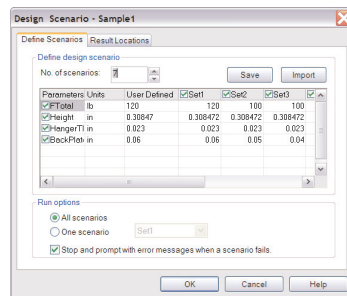
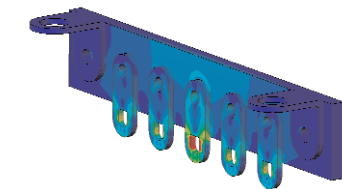


Figura 4
Configuração de um estudo de sensibilidade de vários parâmetros com a opção Cenários de projeto

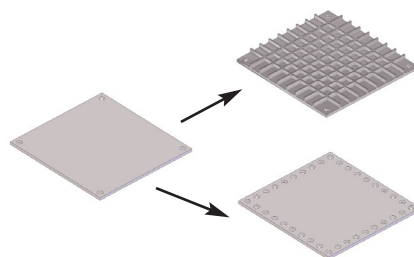


Figura 5
Um algoritmo de otimização forte pode determinar a direção do projeto otimizado

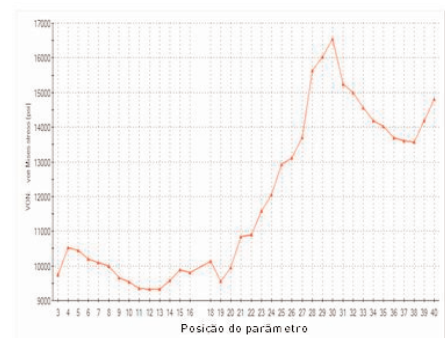


Figura 6
Plotagem de sensibilidade com vários mínimos

Otimização com o SolidWorks e o COSMOSWorks

O COSMOSWorks usa um método de otimização com base em DoE. Para analisar um problema, o engenheiro fornece os valores máximo e mínimo de suas variáveis de projeto dimensionais e, em seguida, seleciona otimização "Padrão" ou "Alta qualidade". A abordagem "Padrão" trabalha supondo que a curva de resposta do objetivo entre os valores limites é linear e calcula somente a resposta para esses valores. A otimização "Alta qualidade" leva em consideração a possibilidade de uma resposta de segunda grandeza entre os limites e avalia um valor no meio, assim como nos extremos. A Figura 7 exibe iterações de projeto automáticas realizadas em uma suspensão automotiva à medida que os tamanhos de três filetes variam. Nesse caso, a restrição de projeto não é exceder o limite de resistência do material sob carga estática.

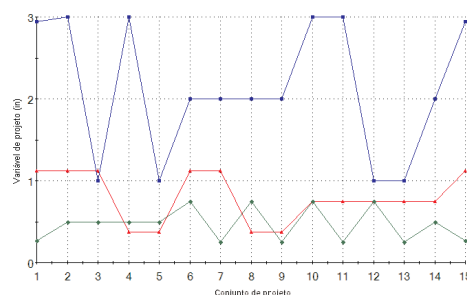
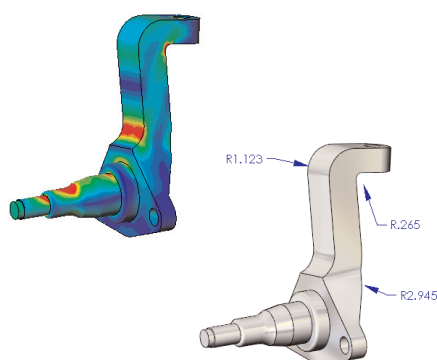


Figura 7
Otimização de formato de eixo com raios de filete variáveis

O engenheiro que opta pela otimização obterá o melhor da tecnologia se realizá-la nos estágios iniciais do processo de projeto.

O estudo de otimização do COSMOSWorks produz um valor único representando uma configuração otimizada para cada variável. Para obter o nível máximo de precisão com esse método, o engenheiro deve delimitar o intervalo de valores para cada variável e executar uma segunda otimização ou um estudo de sensibilidade. Dessa forma, o programa de otimização fornecerá idéias rápidas e eficazes de como aprimorar seu produto e produzir os melhores resultados em um projeto.

O melhor momento para executar a otimização

O engenheiro que opta pela otimização obterá o melhor da tecnologia se realizá-la nos estágios iniciais do processo de projeto. À medida que um projeto evolui, ele tende a se tornar cada vez mais complexo, tornando-se mais difícil avaliar e implementar alterações.

No estágio conceitual de um projeto, o engenheiro pode utilizar a otimização para verificar se o projeto básico apresenta, por exemplo, materiais, espessura de parede, recursos de rigidez e métodos de fixação corretos. Estudos mostraram que 80% do custo de um produto são definidos nos primeiros 20% do processo de projeto. Para ter certeza de que um produto competitivo está atuando como desejado, é válido explorar configurações otimizadas nos estágios iniciais de desenvolvimento do produto.

Apesar da importância de executar a otimização no início do ciclo de projeto, ela também é útil mais adiante no processo, quando o engenheiro pode utilizá-la para ajudar a solucionar problemas e aprimorar recursos individuais.

A conexão entre CAD e análise para otimização

Todo o conteúdo discutido acima se refere à otimização voltada para FEA, que quase sempre depende do programa CAD no qual o projeto foi criado. O sistema CAD também é muito importante para a otimização porque o método de criar modelos e dimensionar esquemas, bem como os relacionamentos embutidos, podem afetar a capacidade do projetista de explorar alternativas de projeto.

À medida que cria seus modelos, o engenheiro deve levar em consideração um dimensionamento que permita que os recursos previamente beneficiados pela otimização sejam modificados sem causar quaisquer erros de reconstrução do modelo.

Na otimização, o planejamento é essencial. Um projetista pode descobrir os benefícios de criar um modelo CAD a ser utilizado somente para otimização e depois utilizar as informações reunidas no processo para completar um modelo CAD para detalhamento e produção. A complexidade da peça e da estrutura deve orientá-lo na seleção dos recursos a serem estudados.

Os engenheiros que pretendem utilizar a otimização como uma ferramenta para aprimorar projetos e produtos devem apagar de sua mente quaisquer idéias preconcebidas sobre o significado de "otimizado".

Como obter o máximo da otimização

Os engenheiros que pretendem utilizar a otimização como uma ferramenta para aprimorar projetos e produtos devem apagar de sua mente quaisquer idéias preconcebidas sobre o significado de "otimizado". É possível obter muito mais ao se permitir que o programa de otimização ofereça a percepção da situação, para depois entender as várias implicações dos dados.

O projetista de mente aberta pode achar que as ferramentas de otimização oferecem diversas soluções possíveis para o problema, soluções que devem ser consideradas à luz das necessidades e medidas eficientes de fabricação para obter o melhor e mais lucrativo produto no final do dia.

Sucesso com a otimização

Alliance Space Systems

A Alliance Spacesystems, Inc. (ASI), com sede em Pasadena na Califórnia, projeta e fabrica sistemas mecânicos, de robótica, estruturas e mecanismos para instrumentos espaciais e científicos. É importante lembrar que a ASI criou braços robôs usados nos veículos exploratórios "Spirit" e "Opportunity" altamente bem-sucedidos e desenvolvidos pela NASA para a missão Veículos Exploratórios de Marte (MER).



Figura 8
Braço robótico para a missão
Veículos Exploratórios de Marte
(MER) da NASA

A ASI utilizou o software de análise COSMOS integrado para testar e otimizar o projeto de peças e montagens. "Estávamos brigando por cada grama de peso, cada milímetro de espaço", explica Brett Lindenfeld, Diretor de Engenharia da ASI. "Como já haviam utilizado o COSMOSWorks para análise de tensão e térmica, nossos analistas puderam apoiar nossos projetistas e colaborar de forma eficiente para otimizar o projeto. A equipe conseguiu reduzir a massa do braço robótico em 20 por cento, o equivalente na indústria automotiva ao espaço necessário para o motor e a transmissão de um carro, além de manter o nível de trabalho dobrado em menos de um por cento. Fomos rápidos e ao mesmo tempo produzimos um projeto de mais qualidade e mais inovador".

Kadant Johnson

A Kadant Johnson (anteriormente The Johnson Corporation), com sede em Three Rivers no estado americano de Michigan, projeta e fabrica sistemas de controle de processo avançados, juntas rotativas, sistemas de sifão e de aquecimento, e componentes relacionados para equipamentos de transferência de fluido e calor usados em indústrias de processo. Alan Ives, Diretor de Desenvolvimento de Produto, e sua equipe foram desafiados a otimizar o projeto de um conjunto de junta rotativa e sifão usado na seção de secagem de máquinas de fabricação de papel em alta velocidade. Aprimorar o projeto de um sólido já fabricado utilizando cálculos à mão e software FEA existente levaria muito tempo. A equipe precisava de uma nova solução de engenharia para economizar tempo e obter retorno maior do investimento no projeto.

Eles chegaram a uma redução de peso de 40% a 50% em cada um dos três projetos e conseguiram correlacionar a resposta prevista com os testes físicos.

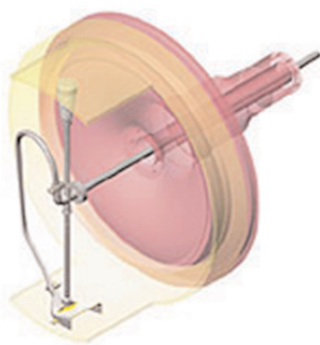
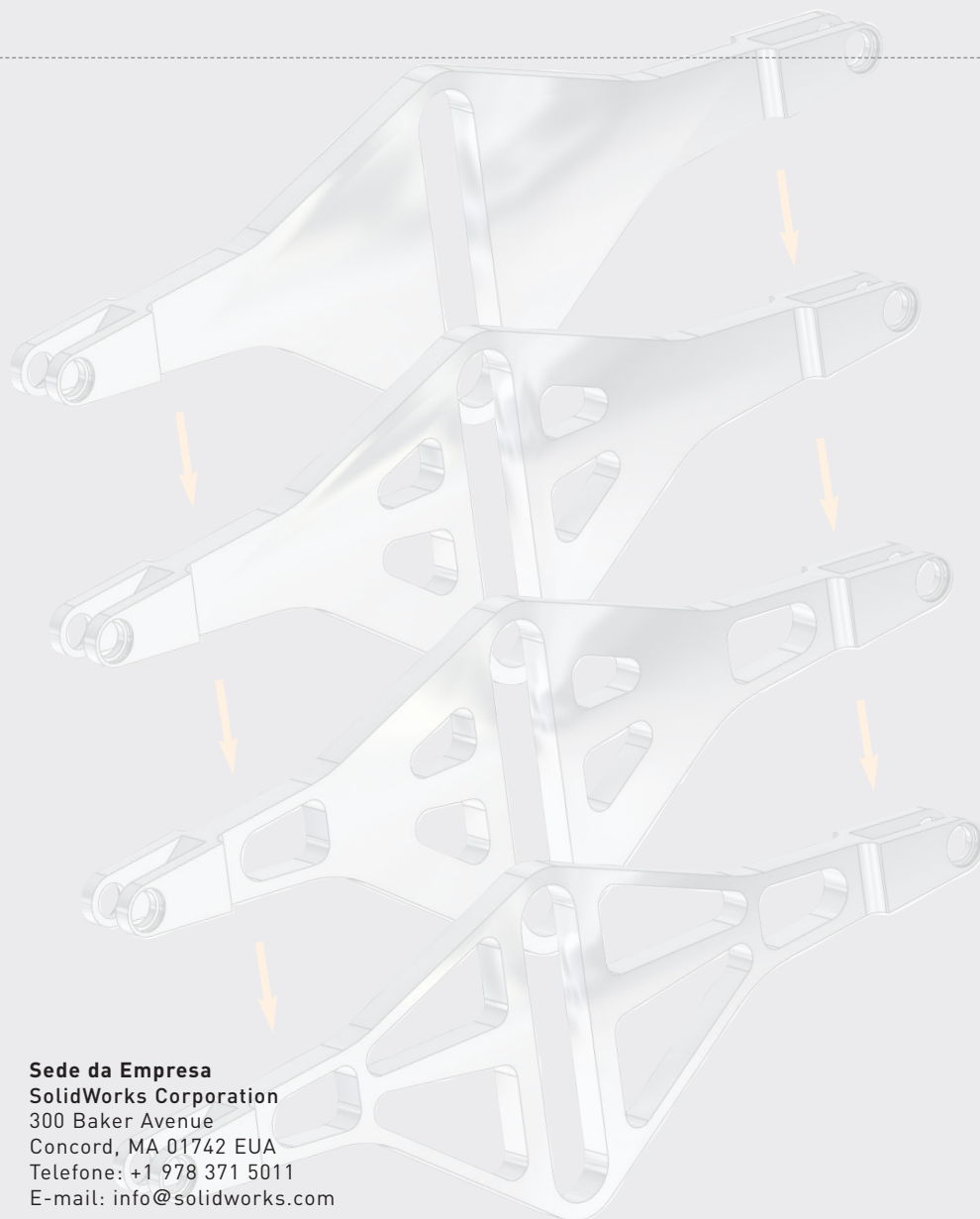


Figura 9
Os conjuntos de sifão foram otimizados na The Johnson Company

A empresa usou o COSMOSWorks para analisar e otimizar cada uma das peças dos componentes, rastreou mais conceitos em um período de tempo razoável e com menos iterações de projeto. O resultado foi um conjunto mais forte, durável e leve desenvolvido em uma fração do tempo de desenvolvimento normal. "Descobrimos que o COSMOSWorks é um pacote muito robusto. Ele nos ajudou a alcançar todos os nossos objetivos de projeto, dentro do prazo", explica Ives. Eles chegaram a uma redução de peso de 40% a 50% em cada um dos três projetos e conseguiram correlacionar a resposta prevista com os testes físicos. "Essa redução é resultado direto do uso do COSMOSWorks na otimização do projeto", ele acrescenta.



Sede da Empresa
SolidWorks Corporation
300 Baker Avenue
Concord, MA 01742 EUA
Telefone: +1 978 371 5011
E-mail: info@solidworks.com

Sede na Europa
Telefone: +33 4 42 15 03 85
E-mail: infoeurope@solidworks.com

Sede na América Latina
Telefone: +55 11 3186 4150 ou 0800 772 4041
E-mail: infola@solidworks.com

Para informações adicionais sobre produtos COSMOS, consulte o site do COSMOS na Web acessando <http://www.cosmosm.com>.



COSMOS®

SolidWorks Corporation

SolidWorks é marca comercial registrada da SolidWorks Corporation. COSMOS é 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.