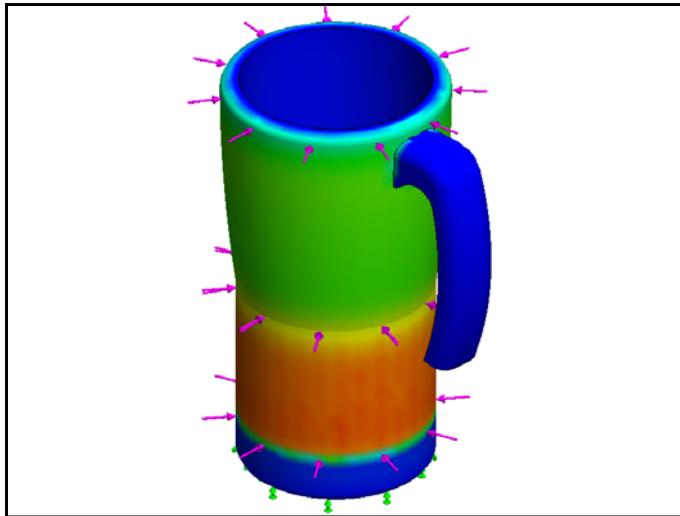


Projeto Sustentável SolidWorks® Uma introdução a seleção de materiais e reprojeto sustentável



© 1995-2009, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, uma empresa da Dassault Systèmes S.A.
300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 EUA
Todos os direitos reservados.

As informações e o software discutidos neste documento estão sujeitos a modificações sem aviso e não constituem compromissos da Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

Nenhum material pode ser reproduzido ou transmitido sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, para qualquer finalidade, sem a expressa permissão por escrito da DS SolidWorks.

O software discutido neste documento é fornecido sob licença e poderá ser utilizado ou copiado apenas de acordo com os termos dessa licença. Todas as garantias fornecidas pela DS SolidWorks referentes a software e documentação estão estabelecidas no Contrato de Licença e Serviço de Assinatura da SolidWorks Corporation, e nada que estiver declarado ou implícito neste documento ou seu conteúdo deve ser considerado ou julgado como modificações ou alterações dessas garantias.

Informações sobre patentes de produtos

SolidWorks Standard, Premium e Professional
Patentes nos EUA 5.815.154; 6.219.049; 6.219.055; 6.603.486; 6.611.725; 6.844.877; 6.898.560, 6.906.712; 7.079.990; 7.184.044; 7.477.262; 7.502.027; 7.558.705, 7.571.079 e patentes estrangeiras (p.ex., EP 1.116.190 e JP 3.517.643).
Patentes pendentes nos EUA e no exterior.

Marcas comerciais e outras informações legais para todos os produtos SolidWorks

SolidWorks, 3D PartStream.NET, 3D ContentCentral, DWGeditor, PDMWorks, eDrawings e o logotipo eDrawings são marcas registradas, e FeatureManager é uma marca registrada de co-propriedade da DS SolidWorks. SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation e SolidWorks 2010 são nomes de produtos da DS SolidWorks. CircuitWorks, DWGgateway, DWGseries, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst e XchangeWorks são marcas comerciais da DS SolidWorks.

FeatureWorks é marca comercial registrada da Geometric Ltd.

Outras marcas ou nomes de produtos são marcas comerciais ou registradas de seus respectivos proprietários.

SOFTWARE PARA COMPUTADOR COMERCIAL - PROPRIETÁRIO

Direitos restritos do Governo dos Estados Unidos. O uso, a duplicação ou a divulgação pelo governo estão sujeitos às restrições estabelecidas em FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 227.7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation), e no acordo de licença, como aplicável.

Contratante/fabricante:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation,
300 Baker Avenue, Concord,
Massachusetts 01742 EUA

Informações sobre direitos autorais dos produtos

SolidWorks Standard, Premium e Professional
Partes deste software © 1990-2009 Siemens Product Lifecycle Management Software III (GB) Ltd.

Partes deste software © 1998-2009 Geometric Ltd.

Partes deste software © 1986-2009 mental images GmbH & Co. KG.

Partes deste software © 1996-2009 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

Partes deste software © 2000-2009 Tech Soft 3D.

Partes deste software © 1998-2009 3Dconnexion.

Este software é baseado em parte no trabalho do Independent JPEG Group. Todos os direitos reservados.

Partes deste software incorporam o PhysX™ by NVIDIA 2006-2009.

As partes deste software são protegidas por copyright e são propriedade da UGS Corp. © 2009.

Partes deste software © 2001-2009 Luxology, Inc.

Todos os direitos reservados. Patentes pendentes.

Partes deste software © 2007-2009 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2009 Adobe Systems Inc. e seus licenciadores. Todos os direitos reservados.

Protegido pelas patentes nos EUA 5.929.866;

5.943.063; 6.289.364; 6.563.502; 6.639.593;

6.754.382; patentes pendentes.

Adobe, o logotipo Adobe, Acrobat, o logotipo

Adobe PDF, Distiller e Reader são marcas

registradas ou marcas comerciais da Adobe Systems Inc. nos EUA e em outros países.

Para obter mais informações sobre direitos autorais, consulte a Ajuda > Sobre o SolidWorks.

Outras partes do SolidWorks 2010 são licenciadas dos licenciadores da DS SolidWorks.

Informações sobre direitos autorais do SolidWorks Simulation

Partes deste software © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications e System Integration, Inc. Todos os direitos reservados.

Partes deste produto são distribuídas sob licença da DC Micro Development, Copyright © 1994-2005

DC Micro Development, Inc. Todos os direitos reservados.

1: Apresentação e seleção do material	1
Como utilizar este livro	2
O que é o software SolidWorks?	2
Pré-requisitos	2
Convenções usadas neste livro	3
Opções do Sustainability	4
Materiais	4
Manufatura (peças)	4
Processo	4
Uso	4
Manufatura e transporte (montagens)	5
Manufatura (montagens)	5
Transporte e uso (montagens)	5
Impacto ambiental	5
Pegada de carbono	5
Consumo de energia	6
Acidificação do ar	6
Eutrofização da água	6
Relatório	6
Linha de base	7
Códigos de cores	7
Escolha de material no projeto sustentável	8
O tempo de vida útil de um copo	8
Impactos ambientais	9
Impacto x Vida útil	10
2: Sustainability e Simulation	12
Uso do Simulation	13
Como ativar o Simulation com o Sustainability	14
Ativação do Simulation e do Sustainability	14
Posicionamento da montagem	15
Reposicionar o Metal Outside	15
Análise de isolamento	18
O que faz um bom isolamento térmico?	18
Plástico	18
Metal	19
Plástico e metal	19
Simulação estática	20
Estudo estático 1	20
Estudo estático 2	24
Estudo térmico	29
Reprojeto da parede e da base	33

SolidWorks

Série de Projeto de Engenharia e Tecnologia

Reprojeto da base	34
Simulação do reprojeto	35
Considerando a sustentabilidade	37
Conclusão	38

Lição 1

Apresentação e seleção do material

Após a conclusão desta lição, você estará preparado para:

- Descrever a relação entre o Sustainability e o SolidWorks;
- Identificar os principais componentes do suplemento Sustainability;
- Explicar a significância do material escolhido e os impactos ambientais.

Como utilizar este livro

SolidWorks Sustainability Uma introdução a projeto sustentável ensina os princípios do uso do Sustainability como parte integrante de um processo de projeto criativo e iterativo.

Neste projeto, você vai “aprender fazendo” uma análise estrutural.

O que é o software SolidWorks?

O SolidWorks é um software para automação de projeto. Com o SolidWorks, você esboça ideias e experimenta diferentes projetos para criar modelos 3D usando a interface gráfica fácil do Windows®.

O SolidWorks é usado por estudantes, projetistas, engenheiros e outros profissionais para produzir peças, montagens e desenhos simples e complexos.

Pré-requisitos

Antes de iniciar o SolidWorks Sustainability Uma introdução a projeto sustentável, você deve concluir os seguintes tutoriais on-line que estão integrados ao software SolidWorks:

- Lição 1 - Peças-Conjunto 1
- Lição 2 - Montagens-Conjunto 1
- Geração de projetos para o Sustainability-Conjunto 2
- Simulation - Análise estática
- Simulation - Análise térmica

Você pode acessar os tutoriais on-line clicando em **Ajuda, Tutoriais do SolidWorks, Todos os tutoriais do SolidWorks (Conjunto 1)** e Tutoriais do Simulation clicando em **Ajuda, SolidWorks Simulation, Tutoriais**. O tutorial on-line redimensiona a janela do SolidWorks e é executado ao seu lado.

Como alternativa, você pode concluir as seguintes lições da *Introdução a projeto de engenharia com o SolidWorks*:

- Lição 1: Utilização da interface
- Lição 2: Funcionalidades básicas
- Lição 3: Iniciação rápida em 40 minutos
- Lição 4: Informações básicas sobre montagens
- Lição 6: Informações básicas sobre desenhos

Convenções usadas neste livro

Este manual utiliza as seguintes convenções tipográficas:

Convenção	Significado
Negrito Sans Serif	Os comandos e as opções do SolidWorks são apresentados nesse estilo. Por exemplo, Inserir, Ressalto significa escolher a opção Ressalto no menu Inserir .
Typewriter	Nomes de recursos e nomes de arquivos são exibidos nesse estilo. Por exemplo, Sketch1.
17 Realize esta etapa	As etapas das lições são numeradas em negrito sans serif.

Opções do Sustainability

Aqui, vamos estudar a interface e os diferentes menus do Sustainability e definir os diversos termos utilizados neste suplemento do SolidWorks. Há quatro menus principais: **Material**, **Manufatura**, **Transporte e Uso** e **Impacto ambiental**.

Primeiro, vamos iniciar o SustainabilityXpress.

1 Inicie o Sustainability.

Clique em **Ferramentas, Suplementos, Verificar sustentabilidade**.

Nota: É preciso abrir uma peça ou montagem para visualizar o Sustainability. Quando você abre o suplemento pela primeira vez, tudo deve estar preto, exceto nas regiões.

Materiais

Nesta opção, você pode escolher dentre diferentes materiais para a peça específica usando os menus suspensos. Você também pode pesquisar materiais alternativos usando a opção **Localizar semelhante**. Também pode atribuir um material de sua escolha à peça.



Manufatura (peças)

A seção **Manufatura** inclui **Processo** e **Uso** para definir localizações mundiais.

Processo

Nesta opção, há um menu suspenso identificado como **Processo**, no qual o usuário pode escolher entre várias técnicas de produção diferentes para fabricar sua peça. Há também um mapa mundial. O mapa é para que o usuário defina onde a peça vai ser fabricada. Há quatro áreas diferentes para escolher: América do Norte, Europa, Ásia e Japão.



Uso

O segundo mapa mundial é utilizado neste menu. Aqui, você pode escolher para onde o produto será transportado após a produção. Quanto maior a distância entre o fabricante e o usuário, menos ecológico é o produto.



Nota: As regiões de manufatura e uso são todas iguais.

Manufatura e transporte (montagens)

A interface do Sustainability muda ligeiramente nas montagens.

Manufatura (montagens)

A única diferença do menu de manufatura da peça é que não existe um menu suspenso para processos, e o usuário só pode escolher a região de manufatura.



Transporte e uso (montagens)

Com este menu, o usuário pode escolher o **Modo de transporte principal** (trem, caminhão, barco ou avião). O usuário também pode escolher o **Tipo de energia** que será utilizado durante toda a vida do produto. Como no menu Uso de Peças, o usuário também pode escolher a região onde o produto será utilizado.



Impacto ambiental

Esta área inclui quatro quantidades: **Pegada de carbono**, **Energia total**, **Acidificação do ar** e **Eutrofização da água**. Cada gráfico mostra ao usuário um detalhamento de **Impacto do material**, **Transporte e uso**, **Manufatura** e **Fim da vida útil**.

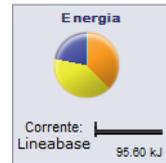
Pegada de carbono

Uma medida do dióxido de carbono e outros gases do efeito estufa, como, por exemplo, o metano (em unidades equivalentes de CO₂, CO₂e), que contribuem para emissões predominantemente causadas pela queima de combustíveis fósseis. O Potencial de Aquecimento Global (GWP) normalmente também é chamado de pegada de carbono.



Consumo de energia

Uma medida das fontes de energia não-renovável associadas ao ciclo de vida da peça em megajoules (MJ). Esse impacto inclui não somente a eletricidade e os combustíveis usados durante o ciclo de vida do produto, mas também a energia necessária para obter e processar esses combustíveis, e a energia incorporada aos materiais que seria liberada caso eles fossem queimados. A energia consumida é expressa como o valor calorífico líquido ou a demanda de energia obtida de fontes não renováveis (p.ex., petróleo, gás natural, etc.). A eficiência na conversão de energias (eletricidade, calor, vapor, etc) é levada em consideração.



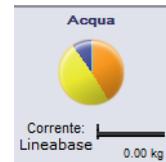
Acidificação do ar

Emissões ácidas, como dióxido de enxofre e óxido nítrico, causam o aumento da acidez da água da chuva que, por sua vez, acidifica o solo e os lagos. Esses ácidos podem tornar o solo e a água tóxicos para a flora e a fauna aquática. A chuva ácida também pode dissolver lentamente materiais construídos pelo homem, como o concreto. Esse impacto geralmente é medido em kg equivalente de dióxido de enxofre (SO₂e) ou em mol equivalente de H⁺.



Eutrofização da água

A eutrofização ocorre quando são adicionados nutrientes em excesso a um ecossistema aquático. O nitrogênio e o fósforo de águas residuais e de fertilizantes usados na agricultura causam a abundância de algas, que então esgotam o oxigênio da água, resultando na morte das plantas e dos animais. Tipicamente, esse impacto é medido em kg fosfato equivalente (PO₄e) ou kg de nitrogênio (N) equivalente.



Relatório

Na parte inferior do SustainabilityXpress, encontramos os botões **Gerar relatório**  e **Relatório por e-mail**. Clicando em gerar relatório, o SolidWorks cria automaticamente um documento do Word sobre a análise atual. Essa análise pode se referir a um tipo de material individual e aos impactos ambientais, ou pode ser uma comparação entre dois tipos de materiais diferentes. O relatório por e-mail abre o Microsoft Outlook para que o usuário envie o documento do Word para um endereço de e-mail.

Linha de base

À direita dos botões de relatório encontramos os botões **Definir linha de base**  e **Importar linha de base**. Clicando em Definir linha de base, o SustainabilityXpress utiliza automaticamente o tipo de material mais recente como padrão de comparação para todos os outros materiais. Caso contrário, toda vez que o usuário clicar em outro material, o SustainabilityXpress irá automaticamente compará-los e recalcular dinamicamente os impactos ambientais. Além disso, se não houver diferença entre as configurações atuais e as anteriores e os materiais, todos os impactos ambientais se tornarão automaticamente verdes. Em seguida, clicando em Importar linha de base, o usuário pode importar uma linha de base de outra peça salva pelo SustainabilityXpress.

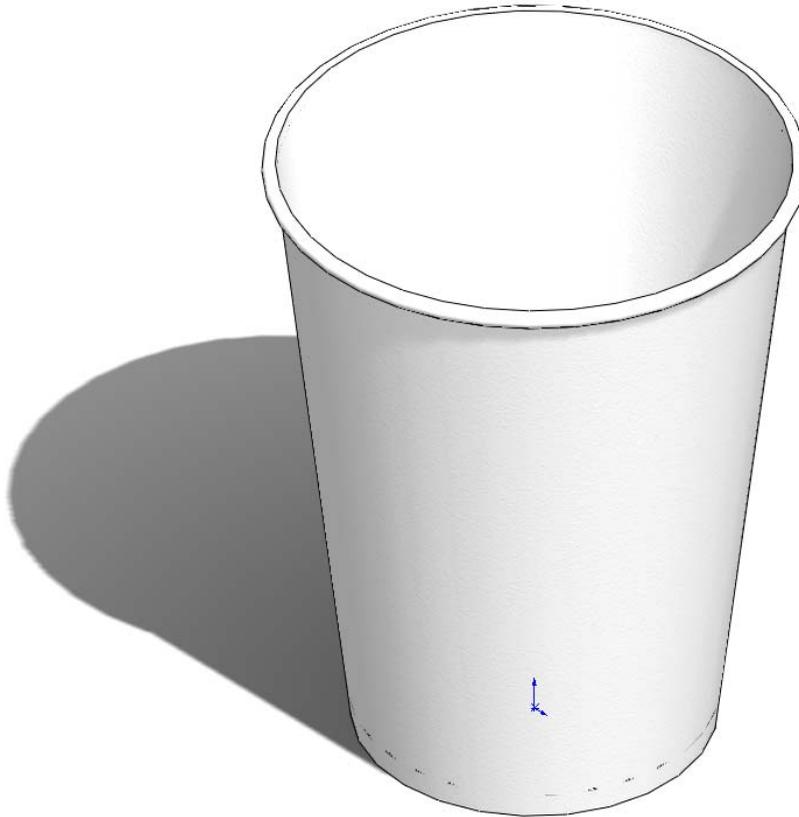
Códigos de cores

Ao se clicar na linha de base, os impactos ambientais assumem cores para representar diferentes estados.

- *Preto* representa o material de linha de base.
- *Verde* indica que o material atual é mais ecológico que o material de linha de base.
- *Vermelho* indica que o material atual é menos ecológico que o material de linha de base.

Escolha de material no projeto sustentável

Aqui, vamos decidir qual é o material correto a ser utilizado em função dos impactos ambientais causados pelos materiais ao longo de sua vida útil. Neste exemplo, imagine a análise de um copo.



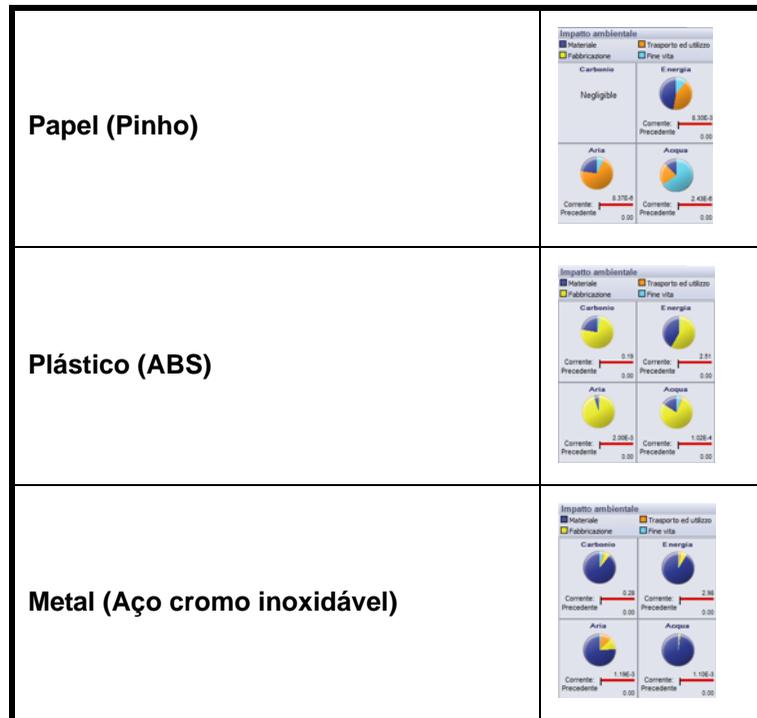
O tempo de vida útil de um copo

O material de um produto afeta significativamente sua vida útil. Por exemplo, pode-se fabricar um copo em papel, plástico ou metal. Dependendo do material usado, decidiremos quantas vezes o copo pode ser usado. Neste exemplo, vamos supor que, se for fabricado em papel (vamos usar pinho, porque não há opção de papel nos materiais do SolidWorks associada ao Sustainability), o copo poderá ser usado apenas uma vez; se for fabricado em plástico, ele poderá ser usado 10 vezes; e se for usado metal, poderá ser usado 1.000 vezes.

Impactos ambientais

Utilizando o modelo do SolidWorks de um copo simples, criamos três configurações diferentes, uma para cada tipo de material. Ativamos o Sustainability e mantivemos os mesmos continentes para as três configurações em Manufatura e Transporte e Uso.

Aqui estão os impactos ambientais para cada material:



Vamos usar a Energia total como linha de base para examinar qual é o material mais sustentável ao longo de sua vida útil. Os resultados são os seguintes:

Papel: 8,30E-3 MJ

Plástico: 2,51 MJ

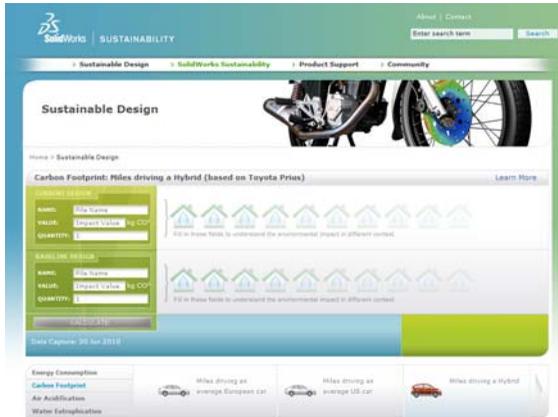
Metal: 2,98 MJ

2 Calculadora de sustentabilidade.

Agora, precisamos verificar qual material é o mais ecológico com base em sua vida útil. A **Calculadora de sustentabilidade** utiliza os valores encontrados para os impactos ambientais (CO₂, MJ, SO₂ e PO₄) e recalcula para apresentar algo mais fácil de entender (p. ex., milhas percorridas em um carro ou horas assistindo TV).

Para começar, vamos abrir a Calculadora de sustentabilidade.

3 Acesse www.solidworks.com/sustainability/products/calculator/index.htm.



4 Clique em Consumo de energia.

5 Clique em Horas assistindo TV.



Impacto x Vida útil

Aqui, vamos discutir se a vida útil do material é mais importante que seus impactos ambientais.

Usando a Calculadora de sustentabilidade, vamos utilizar os três valores de energia obtidos no SolidWorks Sustainability para descobrir qual material é melhor para o meio ambiente com base em sua vida útil.

Para isso, precisamos usar os valores de vida útil que discutimos anteriormente. Em vez de considerar o número de vezes que cada copo pode ser usado, vamos utilizar o número de copos que precisam ser fabricados para igualar a um copo de metal. Isso significa que é preciso fabricar 1.000 copos de papel e 10 copos de plástico para igualar a um copo de metal.

1 Calculadora de sustentabilidade.

Agora, volte para a Calculadora de sustentabilidade e localize a caixa Projeto atual.

2 Digite os números.

Digite os números apresentados para Valores e Quantidades e clique em Calcular.

Nota: Você só pode introduzir um ou dois conjuntos de valores. É mais fácil abrir três janelas separadas e comparar os resultados.

Nome: **Papel**

Valor: 8,30E-3

Quantidade: 1.000

A screenshot of a software dialog box titled 'CURRENT DESIGN'. It contains three input fields: 'NAME' with the value 'Paper', 'VALUE' with the value '8.3E-3' and a unit 'MJ' to its right, and 'QUANTITY' with the value '1000'.

Nome: **Plástico**

Valor: 2,51

Quantidade: 10

A screenshot of a software dialog box titled 'CURRENT DESIGN'. It contains three input fields: 'NAME' with the value 'Plastic', 'VALUE' with the value '2.51' and a unit 'MJ' to its right, and 'QUANTITY' with the value '10'.

Nome: **Metal**

Valor: 2,98

Quantidade: 1

A screenshot of a software dialog box titled 'CURRENT DESIGN'. It contains three input fields: 'NAME' with the value 'Metal', 'VALUE' with the value '2.98' and a unit 'MJ' to its right, and 'QUANTITY' with the value '1'.

A Calculadora de sustentabilidade vai calcular quantas Horas assistindo TV equivalem à produção desses copos. Você deve obter:

Papel: 2 horas

Plástico: 6 horas

Metal: 1 hora

3 Decisão do material.

Quando comparamos materiais considerando a vida útil e o impacto ambiental, o ideal é escolher o material que menos afeta o meio ambiente ao longo de sua vida útil. Neste caso, recomenda-se escolher o copo de metal. O copo de metal pode ser usado por mais tempo e, quando comparado aos copos de papel e de plástico, é o que menos prejudica o meio ambiente com base no consumo de energia.

Lição 2

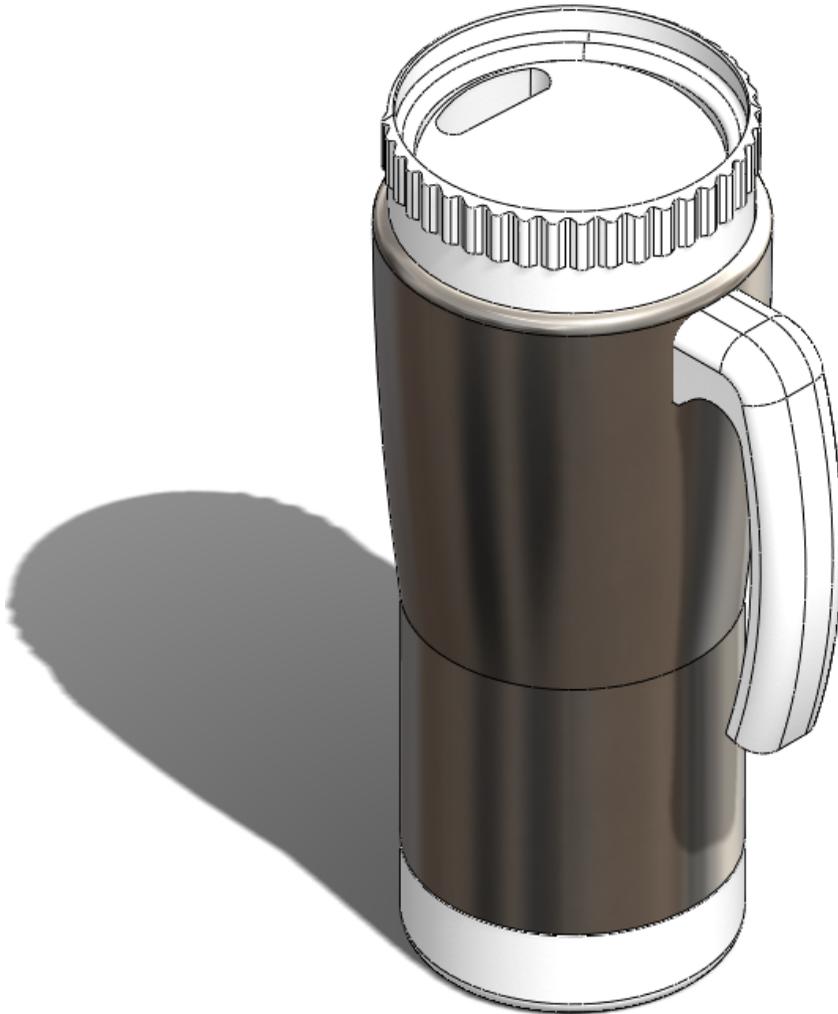
Sustainability e Simulation

Após a conclusão desta lição, você estará preparado para:

- Adicionar o suplemento Simulation;
- Ativar o Sustainability;
- Posicionar peças em uma montagem;
- Criar estudos estáticos;
- Criar um estudo térmico;
- Editar peças individuais;
- Avaliar a sustentabilidade em todo o reprojeto.

Uso do Simulation

O SolidWorks Simulation permite testar os produtos para evitar defeitos antes que eles sejam produzidos, ajudando a prevenir erros logo no início do processo de projeto. É suficientemente poderoso para atender analistas de FEA experientes, mas também suficientemente fácil para uso por projetistas de produtos. O SolidWorks Simulation também pode ajudar você a otimizar seus projetos de forma a obter máximo desempenho e economia.



Como ativar o Simulation com o Sustainability

Esta seção mostra como ativar o SolidWorks Simulation e o Sustainability.

Ativação do Simulation e do Sustainability

1 Abra uma montagem.

Abra *Mug*.

2 Ativar o suplemento.

Clique em **Ferramentas, Suplementos**.

Clique em ambas as caixas de seleção do **SolidWorks Simulation**, como mostrado.

Nota: Marcar as caixas de seleção à direita do SolidWorks Simulation faz com que ele seja ativado sempre que o SolidWorks for aberto.

3 Abra o Sustainability.

Clique na guia **Avaliar** na parte superior esquerda da tela.

Selecione o ícone do **Sustainability**.

A janela **Avaliação do Ciclo de Vida (LCA)** é exibida. Clique em **Continuar**.

4 Fixe o Sustainability.

Clique no percevejo no lado superior direito para que sua imagem se torne .

Isso fixa o Painel de tarefas Sustainability, mantendo-o sempre na tela.

5 Sustentabilidade do projeto original.

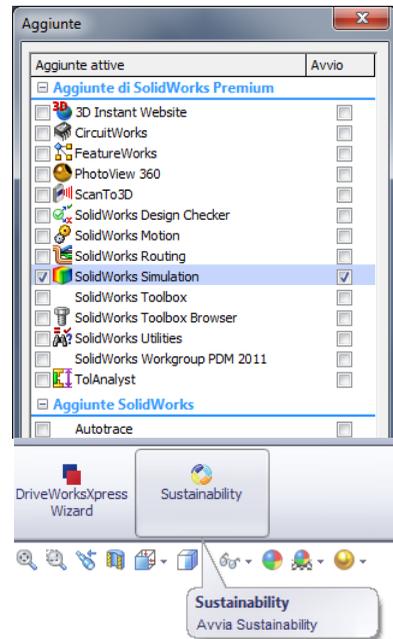
Uma vez aberto, o Sustainability calcula automaticamente o impacto ambiental da montagem.

Nota: Se as peças da montagem não tiverem materiais atribuídos, o Sustainability pede que o usuário selecione um material para a peça ou a exclua ao calcular o impacto ambiental.

No menu do Sustainability, em Transporte e Uso, selecione **Barco**  em Modo de transporte principal.

Em Tipo de energia, deixe Nenhum.

Nota: Toda vez que houver uma alteração no menu do Sustainability, os impactos ambientais serão atualizados automaticamente.



6 Linha de base.

Clique em **Definir linha de base** .

Definindo a linha de base, toda vez que você fizer uma alteração na montagem e/ou no menu do Sustainability, os impactos ambientais serão atualizados e os novos impactos serão comparados à linha de base definida.

Posicionamento da montagem

Aqui, vamos posicionar a base e **Metal Outside** em relação ao resto da caneca.

Reposicionar o **Metal Outside**

1 **Suprima Cover.**

Antes de iniciar, vamos suprimir a **Cover**.
Neste reprojeito, não vamos alterar a **Cover**.

Clique com o botão direito do mouse em **Cover** na árvore de projetos do FeatureManager.

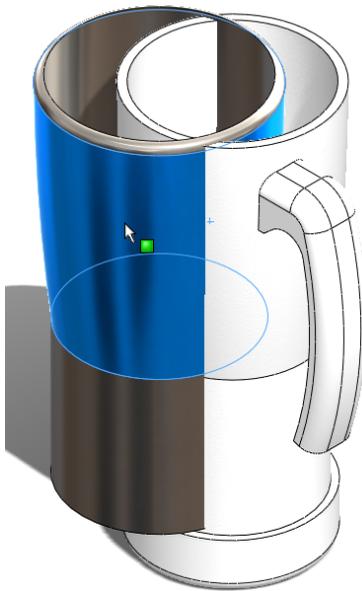
Selecione **Suprimir**.



Nota: A supressão da peça a retira totalmente da montagem. Se for executada qualquer simulação, **Cover** não será incluída na malha nem nos impactos ambientais caso o Sustainability seja executado.

2 **Mover a casca metálica.**

Clique e arraste **Metal_Outside** ligeiramente para a esquerda, como mostrado.



Nota: Arrastar para a esquerda facilita visualizar os posicionamentos que estamos selecionando.

3 Posicione Metal_Outside e Plastic_Inside.

Selecione a guia **Montagem** na parte superior esquerda da tela.

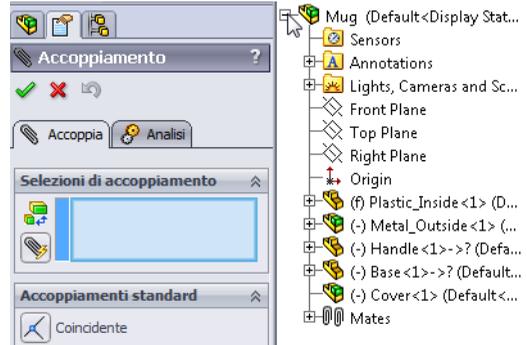


Clique em **Posicionar**.

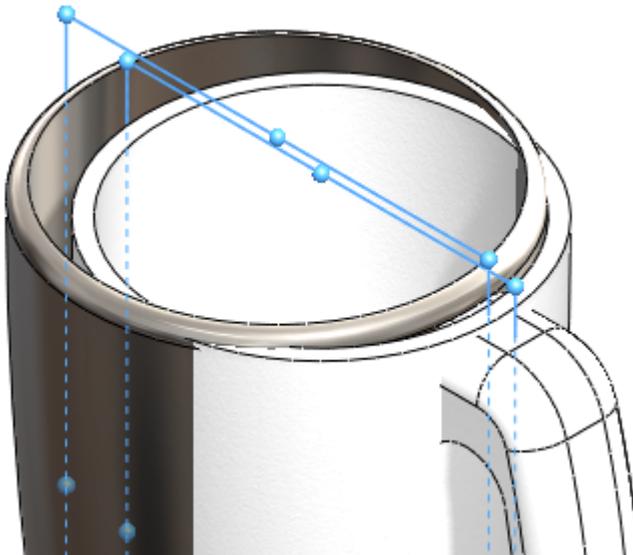
Expanda Design Tree.

Agora expanda Plastic_Inside e Metal_Outside.

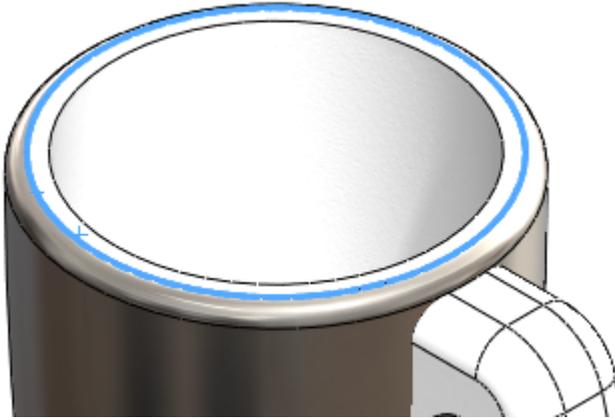
Clique no **Plano frontal** em Plastic_Inside e em Metal_Outside.



Clique em  na barra de ferramentas que aparece.



Selecione o **círculo externo** de Plastic_Inside e o **círculo interno** de Metal_Outside.



Clique em  na barra de ferramentas que aparece.

Você posicionou Metal_ Outside e Inside_Plastic juntos com sucesso.

Clique em **Salvar**.

Análise de isolamento

Apresentaremos as razões pelas quais decidimos usar a parte interna de plástico e a parte externa de metal.

O que faz um bom isolamento térmico?

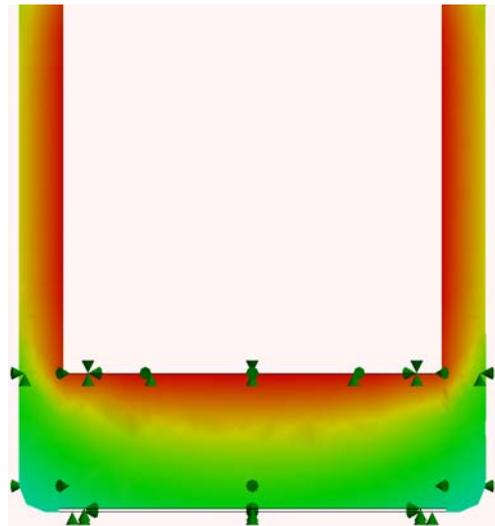
O termo isolamento térmico pode se referir aos materiais usados para reduzir a taxa de transferência de calor, ou aos métodos e processos usados para reduzir a transferência de calor. A energia térmica pode ser transferida por condução, convecção, radiação ou pelo próprio movimento do material de um local para outro. O isolamento térmico é o método de prevenir a saída ou a penetração do calor em um recipiente. Isoladores são usados para minimizar a transferência de energia térmica. No isolamento residencial, o Valor R é uma indicação do isolamento obtido por um material. O fluxo de calor pode ser reduzido utilizando um ou mais desses mecanismos e depende das propriedades físicas do material empregado.

Plástico

O plástico é um bom isolante térmico, minimizando muito bem a transferência de calor, como mostrado.

Além disso, o plástico é muito melhor para o meio ambiente que o metal.

Nota: Neste tutorial, não vamos supor que esta peça será reciclada. Estamos baseando nosso reprojeto nos impactos ambientais calculados do SolidWorks.



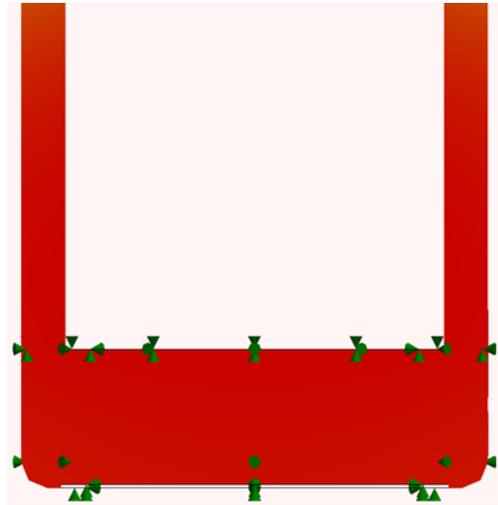
Metal

O metal tem algumas qualidades opostas às do plástico. O calor é transferido muito facilmente através do metal, como mostrado.

O metal não é muito ecológico, segundo os impactos ambientais no SolidWorks.

Por outro lado, como possui alta condutividade térmica, o metal é bom para distribuir o calor.

Além disso, o metal é mais barato que plásticos resistentes como o ABS e apresenta melhor acabamento.



Plástico e metal

A caneca consiste em uma camada externa e uma camada interna. Como o plástico é um bom isolante, ele será usado na camada interna e na alça da caneca. Dessa forma, o calor será mantido no plástico, e o calor que passar através desse plástico será distribuído por todo metal devido à sua condutividade térmica.

Simulação estática

Vamos iniciar o processo de reprojeto. Realizaremos duas simulações estáticas separadas. Uma para as paredes externas de **Metal_Outside** e outra para a **Handle**.

Estudo estático 1

1 Crie o estudo.

Clique na guia **Simulation**.

Selecione a seta para baixo em **Study Advisor**.

Selecione **Novo estudo**.

Denomine primeiro a análise como **Força 1**.

Em **Tipo**, selecione **Estático** e clique em .

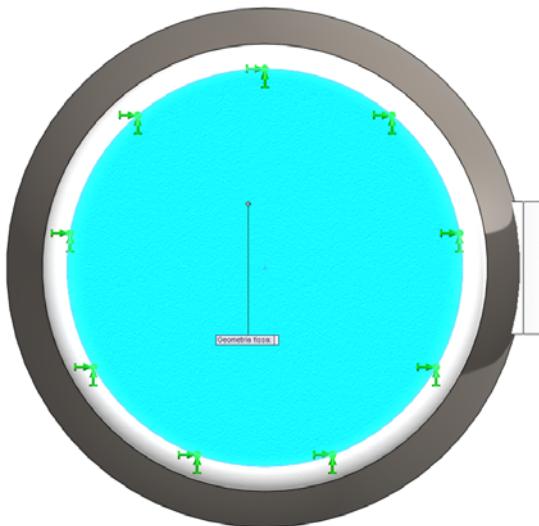
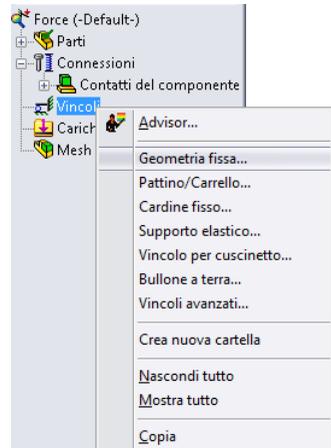
2 Acessórios de fixação.

Na árvore de projetos do estudo estático, clique com o botão direito do mouse em **Acessórios de fixação** e selecione **Geometria fixa**.

Altere a vista para **Inferior** pressionando a **Barra de espaços**.

Uma caixa de diálogo será exibida. Clique duas vezes em ***Inferior**.

Selecione a face interna grande, como mostrado.



Clique em .

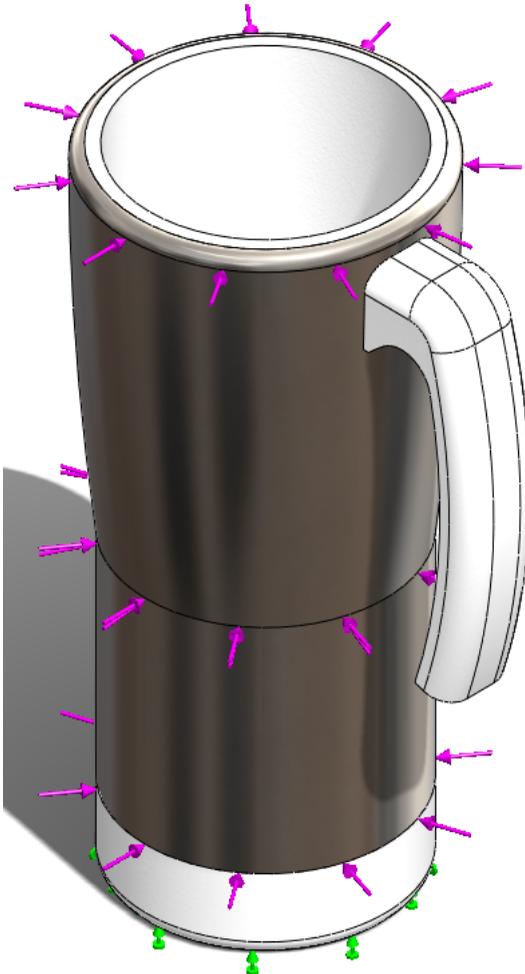
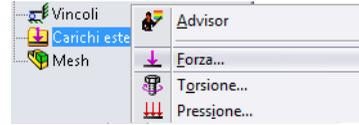
3 Cargas externas.

Pressione a **barra de espaços** e clique duas vezes em **Isométrica**.

Clique com o botão direito do mouse em **Carga externa** na árvore de projetos do estudo estático.

Selecione **Força**, como mostrado.

Selecione as duas faces redondas de **Metal_Outside**.



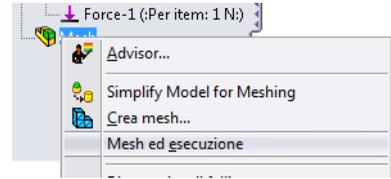
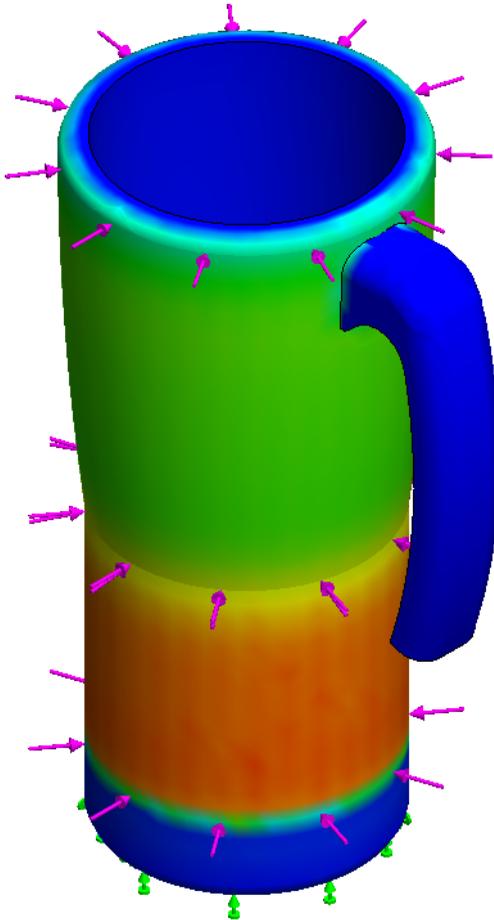
Altere o Force Value para **400 N**.

Clique em .

4 Executar a simulação.

Clique com o botão direito do mouse em **Malha** e selecione **Malha e execução**.

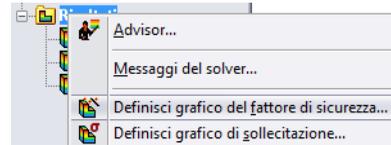
Duas caixas de diálogo são exibidas. Uma vai aplicar malha à montagem e a outra vai executar o estudo estático.



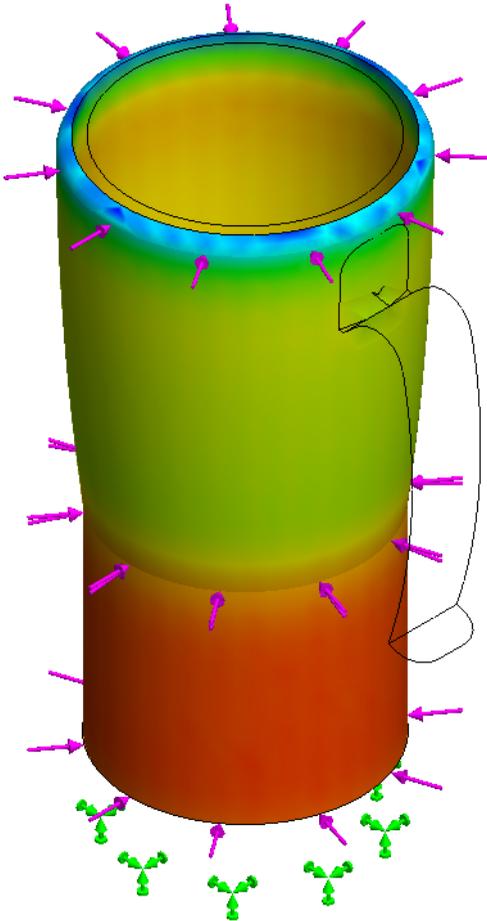
5 Fator de segurança.

Clique com o botão direito do mouse em **Resultados**. Selecione **Definir plotagem de fator de segurança**. Deixe todas as configurações como estão e clique em .

Uma caixa de simulação será exibida. Clique em **OK**.



Nome del modello: Mug
Nome studio: Force 1
Tipo di grafico: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion : Automatic
Factor of safety distribuzione: Min FOS = 4.4e+002



O canto superior esquerdo da tela do SolidWorks informa que o **Fator de segurança** é 4,4e+002 ou 440.

Clique em **Salvar**.

Estudo estático 2

Agora, vamos executar um estudo estático semelhante com a mesma intensidade de força na **Handle** para conhecer o **Fator de segurança**.

1 Crie o estudo.

Clique na guia **Simulation** se ela não estiver sendo exibida.

Selecione a seta para baixo em **Study Advisor**.

Selecione **Novo estudo**.

Denomine primeiro a análise como **Força 2**.

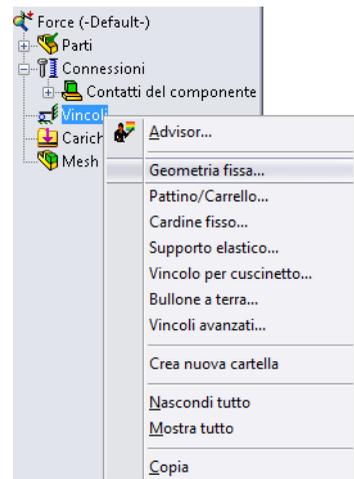
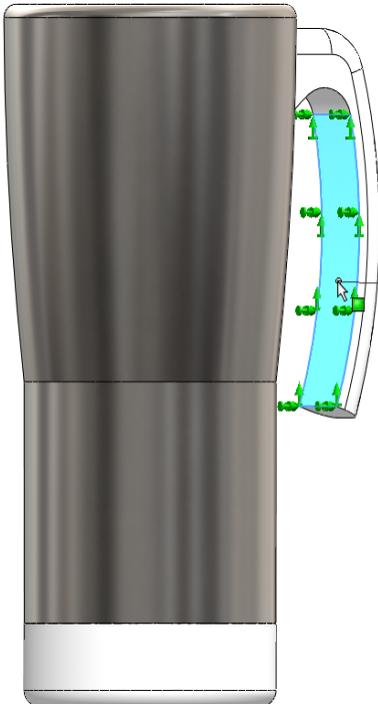
Em **Tipo**, selecione **Estático** e clique em .

2 Acessórios de fixação.

Na árvore de projetos do estudo estático, clique com o botão direito do mouse em **Acessórios de fixação** e selecione **Geometria fixa**.

Pressione a **barra de espaços**. Clique duas vezes em **Acessório de fixação da alça**.

Selecione a face interna da alça.



Clique em .

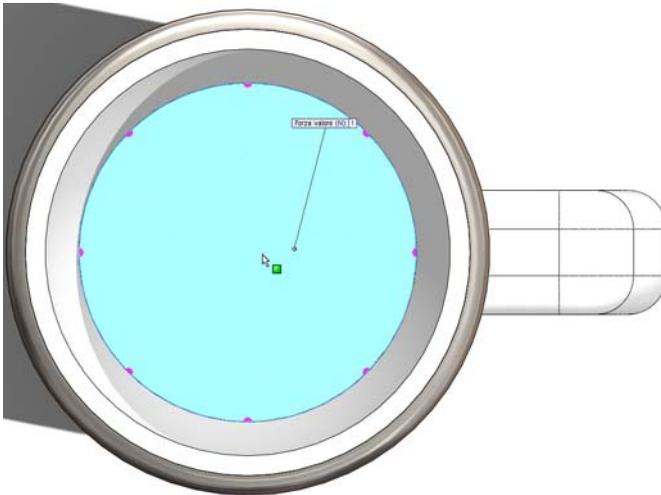
3 Cargas externas.

Clique com o botão direito do mouse em **Carga externa** na árvore de projetos do estudo estático.

Selecione **Força**. Pressione a **barra de espaços**.

Clique duas vezes em **Superior**.

Selecione a face inferior interna de Plastic_Inside.



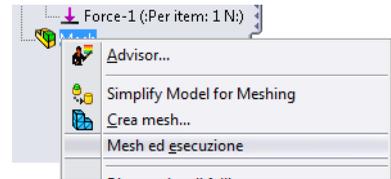
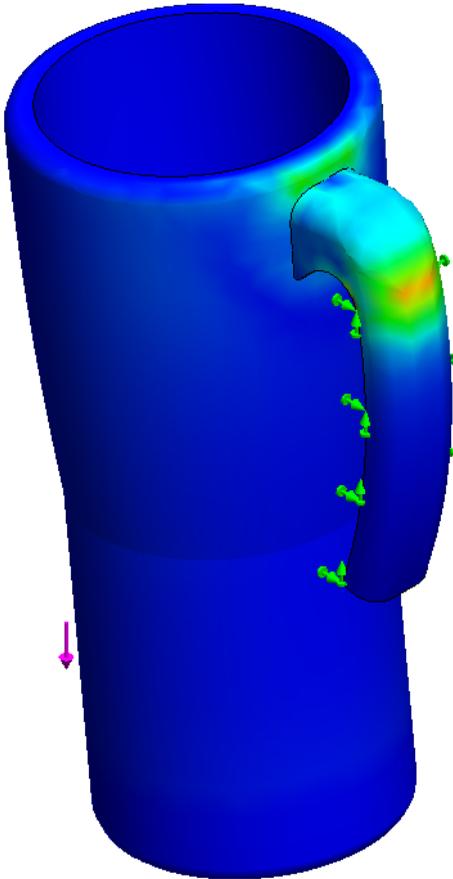
Altere o Force Value para **400 N**.

Clique em .

4 Executar a simulação.

Pressione a **barra de espaços**.

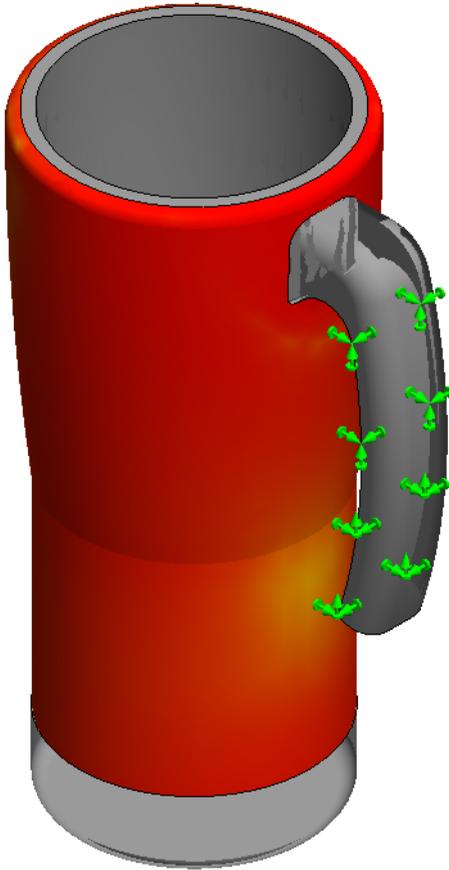
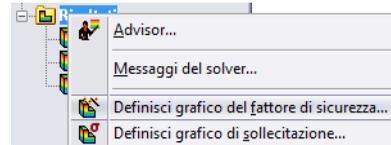
Clique duas vezes em **Isométrica**. Clique com o botão direito do mouse em **Malha**. Selecione **Malha e execução**. Quando a caixa de diálogo Estático linear aparecer, clique em **Sim**.



5 Fator de segurança.

Clique com o botão direito do mouse em **Resultados**. Selecione **Definir plotagem de fator de segurança**. Deixe todas as configurações como estão e clique em .

Uma caixa de simulação será exibida. Clique em **OK**.



O canto superior esquerdo da tela do SolidWorks informa que o **Fator de segurança é 4**.

Clique em **Salvar**.

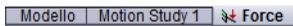
6 Avaliação do projeto.

Após a conclusão de ambos os estudos estáticos, **Force 1** mostrando o conceito da sustentação da **Mug** e **Force 2** simulando sustentar a caneca com alguma substância em seu interior, é óbvio que a alça é muito mais fraca. O estudo de **Force 1** mostrou um **Fator de segurança** igual a 430 e o de **Force 2** um **Fator de segurança** igual a 4. Para o conceito de reprojeto, vamos excluir a alça da montagem. Isso vai melhorar o impacto ambiental, porque haverá menos material.

7 Excluir Handle.

Como **Handle** é uma peça separada, somente temos que excluí-la da montagem.

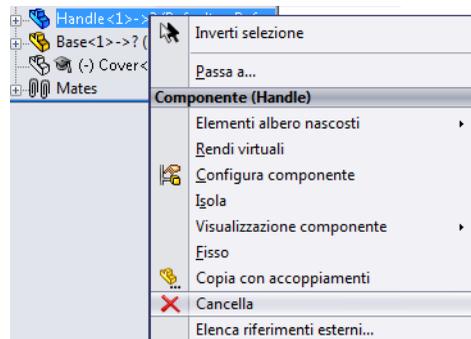
Selecione a guia **Modelo** no canto inferior esquerdo da tela.



Clique com o botão direito do mouse em (-)Handle<1>.

Selecione **Excluir**.

Imediatamente após a exclusão da **Handle**, o Sustainability atualiza os impactos ambientais. Observe que todos os quatro impactos mostram barras verdes e todos os números são inferiores aos da linha de base definida.



Estudo térmico

Vamos criar uma análise térmica para mostrar se podemos remover mais material sem alterar a portabilidade da caneca.

1 Criar um estudo térmico.

Selecione a guia **Simulation** e crie um **Novo estudo**.

Denomine este estudo **Convecção** e selecione **Térmico**.

Clique em .

A partir daqui, vamos criar convecção entre as várias superfícies para nos mostrar a temperatura externa da caneca.

Vamos supor que o líquido dentro da caneca é água (p. ex., chá) a uma temperatura de 80 °C. Vamos supor também que a temperatura do ar ao redor da caneca é de 25 °C.

Juntamente com a temperatura, é necessário um coeficiente de convecção para calcular a convecção através dos materiais da caneca. Para o ar, vamos usar um coeficiente de convecção de 10 W/(m²xK) e para a água, 500 W/(m²xK). W significa Watts, m significa metros e K significa Kelvin.

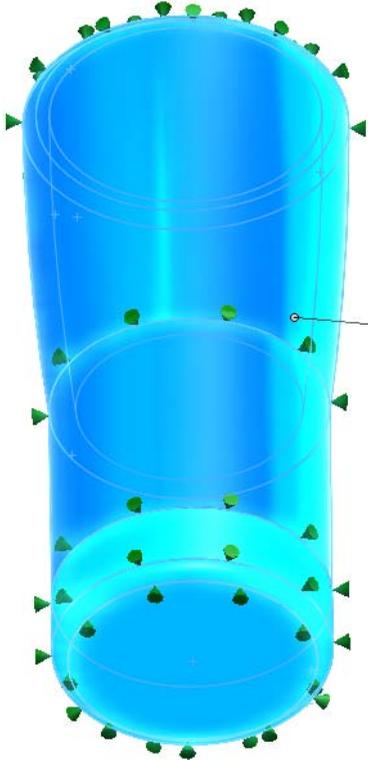
2 Cargas térmicas 1.

Clique com o botão direito do mouse em **Cargas térmicas**. Selecione **Convecção**.

A primeira convecção a ser criada é a do ar na caneca. Essa convecção existe na maioria das superfícies da caneca.

Selecione todas as superfícies externas, exceto a superfície inferior interna e a superfície interna do fundo.

Pressione a **barra de espaços**. Clique duas vezes em **Superfícies de base** para selecionar a superfície da base e o filete da base.



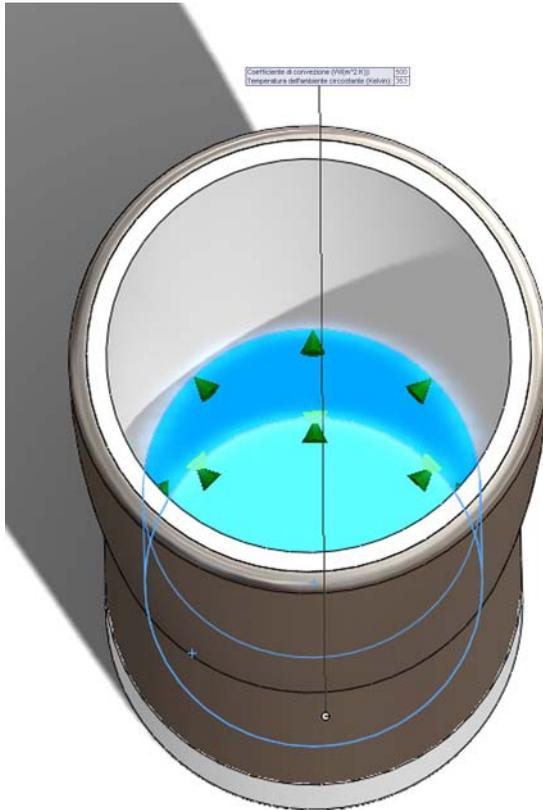
Em seguida, digite **10 W/(m²×K)** para o coeficiente de convecção e **298 (25+273)** Kelvin para a temperatura ambiente.

Clique em .

3 Carga térmica 2.

Clique com o botão direito do mouse em **Cargas térmicas**. Selecione **Convecção**. Pressione a **barra de espaços**. Clique duas vezes em **Superfícies internas**.

Desta vez, selecione apenas a superfície inferior interna e o fundo interno.



Agora, defina o coeficiente de convecção como **500 W/(m²xK)** e a temperatura ambiente como **353 (80+273) Kelvin**.

Clique em .

4 Executar a simulação.

Assim como na análise de força, clique com o botão direito do mouse em **Malha**. Selecione **Malha e execução**.

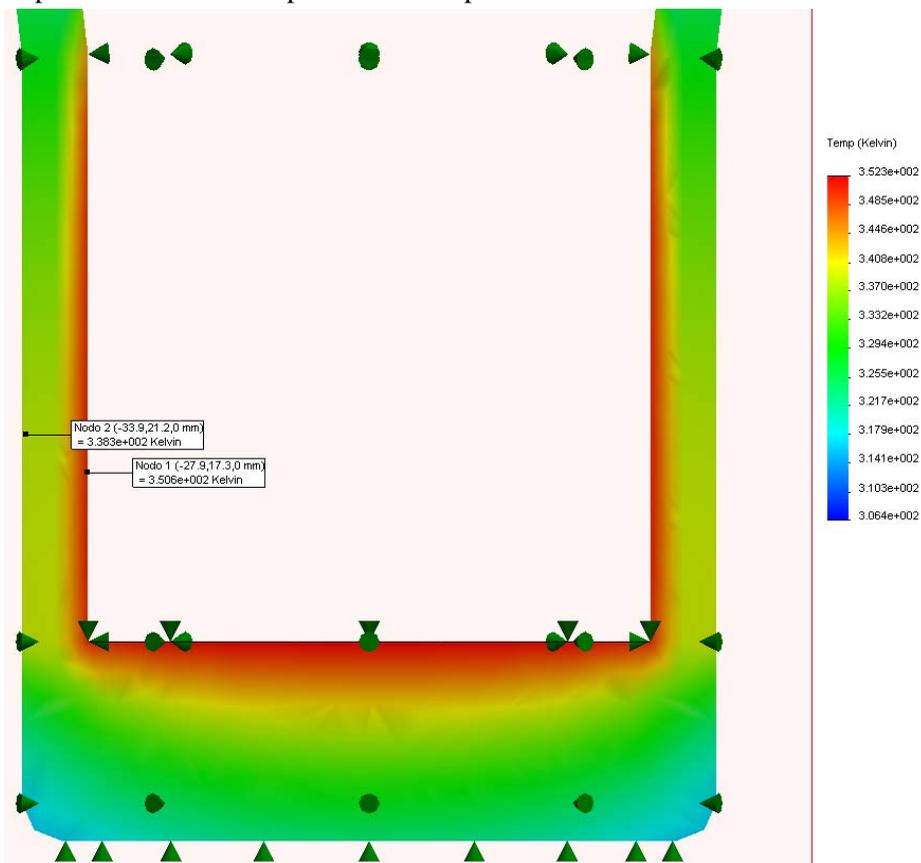
Duas caixas de diálogo são exibidas novamente.

5 Resultados.

Após a análise ter sido executada, não é fácil ver a diferença de temperatura entre o interior e o exterior da caneca. Se fizermos um corte transversal na caneca, poderemos observar melhor o gradiente de temperatura. Clique com o botão direito do mouse em **Térmico1** em Resultados. Selecione **Recorte de seção**. Clique em . Agora, podemos observar o gradiente de temperatura através das paredes da caneca. Se criarmos uma sonda para a superfície interna e externa da caneca, poderemos observar os valores da temperatura.

6 Sonda.

Pressione a **barra de espaços**. Clique duas vezes em **Frontal**. Clique com o botão direito do mouse em **Thermal1**. Selecione **Sonda**. Agora, clique em dois pontos relativamente próximos aos apresentados.



7 Avaliação do projeto.

Se observarmos o gradiente de temperatura, podemos ver que ele não muda muito do meio da parede até a superfície externa. Isto significa que poderíamos diminuir a espessura da parede e ainda ter uma temperatura externa semelhante.

Reprojeto da parede e da base

Vamos reprojeter a caneca com paredes mais finas. Para isso, será necessário abrir as peças individuais e alterar os recursos. Uma vez feito isso, teremos que refazer o posicionamento.

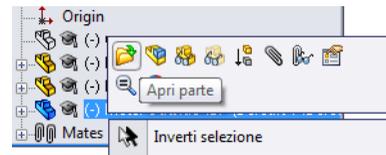
1 Editar a parede externa.

Selecione a guia **Modelo** no canto inferior esquerdo da tela.

Clique com o botão direito do mouse em **Metal_Outside<1>** na árvore de projetos do FeatureManager.

Selecione **Abrir peça**.

O SolidWorks abrirá uma nova janela para essa peça.

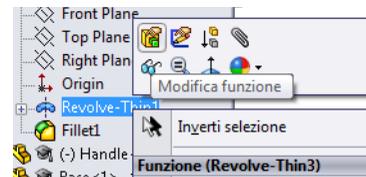


2 Editar o recurso Revolução.

Como a peça **Metal_Outside** foi criada a partir de um recurso de revolução, vamos diminuir a espessura da revolução.

Clique com o botão direito do mouse em **Revolve- Thin1** na árvore de projetos do FeatureManager.

Selecione **Editar recurso**.



Em Recurso fino, adicione **“/2”** após **3,226 mm**.

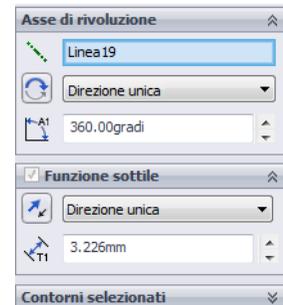
Clique em .

Acrescentando **“/2”**, o SolidWorks divide a espessura por 2.

Salve e feche a peça.

Uma caixa de diálogo será exibida perguntando se você deseja reconstruir a montagem.

Clique em **Sim**.



Reprojeto da base

Vamos reprojeter a base da caneca. Após reprojeter **Metal Outside**, temos também que reprojeter a base de plástico. Como tornamos **Metal Outside** mais fino, temos que reduzir a base também.

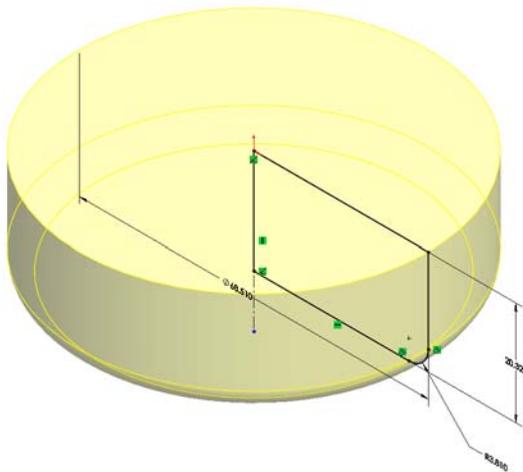
1 Novas dimensões.

Clique com o botão direito do mouse em **Base<1>** na árvore de projetos do FeatureManager.

Selecione **Abrir peça**.

Expanda **Revolve1**.

Clique duas vezes em **Sketch1**.



Clique duas vezes na dimensão **68,510 mm**. Altere o diâmetro para **65,28 mm**.

Clique em .

2 Saia do esboço.

Saia do esboço clicando em . Salve e feche a peça. Uma caixa de diálogo será exibida perguntando se você deseja reconstruir a montagem. Clique em **Sim**.

Simulação do reprojeto

Vamos executar as duas simulações criadas antes para ver se o projeto ainda é aceitável.

1 Execute o estudo estático novamente.

Selecione **Força 1**.

Pressione a **barra de espaços**.

Clique duas vezes em **Isométrica**.

O SolidWorks atualiza os acessórios de fixação e as cargas externas do reprojeto.

Clique com o botão direito do mouse em **Malha** e selecione **Malha e execução**.

Clique com o botão direito do mouse em **Resultados**.

Selecione **Definir plotagem de fator de segurança...**

Clique em .

A **Plotagem de fator de segurança** mostra que a montagem ainda é bastante segura, com um **Fator de segurança** igual a $2,1e+002$ ou 210.

2 Execute o estudo térmico novamente.

Embora o estudo estático tenha apresentado bons resultados, ainda devemos executar o estudo térmico para garantir que a superfície externa não fique muito quente.

Clique na guia **Convecção** na parte inferior da tela.

O SolidWorks mais uma vez atualizará o Simulation para o reprojeto.

Clique com o botão direito do mouse em **Malha** e selecione **Malha e execução**.

Pressione a **barra de espaços**.

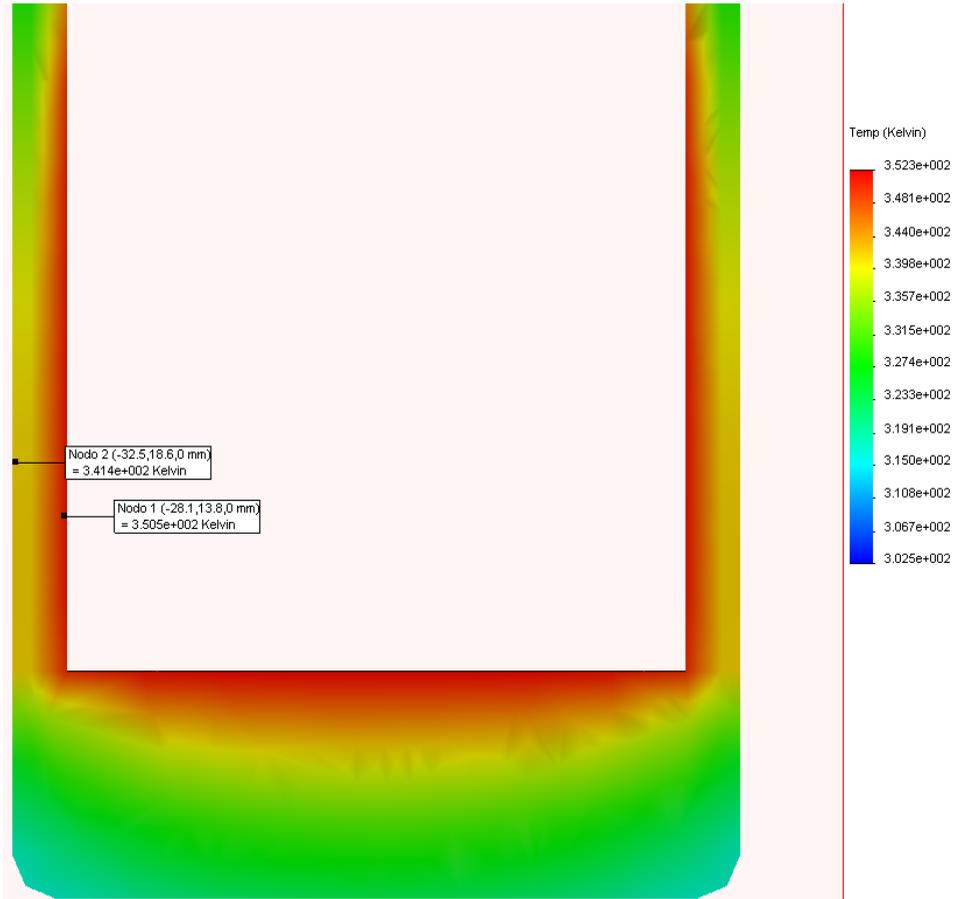
Clique duas vezes em **Frontal**.

3 Sonda.

Clique com o botão direito do mouse em **Térmico1** em Resultados.

Selecione **Sonda**.

Selecione dois pontos como mostrado.



Anteriormente, a temperatura externa era cerca de 338 °K ou 65 °C. Agora, a temperatura externa é cerca de 341 °K ou 68 °C.

A temperatura aumentou apenas cerca de três graus Celsius após a diminuição da espessura de **Metal Outside** pela metade.

Esse aumento é muito pequeno para a quantidade de material poupado. Este será o nosso projeto final.

Considerando a sustentabilidade

Vamos comparar a sustentabilidade do projeto original com a do projeto final, juntamente com duas alternativas de projeto.

Ao longo de todo o tutorial, os impactos ambientais têm diminuído.

Impactos ambientais originais	Impactos ambientais do reprojeto
Carbono: 7,11 g de CO ₂	Carbono: 3,78 g de CO ₂
Energia: 87,03 MJ	Energia: 47,72 MJ
Ar: 0,04 g de SO ₂	Ar: 0,02 g de SO ₂
Água: 0,02 g de PO ₄	Água: 0,00962 g de PO ₄

Em geral, todos os impactos ambientais diminuíram cerca de 50%.

Conclusão

No início do projeto, tínhamos uma caneca volumosa que estava longe de ser ambientalmente correta. O SolidWorks nos permitiu realizar simulações térmicas e de forças para retirar da caneca os recursos em excesso e diminuir o próprio uso do material, mantendo um isolamento relativamente semelhante.

