

## Modelando embalagem para garrafa com Design Generative

### Introdução : Design Generative

Uma reportagem de Gwen Kinkead “Software Designs Products by Simulating Evolution” , publicado em novembro de 2014 comenta sobre programa conhecido como DreamCatcher

A Autodesk desenvolveu o software de projeto auxiliado por computador, chamado Dreamcatcher, nos últimos sete anos. A empresa sediada na Califórnia produz software 3D amplamente utilizados na área da arquitetura, engenharia, animação e outras indústrias.

Mas o Dreamcatcher adota uma nova abordagem conhecida como “design generativo”. Entre várias abordagens, usa algoritmos que imitam o processo de evolução para produzir novos designs depois de começar com uma lista de parâmetros escolhidos pelo usuário. (1)

Um exemplo de Design Generative desenvolvido no Dreamcatcher é a cadeira Elbo Chair, desenvolvida em 2016, pelo pesquisador técnico da Autodesk Arthur Harsuvanakit, o CEO da empresa, Carl Bass, e Britney Presten, estudante de engenharia mecânica de Stanford que passaram quatro horas por semana no laboratório de design Autodesk’s Pier 9 , San Francisco. trabalhando no projeto de uma cadeira que atendesse critérios já estabelecidos, otimizar os processos para a fabricação e satisfazer as necessidades estéticas e conforto. (2)

Para o início do estudo, adotando como referência duas cadeiras, cujos modelos apresentavam formas orgânicas próprias para projeto a ser desenvolvido, conforme a figura 1, foi criado um modelo de cadeira denominada como “Seed Geometry” no Fusion 360 apresentado na figura 2.

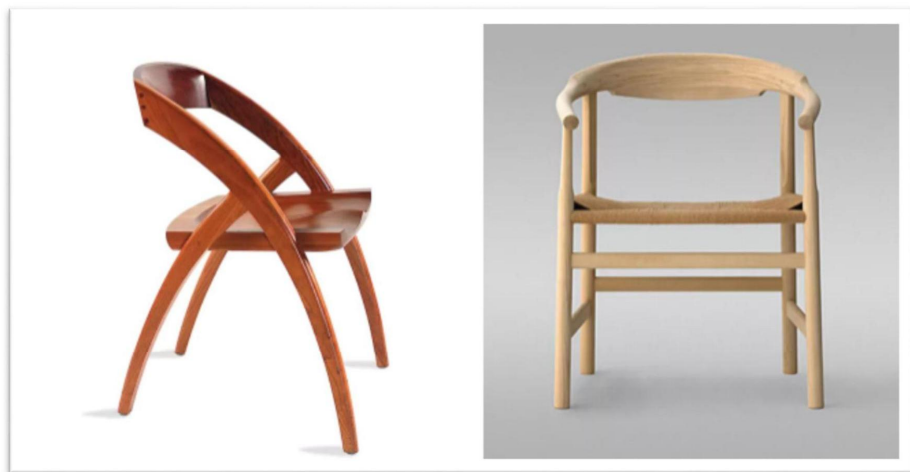


Figura 1: Lambda chair e Round chair

Fonte: <https://blogdamesidecor.wordpress.com/2016/11/01/software-de-inteligencia-artificial-cria-design-de-cadeiras-sozinho/> - maio 2019



Figura 2: Modelo "Seed Geometry"

Fonte: [https://labs.blogs.com/its\\_alive\\_in\\_the\\_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html](https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html)

Em seguida, o modelo foi exportado para o Dreamcatcher, e a partir da definição dos parâmetros de resistência para suportar 136 kg (300 pounds), distancia necessária do assento até o chão 45,7 cm, o programa gerou centenas de modelos que foram aperfeiçoados com a interação dos desenvolvedores.

A figura 3 apresenta as imagens do vídeo ElboChairProcess com os parâmetros definidos e os modelos desenvolvidos pelo programa Dreamcatcher.

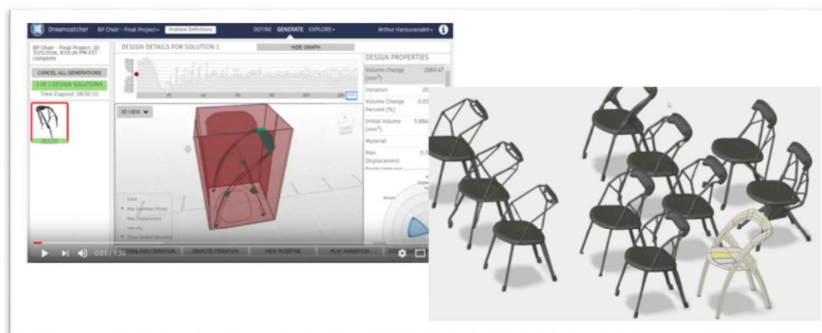


Figura 3: Desenvolvimento cadeira Dreamcatcher.

Fonte: [https://youtu.be/AXXDGLsk\\_xk](https://youtu.be/AXXDGLsk_xk) - maio 2019

Após a definição do modelo, a figura 4 mostra o arquivo exportado novamente para o software Fusion 360, em que foi selecionado a nogueira preta como matéria prima, o desenvolvimento dos tipos e quantidades de articulações móveis, análise de elementos finitos e a simulação para usinagem na fresadora CNC.

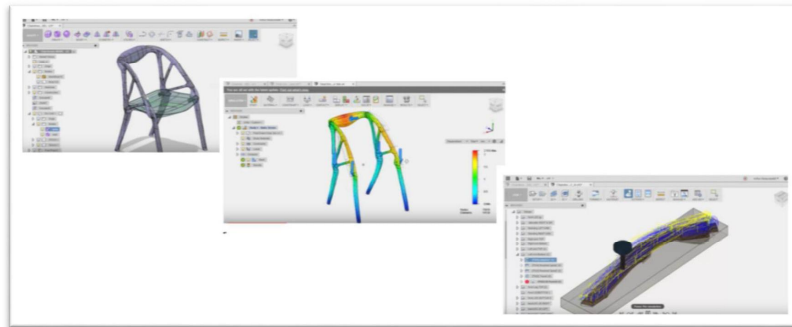


Figura 4: Cadeira exportada.

Fonte: [https://youtu.be/AXXDGLsk\\_xk](https://youtu.be/AXXDGLsk_xk) - maio 2019

A cadeira constituída por 10 peças – quatro para cada um dos lados, uma para o assento, e uma para o apoio, as figuras 5, 6 e 7 apresentam a usinagem, algumas peças fabricadas e a montagem da cadeira.



Figura 5: Usinagem das peças.

Fonte: [https://labs.blogs.com/its\\_alive\\_in\\_the\\_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html](https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html) - maio 2019



Figura 6: Montagem da cadeira

Fonte: [https://labs.blogs.com/its\\_alive\\_in\\_the\\_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html](https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html) - maio 2019

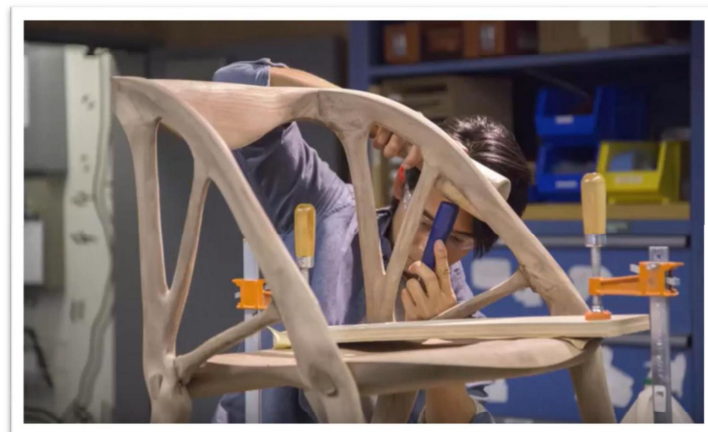


Figura 7: Acabamento cadeira.

Fonte: [https://labs.blogs.com/its\\_alive\\_in\\_the\\_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html](https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html) - maio 2019

Rosa Katori  
Maio 2019

---

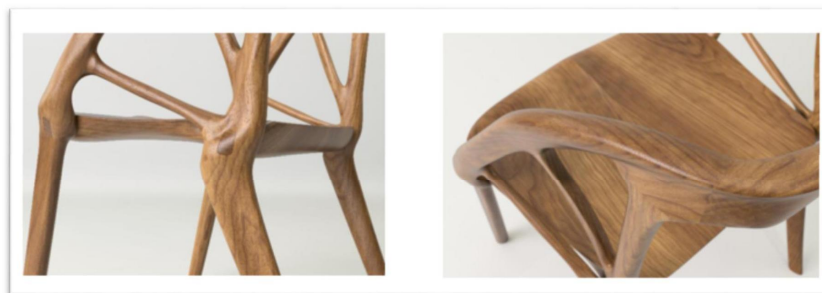
A figura 8 mostra cadeira finalizada



*Figura 8: Cadeira finalizada*

Fonte: [https://labs.blogs.com/its\\_alive\\_in\\_the\\_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html](https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html) - maio 2019

A figura 9 mostra detalhes da cadeira



*Figura 9: Detalhes da cadeira*

Fonte: [https://labs.blogs.com/its\\_alive\\_in\\_the\\_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html](https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2016/09/fusion-360-and-project-dreamcatcher-chair.html) - maio 2019

A figura 10 mostra a cadeira na área de recepção do Autodesk Portland office

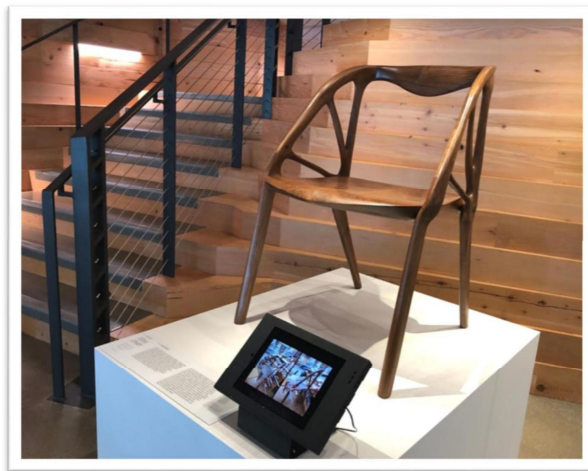


Figura 10: Cadeira recepção Autodesk Portland Office

Fonte: [https://autodesk.blogs.com/between\\_the\\_lines/2018/08/generative-design-makes-a-great-design-assistant.html](https://autodesk.blogs.com/between_the_lines/2018/08/generative-design-makes-a-great-design-assistant.html) . Maio 2019

Comparada com o modelo inicial denominado como “Seed Geometry”, a Elbo Chair apresentou 18% a menos de volume, com menor quantidade de material para a produção , menor peso, distribuição mais equilibrada de peso pelo assento e mantendo a rigidez .

Segundo Raul Arozi, técnico especialista em manufatura da Autodesk (empresa que desenvolve softwares), o Design Generativo começa com o estabelecimento dos objetivos do projeto e, em seguida, explora todas as possíveis permutações de uma solução para encontrar a melhor opção. (3)

Em 2018 , a Autodesk lançou a ferramenta Design Generative no Fusion 360 com a finalidade de gerar múltiplos modelos baseados em um conjunto de requisitos tais como cargas, restrições e formas.

A figura apresenta o site da Autodesk sobre Design Generative

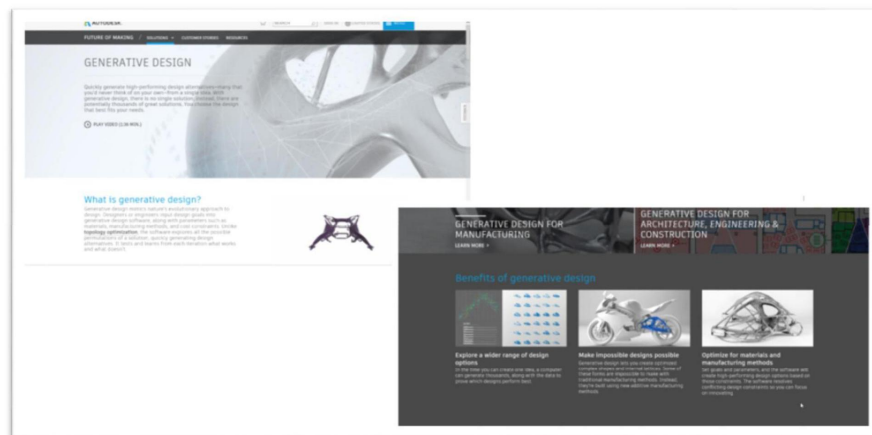


Figura 11: Design Generative

Fonte: <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design>

O Fusion 360 disponibiliza a ferramenta Design generative através da assinatura do programa no Autodesk Subscription.

A figura apresenta os valores das assinaturas mensal, anual ou por 3 anos para o Fusion 360.

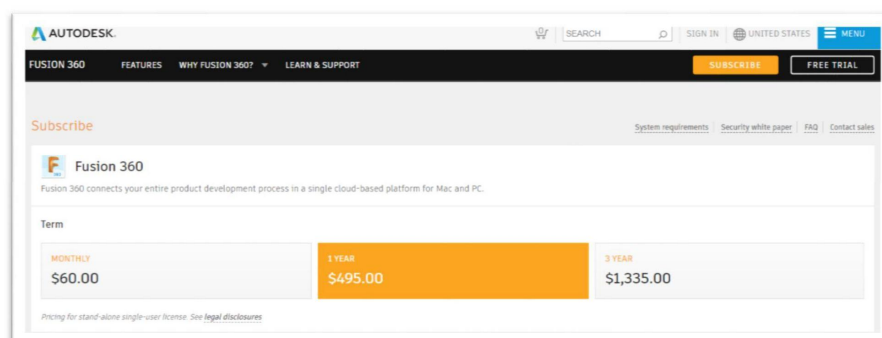


Figura 12: Assinaturas Fusion 360

Fonte: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/subscribe>. Maio 2019

O estudo Design generativo é feito a partir de créditos na nuvem que o programa disponibiliza.

Os Créditos de nuvem são a unidade de medida necessária para realizar renderizações, simulações ou estudo generativo.

Os créditos de nuvem podem ser:

Créditos de nuvem compartilhados (Purchased Cloud Credits)	estão disponíveis para qualquer usuário em um contrato e geralmente são adquiridos por empresas. Os usuários são indicados pelos responsáveis do contrato e podem compartilhar ou dividir os créditos
Créditos de nuvem individual (Started Cloud Credits)	são atribuídos ao usuário no contrato da assinatura no total de 100 créditos durante o contrato de 1 ano. Não é possível transferir ou transferidos para outro usuário.

Também é possível comprar pacotes de créditos de nuvem conforme a figura 13:

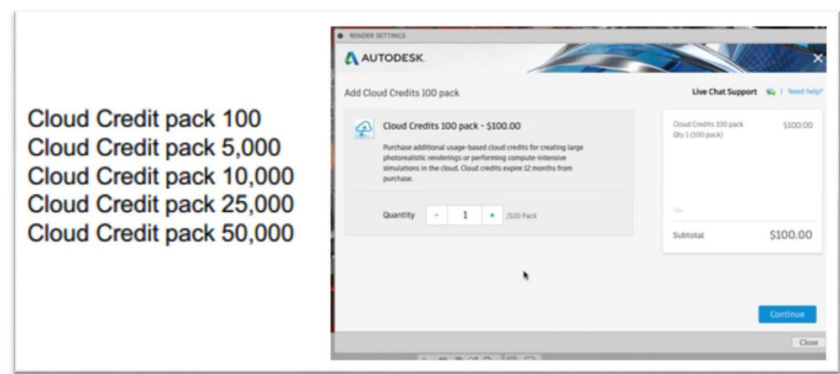


Figura 13: Pacotes de crédito

Fonte: <https://knowledge.autodesk.com/support/fusion-360>  
<https://www.cadstudio.cz/dl/fusion-360-faq-cloud-credit-offerings-en.pdf>

Dependendo do serviço executado os créditos são debitados e podem variar conforme a tarefa:

#### 1.5 What are the Cloud Credit charge rates to enable and power each consumption service?

Each consumption service has a different Cloud Credit change rate as listed below:

- **Cloud Rendering**  
The pricing is 1 Cloud Credit per megapixel of the rendered image size.
- **Simulation Cloud Solving**  
The pricing for simulation cloud solving varies based on the type of study.
  - Linear Static = 5 Cloud Credits per cloud solve
  - Modal = 5 Cloud Credits per cloud solve
  - Thermal = 5 Cloud Credits per cloud solve
  - Thermal Stress = 5 Cloud Credits per cloud solve
  - Buckling = 15 Cloud Credits per cloud solve
  - Non-Linear Static = 25 Cloud Credits per cloud solve
  - Event Simulation = Currently in tech preview
  - Shape Optimization = 5 Cloud Credits per cloud solve
- **Generative Design**  
The pricing for generative design is 25 Cloud Credits for generating each generative study and 100 Cloud Credits to utilize and download each generated design outcome.
- **Manufacturing Extension (Available Spring 2019)**  
The Manufacturing Extension is access based and is 125 Cloud Credit per month for each user and provides unlimited use of the extension during that period of time.

Figura 14: Créditos debitados

Fonte: <https://www.cadstudio.cz/dl/fusion-360-faq-cloud-credit-offerings-en.pdf>

O design generativo no Fusion 360 é aplicado no ambiente Generative Design, apresentado na figura 15.

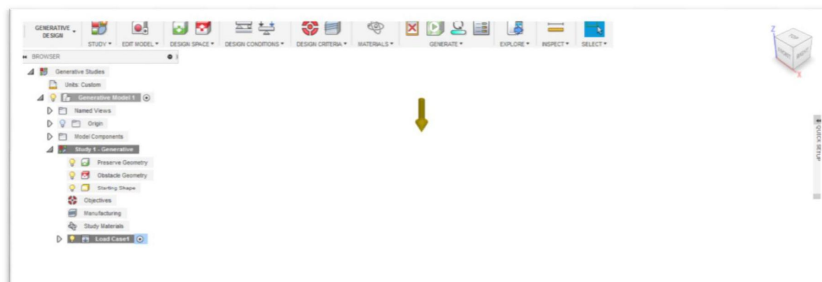


Figura 15: Ambiente Design Generative Fusion 360

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

No design generativo, a construção física do modelo é definida por três tipos de geometrias localizadas em Design Space, conforme a figura

Geometria que será preservada  
Geometria considerada obstáculo  
Geometria inicial

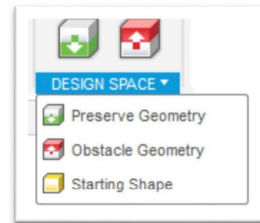


Figura 16: Design Space

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

A ferramenta Design Conditions , na figura 17, apresenta as ferramentas para determinar as cargas

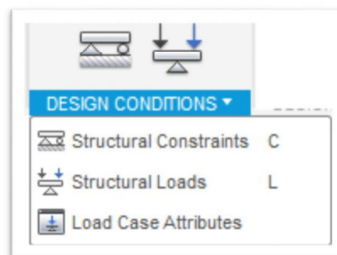


Figura 17: ferramenta Design Conditions

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

As ferramentas em Design Criteria , na figura 18, apresentam as configurações para determinar peso limite, fator de segurança e tipos de manufatura

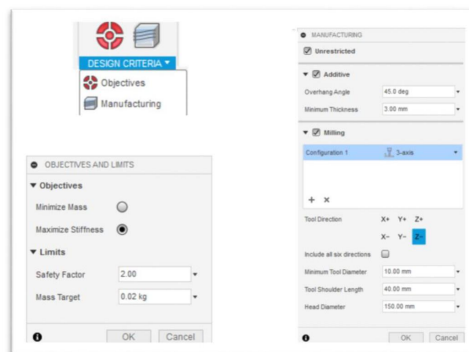


Figura 18: ferramentas em Design Criteria

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

A figura mostra Study Materials com a lista de materiais disponíveis e como exemplo as propriedades do material Alumínio.

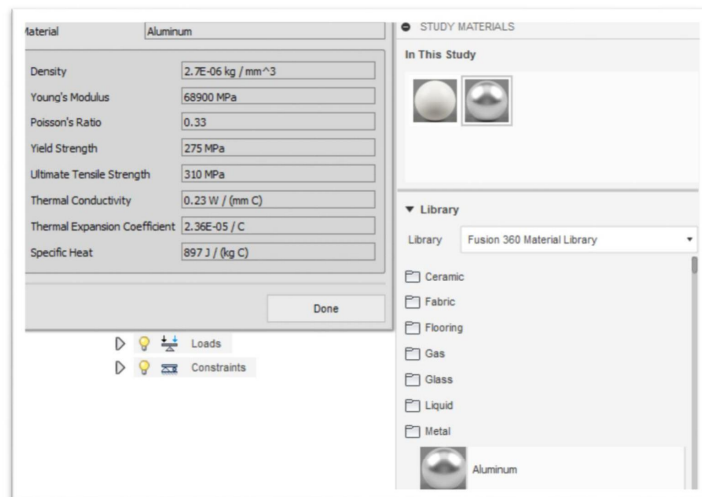


Figura 19: Materials

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

As ferramentas são visíveis no Browser para facilitar a edição, conforme a figura 20.

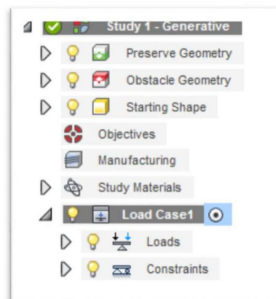


Figura 20: Browser

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

### Estudo de caso para embalagem da garrafa

A ideia do estudo de caso sobre a garrafa partiu do exercício proposto em meu curso de Autocad 3D:

Criação da garrafa com o comando Loft e espessura com o comando Shell

Obtenção dos dados de massa e Bounding box através de Mass Properties

Calculo do peso da garrafa considerando a densidade do material vidro

Criação da embalagem a partir do solido primitivo Box e espessura com o comando Shell.

Aplicação de texturas e luzes para a renderização resultando em uma imagem foto realística.

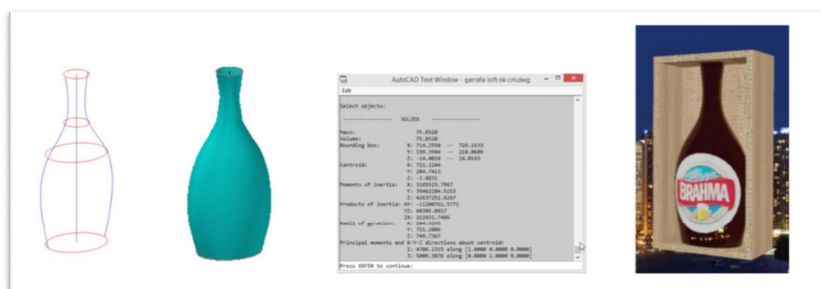


Figura 21: Garrafa AutoCAD

Fonte: Modelos no AutoCAD criados pela autora. Maio 2019

No estudo de caso proposto, a figura 22 apresenta a garrafa modelada no Fusion 360 com o comando Loft, espessura com o comando Shell e os dados obtidos em Properties :massa com densidade do material vidro e Bouding box.

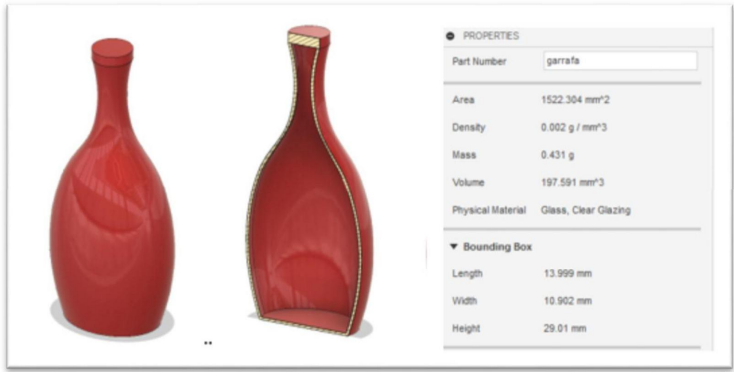


Figura 22: Garrafa Fusion 360

Fonte: Modelos no Fusion 360 criados pela autora. Maio 2019

Considerando o peso de uma garrafa de vinho cheia equivalente a 1.3 kg (2,86 lb) adotaremos o valor da carga em 3N.

A figura 23 mostra a embalagem com as dimensões criada a partir de um Box e aplicada uma determinada espessura.

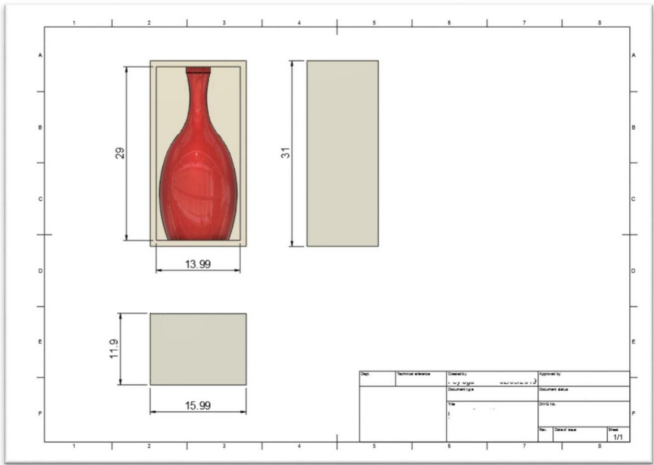


Figura 23: Desenho embalagem

Fonte: Modelos no Fusion 360 criados pela autora. Maio 2019

Para o design generative, a construção física do modelo será definida pelas seguintes geometrias:




Geometrias preservadas: faces superior e inferior identificada pelo programa na cor verde.	
geometria inicial ou "que será aproveitada": faces laterais identificada pelo programa na cor amarela	
geometria considerada obstáculo: representada na cor vermelha sendo recomendável neste estudo para preservar o espaço interno.	

Figura 24: Geometrias

Fonte: Modelos no Fusion 360 criados pela autora. Maio 2019

A restrição de fixação será aplicada na face inferior e a carga interna de 3N, conforme a figura 24.

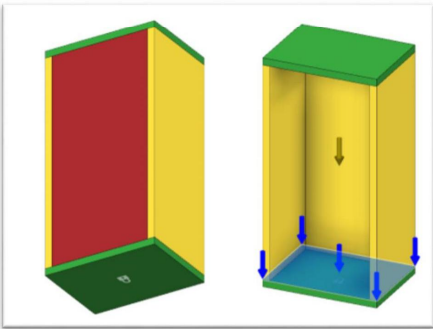


Figura 25:Restrição da carga e fixação

Fonte: Modelos no Fusion 360 criados pela autora. Maio 2019

O objetivo será redução de massa com coeficiente de segurança , conforme a figura 26.

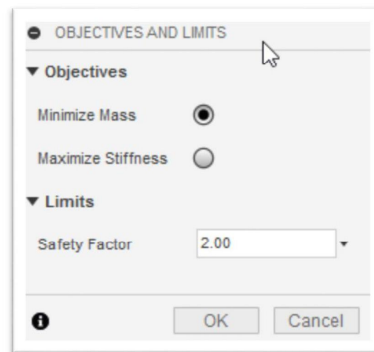


Figura 26: Objetivos e limites

Fonte: Modelos no Fusion 360 criados pela autora. Maio 2019

O programa informa com a janela Ready to Generate que o estudo está pronto para ser realizado.

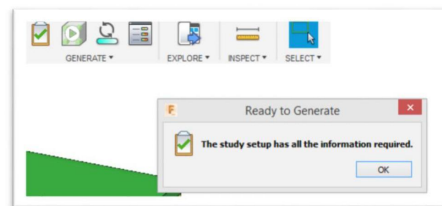


Figura 27: Ready to Generate

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

Para a execução do Design  
generativo são necessários 25  
créditos

A janela Explore , na figura 28, permite visualizar o processo generativo.

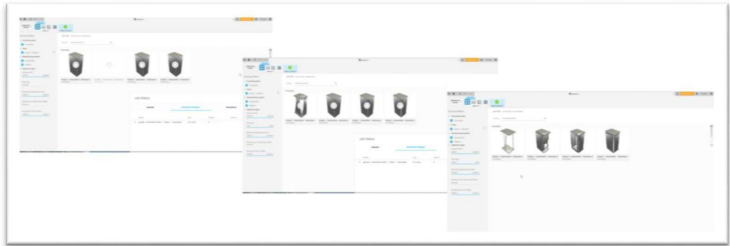


Figura 28: Janela Explore

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

O processo pode ser demorado devido a velocidade da Internet.

No final do processo , os resultados são apresentados e identificados como Converged com os dados de massa , tensão , etc, visualizados na figura 29

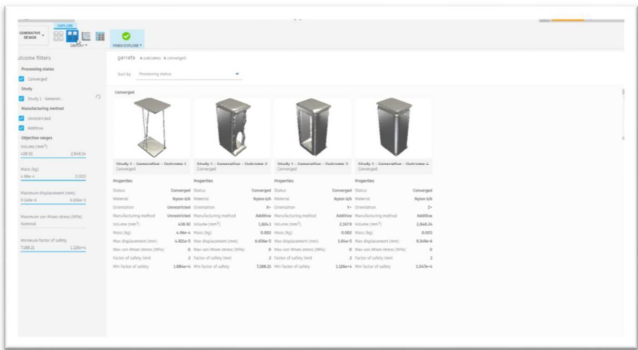


Figura 29: Final do processo

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

Observação : resultados identificados como Completed são considerados inapropriados



Figura 30: Resultado Completed

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

A figura 31 mostra o modelo escolhido para o nosso estudo.



Figura 31: Modelo escolhido

Fonte: Modelo no Fusion 360 criado pela autora. Maio 2019

O Fusion apresenta duas opções para o modelo ser exportado: New Design ou Mesh, conforme a figura 32.

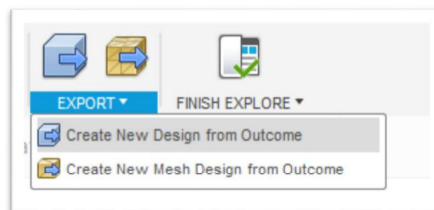
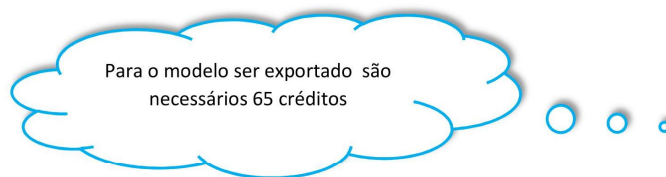


Figura 32: Opções para exportar modelo

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019



A garrafa será exportada como New Design com a intenção de obter o modelo no ambiente Model.

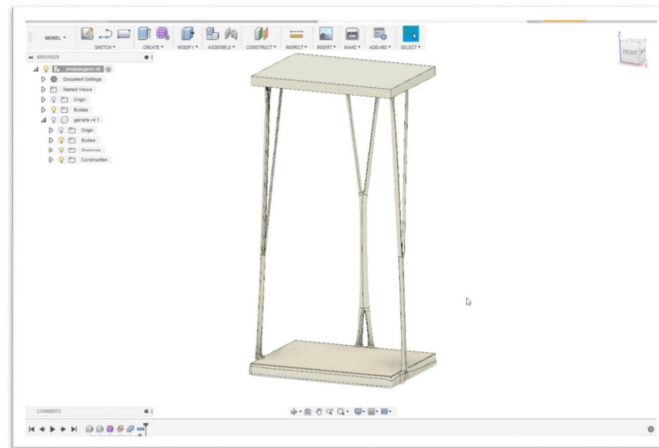


Figura 33: Modelo exportado para o ambiente Design

Fonte: Modelo no Fusion 360 criado pela autora. Maio 2019

Para complementar o estudo de caso, a embalagem será submetida ao estudo de análise de elementos finitos no ambiente Simulation, conforme a figura 34.

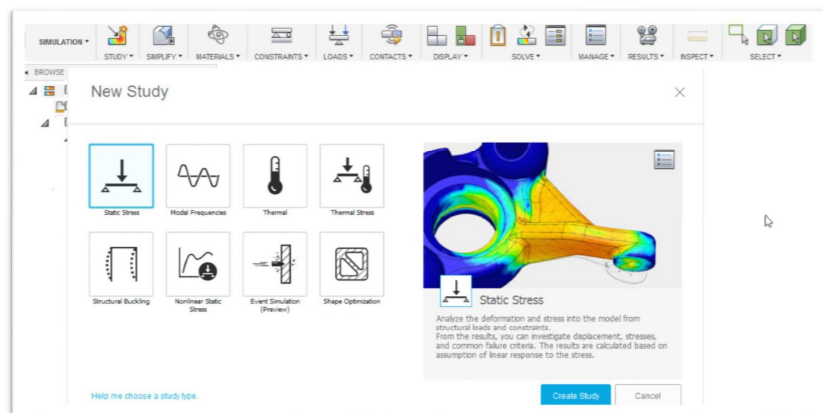


Figura 34: Simulation

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

Para a execução do estudo de  
elementos finitos são necessários  
5 créditos

Os resultados do estudo são apresentados nas figuras 35, 36 e 37.

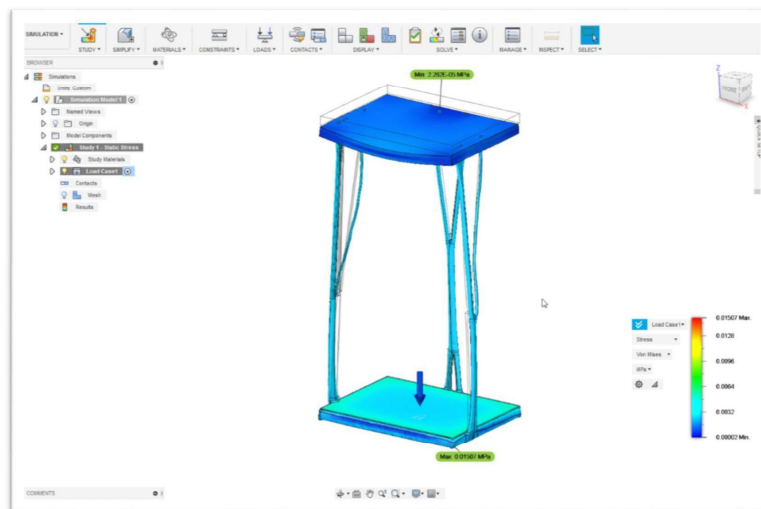


Figura 35: Estudo tensão Von Mises

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

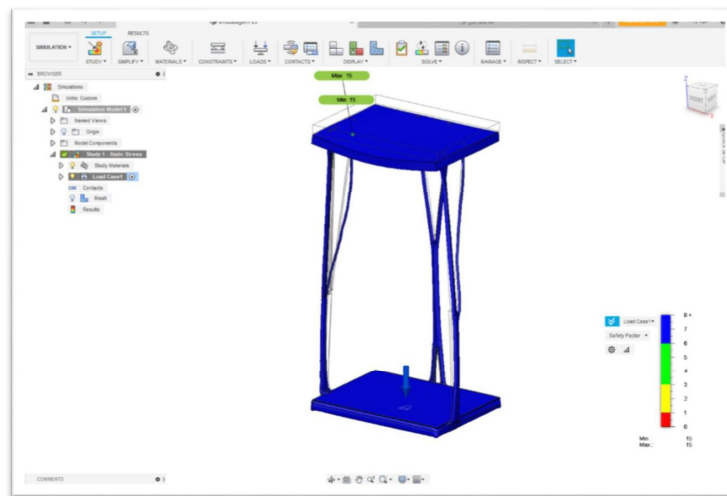


Figura 36: Coeficiente de segurança

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

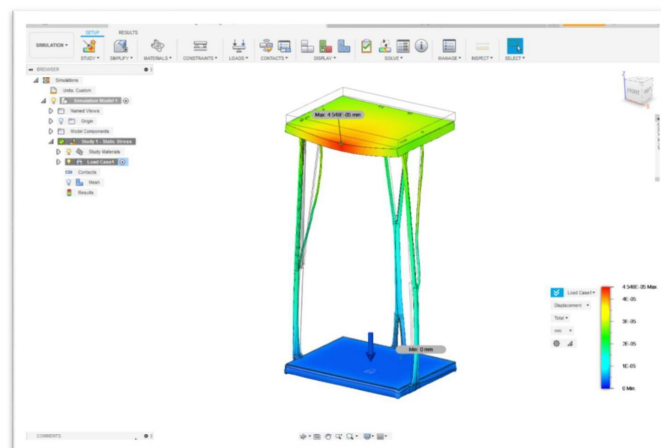


Figura 37: Estudo de deformação

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

Como finalização do estudo de caso, a figura 38 mostra a embalagem com a garrafa



Figura 38: Garrafa e embalagem

Fonte: Modelo no Fusion 360 criado pela autora. Maio 2019

#### Conclusão:

- Diferente da otimização topológica em que o modelo é retrabalhado e resulta em uma solução, no design generativo o resultado pode ser vários modelos com design variado e interessantes.
- Para a realização deste estudo de caso foram necessários 95 créditos na nuvem

	Créditos
design generativo	25
Exporta modelo	65
Estudo	5
Total	95

- A concepção do modelo para o design generativo deve ser definido em geometrias  
Geometria que será preservada  
Geometria considerada obstáculo  
Geometria inicial



*Figura 39: Geometrias*

Fonte: Imagem do Fusion 360 capturada pela autora. Maio 2019

## Bibliografia

1. Acesso em abril de 2019, disponível em <https://www.technologyreview.com/s/532126/software-designs-products-by-simulating-evolution/>
2. Acesso em abril de 2019, disponível em <https://www.frameweb.com/news/autodesk-uses-an-algorithm-to-design-a-chair>
3. Acesso em 2019 de maio, disponível em <https://projetodraft.com/verbete-draft-o-que-e-design-generativo> 22/03/2018