

Juliano Santos Moriggi

Uso da fabricação digital para criação e customização de uma luminária

Projeto de Conclusão de Curso  
submetido ao Curso de Graduação da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
para a obtenção do Grau de Bacharel em  
Design de Produto. Orientadora: Profa.  
Dra. Regiane Trevisan Pupo

Florianópolis

2021



Florianópolis, 07 de maio de 2021.

ATA DE APRESENTAÇÃO PCC nº.002/Design Produto/2021

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO DO  
PROJETO DE CONCLUSÃO DE CURSO – PCC**

**GRADUANDO: Juliano Santos Moriggi**

Aos **sete dias do mês de maio de dois mil e vinte e um**, às 3:00:00 PM, Sala meet, foi realizada a sessão pública de apresentação do Projeto de Conclusão de Curso [EGR7197] do graduando Juliano Santos Moriggi [17101866], requisito para obtenção do título de **Bacharel em Design de Produto**, de acordo com a Portaria nº **002/Design Produto/2021**. A banca foi composta pela professora Regiane Pupo (orientadora) e pelos professores **Ivan Luiz de Medeiros e Cristina Colombo Nunes**, sob a Presidência da primeira. O PCC tem como título: **“Uso da fabricação digital para criação e customização de uma luminária”**. Às 3:50:00 PM, foi lavrada a presente Ata e encerrada a sessão, que vai assinada pela banca e pelo candidato. Os requisitos a serem observados estão registrados nas normas e regulamentos do Curso.

**Juliano Santos Moriggi**  
[candodato]



Documento assinado digitalmente  
Juliano Santos Moriggi  
Data: 10/05/2021 20:51:44-0300  
CPF: 058.459.149-73  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>a</sup> Regiane Pupo, Dra.  
orientadora



Documento assinado digitalmente  
Regiane Trevisan Pupo  
Data: 07/05/2021 12:08:09-0300  
CPF: 102.473.178-29  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>o</sup> Ivan Luiz de Medeiros, Dr.



Documento assinado digitalmente  
Ivan Luiz de Medeiros  
Data: 11/05/2021 10:00:25-0300  
CPF: 016.795.309-50  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof<sup>a</sup> Cristina Colombo Nunes, Dr<sup>a</sup>.



Documento assinado digitalmente  
Cristina Colombo Nunes  
Data: 07/05/2021 16:25:38-0300  
CPF: 003.759.569-56  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>



## Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, Célio e Marilza, pela base, pelo incentivo, pelas oportunidades e pelos cuidados que desde sempre recebi.

Agradeço aos meus irmãos, Rafael e Bruna, pelo incentivo, ajuda e principalmente pela amizade que possuímos que vejo ser fundamental.

Agradeço a professora Regiane pela competência e conhecimento que compartilhou comigo durante a orientação do projeto. As aulas e ensinamentos se tornaram fundamentais para minha capacitação, além da oportunidade de aprendizado durante o período que estive no Laboratório Pronto 3D. Incluo também os professores do curso de Design de Produtos da UFSC que me ajudaram a construir todo o conhecimento de design que possuo hoje.

## **Resumo**

Este trabalho apresenta o projeto de um produto fabricado e customizado a partir da fabricação digital. Design *thinking* foi a metodologia escolhida por permitir a exploração da criatividade ao mesmo tempo que mantém o foco no usuário. O resultado final apresentado é uma coleção de luminárias fabricadas por impressão 3D. O projeto evidencia a importância da fabricação digital nas etapas de projeto, assim como a relevância para a customização do produto final.

**Palavras-chave:** Fabricação digital. Customização. Luminária. Impressão 3D.



## **Abstract**

This work presents the design of a product manufactured and customized from digital manufacturing. Design thinking was the methodology chosen for allowing the exploration of creativity while maintaining the focus on the user. The final product presented is a collection of lamps manufactured by 3D printing. The project highlights the importance of digital manufacturing in the design stages, as well as the relevance for the customization of the final product.

Keywords: Digital manufacturing. Customization. Lamps. 3D printing.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de etapas do Design Thinking .....	22
Figura 2 - diagrama sobre os sistemas de iluminação. ....	25
Figura 3 - Tecnologia de Manufatura Aditivas .....	27
Figura 4 - Processos para impressão 3D .....	30
Figura 5 - Endless Flow dining chair - Dirk Vadder Kooji .....	31
Figura 6 - Sandwaves - Estudios Precht e Mamou-Mani .....	32
Figura 7 - Aviator Chair - Zev Bianchi. ....	34
Figura 8 - Theatre - Mario romano. ....	35
Figura 9 - Luminária no estilo Streamline .....	39
Figura 10 - Estilo Temático.....	39
Figura 11 - Modelo de luminária de parede Moderno.....	40
Figura 12 - Arco Floor Lamp.....	40
Figura 13 - Luminária de lava.....	41
Figura 14 - Luminária de teto Contemporânea.....	41
Figura 15 - Luminária Cogumelo com detalhe superior em vermelho. ....	42
Figura 16 - Luminária Iceberg .....	43
Figura 17 - Luminária Flake.....	43
Figura 18 - Sculptural Cube - demonstração do movimento da luz.....	44
Figura 19 - Parametric pendant light - Homelava. ....	45
Figura 20 – Geodesic Sphere Lamp Shade – 3d Print Project Athens.....	45
Figura 21 - Hex Shade - Voodoo.....	46
Figura 22 - No. 40 Beams - Alex Groot Jebbink. ....	47
Figura 23 - Beehive Lampshade - 3d Print Project Athens.....	47
Figura 24 - Modelos e formas de lâmpadas. ....	50
Figure 25 - Exemplos de modelos de soquetes. ....	51
Figura 26 - Luminárias pendentes com formatos variados de cúpula.....	52
Figura 27 - Luminária de mosaico.....	52
Figura 28 - Painel semântico.....	53

Figura 29 - Requisitos de projeto.....	54
Figura 30 - Esboço do modelo com formas de cristais.....	55
Figura 31 - Render básico do modelo 1. ....	55
Figura 32 - Esboço da segunda alternativa.....	56
Figura 33 - Render simples mostrando o modelo 2.....	56
Figura 34 - Modelo 3.....	57
Figura 35 - Render do modelo 3.....	57
Figura 36 - Tabela comparando os 3 modelos bases.....	58
Figura 37 - Impressões com preenchimento 1. ....	59
Figura 38 - Impressões com preenchimento 2.....	59
Figura 39 - Impressões com preenchimento 3. ....	60
Figura 40 - Modelos com 2 paredes apenas.....	60
Figura 41 - Modelos com 4 paredes.....	61
Figura 42 - Peças do modelo 2 impressa.....	62
Figura 43 - Imagem dos suportes nas peças.....	63
Figura 44 - Modelo 3 da luminária modelado.....	63
Figura 45 - Primeira e segunda tentativa de impressão.....	64
Figura 46 - Segunda versão da impressão do modelo 3.....	65
Figura 47 - Tabela comparando os dois tipos de modelos finais.....	65
Figura 48 - Esboço para demonstração de arranjo.....	66
Figura 49 - Esboço para demonstração de arranjo 2.....	67
Figura 50 - Encaixes em uma mesma face.....	68
Figura 51 - Cantos e suas respectivas peças.....	68
Figura 52 - Conectores e cantos.....	69
Figura 53 - Padrão formado pela rotação da unidade.....	70
Figura 54 – Impressão dos conectores.....	70
Figura 55 - Faces montadas com conectores.....	71
Figura 56 - Primeiro protótipo.....	71
Figura 57 - Bocal do primeiro protótipo.....	72
Figura 58 - Segundo protótipo da luminária.....	73
Figure 59 - Luminária de mesa 50% da escala.....	74

Figura 60 - Bocal posicionado no espaço da luminária.....	74
Figura 61 - Primeira versão do encaixe do bocal.....	75
Figura 62 – Luminária 3 acesa.....	76
Figura 63 - A abertura quadrada feita na peça.....	77
Figura 64 - Teste de uma pagina do manual.....	78
Figura 65 - Render dos modelos pendentes.....	79
Figura 66 - Modelo cúbico com seis faces.....	79
Figura 67 - Modelos de mesa.....	80
Figura 68 - Três modelos disponíveis no tamanho 125%.....	81
Figura 69 - Modelo em 100% impresso em filamento PLA bronze silk.....	81
Figura 70 - Modelo em 75% impresso.....	82
Figura 71 - Modelo em 125% impresso utilizando o filamento PLA preto.....	82
Figura 72 - Ambientação.....	83
Figura 73 - Tabela com os dados técnicos das luminárias.....	83



## LISTA DE ABREVIATURAS

CNC	<i>Computer Numeric Control</i> (Controle Numérico Computadorizado)
FABLAB	<i>Fabrication Lab</i> – Laboratório de fabricação
FDM	Fused Deposition Modeling (Modelagem por fusão e deposição)
CAD/CAM	<i>Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing</i> (Computador Auxiliando Desenho / Computador Auxiliando a Manufatura)
LED	<i>light-emitting diode</i> (diodo emissor de luz)
PETG	<i>Polyethylene terephthalate</i> (poliéster PET. Através da adição do glicol (G) modificado)
PLA	Polylactic acid (poliácido láctico)
PVA	Polyvinyl acetate (Acetato de polivinila)
PVC	Polyvinyl chloride (policloreto de vinila)



## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	16
1. Introdução .....	19
1.1 Objetivo geral .....	19
1.2 Objetivos específicos .....	20
1.3 Justificativa .....	20
1.4 Escopo do projeto .....	21
1.5 Metodologia .....	21
2. Fundamentação teórica .....	23
2.1 Luminotécnica .....	23
2.2 Fabricação digital .....	26
2.3 FabLab .....	35
2.4 Customização .....	36
3. Especificações de Projeto .....	38
3.1 Análise diacrônica .....	38
3.2 Análise Sincrônica .....	42
3.3 Público Alvo .....	48
3.4 Lista de Necessidades .....	48
3.5 Análise Estrutural .....	48
3.5.1 Componentes Elétricos .....	49
3.5.2 Elementos complementares .....	51
4. Requisitos de projeto .....	52
5. Geração de alternativas .....	53
5.1 Painéis de conceito e inspiração .....	53
6. Prototipação .....	58

7. Produto Final .....	77
8. Conclusão .....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	86



## 1. Introdução

Fabricação digital é um tema que vem sendo inserido em áreas e profissões que trabalham com a criação e manufatura. A modernização dos processos tradicionais de desenvolvimento e execução de um projeto ou produto permite abrir um novo leque de opções dispondo de ferramentas. É, então, papel do designer, assim como de outros profissionais, a difusão desses meios que a fabricação digital traz.

Na área do design de produto a fabricação digital se torna atrativa tanto pelo fato de facilitar, como de possibilitar uma ideia de se tornar real, de materializá-la. As formas e processos que podem ser trabalhados, tanto para o fabricante como para o consumidor, são todos pontos que a fabricação digital influencia no trabalho do designer.

Na área de luminotécnica, além da maior possibilidade de formas e modelos, destaca-se também a variedade tecnológica relacionada a parte dos componentes eletrônicos que compõem o produto. Assim, a inserção da fabricação digital na área de iluminação positiva, considerando as vantagens que a fabricação digital apresenta.

A customização oferece ao usuário a possibilidade de ser criada uma peça única, que possa atender melhor às suas necessidades. A opção da modificação de acordo com o gosto e necessidade do usuário, de forma prática e acessível, permite a democratização da produção. A criação de um produto autoral e sua customização por meio da fabricação digital permite ao consumidor final a alteração de detalhes e elementos que desejar ou achar necessário, e assim, poder atender a necessidades de cada consumidor.

### 1.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo autoral de luminária customizável utilizando fabricação digital como parte do processo projetual.

## 1.2 Objetivos específicos

- Apontar tendências de mercado para o uso de luminárias;
- Destacar elementos comuns entre luminárias;
- Compor uma estética e conceito comum do produto com tendências;
- Delimitar o uso das ferramentas necessárias para criação e fabricação;
- Inserir o processo de fabricação digital na criação do produto;
- Introduzir o conceito de customização no design;

## 1.3 Justificativa

É notável o crescimento da tecnologia de fabricação digital no design, bem como a sua acessibilidade. Utilizar do design e sua metodologia para a criação de algo considerado comum no dia a dia, como uma luminária, mostra como é possível a elaboração de um produto completo, que pode atender uma oportunidade do mercado de fabricação digital em ascensão.

A fabricação digital aplicada na área de iluminação e luminotécnica permite a ampliação do design do produto. A exploração das possibilidades permitida através das diferentes ferramentas de fabricação agrega ao produto uma maior diferenciação no mercado e então um maior destaque.

A parte de customização da luminária adiciona uma maior complexidade ao desenvolvimento do projeto, além ampliar a parte estética do produto, criando variações do mesmo para diferentes tipos de usuários. Em diversas etapas da criação e fabricação do objeto é possível com a fabricação digital a modificação de partes para se adequar ao desejo do usuário, seja na cor, tamanho ou modelo final do produto.

Devido a pandemia de COVID-19, o desenvolvimento para algum público alvo específico se torna complexo para execução, assim o projeto foca em um produto final de design autoral.

## 1.4 Escopo do projeto

Com a vasta opção de produtos a serem criados e modificados com o uso da fabricação digital, nesse projeto será desenvolvido um modelo de luminária no qual a sua disposição e função variam na customização do modelo final. Assim, como resultado final, a luminária terá uma forma principal passível de modificações para usos diferenciados.

## 1.5 Metodologia

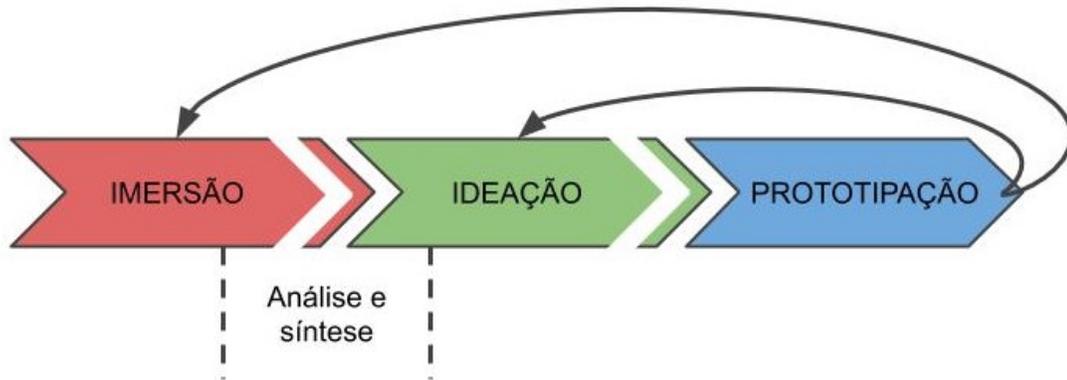
A metodologia usada nesta pesquisa é a *Design Thinking*. É uma metodologia que busca a inovação, não limitada apenas ao design, por meio da solução dos problemas centrado nas necessidades do usuário (Vianna et al., 2012).

“De acordo com Lockwood (2010), o design thinking é a reunião de três qualidades: pensamento, raciocínio e pesquisa, cujo objetivo é envolver os consumidores, os designers e os empresários em um processo de integração, o qual pode ser aplicado a produtos, serviços e projetos de negócio” (Juliani et al., 2016).

O processo utilizado pelo *design thinking* é separado em partes principais, as quais podem ser trabalhadas de forma flexível: suas etapas estimulam um processo não-linear permitindo o retorno a alguma etapa necessária para o processo, como mostra a figura 1.

Vianna et al. (2012) explanam as etapas abaixo da forma como demonstrado a seguir.

Figura 1 - Diagrama de etapas do Design Thinking. Fonte: Vianna et al. (2012).



Na primeira, imersão, é onde ocorre a aproximação da equipe na realidade do usuário, a fim de entender o problema existente e identificação de possíveis necessidades e soluções. Ela é dividida em duas partes:

- Preliminar: primeira parte, inclui pesquisa de campo e pesquisa *desk*, a fim de entender o problema e definir o escopo do projeto e limites para a próxima fase.
- Profundidade: seguindo, nessa parte se tem a imersão profunda na realidade dos atores e do tema do projeto. Cria-se uma pesquisa de projeto para ser utilizada como fundamentação teórica nas fases seguintes.

A fase de análise e síntese reúne todas as informações da fase anterior, de imersão, e cria uma síntese para melhor identificação e compreensão dos problemas.

Seguindo o processo, na ideação, ocorre a geração de ideias. Nessa etapa são incluídos, além da equipe projetual, profissionais e usuários ligados ao tema trabalhado, expandindo as variedades de resultados possíveis por incluir pontos de vistas diferentes. Nessa etapa ocorre a montagem dos requisitos de projeto, análise de público alvo, estrutural, sincrônica e diacrônica.

Na última etapa, prototipação, acontece a materialização das soluções geradas e a validação delas. Vianna et al. (2012) também apontam que mesmo sendo a etapa final, ela pode acontecer simultaneamente durante todo o processo de projeto.

## **2. Fundamentação teórica**

### 2.1 Luminotécnica

O estudo de técnicas de fontes de iluminação através da energia elétrica aplicada em ambientes, tanto externos como internos, se dá pelo nome de luminotécnica (Freitas, 2010). Seu estudo e entendimento são fundamentais para se projetar um ambiente de forma eficiente, de modo a controlar a expressão, sentimentos e reações que o usuário recebe e o espaço transmite, além de poder alterar a percepção física da forma e espaço do ambiente (Durak et al., 2007). Como exemplo, luzes mais amareladas são consideradas do tipo cores quentes, enquanto as luzes brancas ou em tons claros trazem uma neutralidade e eficiência para o ambiente. Loss (2013) acrescenta que na arquitetura a iluminação tem um papel essencial na composição do espaço, bem como o próprio design das luminárias, relacionando a decoração, a harmonia estética e o bem estar.

Gordon (2014) descreve que o ambiente se relaciona com as atividades ali executadas. Um dos exemplos que afeta essa relação é a temperatura da luz e a percepção de contraste entre os objetos que ela causa. Em um ambiente com baixo contraste, que está relacionado à uma cor de luz mais amarelada, o estímulo partindo do ambiente será baixo, comportando-se como um espaço mais neutro e mais adequado para transmitir aconchego. A relação de ambiente-atividades ocorre também quando há percepção maior de contraste, ligadas a uma iluminação de cor mais fria. O de maior contraste é usado para estimular a concentração e atenção por parte do usuário, sendo esses espaços mais recomendados para a execução de tarefas complexas.

Gordon (2014) também destaca que a iluminação em um ambiente deve ser sempre variável para se obter o maior benefício às tarefas, já que o usuário, quando muito tempo exposto a uma mesma luz, pode se acostumar com ela e parar de receber o devido estímulo.

Para as grandezas e medidas presentes na luminotécnica, Freitas (2010) descreveu as seguintes:

- Intensidade luminosa: Como a luz produzida por uma lâmpada não é uniformemente irradiada em todas as direções, a intensidade luminosa é “potência da radiação luminosa em uma dada direção” (Freitas, 2010, p.5) e é medida em candela (cd)
- Curva de distribuição luminosa: É a representação da intensidade luminosa em todas as direções. Costuma estar disposta em catálogos de fabricantes de lâmpadas.
- Fluxo luminoso: Sendo a unidade lúmen (lm), “o fluxo luminoso é a potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano” (Freitas, 2010, p.5). Conforme a potência e o tipo da lâmpada, o fluxo luminoso vai variar (alguns valores já são tabelados).
- Iluminância: também chamado de iluminamento ou nível de iluminação e medida em lux (lx), é a relação entre o fluxo luminoso sobre a área da superfície.
- Luminância: com um conceito mais abstrato, pode ser definida como uma excitação visual recebida, assim possibilitando qualquer tarefa visual.

Sobre luminárias, Gordon (2014) define que são elas que controlam o direcionamento da iluminação, enquanto podem bloquear a luz do olho humano em certas posições e ângulos. A luminária serve também como estrutura para abrigar a lâmpada, fornecendo suporte físico para ser posicionada em diferentes locais, assim como a estrutura elétrica a ser ligada à lâmpada. Segundo o referido autor, luminárias que possuem uma função estética mais presente costumam se localizar em ambientes em que a iluminação é suficiente, porém ainda auxiliam na harmonia do espaço.

OSRAM (2007) esquematiza os sistemas de iluminação em duas categorias principais: Sistema principal e Sistema secundário. Na figura 2 é mostrado cada um desses sistemas e seus subgrupos. O sistema principal é a iluminação usada para resolver as necessidades funcionais do lugar, sendo a principal do ambiente,

enquanto no sistema secundário estão os grupos de luzes utilizados em conjunto com o sistema principal, seja para oferecer suporte de iluminação em alguma área ou objeto específico, ou para dar ênfase algum detalhe no ambiente.

Figura 2 – diagrama sobre os sistemas de iluminação citados por OSRAM (2007), Fonte: Autor (2020).



Sobre os modelos de lâmpadas, existe já uma grande variedade disponíveis no mercado, tanto em qualidade quanto tecnologia. As primeiras lâmpadas elétricas, a partir de 1879, eram incandescentes, funcionando com a passagem de corrente com um filamento de carbono em uma ampola de vidro, e que hoje funcionam com um filamento de tungstênio. Lâmpadas incandescentes, porém, tem uma vida útil baixa, além da conversão de energia em luz ser baixa por ter muita perda em calor (Santos, 2015). Sobre os demais tipos de lâmpadas, Santos (2015) expõe ainda que os modelos fluorescentes já são mais comuns que incandescentes, e funcionam com uma descarga elétrica em um gás inserido num recipiente, assim com uma quantidade de mercúrio e materiais de fosforo, convertendo a luz ultravioleta em luz visível. Para a lâmpada LED (*light emitter diode*), o mesmo a descreve como “dispositivos semicondutores preenchidos com gases e revestidos com diferentes materiais de fósforo” (Santos, 2015), e destaca que por mais que possam ter seu preço mais elevado, costumam ter em média 50.000 horas de vida útil, enquanto lâmpadas incandescentes possuem em média apenas 1.000 horas.

## 2.2 Fabricação digital

A forma como o Design de produto é abordado comumente vem do ponto de vista do uso, do usuário, do ambiente, da cultura ou da função. Esses valores agora estão se adaptando novamente para acompanhar as mudanças e avanços sociais e tecnológicos, visando acompanhar essa interdisciplinaridade, como aponta Pupo (2009, pg. 103) “os projetos não são somente criados digitalmente, mas também produzidos digitalmente por processos de fabricação digital, numericamente controlados por computador (CNC), e chamados de processos “*file-to-factory*”<sup>1</sup>, ou seja, do arquivo para fábrica.

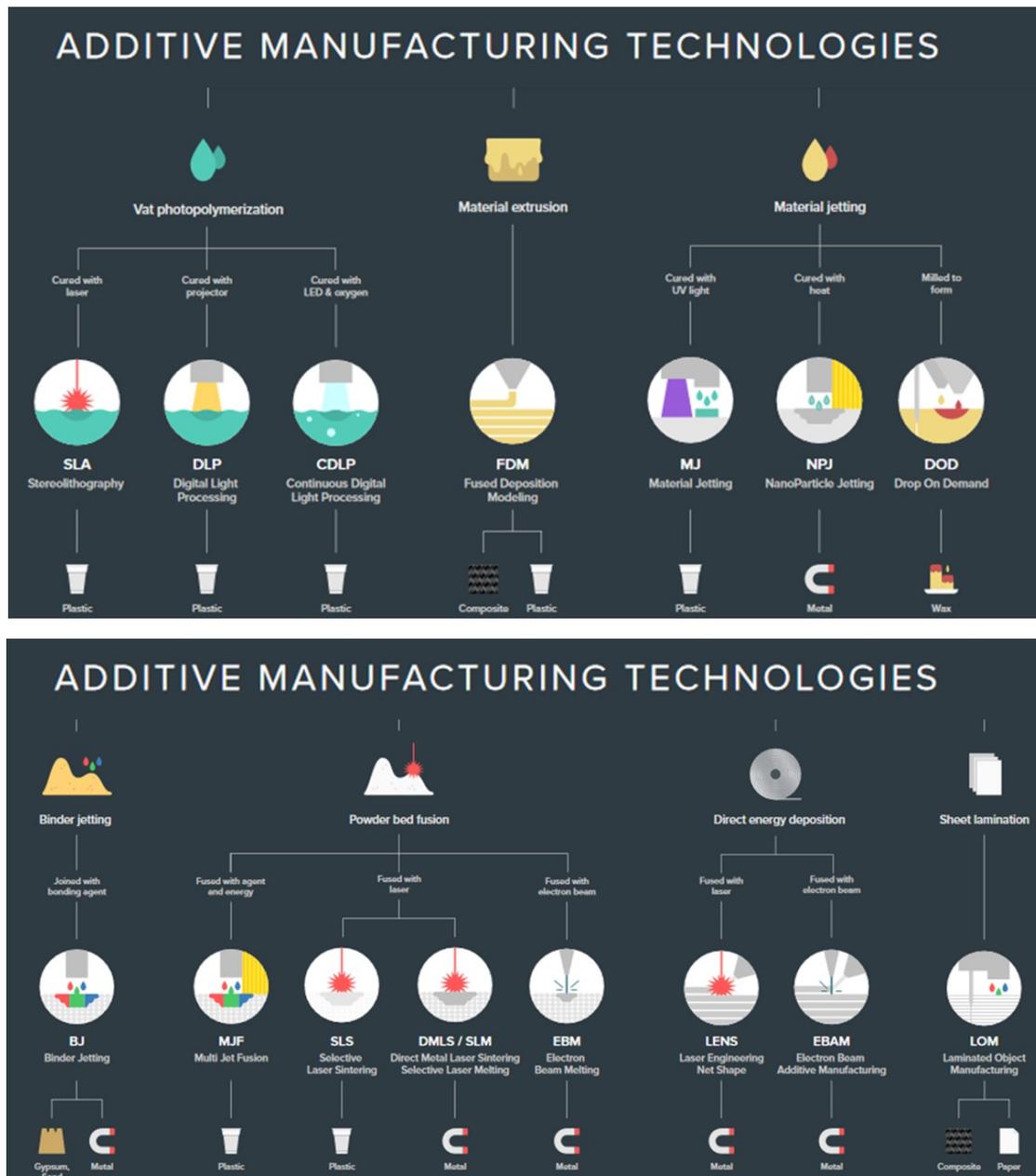
Com a fabricação digital, é possível se ter ferramentas e meios para chegar em novos resultados, facilidade em mesclar o visual de um objeto a sua função, além de garantir um trabalho mais preciso e exato. Na fabricação digital se incluem técnicas de manufatura aditiva, que são máquinas com tecnologias e funcionamentos variados chamadas geralmente de impressoras 3D; manufatura formativa, que trabalha com moldes para dar a forma ao objeto; e manufatura subtrativas como equipamentos CNC, cortadoras a laser e outros tipos, pois também trabalham com a transferência de dados em um programa para a fabricação de modelos (Pupo, 2009).

Na manufatura aditiva, o modelo é criado a partir de sobreposição de camadas. O site 3dHubs (acessado: 05 de nov. de 2020) explica que como é muitas vezes relacionada à prototipação rápida: isso ocorre devido a rápida velocidade que as diferentes tecnologias das máquinas possuem para produzir modelos, inclusive com geometrias mais complexas. A figura 3 elenca em um infográfico os diferentes métodos disponíveis para a manufatura aditiva.

---

<sup>1</sup> A expressão usada “*File-to-Factory*” se traduz como arquivo para a fábrica, se referindo ao modelo 3D que se comunica diretamente com as máquinas usadas (Pupo, 2009).

Figura 3 - Tecnologia de Manufatura Aditivas. Fonte: <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview>



Um destaque dentre as tecnologias hoje disponíveis é a extrusão de material: conhecida como *FDM (Fused Deposition Modeling)*, que trabalha com a deposição de material derretido que em seguida é solidificado. Esse é o modelo mais conhecido e utilizado como impressão 3D (3dHub, acessado: 05 de nov. de 2020).

Para a manufatura subtrativa, como exemplo o corte a laser ou máquinas CNC, a peça final é produzida pela remoção ou cortes de partes na peça inicial. Dessa forma, a manufatura subtrativa pode fornecer modelos mais duráveis por trabalharem com mais facilidade com metais (Engiprinters, acessado: 09 de nov. de 2020), e as máquinas de CNC são as mais indicadas para peças em escalas 1:1 (Pupo, 2009).

Para a materialização de um modelo por meio da fabricação digital é necessário um arquivo digital com o modelo em 3D, que é obtido a partir da modelagem 3D. Nessa etapa, programas de CAD (*computer-aided design*) e CAM (*computer-aided manufacturing*) são utilizados para possibilitar isso. Sarcar et al. (2008) evidenciam as vantagens do uso de CAD/CAM:

- Melhora na produtividade para criação, por simplificar tarefas como análises e idealização, e fornecer de forma mais rápida e simples o cálculo de gastos e listas de materiais;
- A diminuição de erros matemáticos e facilidade de modificação do desenho para atender melhor as especificações do cliente;
- Padronização de arquivos e documentos, tanto para melhor entendimento e clareza de projetos quanto para usos posteriores ou documentação dos arquivos.

Assim, utilizando-se materiais diversos e técnicas específicas, ainda divididas entre aditivas ou subtrativas -cada uma com suas vantagens e desvantagens- é necessário analisar qual a melhor opção para realizar e atender as geometrias e especificações do produto, ou ainda a possibilidade da combinação entre elas, destaca Pupo (2009).

A impressão 3D vem apresentando grande desenvolvimento tecnológico e tendências para o mercado, devido a sua versatilidade materiais para trabalho<sup>2</sup>. Os materiais usados na impressão 3D FDM são termoplásticos, porém com ampla variação de características e aplicações. O processo de impressão ocorre inicialmente no arquivo do modelo desejado, o qual passa por um fatiador (programa usado pra preparar o arquivo para impressão), definindo qualidade e outros

---

<sup>2</sup> Inovação industrial <inovaçãoindustrial.com.br> (acesso dia 18 de abril de 2021)

parâmetros. Então na máquina, um carretel com o material em forma de filamento é posicionado e levado por meio de um tracionador até o extrusor, onde ocorre o aquecimento para que o material seja derretido, depositado e então solidificado (3dlab, acessado: 08 de nov. de 2020).

Sobre os materiais mais usados nas impressões FDM, o site Simplify3D<sup>3</sup> detalha:

- ABS: um dos materiais mais comuns e mais antigos na impressão 3D, o plástico ABS (Acrilonitrila butadieno estireno). Possui uma ótima resistência a impacto e baixa densidade, sendo também leve. Seu valor no mercado é um dos mais baixos também, o que ajuda a torná-lo popular.
- PLA: Também um dos materiais mais comuns usados, o PLA (Poliácido láctico) é de origem natural, sendo biodegradável. Possui um ótimo custo benefício para a impressão, sendo um material de fácil impressão e barato.
- NYLON: Material conhecido pela sua alta resistência tanto a impactos e batidas quanto ao calor, enquanto também oferece elasticidade às peças.
- PETG: Material muito usado para impressões, possui também diversas variações com composições diferentes. Apresenta ótima resistência química, mecânica e tenacidade.
- Flexível: conhecidos como TPE (termoplásticos elastômeros, material no qual são produzidos), é o material mais conhecido por sua flexibilidade e elasticidade. O valor ainda está próximo dos outros materiais como PLA e PETG. O mais popular no mercado é chamado de TPU (Poliuretano termoplástico).
- Policarbonato: material mais especial, por necessitar de temperatura mais elevada para sua fusão, ele oferece uma das maiores

---

<sup>3</sup> (www.Simplify3D.com, acessado dia 14 de nov. de 2020)

resistências e durabilidades, sendo principalmente utilizado em testes e peças de engenharia.

- PVA: Álcool polivinílico, é usado na impressão por sua característica de ser solúvel em água, usado então em partes descartáveis na impressão, como suportes.
- Fibra de Madeira: Esse material é produzido a partir do PLA utilizando fibras reais de madeiras, trazendo assim uma aparência mais próxima a madeira as peças feitas.
- Fibra de carbono: Assim como o filamento de fibra de madeira, esse possui fibras de carbono na sua composição para melhorar as propriedades do material. Ela pode ser encontrada em diversos materiais base, como PLA, PETG, NYLON, etc. Possui ótima dureza e resistência.

A figura 4 mostra as etapas de impressão, do arquivo até o objeto final.

Figura 4 - Processos para impressão 3D. Na peça fabricada é comum a presença de linhas, que indicam as camadas sobrepostas - Fonte: Volpato (2017)



A impressão 3D na área de produto é bastante popular pois, segundo Volpato (2017), a velocidade de obtenção de modelos físicos mais complexos, ainda que em baixa qualidade, fornece ao designer a facilidade em apresentar modelos como *mock ups* e protótipos, também por causa da limitação espacial da área de trabalho das máquinas.

Um exemplo de aplicação em escala real da impressão 3D são as cadeiras *Endless Flow dining chair* do estúdio Dirk Vandder Kooji, mostradas na figura 5. Elas foram produzidas 100% de impressão e em tamanho real, seguindo um modelo já existente de cadeiras do próprio estúdio, e utilizando como matéria prima sintéticos reciclados.

Figura 5 - *Endless Flow dining chair* - Dirk Vadder Kooji. Fonte:

<https://www.dirkvanderkooij.com/blogs/exhibitions/traits-dunion-objets-d-empathie-span-biennale-internationale-design-saint-etienne-fr-span>



Os estúdios *Precht* e *Mamou-Mani Architects*, na *Arábia Saudita*, criaram o que chamam de “*sandwaves*”, que são as paredes que correm ao redor das palmeiras, material usado foi resina misturada com a areia local, e juntas produziram por meio da manufatura aditiva, em impressão 3D as formas e padrões geométricos de cada modulo (Figura 6).

Figura 6 - Sandwaves - Estudios Precht e Mamou-Mani. Fonte: <https://3dprintingindustry.com/news/precht-and-mamou-mani-unveil-sandwaves-and-pixel-gate-3d-printed-installations-in-saudi-arabia-167705/>



Destaca ainda Christ Precht (2020)<sup>4</sup>, cofundador do estúdio Precht,

“Acreditamos que a responsabilidade começa localmente e utiliza recursos regionais para se criar projetos visionários. As swadwaves são um exemplo de inovação responsável que pode ter um impacto positivo no futuro do nosso meio ambiente.”

O corte a laser consiste no corte automatizado de placas, principalmente de madeira, acrílico ou papelão, cortados a alta velocidade e precisão, pontos considerados positivos para o uso dessa tecnologia (Pupo, 2009). Ele funciona integrado ao sistema de CAD/CAM, que então passado pelo *driver* próprio para o corte, delimita onde do material será cortado, utilizando um conjunto de lentes para guiar o feixe de laser. Como o resultado do corte são pedaços da placa, ele ainda não é considerado completamente um objeto 3D, assim necessitando uma montagem para obtenção de uma peça 3D, segundo Pupo (2009). Além do corte, é possível também marcar ou gravar as peças, programando o laser para que não ultrapasse por completo o material. A empresa Trotec (acessado: 08 de nov. de 2020) apresenta as vantagens do corte a laser como sua alta precisão nas

---

<sup>4</sup> Entrevista feita pelo site <[www.dezeen.com](http://www.dezeen.com)>

dimensões dos cortes, a facilidade e variedade para trabalhar com materiais, além das peças finais raramente precisarem de pós-processamento.

Sobre os materiais mais usados para o corte a laser, o site Fractory<sup>5</sup> destaca:

- Materiais metálicos no geral, porém maioria das máquinas cortam até 30mm de espessura, e quanto mais reflexivo, mais difícil;
- Chapas de madeiras, incluindo MDF (*Medium-density fibreboard*) e compensados.
- Plásticos, como chapas de acrílicos e metacrílicos.

O corte obtido por CNC é gerado também a partir de um arquivo previamente configurado para o corte, e com as informações recebidas. A máquina é capaz de mover o *Spindle* (parte da máquina que rotaciona a fresa, e responsável pelo corte) para remover material das partes necessárias<sup>6</sup>.

Os materiais usados na CNC: madeiras (compensados e solidas), metais (aço, alumínio, latão, titânio, etc.), plásticos (PVC (policloreto de vinil), NYLON) e podem trabalhar também com espumas (poliuretano expansiva), aponta o site 3ERP<sup>7</sup>.

O uso da CNC permite ainda outras técnicas e detalhes no produto, como por exemplo tipos de encaixes para montagens e composição de peças (*interlock*), *kerf bending* (técnica que consiste em fazer diversos cortes na madeira para que seja possível dobrá-la). Na Aviator Chair, criada por Zev Bianchi e Bcompact design, onde o uso da CNC aplicada na chapa plana de bambu criou a cadeira usando da técnica de *kerf bending*, e a mesma não conta com parafuso algum (Figura 7).

---

<sup>5</sup> (Fractory.com, acessado: 13 de nov. de 2020)

<sup>6</sup> (Maxdesign.com.br, acessado: 12 de nov. de 2020)

<sup>7</sup> (3erp.com, acessado: 13 de nov, de 2020)

Figura 7 - Aviator Chair - Zev Bianchi. Fonte: <https://www.core77.com/projects/43929/Aviator-Chair-A-Flat-Folding-Leather-Chair-Made-Using-No-Joinery>



Se estendendo para além de objetos comuns, o uso da CNC também está presente no design de superfície. O designer e arquiteto Mario Romano cria paredes em 3D, utilizando a técnica em CNC para criar os diferentes relevos e texturas nas placas e então serem posicionadas e instaladas em paredes e balcões.

Trabalhando com formas orgânicas e inspiradas na natureza, a fabricação digital é uma área em expansão. Exploro a ponte entre *concept design* e criação: como você realiza um projeto digital para o mundo real enquanto garante um resultado confiável, funcional, e acessível economicamente? Máquinas CNC são o principal caminho por enquanto. (...) Todas as casas que eu desenhei foram construídas por carpinteiros locais utilizando construção *open-source* (Romano, 2019).

Na figura 8 é possível ver a aplicação das chapas já usinadas, com a textura criada e aplicadas em um banheiro, criando o efeito desejado de cortinas.

Figura 8 - Theatre - Mario romano. Fonte: <https://mrwalls.marioromano.com/collection/theatre>



O crescimento e popularização dessa tecnologia nos últimos anos permitiu que o acesso a elas fosse também ampliado. Agora, grande parte dessas máquinas podem ser encontradas também em escolas e universidades.

### 2.3 FabLab

Laboratórios de fabricação digital são espaços voltados a criação e produção. Fab Lab (*fabrication laboratory*) é o nome dado a esses laboratórios quando são credenciados pelo MIT (Instituto de Tecnologia de Massachussets). São uma rede de laboratórios e compostos principalmente por designers, engenheiros, artistas, empreendedores. Fab Lab é um termo ainda considerado recente, onde teve sua origem no MIT, no laboratório interdisciplinar “*Center for bits and Atoms*” (CBA), com o professor Neil Gershenfeld que administrava uma matéria chamada “como fazer ‘quase’ tudo”, e disponibilizava equipamentos e ferramentas tanto para estudantes quanto profissionais para a realização da prototipagem e fabricação de produtos e ideias (Institute for advanced architecture of Catalonia, acessado: 07 de nov. de 2020). Com o resultado positivo de sua disciplina, Gershenfeld a usou como modelo, e assim o MIT passou a criar outras unidades em outras universidades, usando do compartilhamento de conhecimento e equipamentos.

Destaca também Gershenfeld (2012) a importância desses laboratórios como espaço de aprendizagem e formação, além do espírito de cooperação entre

os usuários. Segundo Eychenne e Neves (2013), por ter como objetivo a democratização ao acesso às ferramentas e máquinas, os Fab Labs devem ser abertos ao público de forma gratuita ou em troca de serviços, assim, um dos pontos principais de um Fab Lab é a sua abertura a comunidade.

Sobre os equipamentos encontrados nos Fab Labs, existe um requisito de equipamentos necessários a existirem em um laboratório de fabricação digital para se enquadrar e credenciar como Fab Lab, definidos pelo CBA-MIT, a fim também de manter um padrão para atendimento e funcionamento, permitindo uma replicação ou desenvolvimento de um produto ou ideia em qualquer um dos laboratórios (Eychenne; Neves, 2013).

#### 2.4 Customização

A produção de produtos por empresas ainda é de modo massivo para comercializá-los em grande volume, porém está se tornando obsoleto: a quantidade de produtos que atendem a funções similares é grande, enquanto um novo perfil do consumidor que busca por produtos que possam espelhar sua individualidade cresce (i9tec, acessado: 10 de nov. de 2020). Assim, empresas estão recorrendo à customização para atender necessidades específicas de clientes para que possam se destacar perante as concorrentes diante do mercado.

Anteriormente, executar qualquer modificação em um produto diante uma grande linha de produção era completamente inviável financeiramente a uma empresa. Porém, com a evolução e desenvolvimento de tecnologias, está surgindo o conceito de “indústria 4.0”, que conta com “a fusão dos mundos físicos, biológico e digital” (industria40, acessado: 10 de nov. de 2020), e contam com a inserção de

tecnologias como manufatura aditiva, internet das coisas<sup>8</sup>, inteligência artificial<sup>9</sup> e sistemas ciber-físicos<sup>10</sup>.

A participação da manufatura aditiva na base de indústrias se torna cada vez mais fundamental, incluindo então o uso das tecnologias que a compõem, também como os processos como criação e desenvolvimento do produto. Tavares (2019) inclui que os sistemas de CAD/CAM e novas tecnologias trazem novas formas de se projetar e executar ideias, relevando o atual modo de produzir, por exemplo afetando a relação entre projeto, fabricação e designer.

Para a customização, o site e-commerceBrasil (acessado: 10 de nov. de 2020) relata que essa evolução tecnológica proporciona uma realidade de consumo de itens customizáveis: de empresas pequenas como sapatos e acessórios, até empresas grandes, como Nike ou Brastemp que fornecem serviços *online* para os clientes escolherem especificamente como querem seu produto.

“Os processos de controle numérico por computador, as máquinas CNC, de formatar e reformatar formas, baseadas nas técnicas de fabricação digitais – de corte, de adição, de subtração e de formação – têm cada vez mais potencializado a capacidade de controlar os parâmetros da produção material e de gerar, conseqüentemente, resultados os mais diversos” (KOLAREVIC, 2008, p. 122, apud TAVARES, 2019).

O uso de impressoras FDM cresceu nos últimos anos, permitindo a democratização dessa tecnologia e gerando de forma revolucionária a forma de se fabricar, abrindo a possibilidade de fabricação não apenas para empresas, mas também para pessoas comuns.

“A fabricação de novos produtos tende a não ser mais domínio de poucos, mas oportunidade para muitos, a AM vem diminuindo a distância entre inventor e empreendedor de tal forma que, em alguns casos, ela praticamente não existe mais” (Monteiro, 2015).

---

<sup>8</sup> Internet das coisas, ou *Internet of things* é uma forma de conexão entre aparelhos e máquinas de forma a não necessitar o comando humano, assim criando uma rede entre as máquinas (Internetofthingsagenda, acessado: 10 de nov. de 2020).

<sup>9</sup> A capacidade de softwares e máquinas de raciocinar e tomar decisões (industria40, acessado: 10 de nov. de 2020)

<sup>10</sup> Os processos que ocorrem por máquinas são digitados e podem ser controlados via digital (industria40, acessado: 10 de nov. de 2020).

### 3. Especificações de Projeto

Seguindo as etapas de metodologia para desenvolvimento do projeto, as próximas etapas focam no objeto a ser desenvolvido, estudando produtos similares, formas, necessidades e uso de cada um deles.

#### 3.1 Análise diacrônica

De acordo com a escola de design 4ED (2019), na análise diacrônica, o importante é destacar o processo de transformação que certo produto teve até os dias de hoje, estudando-o por uma linha cronológica. Uma análise cronológica da luminária pode ser algo ainda vasto demais, se for considerar todos os tipos de iluminação, como tochas, lamparinas a gás, entre outros tipos, para ser pontuado por completo. Desta forma, serão destacados apenas momentos e mudanças mais marcantes do ponto de vista do design.

Luminárias surgiram praticamente junto com a criação da lâmpada incandescente, por volta de 1800. Como o propósito da luminária é abrigar a lâmpada para iluminar, os modelos acabam se diferenciando quase que puramente por estética, além também dos tipos: luminária de mesa, luminária de teto e luminária de chão, que ao longo da história, acompanhavam os períodos artísticos e tendências que existiam na época.

- (1935-1940) No Streamline Moderne, o visual já remete a aero dinamismo, a linhas simples novamente, e como o próprio nome sugere, forma simplificada. Faz uso do alumínio e aço, destacando o brilho do material e com formas circulares. O metal e brilho são mostrados no modelo da figura 9.

Figura 9 - Luminária no estilo Streamline. Fonte: <https://www.oldhouseonline.com/interiors-and-decor/timeline-lighting-history>



- (1950-1955) Pré-moderno (figura 10), normalmente expressa de modo estranho com mistura de formas e estampas, pinturas e cores, e o visual de vidro moldado.

Figura 10 - Estilo Temático. Fonte: <https://www.oldhouseonline.com/interiors-and-decor/timeline-lighting-history>



- (1955-1960) Moderno, nesse estilo as luminárias tinham seu visual ligado ao espaço, furos e materiais mais diferentes, importados. Traziam a impressão que vinham do futuro, como demonstra a figura 11.

Figura 11 - Modelo de luminária de parede Moderno. Fonte: <https://www.oldhouseonline.com/interiors-and-decor/timeline-lighting-history>



- (1962) Luminária *Arco floor Lamp* (figura 12), criada em 1962 para preencher a necessidade de uma luz superior sem precisar fixar no teto. Até hoje continua como um ícone de design.

Figura 12 - *Arco Floor Lamp*. Fonte: <https://www.moma.org/collection/works/1942>



- (1963) Luminária decorativa inventada em 1963, suas bolhas inseridas num recipiente com líquido transparente simulam lava fluando. Ela existe até hoje em diversas cores e estilos (figura 13).

Figura 13 – Luminária de lava. Fonte: Luminária Abajur Decoração Mesa Sala Lava Lamp Motion 110 V | Mercado Livre



- (1970) Contemporâneo é incorporado com emoção e elegância, formas de tubos e canos, com formas orgânicas e um contraste maior nas cores utilizando do cromado. A figura 14 mostra o uso do cromado na composição da luminária.

Figura 14 - Luminária de teto Contemporânea. Fonte: <https://www.oldhouseonline.com/interiors-and-decor/timeline-lighting-history>)



- (1971) *Mushroom Lamp* (Figura 15), luminária em formato que lembra um cogumelo, criada por Verner Panton em 1971 usando principalmente plástico como material. Mais tarde cores e metal foram adicionados no modelo também.

*Figura 15 - Luminária Cogumelo com detalhe superior em vermelho. Fonte:  
<https://www.northwalesinteriors.co.uk/interior-design/5-iconic-lighting-designs/>*



Na análise diacrônica o uso de materiais mais utilizados como metais e em anos mais recentes também o plástico é evidenciado. Os formatos também se modificam com o tempo, seguindo uma estética comum de cada época.

### 3.2 Análise Sincrônica

Assim como a análise diacrônica destaca os modelos históricos a fim de comparação entre suas características principais, a análise sincrônica propõe elencar produtos atuais e pontuar características como preço, material ou processos de fabricação, a fim de evitar reinvenção (4ED, 2019).

Muitos modelos de luminárias produzidas a partir de impressão 3D são criados por designers ou modeladores 3D autônomos, justamente por essa tecnologia fornecer uma grande capacidade de customização e já estar mais acessível. Esses modelos então podem ser encontrados em diversos sites que fornecem arquivos para impressão, tanto de graça quanto pagos. Com esses arquivos o usuário que tiver disponível uma impressora 3D ou máquina de corte a laser é capaz de produzi-las, além de modificar tamanhos e formas.

- Luminária Iceberg – Vood

Luminária produzida toda em impressão 3D (Figura 16), ela é colocada ao redor de um bocal com lâmpada a fim de ser pendurada. Está disponível para compra em alguns sites que possuem acervo de arquivos 3D, e o preço é de aproximadamente 38 dólares o arquivo.

Figura 16 – Luminária Iceberg. Fonte: <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/3d-printed-lamps/>



- Luminária Flake - 3DLights

Impressa em 3D pela empresa holandesa 3DLights, que possui algumas luminárias, todas seguindo uma produção sustentável utilizando a impressão 3D. Esse modelo pode ser tanto de mesa, quanto suspensa (Figura 17). O valor da luminária completa, incluindo a lâmpada é de 66 euros.

Figura 17 - Luminária Flake. Fonte: [https://www.3dlights.nl/flake\\_hanglamp](https://www.3dlights.nl/flake_hanglamp)

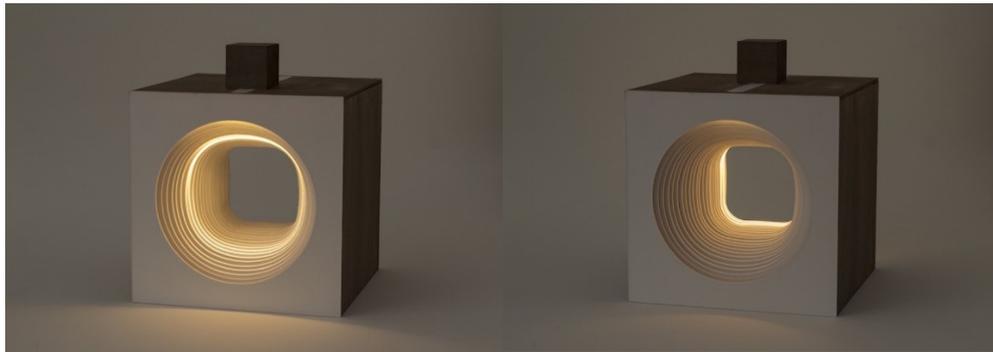


- Sculptural Cube – Mattia Antonetti, Fabrizio Guarrasi e Luis H. Vicencio.

Inspirada no conceito grego “tudo flui”, essa luminária produzida de placas de madeira em conjunto com um bloco magnético que ativa a luz, fazendo a luz acompanhar o movimento do bloco, e criando a impressão de fluidez (Figura 18). O valor do objeto não foi encontrado.

*Figura 18 - Sculptural Cube - demonstração do movimento da luz.*

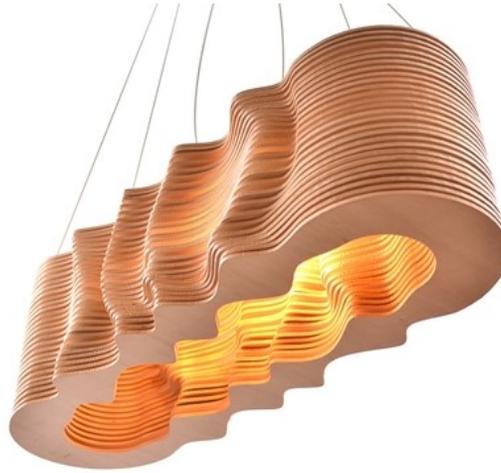
*Fonte: <http://www.fubiz.net/2016/04/01/sculptural-cube-with-flowing-light/>*



- Parametric pendant light - Homelava

Essa luminária de teto é produzida a partir de 27 peças com design paramétrico e cortada a laser (Figura 19), onde o próprio usuário que monta. Ela tem um visual orgânico, além de providenciar uma boa iluminação. O preço sobre o produto já pronto, apenas faltando a montagem, é de USD \$199,99.

Figura 19 - Parametric pendant light - Homelava. Fonte: <https://www.homelava.com/en-nordic-wooden-pendant-light-wave-design-light-3d-effect-decoration-restaurant-living-room-dining-roo-p40234.htm>



- Geodesic Sphere Lamp Shade – 3d Print Project Athens

Esse modelo é fabricado totalmente de impressão 3D, a partir da montagem de 17 componentes (Figura 20). Resistente e grande, medindo aproximadamente 40cm, essa peça tem uma estética simétrica com as sombras criadas, além de ser um objeto leve e de fácil montagem por parte do usuário. Pode ser suspensa ou equipada com um tripé. Ela está disponível para compra apenas do arquivo nos sites <https://www.cults3d.com> ou <https://www.myminifactory.com/> por R\$ 32,40.

Figura 20 – Geodesic Sphere Lamp Shade – 3d Print Project Athens. Fonte: <https://cults3d.com/en/3d-model/home/geodesic-sphere-lamp-shade>



- Hex Shade – Vood

Essa luminária também criada pelo estúdio Vood com impressão 3d, usa como material um filamento de madeira misturado com PLA. O corpo da luminária varia de acordo com o desejo do cliente: mesa, pendente, chão ou de parede (Figura 21), mostrando as diferentes posições disponíveis. No site está disponibilizado o tipo da luminária já pronta por 85,00 euros, ou o cliente pode comprar o arquivo para imprimir e instalar onde quiser por

*Figura 21 - Hex Shade - Vood. Fonte: <https://www.vood.eu/product-design-store/hexshade-wood>*



- No. 40 Beams – Alex Groot Jebbink

A luminária consiste de 35 planos cortados em MDF (Figura 22), conectados nos cantos de dentro pra fora, e assim a luz da lâmpada, dentro, passa entre os espaços. O preço pela luminária pronta pode ser encontrado em alguns sites, e é de aproximadamente 299,00 euros.

Figura 22 - No. 40 Beams - Alex Groot Jebbink. Fonte: [http://www.alex.nl/uploads/8/4/5/8/8458865/no40\\_beams\\_datasheet\\_hetlichtlab.pdf](http://www.alex.nl/uploads/8/4/5/8/8458865/no40_beams_datasheet_hetlichtlab.pdf)



- Beehive Lampshade – 3d Print Project Athens

Outro modelo de luminária impressa em 3D desse estúdio, é inspirada na forma de uma colmeia de abelhas. O padrão da impressão cria luzes e sombras interessantes com a lâmpada localizada dentro (Figura 23). O valor do arquivo para impressão disponibilizado na página do estúdio ou em sites como cults3d e MyMiniFactory é de \$5,99 dólares.

Figura 23 - Beehive Lampshade - 3d Print Project Athens. Fonte: <https://www.myminifactory.com/object/3d-print-beehive-lampshade-120510>



A análise sincrônica destaca o uso de formas predominantemente geométricas, assim como um padrão de tamanho entre os tipos de modelos de impressão 3D e corte a laser. O preço de cada modelo ou arquivo também está presente, permitindo uma primeira ideia de valores.

### 3.3 Público Alvo

O público alvo do projeto é quem consumirá o produto ou serviço. Sua distinção é importante para entender como o público desejado age e de que maneira o produto final pode atendê-los, explica Roque (2020). Neste projeto, o público alvo é dividido em dois grupos. O primeiro possui acesso a laboratórios de fabricação digital ou alguma máquina, como uma impressora 3D, e por isso são capazes de fabricar o produto para si. O segundo grupo não possui acesso ou desconhece sobre laboratórios de fabricação digital, de modo que a aquisição do produto ocorre pela compra direta do objeto.

### 3.4 Lista de Necessidades

A proposta da lista de necessidades é destacar as principais preferências e características que o produto poderá vir a ter. Para a lista de necessidades da luminária, foram destacados os seguintes pontos:

- Adaptável a diversos estilos de ambientes;
- Possibilidade de montagem pelo próprio usuário;
- Fácil execução do projeto;
- Uso de materiais e peças com maior durabilidade e custo benefício;
- Peças e elementos com tamanhos limitados para melhor execução;
- Adaptável para diferentes tipos e modelos de lâmpadas;

### 3.5 Análise Estrutural

A análise estrutural, de acordo com a escola de design 4ed (2019), é a etapa que serve para o entendimento dos subsistemas e componentes que compõem o produto, sua montagem, encaixes e peças.

### 3.5.1 Componentes Elétricos

Na análise dos componentes elétricos, serão explanados os materiais e peças necessários para se criar uma luminária.

Para o funcionamento de uma luminária, é necessário uma lâmpada, um soquete e um fio elétrico. A lâmpada é aonde a luz será gerada e existem várias formas para isso acontecer, subdividindo-as em grupos menores, como lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de LED, e etc.

Mesmo tendo um valor mais elevado do que as lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas de LED, com o tempo de uso, requerem quase nenhuma troca por causa da sua durabilidade. Santos et al. (2015) reproduz também uma comparação entre os três modelos de lâmpadas:

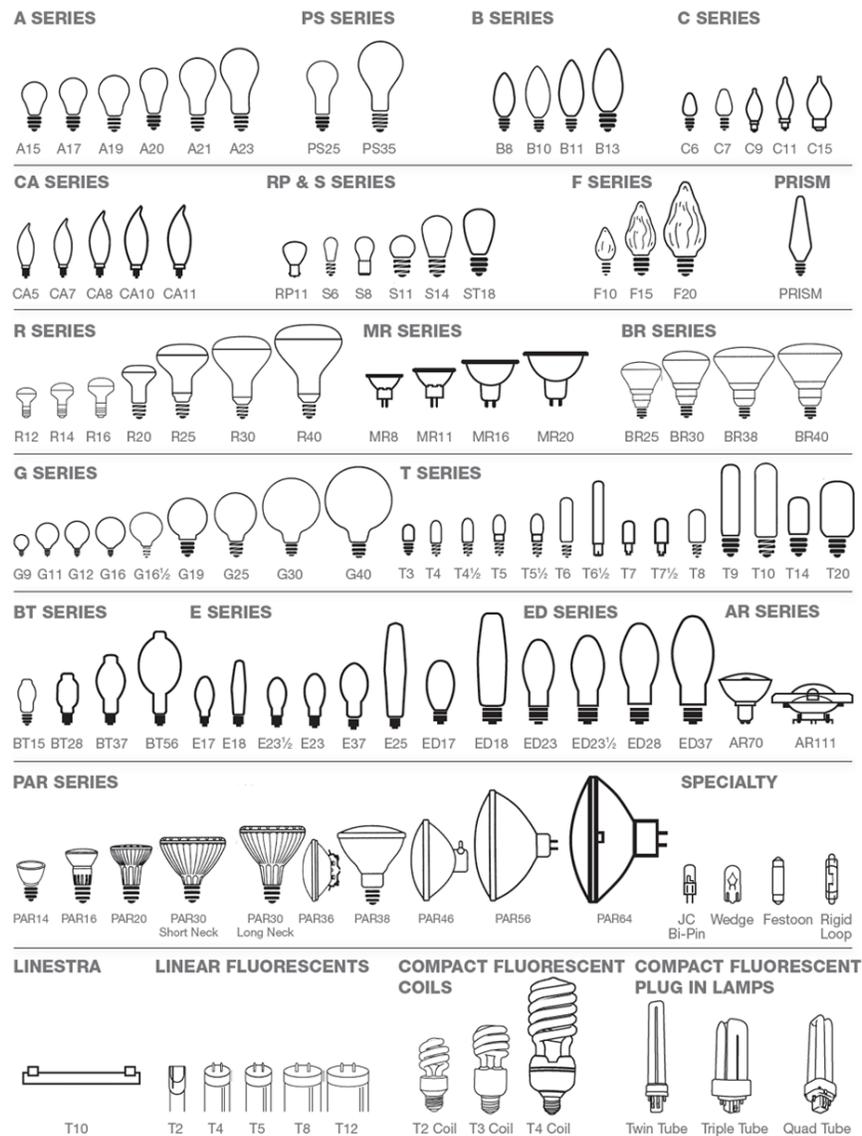
“Uma lâmpada incandescente comumente utilizada em residências é a lâmpada de 60 Watts. Em uma casa com 10 lâmpadas ligadas em uma média de 6 horas diárias, por um período de cinco anos, estas lâmpadas gastarão mais de 6.000 kWh, o que significa um grande consumo de energia elétrica (Energia Limpa, 2009).

As lâmpadas fluorescentes compactas de 15 ou 18 W substituem uma lâmpada incandescente de 60 W, porém com consumo em torno de 1.900 kWh, considerando os mesmos padrões, bastante econômico quando comparada a incandescente (Energia Limpa, 2009).

Lâmpadas de LED equivalentes a 60 W da incandescente e a 15 W da fluorescente necessitam apenas de 8 Watts para emitir luz, refletindo num gasto bem menor que as demais, cerca de 1.000 kWh (Energia Limpa, 2009).”

Além dos diferentes funcionamentos apresentados, as lâmpadas também podem se distinguir em diversas formas e tamanhos, afetando sua finalidade, desempenho e a forma como a luz é percebida. A figura 24 representa um catálogo com alguns dos modelos e formas mais encontrados no mercado.

Figura 24 - Modelos e formas de lâmpadas. Fonte:  
<https://www.bulbs.com/learning/shapesandsizes.aspx?mobile=true>

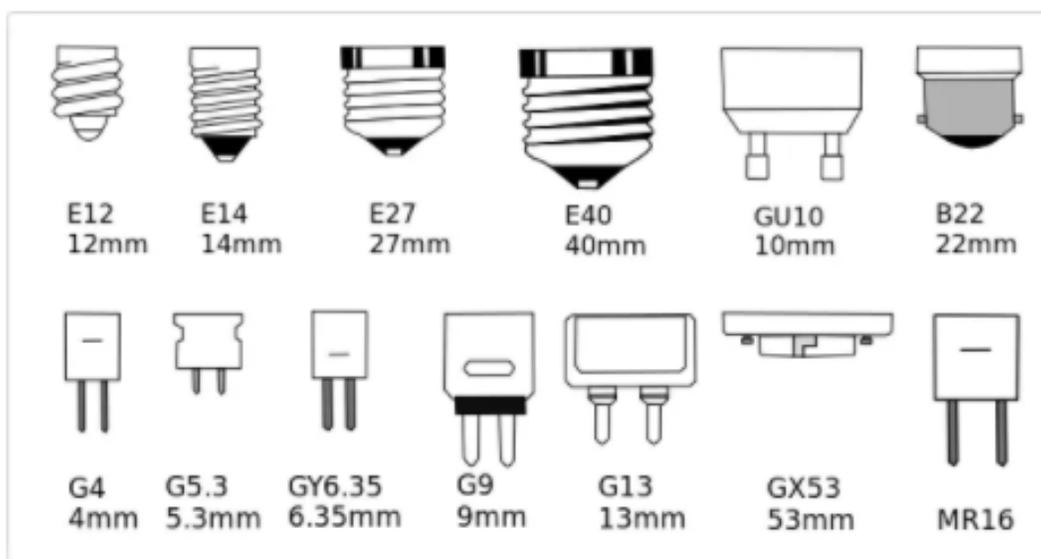


O soquete, conhecido também como receptáculo, é o local onde a lâmpada ficará fixa e é responsável por levar a tensão a ela para ser ligada<sup>11</sup>. Os modelos diferentes de soquetes (Figura 25) correspondem com o modelo de lâmpada que

<sup>11</sup> Fonte: Elétrica marmota (Disponível em: <<https://www.marmota.com.br/tipos-de-soquetesmota.com.br>>. Acesso em: 08 de nov. de 2020).

será ligado, portanto é importante confirmar se o modelo do soquete suporta o modelo da lâmpada que será usada. De acordo com PartyLights<sup>12</sup>, a classificação ocorre pelo tipo de lâmpada e o tamanho e tipo da base, destacando o modelo E27/A60 (ou em países que utilizam o sistema imperial de medidas são os modelos A19/E26) sendo mais comum no uso doméstico.

Figura 25 – Exemplos de modelos de soquetes. Fonte: Elétrica Marmota



O último elemento para a luminária é o fio elétrico, que fornecerá ao soquete a energia. Ele é ativado por um interruptor, que pode estar presente no próprio fio, sendo necessário apenas ligá-lo na tomada; ou um interruptor já existente fixo, havendo assim a necessidade da instalação da lâmpada e soquete no sistema elétrico.

### 3.5.2 Elementos complementares

Aqui serão apresentados elementos que podem ser adicionados em luminárias para agregar um fator estético a ela ou fornecer algum tipo de suporte ou auxílio para algum foco de luz.

O direcionamento e controle da luz pode ser moldado com o uso de uma cúpula ao redor da lâmpada (Gordon, 2014). No primeiro exemplo, (Figura 26), a

<sup>12</sup> PartyLights <Partylights.com> (acesso em 18 de abril de 2021)

cúpula está posicionada de forma que a luz se concentre apenas na direção que a luminária esteja apontada. Esse modelo é comum em luminárias de mesa ou pendentes que precisam criar destaque iluminando uma área.

*Figura 26 - Luminárias pendentes com formatos variados de cúpula. Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/kit-3-luminarias-pedentes-preto-cobre-1e27-cada-hunter/p/6466965/cj/lumt/>*



No segundo modelo (Figura 27), a lâmpada se encontra completamente coberta por pedaços de vidro colorido, porém, ainda permite a passagem da luz, agregando um efeito estético de vitrais à luminária.

*Figura 27 - Luminária de mosaico. Fonte: <https://blog.artesintonia.com.br/2020/01/27/luminarias-turcas-iluminacao-decorativa-com-mosaicos-coloridos/>*



#### **4. Requisitos de projeto**

Com base nas pesquisas e análises desenvolvidas, é então elaborada uma tabela usada para elencar objetivos referentes ao produto, pontuando características mais específicas como obrigatórias ou desejadas. Isso permite analisar e orientar as prioridades no desenvolvimento do modelo nas próximas etapas<sup>13</sup>. A figura 28 ilustra a tabela com requisitos sobre sua montagem, características e uso.

*Figura 28 - Requisitos de projetos*

<b>Requisitos</b>	<b>Prioridade</b>
Peças com largura e comprimento de max. 10 cm x 10cm	Obrigatório
Utilizar impressão 3D	Obrigatório
Apelo estético	Desejável
Adaptável a diferentes usos/ diferentes modelos	Obrigatório
Montável e desmontável	Desejável
Dimensão média/baixa	Desejável
Peso máximo 400g	Desejável
Geometria simples, fácil impressão	Obrigatório

## **5. Geração de alternativas**

### **5.1 Painéis de conceito e inspiração**

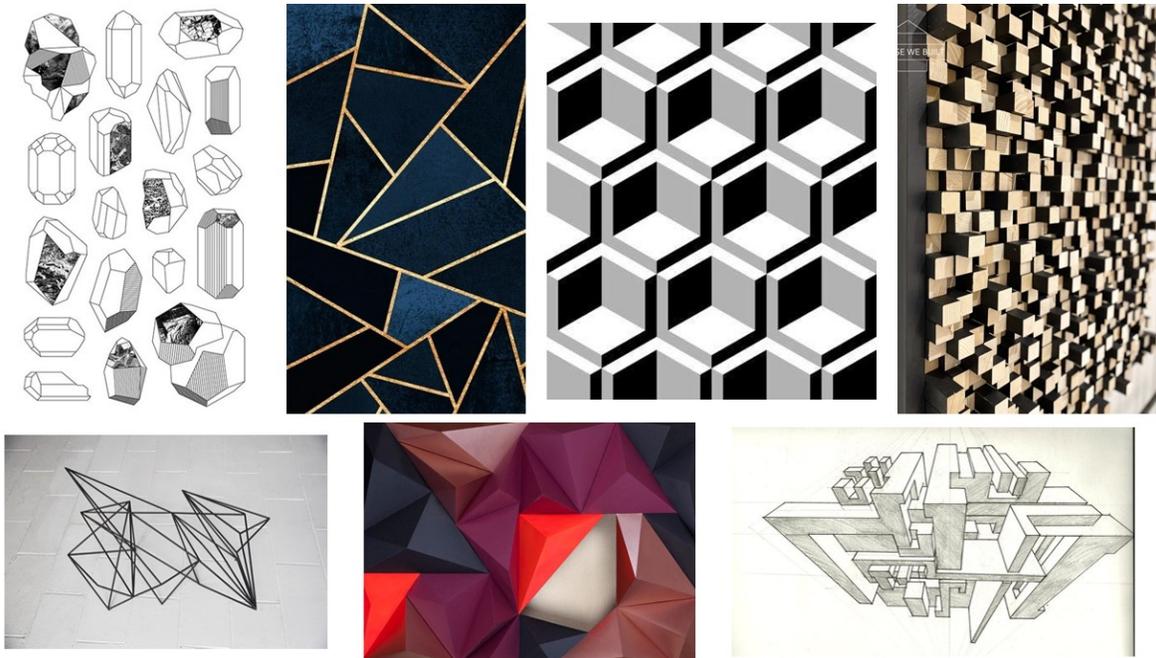
Os painéis semânticos são grupos de imagens ou palavras reunidas, e servem para auxiliar ou representar visualmente um produto ou serviço<sup>14</sup>. Existem diversos tipos de painéis semânticos e podem ser aplicados em várias etapas do

<sup>13</sup> ([www.4ed.cc](http://www.4ed.cc), acessado: 14 de nov. de 2020)

<sup>14</sup> MxCursos (<<https://blog.mx cursos.com/o-que-e-painel-semantico-e-por-que-devo-usa-lo/>>. Acesso: 14 de nov. de 2020)

projeto. A figura 29 reúne imagens que juntas trabalham formas e serão usadas como base do produto.

Figure 29 - Painel semântico. Fonte: autor



Segundo a metodologia aqui utilizada, na ideação começa a geração de ideias, usando as informações das etapas anteriores, para solucionar o problema. Essa etapa iniciou-se com o esboço em papel de três ideias de modelos, já usando referências dos painéis semânticos e requisitos de projetos. A partir dos esboços, foi desenvolvida também a primeira modelagem digital, no *software Blender*, de cada uma delas para auxiliar a visualização e escalas.

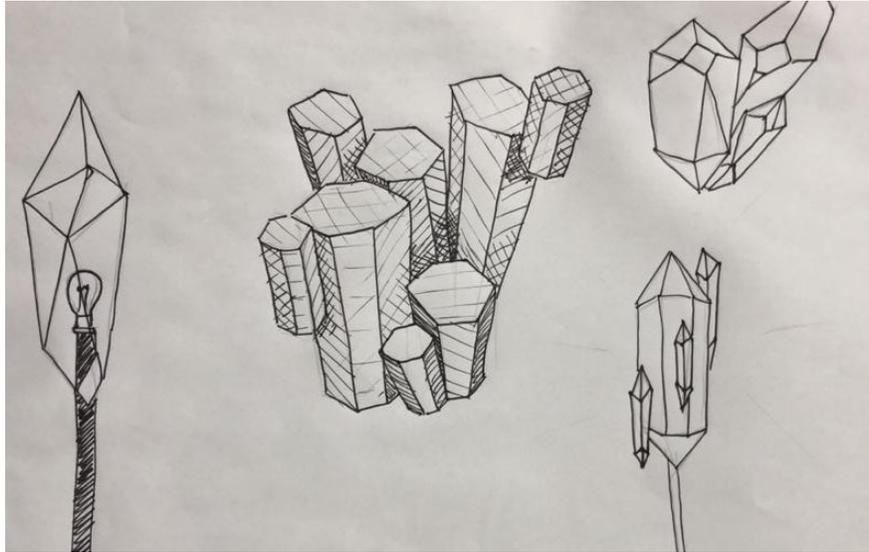
Os modelos possuem alguns pontos em comum, como serem produzidos por impressão 3D *FDM*, assim possuem pontos característicos da impressão como a passagem da luz entre corpos de espessura muito fina, ou compostos por peças mais finas ou de tamanhos variados, no estilo de *wireframe* (um “esqueleto”) sendo possível combinar com pranchas também impressas de espessuras finas para controlar a passagem de luz nas partes desejadas.

Modelo 1:

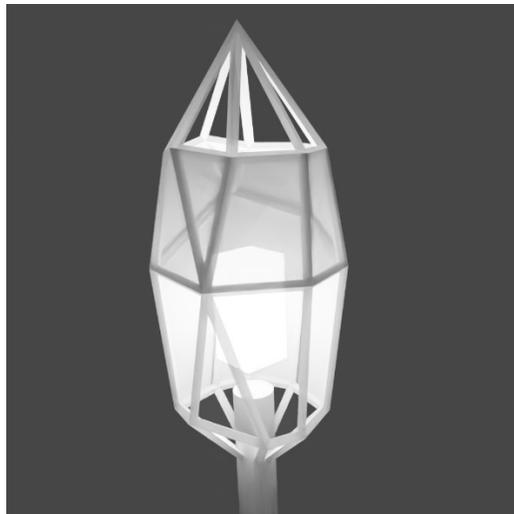
As formas e cantos geométricos se assemelham a cristais. O formato final é variável, e pode ser trabalhado como agrupamento de mais de uma lâmpada,

oferecendo diversidade nos modelos para o usuário escolher produzir. É principalmente construída por *wireframe* impresso e então conectados, e o usuário poderia escolher tampar ou não as faces abertas. (Figuras 30 e 31)

*Figura 30 - Esboço do modelo com formas de cristais.*



*Figura 31 - Render básico do modelo 1*

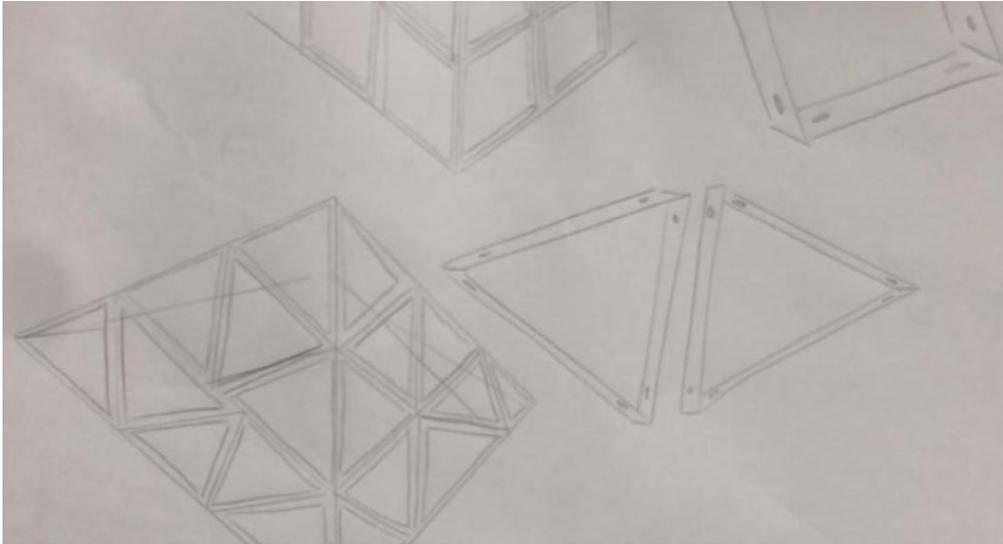


Modelo 2:

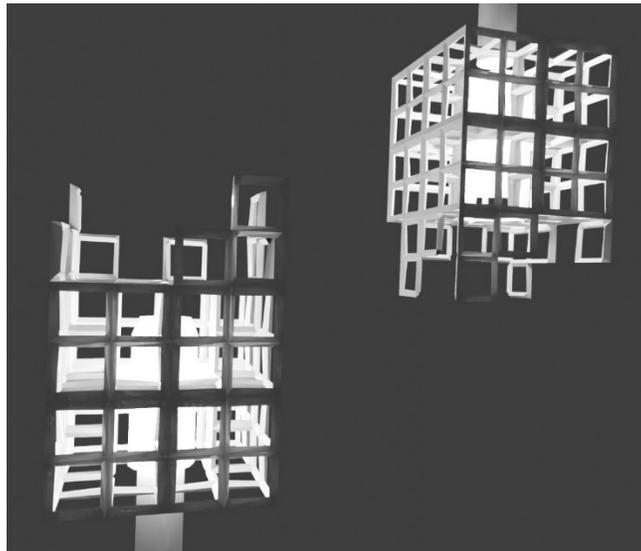
O segundo modelo (Figura 32) trabalha com a repetição de um mesmo padrão (variando de modelo pra modelo da luminária) e encaixes. São padrões como quadrados, triangulos e retângulos, e a forma final estaria livre para a pessoa personalizar como quiser, tendo os modelos finais com formato quadricular,

triangular ou misto. No render (Figura 33) é possível ver o resultado mais avançado do modelo e o efeito estético causado pelos espaços vazados e arranjos.

*Figura 32 - Esboço da segunda alternativa*



*Figura 33 - Render simples mostrando o modelo em duas posições: modelo de chão, e modelo pendente*



Modelo 3:

A terceira alternativa (Figura 34) é composta a partir da sobreposição de blocos geométricos, principalmente cubos, para cobrir a lâmpada e formar a luminária. Por serem impressos em 3d, os blocos são semioccos e a luz que passa através deles é influenciada tanto pelo preenchimento como as configurações usadas na impressão (Figura 35).

Figura 34 - Modelo 3, mostrando as formas bases usadas e os encaixes entre elas.

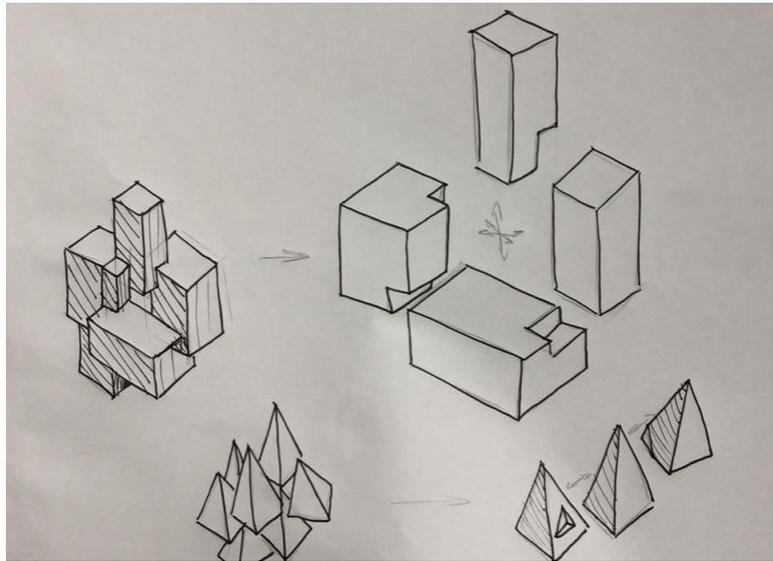
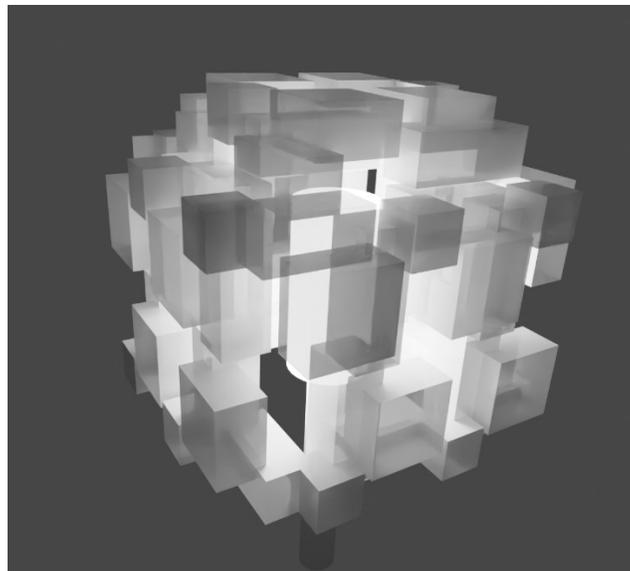


Figura 35 - Render do modelo 3, mostrando um efeito da luz passando através das peças



Analisando os três modelos para saber com qual seguir em frente no desenvolvimento, foram analisados os pontos fortes e fracos de cada um em uma lista de critérios e princípios de design. Nessa tabela os modelos recebem uma nota de 1 a 3 em cada categoria, onde 1 atende pouco, e 3 atende. No final essa nota somada representa qual modelo não atende bem os requisitos de projeto ou

necessidade do usuário e quais atendem, para assim serem melhor desenvolvidos (Figura 36).

Figura 36 – Tabela comparando os 3 modelos bases

	<b>Facilidade De Montagem</b>	<b>Facilidade de impressão</b>	<b>Variedade nos modelos</b>	<b>Visual</b>	<b>total</b>
<b>Modelo 1</b>	1	1	2	1	5
<b>Modelo 2</b>	3	3	1	2	9
<b>Modelo 3</b>	2	2	3	3	10

## 6. Prototipação

Foram realizados testes impressos em FDM para analisar, entender e explicar como o material (PLA) e a variação das configurações de impressão e de coloração do material podem afetar tanto a parte estética quanto a ergonomia da luminária.

Primeiramente foram modeladas placas de 8cm X 12cm para testar diferentes espessuras e como se comportariam quando postas à frente de uma lâmpada. A partir desse primeiro teste, um segundo foi executado: foram adicionadas outras duas camadas nas paredes (uma na *top layer* e outra na *bottom layer*) e um preenchimento na impressão.

No primeiro teste foi utilizado o material PLA de cor branca (Figura 37), o software para fatiamento foi o *Cura slicer* e os parâmetros usados foram:

- Bico extrusor de tamanho 0.4mm
- Altura de camada: 0.2mm
- Velocidade: 60mm/s
- Temperatura de impressão: 205°C
- Preenchimento: 20%

- Tempo de impressão do modelo de 2 paredes: 1h10min
- Peso do modelo com 2 paredes: 11g
- Tempo de impressão do modelo de 4 paredes e preenchimento: 1h47min
- Peso do modelo com 4 paredes e preenchimento: 16g

*Figura 37 - Da esquerda pra direita: Impressões com preenchimento e 4 paredes; 2 paredes respectivamente.*

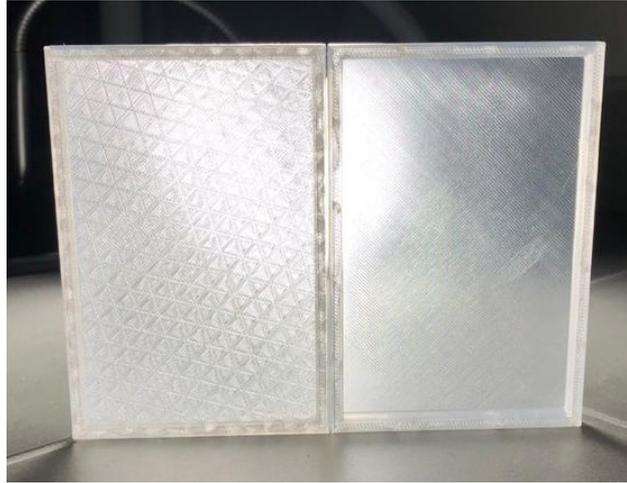


Logo após foram feitas as impressões dos mesmos modelos e arquivos, porém utilizando outra cor de material: PLA silk na cor bronze (figura 38) e PLA cor transparente (Figura 39).

*Figura 38 – Impressões em cor bronze silk, o mesmo arquivo impresso*



*Figura 39 - Mesmo teste, porém com PLA transparente.*

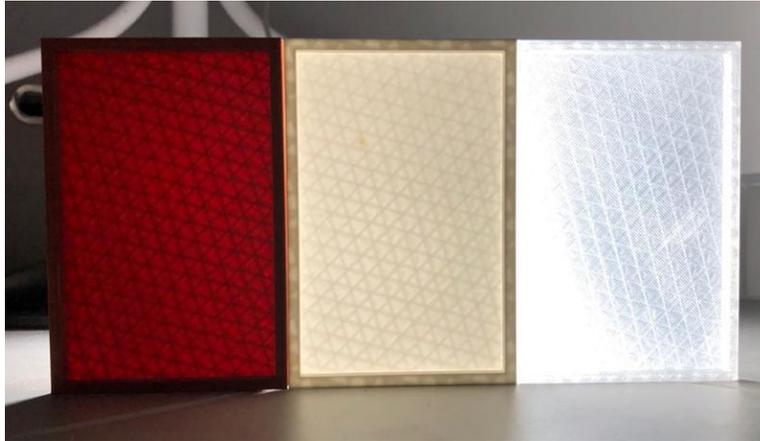


A figura 40 mostra os três testes de duas paredes, um de cada cor lado a lado, e a figura 41 os três com preenchimento e 4 paredes de espessura.

*Figura 40 - Modelos com 2 paredes apenas.*



Figura 41 - Modelos com 4 paredes e preenchimento de 20%



Para dois modelos que tiveram as maiores notas, foi executada uma prototipação dos módulos, padrões e encaixes para fazer os primeiros testes. As modelagens foram então feitas no *solidworks*, para se obter um melhor dimensionamento e precisão das peças para encaixes.

Do modelo 2 foram impressas duas peças: a armação quadrada com algumas entradas e os conectores para encaixar essas armações às outras (Figura 42). A impressão do teste foi feita utilizando o PLA bronze silk, com altura de camada em 0.12mm pois a peça é fina e baixa; Bico em 205°C e número de paredes em 3, ficando sólida. A peça utiliza pequenos suportes nos espaços onde passam os encaixes. O tempo de cada armação é 32 minutos e cada conector leva cerca de 6 minutos para ficar pronto (Figura 43).

Figura 42 - Peças do modelo 2 impressa, algumas montadas e outras separadas

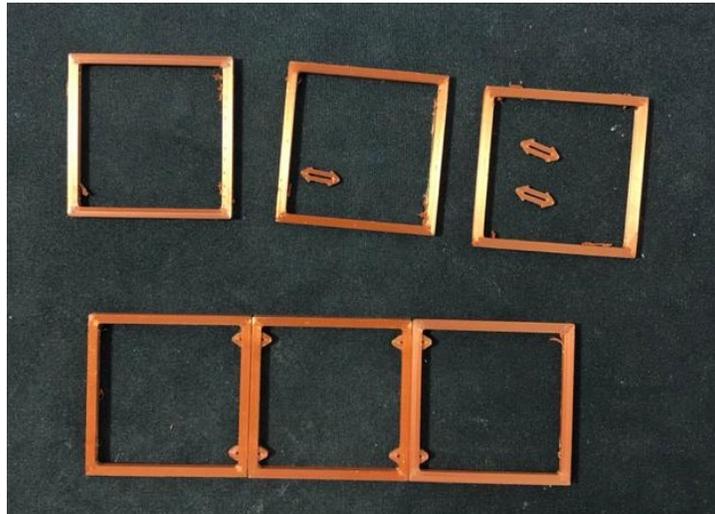
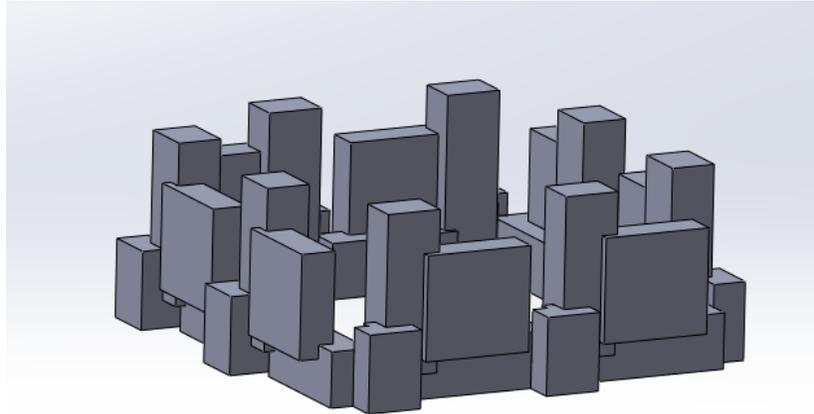


Figura 43 - Imagem mostra os suportes nas peças, na peça de cima ele ainda está na peça, e na de baixo já foi retirado e encaixado com o conector



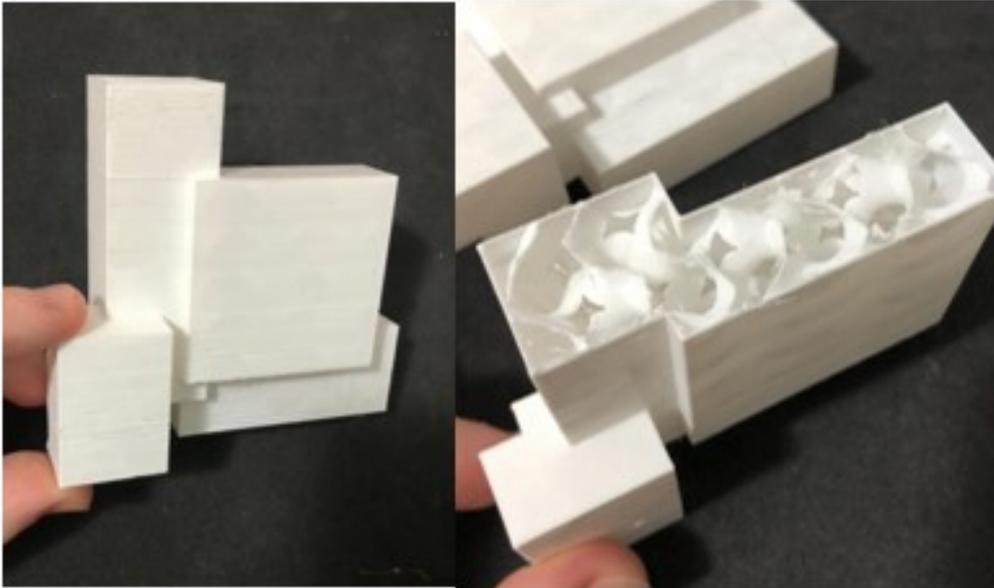
O modelo 3 foi modelado também no *SolidWorks* e as formas geométricas foram agrupadas para formarem um padrão, e então ser replicado no resto da luminária (Figura 44).

Figura 44 - Modelo da luminária sendo um cubo com cada lado contendo dois módulos do padrão.



A primeira impressão desse modelo (Figura 45) foi impressa na vertical pois a peça possuía alturas e espessuras variadas, sendo assim, na vertical era o modo que utilizava menos suportes e as marcas dos mesmos seria menos aparente, já que ficaria na parte inferior da peça. Cada unidade leva 2h e 50min para impressão, com camada a 0.2mm de altura, velocidade de 60mm/s, 1 parede de perímetro e preenchimento de 7%. Na segunda vez imprimindo o modelo, o material acabou no final, permitindo a visualização do preenchimento. Cada peça utilizou 23g de material.

*Figura 45 - Primeira e segunda tentativa, respectivamente, do padrão do modelo 3.*



A partir desse primeiro teste do modelo 3, foi alterado o módulo para que fique otimizado para impressão 3D, ou seja, mais fácil de imprimir, rápido e o modelo final não utiliza tanto material. A solução foi deixar sua espessura mais fina, além de fazer a parte de trás completamente plana, assim ele poderia ser impresso na horizontal, deixando de utilizar suportes (Figura 46). Dessa forma também poderia utilizar da variação de espessura da parede e padrões de preenchimento que foram mostrados anteriormente nessa etapa.

*Figura 46 – Segunda versão da impressão do modelo 3, impresso em PLA transparente, agora deitado.*



Esse novo modelo levou 1h 10min para impressão, com altura de camada em 0.2mm, velocidade de 60mm/s, preenchimento em padrão *gyroid* de 15% e utiliza 10g de material.

Sendo necessária uma tomada de decisão em qual modelo escolher, os dois modelos foram novamente inseridos em uma tabela para visualizar qual atende melhor os requisitos de projeto e design. Aquele que obteve mais pontos terá continuidade no desenvolvimento (Figura 47).

*Figura 47 – Tabela comparando os dois tipos de modelos finais*

	<b>Fabricação</b>	<b>Montagem</b>	<b>Visual</b>	<b>Peças</b>	<b>Variedade</b>	<b>Total</b>
<b>Modelo 2</b>	2	1	1	1	1	<b>6</b>
<b>Modelo 3</b>	1	1	2	2	2	<b>8</b>

Prosseguindo com o terceiro modelo, foram desenhadas algumas opções de padrões possíveis para se formar com a peça. Além disso, os encaixes entre as peças também foram pensados, permitindo a visualização que em cada arranjo essas peças seriam diferentes (Figuras 48 e 49).

Assim como os encaixes em uma mesma face dependem da forma como o padrão é feito, nos encaixes dos cantos ocorrem o mesmo, ou seja, a forma da peça de encaixe usada dependerá da posição que cada unidade se encontra. O número total de peças para essas junções são 22; 11 em uma mesma face e 11 para os cantos.

*Figura 48 – Esboço para demonstração de arranjo com os padrões e seus encaixes.*

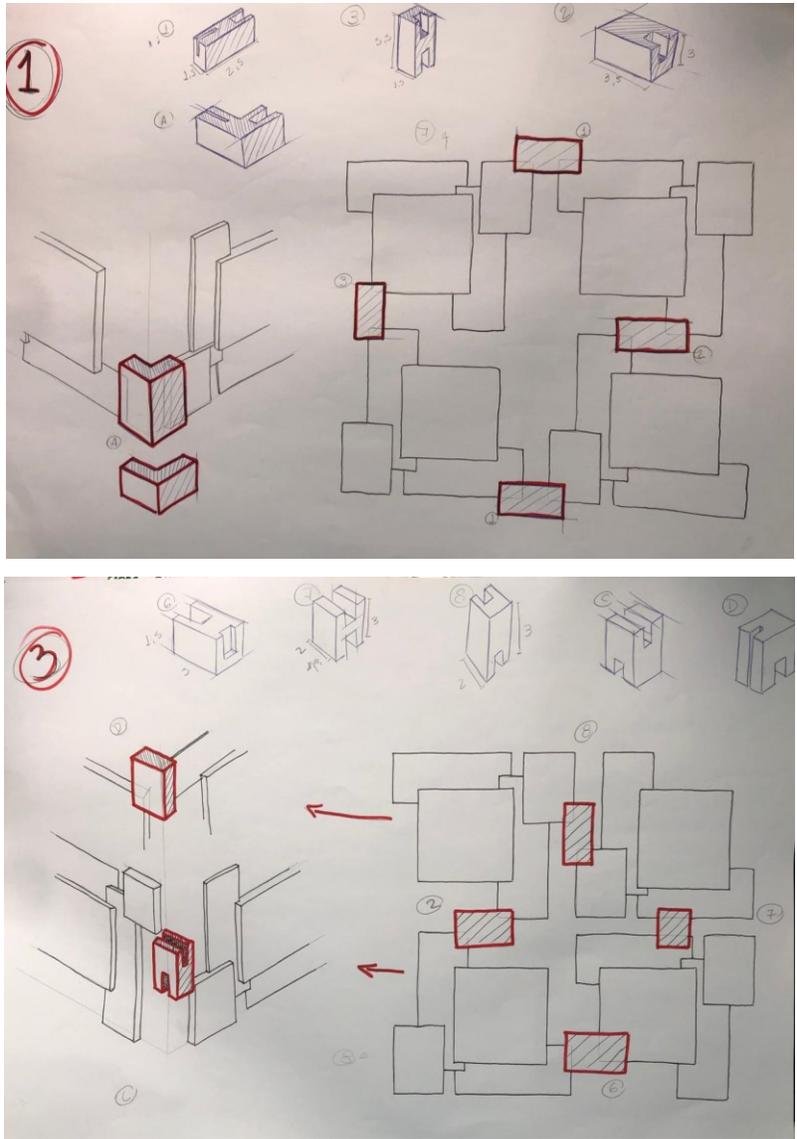
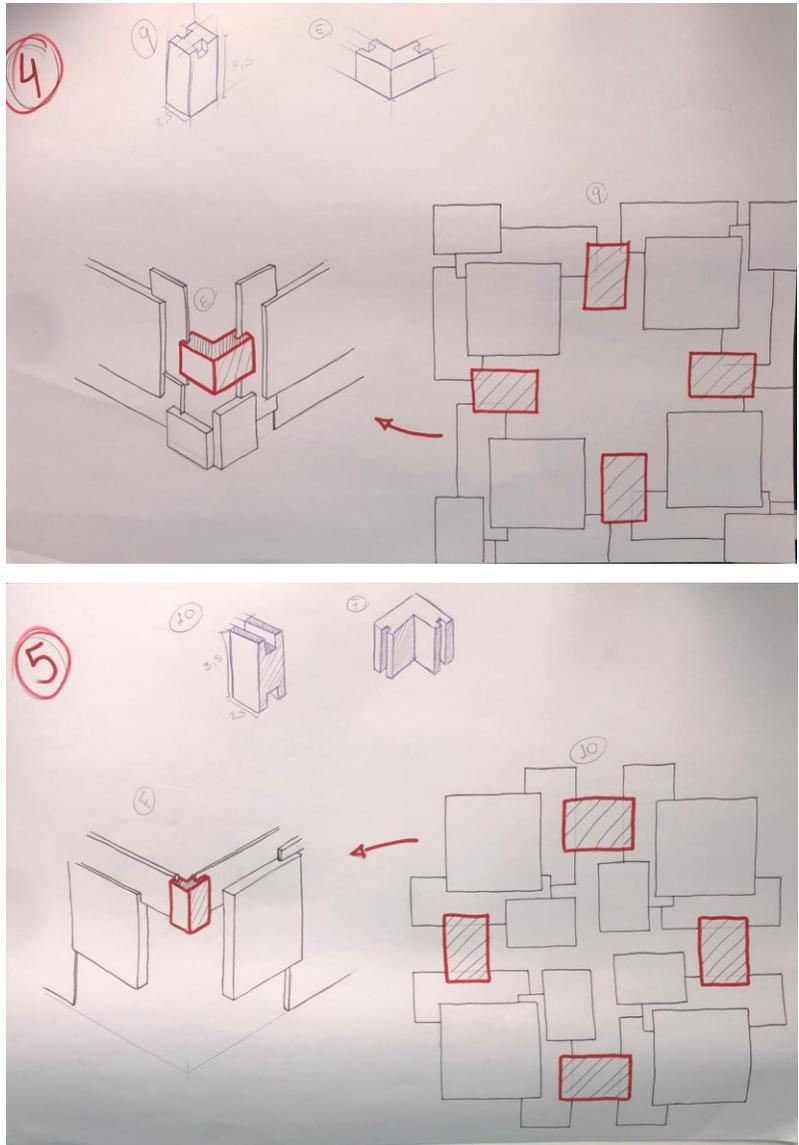


Figura 49 – Esboço para demonstração de arranjo com os padrões e seus encaixes



A modelagem das peças foi também modelada no programa *SolidWorks*. A unidade principal foi arranjada em diferentes posições e assim modelada cada peça necessária com o tamanho preciso para os encaixes (Figuras 50 e 51).

Figura 50 - Em vermelho, os encaixes em uma mesma face

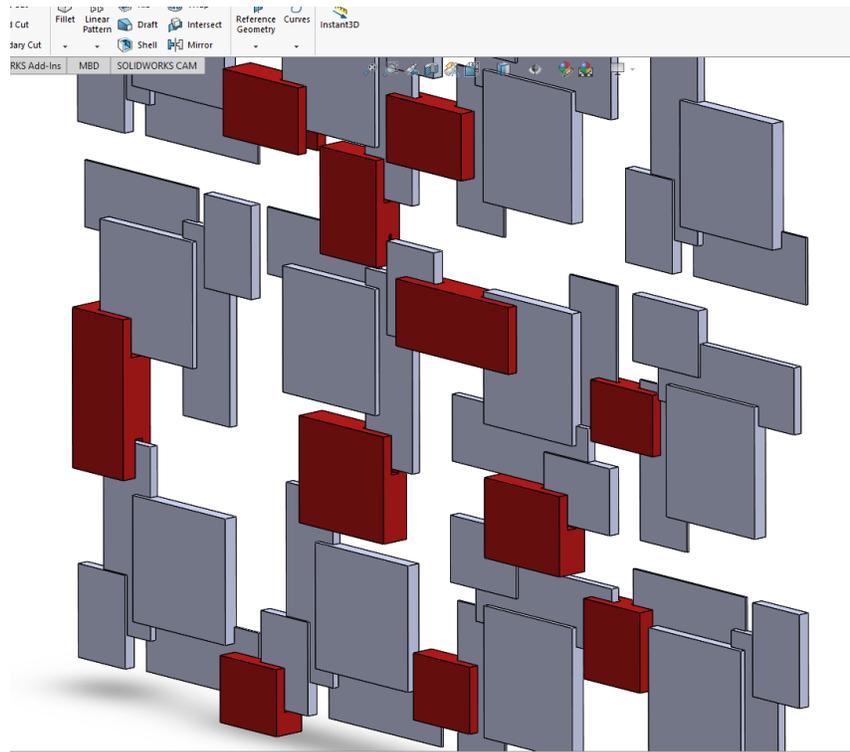
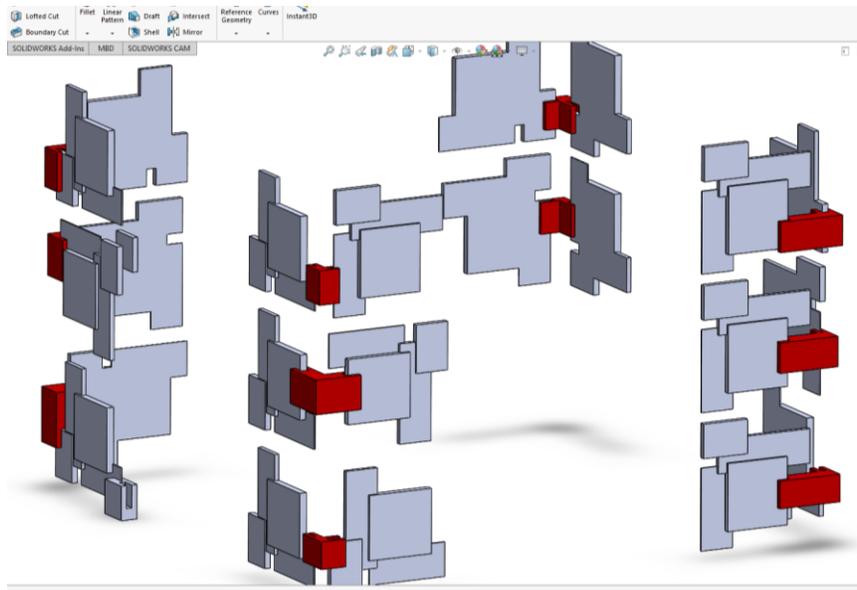


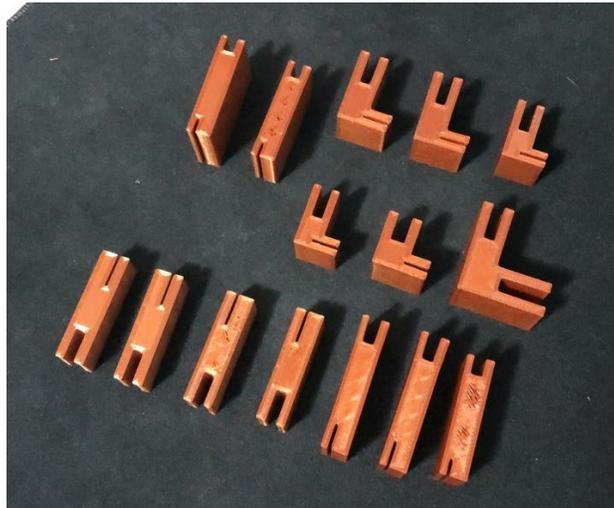
Figura 51 - Também em vermelho, os possíveis cantos e suas respectivas peças para conectarem



A etapa seguinte foi a impressão para testes dessas peças, onde era necessário que os espaçamentos para encaixe fossem precisos o suficiente para

segurar os padrões mesmo depois da impressão e encaixe, ao mesmo tempo que precisava entrar sem muito esforço para não danificar a peça. Na impressão 3D existe uma tolerância dimensional: a diferença da medida desejada e a medida obtida na impressão, que acontece quando o modelo passa do digital para o real. Por esse motivo são necessários a impressão, o teste e o ajuste da dimensão no modelo para garantir um bom encaixe entre as peças. A figura 52 mostra a impressão de um dos conectores e cantos.

Figura 52 - Alguns conectores e cantos e suas tentativas e erros.

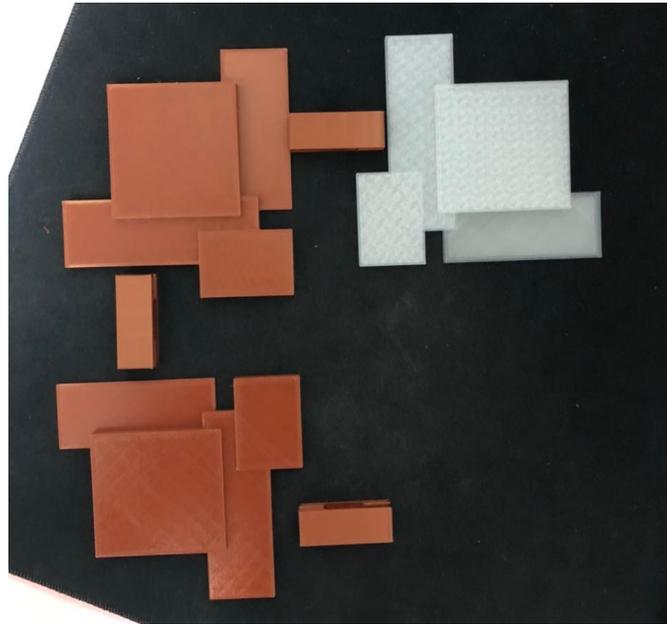


O primeiro protótipo da luminária foi elaborado e impresso utilizando o modo (Figuras 53 e 54) do para ser do tipo pendente. O padrão utilizado foi o mesmo em toda a luminária, e utilizou um tipo de conector para os padrões na mesma face e apenas um canto devido ao seu arranjo (Figuras 55 e 56).

Os parâmetros de impressão foram os mesmos em todas as peças:

- Bico extrusor de tamanho 0.4mm
- Altura de camada: 0.2mm
- Velocidade: 60mm/s
- Temperatura de impressão: 205°C
- Preenchimento: 15%
- Preenchimento em *Grid*
- Número de paredes de perímetro: 2
- Numero de paredes top e bottom: 2 cada

*Figura 53 - Padrão formado pela rotação da unidade e o conector que é usado.*



*Figura 54 – Impressão dos conectores.*

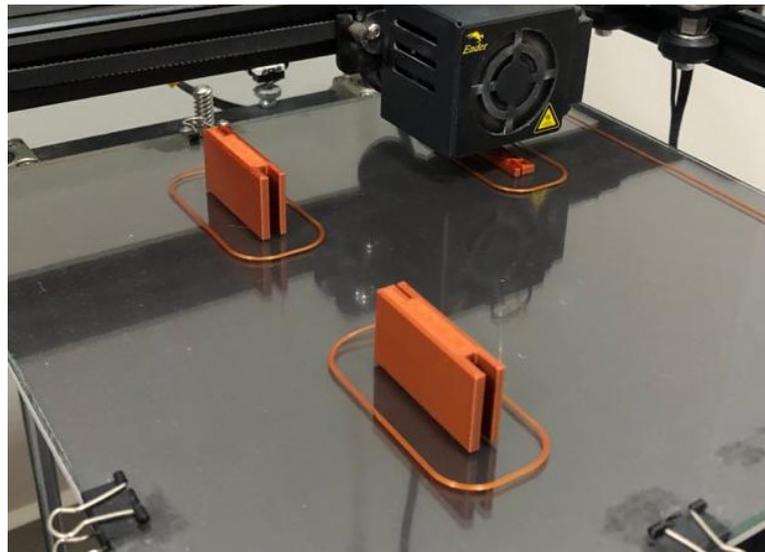


Figura 55 - As faces montadas com conectores, porém apenas postas entre si, sem os encaixes, afim de fazer teste com uma lâmpada posicionada internamente.

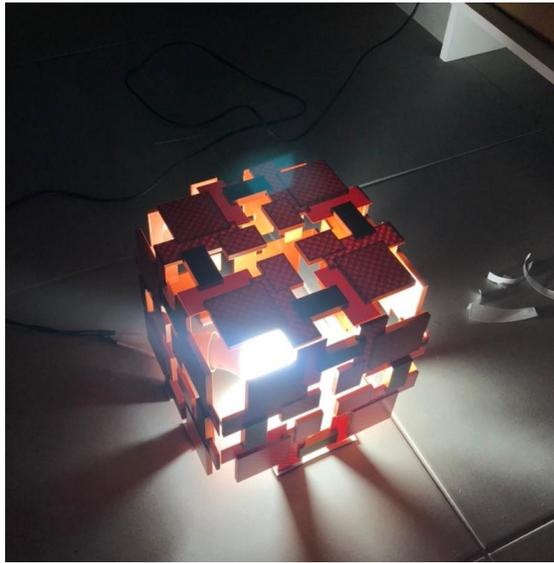


Figura 56 – Primeiro protótipo da luminária finalizado, com lâmpada e instalada no teto.



No primeiro modelo completo o encaixe das peças funcionou, porém notou-se com o movimento de tirar e colocar os encaixes porque ocorreu um desgaste dos mesmos. Assim, pela falta de força em alguns encaixes, a utilização de cola instantânea entre as peças foi necessária. Ao todo, a luminária utilizou 57 peças, dentre essas:

- 20 peças de padrões;
- 20 conectores;
- 16 cantos;

- 1 peça para bocal.

A peça para o bocal foi modelada especificamente para esse modelo e arranjo do padrão, de forma que é colada em duas de suas extremidades na parte superior. A junção ao bocal é feita pelo encaixe da peça na parte rosqueável do mesmo como mostra a figura 57.

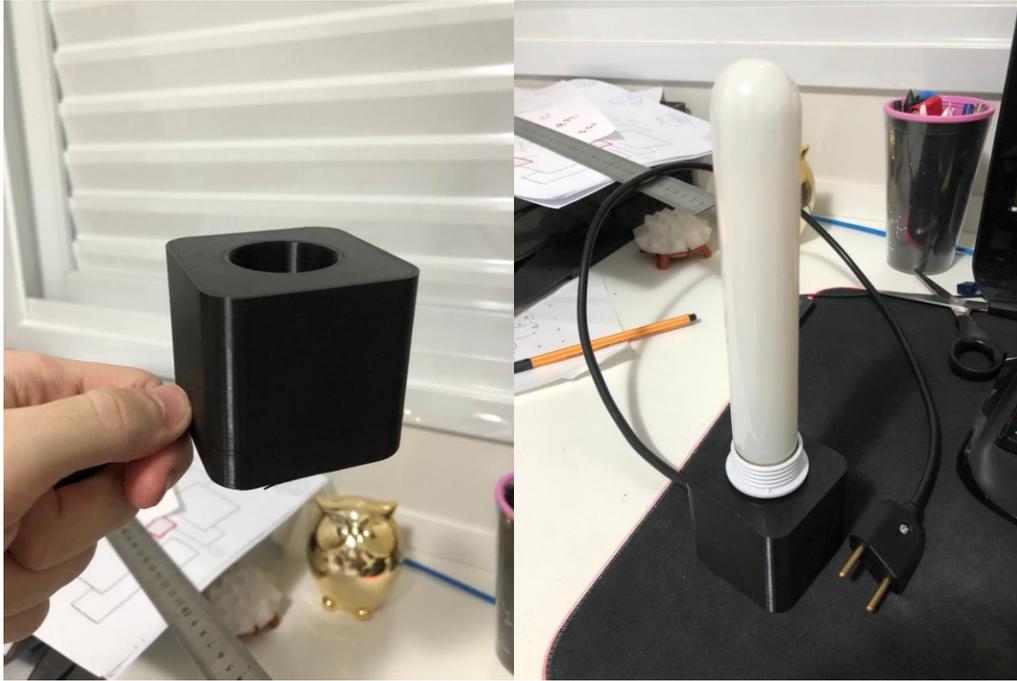
*Figura 57 - A peça única usada para segurar a luminária pendente. possui uma cavidade para encaixe e ser rosqueada junto com a peça do próprio bocal.*



Trabalhando para mais versões e possibilidades de luminárias, foram pensadas duas outras alternativas: escalar o padrão principal para 75% e 50% do tamanho original, porém ainda mantendo a espessura. Dessa forma as modelagens 3D dos conectores poderiam ser reaproveitadas.

Seguindo para o próximo protótipo, o objetivo foi criar uma luminária de mesa utilizando, dessa vez, mais versões de conectores e cantos, ao mesmo tempo que serviria de teste para uma versão mais livre de montagem dos padrões. O padrão principal foi escalado para 50% do tamanho, mantendo apenas a espessura original que durante a impressão é a altura do modelo (impresso na horizontal). O filamento utilizado dessa vez foi o transparente, e usando o mesmo bocal que o modelo anterior, foi modelada e impressa uma base para ser encaixado (Figura 58).

*Figura 58 – A base é composta por uma cavidade para entrada quase que completa do bocal, e um espaço no fundo para levar o fio até um dos lados.*



O arranjo da parte superior (Figura 59) tem aproximadamente 24cm de altura e a luminária possui 97 peças excluindo a base:

- 40 padrões em 50%;
- 56 conectores;
- 4 cantos;
- 1 conector do bocal

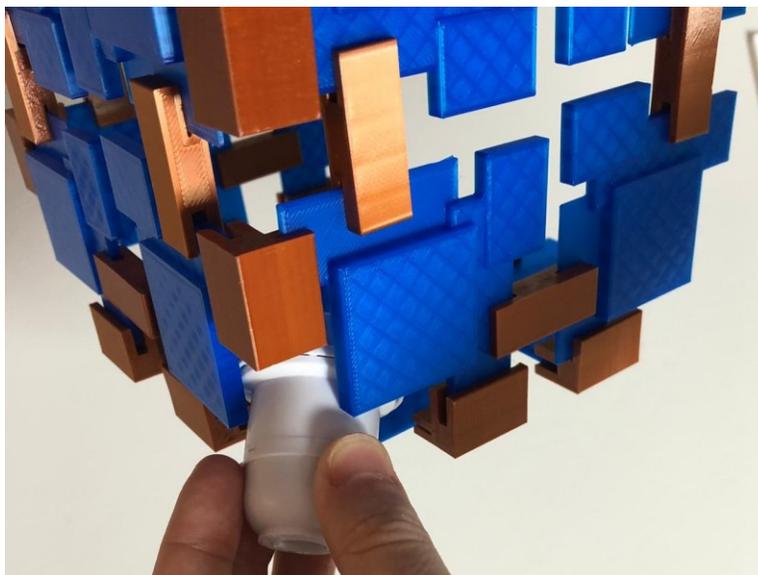
A montagem teve uma dificuldade elevada, por conta do tamanho reduzido e das áreas para encaixe dos conectores e cantos no padrão que são menores, de forma que mesmo com precisão nas impressões e nas medidas, muitas peças podem se soltar. Para a montagem ser finalizada, foi utilizada cola instantânea na maioria dos encaixes, assim como no primeiro protótipo.

*Figura 59 - luminária de mesa 50% da escala, feita em PLA transparente e base em PLA preto*



O modelo de 75% foi pensado em ser também de mesa, porém sua forma seria um cubo fechado e seria apoiado por uma das pontas (Figura 60).

*Figura 60 – O bocal é posicionado no espaço formado pelo encontro de três padrões.*



Para esse modelo, foi utilizado o mesmo arranjo do padrão que o primeiro protótipo, e ele é composto por 6 faces, cada uma contendo 4 padrões em 75% do tamanho (espessura continuou igual à original).

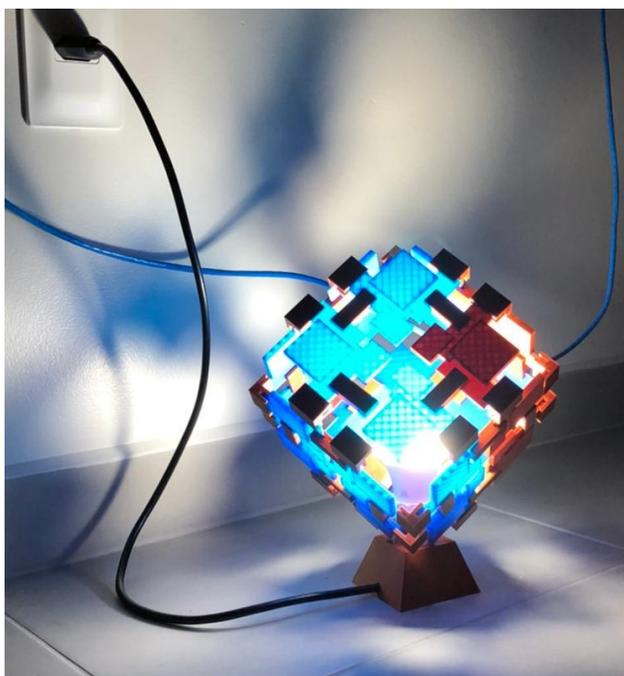
A montagem da luminária e as peças utilizadas foram as mesmas criadas anteriormente, apenas a base para o bocal foi alterada, pois nesse modelo é necessário o bocal ficar mais exposto na parte superior. A luminária foi montada ao redor do bocal para que a lâmpada fique completamente no seu interior e ela própria se mantenha equilibrada em volta do bocal, mas ainda assim, possui uma peça conectada ao bocal assegura que o balanço da parte superior afete minimamente o equilíbrio da luminária (Figura 61).

*Figura 61 - Primeira versão do encaixe do bocal.*



O modelo foi impresso utilizando PLA bronze silk e PLA azul translucido, permitindo a passagem de luz com mais facilidade devido à semi transparência. Por ser completamente fechado, possuindo seis faces de padrões, ele possui 73 peças e mais a base, sendo 24 padrões, 24 conectores, 24 cantos e a peça do bocal (Figura 62).

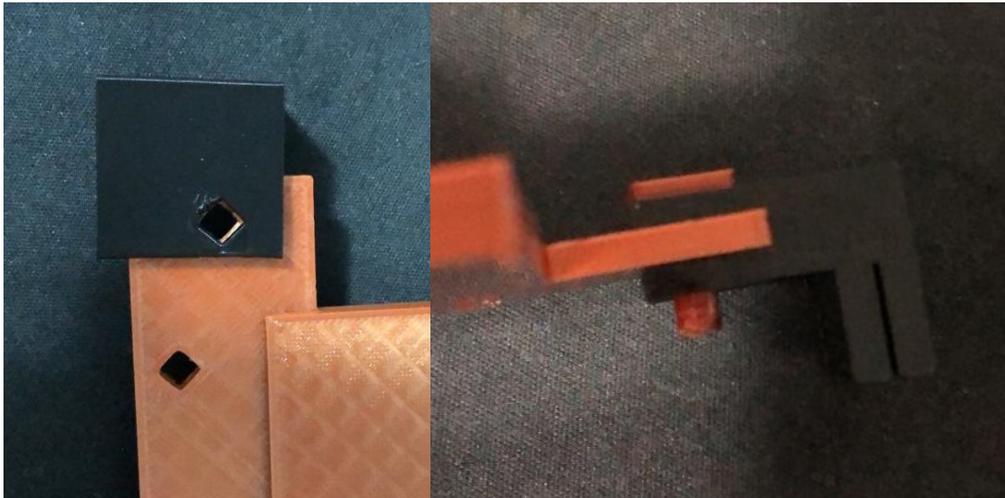
Figura 62 - Luminária acesa, mostrando o efeito do azul translucido quando posto sobre luz



Finalizados os três modelos de testes, foi pensado o produto final. Na versão em 50%, o espaço entre as peças ficava limitado por causa do tamanho, influenciando o encaixe. Outro ponto do modelo em 50% foi a quantidade de peças utilizadas para equiparar com o tamanho dos outros modelos, sendo necessário mais peças para o modelo, e somando com o espaço reduzido para encaixes, o grau de dificuldade para a montagem estava elevado.

Os modelos em 75% e 100% ficaram estáveis e sua montagem era fácil para as versões anteriores. A única necessidade de melhoria eram os encaixes, que depois de algumas vezes montados, poderiam afrouxar e afetar a estabilidade da luminária. Nesses mesmos modelos foi necessário o uso de cola para permanecerem montados, então para não haver uso dela, foi criado um pino, e nas peças foram criadas aberturas para inseri-lo (Figura 63).

*Figura 63 – A abertura quadrada feita na peça. Todas são iguais, assim todos os pinos utilizados são iguais também.*



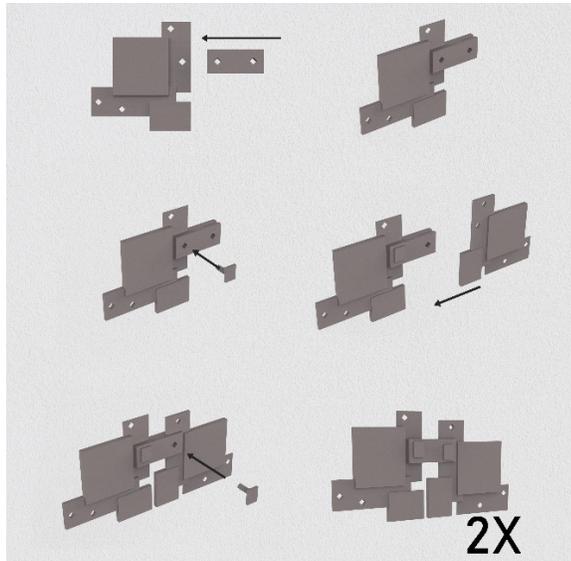
## **7. Produto Final**

Como resultado desse projeto, foram criadas as luminárias Uni. Da palavra “unidade”, o nome representa a união de pequenas partes singulares para compor um todo. O produto final é uma coleção de luminárias, todas fabricadas utilizando o mesmo padrão com encaixes, porém se diferenciando em usos, de mesa, do tipo pendente e de chão.

As peças das luminárias são todas impressas em 3D, e foram modeladas para fácil impressão: são pequenas e com geometria simples, evitando falhas e erros durante a impressão.

Para acompanhar as luminárias, foi desenvolvido um manual contendo informações como montagem, peças, quais modelos estão disponíveis (apêndice A) e etc. O manual partiu de um esboço em folhas A4, e prosseguiu com a modelagem dos modelos pensados e a renderização de cada um mostrando o passo a passo de encaixe das peças (Figura 64).

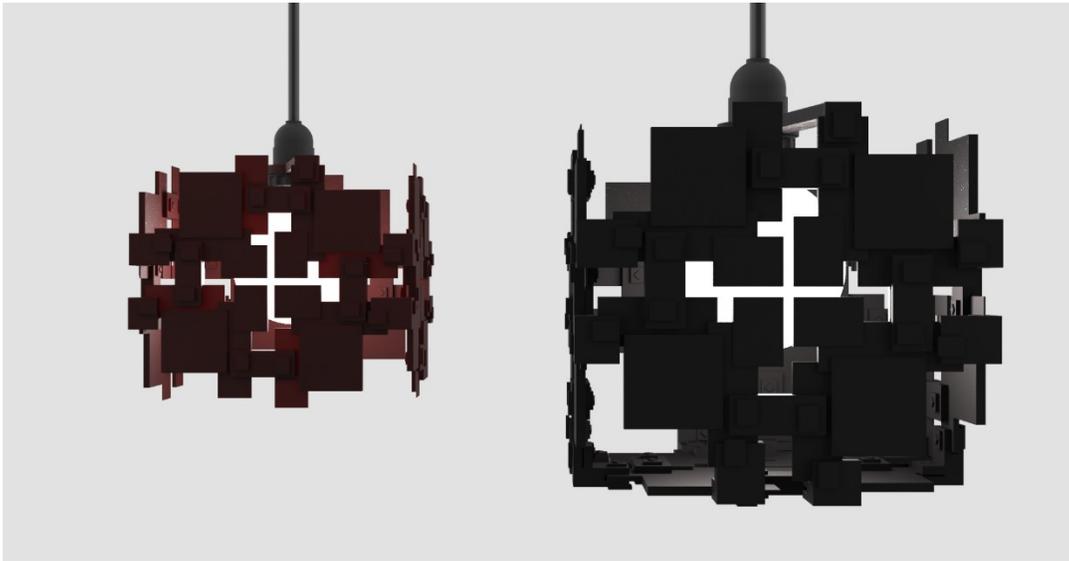
*Figura 64 – Teste de uma pagina do manual, mostrando o passo a passo de forma simples*



A aquisição das luminárias pode ser feita de duas formas. Na primeira, a pessoa pode adquirir os arquivos do modelo desejado em sites de modelos 3D, como *Thingiverse* ou *Cults3D*, imprimir e ter a experiência de montar a própria luminária; na segunda forma a pessoa adquire o produto já pronto, ou seja, já impresso e montado.

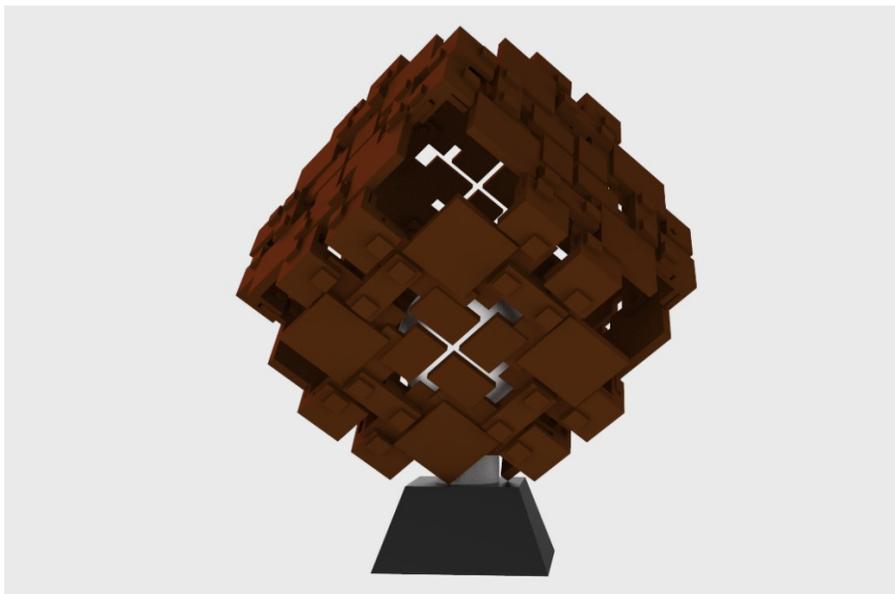
Os modelos escolhidos para a versão final foram divididos em pendentes e chão e mesa. As opções de pendentes são os modelos 2x2 (dois padrões de comprimento e dois padrões de altura), nos tamanhos 100% (original) ou reduzido para 75% do tamanho original, e além disso consistem de quatro faces ao redor da lâmpada, e duas variações: com ou sem uma quinta face na parte inferior da luminária, totalizando 4 versões (Figura 65).

*Figura 65 - Render dos modelos pendentes sem e com a parte inferior*



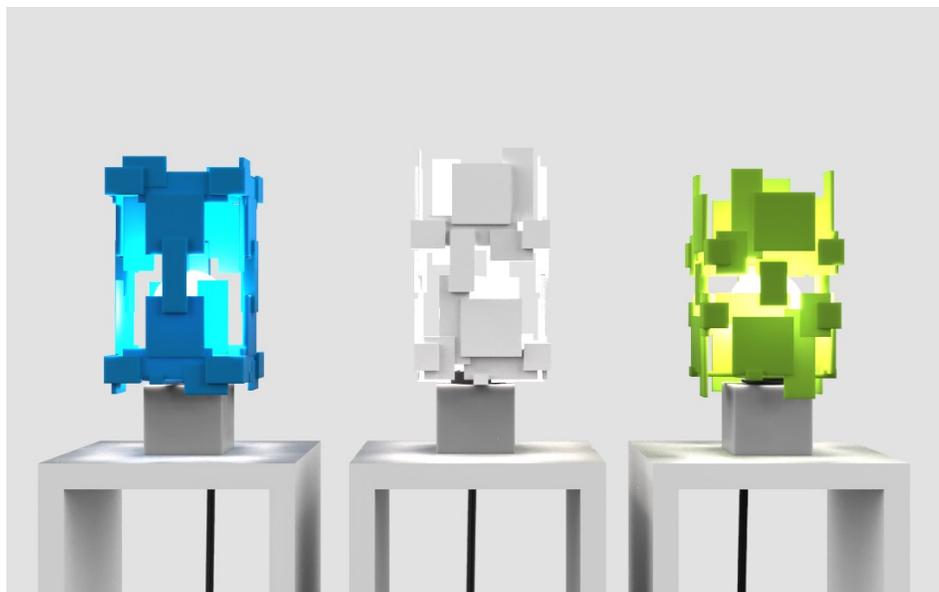
Nos modelos de chão e mesa a divisão ocorre de forma semelhantes, com modelos em escala normal, modelos em 75% e também modelos com 125% do original. Os modelos pendentes com 4 e 5 faces também são incluídos para a opção de chão ou mesa, com o adicional de uma base como suporte para mesa. Além desses, uma versão de cubo com 6 faces (Figura 66) também está disponível tanto para 75% quanto 100%.

*Figura 66 - Modelo cúbico com seis faces*



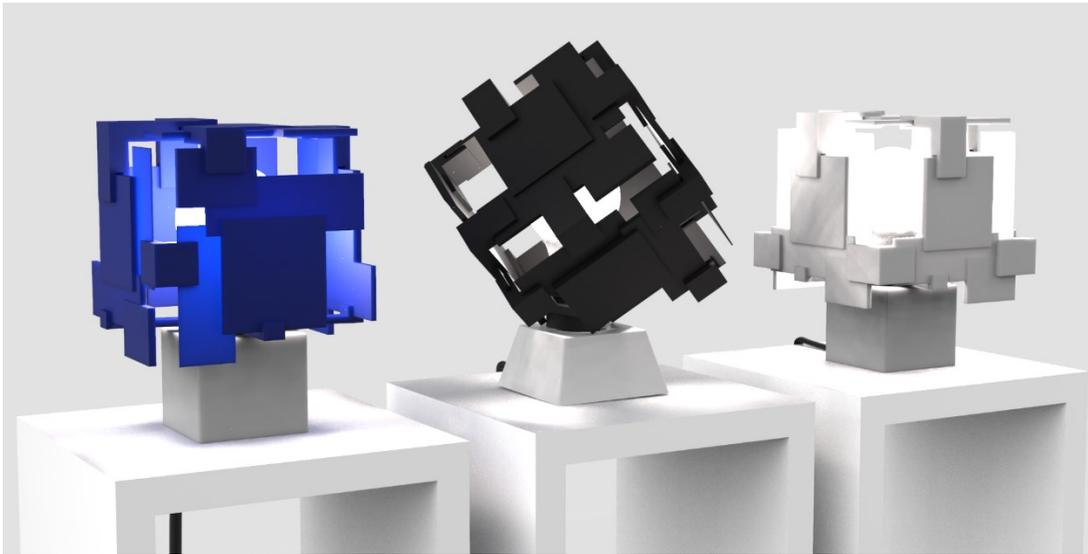
Ainda na categoria 100%, encontram-se três modelos em 1x2 (um padrão de comprimento e dois padrões de altura), sendo modelos mais simples por possuírem menos peças, e as mesmas não necessitarem de pinos para os encaixes (Figura 67).

*Figura 67 - Modelos de mesa com arranjos diferentes dos padrões.*



Nos modelos com 125% do tamanho, foram criadas outras três alternativas em 1x1 utilizando arranjos e combinações diferentes com a rotação do padrão (Figura 68).

*Figura 68 - Três modelos disponíveis no tamanho 125% com arranjos diferentes entre si.*



O custo para fabricação varia entre cada modelo. O tempo de impressão, configurações utilizadas e valor pago no material são as principais variáveis no valor final de um modelo.

Três modelos foram impressos também: Pendente com tamanho 100% e cinco faces (figura 69), de mesa com seis faces de tamanho 75% (Figura 70) e o modelo 8 que é tamanho 125% (Figura 71).

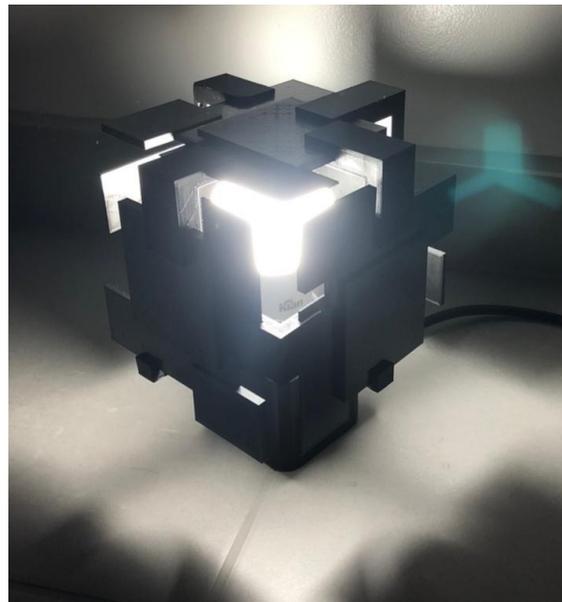
*Figura 69 - Modelo em 100% impresso em filamento PLA bronze silk.*



*Figura 75 - Modelo em 75% impresso utilizando os filamentos PLA silk e PLA preto.*



*Figura 76 - Modelo em 125% impresso utilizando o filamento PLA preto.*



Com os modelos impressos, foram agrupados para fazer uma ambientação deles (Figura 72)

Figura 72 – Ambientação com os três modelos de luminárias impressos.



A figura 73 mostra todos os modelos com suas informações de parâmetros de impressão e dimensões.

Figura 73 – Tabela com os dados técnicos das luminárias

MODELO	PEÇAS	DIMENSOES	QUANTIDADE DE MATERIAL	TEMPO DE IMPRESSÃO
Pendente 4 faces 100%	91	21cm x 21cm x 19cm	Aprox. 316g	41h
Pendente 4 faces 75%	91	16cm x 16cm x 14cm	Aprox. 188g	29h
Pendente 5 faces 100%	131	21cm x 21cm x 20,5cm	Aprox. 422g	58h
Pendente 5 faces 75%	131	16cm x 16cm x 15cm	Aprox. 288g	40h
Cubo 6 faces 75%	170	16cm x 16cm x 16cm	Aprox. 380g	50h

Cubo 6 faces 100%	170	21cm x 21cm x 21cm	Aprox. 510g	70h
Mesa modelo 4 100%	22	10cm x 10cm x 26cm	Aprox. 200g	21h
Mesa modelo 5 100%	22	10cm x 10cm x 26cm	Aprox. 200g	21h
Mesa modelo 6 100%	22	10cm x 10cm x 25cm	Aprox. 200g	21h
Mesa modelo 7 125%	13	14cm x 14cm x 18cm	Aprox. 180g	18h
Mesa modelo 8 125%	15	14cm x 14cm x 18cm	Aprox. 180g	18h
Mesa modelo 9 125%	20	20cm x 20cm x 24cm	Aprox. 200g	20h

## 8. Conclusão

Com o encerramento desse projeto, infere-se que a fabricação digital é uma importante ferramenta para o design, permitindo a expansão de projetos por meios digitais, explorando suas formas e métodos de fabricação. Além disso, o desenvolvimento tecnológico atual permite o amplo acesso à fabricação digital pelo usuário e possibilita a elaboração de um produto customizado e sua reprodução.

Percebe-se também como foi notável a importância da etapa de prototipação durante o projeto. Além de possível, a facilidade para criação, impressão e teste das peças em um mesmo ambiente garantiu ao máximo precisão nos modelos e assim expôs durante o processo precisamente onde deveriam ocorrer as mudanças necessárias.

Concluindo o projeto, os diferentes modelos de luminárias oferecidos permitem ao usuário a escolha do qual melhor reflete a sua necessidade ou gosto. As possibilidades como materiais ou parâmetros fornecidas pela impressão 3d concede ainda a exclusividade em cada uma das luminárias fabricadas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DURAK, Ayse et al. Impact of lighting arrangements and illuminances on different impressions of a room. *Building and Environment*, v. 42. 2007.

EYCHENNE, F., NEVES, H. (2013). *Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial*. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil.

FREITAS. Paula Campos Fadul de. *Luminotécnica e lâmpadas elétricas*. Uberlândia, 2012.

GERSHENFELD. Neil. **How to make almost anything**: the digital fabrication revolution. Volume 91, n6, 2012.

GORDON. Gary. **Interior lighting for designers**. Edição 5. Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons, Inc. 2014.

LOSS. Juliana. *Iluminação artificial residencial: A percepção do usuário de Curitiba em ambientes de descanso*. 2013. Pós-graduação Eng. Civil. Universidade federal do Paraná, 2013.

MONTEIRO, Marco Túlio Ferreira. *A impressão 3d no meio produtivo e o design [manuscrito]: um estudo na fabricação de joias / Marco Túlio Ferreira Monteiro*. - 2015. 129 f.: il. color. grafs. tabs.; 31 cm. Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Design.

OSRAM. *Iluminação: Conceitos e Projeto*. Disponível em: <[www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)>. Acesso em: setembro de 2020.

PUPO, Regiane Trevisan. *A inserção da PROTOTIPAGEM E FABRICAÇÃO DIGITAIS no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura*.

Campinas, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

ROQUE, Celine. Como definir um público-alvo (para seus planos de marketing). Business.tutsplus.com,00 2020. Disponível em: <<https://business.tutsplus.com/pt/tutorials/define-a-target-audience--cms-29368>>. Acesso em: 28 de abril de 2021.

SANTOS, Talía Simões dos et al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 595-602, dez. 2015. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522015000400595&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522015000400595&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 16 nov. 2020.

SARCAR. M.M.M; RAO. K. Mallikarjuna.; NARAYAN. K. Lalit. **Computer Aided Desgin and Manufacturing**. PHI learning Pvt. Ltd. Maio, 2008.

TAVARES, Monica. Design, arte e artesanato: a retomada de relações pela via da customização. Porto Arte: Revista de Artes Visuais. Porto Alegre: PPGAV-UFRGS, v.24 n.40 / 2019: e-92072 e-ISSN 2179-8001

VIANNA, Maurício. El al. **Design Thinking**: Inovação em negócios. Edição 1. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012. 162p.: il.; 24 cm

VOLPATO. Nery. **Manufatura aditiva**: tecnologias e aplicações da impressão 3D. edição 1. Blutcher. 2017.

CNC MILLING MATERIALS CHOOSE APPLICATION. 3ERP. Disponível em: <<https://www.3erp.com/blog/>>. Acesso em: 13 de nov. de 2020.

MATERIALS GUIDE. Simplify3D. Disponível em:

<<https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/simplify3d/>>. Acesso em: 13 de nov. de 2020.

COMO CORTAR COM LASER. Disponível em:

<<https://www.troteclaser.com/pt/faqs/como-cortar-com-laser/>>. Acesso em: 13 de nov. de 2020.

3D HUBS. Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

EngiPrinters. Disponível em: <<https://engiprinters.com.br/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

3DLAB. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/>>. Acesso em: 12 de nov. de 2020.

METODOLOGIA PROJETUAL DE QUI BONSIEPE. Disponível em:

<<https://4ed.cc/metodologia-projetual-de-gui-bonsiepe/>>. Acesso em: 22 de set. de 2020.

CUSTOMIZAÇÃO EDE PRODUTOS E SERVIÇOS. I9 Tec. Disponível em:

<<https://blog.i9tec.com.br/customizacao-de-produtos-e-servicos/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

INDUSTRIA 4.0. Disponível em: <<http://www.industria40.gov.br/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

IMPRESSÃO 3D: SAIBA COMO ELA É APLICADA NA INDUSTRIA 4.0.

Disponível em: <<https://www.troteclaser.com/pt/faqs/como-cortar-com-laser/>>. Acesso em: 13 de nov. de 2020.

TIPOS DE SOQUETES. Marmota. Disponível em:

<<https://inovacaoindustrial.com.br/impressao-3d-na-industria-4-0/>>. Acesso em: 16 de abril de 2021.

Dezeen. Disponível em: <<https://www.dezeen.com/2020/01/20/sandwaves-precht-arthur-mamou-mani-pavilion-saudi-arabia/>>. Acesso em: 23 de set. de 2020.

FabLabs. Disponível em:

<<https://web.archive.org/web/20140210113809/http://www.iaac.net/fab-lab/fab-central>>. Acesso em: 05 de nov. de 2020.

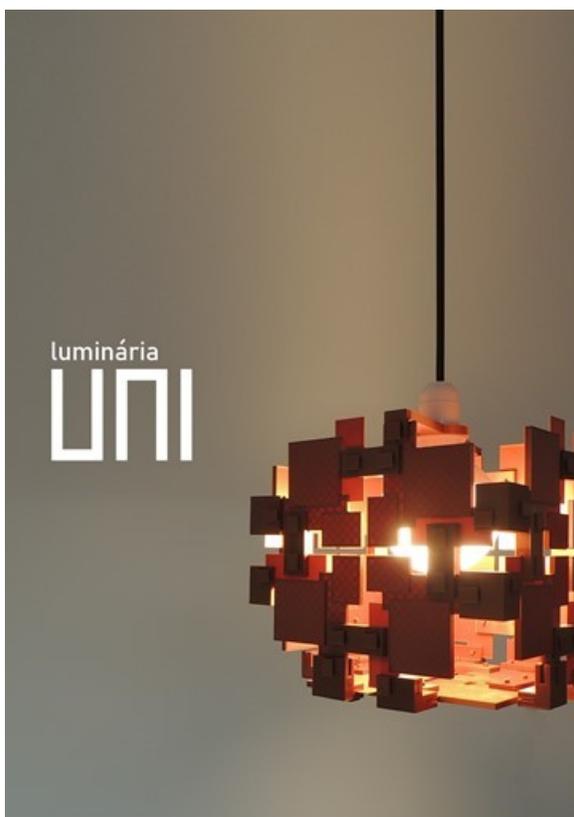
FAB LABS IO. Disponível em: <<https://www.fablabs.io>>. Acesso em: 20 de out. de 2020.

VOCÊ É ÚNICO, POR QUE SEUS PRODUTOS NÃO SERIAM. E-commerce Brasil. Disponível em:

<<https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/personalizacao-de-produtos-e-commerce/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2020.

O QUE É PAINEL SEMÂNTICO E POR QUE USÁ-LO. MxCursos. Disponível em:

<<https://blog.mxcursos.com/o-que-e-painel-semantico-e-por-que-devo-usa-lo/>>. Acesso em: 14 de nov de 2020.



## Introdução

UNI é uma coleção de luminárias criadas a partir de uma mesma peça. Este manual possui nove modelos diferentes para imprimir e montar.

## Índice

Parâmetros	4
Peças gerais	5
Modelo 1	6
<small>Pendente ou mesa 100% ou 75%</small>	
Modelo 2	23
<small>Pendente ou mesa 100% ou 75%</small>	
Modelo 3	43
<small>Mesa 100% ou 75%</small>	
Modelo 4	56
<small>Mesa 100%</small>	
Modelo 5	60
<small>Mesa 100%</small>	
Modelo 6	67
<small>Mesa 100%</small>	
Modelo 7	73
<small>Mesa 125%</small>	
Modelo 8	79
<small>Mesa 125%</small>	
Modelo 9	86
<small>Mesa 125%</small>	

## Parâmetros para impressão

Material: PLA

Altura de camada: 0.2mm

Numero de paredes: 2

Top/bottom layers: 4 ao todo. (1 ou 2 bottom, 2 ou 3 top)

Infill: 15%

Padrões sugeridos: Grid, cross, triangles, concentric.

Temperatura: 205

Velocidade: 60mm/s

---

A alteração de alguns parâmetros (como top/bottom layers, infill, etc.) podem ser alterados para conseguir um resultado final diferente.

## Peças

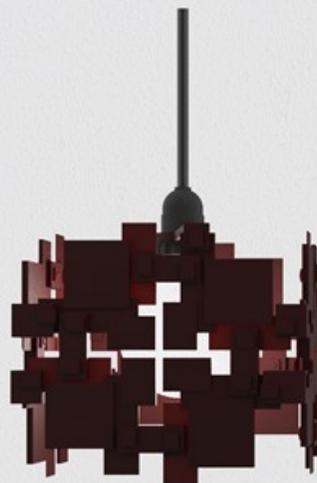
1 Bocal E27 com rosca como o modelo representado

A rosca é utilizada para prender a peça ao bocal



Antes da impressão de todas as peças, é recomendado a impressão de pelo menos cada uma das peças para conferir se os tamanhos e encaixes estão certos.

## Modelo 1.



## Modelo 1.

Tamanho: 100% ou 75%

Pendente ou de Mesa

Número de peças: 91

75%	100%
Tempo estimado: 29h 16cm x 16cm x 15cm	Tempo estimado: 41h 21cm x 21cm x 20cm



Padrão 1  
2x



Pino  
50x



Padrão 2  
8x



Conector  
16x



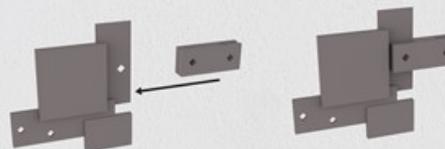
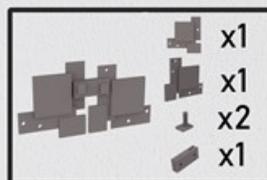
Padrão 3  
6x

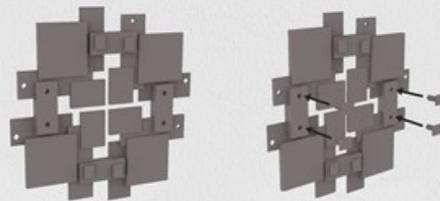
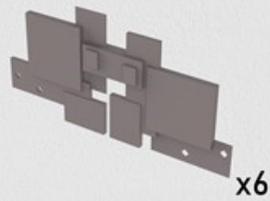
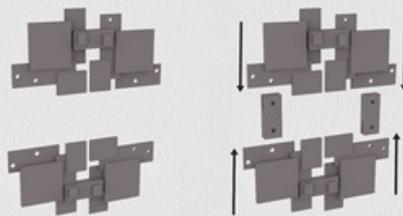
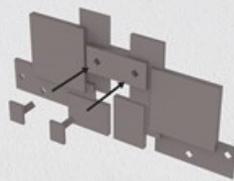
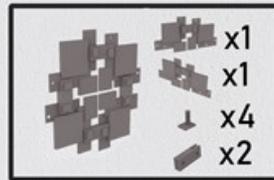
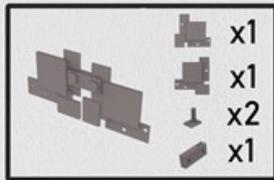
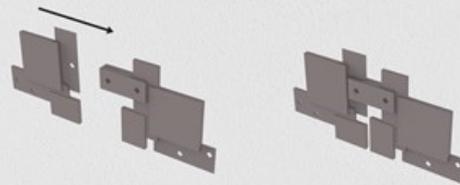
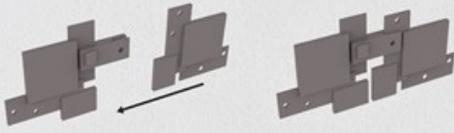
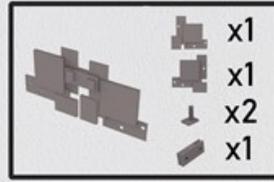
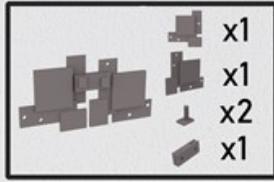


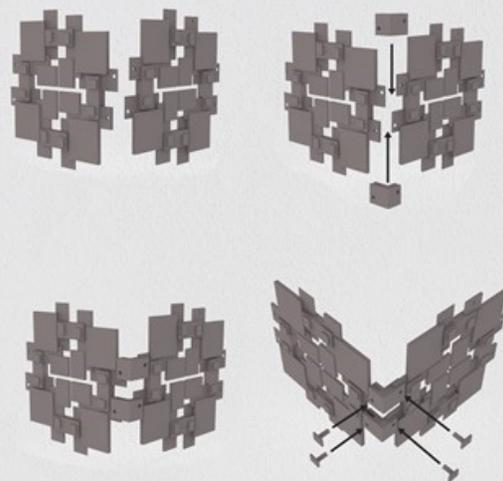
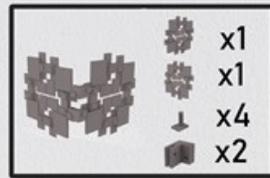
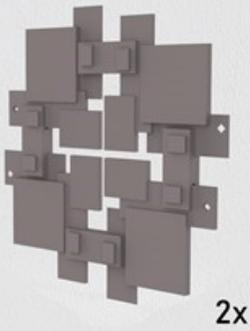
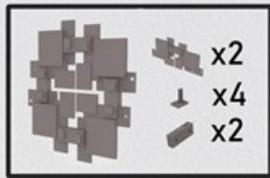
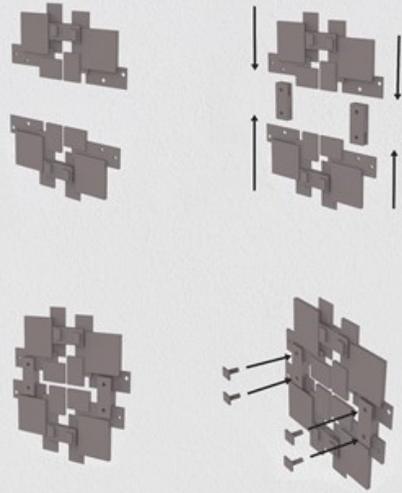
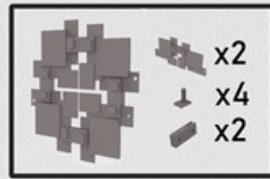
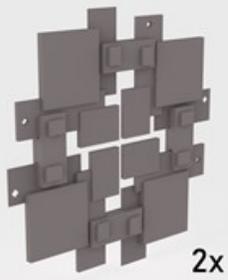
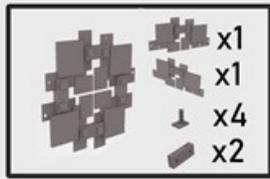
Bocal  
1x

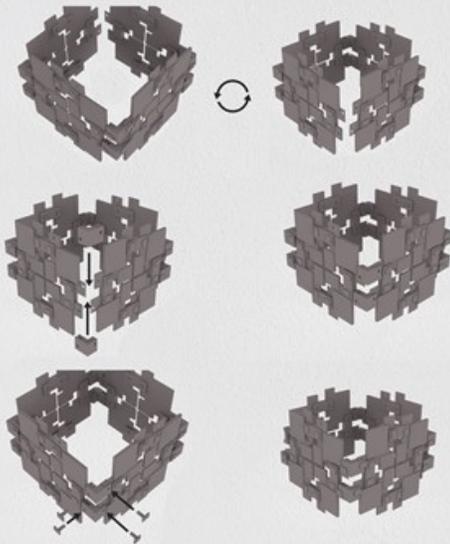
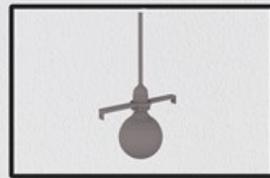
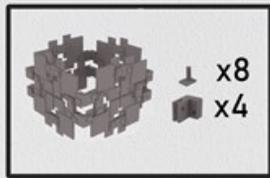
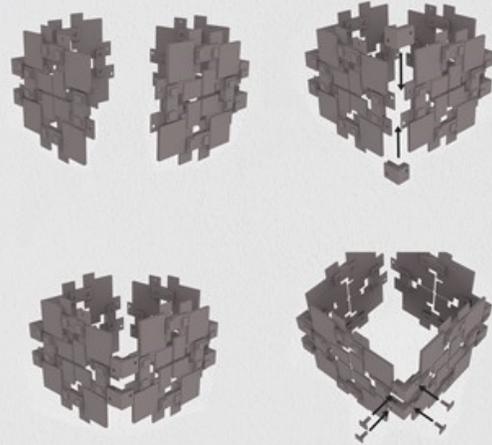
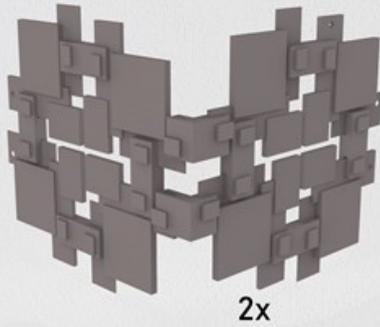
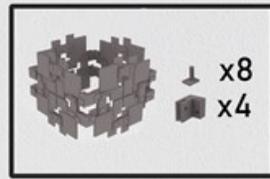
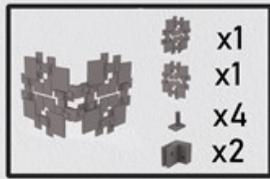


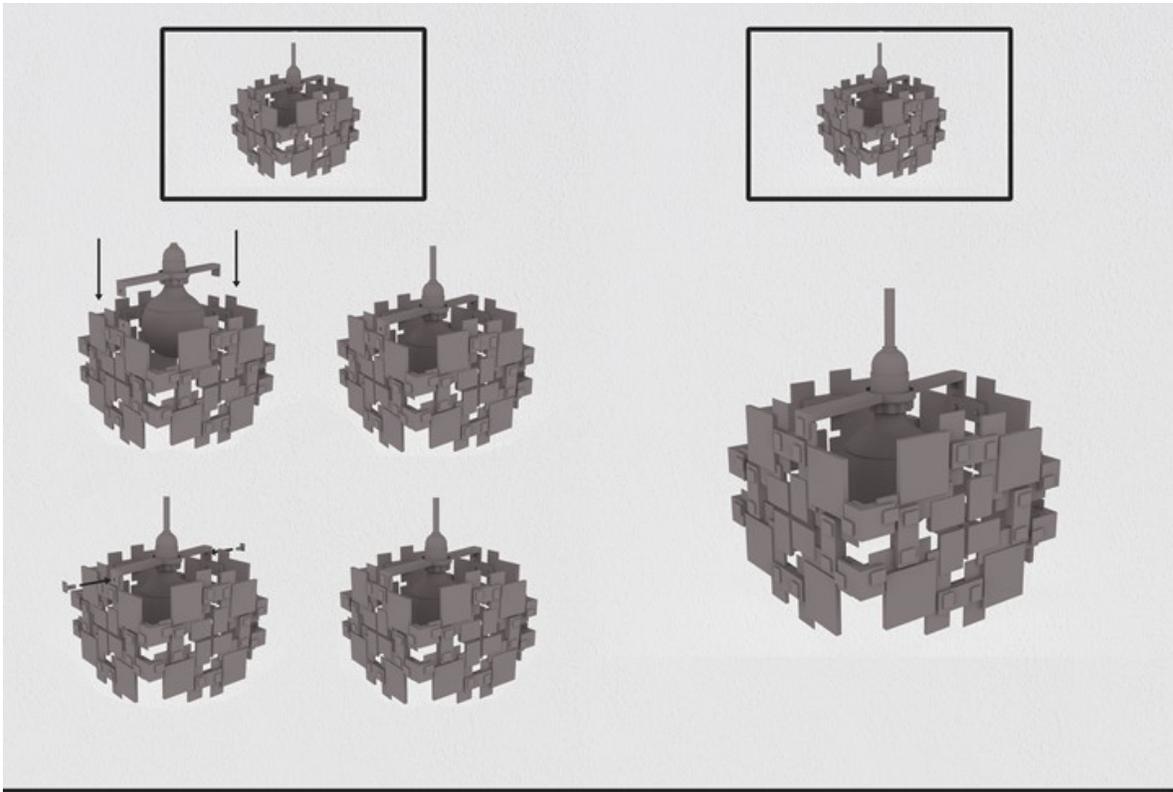
Canto 1  
8x











## Modelo 2.



## Modelo 2.

Tamanho: 100% ou 75%

Pendente ou de Mesa

Número de peças: 131

75%  
Tempo estimado: 40h  
16cm x 16cm x 16cm

100%  
Tempo estimado: 58h  
21cm x 21cm x 21cm



Padrão 1  
14x



Pino  
74x



Padrão 2  
4x



Conector  
20x



Padrão 3  
2x

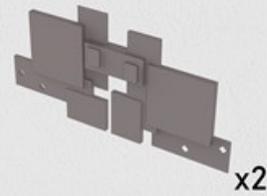
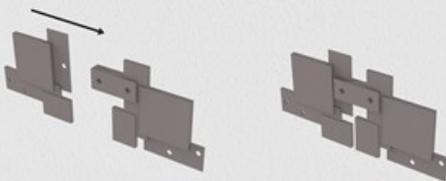
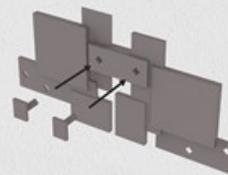
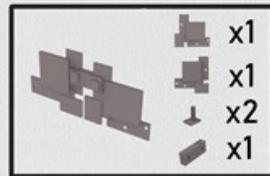
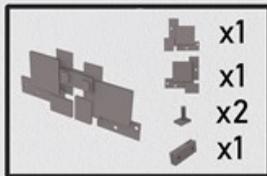
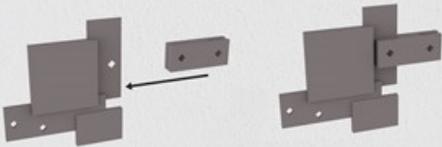
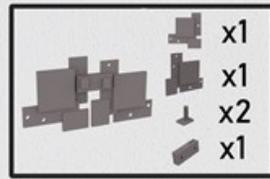
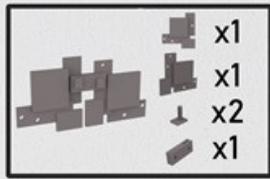


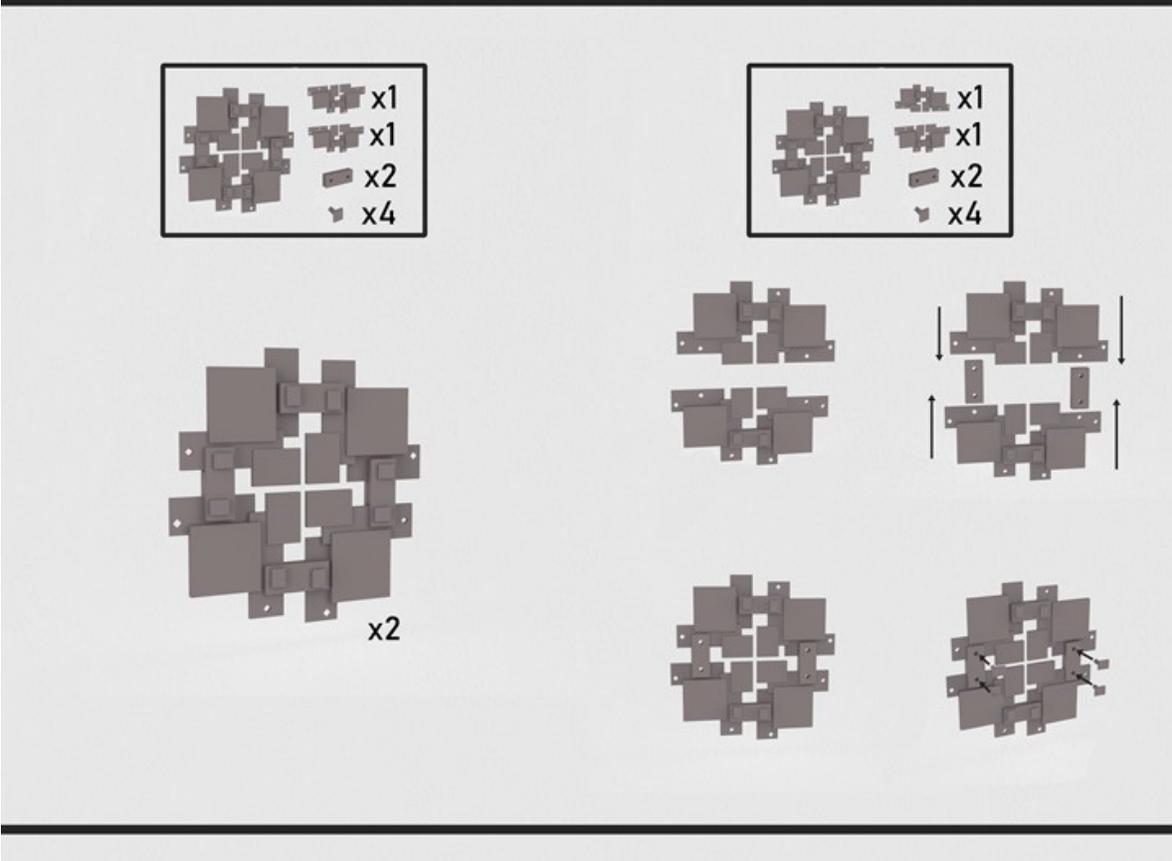
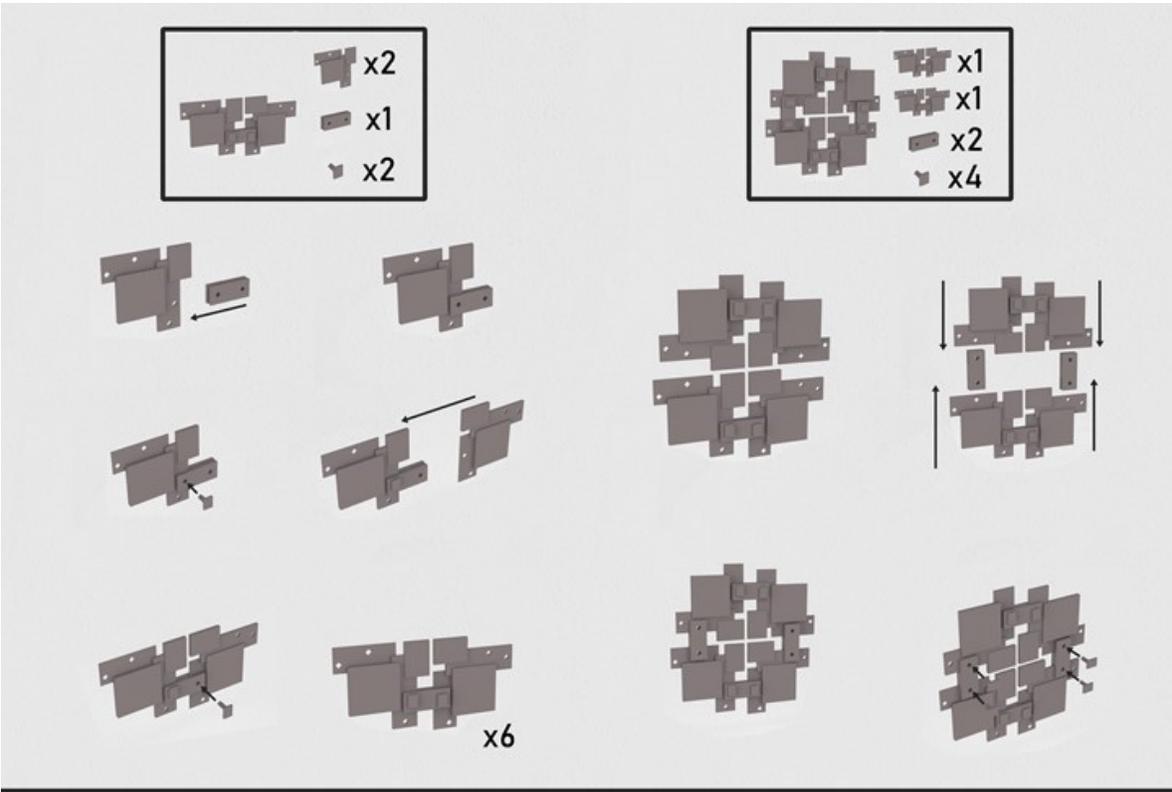
Bocal  
1x

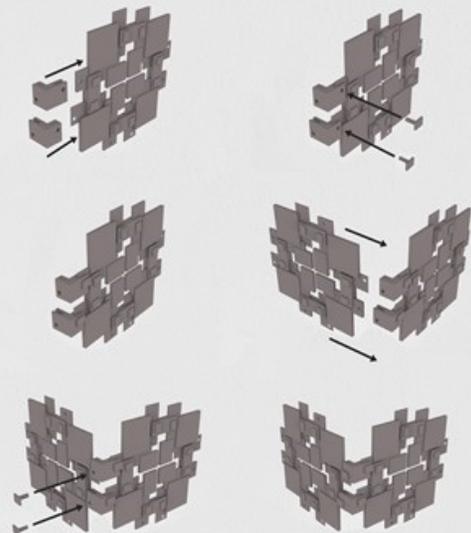
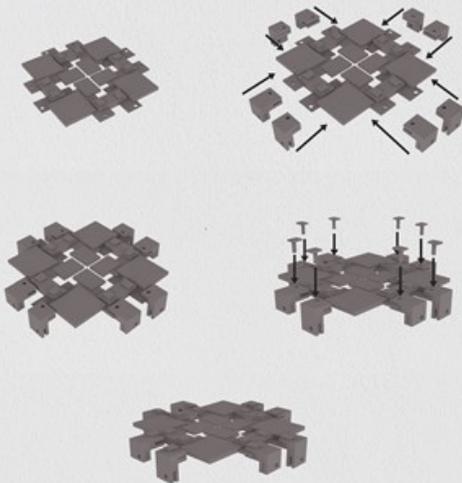
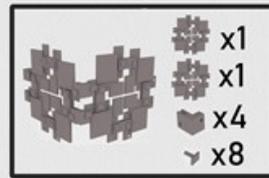
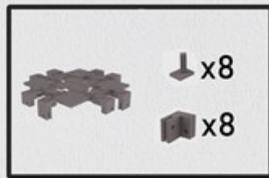
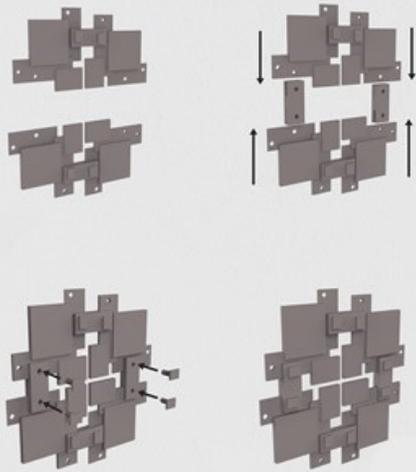
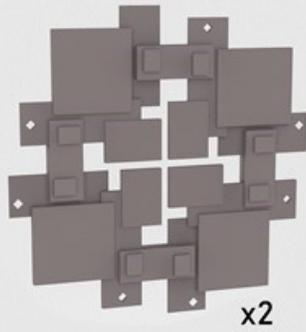
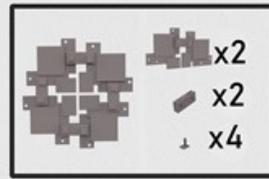
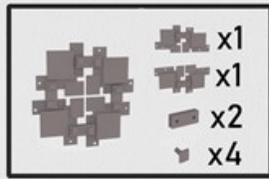


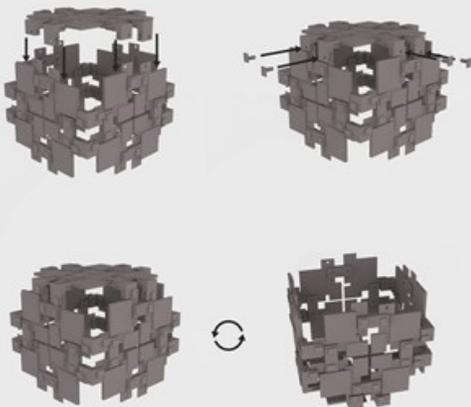
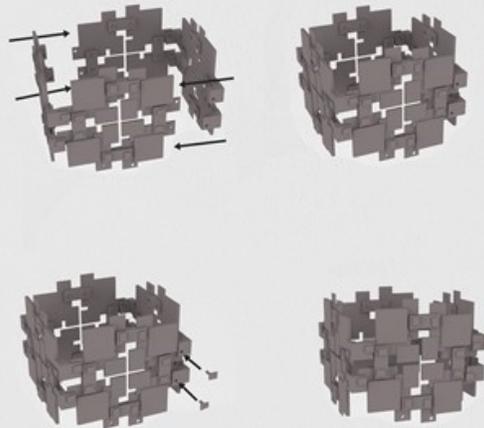
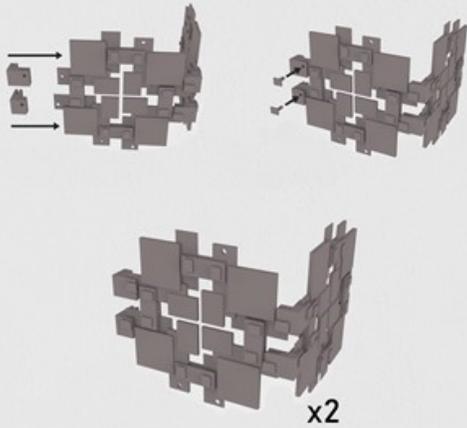
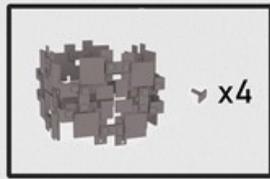
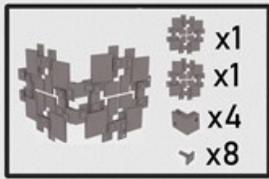
Canto 1  
16x

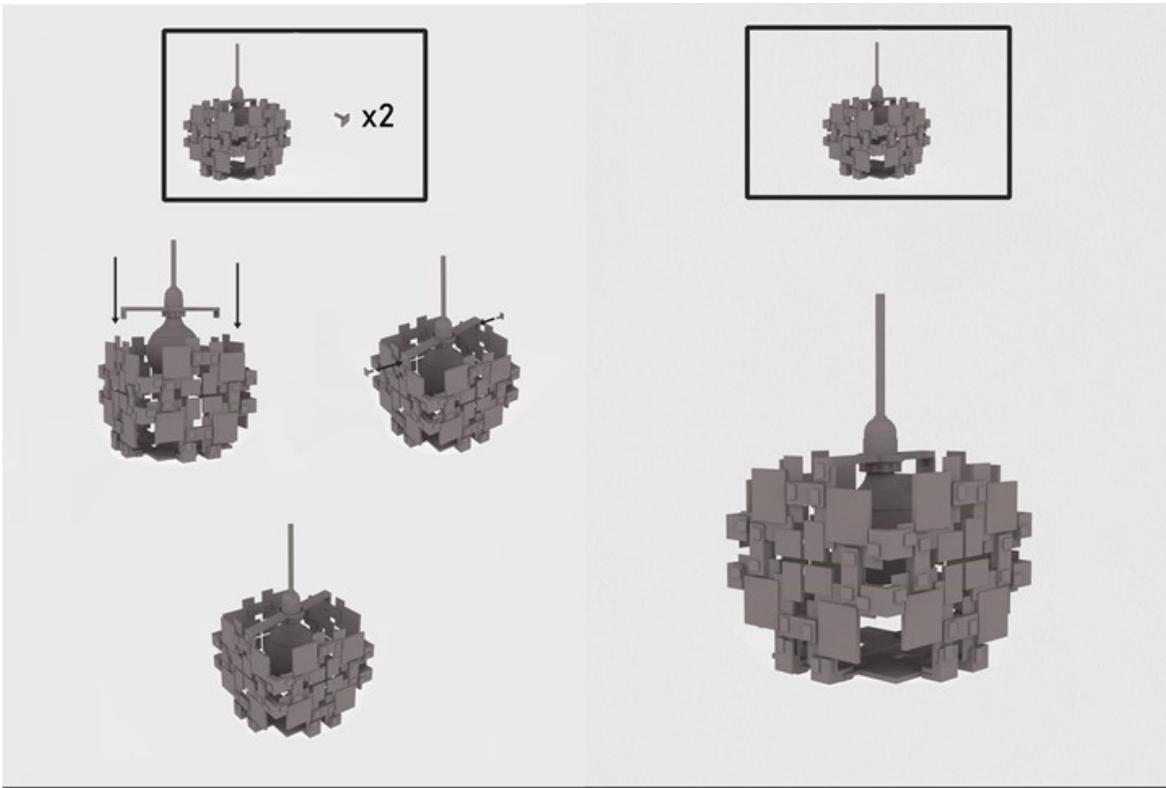












### Modelo 3.



### Modelo 3.

Tamanho: 100% ou 75%  
 Número de peças: 170

75%  
 Tempo estimado: 50h  
 22cm x 22cm x 26cm

100%  
 Tempo estimado: 70h  
 30cm x 30cm x 34cm



Padrão.STL  
 24x



Pino.STL  
 96x



Canto.STL  
 24x



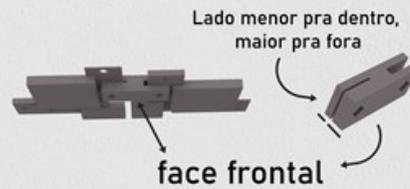
Bocal.STL  
 1x

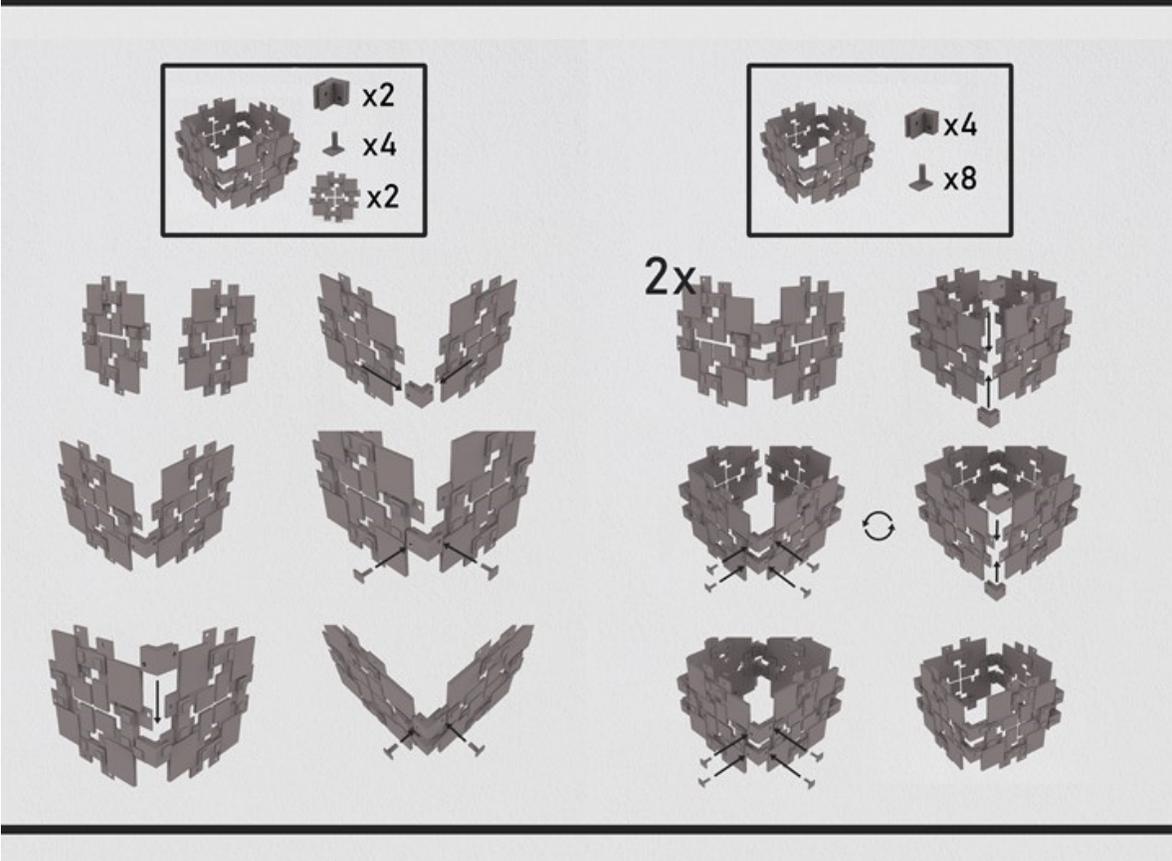
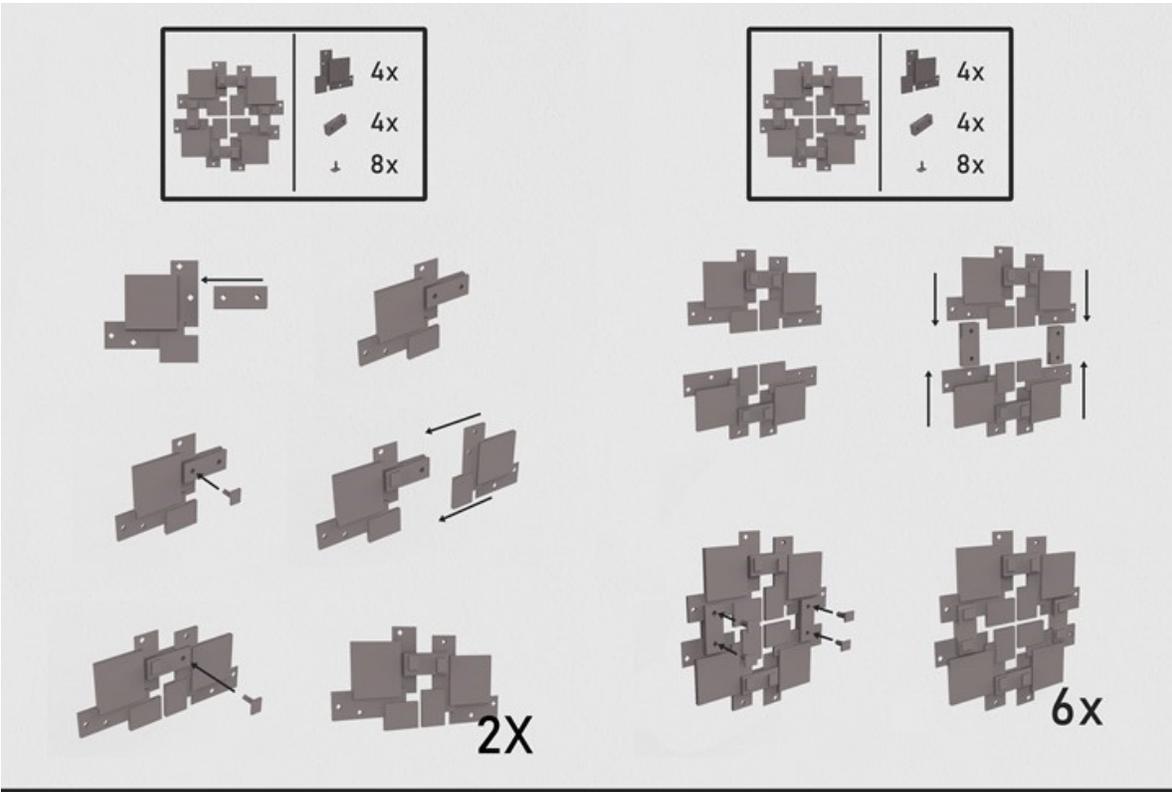


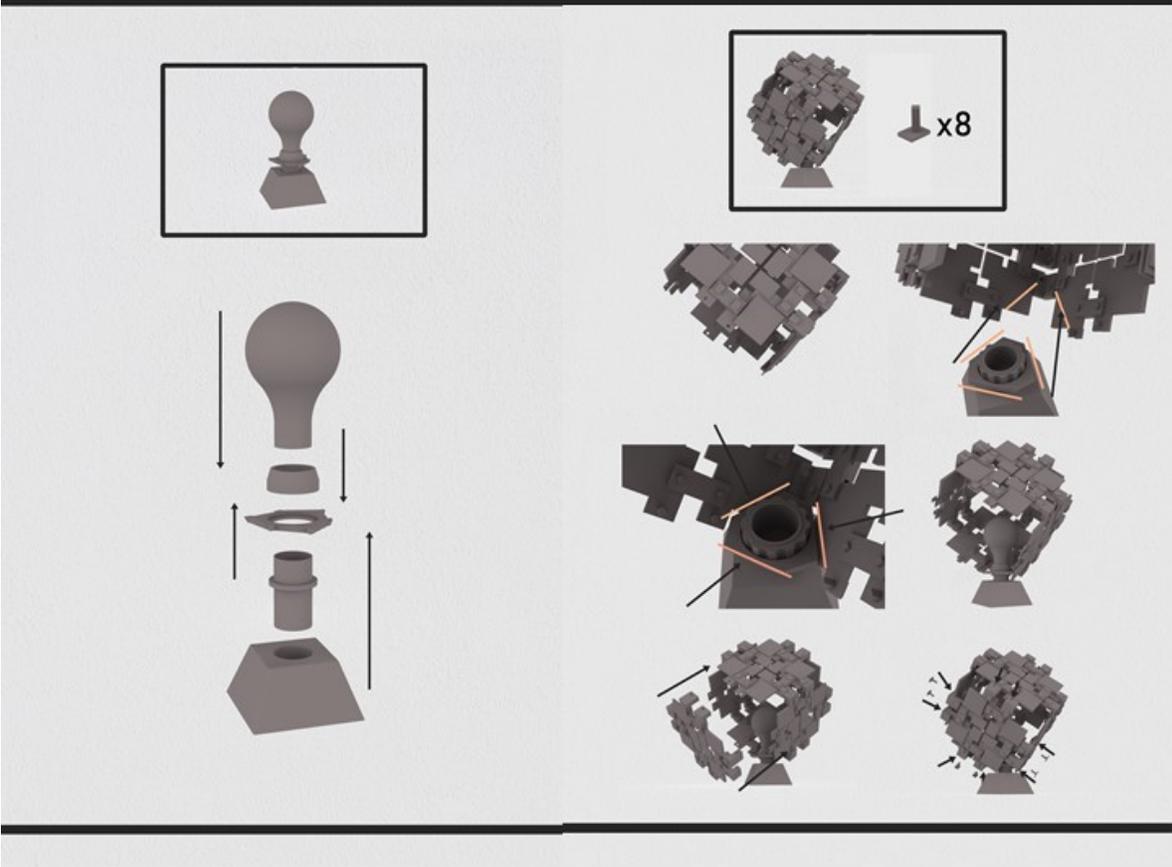
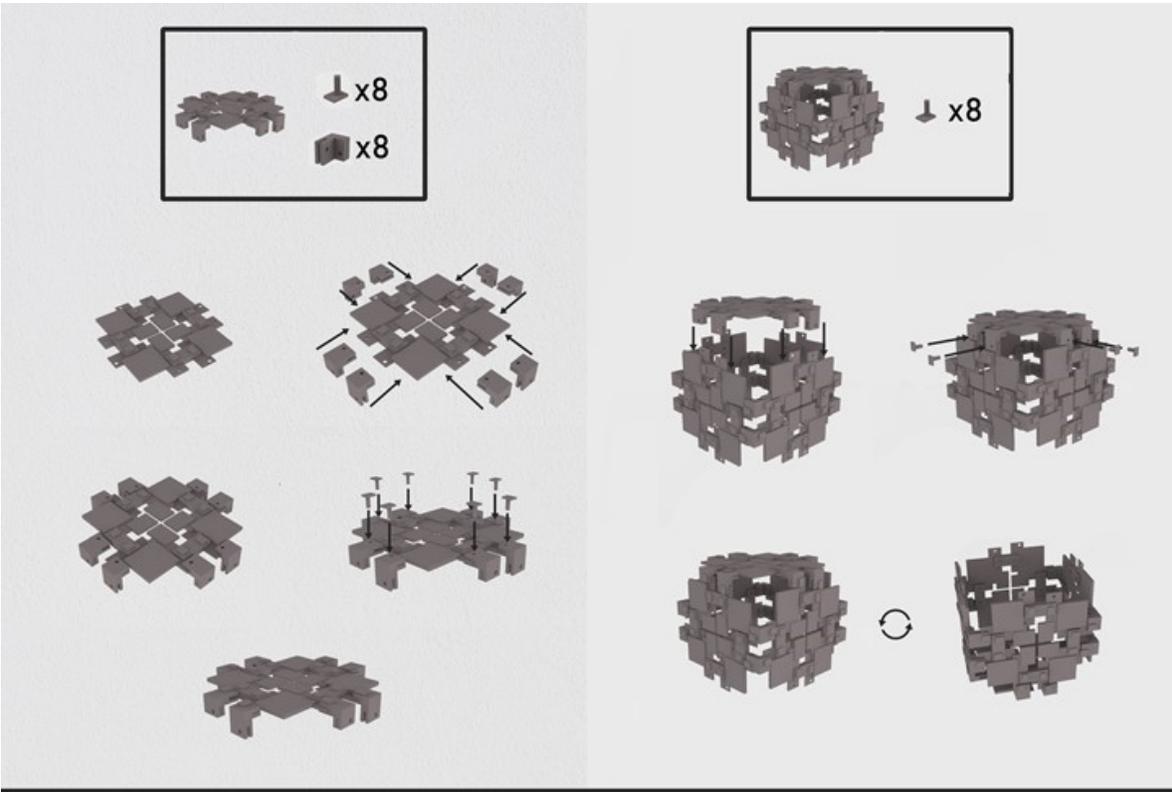
Conector.STL  
 24x



Base.STL  
 1x

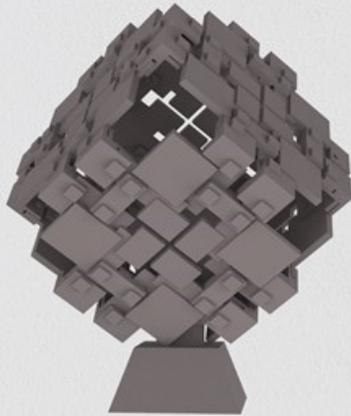








# Modelo 4.



## Modelo 4.

Tamanho: 100%  
Mesa  
Número de peças: 22

Tempo estimado: 21h  
Peso estimado: 200g  
10cm x 10cm x 26cm



Padrão 1  
8x



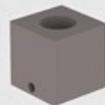
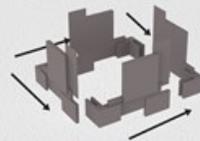
Conector 1  
4x



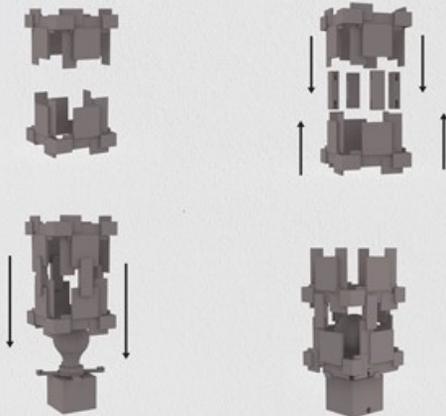
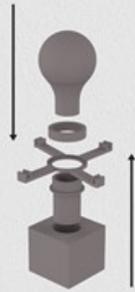
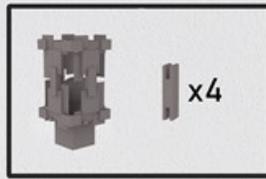
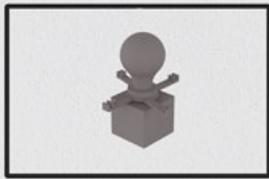
Canto 1  
8x



Bocal 1  
1x



Base  
1x



Modelo 5.



# Modelo 5.

Tamanho: 100%

Mesa

Número de peças: 22

Tempo estimado: 21h  
Peso estimado: 200g  
10cm x 10cm x 26cm



Padrão 1  
8x



Conector 1  
4x



Canto 1  
4x



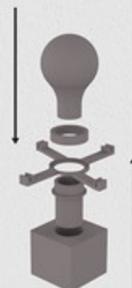
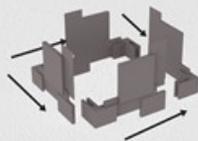
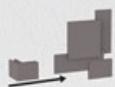
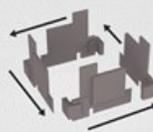
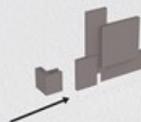
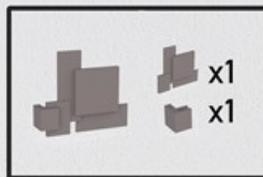
Bocal  
1x

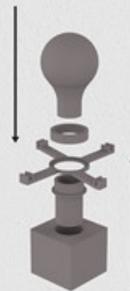
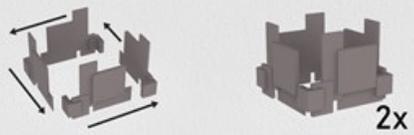
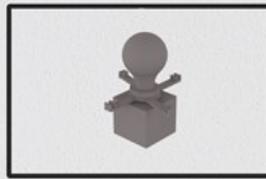
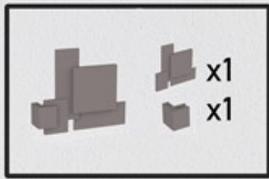


Canto 2  
4x



Base  
1x





## Modelo 6.



## Modelo 6.

Tamanho: 100%

Mesa

Número de peças: 22

Tempo estimado: 21h  
Peso estimado: 200g  
10cm x 10cm x 26cm



Padrão 1  
8x



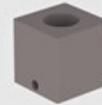
Conector 1  
4x



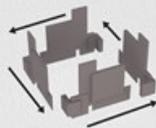
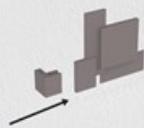
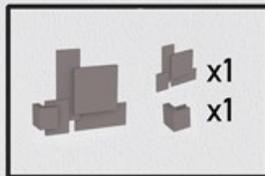
Canto 2  
8x



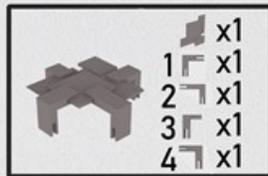
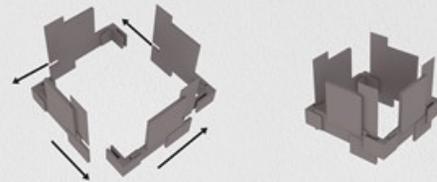
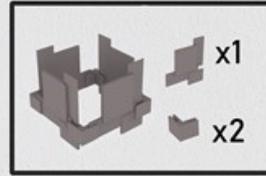
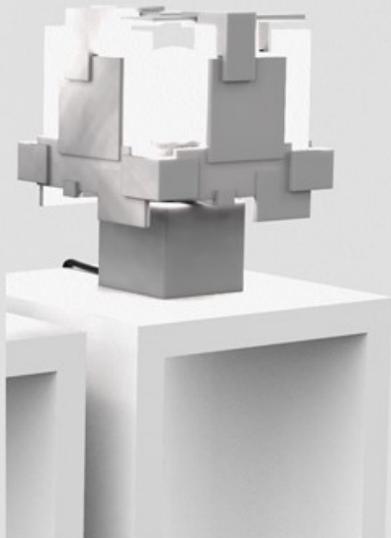
Bocal  
1x

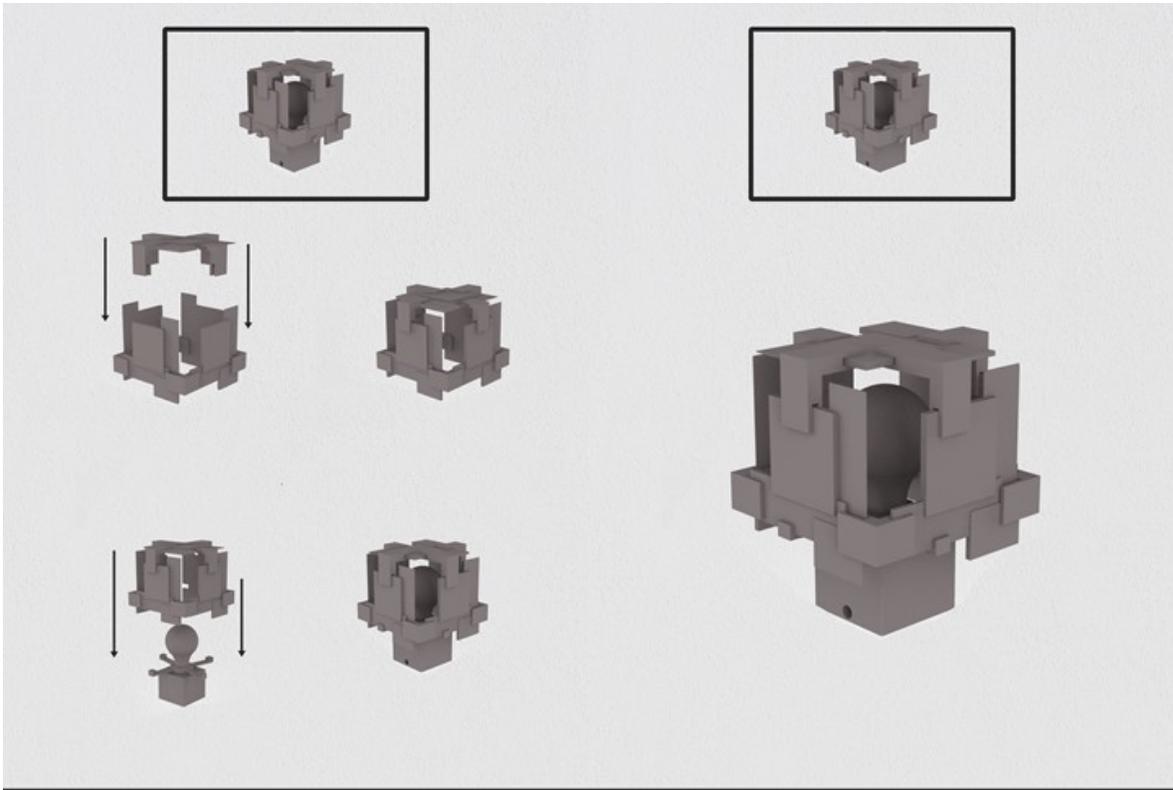


Base  
1x



# Modelo 7.





## Modelo 8.



## Modelo 8.

Tamanho: 125%

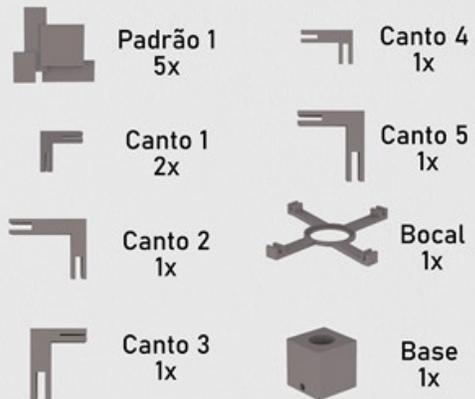
Mesa

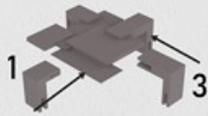
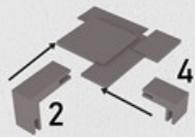
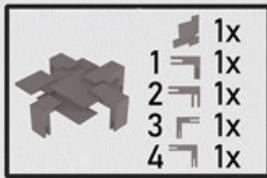
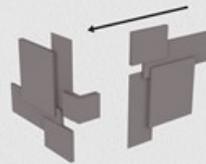
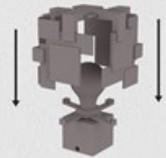
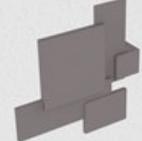
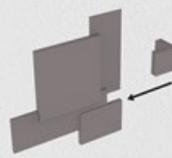
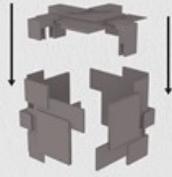
Número de peças: 13

---

Tempo estimado: 19h  
 Peso estimado: 180g  
 14cm x 14cm x 18cm

---







## Modelo 9.



## Modelo 9.

Tamanho: 125%

Mesa

Número de peças: 20

Tempo estimado: 24h  
Peso estimado: 200g  
20cm x 20cm x 24cm



Padrão 1  
6x



Canto 1  
1x



Canto 2  
1x



Canto 3  
1x



Canto 4  
1x



Canto 5  
3x



Canto 6  
2x



Canto 7  
1x



Canto 8  
1x



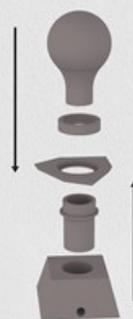
Canto 9  
1x

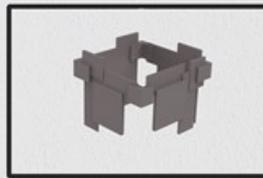
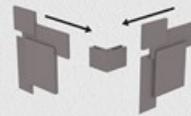
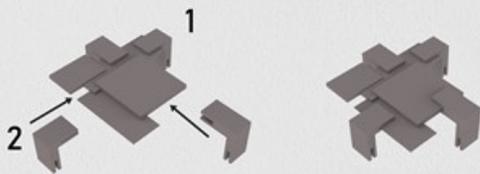
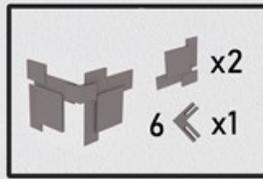
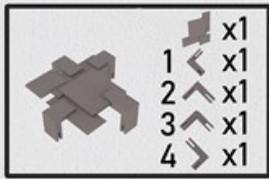


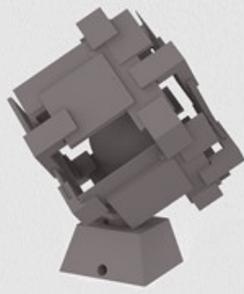
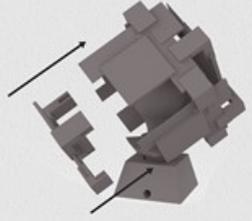
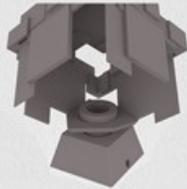
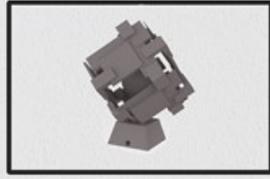
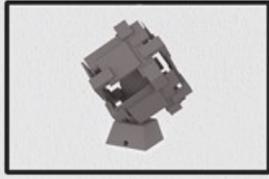
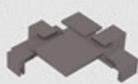
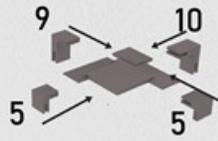
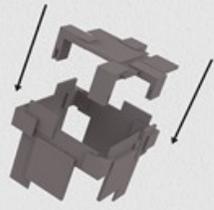
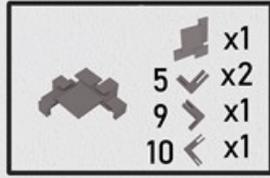
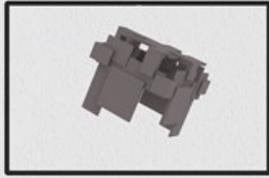
Bocal  
1x



Base  
1x







# Apêndice B

