

# TECNOLOGIA, AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

Coletânea de Artigos

Organizadores:

João da Costa Pantoja  
Márcio Augusto Roma Buzar  
Naiara Guimarães de Oliveira Porto



Universidade de Brasília

	<b>UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA</b>
<b>Reitora:</b> <b>Vice-Reitor:</b> <b>Decana de Pesquisa e Inovação:</b> <b>Decanato de Pós Graduação:</b>	Márcia Abrahão Moura Henrique Huelva Maria Emília Machado Telles Walter Lucio Remuzat Rennó Junior
<b>Diretor da FAU</b> <b>Vice Diretoria da FAU</b> <b>Coordenadora de Pós-Graduação:</b> <b>Coordenadora do LaSUS:</b> <b>Coordenador do LaBRAC:</b>	<b>FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - UnB</b> Marcos Thadeu Queiroz Magalhães Cláudia da Conceição Garcia Luciana Saboia Fonseca Cruz Marta Adriana Bustos Romero João da Costa Pantoja
<b>Coordenação de Produção Editorial, Preparação, Revisão e Diagramação:</b> <b>Capa:</b>	João Vitor Lopes Lima Farias Ana Luiza Alves de Oliveira Stefano Galimi
<b>Conselho Editorial</b>	Humberto Salazar Amorin Varum Osvaldo Luiz de Carvalho Souza Yara Regina Oliveira Paulo de Souza Tavares Miranda
<b>Organização:</b>	João da Costa Pantoja Marcio Augusto Roma Buzar Naiara Guimarães de Oliveira Porto

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tecnologia, ambiente e sustentabilidade [livro eletrônico] : coletânea de artigos / organização João da Costa Pantoja , Marcio Augusto Roma Buzar , Naiara Guimarães de Oliveira Porto. -- 1. ed. -- Brasília, DF : LaSUS FAU : Editora da Universidade de Brasília-UnB, 2021.

ePDF

ISBN 978-65-992384-4-4

1. Artigos - Coletâneas 2. Meio ambiente 3. Sustentabilidade ambiental 4. Tecnologia I. Pantoja, João da Costa. II. Buzar, Marcio Augusto Roma. III. Porto, Naiara Guimarães de Oliveira.

21-63042  
CDD-660.02

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Tecnologia 660.02 Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

1ª Edição

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / LaSUS – Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e ao Urbanismo.  
Caixa Postal 04431, CEP 70842-970 – Brasília-DF. Telefones: 55 61 3107-7458. Email: lasus@unb.br / www.lasus.unb.br

## ORGANIZADORES E AUTORES

João da Costa Pantoja | Organizador e Autor | Brasil

Márcio Augusto Roma Buzar | Organizador e Autor | Brasil

Naiara Guimarães de Oliveira Porto | Organizador e Autor | Brasil

Alexandre M C Dutra | Autor | Brasil

Ana Luiza Alves de Oliveira | Autor | Brasil

Clarice C. D. da Silva | Autor | Brasil

Daniel Richard Sant'Ana | Autor | Brasil

Eduardo Bicudo de Castro Azambuja | Autor | Brasil

Francisco Afonso de Castro Júnior | Autor | Brasil

Hillary Damaceno de Brito | Autor | Brasil

Hugo Rodrigues Pinheiro | Autor | Portugal

Iberê Pinheiro de Oliveira | Autor | Brasil

Igor Rafael Mendes Guimarães Alcantara | Autor | Brasil

Joára Cronemberg Ribeiro Silva | Autor | Brasil

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa | Autor | Brasil

Louise Boeger Viana dos Santos | Autor | Brasil

Luiza Teixeira Naili | Autor | Brasil

Mafalda Fabiene Ferreira Pantoja | Autor | Brasil

Marcelo Aquino Corte Real da Silva | Autor | Brasil

Márcio Busón | Autor | Brasil

Pedro Pantoja Luz | Autor | Brasil

Philipe Queiroz Rodrigues | Autor | Brasil

Rudi Sato Simões | Autor | Brasil

Thaís Aurora Vilela Sancho | Autor | Brasil

Stefano Galimi | Autor | Brasil

Valmor Cerqueira Pazos | Autor | Brasil

Victor Villar de Queiroz Milani | Autor | Brasil

Vitor Ramos de Quadros | Autor | Brasil

Wender Camico Costa | Autor | Brasil

## ÍNDICE

### Tema 1 - Estruturas e Arquitetura

I - Manutenção de helipontos elevados - Plataformas de distribuição de cargas em estruturas de concreto/aço instaladas em edifícios já construídos .....	07
II - A ponte de ferro de Cachoeiro do Itapemirim.....	28
III - Caracterização dos blocos de apartamento da Colina Velha na Universidade de Brasília: História, arquitetura, pré-moldado, sistemas estruturais e patologias .....	47
IV - Arquitetura de madeira roliça brasiliense: Um estudo de caso, Maloca e academia Unique .....	83
V - Aplicação do método de bielas e tirantes em vigas de equilíbrio na ferramenta Cast .....	97

### Tema 2 - Sustentabilidade, Qualidade e Eficiência do Ambiente Construído

VI - Edificações de porte monumental de arquitetura modernista: Uma contribuição para a avaliação Acústica .....	119
VII - Técnicas de auditoria do consumo de água: Relatos de experiência em campo .....	142
VIII - Elaboração de algoritmo de uso e ocupação do solo para terrenos do Distrito Federal - Brasill .....	157
IX - Aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas: O caso da procuradoria geral da república .....	180
X - Análise de uma cobertura paramétrica de bambu composta por paraboloides hiperbólicos .....	194
XI - Análise da ventilação natural e de qualidade do ar interno: Hospitais Sarah Brasília e Sarah Lago Norte .....	206

### Tema 3 - Tecnologia de Produção do Ambiente Construído

XII - Trincas em sistemas de vedação decorrentes da resistência do concreto .....	229
XIII - Avaliação probabilística do nível de segurança e durabilidade de estruturas existentes em concreto armado .....	241
XIV - A conservação do patrimônio moderno através das práticas de retrofit na infraestrutura urbana de Brasília.....	261
XV - A influência da fabricação digital junto ao design aberto nas novas gerações de produtos .....	283
XVI - Degradação e processo de recuperação de obra de infraestrutura: Viaduto Galeria dos Estados.....	302

### TEMA 3: TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Estudos relacionados à tecnologia de materiais, componentes, elementos, sistemas e processos, no âmbito da construção e sua materialização, envolvendo inovação tecnológica, aperfeiçoamento das técnicas construtivas e de produção, industrialização da construção, prototipagem e fabricação digitais. Avaliação da qualidade construtiva visando os estudos do estado de conservação, desempenho e vida útil das edificações, assim como a manutenção e reabilitação do ambiente construído.

#### Artigos:

- XII. *Trincas Em Sistemas De Vedação Decorrentes Da Resistência Do Concreto*  
Oliveira, I.; Pantoja, J.; Buzar, M.
- XIII. *Avaliação Probabilística Do Nível De Segurança E Durabilidade De Estruturas Existentes Em Concreto Armado – Aplicação Em Um Reservatório Elevado*  
Porto, N.; Pantoja, J.; Pinheiro, H.
- XIV. *A Conservação Do Patrimônio Moderno Através Das Práticas De Retrofit Na Infraestrutura Urbana De Brasília*  
Galimi, S.; Buzar, M.; Pantoja, J.; Naili, L.
- XV. *A Influência Da Fabricação Digital Junto Ao Design Aberto Nas Novas Gerações De Produtos*  
Milani, V.; Pantoja, J.; Busón, M.
- XVI. *Degradarão E Processo De Recuperação De Obra De Infraestrutura: Viaduto Galeria Dos Estados*  
Costa, W.; Pantoja, J.; Buzar, M.; Junior, Francisco

**XV****A INFLUÊNCIA DA FABRICAÇÃO DIGITAL JUNTO AO DESIGN ABERTO  
NAS NOVAS GERAÇÕES DE PRODUTOS****THE INFLUENCE OF DIGITAL MANUFACTURING WITH OPEN DESIGN IN  
NEW PRODUCT GENERATIONS****Victor Villar de Queiroz Milani**Universidade de Brasília, Departamento de Pós-Graduação  
Brasília, Brasil**João da Costa Pantoja**Universidade de Brasília, Departamento de Pós-Graduação  
Brasília, Brasil

joacpantoja@gmail.com

**Márcio Busón**Universidade de Brasília, Departamento de Pós-Graduação  
Brasília, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho busca demonstrar como a integração entre o Design Aberto e os usuários de produtos pode afetar as novas gerações de produtos e relações usuário/produto através de novos modelos de produção, em particular, a fabricação digital. O contexto do trabalho se encontra na Quarta Revolução Industrial, que abarca uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Através da produção de um objeto baseado nas práticas abordadas, é demonstrada como a associação do Open Design com a Fabricação Digital permite produzir mobiliários que atendam melhor as necessidades dos usuários.

**Palavras-chave:** fabricação digital, móveis, cadeira, softwares, customizável.

**ABSTRACT:** This paper aims to demonstrate how the integration between Open Design and product users can affect new product generations and user / product relationships through new production models, in particular digital manufacturing. The context of the work lies in the Fourth Industrial Revolution, which encompasses a technological revolution that will fundamentally transform the way we live, work and relate. Through the production of an object based on the approached practices, it is demonstrated how the association of Open Design with Digital Manufacturing allows to produce furniture that better meets the needs of users.

**Keywords:** digital fabrication, furniture, chair, softwares, customability.

**1. INTRODUÇÃO**

Segundo Klaus Schwab (2016) estamos participando de um novo processo conhecido como Quarta Revolução Industrial, marcada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas. Essa que não é definida por um conjunto de tecnologias emergentes em si mesmas, mas sim a transição em direção à

novos sistemas que foram construídos sobre a infraestrutura da anterior, a Revolução Digital.

Estamos a bordo de uma revolução tecnológica que transformará fundamentalmente a forma como vivemos, trabalhamos e nos relacionamos. Em sua escala, alcance e complexidade, a transformação será diferente de qualquer coisa que o ser humano tenha experimentado antes, diz o autor do livro *A Quarta Revolução Industrial*. Algo tão relevante que não se compara ao advento da máquina a vapor no século 17, à exploração da energia e combustíveis fósseis no século 19 e à automatização na década de 70. A internet e os celulares marcam as mudanças recentes, mas, para Schwab, essa revolução difere de todas as outras.

Nesse panorama, buscam-se sempre inovações e novos métodos de produção (figura 01). A fabricação digital aparece como uma alternativa para dar mais liberdade a criação de modelos, onde a prototipagem rápida, essa que é considerada uma ferramenta poderosa que vem com o intuito de auxiliar a fabricação de novos produtos, se transforma em uma opção para dar formas as novas demandas.

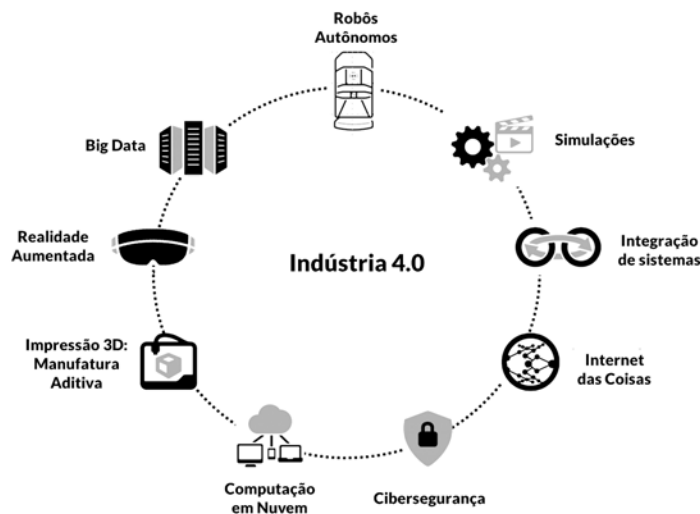


Figura 01 - Indústria 4.0

Kolarevic (2001) afirma que foi somente nos últimos anos que os avanços nas tecnologias de projeto auxiliado por computador (CAD) e fabricação assistida por computador (CAM) começaram a ter um impacto nas práticas de projeto e construção de edifícios. Estes que abrem novas oportunidades, permitindo a produção e a construção de formas, que até recentemente eram consideradas complexas e de alto custo para se projetar, produzir e montar usando tecnologias

tradicionais de construção.

Visando a necessidade e em como e onde essas novidades vão ser divulgadas e armazenadas para o público, Stallman propôs uma ideia revolucionária em 1984 com o conceito de “*Free Software Foundation*”, posteriormente confirmada em 1998 na “*Open Source Definition*”. O conceito-chave é que deve haver acesso irrestrito aos códigos de programação de computadores: qualquer pessoa deve ser colocada em posição de usá-los, modificá-los e distribuir qualquer modificação sem ter que pagar taxas de licença. Dado o trabalho adicional que deve entrar em um modelo paramétrico, se espera ver um comércio intelectual de modelos e técnicas. Como ferramenta de aprendizagem e capacitação, o código reduz o trabalho de fazer um modelo, Woodburry (2010). Este mesmo conceito de Woodburry e Stallman pode ser aplicado na fabricação de produtos e em seu desenvolvimento, gerando a alternativa de customização de acordo com a necessidade, conhecido como Design Aberto.

## 2. CONTEXTO

O Design Aberto compartilha ideias da cultura *Open Source*<sup>1</sup>, sendo denominado e mais difundido como *Open Design*<sup>2</sup>. Ou seja, o design por meio de sua capacidade conceitual, projetiva e transformadora, que passa a ser permeado por uma nova concepção do fazer advinda da consequência da revolução das tecnologias da informação e do conhecimento, explica Cabeza et al (2014). Alguns autores conectam a origem do *Open Design*, ou design aberto, como consequência do movimento do software aberto e a conexão e florescimento dos computadores com a Internet (De Mil, 2011, p.36), como a união do design (entendido enquanto desenho ou projeto) + *Open Source* (código aberto) (Rossi e Neves, 2011, p. 12).

Para Cabeza et al (2014) o design, desde sua prática projetiva, novas formas de produção e conceitos do *Open Design*, se converte em uma ferramenta de inovação social para que as comunidades e a sociedade possam inventar novas regras, novos métodos de aprendizagem, novas formas de resolver seus

---

<sup>1</sup> Open Source Definition, [http:// www.opensource.org](http://www.opensource.org)

<sup>2</sup> Open Design definição por Cabeza et all, em Design aberto: prática projetual para a transformação social. (2014)



próprios problemas e conflitos, evitando a dependência dos sistemas centralizados de cima para baixo e transformando a sociedade de abaixo para acima, evitando, na medida do possível, a dependência dos modelos lineares.

À partir da "*Open Source Definition*", os teóricos deste modelo de desenvolvimento de software apontam que quando os programadores têm permissão para trabalhar livremente no código fonte de um programa, trocando arquivos e ideias através da rede da Internet, inevitavelmente melhora todo o processo pois a colaboração ajuda a corrigir erros e permite a adaptação de diferentes necessidades das plataformas de hardware.

A partir da Quarta Revolução Industrial, onde Rayna e Striukova (2010) afirmam que a visão tradicional da inovação, que implica que as empresas por conta própria, tem sido muito prejudicada nos últimos anos, recentemente desafiada pelo conceito de "inovação aberta" promovendo o uso de conhecimento externo. A colaboração entre empresas sempre existiu de uma forma ou outra, no entanto, inovação aberta em grande escala é agora o próximo passo para muitas empresas. O design aberto assume o acesso aberto, o compartilhar, a mudança, a aprendizagem, o conhecimento e habilidades em constante crescimento e evolução. É uma plataforma aberta e flexível, em vez de uma fechada (Hummels, 2011, p.164). Com os novos avanços tecnológicos, o conhecimento e a informação se convertem na base da economia e na principal força produtiva nesse momento da contemporaneidade. O conhecimento pode se expandir globalmente, organizar-se e fazer-se mais acessível a qualquer pessoa que possa estar interconectada; além disso, o conhecimento formal pode ser convertido em *bits*<sup>3</sup>, difundido a um custo baixo e ser materializado de novo.

"Todo conhecimento passível de formalização, pode ser abstraído de seu suporte material e humano, multiplicando quase sem custos na forma de software e utilizando ilimitadamente em máquinas que seguem um padrão universal" (Gorz, 2005, p.10).

Visando isso, Cabeza et al (2014) aponta que as tecnologias da informação e o conhecimento, a cultura do código aberto e o modo de produção "*Commons-based peer production*"<sup>4</sup> são os fundamentos que deram um novo enfoque à

---

<sup>3</sup> Bits x Átomo: conceito originado por Nicholas Negroponte, MIT Media Lab, que se refere a uma distinção entre software e hardware.

<sup>4</sup> Commons-based peer production é um sistema socioeconômico de produção que está emergindo

abertura da sociedade e origem ao movimento do software livre e do software de código aberto, cujas práticas foram espalhadas por muitos campos do conhecimento, não só os digitais, mas também os físicos e analógicos, permitindo as transformações tecnológicas, com a promessa de inverter a estrutura atual das ferramentas e criar novas formas de produção abertas aos usuários designers, fabricantes e comunidades, como alternativa ao modelo de desenvolvimento fechado e linear, atualmente em crise mas que continua a ser utilizado no sistema *Open Source*, como opção para aqueles que o procuram um modelo pronto.

A ideia sobre fábricas da Revolução Industrial está mudando. Segundo Anderson (2012, p. 14), assim como a *web*(internet) democratizou os *bits*, uma nova classe de tecnologias de “prototipagem rápida”, como impressoras 3D e cortadores a laser, está democratizando a inovação nos átomos<sup>3</sup>. Kolarevic (2003, p.46) afirma que a era digital reconfigurou radicalmente a relação entre concepção e produção, criando uma ligação direta entre o que pode ser concebido e o que pode ser construído. Os projetos de construção hoje em dia não nascem apenas digitalmente, mas também são realizados digitalmente por meio de processos de “*file-to-factory*”<sup>5</sup> de tecnologias por computador (CNC). O fato de que as geometrias complexas são descritas precisamente como curvas e superfícies que não são uniformes (*Non-Uniform Rational B-Splines - NURBS*) e, portanto, computacionalmente possíveis, também significa que sua construção é alcançável por meio de processos de fabricação CNC. Processos de produção baseados em ferramentas de corte, subtrativas, aditivas e formativas oferecem muitas oportunidades para a exploração tectônica de novas geometrias, tanto em pequena escala quanto em escala industrial.

Kolarevic (ACADIA, p.269, 2001) também aponta o corte CNC, ou fabricação 2D, como técnica de fabricação mais comumente usada. Existem, no entanto, grandes diferenças entre essas tecnologias nos tipos de materiais ou espessuras máximas que podem ser cortadas. Já as estratégias para produção

---

no ambiente de rede digital em forma eficaz para fornecer informações, conhecimentos ou bens culturais sem depender de hierarquias de preços ou gerenciais de mercado para coordenar seus negócios comuns. Benkler e Nissenbaum (2006).

<sup>5</sup> File-to-factory é usada para descrever a transferência direta de dados do arquivo CAD para a planta de fabricação CNC. Burry, (2012, p.55).

usadas na fabricação 2D geralmente incluem contorno, triangulação (ou tesselação poligonal), uso de superfícies reguláveis, desenvolvíveis e desdobramento. Todos eles envolvem a extração de componentes bidimensionais planares de superfícies geometricamente complexas ou sólidos que compreendem a forma do projeto. Qual dessas estratégias é usada depende do que está sendo definido tectonicamente: estrutura, envelope, uma combinação dos dois, etc. Depois que os componentes são fabricados digitalmente, a velocidade da sua montagem no local pode ser aumentada com a tecnologia digital. Onde modelos digitais tridimensionais podem ser usados para determinar a localização e movimentação de cada componente e, finalmente, para fixar cada componente em seu devido lugar.

Podemos indicar a possibilidade de estarmos às portas de um modo de produção livre, baseado nas práticas cooperativas, que, além de compartilhar conhecimento e informação, compartilham artefatos para usar, criar, modificar, aplicar às nossas próprias necessidades em seus próprios contextos socioculturais, garantindo a liberdade em uma nova “mistura”, integração ou miscigenação entre usuários, comunidades, fabricantes e designers. Uma nova era de inovação está surgindo, a fabricação digital e a possibilidade de emancipação do indivíduo diante do trabalho, em seu entorno físico, econômico, social, político e cultural (Anderson, 2012, p.17). O movimento de *Open Design* no Brasil está sustentado em um ecossistema de indivíduos, usuários, designers, fabricantes, fazedores ou comunidades frequentemente associados para produzir conteúdo cultural, conhecimento, hardware, software e outros tipos de informações, e, no caso do *Open Design*, produtos, sistemas e serviços que oferecem soluções a seus interesses particulares ou comunitários (CABEZA et al 2014).

Se, nos dez anos passados do século XXI, têm sido sobre a descoberta de novas formas de criar, inventar e trabalhar juntos na web, os próximos dez anos vão ser sobre como aplicar essas lições no mundo real (Anderson, 2012, p.17). Então, essa pesquisa pretende entender se a associação da customização com o *Open Design*, junto de tecnologias emergentes, permite produzir produtos que atendam melhor as necessidades dos usuários.

### 3. METODOLOGIA

Para o estudo e fabricação de um produto que representasse as necessidades dos usuários associada ao design aberto propõe-se a produção de uma cadeira de pequeno porte, ergonômica e funcional, com o uso do design aberto e customização, projetadas a partir de tecnologias de design auxiliado por computador (CAD) e fabricação de produtos assistida por computador (CAM), por meio da prototipagem rápida (CNC). Os procedimentos metodológicos serão divididos em três etapas, descritas a seguir:

A primeira é a formulação teórica que se embasa na revisão bibliográfica sobre o contexto e a criação do *Open Design* e os modelos de produção a partir da customização colaborativa, visando identificar os principais aspectos que diferenciam estes dos processos convencionais.

Partindo para a segunda etapa foi aplicado um questionário online entre usuários de produtos para medir a familiaridade dos consumidores com a customização colaborativa dividido em três opções: Design Fechado, Design Customizável e Design Colaborativo. Em cada opção foram abordados níveis diferentes de interação entre consumidor e o objeto de estudo, sendo o Design Fechado sem a participação dos consumidores no design, o Design denominado Customizável onde serão apresentadas medidas específicas para três possibilidades de padrões de uma cadeira chegando à última opção o Design Colaborativo, este o consumidor poderá fornecer informações que poderão ser usadas no desenvolvimento de novas gerações do produto. A partir das opções na pesquisa também serão abordados aspectos sociais e sobre a proximidade com os meios colaborativos presentes no dia-a-dia.

Assim, na última parte do processo, a criação da Cadeira SSV01. Produzida baseada nos dados recolhidos no questionário presente na etapa anterior. Essa etapa aborda simulações computacionais em programas como AutoCAD e SketchUp para produção dos desenhos técnicos que serão utilizados para a impressão de protótipos para testes e, em seguida, produção em sua escala real através de máquinas de corte CNC.

### 4. TESTES

Para desenvolver a Cadeira SSV, a primeira fase estabelecida foi a desconstrução da mesma. Alimentada pelas informações recolhidas no questionário

online, foram noventa respostas que resultaram em médias de altura, peso, idade e sexo para determinar medidas padrões (figura 02).



**Figura 02** - Peças Cadeira SSV feitas a partir de modelagem 3D.

Outro ponto abordado na pesquisa, em todas as opções, foi a indagação pelo conhecimento sobre o conceito de customização colaborativa, onde 50% (45 pessoas) conhecem seus ideais (figura 03).

### Customização Colaborativa

Tipos	Conhecem o conceito (%):
Design Fechado	55.26
Design Customizado	45.73
Customização Colaborativa	50
média:	50.33

**Figura 03** - Peças Cadeira SSV feitas a partir de modelagem 3D.

Para guiar o desenvolvimento do objeto de estudo, este foi dividido em três peças principais: moldura, assento e encosto (figura 04). Através de simulações computacionais pelo software AutoCAD, modelagem 2D, SketchUp, modelagem 3D, foi possível chegar nos primeiros moldes, estes feitos em protótipos através de uma máquina de corte a laser (figura 05).

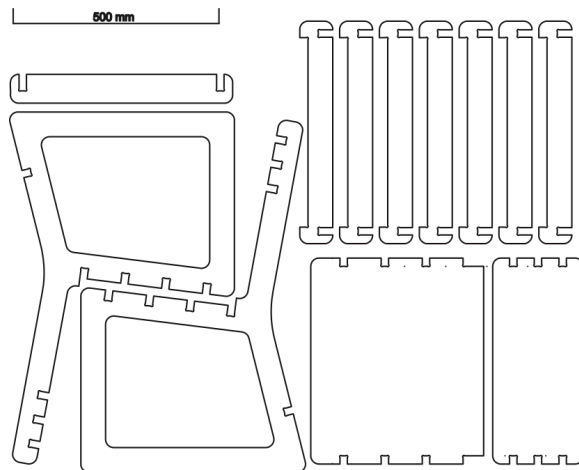


**Figura 04** - Peças Cadeira SSV feitas a partir de modelagem 3D.



**Figura 05** - Protótipo da Cadeira SSV feitas na máquina de corte a laser.

A produção do protótipo foi feita a partir da criação do material técnico do produto. As máquinas CNC seguem configurações pré-estabelecidas representadas em desenhos (figura 04), por isso a importância do protótipo para que tudo esteja dentro do esperado e possíveis erros reparados.



**Figura 06** - Peças Cadeira SSV preparadas para corte.

Com arquivo preparado para impressão, o desenho é sincronizado com a máquina a laser para criar seu plano de corte. Este que segue as linhas do desenho em uma ordem delimitada pelo sistema do software. As máquinas de corte a laser trabalham com a emissão de um feixe de laser gerado a partir da aplicação de pulsos de altíssima voltagem em uma mistura gasosa à base de CO<sub>2</sub>, que faz o corte por meio de combustão, derretimento ou sublimação. Cada material reage de forma diferente, o que afeta a qualidade das bordas e até a largura do corte propriamente dito. O processo tende a durar poucos minutos pois a espessura do material escolhido foi de 6mm. Quando completa a impressão, é possível fazer a separação das peças e fazer a montagem do protótipo (figura 05).



**Figura 07** - Protótipo da Cadeira SSV feitas na máquina de corte a laser.

Com o protótipo produzido, foi feito um teste de esforço utilizando cadeiras empilháveis, em escala real, uma por uma, como estimativas de quanto peso

seria o limite. Este teste não é considerado válido para determinar um valor exato de resistência, mas foi usado como inicial para que se tivesse um norte em relação a sua proporção e equilíbrio. A resposta foi positiva com o número de cadeiras, chegando a resistir ao número de seis no total. (figura 08 e 09).

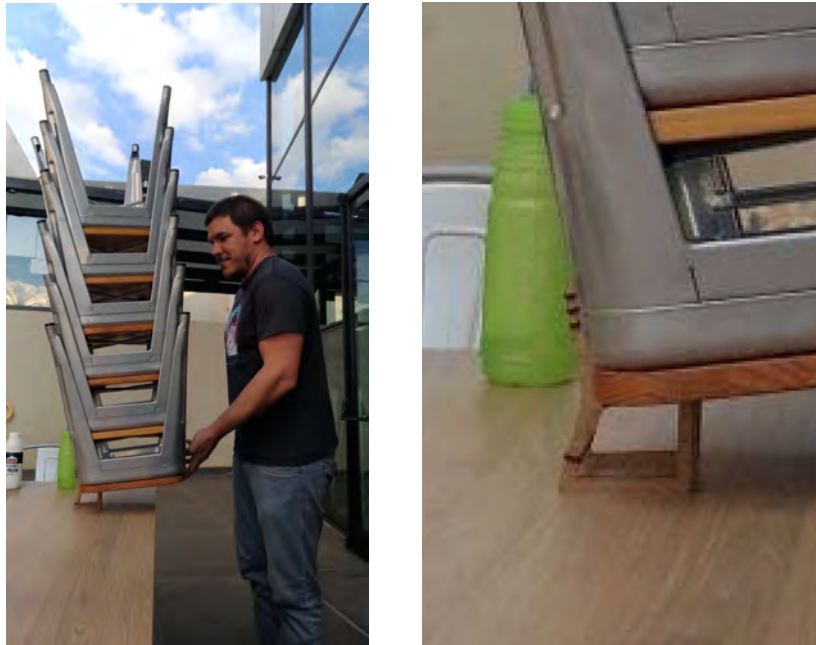


Figura 08 e Figura 09 - Teste de Resistência do Protótipo

A escolha de material foi baseada em Kolaravic (ACADIA, p.269, 2001) que explica que existem, no entanto, grandes diferenças entre essas tecnologias nos tipos de materiais ou espessuras máximas que podem ser cortadas. O compensado de 18mm foi considerado adequado para a impressão visto que sua espessura é aceita no corte da máquina CNC e possui uma resistência mínima. Como a escala e a espessura são diferentes do protótipo esse processo é mais prolongado.

Definidos os parâmetros parte o corte, a máquina CNC possui modelos de softwares parecidos com a laser, partindo do mesmo princípio de analisar o desenho importado para criar o mapa de corte (figura 10) delimitando o tempo de 03h30minutos para a conclusão do processo. Após o mapeamento de corte, a máquina inicia o processo seguindo o desenho enviado (figura 11).



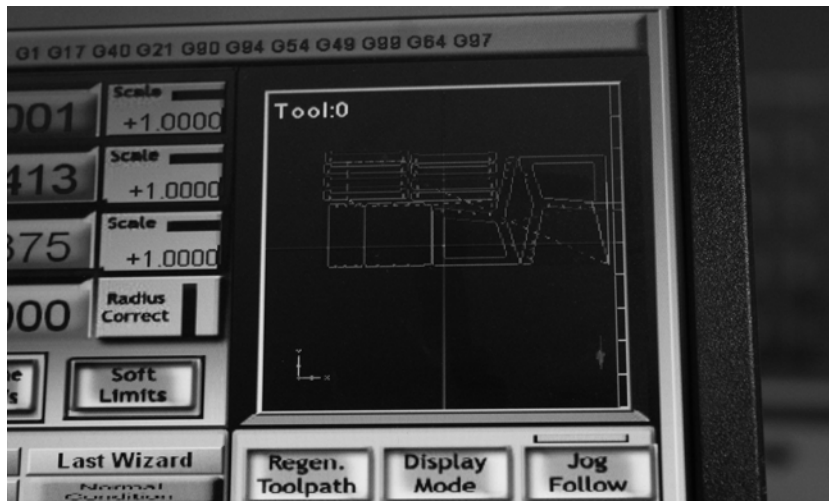


Figura 10 - Mapa de corte da máquina CNC.

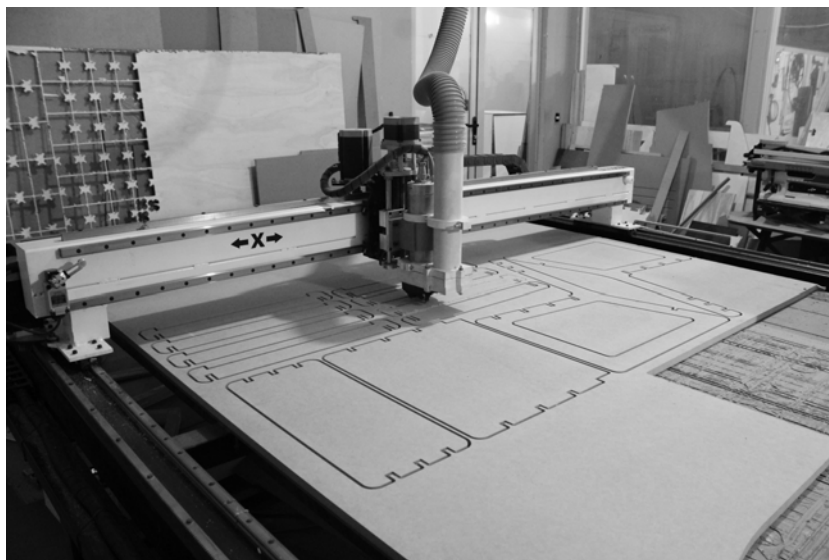


Figura 11 - Máquina CNC cortando primeiro protótipo em escala real

O primeiro contato com as peças impressas, em escala real, é no processo de lixamento do compensado para a retirada de qualquer resíduo que tenha ficado após a saída do material do maquinário. Essa etapa é importante para que o objeto de estudo, feito a partir de encaixes, e suas arestas estejam precisamente preparadas para suportar o sistema construtivo da cadeira (figura 12).



Figura 12 – Detalhe protótipo Cadeira SSV

Com o processo finalizado resta a última etapa, sua montagem (figura 13). Esta que por sua vez é intuitiva se apoiando no conceito da experiência de produto. A técnica da utilização de encaixes é comumente vista na sociedade como processos de desenvolvimento cognitivo para crianças, através de brinquedos como os de encaixe de formas geométricas, onde peças com formas delimitadas devem preencher o vazio com seus respectivos formatos.



Figura 13 – Protótipo da Cadeira SSV montado

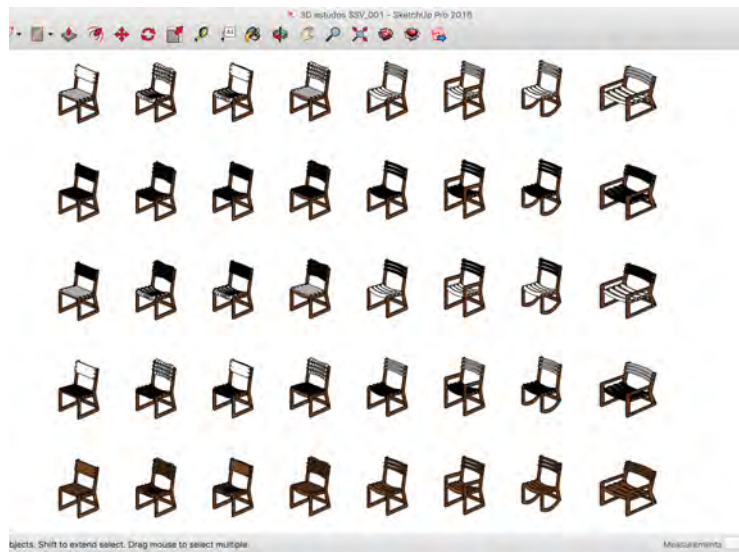
## 5. RESULTADOS

Como o processo foi embasado nos conceitos Open Source e do Open Design, o arquivo base será disponibilizado em uma plataforma online no site do escritório StudioVRM ([www.studiovr.com.br](http://www.studiovr.com.br)) em formatos fechado, em PDF, e aberto, em DWG, para ser compartilhado sem nenhum tipo de cadastro ou vínculo com os autores da primeira versão do objeto de estudo.

Como podemos observar por Mitchell e McCullough (1995) o plano não “gera mais” o design; seções possuem um valor analítico. Planos, repetições e simetrias perdem sua razão de ser passada como variabilidade infinita e se torna tão viável quanto modularidade e personalização em massa oferecendo alternativas à produção em massa. Integrando projeto, análise, fabricação e montagem de edifícios em torno de tecnologias digitais, arquitetos, engenheiros e construtores têm a oportunidade reinventar o papel de um “mestre construtor” e reintegrar o sistema, atualmente separado por disciplinas de arquitetura, engenharia e construção em uma colaboração digital relativamente perfeita superando “a lacuna entre projetar e produzir que abriu quando designers começaram a fazer desenhos”.

Durante todo o processo de criação design do objeto de estudo foram escolhidas outras três opções para cada peça e em seguida estabelecido cores, dando mais três opções (natural, preta e branca). Como cada parte da cadeira ganhou três possibilidades, gerando possibilidades para que se crie escolhas para o consumidor ter o poder de definir qual tipo e modelo será mais adequado para cada caso. O cálculo de possibilidades funciona de maneira fatorial, sendo que dentro das variações possíveis de cor e tipologia temos nove tipos de assento (três modelos x três cores), assim como no encosto. Isso cruzado com as três possíveis molduras, temos um número total de 243 possibilidades de cadeiras (figura 12).

Memória de Cálculo:  $[(3 \times 3) \times 9] \times 3 = 243$



**Figura 14** - Modelos parametrizados da Cadeira SSV, software SketchUp.

Utilizando novas tecnologias para produção do objeto de estudo, o processo foi preciso e satisfatório em sua primeira tentativa. É possível ver a importância da simulação à priori a produção reduzindo a chance de erros, no momento de produção e de design. Já com as peças separadas, a média de tempo de montagem sem instruções se estabeleceu em dez minutos, algo visto como positivo por incitar os instintos do consumidor. Com a cadeira montada, foi visto uma tendência a não resistir tão bem à movimentos laterais de torção, mas em um contexto global o objeto de estudo se comportou resistente para sua função suportando até 150kgs.

## 06. CONCLUSÃO

Em um design mediado digitalmente, como manifestada nos edifícios e projetos de Frank Gehry de a “vanguarda digital”, as práticas do passado de repente parecem irracionais. Modelos de design capazes de transformação consistente, contínua e dinâmica estão substituindo as normas estáticas dos sistemas convencionais e a fabricação digital é uma delas. Para se transformar um modelo vigente é preciso que haja empoderamento da sociedade onde o indivíduo tem suas ações controladas por si próprio e não por sistemas centralizados definidos por normas generalizadas. Busca-se entender a demanda do indivíduo contemporâneo, no contexto do mundo da informação, criando oportunidades para sua capacitação em relação aquilo que consome e não sua dependência do mesmo.

O procedimento foi considerado inclusivo para os consumidores e visto como positivo para o desenvolvimento do modelo em si. Outro fator positivo apontado foi a liberdade para alterar o arquivo original para se adequar melhor as necessidades individuais.

### REFERÊNCIAS

- KOLAREVIC, B; **“Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age”**, University of Pennsylvania, ACADIA, USA, 2001.
- KOLAREVIC, B; **“Architecture in the Digital Age”**, Spoon Press, 2003.
- ANDERSON, C; **“Makers: The New Industrial Revolution.”**, Randon House, EUA, 2012.
- NETO, W; ARAÚJO, A; CELANI, G. **“Modelagem paramétrica para o projeto e produção automatizados de uma peça de mobiliário: um exercício de aplicação”**, Universidade Federal de Campinas, BRASIL.
- CHUA, C. K. Leong K. F., **“Rapid Prototyping: Principles and Applications in Manufacturing.”** New York, USA. Wiley, 1997.
- FRAILE, M; **“El Nuevo Paradigma Contemporáneo. Del Diseño Paramétrico a la Morfogénesis Digital”**, Universidad de Buenos Aires, ARGENTINA.
- BONACCORSI, A; ROSSI, C; **“Comparing motivations of individual programmers and firms to take part in the Open Source movement. From community to business”**, Sant’Anna School Of Advanced Studies, Pisa, ITÁLIA.
- NICOLACI-DA-COSTA, A; **“Revoluções tecnológicas e Transformações Subjetivas”**, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, BRASIL, 2002.
- RAYNA, T; STRIUKOVA, L; **“Large-Scale Open Innovation: Open Source vs. Patent Pools”**, London Metropolitan University; University College London, U.K, 2010.
- CABEZA. E., MOURA, M. e ROSSI, D.: **“Design aberto: prática projetada para a transformação social.”**, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 2014.
- GORZ, A: **“O Imaterial: conhecimento, valor e capital,”**, Annablume, Brasil, 2005.
- SCHWAB, K: **“A Quarta Revolução Industrial”**, EDIPRO, 2016.
- SILVA. N.; AVIANI, F: **“O papel da Educação Digital na mudança de Para-**

- igma na Arquitetura Contemporânea: da padronização a customização em massa.**”, Universidade de Brasília, Brasil, 2016.
- HUMMELS, C: **“Teaching attitudes, skills, approaches, structure and tools, Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive”**, BIS Publishers, Holanda, 2011.
- DE MUL, J.: **“Redesigning design. Open Design Now: Why Design Cannot Remain Exclusive.”**, BIS Publishers, p. 34-39, Holanda, 2010.
- MITCHELL, W; McCULLOUGH M; **“Digital Design Media”**, John Wiley and Sons, 1995.
- BURRY, M: **“Models, prototypes and archetypes fresh dilemmas emerging from the ‘file to factory’ era”**, Bob Sheil (ed.), John Wiley and Sons, Reino Unido, 2012, p.55-74.
- BENKLER. Y., NISSENBAUM, H.: **“Commons-based Peer Production and Virtue.”**, YALE University, EUA, 2014.
- CHUA. C., Hong, H. and Ho, S.: **“Rapid Tooling Technology: A comparative study, the International Journal of Advanced Manufacturing Technology”**, Volume 15, Numero 8, 1999.
- BRIDGES, A; **“The Challenge of Constraints, A Discussion of Computer Applications in Architecture Design”**, University of Strathclyde, SCOTLAND, UK.
- STALLMAN, R: **“Free Software, Free Society”**, Free Software Foundation, EUA, 2010.
- ROSSI, D.C; NEVES, H.: **“Open Design: Uma experiência Aberta e Colaborativa para o ensino de Design”**. In: C CARRARA; D. ROSSI; J. Da SILVA; L. PASCHOARELLI; M.
- NAKATA; M. MOURA; O. RODRIGUES; S. BIGAL, S.; T. BARATA, **Ensaio em Design: ensino e produção de conhecimento**. 1 Ed, CANAL 6, Brasil, 2011.
- MILANI, V; **“Arquivo Base”**, STUDIOVRM, 2019. Disponível em: <http://www.studiovr.com.br> Acesso Novembro de 2019.
- FERREIRA, M; SILVA, Luiz Felipe Coutinho Ferreira da, **“Construção de Matrizes Táteis pelo Processo de Prototipagem Rápida”**, Instituto Militar de Engenharia - IME, BRASIL, 2010.
- AISH, R., WOODBURY, R., **“Multi-level Interaction in Parametric Design”**.

SmartGraphics, 5th International Symposium, SG2005, Lecture Notes in Computer Science 3638, Andreas Butz, Brian Fisher, Antonio Krüger and Patrick Oliver(eds). pp151-162. 2005.

WOODBURRY, R: “**Elements of Parametric Design**”, ROUTHEDGE, EUA, 2010.

### REFERENCIAL DE IMAGENS

**Figura 01\_** “Pilares da Quarta Revolução Industrial são desenvolvidos na base de novas tecnologias emergentes.”

Acesso em: 20 de julho de 2019. Disponível em: <https://xgb.com.br/o-que-e-industria-4-0-e-o-que-eu-tenho-ver-com-isso/>

**Figura 02\_** “Tabela com os dados retirados das fichas dos usuários participantes do questionário.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 03\_** “Média sobre a familiarização com o conceito de Customização Colaborativa entre Design Fechado, Customizado e Customização Colaborativa.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 04\_** “Peças Cadeira SSV feitas à partir das fichas dos usuários participantes do questionário.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 05\_** “Protótipo da Cadeira SSV feito em máquina de corte a laser.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 06\_** “Peças Cadeira SSV preparadas para corte em PDF.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 07\_** “Protótipo Cadeira SSV montado com peças cortadas em máquina a laser.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 08\_** “Teste de resistência do protótipo.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 09\_** “Teste de resistência do protótipo.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 10\_** “Mapa de corte, máquina CNC.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 11\_** “Máquina CNC cortando primeiro protótipo escala real..” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 12\_** “Detalhe Protótipo Cadeira SSV.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

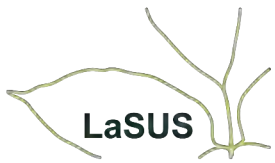
**Figura 13\_** “Protótipo da Cadeira SSV montado.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

**Figura 14\_** “Modelos parametrizados da Cadeira SSV, software SketchUp.” MILANI, V; Universidade de Brasília, 2019.

### AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos arquitetos Lucas de Sordi e Felipe Sanches por serem coautores em todo o processo de desenvolvimento do primeiro modelo da Cadeira SSV. Em seguida, ao professor Márcio Buson e João Pantoja por acompanharem o desenvolvimento teórico com ricas notas e visões diferenciadas em suas orientações durante toda a construção do trabalho. Ao programador Arthur Vargas por desenvolver o questionário online e o sistema para disponibilizar o modelo para todos. E claro, a Universidade de Brasília pela oportunidade para realizar a pesquisa sobre o tema abordado.





ISBN: 978-65-992384-4-4

**CRJ**

9 786599 238444

This block contains the book's ISBN, a barcode, the publisher's logo (CRJ), and the ISBN number repeated at the bottom.