



## A FABRICAÇÃO DIGITAL APLICADA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE *DESIGN* DE MOBILIÁRIO

### *DIGITAL FABRICATION APPLIED IN THE FURNITURE DESIGN DEVELOPMENT PROCESS*

ESPÍNDOLA, Mariel Selingardi<sup>1</sup>,  
ALVES, Gilfranco<sup>2</sup>

#### Resumo

Processos de transformação estão intrinsecamente ligados ao desenvolvimento de tecnologias e ao uso de máquinas, que otimizam a transformação de materiais em produtos. No decorrer dos anos, os modos de morar foram sendo adaptados, e os modelos de produção passaram por mudanças, avançando paralelamente com a ciência e a tecnologia. A partir de conceitos ligados à produção digital, o objetivo desta pesquisa é a elaboração de um guia de fabricação digital para mobiliários, que visa oferecer um manual para orientar os interessados neste processo a fabricarem digitalmente uma peça de mobiliário. Este método será definido através de um *workflow* que aborda o desenvolvimento de produtos desde a concepção, até as ferramentas, materiais e equipamentos disponíveis. São experimentadas algumas técnicas e processos de fabricação digital como a prototipagem, a partir do corte de peças com maquinário CNC, no sentido da customização em série. Busca-se, não somente guiar o processo de fabricação digital para mobiliários, mas também fomentar uma discussão maior acerca de processos digitais, para que seja possível aprimorar as técnicas aplicadas, e incorporá-las como procedimento de trabalho tanto profissional quanto acadêmico.

**Palavras-chave:** fabricação digital; *design* de mobiliário; prototipagem.

#### Abstract

Transformation processes are intrinsically linked to the development of technologies and the use of machinery, which optimize the transformation of materials into products. Over the years, living modes have been adapted, and production models have undergone changes, advancing in parallel with science and technology. Based on concepts related to digital production, The research aims to develop a digital manufacturing guide for furniture, which aims to provide a manual to guide those interested in this process to digitally manufacture a piece of furniture. This method will be defined through a workflow that addresses product development from conception to the available tools, materials, and equipment. Some techniques and processes of digital manufacturing are experimented, such as prototyping, through the cutting of pieces with CNC machinery, towards mass customization. The goal is not only to guide the digital manufacturing process for furniture but also to foster a broader discussion about digital processes, enabling the improvement of applied techniques and incorporate them as both professional and academic work procedures.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 0009-0005-5916-5752, mariel\_selingardi@ufms.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 0000-0002-7288-5173, gilfranco.alves@ufms.br

**Keywords:** digital fabrication; furniture design; prototyping.

## 1 Introdução

A marcenaria, arte exclusivamente responsável pela fabricação dos mobiliários antes do surgimento das indústrias, trata-se de uma das profissões mais antigas do mundo (Klosowski *et al.*, 2018 *apud* Caldas, 2021) e no início de sua atividade, acontecia de maneira artesanal, apresentando técnicas que se baseavam em habilidades manuais e ferramentas simples. Após 1840, o fim da Revolução Industrial marca a transição significativa da produção artesanal para a produção automatizada. O fordismo, sistema de produção desenvolvido por Henry Ford na indústria automobilística, desempenhou um importante papel na aceleração da produção industrial, caracterizada pela produção em série e padronização. Neste período, o *design* final dos produtos era “escravo da fabricação, ‘com a criatividade restrita por uma série de razões’, como moldagem e custos” (Lefteri, 2013, p.6).

Em um contexto contemporâneo, a transição da era industrial para a era digital encontra-se em pleno desenvolvimento, podendo até ser interpretada, conforme Orcioli (2012), como “a 3ª Revolução Industrial, baseada no digital”. Segundo Flusser (2017) *apud* Caldas e Torres (2022), trata-se de uma revolução digital que tem como principal característica a passagem de uma era de máquinas para uma era de robôs. Este novo modo de produção é fomentado pelos processos de fabricação digital, que permite que os indivíduos projetem e produzam objetos tangíveis sob demanda, quando e onde precisarem (Gershenfeld, 2012, p. 43 *apud* Mineiro e Magalhães, 2018).

Enquanto no fordismo, a fabricação dos objetos obedecia à *mass production* – produção em série, traduzidos em “princípios de padronização, repetição serial de elementos padronizados, pré-fabricação e montagem in loco” (Mitchell, 1999, *apud* Kolarevic, 2000b *apud* Canuto, 2016), no contexto atual, da era digital, emerge o termo *mass customization*, um paradigma pós-fordista de produção que afetou [...] diversos segmentos da economia (Canuto, 2016). Alguns críticos, de acordo com Orcioli (2012), apontam esse fenômeno como uma espécie de “artesanato digital”, diante do grande potencial em se produzir objetos únicos e personalizados.

Na prática da fabricação industrial, que se traduz na preparação de desenhos que serão interpretados por pedreiros ou carpinteiros, e posteriormente materializados em um canteiro de obras ou marcenaria (no foco desta pesquisa), o papel do arquiteto ou *designer* é diluído em um profissional que apenas prepara tais desenhos. Por outro lado, anteriormente, na fabricação artesanal, estes profissionais eram tidos como mestres,

produzindo suas peças diretamente *in loco*, participando ativamente da tomada de decisões no processo de desenvolvimento da peça. Já na era digital, o profissional assume um novo papel, o de gerar um GCode<sup>1</sup>, que alimenta o sistema de fabricação adotado, traduzindo dessa maneira, os elementos virtuais em reais, e retomando então, o papel de inventores das máquinas e mecanismos que irão concretizar suas ideias (Nan, 2015). Na Figura 1, adaptada de Rbfd<sup>2</sup>, 2023, faz-se uma comparação entre os métodos de fabricação artesanal, industrial e digital, em relação a alguns fatores como precisão, possibilidade de produção em série e simulação. Leite e Martins (2015) corroboram com o pensamento de que a fabricação digital se assemelha mais a fabricação artesanal do que a industrial, apesar da produção em série.

**Figura 1** - Tabela comparativa entre os métodos de produção artesanal, industrial e digital

|                     | PRECISÃO | PRODUÇÃO EM SÉRIE | TENTATIVA E ERRO | ADAPTABILIDADE | SIMULAÇÃO DA FABRICAÇÃO |
|---------------------|----------|-------------------|------------------|----------------|-------------------------|
| PRODUÇÃO ARTESANAL  | ✗        | ✗                 | ✓                | ✓              | ✗                       |
| PRODUÇÃO INDUSTRIAL | ✓        | ✓                 | ✗                | ✗              | ✗                       |
| PRODUÇÃO DIGITAL    | ✓        | ✓✗                | ✓                | ✓              | ✓                       |

Fonte: os autores, 2024, adaptado de Rbfd.

Estabelecida então uma relação entre os três processos de fabricação, este artigo, que parte de uma pesquisa de mestrado do programa de Pós Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, busca evidenciar as vantagens apresentadas pela fabricação digital, e experimentar na prática, através do desenvolvimento e prototipagem de uma estante (mobiliário aqui definido como objeto de estudo), o processo desse método de fabricação, suas etapas e aplicações. Com esse conteúdo sistematizado, será possível elaborar um *workflow* para desenvolvimento de peças de mobiliário, baseado na mediação digital.

Por se tratar de uma pesquisa de mestrado ainda em desenvolvimento, serão apresentados nesse artigo os resultados parciais obtidos na prototipagem e fabricação da estante, apresentando o *design* inicial da peça, seguido da parametrização de uma estante genérica, que despertou a necessidade, em uma próxima etapa, de parametrizar a estante pretendida de maneira completa, com todos seus componentes, para posterior análise das soluções geradas pelo computador. Depois disso, realizou-se a prototipagem de algumas

<sup>1</sup> Linguagem de programação usada para controlar máquinas CNC, traduzindo a partir dos *softwares*, comandos de movimento e operação para fabricação de peças.

<sup>2</sup> Aula do *workshop* - CNC aplicada à arquitetura e *design* - assistida pelos autores durante o *Digital Futures 2023*, uma plataforma independente e online para educação em arquitetura.

peças da estante na escala 1:25, em uma máquina CNC<sup>3</sup> corte à laser, seguida da prototipagem na escala 1:1 dessas mesmas peças, mas desta vez realizada em uma CNC router.

## 2 Revisão Bibliográfica

Na busca de mobiliários sob medida, existem alguns desafios como a adaptabilidade futura em imóveis alugados, o longo tempo de produção e montagem nas marcenarias tradicionais, além dos custos elevados devido ao desperdício de material e ao uso de maquinário variado. Diante desse contexto, busca-se criar uma peça multifuncional que atenda às necessidades dos usuários em diversas fases da vida e ofereça flexibilidade de montagem. Com base na revisão da literatura acerca da evolução do *design* de estantes e mobiliários fabricados digitalmente, como por exemplo o mobiliário da *Open Desk*, foram catalogados precedentes para o *design* inicial de uma estante flexível, que permitirá ao usuário a personalização de sua disposição ao longo do tempo. O produto também conta com uma peça para armazenamento de calçados e garrafas, e uma mesa multifuncional que pode ser fechada para atuar como prateleira ou aberta para a prática de diversas atividades.

Na fabricação de um mobiliário, é sempre necessário pensar na união entre as peças, que juntas compõem a estrutura do móvel. Marçal (2009) divide as técnicas de união em dois grandes grupos, sendo a primeira em junções ou encaixes feitos de madeira com madeira, diretamente, e a segunda em junções que utilizam ferragens ou dispositivos de união ou conexão. A fabricação digital possui tecnologia e precisão suficiente para produzir as peças de encaixe, mesmo as mais complexas, portanto, a estante foi articulada para ser montada sem parafusos, colas ou outros elementos de junção, sendo seus encaixes somente de madeira com madeira.

Quanto ao material a ser utilizado, Caldas (2021) afirma que as madeiras mais utilizadas para a fabricação de mobiliários são as chapas de madeira modificadas, como por exemplo o MDF (chapa de fibra de média densidade). Segundo Dalmolin (2016) *apud* Caldas (2021), “as chapas de compensado e MDF são os materiais mais usados para a fabricação digital, pois podem ser mais bem aproveitados, levando em consideração a técnica aplicada”. Deste modo, para a prototipagem e produção da estante, optou-se pelo MDF de 6mm e 15mm, sendo essa escolha influenciada pela disponibilidade, familiaridade e características favoráveis do material, como facilidade de montagem, ajustes e dispensa de fixadores tradicionais. Além disso, a empresa FACTOR, de Campo Grande, MS, que disponibilizou o maquinário para esta pesquisa, impactou nessa escolha diante da sua familiaridade com o material.

A tecnologia CAD<sup>4</sup> projeta peças, componentes ou produtos que, pela tecnologia CAM<sup>5</sup> são traduzidas em instruções, para que uma máquina CNC possa entender e executar a

---

<sup>3</sup> Computer Numerical Control, ou controle numérico computadorizado, tradução nossa.

tarefa programada. Tal processo pode ser compreendido como *file-to-factory*, do inglês, do arquivo à fábrica. Stacey (2004), e Fernandes e Feitosa (2015) *apud* Corrêa e Alves (2015), complementam que o arquivo é essencial para gerar as linhas de corte, camadas de impressão, e percursos de movimentação das máquinas. Tal processo corresponde a um processo de fabricação digital, em que produtos de uso final são projetados e produzidos digitalmente (Fonseca, 2016).

### 3 Desenvolvimento

Para o desenvolvimento inicial da estante, utilizamos a tecnologia CAD em um primeiro momento, em uma modelagem conceitual da peça, utilizando o *software Sketchup*, para visualização de sua materialidade e *design*. Cabe destacar que a escolha dos *softwares* se deu por conta do foco na fabricação digital, e não na parametrização, além da familiaridade dos autores com o programa. A Figura 2 apresenta os esboços iniciais da estante, com imagens renderizadas de seus possíveis usos, a partir dos componentes descritos anteriormente.

Figura 2 - Desenhos iniciais da estante



Fonte: autores, 2024.

Com o esboço da peça definido, ainda utilizando a tecnologia CAD, foi realizada a parametrização de uma estante genérica, para entender como este processo poderia auxiliar na fabricação final da peça, e em tomadas de decisões projetuais. Despertou-se então, em etapas futuras, a necessidade de se realizar a parametrização completa da estante idealizada e de seus componentes, que resultarão em novas combinações das peças, através da manipulação do *software Rhinoceros* e seu plugin *Grasshopper*. Dessa maneira, será possível evidenciar as geometrias derivadas de diferentes dimensões da estante, assim como verificar combinações e possibilidades de uso, de acordo com o posicionamento dos elementos como as prateleiras, por exemplo. Os dois momentos compõem a etapa de projeto da peça, e posteriormente, serão transformados em códigos, dessa vez utilizando-se da tecnologia CAM. É importante ressaltar que no processo desta pesquisa, a parametria atua com um caráter exploratório de soluções, visto que as inúmeras possibilidades geradas pelo computador podem ser alteradas e visualizadas de

<sup>4</sup> Computer Aided Design, ou projeto assistido por computador, tradução nossa.

<sup>5</sup> Computer Aided Manufacturing, ou produção assistida por computador, tradução nossa.

maneira rápida e fácil, onde apenas com a alteração dos parâmetros já é possível a visualização da nova geometria.

Para a etapa de prototipagem inicial, das peças em escala 1:25, foi utilizado o software *CorelDraw* com o *plugin Corel Laser*, para envio dos códigos para uma CNC corte à *laser*. Já na etapa final, foi utilizado o software *Artcam*, para envio dos códigos para uma CNC fresadora. Ambos os softwares irão gerar os códigos a serem lidos e interpretados pelas máquinas CNC, para que as peças sejam cortadas e depois montadas, completando assim o ciclo *file-to-factory* e uma das etapas da fabricação digital.

Em qualquer cenário, é essencial empregar o conhecimento previamente desenvolvido de maneira a auxiliar na resolução de problemas. Baseado nisso, a metodologia para o desenvolvimento da pesquisa no corpo teórico, mas principalmente no desenvolvimento do produto final do trabalho, baseou-se em conceitos da Cibernética, que

“É uma maneira de pensar, não uma coleção de fatos. Pensar envolve conceitos: formando-os e relacionando uns com os outros. Alguns dos conceitos que caracterizam a Cibernética têm sido, durante muito tempo, implícitos ou explícitos. A autorregulação e o controle, a autonomia e a comunicação, por exemplo, certamente não são novas em linguagem comum, mas não se configuram como termos centrais em qualquer ciência.” (von Glasersfeld, 1992. p.1. *apud* Di Stasi, e Pratschke, 2018, p.125).

De acordo com Alves e Nojimoto (2011), a Cibernética “não inquire o que é esta coisa?”, mas sim “o que ela faz?”. Utilizando estes conceitos, a pesquisa busca entender os processos de fabricação digital apoiando-se na Cibernética, conforme definida por Wiener (1894-1964), na década de 1940, como um campo do conhecimento que “trata da observação dos sistemas, tendo como um de seus conceitos centrais a circularidade (também chamada de retroalimentação ou *feedback loop*)” (Alves e Nojimoto, 2011).

Portanto, a metodologia utilizada parte de conceitos abordados tanto no corpo teórico da pesquisa, considerando-se que a revisão bibliográfica acerca da literatura existente permitiu uma análise de como os processos de fabricação aconteceram, e desta maneira norteiam o desenvolvimento do projeto e da prototipagem da peça objeto de estudo da pesquisa. Um estudo direciona o outro, de maneira que a todo momento, novos *insights* surgem, tanto para que se possa compreender melhor os processos tanto para embasar de maneira mais assertiva os próximos passos da pesquisa.

Tendo início com a modelagem do conceito da estante em ambiente virtual, passando pela parametrização de seus elementos, cada uma dessas etapas gera dados que são cruciais tanto para as etapas seguintes, quanto para revisar as etapas anteriores, enriquecendo o conteúdo da pesquisa, e desta forma, aplicando o conceito do *feedback looping* em todo o processo. Por fim, tal conceito foi novamente aplicado na etapa da prototipagem, imprescindível a um processo de fabricação digital, pois revela dados e

situações que só podem ser percebidas a partir da experimentação prática, e que são cruciais para o desenvolvimento das decisões de projeto e ajustes necessários nos passos anteriores, que implicarão diretamente na qualidade do produto final.

#### 4 Resultados parciais

Como relatado anteriormente, este artigo faz parte de uma pesquisa de mestrado que se encontra em desenvolvimento. Sendo assim, serão demonstrados os resultados obtidos através da prototipagem inicial de algumas peças selecionadas, com o objetivo de testar seu comportamento, assim como visualizar a interação de uma peça com a outra, e também analisar o teste de alguns encaixes. As peças selecionadas para essa etapa (Figura 3) foram os encaixes da estrutura da estante, com recortes das duas peças laterais, do suporte das prateleiras e as cavilhas, e também a peça de giro da mesa, que atua como uma dobradiça.

**Figura 3** - Desenho em 3D das peças selecionadas para prototipagem



Fonte: autores, 2024

Para essa etapa inicial, as peças foram cortadas na escala 1:25 e foram utilizadas chapas de MDF 6mm, uma CNC corte à laser da marca VISUTEC, modelo VS9060AL, com 80w de potência e área de corte de 90x60 centímetros. Já prevendo alguns problemas futuros, na etapa do corte na fresadora, alteramos as dimensões da peça da estrutura, pois as laterais estavam muito estreitas, podendo ocasionar a ruptura do material no momento da usinagem, e mesmo que não ocorra a ruptura, a estrutura ficaria muito frágil. Além disso, a menor fresa disponível para utilização na próxima etapa tem 3,175mm, tornando impossível o corte no espaço interno de 5mm, pois com ângulo de 90°, a geometria ficaria redonda, e não quadrada. Sendo assim, redesenhamos a peça para corte a laser, para já realizar o protótipo com as medidas corretas, deixando 15mm livre de cada lado do furo da cavilha, assim como o espaço da cavilha e a cavilha em si, também com 15mm.

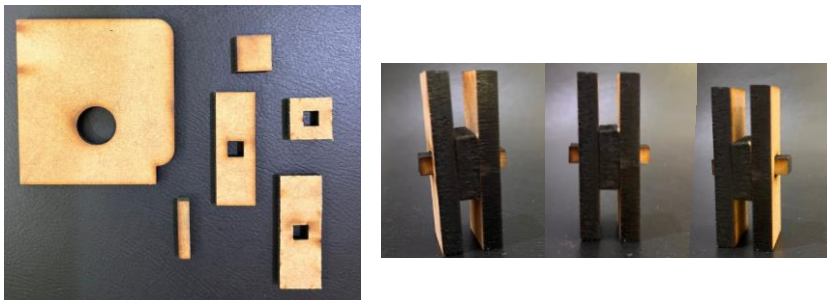
Após desenhar as peças no *Sketchup*, o arquivo foi transferido para o *Rhinoceros*, onde o comando *make2d* converteu os objetos 3D em polígonos 2D. As peças foram organizadas lado a lado para otimizar o corte, aproveitando a precisão da cortadora a laser. A ordem de corte foi determinada pelos *layers* de cada linha, e o arquivo foi exportado para o Corel em formato *.dxf*. Por fim, foram configurados os parâmetros de

corde, como velocidade e potência, e após uma visualização prévia, o Gcode foi enviado para a máquina para dar início ao corte da chapa.

Para o primeiro corte, foi definida uma velocidade de 7mm por segundo, com 75w de potência, começando pelo topo da chapa. Depois de 83 segundos, a máquina não conseguiu cortar as peças na primeira tentativa, porém, após ajustes para uma velocidade mais lenta, de 10mm por segundo e 60w de potência, a máquina conseguiu cortar eficientemente. Um erro no plano de corte exigiu que uma das peças fosse cortada novamente, mas isso permitiu a validação dos ajustes de potência e velocidade. Por fim, o último corte, realizado a 6mm por segundo e 80w de potência, foi bem-sucedido em apenas 19 segundos.

A Figura 4 mostra os resultados dessas primeiras peças. O teste revelou o comportamento dos encaixes, mesmo que de maneira prévia, dado que, como o laser consome 0.02 de material, se a peça final fosse cortada à *laser*, essa perda teria que ser considerada, visto que o encaixe funciona, mas não fica preciso o suficiente para oferecer a resistência necessária.

**Figura 4** - Peças cortadas à laser, na escala 1:25



Fonte: autores, 2024

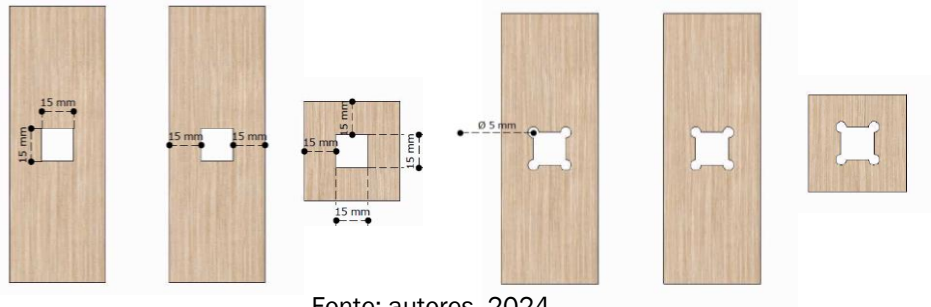
Da mesma maneira, as peças de encaixe que exigem desbaste não puderam ser prototipadas na cortadora a *laser*, pois esse maquinário não realiza esse tipo de trabalho. Essas etapas, resistências e barreiras encontradas reforçam o pensamento de Orcioli e Baquero, 2014, que dizem que o modo de pensar e modo de fazer o objeto devem ser pensados de maneira intrínseca, para que o resultado final da peça seja o melhor possível.

Após cortar as peças em escala 1:25, avançamos para os protótipos em escala real, 1:1, utilizando compensado de 15mm de madeira amescla e uma CNC fresadora. Este passo permitiu avaliar a resistência das peças, especialmente nas laterais do corte da cavilha, e a visualização da sua materialidade em tamanho real. Foi utilizada uma CNC fresadora da marca Goiás, com motor *spindle* de 5cv e área de corte de 2x3 metros, que possui um computador de bordo integrado, dispensando a necessidade de um computador externo. O arquivo do plano de corte, gerado a partir do mesmo modelo 3D usado para a cortadora a *laser*, foi convertido em formato GCode para ser interpretado pela máquina.

A fresadora possui diversas fresas para cortar e desbastar materiais de diferentes espessuras, exigindo configurações específicas para cada tipo de fresa. Um segundo ajuste no desenho das peças foi necessário devido aos ângulos de 90° no interior dos recortes,

que causavam imperfeições nos cantos das peças devido ao diâmetro da fresa, uma vez que os ângulos são retos e a fresa é redonda. Para corrigir isso, pequenos círculos de 5,00mm de diâmetro (maiores que a fresa de 3,175mm) foram adicionados aos ângulos internos de 90°, proporcionando cortes mais precisos e encaixes mais exatos, conforme a Figura 5.

**Figura 5** - Peças redesenhadas, com suas respectivas dimensões



Fonte: autores, 2024

Após o redesenho de acordo com as particularidades da máquina, o arquivo foi exportado para o software *Artcam* em formato *.dwf*. Configurações como o tamanho da chapa (23x50 cm) e de *nesting*<sup>6</sup> foram ajustadas para otimizar o corte. A ordem de corte foi determinada realinhando o agrupamento das linhas e configurando a direção da fresa, considerando parâmetros como diâmetro, profundidade e velocidade de rotação da ferramenta. Isso permite que o computador leia, interprete e execute o corte de acordo com as especificações da máquina e da ferramenta utilizada.

Após o primeiro corte, a peça de giro teve que ser cortada novamente, pois não foi considerada a espessura do material, e dessa forma, o encaixe não funcionou, pois, a peça interna estava com dimensões maiores do que o círculo. De início, esse erro foi atribuído à máquina, mas depois de cortar novamente outra peça, desta vez nas dimensões corretas, notou-se que os cantos deveriam ser descontados, e seria necessário descontar 0,05mm a mais, para que o encaixe ficasse mais confortável, conforme mostra a Figura 6.

**Figura 6** - Peças cortadas com suas respectivas medidas internas



Fonte: Autores, 2024

<sup>6</sup> Ajuste e otimização das peças a serem contadas em um plano de corte das chapas.

As demais peças foram cortadas corretamente, com todos os encaixes apresentando um bom funcionamento, e a estabilidade da lateral da peça que recebe a cavilha também se demonstrou satisfatória, sem instabilidade. São necessários pequenos aprimoramentos para as próximas etapas, como por exemplo lixar um pouco as laterais cortadas, para que o encaixe aconteça mais confortavelmente. A materialidade das peças também se mostrou eficaz, tanto em relação ao *design* quanto à estabilidade da peça depois de montada.

**Figura 7** - Peças cortadas na CNC fresadora, na escala 1:1



Fonte: autores, 2024

A Figura 7 mostra as peças recortadas, em sua etapa final, já em escala 1:1, e também já montadas e encaixadas uma na outra, com a dinâmica das peças acontecendo de maneira satisfatória, principalmente em relação à peça de giro da mesa de apoio.

## 5 Conclusão

Nas etapas realizadas até o presente momento, já é possível elencar algumas vantagens da fabricação digital em relação aos processos tradicionais de marcenaria, como por exemplo a otimização na quantidade de material utilizado, e também na geração de resíduos. Além disso, com apenas uma máquina, é possível elaborar uma infinidade de produtos, o que também diminui os custos, que são cobrados em cima do valor da hora de corte dessas máquinas. Tal prática torna o processo mais transparente, visto que o *designer* consegue quantificar o que está sendo produzido e pago. Ademais, as peças são produzidas digitalmente e enviadas para o computador pelo processo *file-to-factory*, fazendo com que os erros sejam minimizados, assim como o *design* das peças, que foi pensado de maneira a facilitar a montagem, tornando-a mais intuitiva. Assim, a própria representação do projeto torna-se um signo mais evoluído em direção ao produto final a ser produzido.

A prototipagem das peças realizadas até o presente momento corroborou com alguns objetivos expostos, assim como a experimentação na prática de algumas técnicas como o *nesting* e a parametrização. Com todo esse conteúdo sistematizado, será possível a elaboração do *workflow* para o desenvolvimento de outras peças de mobiliário, e também de outros tipos de produto fabricado através da fabricação digital, para que sejam fomentadas discussões ainda maiores acerca do assunto.

Ao assumir que o erro é bem-vindo, na medida em que cada protótipo avança em relação ao *design* anterior, a prototipagem demonstra sua importância neste processo, e os *feedbacks* gerados a cada etapa demonstram como e sob quais aspectos elas devem ser analisadas, facilitando e guiando a experiência de futuros usuários. Além disso,

destaca-se também o papel das ferramentas e equipamentos, sendo o conhecimento de cada um deles imprescindível para a boa execução do produto desejado. Catalogar esse maquinário, suas características e configurações, de acordo com seus usos e especificidades garantirá um caminho mais fluido aos usuários, já direcionando a fabricação de determinadas peças ao maquinário mais adequado, facilitando o processo de trabalho. Da mesma forma, catalogar os *softwares* disponíveis no mercado também pode auxiliar o usuário em escolhas assertivas, tanto na etapa de concepção do *design* quanto no envio dos arquivos do computador à máquina, fechando o ciclo *file-to-factory*.

Por fim, enfatiza-se a parametria como passo fundamental neste processo, mesmo que atue, como no caso desta pesquisa, como uma ferramenta exploratória. Ao configurar e inserir parâmetros, o computador pode apresentar aos usuários diferentes combinações e soluções, apenas pelo controle de *inputs*, com a geometria já sendo revelada, sem que seja necessário desenhar ou até mesmo combinar esses componentes. Assim como o *nesting*, que oferece as melhores soluções para o bom aproveitamento do material que irá ser utilizado, sem que seja necessário organizar o plano de corte manualmente, acelerando o processo de trabalho.

Espera-se ao fim deste processo, coletar dados e percepções, que serão o fundamento para a criação de um guia prático, intuitivo, e planejado como uma ferramenta acessível e direcionada a um público de interessados em produzir mobiliário a partir da fabricação digital.

### **Agradecimentos**

À Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), ao Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade (PPGEES), ao grupo de pesquisa algo+ritmo UFMS, a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) e a CAPES.

### **Referências**

- ALVES, Gilfranco Medeiros; NOJIMOTO, Cynthia. **Strings Pavilion: o processo de design**. VIRUS, São Carlos, n. 6, dezembro 2011. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus06/?sec=6&item=2&lang=pt>. Acesso em: 15 out 2023.
- CALDAS, Daniel Trindade. **Relações e diferenças no desenvolvimento de mobiliários por intermédio de técnicas digitais e tradicionais de marcenaria**. 2021. 160 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós-Graduação em Design, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.
- CALDAS, Daniel Trindade; TORRES, Pablo Marcel de Arruda. **Estudo de caso de um mobiliário produzido por meio das técnicas de fabricação digital**. Projética, Londrina, v. 13, n. 2, p. 42-60, 2022. DOI: 10.5433/2236-2207.2022v13n2p42
- CANUTO, Robson. **Mass Customization**. In: 101 CONCEITOS DE ARQUITETURA E URBANISMO NA ERA DIGITAL. São Paulo, 2016. p. 134. 1a Edição. Ed. ProBooks. ISBN: 978-85-61453-53-4

CORRÊA, Natália de Andrade; ALVES, Gilfranco Medeiros. **From Parametric Design to Contour Crafting Technics: A Lab for Algo+Ritmo, a Brazilian Research Group.** p. 336. In: Congresso SIGraDi 2020. São Paulo: Blucher, 2020. p.334-341. ISSN 2318-6968. DOI: 10.5151/sigradi2020-46.

DI STASI, Mariah Guimarães e PRATSCHKE, Anja. **Cibernética: metodologia para o processo de projeto responsável.** 2018, Anais. Florianópolis: UFSC/VIRTUHAB, 2018. p. 123-134. Disponível em: <http://ensu2018.paginas.ufsc.br/files/2018/04/ANAIS-ENSUS-2018-Volume-III.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.

FONSECA, Juliane. **File-to-Factory.** In: 101 CONCEITOS DE ARQUITETURA E URBANISMO NA ERA DIGITAL. São Paulo, 2016. p. 100. 1a Edição. Ed. ProBooks. ISBN: 978-85-61453-53-4

LEFTERI, Chris. **Como se faz: 92 técnicas de fabricação para design de produtos.** São Paulo: Blucher, 2013.

LEITE, Denivaldo Pereira; MARTINS, Júlia Tenuta. **Processos projetuais emergentes: A utilização de Design Digital e Prototipagem Rápida aplicados em Extensão Universitária.** In: Anais do XIX Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital-SiGraDI. Blucher Design Proceedings, v. 2, n. 3, p. 558-563, 2015.

MARÇAL, Ricardo Farinha. **Mobiliário em kit, o design embalado.** 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design Industrial, Faculdade de Engenharia do Porto, Cidade do Porto, Portugal.

MINEIRO, Érico; MAGALHÃES, Claudio. **Da Fabricação Digital para o Design: propriedades emergentes e implicações.** p. 4801-4813. In: Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo: Blucher, 2019. ISSN 2318-6968. DOI 10.5151/ped2018-6.1\_ACO\_02

MORAIS, Vinícius. **CNC – Computer Numering Control.** In: 101 CONCEITOS DE ARQUITETURA E URBANISMO NA ERA DIGITAL. São Paulo, 2016. p. 66. 1a Edição. Ed. ProBooks. ISBN: 978-85-61453-53-4

NAN, Cristina. **A New Machinecraft: A critical evolution of Architectural Robots.** 16th International Caad Futures Conference, São Paulo: Springer Book, 2015. p. 422-438.

ORCIUOLI, Affonso. **Marcenaria Digital: design e fabricação sustentável.** 2012. In: SIGraDi 2012 [Proceedings of the 16th Iberoamerican Congress of Digital Graphics]. Fortaleza, 13-16 Nov 2012, pp. 653-656. Disponível em: [papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2012\\_104.content.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2012_104.content.pdf)

ORCIUOLI, Affonso; BAQUERO, Pablo. **Teaching strategies for digital fabrication.** p. 345-349. In: Anais do Sigradi 2014. São Paulo: Blucher Design Proceedings, 2014, v. 1, n. 8. DOI: <https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/sigradi2014/0069.pdf>

Rbfd - Rede Brasileira de Fabricação Digital. **AULA 01 - CNC aplicada ao design e arquitetura.** YouTube, 22 julho 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ya3qEu00Aps>.