UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade

Marcos Vinicius Vieira

OPEN SOURCE DESIGN COMO FERRAMENTA DA DEMOCRATIZAÇÃO DA ARQUITETURA E DO DESIGN

Belo Horizonte
2024

Marcos Vinicius Vieira

OPEN SOURCE DESIGN COMO FERRAMENTA DA DEMOCRATIZAÇÃO DA ARQUITETURA E DO DESIGN

Monografia de Especialização apresentada ao programa de Pós Graduação em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Especialista.

Área de concentração: Sustentabilidade

Orientador: Cynara Fiedler Bremer
Co-orientador: Géferson Diogo de Oliveira

Belo Horizonte
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

V658o Vieira, Marcos Vinicius.
Open Source Design como ferramenta da democratização da Arquitetura e do Design [recurso eletrônico] / Marcos Vinicius Vieira. - 2024.
1 recurso eletrônico (88 f. : il), pdf.

Orientadora: Cynara Fiedler Bremer.
Co-orientador: Géferson Diogo de Oliveira.
Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Arquitetura e tecnologias. 2. Democratização na educação. 3. Desenho industrial. 4. Sustentabilidade. I. Bremer, Cynara Fieldler. II. Oliveira, Géferson Diogo de. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. IV. Título.

CDD 720.105

Ficha catalográfica elaborada por Ana Maria Pinheiro Lima - CRB 6/2635.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - UFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823
FAX (031) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DO ALUNO MARCOS VINÍCIUS VIEIRA, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS

Às nove horas e vinte minutos do dia dez de outubro de 2024, reuniu-se remotamente, por meio da plataforma *Google Meet*, a comissão examinadora composta pela professora Dra. Cynara Fiedler Bremer (orientadora-presidente), pelo Professor Doutor Géferson Diogo de Oliveira (coorientador), pela Professora Doutora Maria Luiza de Almeida Cunha Castro (EA-UFMG) e pela Professora Doutora Danielle Meireles de Oliveira (EE-UFMG), designados pela comissão coordenadora do curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos para avaliação da monografia intitulada "*Open Source Design* como ferramenta da democratização da Arquitetura e do Design", de autoria do aluno Marcos Vinícius Vieira, como requisito final para obtenção do certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu pela sua aprovação, atribuindo-lhe a nota 100 (cem) e ressaltando que a mesma deverá ser ajustada conforme as orientações da comissão examinadora em um prazo máximo de 30 dias, atendendo, assim, às exigências para a obtenção do certificado de conclusão do curso. A comissão recomenda também que seja encaminhado um exemplar da monografia para a Biblioteca da Escola de Arquitetura. Às dez horas e cinquenta minutos a presidente deu por encerrada a reunião. Belo Horizonte, 10 de outubro de 2024.

Professora Doutora Cynara Fiedler Bremer
Orientadora

Professor Doutor Géferson Diogo de Oliveira
Coorientador

Professora Doutora Maria Luiza de Almeida Cunha Castro
EA-UFMG

Professora Doutora Danielle Meireles de Oliveira
EE-UFMG

Marcos Vinicius Vieira

OPEN SOURCE DESIGN COMO FERRAMENTA DA DEMOCRATIZAÇÃO DA ARQUITETURA E DO DESIGN

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado ao programa de Pós Graduação em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito à obtenção do título de Especialista.

Data 10/10/2024 APROVADO (X) REPROVADO ( )

Banca Examinadora

Professora Cynara Fiedler Bremer, Doutora em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Professora Danielle Meireles de Oliveira, Doutora em Engenharia de Estruturas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Professor Géferson Diogo de Oliveira, Doutor em Ciências da Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Professora Maria Luiza Almeida Cunha de Castro, Doutora em Ciencias Socioambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à vida, com sua sabedoria imprevisível, que me ensinou a enxergar sentido no caos e a encontrar força nas adversidades. Às lições silenciosas que me moldam, à presença invisível que guia meus passos mesmo nas incertezas, e aos silêncios que dizem mais do que palavras. Que este trabalho seja um reflexo dessa caminhada, um tributo ao aprendizado constante e ao propósito maior que se revela suavemente ao longo da jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores pela paciência, pelas longas conversas e por me nortear sempre que me perdia. Sua dedicação foi importante para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos meus pais pelo apoio incondicional, por acreditarem em mim e por estarem sempre ao meu lado.

“Technology is a gift of God. After the gift of life it is perhaps the greatest of God’s gifts. It is the mother of civilizations, of arts and of sciences.”

FREEMAN DYSON

RESUMO

Este trabalho analisa as interlocuções do *Open Source Design* como meio de democratização da arquitetura e do design. Desenvolve uma revisão bibliográfica e uma análise dos conceitos e maquinários inerentes à fabricação digital. Apresenta as relações entre a fabricação digital e o ensino de arquitetura e design no contexto de um *Fab Lab*. O estudo demonstra como o tema aborda não apenas questões de equidade e inclusão, mas também inovação, sustentabilidade e autonomia, de forma mais alinhada às necessidades das diversas comunidades. Por fim, é realizado um estudo prático no qual uma poltrona é projetada, prototipada e executada por meio de corte *CNC Router*, com o registro completo do processo de projeto, prototipagem e execução, tendo como foco a análise desses processos. Conclui-se que o *Open Source Design* tem o potencial de promover, de fato, a arquitetura e o design.

Palavras-chave:

open source design; democratização; arquitetura; design; fabricação digital

ABSTRACT

This paper analyzes the intersections of Open Source Design as a means to democratize architecture and design. It conducts a literature review and an analysis of the concepts and machinery inherent to digital fabrication. It presents the relationships between digital fabrication and the teaching of architecture and design in the context of a Fab Lab. The study demonstrates how the topic addresses not only issues of equity and inclusion but also innovation, sustainability, and autonomy, aligning more closely with the needs of diverse communities. Finally, a practical study is conducted in which a chair is designed, prototyped, and produced using a CNC Router, with a complete record of the design, prototyping, and execution processes, focusing on the analysis of these processes. The conclusion is that Open Source Design has the potential to effectively promote architecture and design.

Keywords:

open source design; democratization; architecture; design; digital fabrication

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama da lógica de mercado tradicional..... 18
Figura 2 - Diagrama da lógica de mercado Open Source Design..... 19
Figura 3 - Diagrama descentralização da indústria..... 19
Figura 4 - Diagrama de colaboração entre designers e makers.....20
Figura 5 - Diagrama pensar global e produzir localmente.....21
Figura 7 - Ilustração aprendizado de máquina..... 26
Figura 8 - Diagrama Interoperabilidade..... 27
Figura 9 - Máquina de corte a laser CO2.....30
Figura 10 - Diagrama do tubo laser CO2.....30
Figura 11 - Tubo laser CO2.....31
Figura 12 - Diagrama do corte a laser CO2.....31
Figura 13 - Diagrama tipos de acabamento do corte a laser.....32
Figura 14 - Máquina CNC Router..... 33
Figura 15 - Diagrama Máquina CNC Router.....33
Figura 16 - Tipos de corte CNC..... 34
Figura 17 - Tipos de fresas..... 34
Figura 18- Problema do corte por meio de fresa..... 36
Figura 19 - Máquina de Corte por Jato de Água.....37
Figura 20 - Impressora 3d - Bambu Lab A1.....38
Figura 21 - Meet Vulcan.....38
Figura 22 - Cadeira Valovi..... 43
Figura 23 - Fabricação Cadeira Valovi.....43
Figura 24 - Protótipo Cadeira Valovi..... 44
Figura 25 - Modelagem do primeiro teste..... 48
Figura 26 - Plano de corte do primeiro teste.....49
Figura 27 - Interface RDWorks..... 50
Figura 28 - Corte do primeiro teste..... 50
Figura 29 - Zoom corte do primeiro teste.....51
Figura 30 - Maquete do primeiro teste.....52
Figura 31 - Modelagem do segundo teste..... 53
Figura 32 - Plano de corte do segundo teste.....53
Figura 33 - Poltrona Nicho, maquete do segundo teste..... 54
Figura 34 - Máquina 1325L.....56
Figura 36 - Fresa topo reto ⅛ corte 22 mm..... 57
Figura 37 - Pinça ER20 ⅛.....57
Figura 38 - Conjunto eixo Z CNC 1325L.....58
Figura 39 - CNC 1325L em operação.....58
Figura 40 - Diagrama de corte..... 60
Figura 41 - Plano de corte Poltrona Ninho.....60

Figura 42 - Plano de corte 1..... 61
Figura 43 - Detalhe “dogbones”..... 62
Figura 44 - Interface ArtCAM 2008..... 62
Figura 45 - Simulação no NCStudio do plano de corte 1.....63
Figura 46 - Plano de corte 2..... 64
Figura 47 - Simulação no NCStudio do plano de corte 2.....64
Figura 48 - Plano de corte 3..... 65
Figura 49 - Simulação no NCStudio do plano de corte 3.....65
Figura 50 - Resultado poltrona Ninho..... 68
Figura 51 - Perspectiva poltrona Ninho..... 68
Figura 52 - Zoom poltrona Ninho..... 69
Figura 53 - Interface do SketchChair..... 71
Figura 54 -Menus do SketchChair..... 72
Figura 55 - Menu File do SketchChair..... 72
Figura 56 -Menu Edit do SketchChair.....73
Figura 57 -Menu Tools do SketchChair.....73
Figura 58 - Menu Layer do SketchChair..... 74
Figura 59 - Menu Physics do SketchChair.....75
Figura 60 - Menu Mode do SketchChair..... 76
Figura 61 - Menu View do SketchChair..... 76
Figura 62 - Menu Help do SketchChair.....77
Figura 63 - Conjunto de ferramentas do SketchChair..... 78
Figura 64 - Tools do SketchChair.....78
Figura 65 - Layer do SketchChair..... 79
Figura 66- Slices do SketchChair..... 79
Figura 67 - Aba Make it SketchChair..... 81
Figura 68 - Ferramentas da Aba Make it SketchChair.....82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de corte a laser.....50
Tabela 2 - Parâmetros de corte CNC.....55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resultado dos cortes..... 66
Quadro 2 - Etapas de montagem.....67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAB LAB - Fabrication Laboratory

MIT - Massachusetts Institute of Technology

CNC - Controle Numérico Computadorizado

FSF - Free Software Foundation

PCB - Placas de Circuito Impresso

DIY - Do It Yourself

SMIT - Secretaria Municipal de Inovação e Tecnologia

PMSP - Prefeitura Municipal de São Paulo

ITS - Instituto de Tecnologia Social

IoT- Internet das Coisa

IA - Inteligência artificial

IFC - Industry Foundation Classes

BIM - Building Information Modeling

ML - Machine Learning

HSS - High Speed Steel

TIN - Nitreto De Titânio

TIALN - Carboneto De Titânio-Alumínio

FDM - Fused Deposition Modeling

CAM - Computer-Aided Manufacturing

CAD - Computer Aided-Design

MDF - Medium Density Fiberboard

HDF - High Density Fiberboard

PDF - Portable Document Format

DXF - Drawing Exchange Format

MEI - Micro Empresário Individual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 14
1.1 Objetivo Geral..... 15
1.2 Objetivos Específicos..... 15
1.3 Justificativa..... 16
2 REFERENCIAL TEÓRICO..... 17
2.1 Open Source Design no Mundo..... 17
2.2 Open Source Design no Brasil..... 18
2.3 Cultura Maker..... 22
2.4 Manifesto Maker..... 23
2.5 Fab Labs..... 25
2.6 Fab Labs no Brasil..... 26
2.7 Indústria 4.0..... 26
2.8 Interoperabilidade..... 27
2.9 Inteligência Artificial e Machine Learning..... 28
2.10 Fabricação Digital..... 29
2.11 Processos Subtrativos..... 29
2.12 Máquina de Corte a Laser..... 29
2.13 Máquina CNC Router..... 33
2.14 Máquina de Corte por Jato de Água CNC..... 37
2.15 Processos aditivos..... 38
2.16 Estereolitografia..... 40
2.17 impressão 3D FDM..... 40
2.18 Plataformas..... 40
2.18.1 Opendesk..... 40
2.18.2 Wikifactory..... 40
2.18.3 WikiHouse..... 41
2.19 Programas..... 41
2.19.1 Diferenças entre CAD e CAM..... 41
2.19.2 Inkscape..... 42
2.19.3 FreeCAD..... 42
2.19.4 CAMotics..... 42
2.19.5 EMC2..... 43
2.20 Exemplo de Projeto Open Source Design..... 43
2.22 Abordagens Pedagógicas..... 45
2.23 Construtivismo..... 45
2.24 Construcionismo..... 46
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... 47
3.1 Concepção..... 48
3.2 Projeto..... 48

3.3 SketchChair..... 48
3.4 Primeiro Teste..... 49
3.5 Protótipo do Primeiro Teste..... 50
3.6 Segundo Teste..... 53
3.7 Protótipo do Segundo Teste..... 55
4 EXECUÇÃO..... 56
4.1 Materialidade..... 60
4.2 Viabilidade econômica..... 60
4.3 Protótipo em escala 1:1..... 61
4.4 Corte..... 61
4.5 Montagem..... 67
4.6 Resultado..... 69
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 71
REFERÊNCIAS..... 72
APÊNDICE A – SKETCHCHAIR..... 76
1.0 Interface..... 76
1.1 Menus..... 77
1.2 Aba Make it SketchChair..... 85
ANEXO B – MAKER MOVEMENT MANIFESTO..... 88

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está cada vez mais conectada em rede e há uma convergência no sentimento de compartilhar informações. Nos últimos anos, nota-se um crescente interesse na aplicação dos princípios de código aberto em uma variedade de áreas, desde a tecnologia da informação até as artes. O movimento reflete uma busca por modelos mais democráticos e colaborativos de produção e compartilhamento do conhecimento. No campo da arquitetura e do design esse movimento é conhecido como *Open Source Design*. (Lima ; Rocha, 2020.).

> Domenico De Masi 2001 (apud Rocha, 2020) definem a conjunção dessas novas concepções de trabalho como parte de um corte epistemológico, isto é, uma nova potência organizacional e criativa cujo formato remete a um sistema aberto e flexível. Essa organização sistêmica define o que o autor considera ser uma ecologia organizacional composta por inúmeros posicionamentos, estratégias e abordagens, que abarca, dentre elas, o Open Design.

O *Open Source Design* visa democratizar o acesso ao design, para que adapte e utilize recursos de design de forma gratuita ou a custos reduzidos. Essa abordagem é disruptiva, visto que desafia os modelos tradicionais de produção, que são restritivos e exclusivos, e abre espaço para uma expressão criativa, inclusiva e colaborativa. Neste contexto, este trabalho se propõe a investigar o papel do *Open Source Design* como uma ferramenta de democratização da arquitetura e do design. Ao compreender como esse conceito pode influenciar e transformar as práticas nessas áreas, busca-se contribuir para uma reflexão ampla sobre os desafios e oportunidades enfrentados por profissionais, acadêmicos e comunidades envolvidas com o design e a arquitetura. No campo acadêmico, a interação entre a tecnologia e a educação desempenha um papel fundamental no aprimoramento do ensino em diversas áreas do conhecimento. Na arquitetura e design, a integração de espaços de inovação tecnológica e ensino, como os *Fabrication Laboratories* (*Fab Labs*), mostram-se promissores para o desenvolvimento de habilidades práticas e criativas dos alunos. (Gershenfeld, 2012).

> A Fabricação Digital é o resultado da integração do design e da produção industrial através das técnicas de informação e de comunicação digital. Pode-se dizer que, na atualidade, a Fabricação Digital possibilita a recuperação da experiência humana com os materiais em correlação com a sua base digital. (Ballerini, 2017).

Segundo Gershenfeld (2012), o conceito de *Fab Lab* surgiu no Massachusetts Institute of Technology (MIT) como uma iniciativa para democratizar o acesso às tecnologias de fabricação digital. Os *Fab Labs* são espaços equipados com máquinas como impressoras 3D, cortadoras a laser e fresadoras CNC, que permitem a materialização de projetos concebidos digitalmente. Além disso, esses espaços fomentam a colaboração e o compartilhamento de conhecimento entre os membros da comunidade. No contexto da arquitetura e design, a interlocução entre o *Fab Lab* e o ensino oferece inúmeras possibilidades. A utilização dessas tecnologias de fabricação digital proporciona aos alunos a oportunidade de explorar formas inovadoras de conceber, desenvolver e prototipar seus projetos arquitetônicos e de design. Essa integração permite a transição do processo de ensino aprendizagem de uma abordagem meramente teórica para uma experiência prática, em que os estudantes têm a oportunidade de experimentar e materializar suas ideias.

1.1 Objetivo Geral

Este estudo visa investigar o papel do *Open Source Design* na democratização da arquitetura e do design. Explorar como esse conceito contribui para tornar essas áreas mais acessíveis, inclusivas e colaborativas. Concomitantemente, busca-se compreender como os laboratórios de fabricação digital dialogam com os princípios do *Open Source Design* e a interlocução com o ensino e a promoção da criatividade.

1.2 Objetivos Específicos

No trabalho, serão analisadas as bases teóricas e conceituais da fabricação digital e do *Open Source Design*, visando compreender seus conceitos, métodos e aplicações no contexto da arquitetura e do design. Isso inclui explorar o desenvolvimento histórico dos laboratórios de fabricação digital, destacar o papel dos *Fab Labs* como espaços de prototipagem rápida e colaborativa.

Simultaneamente, pretende-se compreender os princípios e características da Indústria 4.0 e sua influência na fabricação digital. Além disso, a pesquisa busca investigar como a cultura *maker* e o *open source* podem contribuir para a democratização do acesso a tecnologias digitais, identificando programas *open source* que promovam a democratização destas. Serão apontados casos de sucesso e experiências práticas de projetos de *Open Source Design* na área da arquitetura e do design, com o intuito de identificar os benefícios e desafios encontrados. Por fim, o trabalho visa desenvolver um móvel desde a sua concepção até a execução do projeto por meio da fabricação digital, utilizando como base os princípios e conceitos do *Open Source Design*.

1.3 Justificativa

A arquitetura e o design historicamente são áreas restritas, tanto em termos de acesso à formação especializada quanto em relação ao custo dos projetos e produtos resultantes. (Cuff, 1991). No entanto, a crescente digitalização, informatização e a popularização do movimento de *Open Source*, apresentam uma oportunidade para alterar esse cenário. Dessa forma, o *Open Design*, promove a criação e a disseminação de projetos de forma colaborativa e acessível, logo possui o potencial para democratizar a arquitetura e o design, ao permitir que mais pessoas tenham acesso a soluções de qualidade, independência de grandes empresas e a possibilidade de personalizar e adaptar projetos às suas necessidades, bem como utilizar matérias primas locais. Ao tornar os projetos mais acessíveis e utilizáveis por mais pessoas, o *Open Source Design* reduz barreiras financeiras, logísticas e técnicas, especialmente em comunidades de menor renda ou em regiões onde o acesso a arquitetos e designers é limitado. (Lima; Rocha, 2020). No mundo contemporâneo, onde a sustentabilidade e o uso eficiente de recursos são prioridades, o *Open Source Design* aliado com a fabricação digital favorece a criação de soluções mais ecológicas, otimizadas, personalizadas e acessíveis. Logo, este trabalho se justifica pela importância de apontar caminhos para favorecer a democratização da arquitetura e design por meio do *Open Source Design* e da fabricação digital, visto que essa forma de projetar e fabricar abordam não apenas questões de equidade e inclusão, mas promovem inovação, sustentabilidade e autonomia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda o conceito de *Open Source Design*, tanto em escala macro quanto no contexto brasileiro. Inicialmente, a seção "Open Source Design no Mundo" oferece uma visão geral da evolução e do impacto do design de código aberto em diversas indústrias e comunidades. Em seguida, a seção "Open Source Design no Brasil" foca especificamente na adoção e adaptação desse conceito no Brasil, destacando a emergência de uma cultura criativa e colaborativa. A seção "Cultura Maker" examina como a mentalidade 'faça você mesmo' tem sido um motor fundamental para o movimento de design aberto, ao incentivar a inovação por meio da colaboração comunitária e do compartilhamento de conhecimentos. A seção "Manifesto Maker" analisa os princípios e ideais que sustentam este movimento, ao enfatizar o seu compromisso com a acessibilidade, sustentabilidade e a democratização das tecnologias de fabricação. A seção "Fab Labs" explora a rede global de laboratórios de fabricação digital que servem como centros de inovação e aprendizagem. Por fim, no decorrer do capítulo, são apresentados conceitos relacionados ao universo da fabricação digital, processos, maquinários, softwares, exemplos de projetos e algumas abordagens pedagógicas no âmbito de um laboratório de fabricação digital.

2.1 Open Source Design no Mundo

> Filho & Cruz (2019) sintetizam o comum como um conjunto de práticas geridas pelo compartilhamento e reciprocidade de bens, espaços e produtos, para além do âmbito do Estado e do mercado e das formas de propriedade públicas e privadas. Dentre muitas acepções do termo, o Open Design epistemologicamente se encontra no que os autores definem como comum artificial, ou seja, um conjunto de produções cognitivas, trabalhos intelectuais, em grande parte resultantes da interação social e cultural. (apud Rocha, 2020).

A cultura *Open Source*, ou código aberto, refere-se a um movimento colaborativo que promove a disponibilização de projetos, softwares e recursos de forma pública e livre, permitindo o acesso, uso, estudo, modificação e distribuição por qualquer pessoa. Essa abordagem valoriza a transparência, a colaboração e o compartilhamento de conhecimento. A origem da cultura *Open Source* remonta ao movimento do *software* livre, que teve início na década de 1980 com o trabalho de Richard Stallman e a criação da Free Software Foundation (FSF). Stallman defendia a liberdade dos usuários de software, promove a ideia de que os usuários deveriam

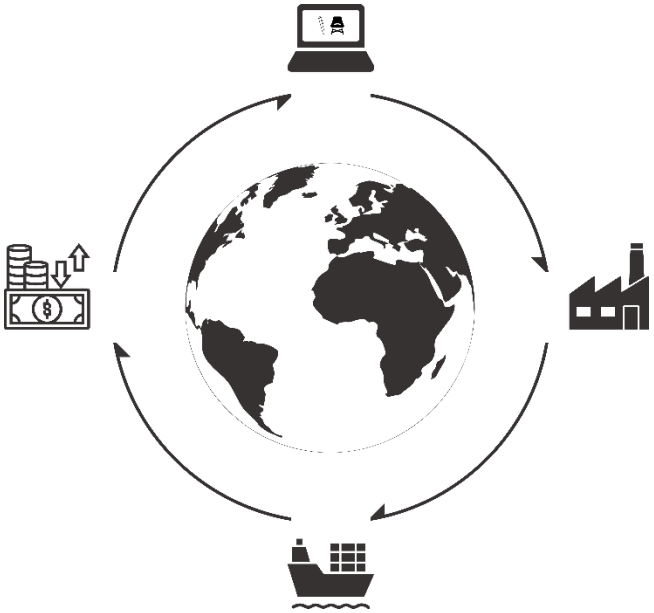
ter a liberdade de executar, estudar, modificar e distribuir o código-fonte dos programas. O termo "Open Source" foi cunhado em 1998, durante uma reunião estratégica de desenvolvedores de software, com o objetivo de encontrar uma terminologia que fosse mais comercialmente atraente que "software livre", mas que ainda expressasse a essência da filosofia de compartilhamento e colaboração. A cultura *Open Source* tem apresentado um impacto significativo no ensino e na educação. Por um lado, o uso de softwares de código aberto nas escolas e universidades permite que os estudantes tenham acesso a ferramentas poderosas e de qualidade, sem restrições de licença ou custos elevados. Isso possibilita o aprendizado prático e a experimentação, bem como o desenvolvimento de habilidades técnicas relevantes para o mercado de trabalho. Por outro lado, a cultura *Open Source* promove a colaboração e o compartilhamento de conhecimento entre os estudantes, profissionais e produtores. Projetos de código aberto incentivam o trabalho em equipe, a troca de ideias e a construção coletiva de soluções. Essa mentalidade colaborativa é altamente benéfica para o ambiente educacional, pois estimula a criatividade, a inovação e o pensamento crítico.

2.2 Open Source Design no Brasil

O *Open Source Design*, ou design de código aberto, refere-se a uma abordagem colaborativa e transparente no campo do design, onde os projetos e recursos são disponibilizados publicamente, permitindo que qualquer pessoa possa acessar, utilizar, modificar e distribuir livremente. Segundo o arquiteto brasileiro Denis Fujii (2021), o *Open Source Design* é baseado nos princípios do movimento de código aberto, como a transparência, a colaboração e o compartilhamento de conhecimento. Ele se concentra na criação de projetos de design que podem ser acessados e modificados por uma comunidade ampla de designers, tornando o processo de design mais inclusivo e participativo. Diferentemente do design tradicional, onde os direitos autorais e a propriedade intelectual podem restringir o acesso e a modificação dos projetos, o open source design busca a disseminação do conhecimento e a colaboração aberta. Dessa forma há uma descentralização, valorizando o pequeno produtor. Na lógica de mercado tradicional, o designer desenvolve um projeto que é executado pela grande indústria, posteriormente o produto é distribuído no comércio global. Porém essa lógica é extremamente custosa visto que é necessário vencer enormes distâncias até ao consumidor final.

Na Figura 1, é explicada a lógica tradicional, onde um profissional projeta um design que é encaminhado para a grande indústria, posteriormente o mesmo é disponibilizado no comércio global, sendo o transporte uma das maiores barreiras.

Figura 1 - Diagrama da lógica de mercado tradicional



Fonte: Fujii (2021), adaptado pelo autor.

Na Figura 2 é apresentada, a lógica de mercado ao considerar o *Open Source Design*, nela prevalece a premissa de pensar globalmente e produzir localmente. O mesmo profissional pode liberar o seu projeto para ser fabricado em vários locais.

Figura 2 - Diagrama da lógica de mercado Open Source Design

Fonte: Fujii (2021), Adaptado Pelo Autor.

Ao considerar o *Open Source Design*, há uma descentralização da indústria. O pequeno produtor é valorizado, por exemplo, no contexto do Brasil, os Microempresários Individuais (MEIs). Na Figura 3 é mostrado que a grande indústria agora é descentralizada em pequenas indústrias. Antes uma grande fábrica com vários funcionários, agora várias pequenas fábricas com um ou mais funcionários.

Figura 3 - Diagrama descentralização da indústria

Fonte: Fujii (2021), adaptado pelo autor.

Os projetos de design de código aberto são frequentemente disponibilizados em plataformas online, por exemplo a Opendesk onde os designers podem compartilhar seus trabalhos, permitindo que outros possam aprender, adaptar e melhorar os designs existentes. Um exemplo notável de *Open Source Design* é o movimento de design de *hardware* de código aberto, onde os projetos de dispositivos eletrônicos, como placas de circuito impresso (PCBs) e microcontroladores, são disponibilizados

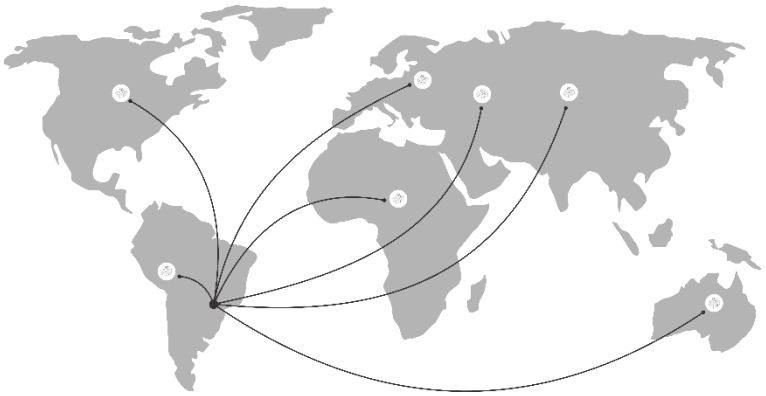
publicamente. O projeto Arduino é um exemplo proeminente nesse campo, permitindo que designers e entusiastas possam criar e customizar seus próprios dispositivos eletrônicos de forma acessível. (Fjeldsted *Et Al*., 2012). Na Figura 4 é demonstrado a rede colaboração entre makers e designers. Nessa rede há um fluxo contínuo de informações e feedbacks entre quem produz e quem projeta.

Figura 4 - Diagrama de colaboração entre designers e makers

Fonte: Fujii (2021), Adaptado pelo autor.

No ensino de design, o *Open Source Design* oferece oportunidades valiosas para os estudantes explorarem novas abordagens colaborativas, aprenderem com a comunidade e aplicarem seus conhecimentos em projetos reais. Além disso, a prática do *open source* design promove a disseminação do conhecimento, compartilhamento de recursos, incentiva a inovação e a evolução do campo do design. (Ballerini, 2017). Na Figura 5 é ilustrado que um mesmo projeto pode ser distribuído para várias regiões e ser produzido com matéria prima local.

Figura 5 - Diagrama pensar global e produzir localmente



Fonte: Fujii (2021), adaptado pelo autor.

2.3 Cultura Maker

A cultura *maker* é um movimento que valoriza a criação e a experimentação, incentivando as pessoas a serem produtoras ativas e não apenas consumidoras passivas. Essa cultura está relacionada ao *DIY* (Do It Yourself) ou faça você mesmo, mas vai além disso, promovendo a colaboração, o compartilhamento de conhecimento e o uso de tecnologias de fabricação digital para materializar ideias. A origem da cultura *maker* remonta ao movimento *hacker* do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts) na década de 1950, conforme destaca Anderson (2012). Esse movimento enfatizava a exploração criativa de sistemas, o compartilhamento de informações e a busca por soluções inovadoras. A cultura *maker* ganhou força no início dos anos 2000, com o advento de tecnologias acessíveis, como impressoras 3D e cortadoras a laser, que permitiram a criação de protótipos e produtos personalizados de forma mais acessível. O movimento expandiu e se consolidou com a popularização dos espaços conhecidos como *Fab Labs*, *makerspaces* e *hackerspaces*, que oferecem acesso a ferramentas e equipamentos de fabricação digital para que as pessoas possam concretizar suas ideias. A relação entre a cultura *maker* e o ensino é muito relevante. Por um lado, o movimento *maker* promove uma abordagem prática e *hands-on* para a aprendizagem, ao incentivar os estudantes a explorarem, experimentarem e desenvolverem habilidades técnicas e criativas. (Ballerini, 2017).

> Conclui-se ser fundamental levar-se para o canteiro as teorias do aprendizado baseadas no fazer para o contexto da Fabricação Digital; para o pensar e fazer uma Arquitetura que se alinha como forma de comprometimento com o construtivismo (Piaget) e o construcionismo (Papert). Este é o alinhamento que se acredita ser necessário para a ideia propositiva de laboratórios de Fabricação Digital como meio de aproximar o ensino e a prática da Arquitetura à materialidade do canteiro e ao fazer baseado em uma ética de compartilhamento do conhecimento. (Ballerini, 2017).

Essa abordagem alinha-se com o conceito de aprendizagem construtivista, onde os estudantes constroem ativamente seu conhecimento através da interação com o ambiente. Além disso, a cultura *maker* valoriza a colaboração e o compartilhamento de conhecimento, criando uma cultura de aprendizado coletivo. Essa mentalidade de comunidade e troca de experiências é enriquecedora para os estudantes, que podem se inspirar em projetos de outras pessoas e receber feedback construtivo para aprimorar suas habilidades. (Ballerini, 2017).

2.4 Manifesto Maker

Manifesto do Movimento Fazedor, o “Maker Movement Manifesto”. Organizado por Mark Hatch em 2014. Tal manifesto baseia-se em nove princípios: “make, share, give, learn, tool up, play, participate, support and change”. Traduzidos pelo autor como: fazer, compartilhar, dar, aprender, equipar, jogar, participar, apoiar e mudar.

> “**FAZER:** Fazer é fundamental para o que significa ser humano. Precisamos fazer, criar e nos expressar para nos sentirmos completos. Há algo único em criar coisas físicas. Essas coisas são como pequenos pedaços de nós e parecem incorporar porções de nossas almas.
> **COMPARTILHAR:** Compartilhar o que você fez e o que sabe sobre fazer com os outros é o método pelo qual o sentimento de completude do criador é alcançado. Você não pode fazer e não compartilhar.
> **DAR:** Poucas coisas são mais altruístas e satisfatórias do que oferecer algo que você fez. O ato de criar coloca uma pequena parte de você no objeto. Dar isso a outra pessoa é como entregar um pequeno pedaço de si mesmo. Esses itens costumam ser os mais valorizados que possuímos.
> **APRENDER:** Você precisa aprender a fazer. Precisa sempre buscar aprender mais sobre sua criação. Pode se tornar um artesão experiente ou mestre, mas continuará aprendendo, desejando aprender e se desafiando a dominar novas técnicas, materiais e processos. Construir um caminho de aprendizado contínuo garante uma vida rica e gratificante na criação e, principalmente, permite compartilhar.

> **EQUIPAR-SE:** É preciso ter acesso às ferramentas certas para o projeto em questão. Invista e desenvolva acesso local às ferramentas necessárias para realizar o que deseja criar. As ferramentas de criação nunca foram tão acessíveis, fáceis de usar ou poderosas.
> **BRINCAR:** Seja lúdico com o que está criando, e você se surpreenderá, se entusiasmará e sentirá orgulho do que descobrir.
> **PARTICIPAR**: Junte-se ao Movimento Maker e conecte-se com aqueles ao seu redor que estão descobrindo a alegria de criar. Organize seminários, festas, eventos, dias de criação, feiras, exposições, aulas e jantares com e para outros criadores em sua comunidade.
> **APOIAR**: Este é um movimento que exige apoio emocional, intelectual, financeiro, político e institucional. Nossa melhor esperança para melhorar o mundo somos nós mesmos, e somos responsáveis por construir um futuro melhor.
> **MUDANÇA:** Abrace as mudanças que ocorrerão naturalmente ao longo de sua jornada como maker. Como o ato de criar é fundamental para o que significa ser humano, você se tornará uma versão mais completa de si mesmo à medida que cria." (HATCH, 2014, p.1, tradução nossa).

A partir da leitura do manifesto, extrai-se que enfatiza a importância de criar, compartilhar, aprender e colaborar dentro de uma comunidade engajada na inovação tecnológica. Primeiro, "Fazer" destaca o valor de criar algo que nos represente, trazendo um sentimento de realização e felicidade. "Compartilhe" incentiva a disseminação de conhecimento e satisfação, enquanto "Dar" propõe oferecer suas criações como reflexo do seu verdadeiro "eu". "Aprenda" reforça que o aprendizado contínuo é essencial para uma vida produtiva e satisfatória. "Equipar-se" sugere a importância de ter ferramentas acessíveis e adequadas para realizar projetos, promovendo o desenvolvimento local. "Brincar" lembra que os projetos devem ser vistos como uma fonte de diversão e descoberta, aumentando o orgulho pelo trabalho realizado. "Participe" motiva a presença em eventos e atividades da comunidade maker, fortalecendo laços e troca de ideias. "Apoiar" reconhece a necessidade de suporte em várias dimensões para qualquer projeto, ao incentivar contribuições que promovam um mundo melhor. "Mude" valoriza a aceitação das mudanças como parte natural do processo criativo, mantendo a conexão com os projetos. Os princípios da cultura maker, portanto, interconectam a inovação tecnológica e a colaboração comunitária, cria-se um ambiente onde criatividade e cooperação são valorizados, o que leva a avanços significativos e sustentáveis.

2.5 Fab Labs

Um *Fab Lab*, uma abreviação de *Fabrication Laboratory*, é um espaço de fabricação digital equipado com tecnologias avançadas que permitem aos usuários criar, prototipar e fabricar uma ampla variedade de objetos. Esses laboratórios surgiram como resultado do trabalho pioneiro de Neil Gershenfeld, professor do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), no início dos anos 2000. Neil Gershenfeld é considerado o criador do conceito de *Fab Lab*, Gershenfeld explora a visão de uma revolução na fabricação, na qual a tecnologia de fabricação digital se torna acessível e democratizada para indivíduos em suas próprias comunidades. Na Figura 6 está representada a logomarca da Rede Fab Lab. Os *Fab Labs* representam uma mudança na forma como concebemos e produzimos objetos, estimulam a participação ativa das pessoas no processo de fabricação. Ao fornecer acesso a tecnologias avançadas, esses laboratórios capacitam os indivíduos a se tornarem criadores e produtores, promovem a inovação, a colaboração e o compartilhamento de conhecimento em escala global. (Gershenfeld, 2012).

Figura 6 - Logomarca do FAB LAB

Fonte: Fab labs, 2024

2.6 Fab Labs no Brasil

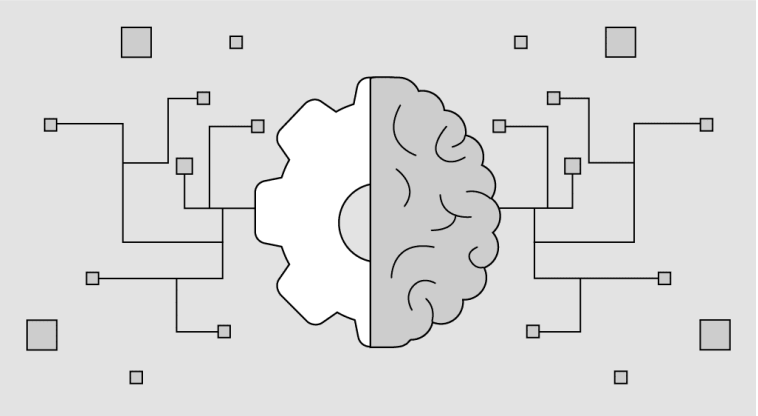
No Brasil, os *Fab Labs*, se estabeleceram como espaços de inovação e criatividade, impulsionam a fabricação digital e o compartilhamento de conhecimento. O movimento dos *Fab Labs* chegou ao país na virada do século XXI, seguindo a tendência global de democratização da fabricação digital. Segundo Blikstein (2013), pesquisador na área de educação em *Fab Labs*, esses espaços têm o potencial de promover a aprendizagem ativa e o pensamento crítico. Os *Fab Labs* no Brasil desempenham um papel significativo no estímulo à cultura *maker* e na promoção da inovação. Esses espaços são frequentemente utilizados em projetos interdisciplinares, abrangendo áreas como arquitetura, design, engenharia e ciências. Conforme observado por Blikstein (2013), os *Fab Labs* são espaços de encontro e colaboração, onde estudantes, startups e empresas se unem para criar soluções criativas e empreendedoras. O movimento dos *Fab Labs* no Brasil contribui para o desenvolvimento de habilidades técnicas e empreendedoras, além de fomentar a interação entre instituições de ensino e o setor produtivo. Um exemplo bem sucedido é o FAB LAB LIVRE SP, rede composta por 13 laboratórios públicos dedicados à prototipagem rápida de objetos. Esta iniciativa é mantida pela Secretaria Municipal de Inovação e Tecnologia (SMIT) da Prefeitura de São Paulo (PMSP), em colaboração com o Instituto de Tecnologia Social - ITS BRASIL.

2.7 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é um conceito que se refere à quarta revolução industrial, caracterizada pela integração de tecnologias digitais e físicas no ambiente de produção industrial. É uma abordagem que visa a digitalização e a conectividade dos processos industriais. De acordo com a definição de Kagermann *et al.* (2013), a Indústria 4.0 é baseada em quatro pilares principais: (1) a interconexão de máquinas e sistemas por meio da Internet das Coisas (IoT), permite a troca de informações em tempo real; (2) a virtualização, que consiste na criação de réplicas virtuais de produtos, processos e sistemas de produção para simulação e otimização; (3) a descentralização da tomada de decisões, com a capacidade de sistemas autônomos tomar decisões de forma independente; e (4) a capacidade de interoperabilidade, que possibilita a comunicação e a colaboração entre sistemas heterogêneos. No contexto da Indústria 4.0, diversas tecnologias desempenham um papel

fundamental. A Internet das Coisas (IoT), por exemplo, permite a conexão e a coleta de dados de sensores e dispositivos em tempo real. A computação em nuvem oferece recursos de armazenamento e processamento escaláveis, enquanto a inteligência artificial (IA) e a aprendizagem de máquina (machine learning) permitem a análise de grandes volumes de dados e a tomada de decisões automatizadas. A Figura 7 ilustra a aprendizagem de máquina, resumidamente definida como a capacidade de pensar semelhante ao dos humanos. (Russel; Norving, 2010)

Figura 7 - Ilustração aprendizado de máquina



Fonte: Datascientest (2024), adaptado pelo autor.

2.8 Interoperabilidade

Em um ambiente onde diferentes ferramentas de design são usadas, a capacidade de trocar informações e colaborar em tempo real sem perder dados ou a integridade do projeto é fundamental. Neste contexto, a interoperabilidade não só aumenta a eficiência, mas também permite uma maior inclusão de diversos atores no processo de design. De acordo com Eastman et al. (2011), o uso de formatos de arquivo padronizados, como o IFC (Industry Foundation Classes) no campo do BIM (Modelagem de Informação da Construção), é um exemplo prático dessa interoperabilidade. Esses formatos permitem que diferentes softwares de modelagem e design, como AutoCAD, Revit e Blender, possam trocar informações sem a necessidade de conversões complexas, que podem resultar em perda de dados. Mesmo que não sejam programas de código aberto, produtos podem ser criados e compartilhados em redes de colaboração (Smith; Tardif, 2009). A Figura 8 esquematiza o conceito de interoperabilidade.

Figura 8 - Diagrama Interoperabilidade

Fonte: Go44 (2024), adaptado pelo autor.

2.9 Inteligência Artificial e Machine Learning

A Inteligência Artificial (IA) e o *Machine Learning* (ML) têm um papel considerável no contexto da fabricação digital e do design open source, pois proporcionam avanços significativos na automação e na inovação colaborativa. De acordo com Goodfellow, Bengio e Courville (2016) ML é uma área da IA que se concentra no desenvolvimento de algoritmos e modelos que permitem que os computadores aprendam e façam previsões ou decisões baseadas em dados. Diferente da programação tradicional, onde o comportamento do *software* é explicitamente codificado, o ML capacita os sistemas a identificar padrões e insights a partir de grandes volumes de dados e a melhorar o seu desempenho ao longo do tempo com experiência acumulada. A aplicação de IA e ML nesse recorte permite a otimização dos processos de design e fabricação. Algoritmos de ML podem analisar grandes conjuntos de dados de projetos anteriores para identificar padrões e propor melhorias, permitindo um design mais eficiente e adaptado às necessidades específicas dos usuários. Por outro lado, a IA pode automatizar tarefas repetitivas e complexas, como a geração de modelos tridimensionais e a simulação de processos de fabricação, reduzindo o tempo e os custos associados ao desenvolvimento de produtos (Turck, 2024). Em plataformas de design *open source*, a IA e o ML facilitam a integração de diversas ferramentas de *software*, promovem a interoperabilidade e a colaboração. Por exemplo, modelos preditivos podem sugerir componentes ou soluções de design baseadas nas contribuições anteriores da comunidade, melhoram a qualidade e a funcionalidade dos projetos compartilhados (BADANI, 2024).

2.10 Fabricação Digital

> As máquinas de fabricação digital podem ser consideradas a espinha dorsal do Open Design e seu elemento de diferenciação produtiva frente às outras áreas da construção e da indústria. (Lima; Rocha, 2020)

A fabricação digital é um conceito que se refere ao uso de tecnologias digitais para a produção de objetos físicos. Segundo Gibson et al. (2015), ela envolve a utilização de técnicas como impressão 3D, fresagem CNC, corte a laser e outras formas de automação para criar objetos a partir de modelos digitais. O início da fabricação digital remonta à década de 1980, com o surgimento das primeiras tecnologias de prototipagem rápida. Conforme Lipson e Kurman (2013), foi nessa época que Charles Hull inventou a estereolitografia, uma técnica que permitia a criação de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais utilizando resina fotossensível e luz ultravioleta. Ao longo dos anos, a fabricação digital tem evoluído e se diversificado. Atualmente, é amplamente utilizada em diversos setores, como a indústria, a medicina, a arquitetura e o design. Essa tecnologia revolucionou a forma como os objetos são projetados, desenvolvidos e produzidos, proporcionando maior flexibilidade, velocidade e personalização (Gibson et al., 2015).

2.11 Processos Subtrativos

O processo subtrativo é uma abordagem que envolve a remoção de material de uma peça bruta para obter a forma desejada. Nesse processo, são utilizadas tecnologias como o corte a laser, a fresagem CNC e o corte a jato de água. A tecnologia de corte a laser utiliza um feixe de alta intensidade e precisão para realizar o corte e a gravação em uma ampla variedade de materiais. Conforme a empresa Trotec, o corte a laser é amplamente utilizado na indústria, especialmente na fabricação de peças de metal, plástico, madeira e tecidos.

2.12 Máquina de Corte a Laser

O corte a laser é uma técnica de manufatura utilizada em diversas indústrias, visto

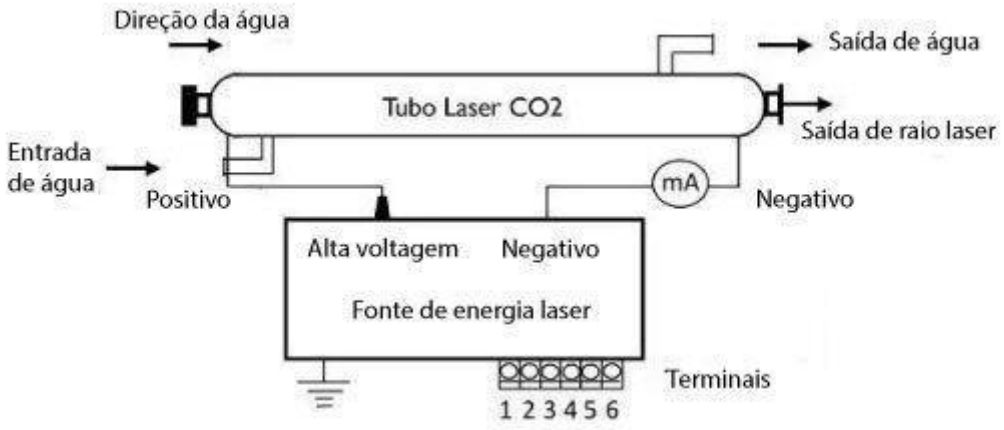
que oferece precisão, eficiência e versatilidade. O processo envolve a utilização de um feixe de laser altamente focado para cortar, perfurar ou gravar materiais. A energia do feixe de laser é suficientemente concentrada para aquecer intensamente a superfície do material, resultando em sua fusão, combustão ou vaporização completa, dependendo da potência do laser e das características do material cortado (Steen; Mazumder, 2010). Existem vários tipos lasers, por exemplo, laser de fibra, laser de gás, laser de estado sólido e laser de diodo. Neste trabalho a ênfase será no laser a gás, visto que será a tecnologia empregada na fabricação da maquete do móvel. Os lasers de gás utilizam um gás ou uma mistura de gases como meio ativo. Segundo Steen e Mazumder (2010), o exemplo mais comum é o laser de dióxido de carbono (CO_2), amplamente utilizado para corte, gravação e soldagem devido à sua alta eficiência e potência. Outros lasers de gás incluem lasers de hélio-neônio (He-Ne) e lasers de argônio. A título de comparação, os lasers de fibra utilizam uma fibra óptica dopada com elementos terras raras, como érbio, itérbio ou neodímio, como meio ativo. De acordo com a empresa Trotec Laser estes lasers são conhecidos por sua alta eficiência, robustez e capacidade de operar em altas potências. O processo de corte a laser pode ser dividido em algumas etapas. Inicialmente, o feixe de laser é direcionado para um ponto específico no material. A intensa concentração de energia causa a fusão ou vaporização do material nesse ponto, criando uma abertura inicial. Em seguida, a máquina de corte a laser segue a trajetória predefinida, movendo o feixe ao longo da geometria desejada para realizar o corte completo do material. O movimento é controlado por um sistema computadorizado, o que garante precisão e repetibilidade. (Powell, 2017). Segundo a Trotec, empresa líder internacional no desenvolvimento e fabricação de máquinas a laser,um aspecto importante do corte a laser é a utilização de gases durante o processo de corte, por exemplo: oxigênio, nitrogênio ou ar comprimido. Os gases são soprados na área de corte, eles podem desempenhar várias funções, o que inclui a remoção de resíduos, o resfriamento da área de corte e a prevenção de oxidação indesejada, resultando em cortes mais limpos e precisos.

Figura 9 - Máquina de corte a laser CO_2

Fonte: Trotec Laser (2024)

O feixe de laser altamente focado para cortar materiais é produzido por um tubo laser de CO_2, que está conectado a uma fonte de alta tensão e é refrigerado por água por meio de um chiller. Este sistema permite a geração de um feixe de laser de alta potência necessário para o processo de corte (Steen; Mazumder, 2010). A refrigeração com água é essencial para manter a temperatura do tubo laser dentro de limites operacionais seguros, garantindo a eficiência e a longevidade do equipamento (Chryssolouris, 2013). A Figura 10 é um esquema do tubo laser CO_2. A Figura 11, por outro lado, apresenta um tubo laser CO_2. Figura 12 é esquematizado o conjunto óptico.

Figura 10 - Diagrama do tubo laser CO2

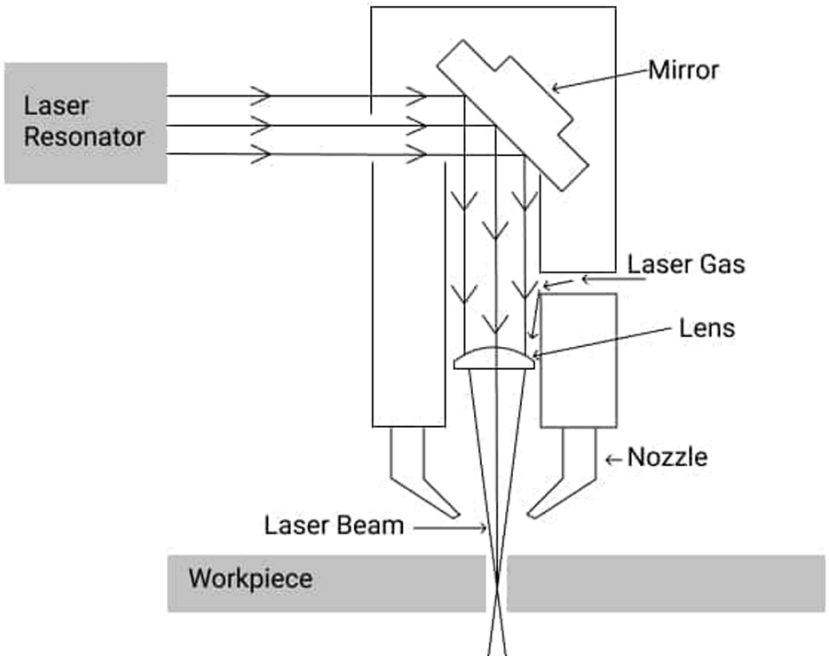


Fonte: Laser Brasil CNC (2023)

Figura 11 - Tubo laser CO2

Fonte: Laser Brasil CNC (2023)

Figura 12 - Diagrama do corte a laser CO2



Fonte:Buy CNC (2021)

Segundo a Trotec, a técnica de corte a laser apresenta diversas variações de acabamento, o que inclui o corte, a gravação e o scan. A qualidade e o tipo do produto final dependem dos parâmetros configurados na máquina. Fatores como a velocidade da caneta, a potência do tubo laser e o espaçamento das linhas de corte determinam o resultado. A combinação específica desses parâmetros permite obter resultados distintos, ajustando-se às necessidades específicas de cada aplicação e cada material a ser cortado. Por exemplo, ajustes na velocidade e na potência podem afetar a profundidade e a precisão do corte ou da gravação, enquanto o espaçamento das linhas é fundamental para a definição e a qualidade dos detalhes

gravados. A Figura 13 exibe os tipos de acabamento possíveis por meio da tecnologia de corte a laser.

Figura 13 - Diagrama tipos de acabamento do corte a laser

Fonte: Pdstudio

2.13 Máquina CNC Router

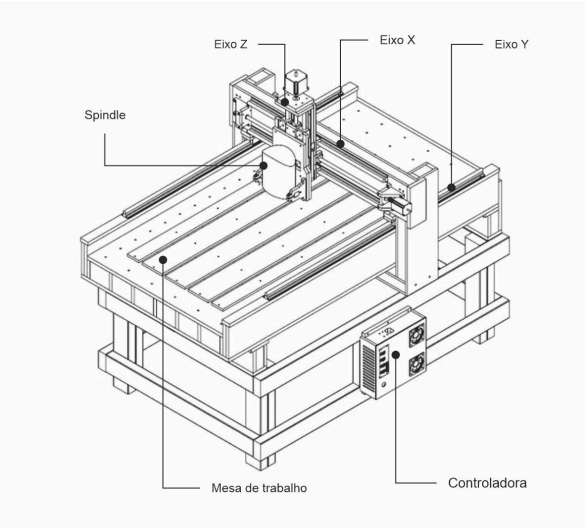
De acordo Gershenfeld (2012), às máquinas CNC Router (Controle Numérico Computadorizado) representam um marco significativo na manufatura moderna, uma vez que permitem a automação de forma precisa e eficiente nos processos de corte, perfuração e gravação em uma ampla variedade de materiais. A sigla "CNC" refere-se ao sistema que controla a máquina, enquanto "router" descreve a ferramenta de corte rotativa usada para moldar o material. A máquina é composta por várias partes essenciais, incluindo a mesa de trabalho, o spindle (eixo Z que segura e gira a ferramenta de corte), os motores de passo ou servomotores que controlam o movimento do eixo X e Y, e o controlador CNC que dirige todas as operações com base em um programa predefinido. No Brasil, geralmente é o MACH3, as máquinas chinesas por outro lado, são controladas pelo NCStudio. Os comandos para a máquina são geralmente programados em G-code, uma linguagem padrão de programação CNC que especifica as coordenadas de corte (X, Y e Z) e as operações a serem realizadas, bem como a velocidade de movimento dos eixos da fresa fixada no spindle. Os *software* mais utilizados são o Aspire e o ArtCAM mesmo que este último tenha sido descontinuado em 2018. Uma das

principais vantagens das máquinas CNC Router é a precisão, repetibilidade e a capacidade de produzir cortes e formas complexas com tolerâncias reduzidas. Características fundamentais que a distingue das técnicas manuais de corte. Na Figura 14 e 15 respectivamente é apresentado os esquemas gerais de uma CNC Router.

Figura 14 - Máquina CNC Router

Fonte: Mycgraphics

Figura 15 - Diagrama Máquina CNC Router

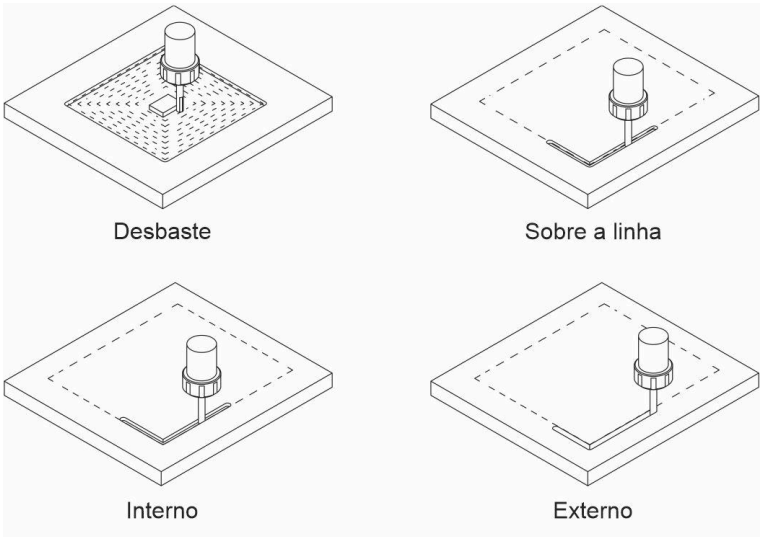


Fonte: Crafts manspace, adaptado pelo autor.

Conforme destacado por Romero (2019), as máquinas CNC proporcionam uma variedade de acabamentos distintos, os quais estão intimamente ligados aos percursos (interno ou externo) realizados pela fresa (ferramenta de corte) e a

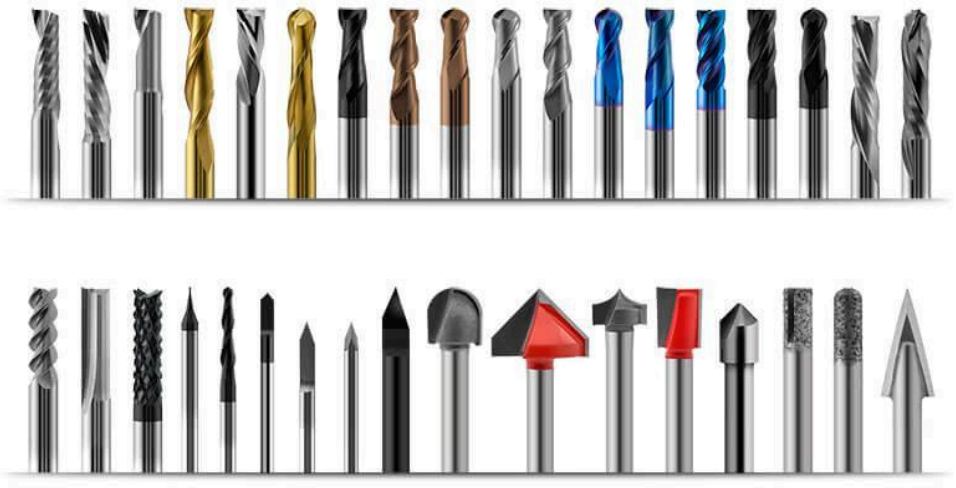
geometria da fresa influência no acabamento final. A figura 16 ilustra os possíveis tipos de cortes e acabamentos por meio do uso da *CNC Router*. Na Figura 17 é apresentado exemplos de fresas utilizadas pela indústria.

Figura 16 - Tipos de corte CNC



Fonte: Romero (2019), adaptado pelo autor.

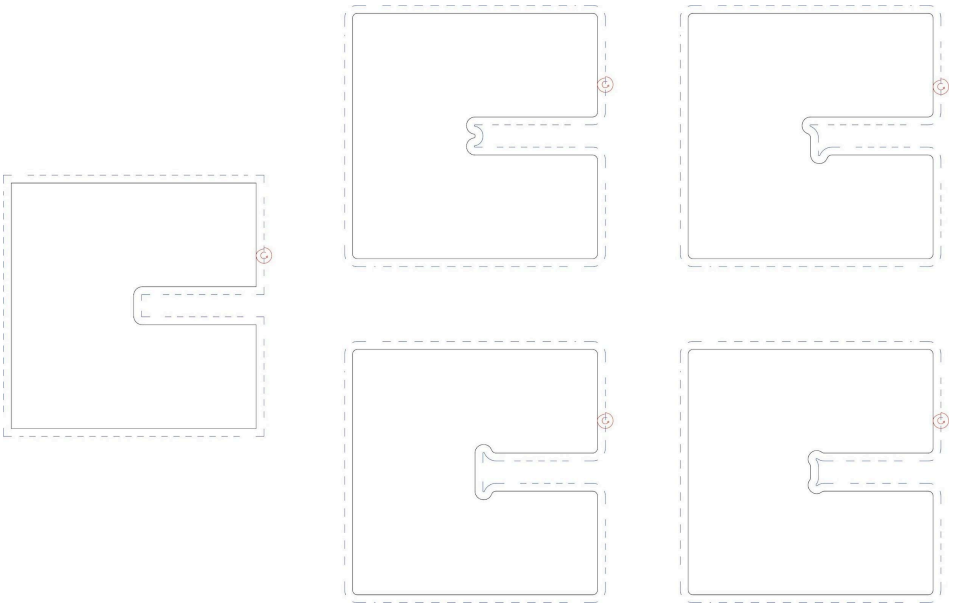
Figura 17 - Tipos de fresas



Fonte: Código G

De acordo com Romero, fresa é uma ferramenta de corte rotativa utilizada nas máquinas CNCs como elemento que proporciona o corte. Sua principal função é subtrair material da peça de trabalho para criar formas, cavidades e contornos precisos, conforme especificações do projeto. Existem diversos tipos de fresas, cada uma projetada para aplicações específicas. As fresas de topo são amplamente utilizadas devido à sua versatilidade e capacidade de realizar cortes profundos e precisos em materiais diversos. Fresas de ponta esférica, por sua vez, são ideais para usinagem de superfícies curvas e tridimensionais, comuns em moldes e matrizes. Fresas de perfil, com geometrias variadas, são empregadas para criar perfis específicos em peças, como canais, chanfros e ranhuras. A variação nas fresas também se estende aos materiais de fabricação e revestimentos. Fresas de aço rápido (HSS) são comuns devido ao seu baixo custo e desempenho adequado em aplicações gerais. No entanto, para operações que exigem maior durabilidade e resistência ao desgaste, fresas de metal duro (carbeto de tungstênio) são preferidas. Por outro lado, revestimentos como nitreto de titânio (TIN) e carboneto de titânio-alumínio (TIALN) podem ser aplicados às fresas para aumentar a vida útil da ferramenta e melhorar o desempenho de corte, especialmente em materiais difíceis de usinar. A literatura especializada destaca a importância da seleção apropriada de fresas e parâmetros de corte para maximizar a eficiência e minimizar o desgaste da ferramenta (Mwinuka; Mgwatu, 2015). Estudos recentes, como os da empresa Dijet, exploram os avanços na geometria das fresas e nos materiais de revestimento, visando aprimorar a performance em operações de alta velocidade e precisão, características essenciais na manufatura digital contemporânea, por exemplo fresa que tem a capacidade de fazer um furo quadrado. De acordo com Romero (2019), as fresas possuem, em sua maioria, formato cilíndrico, sendo que, na indústria moveleira, a fresa de topo é provavelmente a mais utilizada. Um problema recorrente no uso dessas fresas são os cantos arredondados que impedem encaixes perfeitos nas junções das peças. Para solucionar esse problema, uma técnica amplamente empregada é a "osso de cachorro" (dogbone), que consiste em criar pequenos círculos nos cantos dos encaixes. Esta técnica, apresentada na Figura 18, remove material adicional nos pontos críticos, permitindo que os encaixes se ajustem de maneira precisa e sem folgas, melhorando a qualidade e a funcionalidade das conexões entre as peças.

Figura 18- Problema do corte por meio de fresa



Fonte: Romero (2019), adaptado pelo autor.

2.14 Máquina de Corte por Jato de Água CNC

Essa máquina difere significativamente das máquinas CNC Router e Laser principalmente no mecanismo utilizado para o corte, que no caso é um jato de água de alta pressão. Ao contrário das fresadoras CNC e cortadoras a laser, que como visto, utilizam ferramentas de corte físico ou feixes de laser para realizar a usinagem. A máquina de corte por jato de água, apresentada na Figura 19, emprega uma corrente de água com alta pressão misturada com abrasivos para realizar cortes precisos. Apesar de parecer inofensiva, é extremamente perigosa. De acordo com Gibson et al. (2014), é tecnologia versátil e pode ser aplicada em uma ampla variedade de materiais, incluindo metal, vidro, cerâmica e pedra. Uma das principais vantagens do corte por jato de água é a ausência de calor gerado durante o processo de corte, o que elimina a possibilidade de deformação térmica dos materiais. Além disso, o corte é realizado de maneira limpa e sem a formação de rebarbas, reduzindo a necessidade de processos de acabamento adicionais.

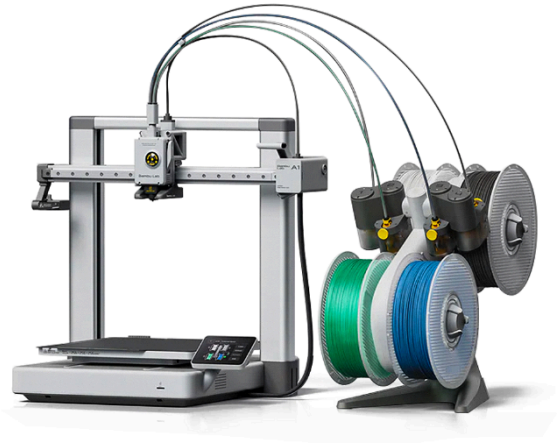
Figura 19 - Máquina de Corte por Jato de Água

Fonte: Dardi

2.15 Processos aditivos

De acordo com a Wohlers Associates, o processo aditivo consiste em construir objetos camada por camada, adicionar material de forma controlada. Nesse processo, são utilizadas tecnologias como a impressão 3D e a estereolitografia. A impressão 3D, é uma técnica que utiliza a sobreposição de camadas sucessivas de material para criar objetos tridimensionais. Na Figura 20 um exemplo de impressora 3D. As tecnologias de processo aditivo são empregadas em diferentes contextos, como na criação de protótipos, na fabricação de peças personalizadas, na produção de ferramentas e na criação de estruturas complexas. Elas são utilizadas em diferentes indústrias, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, além de estarem cada vez mais acessíveis a pequenas empresas e até mesmo a usuários domésticos.

Figura 20 - Impressora 3d - Bambu Lab A1



Fonte: Bambu Lab

No contexto da arquitetura, a fabricação digital aliada ao design open source pode promover a democratização do acesso à moradia além de oferecer uma resposta rápida em casos de desastres naturais. A startup americana Icon tem conduzido uma série de estudos para revolucionar e racionalizar o processo de fabricação de casas por meio da impressão 3D em escala de construção. Na Figura 21, a impressora Meet Vulcan em canteiro de obra. De acordo com o Jason Ballard, cofundador e CEO da Icon, para enfrentar a crise global de habitação, algo radical e corajoso precisa acontecer. A impressão 3D em escala de construção é projetada não apenas para fornecer casas de alta qualidade de forma mais rápida e acessível, mas também para que frotas de impressoras possam mudar a maneira como comunidades inteiras são construídas para melhor.

Figura 21 - Meet Vulcan

Fonte: Startup Icon

2.16 Estereolitografia

A estereolitografia, de acordo com Campbell *et al.* (2011), é uma técnica que utiliza um feixe de luz ultravioleta para solidificar camadas sucessivas de resina líquida, formando a peça desejada. Essa tecnologia é frequentemente utilizada na prototipagem rápida e na produção de modelos e peças com alto nível de detalhamento.

2.17 impressão 3D FDM

Deposição de material fundido (FDM), onde um filamento de material é aquecido e depositado camada por camada para formar o objeto desejado. Essa técnica, conforme destacado por Gibson *et al*. (2014), é amplamente utilizada na impressão 3D de baixo custo e em aplicações de prototipagem rápida.

2.18 Plataformas

2.18.1 Opendesk

De acordo Fujii (2021), a Opendesk é uma plataforma inovadora que conecta designers e consumidores por meio de um modelo de fabricação distribuída. Através do site, os usuários podem acessar uma vasta coleção de móveis de design contemporâneo, que são disponibilizados sob uma licença open source. Os designs podem ser baixados e fabricados localmente por makerspaces e oficinas de fabricação digital. O modelo permite a produção sob demanda, reduz custos de transporte e promove uma produção mais sustentável. Além disso, a Open Desk promove a personalização via colaboração global, democratiza dessa forma o acesso ao design de móveis de alta qualidade.

2.18.2 Wikifactory

Já o Wikifactory, segundo Fujii (2021) é uma plataforma colaborativa que conecta designers, engenheiros e fabricantes em um espaço digital para o desenvolvimento de projetos. É equivalente a um "GitHub para *hardware*", o Wikifactory permite que equipes distribuídas pelo mundo trabalhem juntas na criação, prototipagem e

fabricação de produtos físicos. Os usuários podem compartilhar arquivos CAD, documentar processos, receber feedback e colaborar em tempo real. A plataforma suporta uma variedade de projetos, desde dispositivos eletrônicos até móveis e máquinas industriais, promove a inovação aberta e a fabricação distribuída.

2.18.3 WikiHouse

A plataforma WikiHouse, conforme descrito por Scheeren (2021), visa democratizar a construção de habitações sustentáveis e acessíveis. Lançada como um projeto de código aberto, a WikiHouse permite que qualquer pessoa, em qualquer lugar do mundo, projete, imprima e monte sua própria casa, utilizando materiais locais e tecnologias digitais. A base fundamental da WikiHouse está na sua biblioteca de designs de construção, que são compartilhados gratuitamente. Esses designs são parametrizáveis e podem ser ajustados para atender às necessidades específicas dos usuários, sejam elas relacionadas ao clima, ao terreno ou às preferências pessoais. Para a execução, a plataforma utiliza técnicas de fabricação digital, como o corte a laser e fresagem CNC, o que garante uma produção precisa e eficiente das peças necessárias para a montagem das habitações.

2.19 Programas

2.19.1 Diferenças entre CAD e CAM

De acordo com o professor Neil Gershenfeld, no contexto da fabricação digital, dois componentes fundamentais desse processo são o CAD *Computer-Aided Design* e o CAM *Computer-Aided Manufacturing*. Apesar de frequentemente usados em conjunto, esses sistemas possuem funções distintas e complementares. O CAD refere-se ao uso de *software* para criar, modificar, analisar e otimizar um design. Esse sistema permite que designers desenvolvam modelos precisos em 2D ou 3D, facilitando a visualização e a simulação de produtos antes de sua fabricação. O CAD é essencial na fase inicial do ciclo de desenvolvimento de produtos, oferece ferramentas para desenhar e ajustar os aspectos geométricos e funcionais dos projetos. Por outro lado, o CAM envolve a utilização de *software* para controlar máquinas e processos de fabricação. A partir dos modelos criados no CAD, o CAM traduz esses designs em instruções específicas que as máquinas CNC *Computer*

Numerical Control utilizam para fabricar as peças. Dessa forma, enquanto o CAD foca na criação e otimização de designs, o CAM se concentra na execução desses designs, ou seja, trazer do mundo virtual para o mundo físico. (Gershenfeld, 2012).

2.19.2 Inkscape

De acordo com o Alves (2020), o Inkscape é um editor de gráficos vetoriais de código aberto, amplamente utilizado para criar desenhos e ilustrações precisas. Equivalente ao CorelDRAW e Ilustrator. Dentro da fabricação digital, o Inkscape é particularmente útil para a criação de arquivos SVG *Scalable Vector Graphics*, que são frequentemente utilizados em corte a laser e outros processos de fabricação digital. Com sua interface intuitiva e funcionalidades robustas, o Inkscape permite que designers desenvolvam e modifiquem gráficos complexos, otimize-os para a produção. O Inkscape é uma ferramenta em potencial para designers que necessitam de precisão e flexibilidade em seus projetos vetoriais.

2.19.3 FreeCAD

Segundo Riegel, o FreeCAD é um *software* de modelagem 3D paramétrico de código aberto, utilizado principalmente para engenharia e design de produtos. Ele permite a criação de modelos 3D precisos que podem ser facilmente ajustados e modificados conforme as necessidades do usuário. No ambiente de fabricação digital, o FreeCAD facilita a transição do conceito ao protótipo, permite que os usuários criem peças complexas e realizem simulações para testar a funcionalidade e a integridade estrutural dos designs antes da fabricação.

2.19.4 CAMotics

De acordo com o Coffland (2011), CAMotics é uma ferramenta de simulação de usinagem CNC de código aberto que permite aos usuários visualizar e simular o processo de fabricação. Esta ferramenta é útil para verificar a viabilidade dos

caminhos de corte gerados por *softwares* CAM antes de iniciar a produção real. CAMotics ajuda a identificar e corrigir potenciais problemas no código G, reduz dessa forma os erros e otimiza o processo de usinagem.

2.19.5 EMC2

O EMC2, conforme o site do programa, também conhecido como LinuxCNC, é uma plataforma de controle de máquinas CNC de código aberto, oferece controle avançado sobre máquinas de usinagem. Utilizado para operar máquinas CNC, ele traduz os comandos do *software* CAM em movimentos precisos do eixo X, Y e Z. No contexto da fabricação digital, o EMC2 permite um controle detalhado sobre o processo de usinagem, garantindo que as peças sejam fabricadas conforme especificações exatas do projeto. As ferramentas apresentadas exemplificam a integração de *software* e *hardware* na fabricação digital, bem como sinaliza que há iniciativas open source em todo o ciclo do projeto open source design. Do CAD ao CAM, do controle da CNC até a distribuição do arquivo do projeto. Do consumidor final até ao fabricante local.

2.20 Exemplo de Projeto Open Source Design

Como exemplo de projeto de Open Source Design, escolheu-se a cadeira Valovi, Figura 22, do arquiteto Denis Fujii. No protótipo, Figura 23 e 24, foram feitas algumas modificações: em vez de utilizar compensado naval de 18 mm, este fora substituído por MDF cru de 18 mm. Essas alterações demonstram a flexibilidade dos projetos de código aberto, visto que permitem adaptações conforme a disponibilidade de materiais e preferências específicas, enquanto mantêm a integridade e funcionalidade do design original.

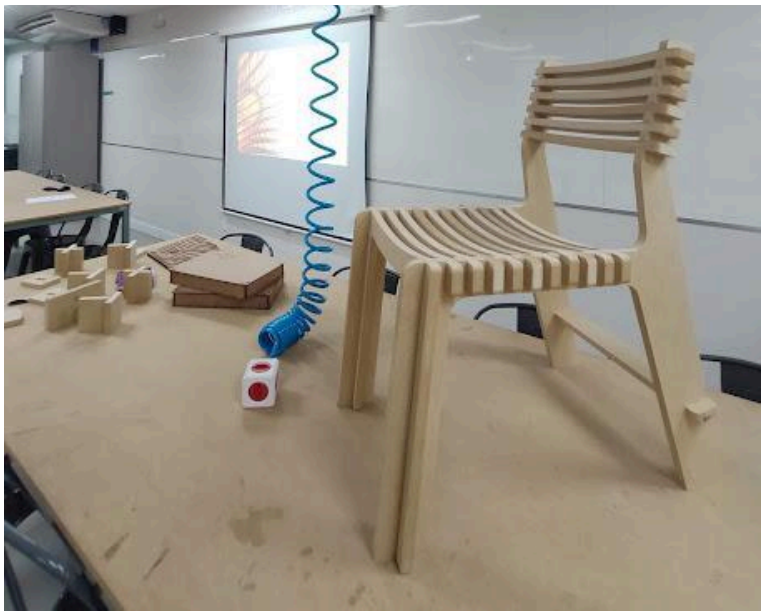
Figura 22 - Cadeira Valovi

Fonte: Opendesk em 2014

Figura 23 - Fabricação Cadeira Valovi

Fonte: O autor (2023)

Figura 24 - Protótipo Cadeira Valovi



Fonte: O autor (2023)

2.22 Abordagens Pedagógicas

Na abordagem do ensino da arquitetura e design, os *Fab Labs* têm sido aplicados como ferramentas pedagógicas inovadoras. Eles possibilitam que os estudantes desenvolvam protótipos físicos e explorem novas possibilidades de design, integra a teoria à prática. De acordo com Paulo Blikstein, pesquisador na área de educação e tecnologia, os *Fab Labs* fornecem aos estudantes uma experiência de aprendizado, onde eles podem criar, testar e aprimorar suas ideias. O que estimula o pensamento crítico, a resolução de problemas e a inovação, habilidades essenciais para os profissionais de arquitetura e design.

2.23 Construtivismo

O construtivismo, teoria desenvolvida por Jean Piaget, defende que o conhecimento é construído ativamente pelo aprendiz, através da interação com o ambiente e da resolução de problemas (Piaget, 1952). Essa abordagem enfatiza a importância da experiência prática e do aprendizado ativo, aspectos que são facilitados pela utilização de *Fab Labs*.

2.24 Construcionismo

Por outro lado, o construcionismo, proposto por Seymour Papert, vai além ao sugerir que a construção do conhecimento é mais eficaz quando os aprendizes estão envolvidos na criação de artefatos significativos (Papert, 1980). No contexto de ensino da arquitetura e design, que se traduz na produção de modelos e protótipos que representam soluções arquitetônicas diferenciadas. Papert argumenta que essa forma de aprendizagem permite uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos, à medida que os alunos aplicam teorias na prática.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na prática deste trabalho, optou-se por projetar uma cadeira estilo ninho, prototipar em escala reduzida e posteriormente fabricar em escala real. Para tal, tomou-se como norte alguns princípios do manifesto *maker* e foi simulado o fluxo de trabalho de um usuário comum.

> "**FAZER:** Fazer é fundamental para o que significa ser humano. Precisamos fazer, criar e nos expressar para nos sentirmos completos. Há algo único em criar coisas físicas. Essas coisas são como pequenos pedaços de nós e parecem incorporar porções de nossas almas.
> **COMPARTILHAR:** Compartilhar o que você fez e o que sabe sobre fazer com os outros é o método pelo qual o sentimento de completude do criador é alcançado. Você não pode fazer e não compartilhar.
> **DAR:** Poucas coisas são mais altruístas e satisfatórias do que oferecer algo que você fez. O ato de criar coloca uma pequena parte de você no objeto. Dar isso a outra pessoa é como entregar um pequeno pedaço de si mesmo. Esses itens costumam ser os mais valorizados que possuímos.
> **APRENDER:** Você precisa aprender a fazer. Precisa sempre buscar aprender mais sobre sua criação. Pode se tornar um artesão experiente ou mestre, mas continuará aprendendo, desejando aprender e se desafiando a dominar novas técnicas, materiais e processos. Construir um caminho de aprendizado contínuo garante uma vida rica e gratificante na criação e, principalmente, permite compartilhar.
> **EQUIPAR-SE:** É preciso ter acesso às ferramentas certas para o projeto em questão. Invista e desenvolva acesso local às ferramentas necessárias para realizar o que deseja criar. As ferramentas de criação nunca foram tão acessíveis, fáceis de usar ou poderosas."
> (HATCH, 2014, p.1, tradução nossa).

Por fim, o *Open Source Design* é uma abordagem agressiva do ponto de vista puramente econômico e profissional. Visto que ele coloca o usuário como agente ativo no processo projeto, fabricação e consumo. E tem a experimentação como motor desse processo. Do ponto de vista profissional, uma roupagem amadora.

> A abertura disciplinar tem relação direta com a produção de conhecimento de projeto. Seu teor transgressivo e tecnopolítico em defesa da liberdade de apropriação de informações deu origem ao Open Design Manifesto publicado em 2011, que considerava a abertura: uma escolha, não uma predefinição. Caso fosse uma predefinição, não haveria necessidade de

> instruções, ideológicas ou não. Esforços ideológicos necessitam regras, códigos de conduta, manuais, por vezes excessivamente dogmáticos (Kadushin, 2010 apud Rocha, 2020)

3.1 Concepção

Para o projeto da poltrona ninho, como o próprio nome sugere, buscou-se referência no conforto que o ninho oferece, no aspecto tipológico que as tramas da madeira conferem. Porém, a ideia ganhou forma e clareza conceitual a partir de experimentações feitas dentro do programa *SketchChair*.

3.2 Projeto

O projeto foi desenvolvido por meio do *SketchChair*, e basicamente utilizado uma ferramenta de design a “offset patch”, a plástica consiste em uma letra U invertida com a sua superfície suavizada para proporcionar maior conforto ao usuário.

3.3 SketchChair

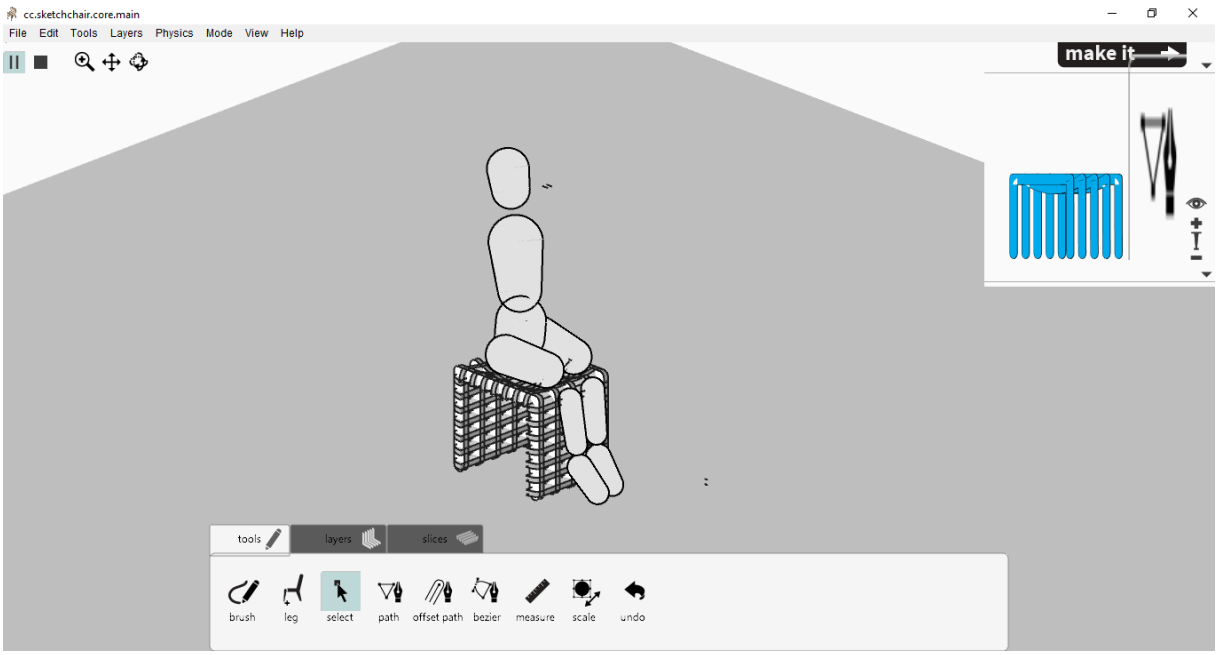
De acordo com o site institucional da iniciativa, o *SketchChair* , um *software* de código aberto, criado por Greg Saul e o Projeto de Design UI da JST ERATO em Tóquio, recebeu grande interesse da comunidade acadêmica e do público. O Diatom Studio, fundado por Greg Saul e Tiago Rorke, é dedicado à exploração da fabricação digital e design computacional, buscam democratizar o acesso a ferramentas de design. Greg Saul é designer e programador, enquanto Tiago Rorke tem experiência em ensino e pesquisa em fabricação digital. O programa em questão é um ambiente de design computacional escrito em Java™ que permite aos usuários criar cadeiras por meio de uma interface de esboço 2D. Com a possibilidade de ajustar o design às dimensões do usuário, o sistema oferece a criação de diversos estilos de cadeiras, como bancos e cadeiras de escritório. Por meio de um mouse ou tablet, o usuário desenha perfis que são então extrudados para formar uma estrutura interligada. As pernas são adicionadas desenhando seus perfis com uma ferramenta específica, e a ergonomia e estabilidade da cadeira podem ser testadas em uma simulação física com uma figura virtual representando o usuário. Além disso, o *software* gera automaticamente perfis de corte que podem ser usados para fabricar as cadeiras

com um máquina CNC, corte a laser ou uma silhouette. No apêndice “A” consta a análise da interface do programa bem como de suas ferramentas.

3.4 Primeiro Teste

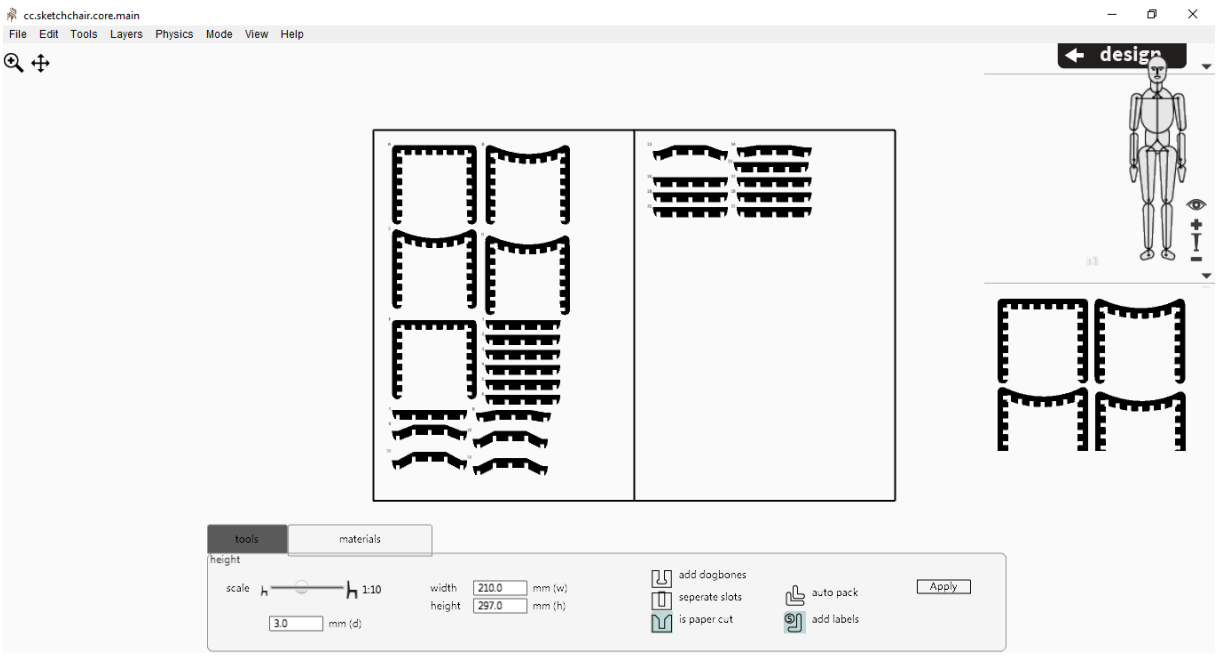
O primeiro teste consistiu em um estudo de exploração e experimentação do programa, buscou-se compreender a lógica e os pilares do programa, bem como quais ferramentas entregariam com maior facilidade a cadeira que seria projetada. A Figura 25 e 26 registra a exploração.

Figura 25 - Modelagem do primeiro teste



Fonte: O autor (2024)

Figura 26 - Plano de corte do primeiro teste



Fonte: O autor (2024)

3.5 Protótipo do Primeiro Teste

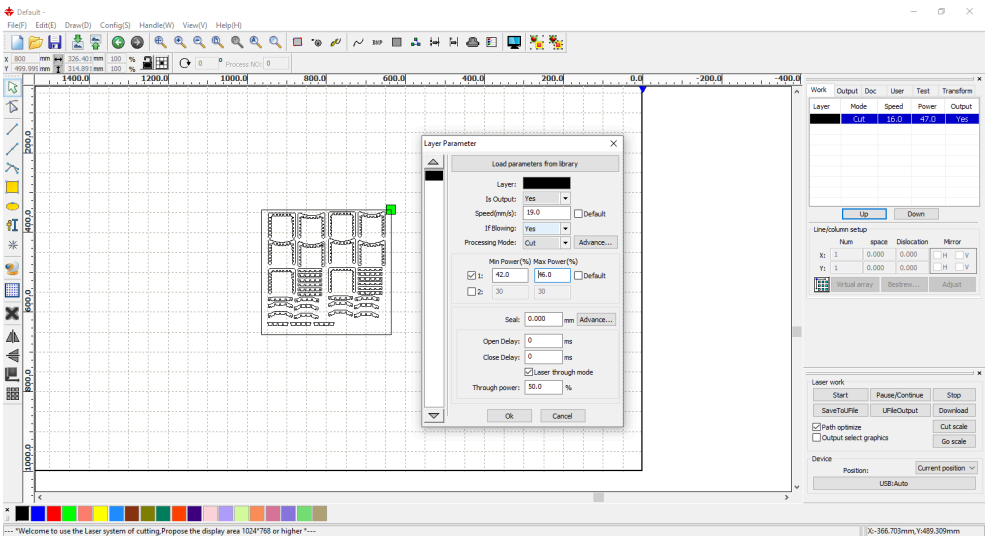
O arquivo exportado pelo *SketchChair* foi tratado no Inkscape, realizou-se uma conferência para avaliar a qualidade do arquivo entregue, após a análise, sucedeu que de fato o arquivo é de boa qualidade, contornos fechados, sem excesso de curvas, encaixes com medidas exatas, segundo Romero, essas são características importantes para a produção de uma peça por meio do corte CNC. Por outro lado, um ponto negativo é que o *SketchChair* poderia exportar no formato DXF de forma nativa, fato que reduziria o processo, uma vez que não teria a necessidade de abrir em outro programa. Visto que seria encaminhado diretamente para o programa responsável por operar a máquina de corte a laser. No caso deste estudo, foi utilizado uma máquina de corte a laser 1610, ou seja, área útil com 1600 mm x 1000 mm e tubo laser CO2 com potência nominal de 120W. Na tabela 1 é informado os parâmetros utilizados para a fabricação por meio do corte a laser. A Figura 27 apresenta a interface do RDWorks. E as Figuras 28 e 29 registram o processo de corte da maquete física.

Tabela 1 - Parâmetros de corte a laser

Material	Potência Mínima	Potência Máxima	Velocidade
MDF 3 mm Eucalipto Marca Arauco	42%	46%	19 mm / s

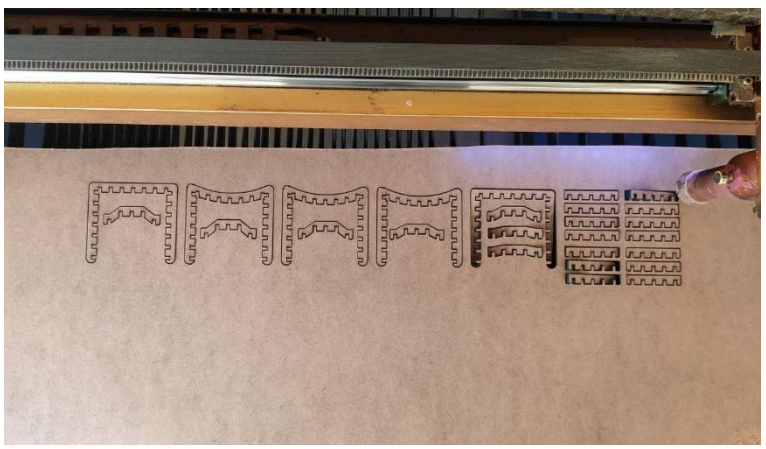
Fonte: O autor (2024)

Figura 27 - Interface RDWorks



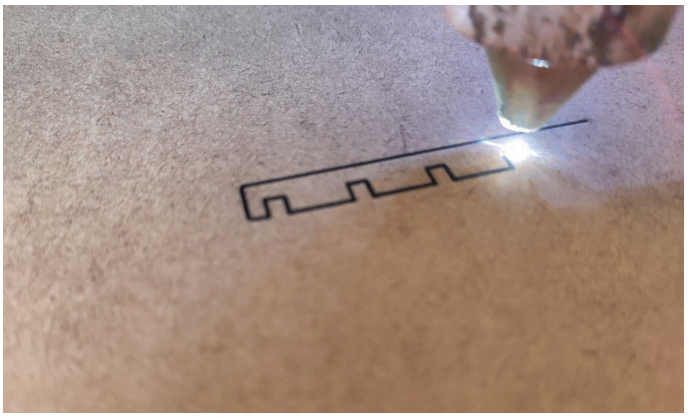
Fonte: O autor (2024)

Figura 28 - Corte do primeiro teste



Fonte: O autor (2024)

Figura 29 - Zoom corte do primeiro teste

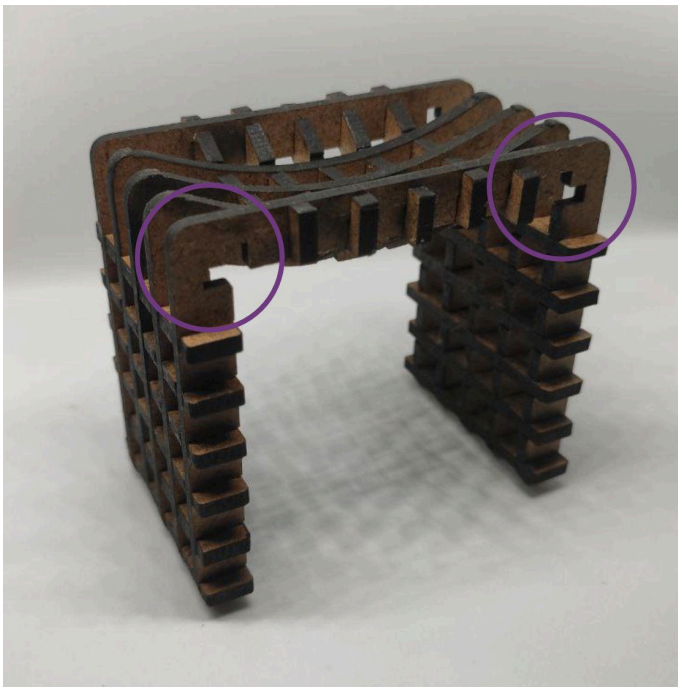


Fonte: O autor (2024)

Após o corte e montagem da maquete, Figura 30, observou-se que algumas peças se encaixam no mundo virtual, porém no mundo físico é impossível sem que haja a deformação dessas. E como a proposta é desenvolver um móvel cuja sua montagem seja fácil, rápida e racionalizada verificou-se a necessidade de mais um teste, sendo este norteado pelos princípios do manifesto maker.

> “**MUDANÇA:** Abrace as mudanças que ocorrerão naturalmente ao longo de sua jornada como maker. Como o ato de criar é fundamental para o que significa ser humano, você se tornará uma versão mais completa de si mesmo à medida que cria.” (Hatch, 2014, P.1, tradução nossa).

Figura 30 - Maquete do primeiro teste

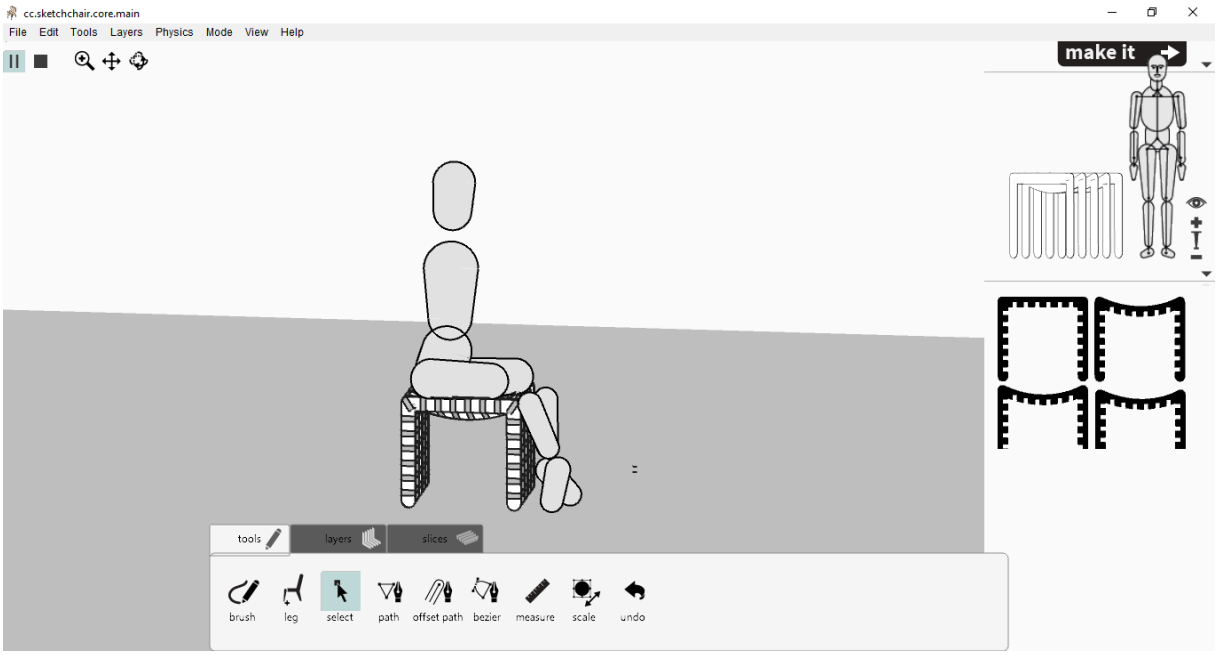


Fonte: O autor (2024)

3.6 Segundo Teste

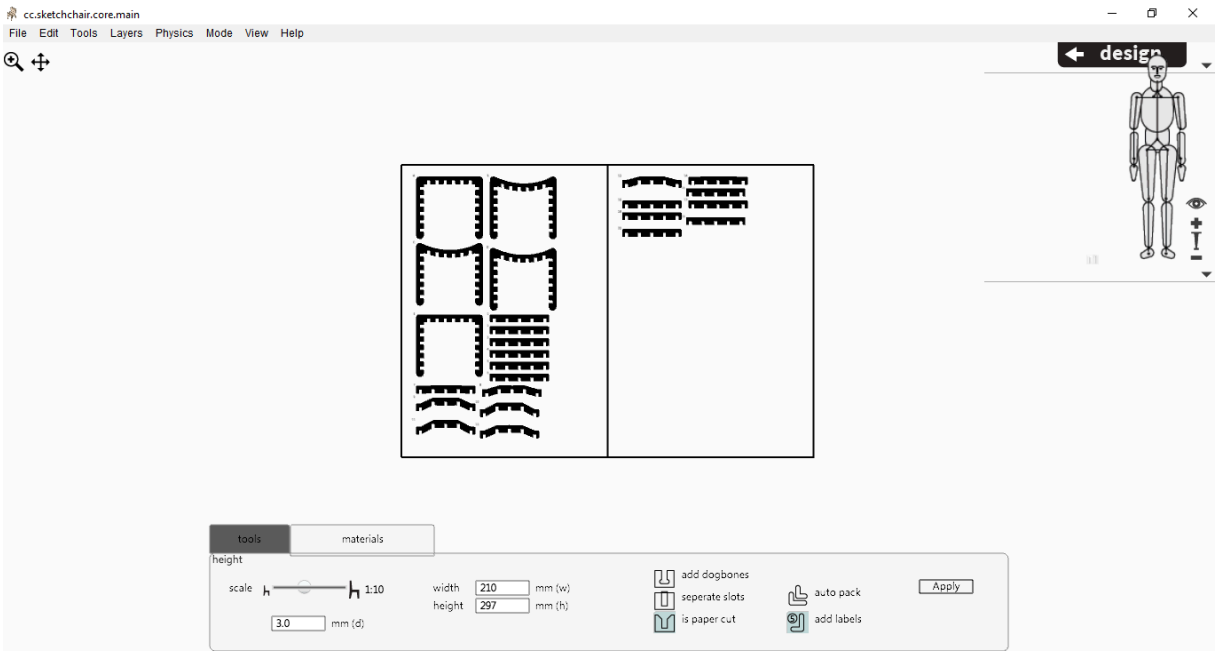
No segundo teste, Figuras 31 e 32, por outro lado, já familiarizado com a interface do programa, compreendido a lógica de construção dos encaixes, sendo que esses são gerados a partir do fatiamento do modelo 3D, o modelo é fatiado horizontalmente “slices” e verticalmente os “layers”. Logo o problema do protótipo do primeiro teste consistia que duas fatias estavam ocupando o mesmo espaço, o que é fisicamente impossível. Para solucionar esse problema foi necessário redistribuir as fatias ao longo do modelo de forma que as camadas das extremidades não recebessem duas fatias que se tocassem. Dentro do programa foi utilizado a ferramenta “edit” com uma “slice” selecionada e redistribuir ao longo do eixo. Outro ajuste feito, é a profundidade do móvel, para uma poltrona, o primeiro protótipo estava extremamente estreito.

Figura 31 - Modelagem do segundo teste



Fonte: O autor (2024)

Figura 32 - Plano de corte do segundo teste

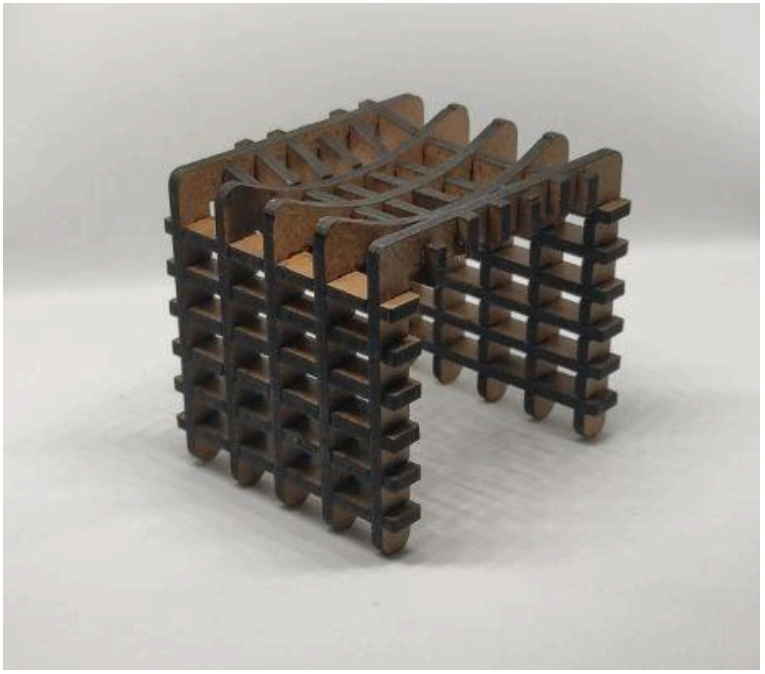


Fonte: O autor (2024)

3.7 Protótipo do Segundo Teste

Após o corte e montagem do protótipo do segundo teste, Figura 33, o resultado foi satisfatório. Um móvel relativamente robusto, típico de poltronas, com uma tipologia que resgata as nuances de um ninho de pássaros.

Figura 33 - Poltrona Nicho, maquete do segundo teste



Fonte: O autor (2024)

4 EXECUÇÃO

Para a execução em escala real 1:1, a máquina escolhida, Figura 34, é uma *CNC Router 1325L*, ou seja, possui uma mesa de trabalho com área útil de 1300 mm x 2500 mm e eixo Z com 150 mm de altura. O processo de fabricação é semelhante ao da maquete em escala reduzida. A diferença é que no corte a laser, de acordo com a empresa Trotec Laser, há um processo de corte térmico. Por outro lado, no caso da CNC Router, é utilizado fresas, um processo subtrativo mecânico Romero 2019. Dessa forma o arquivo gerado pelo programa *SketchChair* foi tratado no Inkscape, onde ocorreu a sua conversão em arquivo DXF para posteriormente ser aberto no ARTCAM 2008, programa pelo qual é criado o Código G (a linguagem que contém as informações de coordenadas X, Y e Z Romero 2019) e por fim o arquivo é aberto no Programa NCStudio. O responsável por traduzir a linguagem numérica em movimento. Para o corte da poltrona foi utilizado uma fresa de topo, corte reto com duas lâminas paralelas. Fresa específica para o corte de MDF. Becarve (2016). Na tabela 2 é apresentado os parâmetros utilizados no corte.

Tabela 2 - Parâmetros de corte CNC

Material	Rotação do Spindle	Sentido	Velocidade
MDF 15 mm Eucalipto Marca Arauco	20.000 RPM	Convencional	40%

Fonte: O autor (2024)

Figura 34 - Máquina 1325L

Fonte: Becarve (2016)

Na CNC Router, a fresa é fixada através do conjunto pinça juntamente com a porca que trava a ferramenta e permite que esta retire material ao esculpir a peça de acordo com o projeto. De acordo com a fabricante Becarve, na CNC1325L o padrão é a pinça ER20, no caso da fresa escolhida, cujo diâmetro ⅛” ou 3,175 mm é necessário uma pinça ER20 para fresa ⅛”. As Figuras 35, 36, 37 38 e 39 respectivamente apresentam os componentes.

Figura 35 - Porca para Pinça ER20

Fonte: O autor (2024)

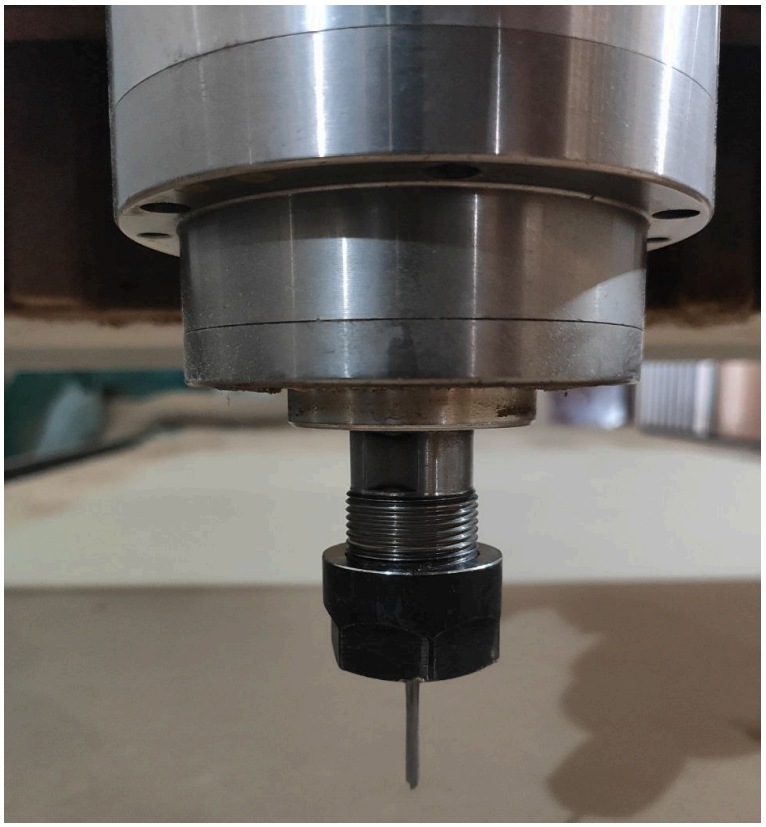
Figura 36 - Fresa topo reto ⅛ corte 22 mm

Fonte: O autor (2024)

Figura 37 - Pinça ER20 ⅛

Fonte: O autor (2024)

Figura 38 - Conjunto eixo Z CNC 1325L



Fonte: O autor (2024)

Figura 39 - CNC 1325L em operação

Fonte: O autor (2024)

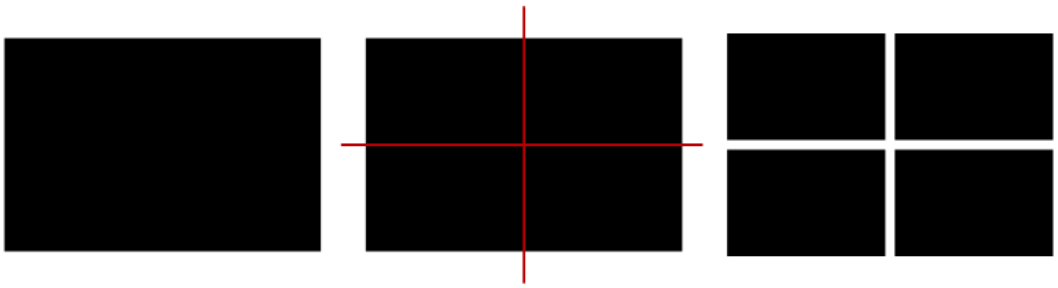
4.1 Materialidade

Para o protótipo em escala 1:1 utilizou-se o MDF com espessura de 15 mm. Segundo a fabricante Arauco, o MDF, sigla para *Medium Density Fiberboard* (painel de fibra de média densidade), é um material amplamente utilizado na indústria de móveis e construção civil devido à sua versatilidade e custo-benefício. É produzido a partir de fibras de madeira aglutinadas com resinas sintéticas, sendo submetido a alta pressão e temperatura para formar paineis homogêneos e densos. A superfície lisa do MDF permite um acabamento de alta qualidade. A sustentabilidade do MDF se deve principalmente ao uso eficiente de recursos florestais e ao processo de fabricação que aproveita resíduos de madeira que, de outra forma, seriam descartados. Além disso, muitas fábricas de MDF utilizam práticas de gestão florestal sustentável, garantindo que a madeira utilizada provém de florestas certificadas e manejadas de forma responsável. Dessa forma, a produção de MDF contribui para a redução do desperdício de madeira e promove o uso responsável dos recursos naturais. (Embrapa, 2023).

4.2 Viabilidade econômica

Na realidade de Divinópolis-MG, o custo de uma placa de MDF 15 mm colocada no endereço do maker fica em R$155,00 adquirido na Loja Marfe - Cajuru-MG. Para a confecção de uma poltrona é necessário ¾ de uma chapa inteira. A chapa mede 2750mm x 1850mm, logo a melhor medida para trabalhar na CNC 1325L ao considerar as manobras no entorno do equipamento é 1350mm x 910mm, ilustrado pela Figura 40. De acordo com a fabricante Arauco, os paineis de fibras seguem normativas internacionais e nacionais, no caso das medidas elas são determinadas de acordo com o mercado a fim de garantir menores emendas ou inexistência destas. Nessa medida é necessário considerar os descontos para fixar a chapa na mesa de trabalho bem como o desbaste referente ao diâmetro da fresa e um espaçamento de segurança para as peças não vibrarem e consequentemente soltarem da mesa Romero 2019. Na máquina de corte a laser, por ser um corte térmico, a distância entre as peças pode ser menor (Trotec Laser, 2010).

Figura 40 - Diagrama de corte

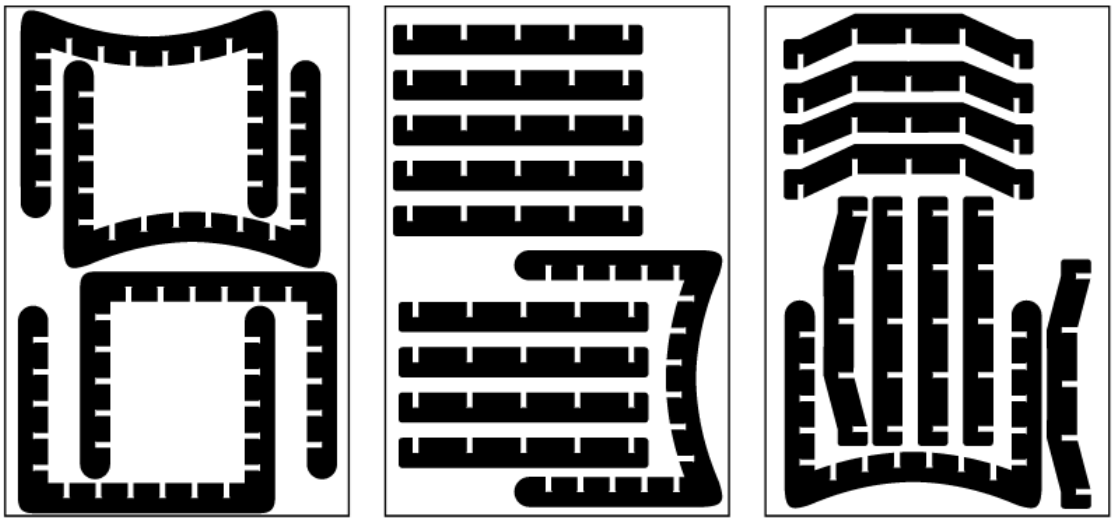


Fonte: O autor (2024)

4.3 Protótipo em escala 1:1

O plano de corte da Poltrona Ninho, Figura 41, para a sua fabricação serão necessárias três chapas na medida 1350mmx910 mm. Equivalente a ¾ de uma chapa inteira. No contexto de um *Fab Lab*, há espaços que poderiam ser aproveitados para cortar peças menores e ter uma racionalização do processo.

Figura 41 - Plano de corte Poltrona Ninho

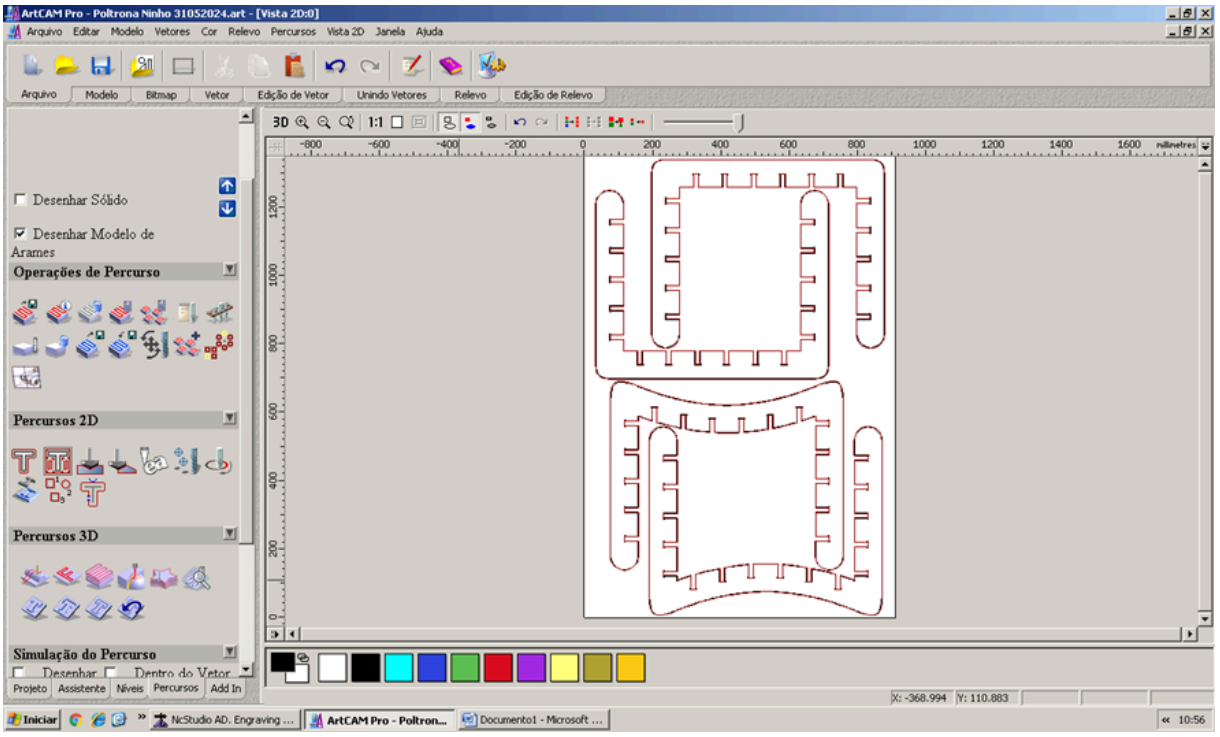


Fonte: O autor (2024)

4.4 Corte

O corte consiste em transformar o vetor criado a partir do arquivo gerado pelo *SketchChair* e tratado no Inkscape em coordenadas, ou seja, no código G. Neste trabalho, foi utilizado o fluxo de produção com o qual o autor está familiarizado e possui domínio das ferramentas. Para gerar o código G, fora escolhido o programa ArtCAM 2008, um *software* pago que foi descontinuado em 2018, mas que continua sendo amplamente utilizado na indústria. Embora existam programas open source equivalentes, sua implementação em uma linha de produção requer tempo. A pesquisa está focada nos processos de fabricação, e, neste caso, será apresentado o processo de fabricação de uma poltrona por meio de tecnologias de fabricação digital. O ArtCAM 2008, Figura 42, foi utilizado para gerar os percursos, ou seja, os caminhos que as fresas seguirão. Posteriormente, o programa NCStudio, específico para a máquina 1325L fornecido pelo fabricante, será utilizado para traduzir o código G em movimentos.

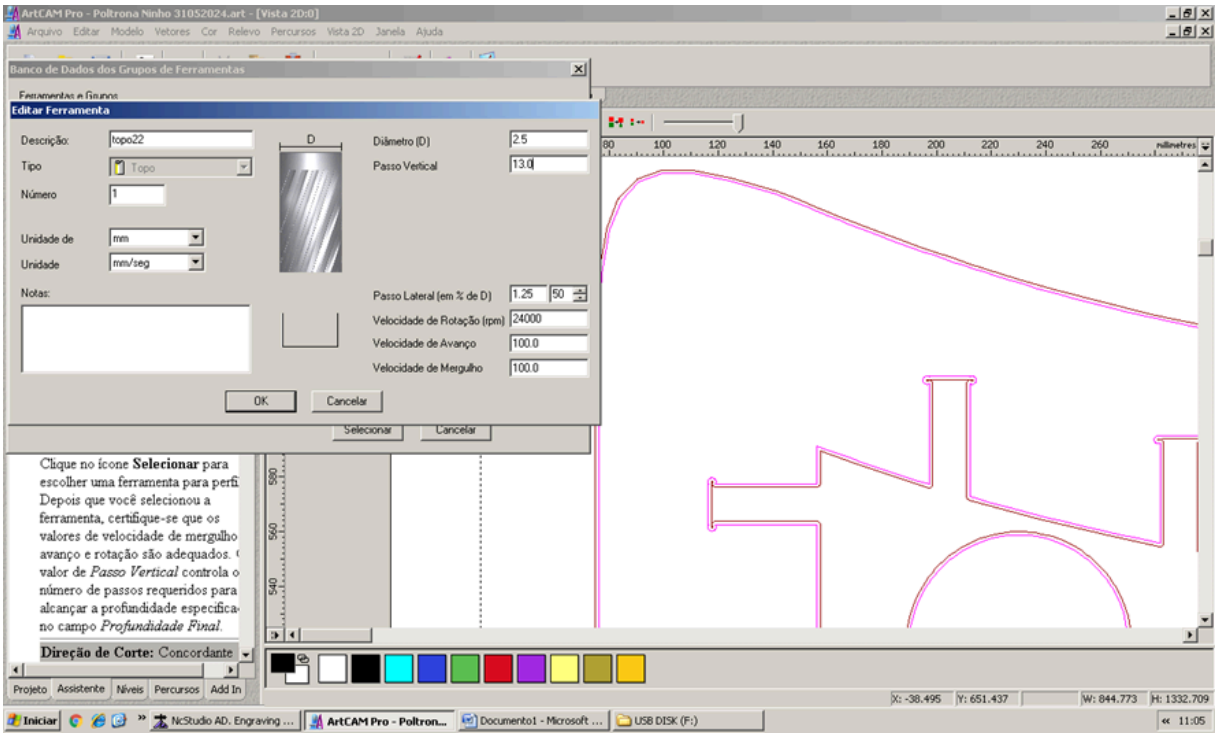
Figura 42 - Plano de corte 1



Fonte: O autor (2024)

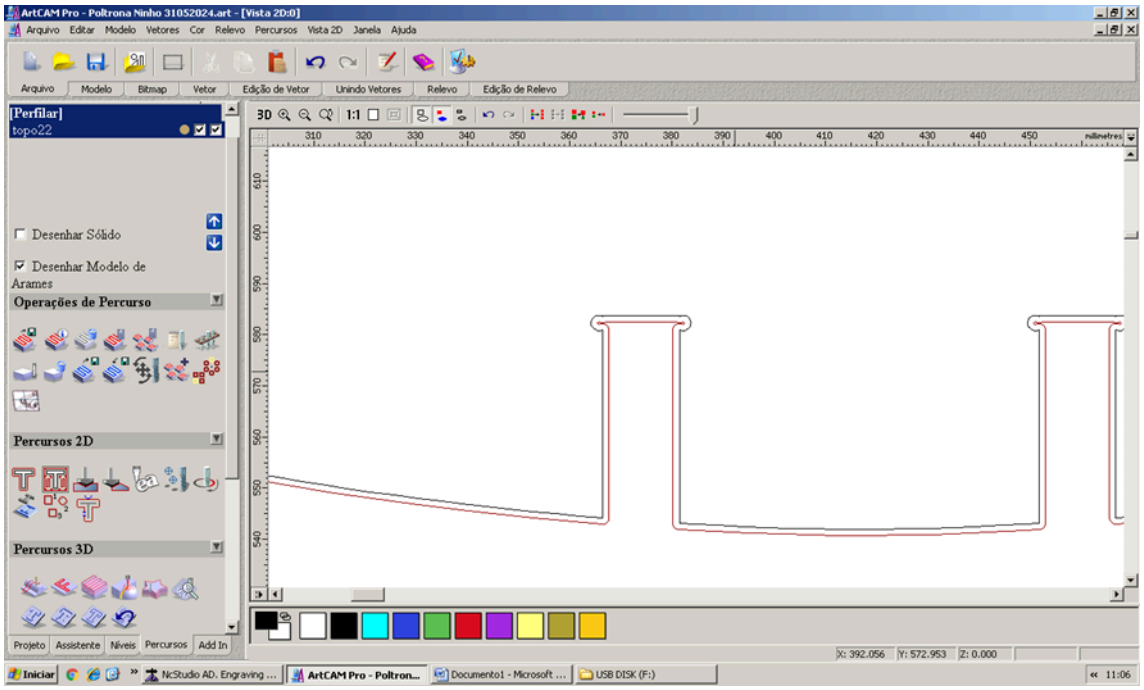
Nas Figuras 43 e 44 são apresentados os detalhes da técnica “dogbones” que consiste em arredondar as quinas para permitir o encaixe perfeito das peças.

Figura 43 - Detalhe “dogbones”



Fonte: O autor (2024)

Figura 44 - Interface ArtCAM 2008

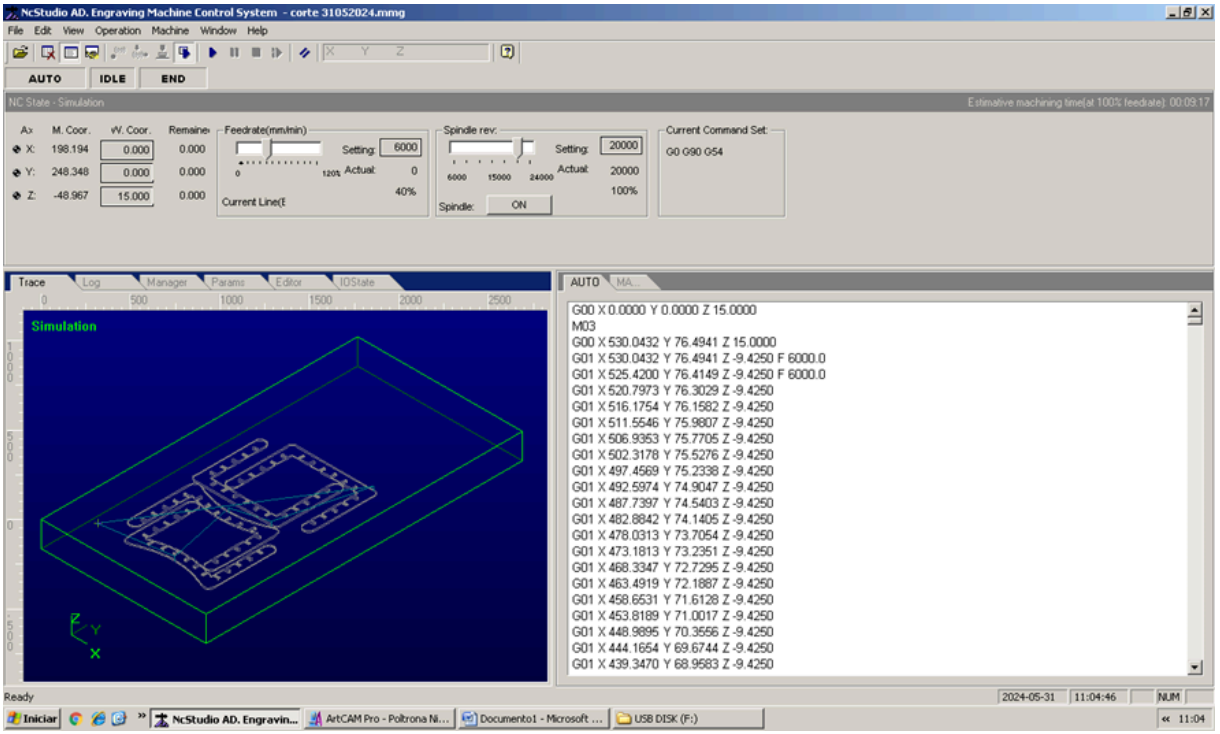


Fonte: O autor (2024)

O NCStudio é um programa específico fornecido pelo fabricante, é responsável por traduzir o código G em movimento. Por ele é possível fazer uma série de operações, tais como gerar uma simulação (Figuras 45,47 e 49) para verificar possíveis colisões

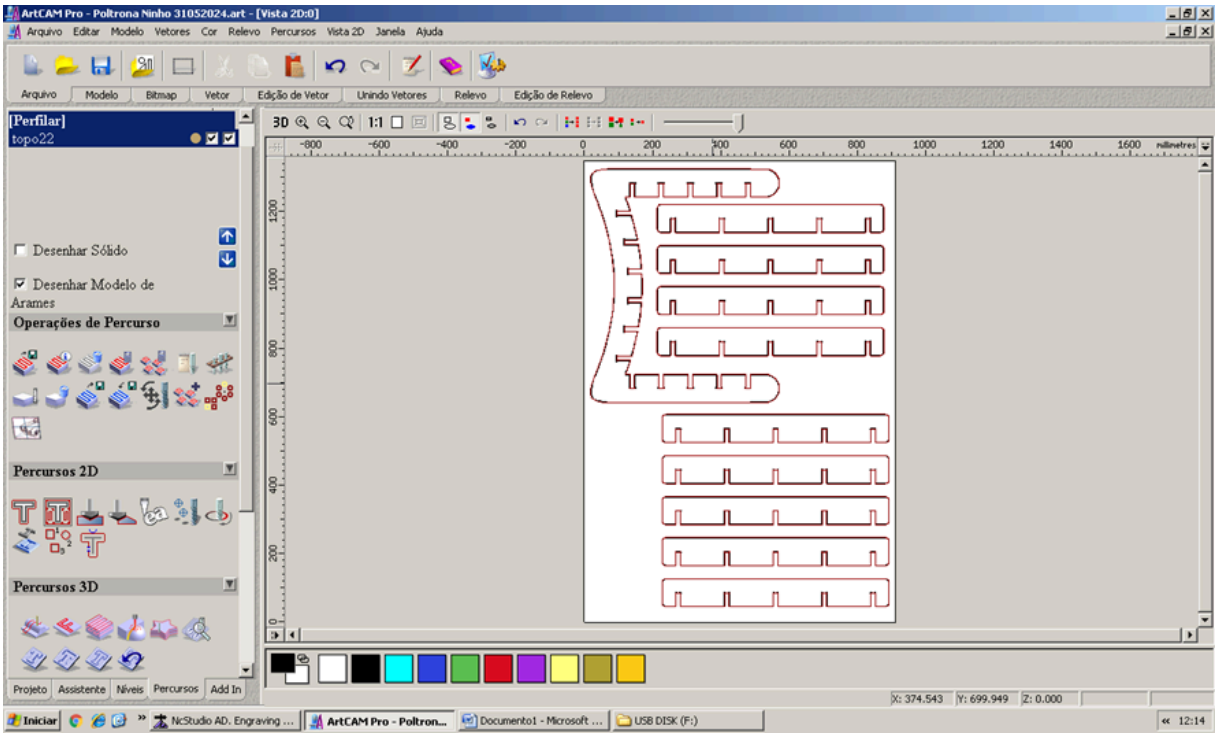
e se o percurso a ser seguido está dentro dos limites da área útil de corte da máquina. Na indústria de metal mecânica, essas simulações são extremamente importantes, pois o custo de uma fresa para metal é superior a uma para MDF.

Figura 45 - Simulação no NCStudio do plano de corte 1



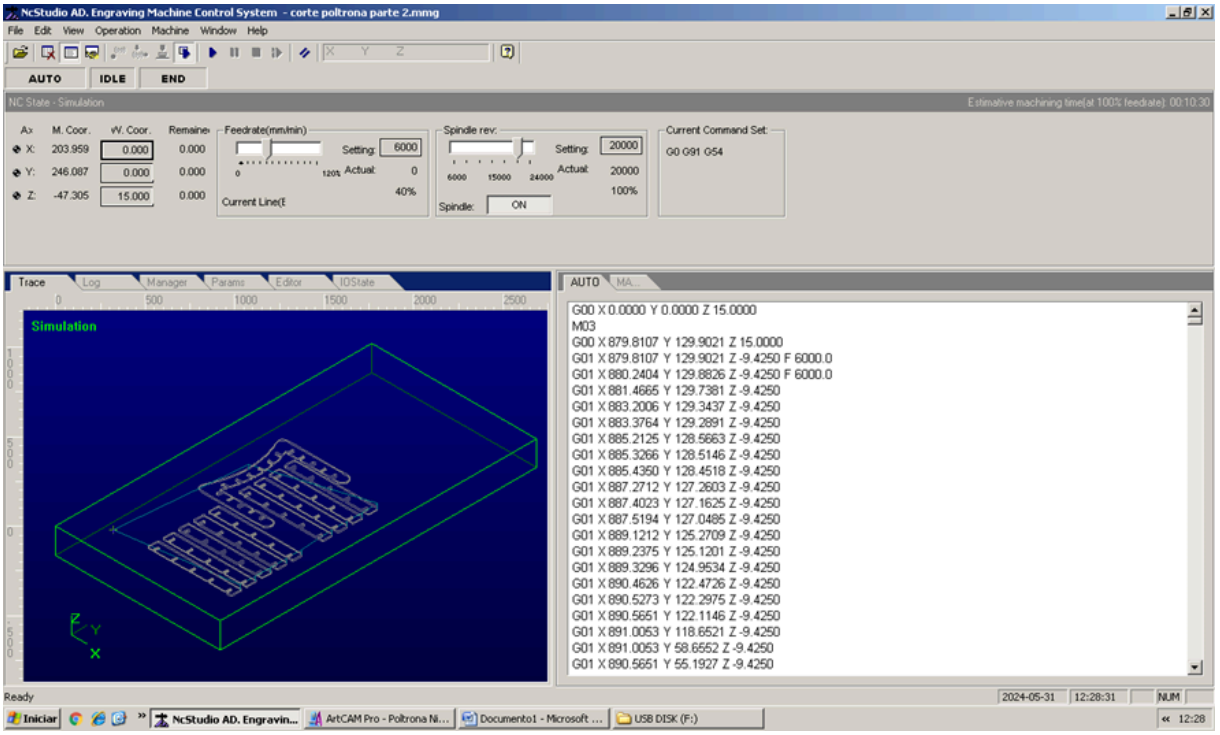
Fonte: O autor (2024)

Figura 46 - Plano de corte 2



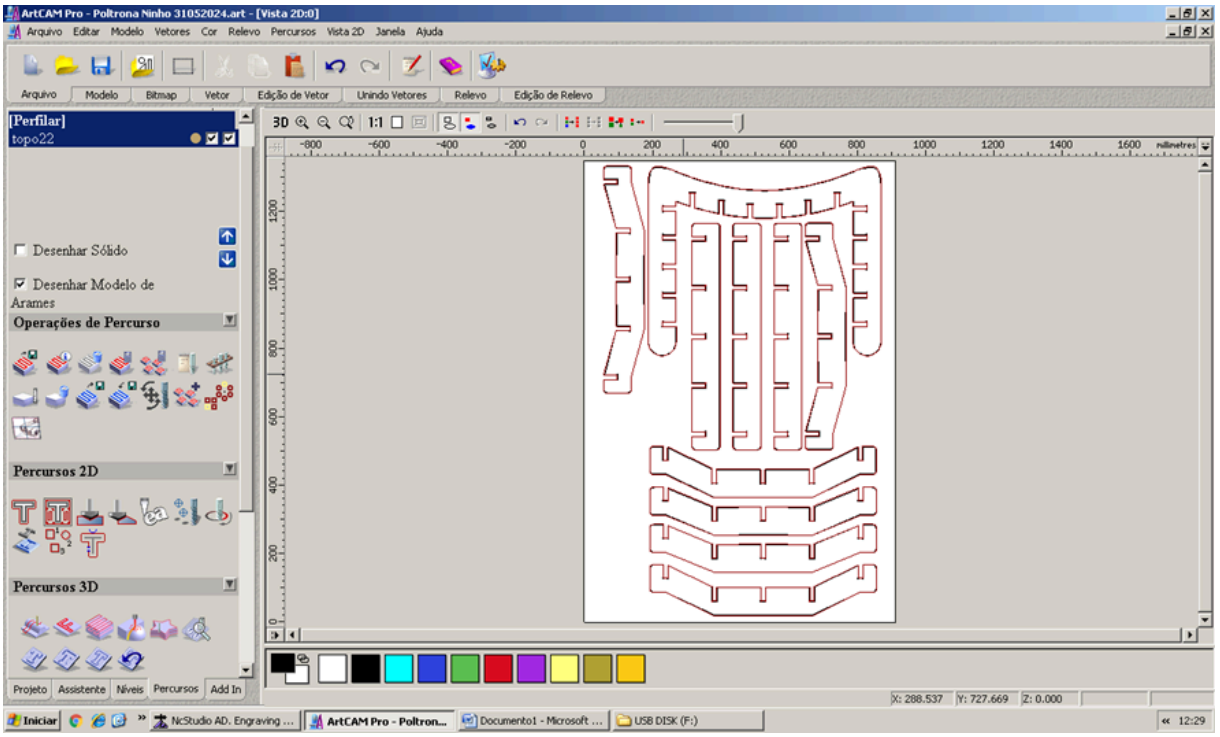
Fonte: O autor (2024)

Figura 47 - Simulação no NCStudio do plano de corte 2



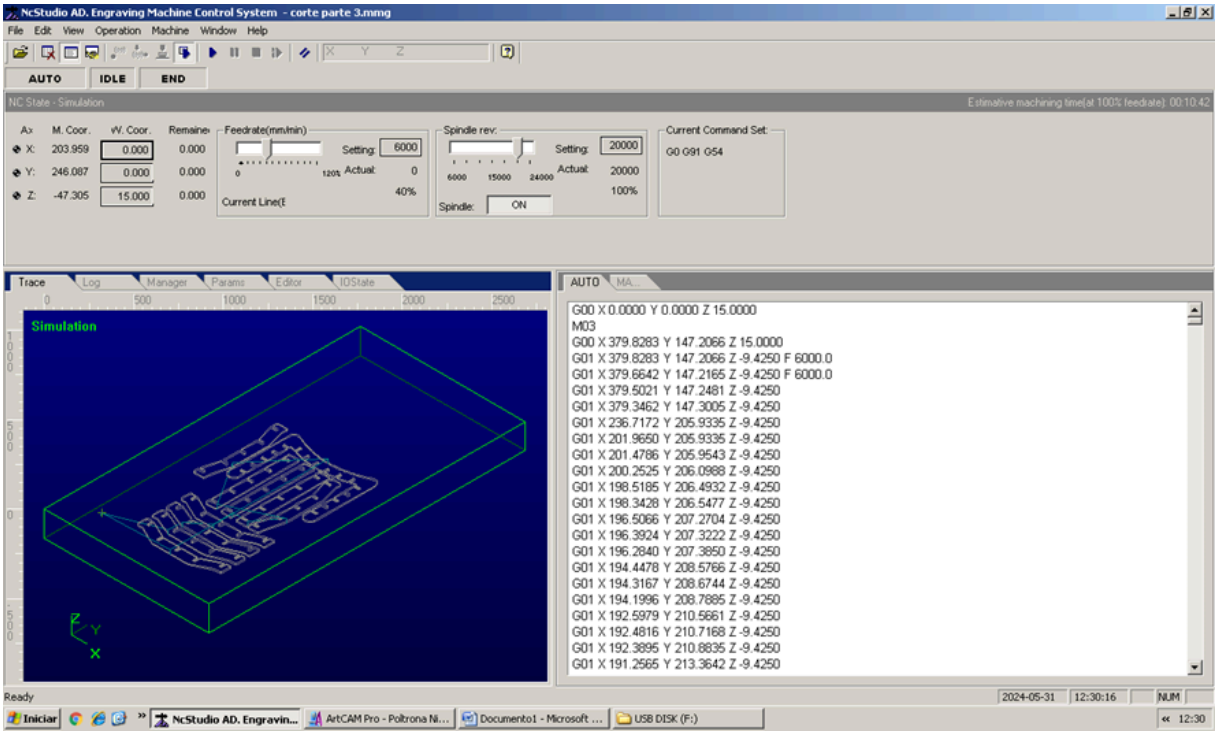
Fonte: O autor (2024)

Figura 48 - Plano de corte 3



Fonte: O autor (2024)

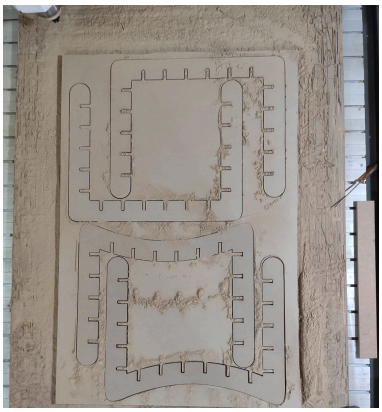
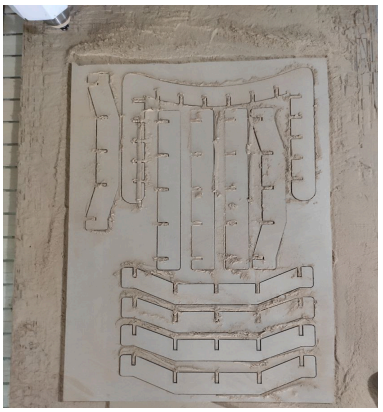
Figura 49 - Simulação no NCStudio do plano de corte 3



Fonte: O autor (2024)

O corte por meio da CNC Router é um corte limpo, desde que tenha utilizado a fresa e os parâmetros corretos. A base do MDF pode ser madeira pinus ou eucalipto. No caso deste estudo, foi utilizado o MDF de pinus da marca Arauco. É importante salientar que, embora o fabricante indique a espessura do material tenha 15 mm, não necessariamente a espessura da placa é 15mm, quase sempre, irão ocorrer pequenas variações. Portanto, sempre é necessário conferir a medida da placa por meio do paquímetro. A placa utilizada, após mensurar a sua medida, estava com 14,98 mm de espessura. Logo, ter colocado os encaixes com 15 mm irá favorecer uma montagem fácil e fluída. (Romero, 2019.). No quadro 1 constam os resultados do corte 1,2 e 3.

Quadro 1 - Resultado dos cortes

Resultado do corte 1	Resultado do corte 2	Resultado do corte 3
		

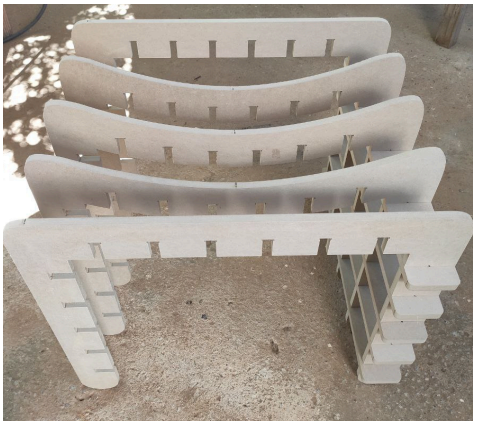
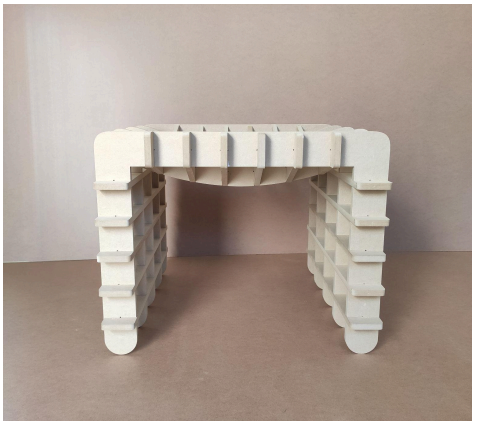
Fonte: O autor (2024

4.5 Montagem

Como os encaixes estão corretos, a montagem é fácil e fluida. Seria um problema caso tivesse algum encaixe com medida incorreta, onde seriam necessários ajustes manuais através de lixa ou glosa (Romero, 2019.). A primeira etapa é conferir a quantidade de peças e posteriormente analisar qual a melhor ordem de montagem. Por ser um produto inédito, prevalece o bom senso e a lógica dos makers de aprender fazendo. No caso da poltrona Ninho, a montagem é mais rápida ao iniciar por uma lateral, posteriormente a oposta e por fim o assento. No Quadro 2 é

informado as etapas de montagem do protótipo em escala real.

Quadro 2 - Etapas de montagem

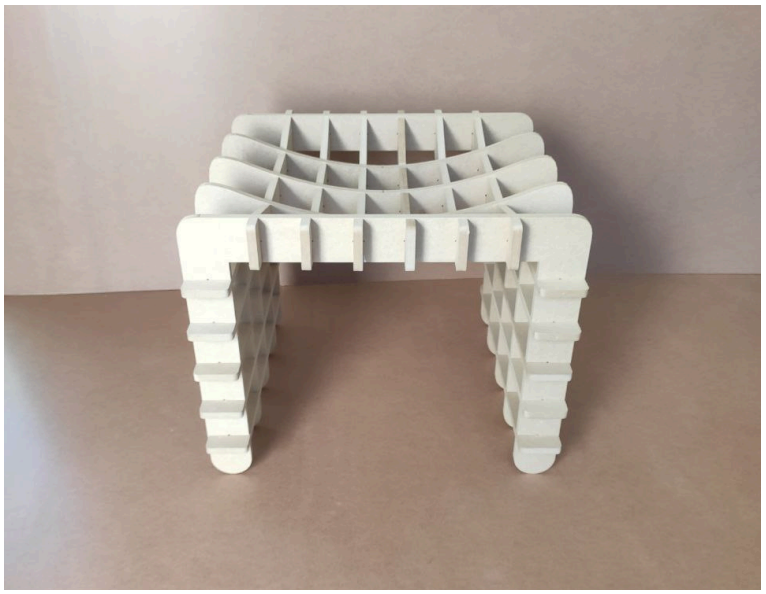
Etapa 1	Etapa 2
Etapa 3	**Etapa 4**
Etapa 5	**Etapa 6**
	

Fonte: O autor (2024

4.6 Resultado

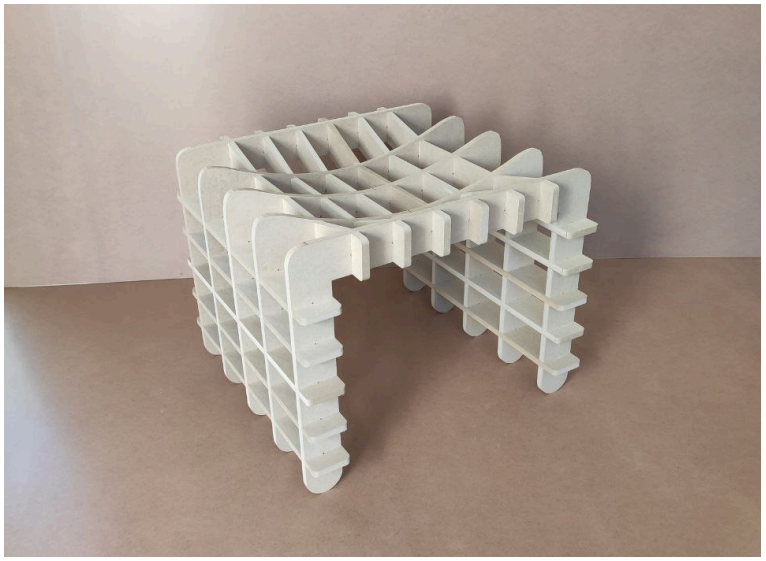
O resultado (Figuras 50, 51 e 52) é uma poltrona robusta, elegante, com design incomum, rápida de ser projetada, com custo baixo. E que pode ser replicado por outros makers, bem como ter seu design aprimorado por algum usuário de alguma plataforma Open Source Design, por exemplo a Opendesk.

Figura 50 - Resultado poltrona Ninho



Fonte: O autor (2024)

Figura 51 - Perspectiva poltrona Ninho



Fonte: O autor (2024)

Figura 52 - Zoom poltrona Ninho

Fonte: O autor (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como demonstrado por meio do estudo prático realizado e revisão da bibliografia, o *Open Source Design,* possui um importante papel para democratização da arquitetura e do design. Iniciativas no Brasil e no mundo buscam oferecer soluções sustentáveis tanto em escala arquitetônica, ao entregar moradias com boas soluções a custos reduzidos, quanto em escala de mobiliário, como exemplificado pelo *SketchChair.* A colaboração entre usuários não apenas potencializa soluções, também abre possibilidades para a personalização e adaptação. Além disso, as tecnologias de fabricação digital estão cada vez mais acessíveis, tanto do ponto de vista econômico quanto técnico. Seu uso, por meio dos *Fab Labs*, alinhado ao ensino de arquitetura e design, possibilitará a criação de novas soluções para os problemas contemporâneos, bem como a capacitação de novos profissionais para liderar equipes multidisciplinares para a operação de grandes maquinários de fabricação digital. Seria um estudante de arquitetura e design, o futuro profissional mais apto a liderar ou até mesmo operar tais maquinários? Neste contexto, os arquitetos e designers, com sua capacidade de transitar entre a criação e a fabricação, e seu conhecimento em *softwares* de diversas áreas, estão particularmente bem posicionados para aproveitar essas tecnologias e serem os profissionais como marco zero. Porém, mesmo com os grandes avanços tanto em novas soluções *Open Source Design* e tecnologias de fabricação digitais, há um longo caminho a ser vencido, a começar na sala de aula, onde é necessário que os professores de arquitetura e design incentivem o uso dessas novas tecnologias, bem como os próprios estudantes comecem a trabalhar com os conceitos de *Open Source Design,* visto que é comum, a análise de que não irá ganhar dinheiro por não receber pelo projeto, mas que por mais que seja uma licença livre é possível capitalizar como é o caso do arquiteto brasileiro Denis Fujii ao ganhar notoriedade com a disponibilização da Cadeira Valovi na plataforma Opendesk. Por fim, ao levar em consideração que o consumidor final está cada vez mais informatizado, ele está apto para ser ativo no processo de produção para criar um móvel, por exemplo, no *SketchChair.* Neste programa, por meio de uma interface intuitiva, ele pode personalizar e adaptar o móvel de acordo com as suas necessidades. Posteriormente encaminhar para um fabricante local onde este receberá os ajustes necessários para a viabilização do projeto e por último compartilhar esse arquivo em uma comunidade *Open Source.*

REFERÊNCIAS

ALVES, G. **Arquitetura de Software.** Inkscape. Disponível em: https://joaoarthurbm.github.io/arqsoft-blog/posts/inkscape/. Acesso em: 8 set. 2024.

ANDERSON, C. **Makers: The New Industrial Revolution.** 1. ed. Nova Iorque: Crown Business, 2012.

BADANI, A. **Open source a serviço da Inteligência Artificial (IA).** Disponível em: https://www.redhat.com/pt-br/blog/bringing-open-source-way-ai. Acesso em: 13 set. 2024.

BALLERINI, F**. Fabricação Digital: uma Apropriação Crítica.** 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

BAMBULAB. **Bambu Lab A1 3D Printer.** Disponível em: https://eu.store.bambulab.com/products/a1. Acesso em: 30 maio 2024.

BECARVE**. Becarve Mechanical and Electrical Equipment.** Disponível em: https://www.becarvemachinery.com/pd.jsp?id=11&fromColId=0#_pp=0_388_9. Acesso em: 23 set. 2024.

CAFFREY, T.; WOHLERS, T. **Additive manufacturing state of the industry.** 154, p. 67-78, 2015.

CHRYSSOLOURIS, G. **Laser Machining: Theory and Practice.** 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2013.

COFFLAND, J. **CAMOTICS.** Disponível em: https://camotics.org/#about. Acesso em: 16 set. 2024.

CNCCOOKBOOK. **CNC End Mill Ultimate Guide.** Disponível em: https://www.cnccookbook.com/cnc-end-mill-guide/. Acesso em: 23 set. 2024.

CRAFTSMANSPACE. **CNC machine DIY plans and build instructions.** Disponível em:https://www.craftsmanspace.com/free-projects/cnc-machine-diy-plans-and-build-instructions.html. Acesso em: 30 maio 2024.

CUFF, D. **Architecture: The Story of Practice.** 1. ed. Massachusetts: MIT Press, 1992.

DARDI**. Máquina de Corte com Jato de Água Abrasivo.** Disponível em: https://www.dardi.com.br/maquina-corte-jato-agua-abrasivo. Acesso em: 30 maio 2024.

DIJET INDUSTRIAL. **Cutting and mold tool manufacturer.** Disponível em: https://www.dijet-tool.com/en.html. Acesso em: 13 set. 2024.

DOMESTIKA. **Introdução ao design de móveis com router CNC.** Disponível em: https://www.domestika.org/pt/courses/1079-introducao-ao-design-de-moveis-com-router-cnc. Acesso em: 30 maio 2024.

DOMESTIKA. **Introdução ao open source design para fabricação de móveis.** Disponível em: https://www.domestika.org/pt/courses/3143-introducao-ao-open-source-design-para-fabricacao-de-moveis. Acesso em: 17 set. 2024.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.** [S.l.]: Wiley Publishing, 2008.

EMBRAPA. **Madeira Sustentável para um Mundo Sustentável.** Disponível em: https://www.embrapa.gov.br/web/portal/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/busca-de-noticias/-/noticia/84450957/madeira-sustavel-para-um-mundo-sustentavel-da-fao-e-tema-de-evento-latino-americano?p_auth=EyPbzgUf. Acesso em: 13 set. 2024.

FJELDSTED, A. S. et al. **Open Source Development of Tangible Products.** NordDesign, Aalborg, Dinamarca, 2012.

GERSHENFELD, N. **FAB: The Coming Revolution on Your Desktop - from Personal Computers to Personal Fabrication.** Nova Iorque: Basic Books, 2005.

GERSHENFELD, N. **How to make almost anything: The digital fabrication revolution.** Foreign Affairs, v. 91, n. 43, 2012.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKY, G. D. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing.** 2. ed. Springer, 2015.

GOODFELLOW, I. et al. **Deep Learning.** MIT Press, 2016. Disponível em: MIT Press.

HATCH, M. **The maker movement manifesto.** Nova Iorque: McGraw-Hill, 2014.

KAGERMANN, H. et al. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI Nachrichten, 2013.

LASERBRASILCNC. **Tubo Laser CO2 50 Watts.** Disponível em: https://www.laserbrasilcnc.com.br/suprimentos/tubo-laser-co2-50-watts/. Acesso em: 30 maio 2024.

LIMA, C. S.; ROCHA, B. M. **Open design: Compartilhamento e democratização nas práticas de projeto.** Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 15, n. 3, p. 6-17, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.11606/gtp.v15i3.166815.

LIPSON, H.; KURMAN, M. **Fabricated: The New World of 3D Printing.** Indianapolis: John Wiley & Sons, 2013.

MYCGRAPHICS. **Manufacturing Services - MYC Graphics.** Disponível em: https://www.mycgraphics.com/manufacturing-services/. Acesso em: 30 maio 2024.

MWINUKA, T. E.; MGWATU, M. **Tool selection for rough and finish CNC milling operations based on tool-path generation and machining optimisation.** Advances in Production Engineering & Management, v. 10, p. 18-26, 2015. doi:10.14743/apem2015.1.189.

OVERBY, A. **CNC Machining Handbook: Building, Programming, and Implementation.** McGraw-Hill Education, 2010.

OPENDESK. **Furniture designed for inspiring workplaces.** Disponível em: https://www.opendesk.cc/. Acesso em: 17 set. 2024.

POWELL, J. **CO2 Laser Cutting.** 1. ed. Nova Iorque: Springer, 2013.

RAYMOND, E. **The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary.** 1. ed. Sebastopol: O'Reilly & Associates, 1999.

RDWorks. **RDWorks.** Disponível em: https://rdworks.software.informer.com/8.0/. Acesso em: 23 set. 2024.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence: A Modern Approach.** 4. ed. Pearson, 2020.

ROEL, P. **Análise do processo de fresamento de MDF em centro de usinagem CNC.** Disponível em: https://repositorio.unesp.br/items/89a060cb-c9a1-4725-8733-88cf299d4045/full. Acesso em: 23 set. 2024.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Resposta Técnica 51702.** Disponível em: https://respostatecnica.org.br/busca/osb-e-compensado-naval/19239/tecnica. Acesso em: 20 maio 2024.

SAUL, G.; LAU, M.; MITANI, J.; IGARASHI, T. **SketchChair: an all-in-one chair design system for end users.** In: PROCEEDINGS of the fifth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction (TEI '11). Association for Computing Machinery, New York, USA, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1145/1935701.1935717. Acesso em: 23 set. 2024.

SCHEEREN, R. **Fabricação digital na América do Sul: laboratórios, estratégias, processos e artefatos para o design, a arquitetura e a construção.** São Carlos: UFSCar, 2021.

SMITH, D. K.; TARDIF, M. **Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers.** 1. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

STALLMAN, R. **Free Software, Free Society: Selected Essays of Richard M. Stallman.** Boston: GNU Press, 2002.

STEEN, W. M.; MAZUMDER, J. **Laser Material Processing.** 4. ed. Springer, 2010.

TURCK, M. AI. **Full Steam Ahead: The 2024 MAD** (Machine Learning, AI & Data) Landscape. Disponível em: https://mattturck.com/MAD2024/. Acesso em: 17 set. 2024.

TROTEC LASER. **How Laser Cutting Works.** Disponível em: https://www.troteclaser.com/en/laser-machines/laser-cutters/. Acesso em: 30 maio 2024.

WIKIHOUSE. **História**. Disponível em:https://www.wikihouse.cc/. Acesso em: 30 maio 2024.

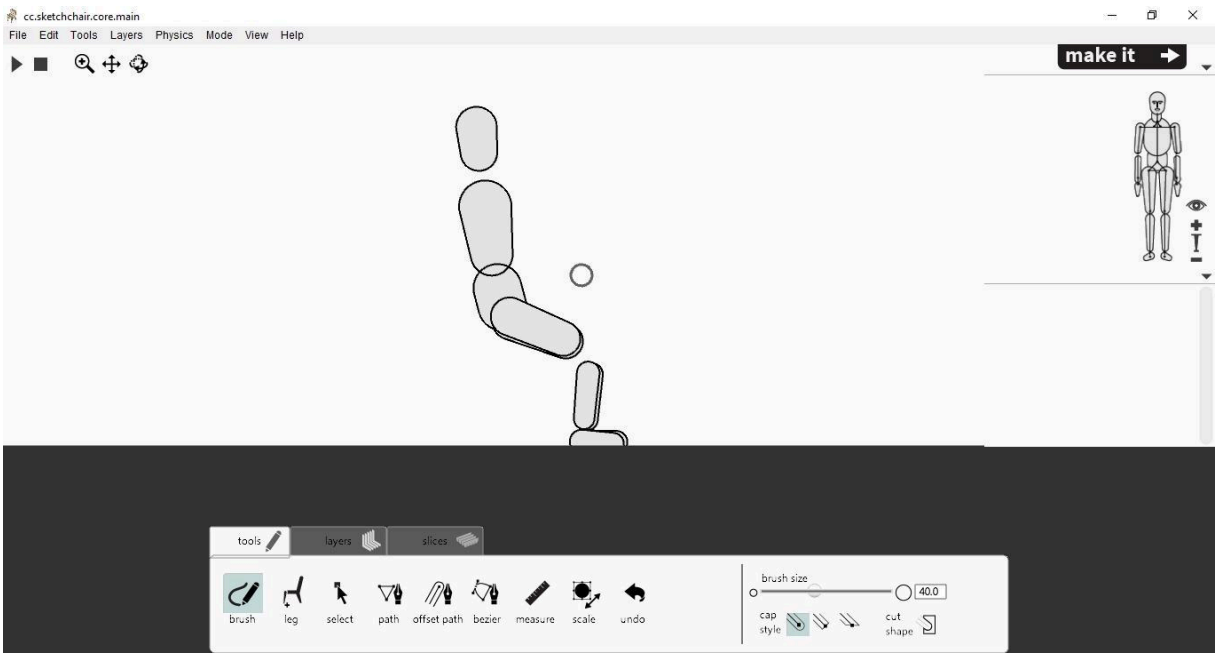
WIKI FREECAD. **História** - FreeCAD Documentation. Disponível em: https://wiki.freecad.org/History/pt-br#Como_tudo_come%C3%A7ou. Acesso em: 8 set. 2024.

APÊNDICE A – SKETCHCHAIR

1.0 Interface

O *SketchChair* possui uma interface simples (Figura 53), limpa e intuitiva. Para um usuário familiarizado com uma interface com um programa de design nota que todas as ferramentas são imageticamente e funcionalmente semelhantes aos programas Inkscape, CorelDRAW e Ilustrator. Mesmo que seja um usuário que não tenha domínio de nenhuma ferramenta de design, mas que saiba utilizar um eletrônico, por exemplo, um tablet consegue facilmente começar os primeiros esboços e entender como a ferramenta funciona. (Saul *et al*., 2020).

Figura 53 - Interface do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

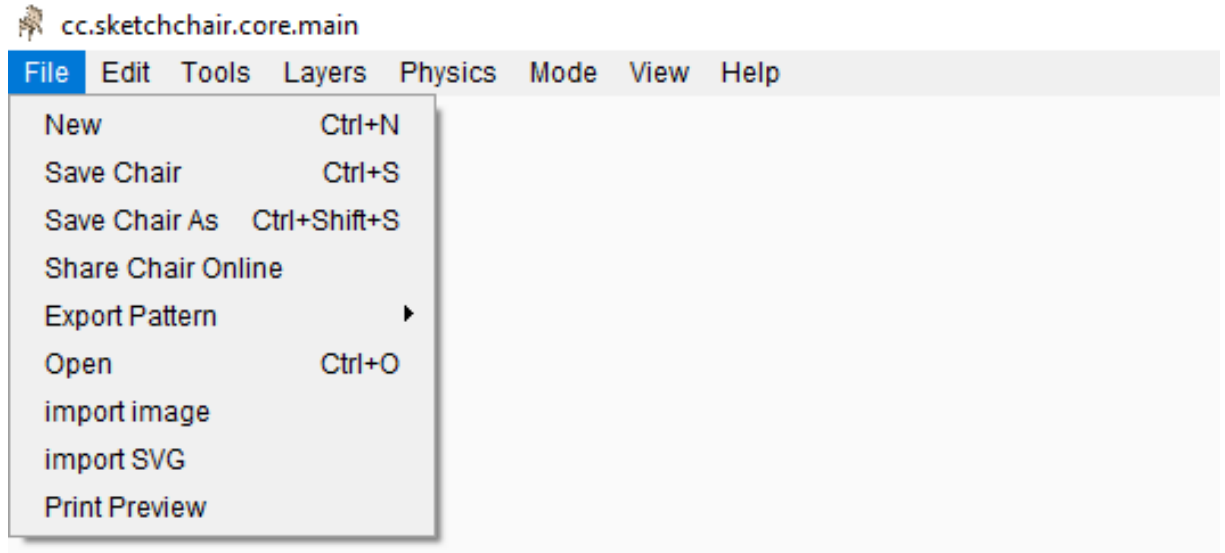
1.1 Menus

Conjunto de opções que o usuário pode acessar novos arquivos, carregar um projeto, exportar um projeto em formatos variados. Figuras 54 e 55. Acessar, ferramentas, camadas, alternar entre modos disponíveis, bem como opções de visualização do modelo. (Saul et al., 2020).

Figura 54 -Menus do SketchChair

Fonte: O autor (2024)

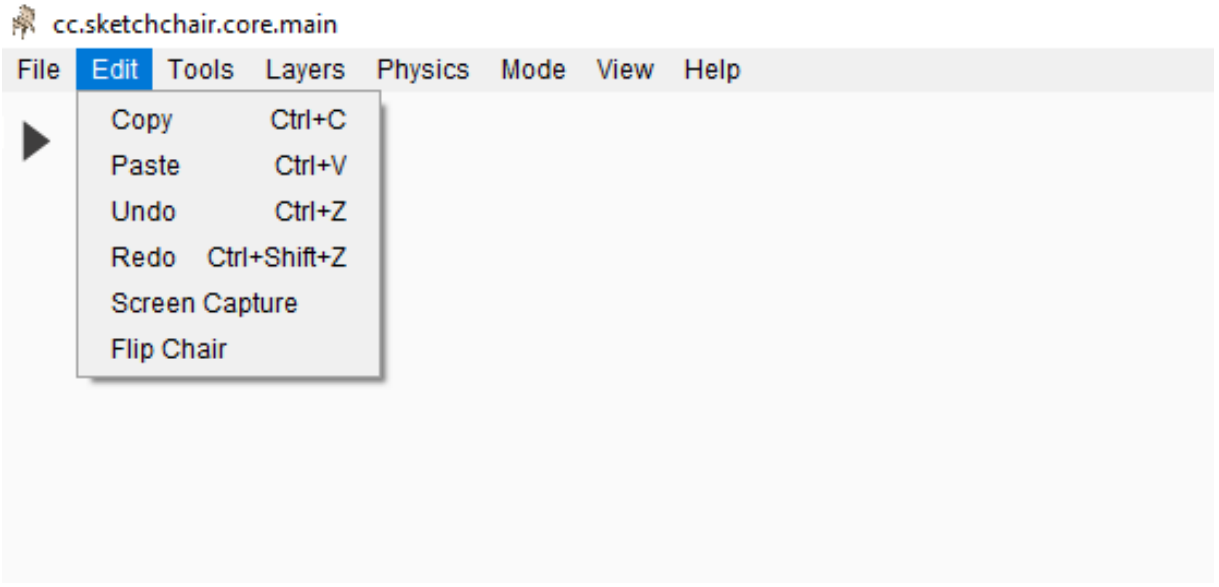
Figura 55 - Menu File do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No menu “Edit”, Figura 56, o usuário pode copiar, colar, fazer um print da tela, bem como espelhar a cadeira.

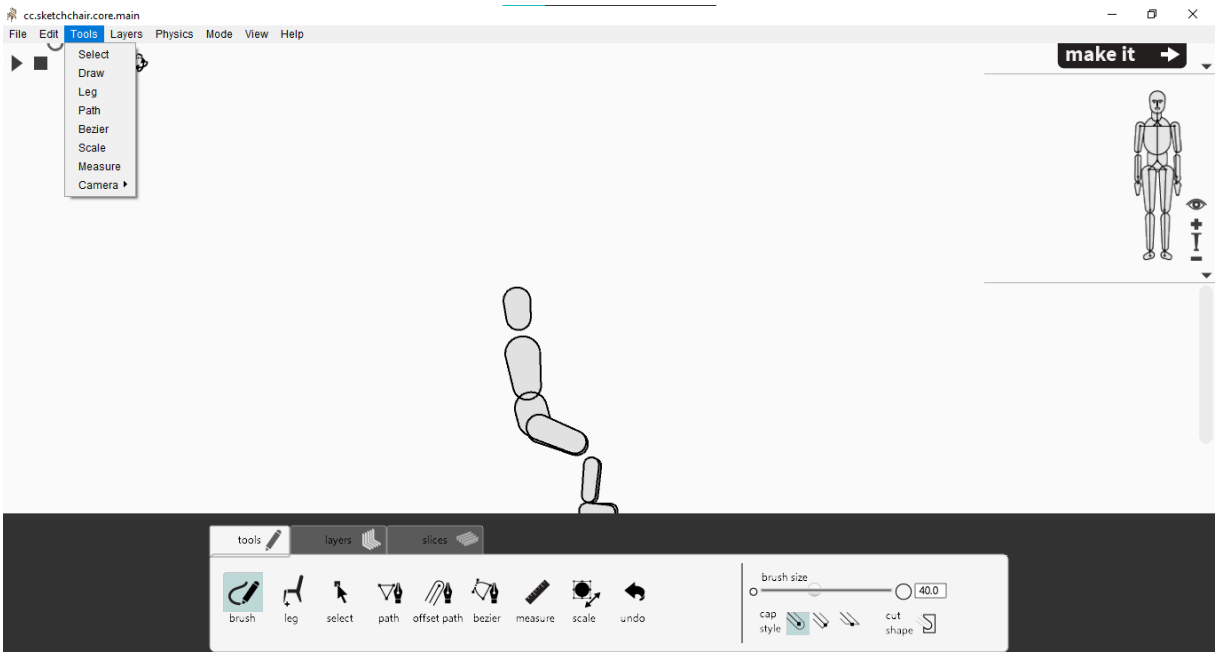
Figura 56 -Menu Edit do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No menu “Tools”, Figura 57, o usuário tem acesso ao conjunto de ferramentas de desenho, ferramentas para de fato fazer o projeto, desenhar o esboço.

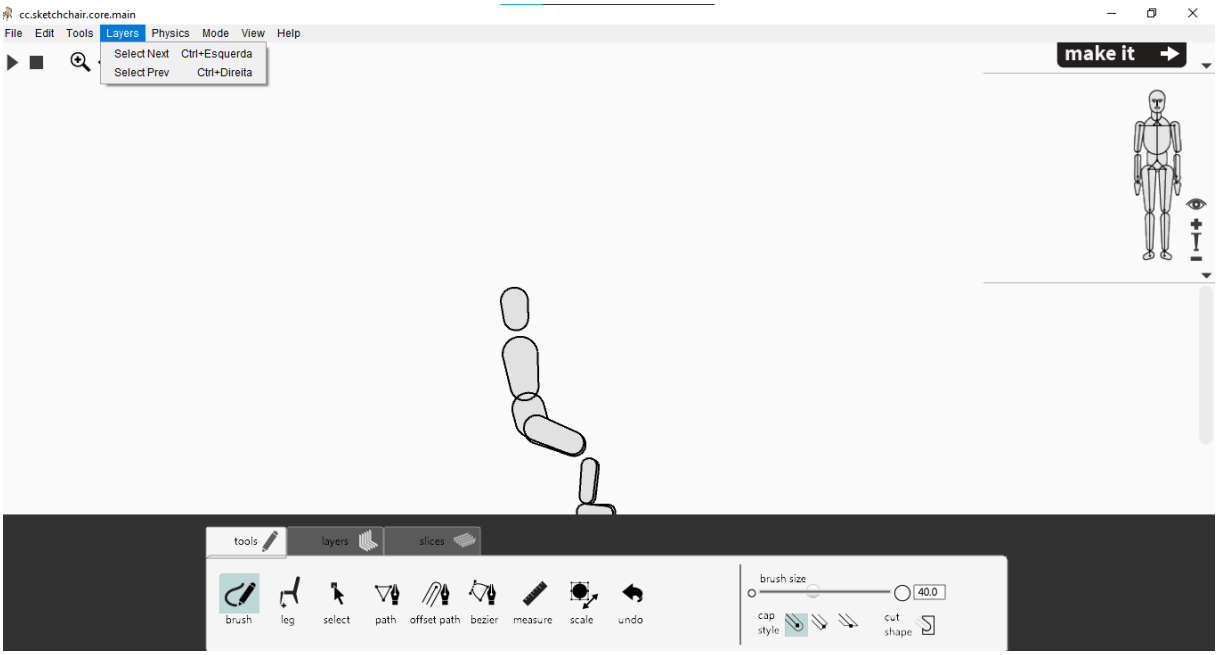
Figura 57 -Menu Tools do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No menu “Layers”, Figura 58, por outro lado, o usuário tem acesso às camadas da cadeira. O programa funciona como produto de um fatiamento resultado de planos verticais e horizontais. Logo, o usuário tem a opção de modificar a geometria de camadas mais externas ou internas. Aumenta dessa forma as possibilidades de personalizar o design desejado. (Saul *et a*l., 2020).

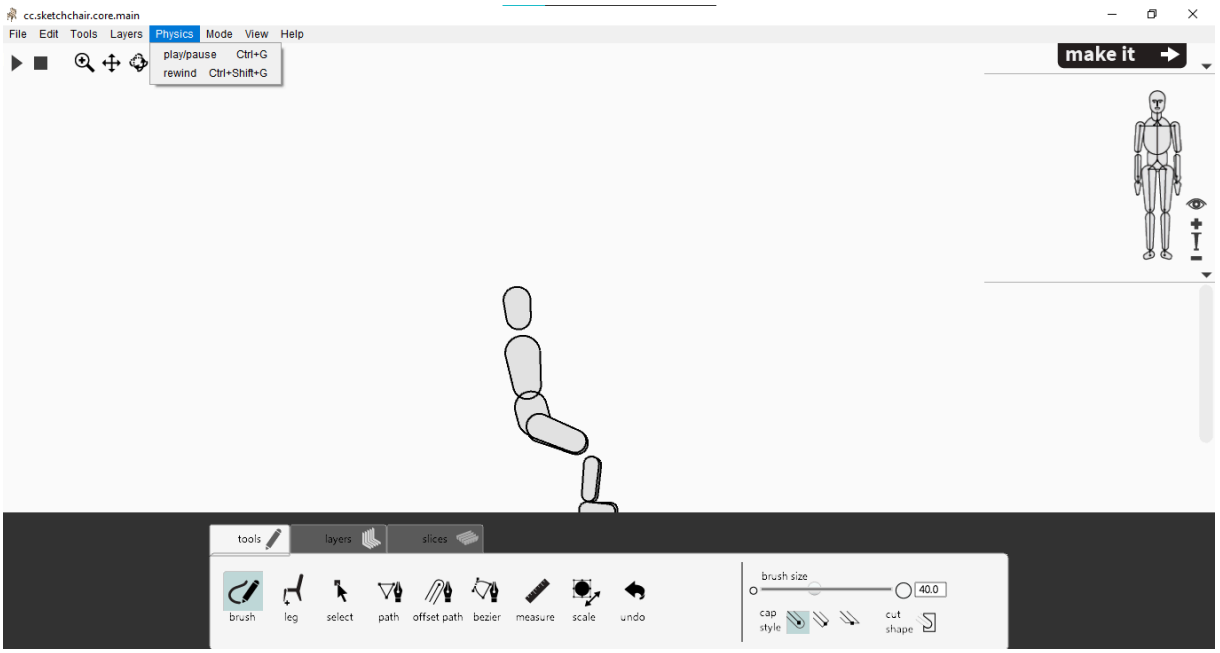
Figura 58 - Menu Layer do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

De acordo Saul et al no menu “Physics”, Figura 59, o usuário tem acesso a uma funcionalidade que é um dos grandes diferenciais do programa que é a capacidade de simular o comportamento físico do móvel projetado. E para tal, há uma escala humana que é adaptável em peso, altura e idade o que potencializa os estudos de ergonomia, bem como aumenta a possibilidade de um desenho mais assertivo enquanto função e estabilidade do móvel.

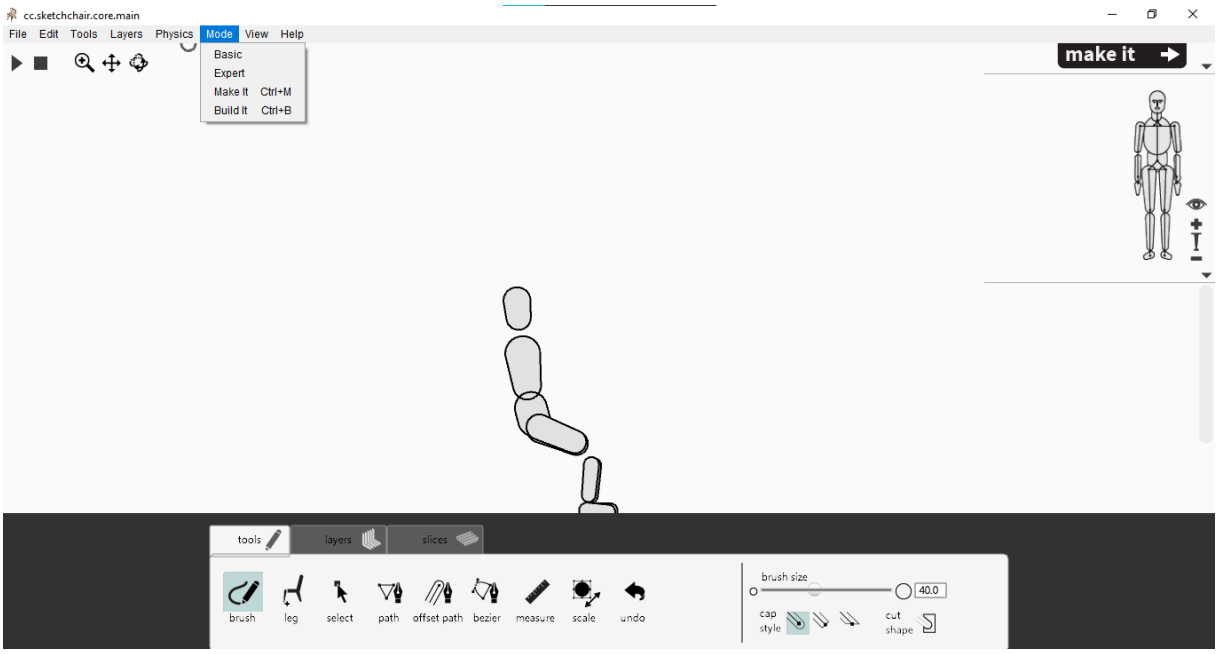
Figura 59 - Menu Physics do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No “Mode”, Figura 60, o usuário pode alternar nos modos “Basic”, “Expert” bem como acessar as abas “Make” e “Build”. A diferença entre os modos “Basic” e “Expert”, como o próprio nome sugere, são as quantidades de ferramentas de precisão que logicamente aumenta a precisão do projeto, bem como potencializa a capacidade de personalizar o móvel. (Saul *et al*., 2020)

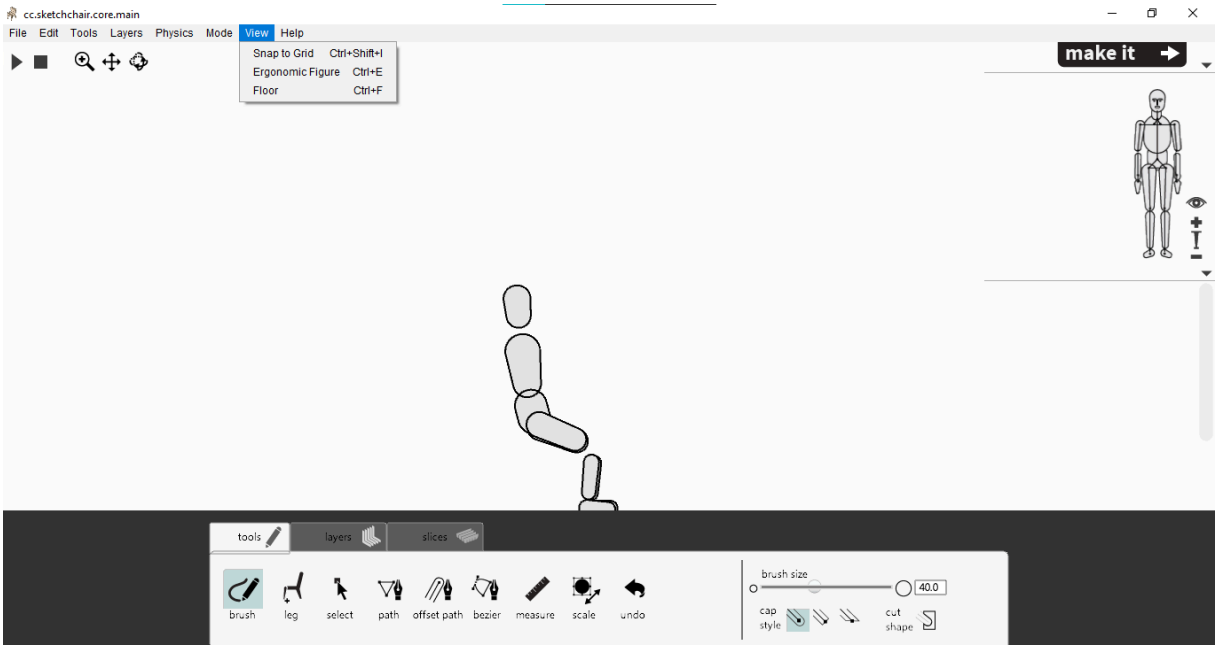
Figura 60 - Menu Mode do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No menu “View”, Figura 61, o usuário pode escolher se ativa o piso, a escala humana, bem como ativar o grid para facilitar o processo de desenho do móvel.

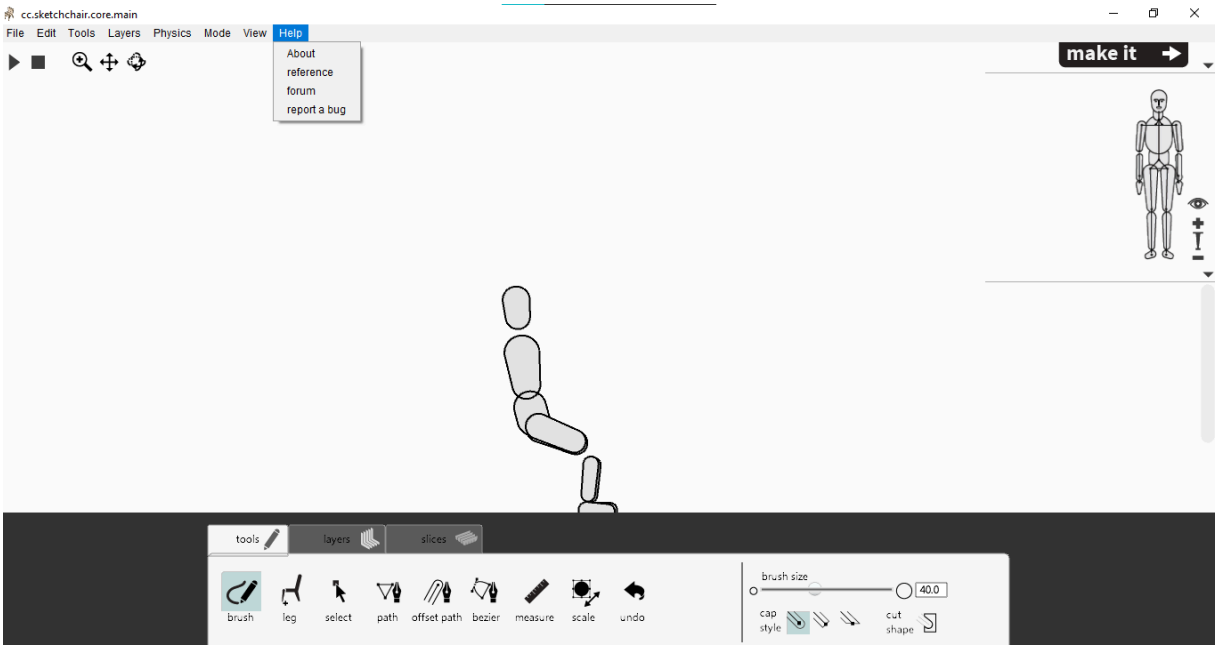
Figura 61 - Menu View do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No menu “Help”, Figura 62, o usuário acessa a comunidade, fórum, bem como tem espaço dedicado a relatar bugs do programa.

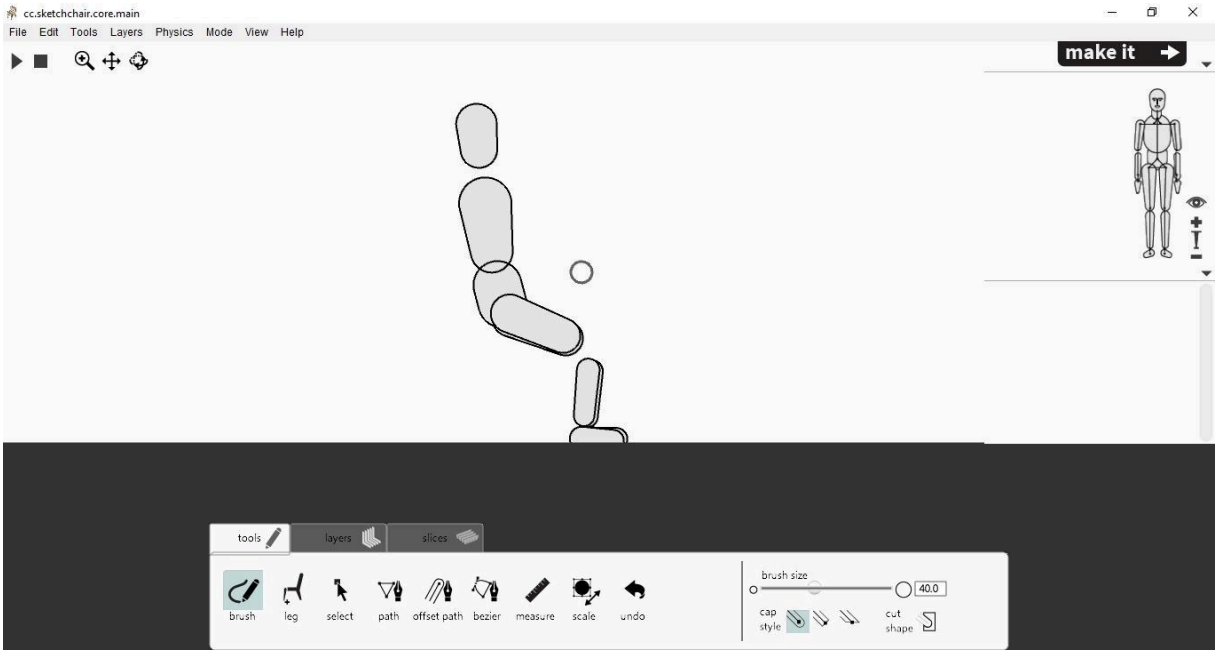
Figura 62 - Menu Help do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

O conjunto de ferramentas do *SketchChair*, Figura 63, são variadas ferramentas de desenho, que possibilitam uma ampla opções de geometrias, você pode modelar a partir de linhas, a partir de superfícies, possui uma ferramenta específica para a criação dos pés. O programa oferece ferramentas para modificar as geometrias produzidas, por exemplo, a partir da ferramenta “bezier” você pode manipular o vetor para suavizar ou não a geometria em questão. Há ferramentas para medicação, escalonar bem como para desfazer uma alteração recente. (Saul *et al*., 2020)

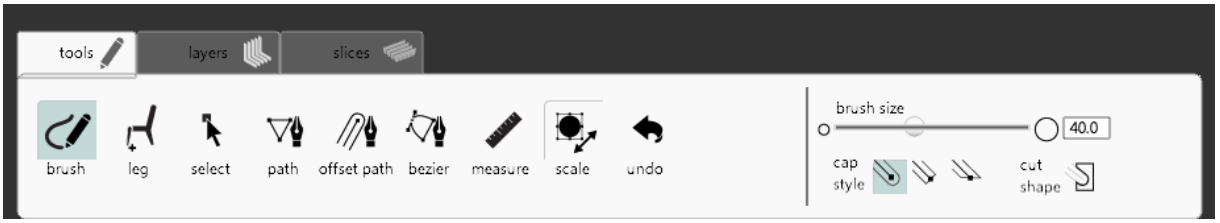
Figura 63 - Conjunto de ferramentas do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

No projeto da poltrona ninho, foi utilizado a ferramenta “offeset path”, Figura 64, e algumas camadas foram suavizadas através da ferramenta “bezier”

Figura 64 - Tools do SketchChair



Fonte: O autor (2024)

Juntamente do conjunto de ferramentas, há ferramentas específicas para manipular as camadas que o programa entende como planos verticais paralelos. Isto é, o usuário tem a possibilidade de selecionar especificamente alguma camada, bem como adicionar mais camadas ou reduzir a quantidade destas. Bem como opção de deletar, espelhar. Demonstrado na Figura 65. Outra função importante é que nesta seção está a opção de entradas numéricas para determinar a profundidade do móvel ou esta medida pode ser determinada a partir do “slider” de forma visual. Uma

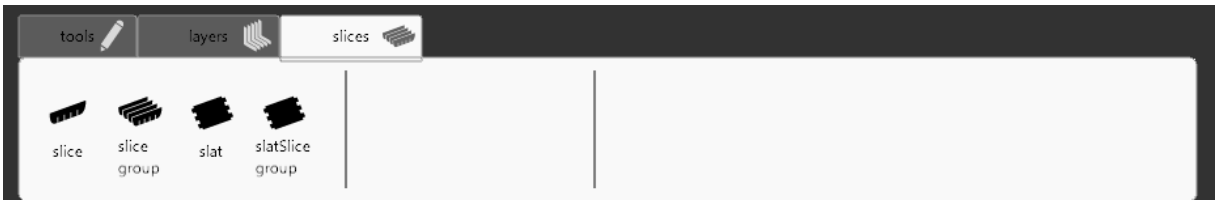
atenção especial que as entradas numéricas só são aceitas pelo teclado numérico superior e o separador decimal é o ponto decimal.

Figura 65 - Layer do SketchChair

Fonte: O autor (2024)

Nessa seção o usuário tem acesso ao “slices”, Figura 66, que o programa entende como planos horizontais paralelos. Logo ele pode selecionar uma fatia específica ou conjunto de fatias e alterar os parâmetros personalizáveis que o programa oferece para modificar o acabamento da geometria bem como alterar o tipo de encaixe. Ele pode também, alterar a quantidade de fatias, bem como distribuir e criar um novo fatiamento. Como maior distância ou não entre as fatias. No *SketchChair*, os encaixes gerados são resultados da intersecção dos planos horizontais “layers” camadas e planos verticais “slices” fatias. Este processo fica claro quando o usuário alterna do modo de visualização da vista frontal para a vista isométrica.

Figura 66- Slices do SketchChair

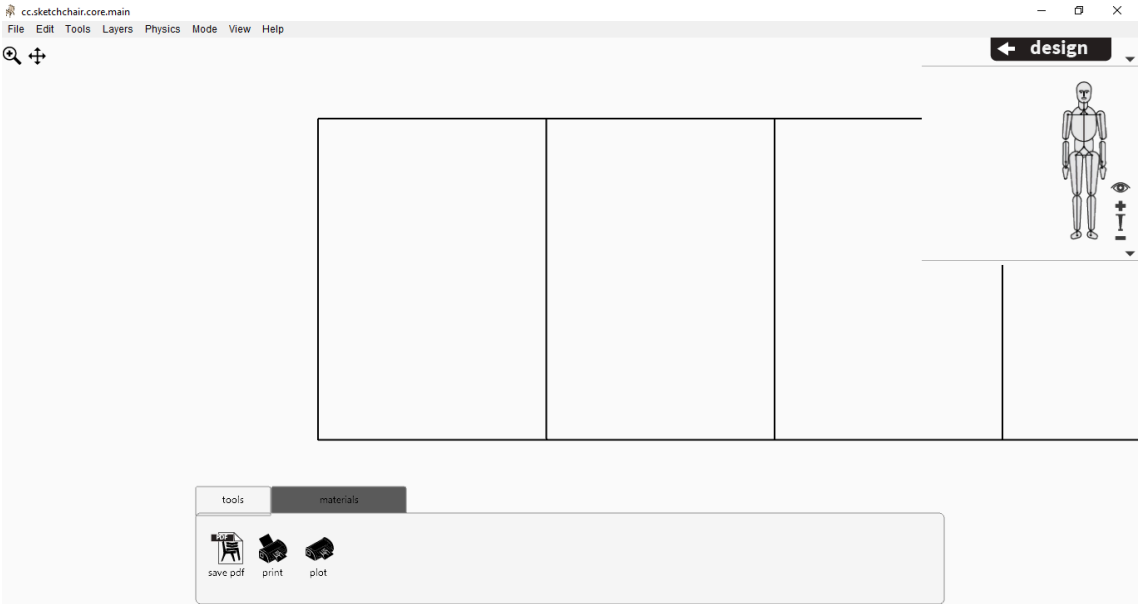


Fonte: O autor (2024)

1.2 Aba Make it SketchChair

Um diferencial do programa, é que ele fornece de forma instantânea um plano de corte para que sua modelagem 3D seja executada por alguma tecnologia da fabricação digital. Seja corte a laser, CNC router ou silhouette (Saul *et al*., 2020). Resultado semelhantes são encontrados no uso do Rhinoceros juntamente com o Grasshopper ou o Param-o juntamente com Archicad entretanto nesses dois casos estamos falando de modelagem computacional através de programação algorítmica, processo que é relativamente complexo e restrito a um grupo específico de profissionais. Embora no caso do *SketchChair*, ele possui uma linguagem de programação complexa, principalmente por se tratar de Java. É democrático, a parte difícil fica encarregada pelos programadores e pelo programa propriamente dito. o usuário, tem acesso a uma ferramenta simples e poderosa para criar um móvel de geometria complexa. Na aba “make”, Figura 67, o usuário tem acesso a uma poderosa ferramenta para personalizar o seu plano de corte, bem como definir a escala que o projeto será executado, opções personalizáveis através de entradas numéricas ou “sliders”. Na mesma aba, ainda existe a possibilidade de racionalizar a placa de material a ser utilizada, ou seja, o programa de forma automática calculada e organiza as peças para usar a menor área possível de material. Outra vantagem, é que caso o móvel seja executado por meio do corte CNC Router, ele tem a opção de personalizar os cantos oferece de forma automática a técnica “dogbone”.

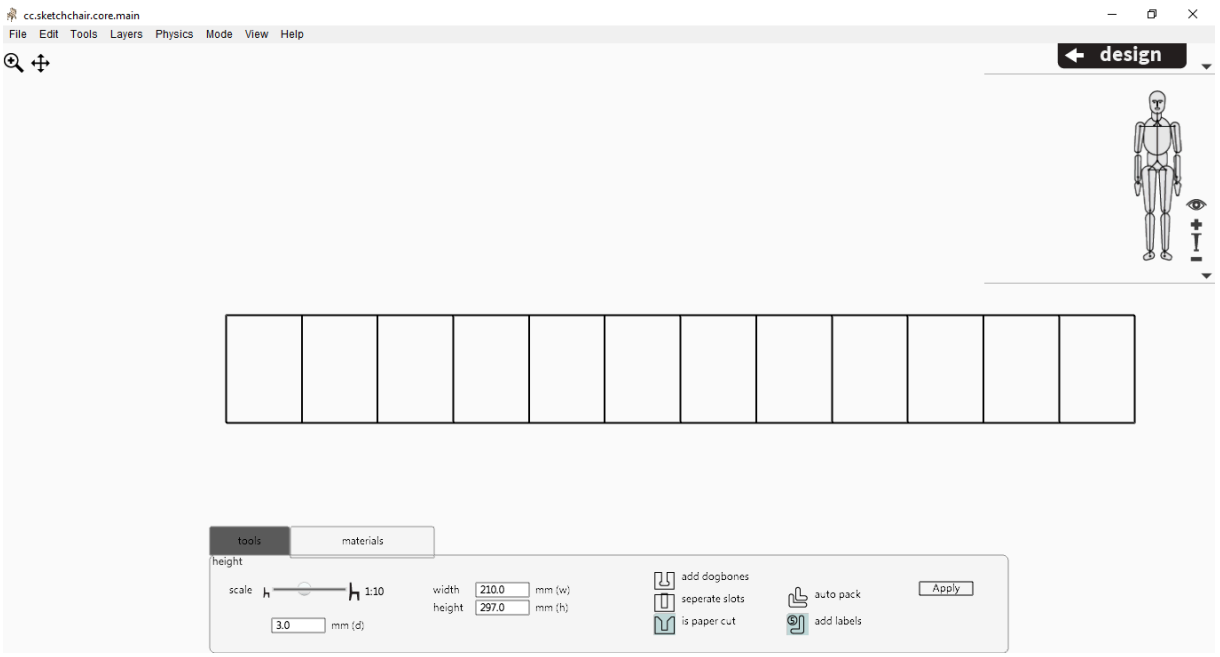
Figura 67 - Aba Make it SketchChair



Fonte: O autor (2024)

Plano de corte, Figura 68, é o processo de organizar as geometrias que serão cortadas em espaço determinado pelo usuário. Nesse caso, segundo Romero 2019 o espaço está em função do tamanho da placa de material a ser utilizado e no contexto da fabricação digital os materiais mais comuns são: MDF, HDF e compensado naval. O *SketchChair* permite que usuário exporte o seu plano de corte no formato PDF, posteriormente basta ele abrir o arquivo em algum programa de design vetorial ou CAD e fazer os ajustes necessários.

Figura 68 - Ferramentas da Aba Make it SketchChair



Fonte: O autor (2024)

ANEXO B – MAKER MOVEMENT MANIFESTO

Maker Movement Manifesto

“MAKE: Making is fundamental to what it means to be human. We must make, create, and express ourselves to feel whole. There is something unique about making physical things. These things are like little pieces of us and seem to embody portions of our souls.

SHARE: Sharing what you have made and what you know about making with others is the method by which a maker’s feeling of wholeness is achieved. You cannot make and not share.

GIVE: There are few things more selfless and satisfying than giving away something you have made. The act of making puts a small piece of you in the object. Giving that to someone else is like giving someone a small piece of yourself. Such things are often the most cherished items we possess.

LEARN: You must learn to make. You must always seek to learn more about your making. You may become a journeyman or master craftsman, but you will still learn, want to learn, and push yourself to learn new techniques, materials, and processes. Building a lifelong learning path ensures a rich and rewarding making life and, importantly, enables one to share.

TOOL UP: You must have access to the right tools for the project at hand. Invest in and develop local access to the tools you need to do the making you want to do. The tools of making have never been cheaper, easier to use, or more powerful.

PLAY: Be playful with what you are making, and you will be surprised, excited, and proud of what you discover.

PARTICIPATE: Join the Maker Movement and reach out to those around you who are discovering the joy of making. Hold seminars, parties, events, maker days, fairs, expos, classes, and dinners with and for the other makers in your community.

SUPPORT: This is a movement, and it requires emotional, intellectual, financial, political, and institutional support. The best hope for improving the world is us, and we are responsible for making a better future.

CHANGE: Embrace the change that will naturally occur as you go through your maker journey. Since making is fundamental to what it means to be human, you will become a more complete version of you as you make.” (HATCH, 2014, p.1)