

M

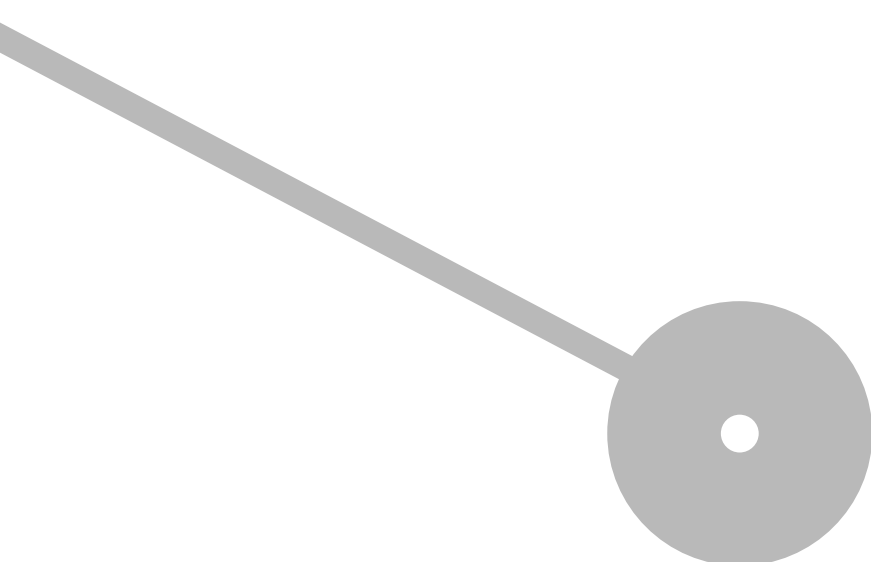
MESTRADO

MESTRADO EM DESIGN
ESPECIALIZAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO

Design de Mobiliário: Fabricação Open Source

Karine Murta Elias

[11/2025]



Politécnico do Porto
Escola Superior de Media Artes e Design

Karine Murta Elias

Design de mobiliário: Fabricação Open Source

Projeto de Mestrado
Mestrado em Design – Especialização em Design de Produto
Orientação: Prof. Doutor Dirk Gerard Celina Robert Loyens

Vila do Conde, 09 de Novembro de 2025

Karine Murta Elias

Design de Mobiliário: Fabricação Open Source

Projeto de Mestrado

Mestrado em Design – Especialização em Design de Produto

Membros do Júri

Presidente

Prof. Coordenador da ESMAD Telmo José De Bessa Nogueira Carvalho, no uso da competência delegada através do despacho ESMAD/PR -144/202 5 da Escola Superior de Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto.

Vogal - Orientador

Prof. Doutor Dirk Gerard Celina Robert Loyens
Escola Superior de Media Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Vogal - Arguente

Prof.^a Título de Especialista Luciana Moreira Barbosa
Escola Superior de Artes e Design – Instituto Politécnico do Porto

Vila do Conde, 09 de Novembro de 2025

Dedico esse projeto à minha família e amigos, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e dando suporte ao longo dessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, pela dedicação e incentivo ao longo da minha vida. Ao meu irmão, por me apoiar e escutar todos os meus desabafos, reclamações e por todo suporte ao longo dessa jornada.

Ao Prof. Dirk, agradeço por ter acreditado nesse projeto e principalmente por ter aceitado o desafio de orientar uma arquiteta. Fica aqui o meu registro de agradecimento pela paciência, e por todo conhecimento compartilhado durante as orientações.

Aos colegas do mestrado pela convivência, por compartilharem do mesmo desespero e pelas risadas. A minha família, amigos e aos professores que fizeram parte desse aprendizado. A todos de forma geral por terem confiado em mim e no trabalho que estava sendo desenvolvido.

RESUMO ANALÍTICO

Esta dissertação investiga as potencialidades do design aberto e da fabricação digital na criação de mobiliário customizável, com foco na aplicação de sistemas paramétricos. O objetivo principal foi desenvolver um modelo de banco modular parametrizável, produzido por corte CNC em chapa de madeira compensada, e propor uma plataforma digital conceitual que permita aos usuários customizarem o objeto de forma intuitiva e simples. A pesquisa surgiu através da busca por soluções mais flexíveis e acessíveis no design de mobiliário, e para explorar a fabricação digital. A abordagem metodológica adotada foi o *Research through Design*, estruturada em quatro etapas: revisão de literatura, desenvolvimento do design, prototipação digital e física, e validação preliminar. A revisão teórica abordou temas como design aberto, fabricação digital, modularidade e parametrização. O desenvolvimento do mobiliário envolveu estudos de modelos existentes, definição de componentes modulares e simulações paramétricas utilizando os softwares Rhinoceros 3D e Grasshopper. A prototipação física foi realizada por meio de corte CNC, e a interface digital foi concebida com base em princípios de usabilidade e acessibilidade, utilizando a ferramenta Figma. O projeto resultou em um protótipo funcional e em uma proposta de plataforma interativa conceitual, reforçando o potencial do design modular e paramétrico como soluções que podem auxiliar ainda mais esse processo de democratização do design.

Palavras-chave: Open source, design aberto, fabricação digital, design de mobiliário, CNC.

ABSTRACT

This dissertation investigates the potential of the open design and digital fabrication in the creation of customizable furniture, with a focus on the application of parametric systems. The main goal was to develop a modular parametrizable furniture model, produced through CNC cutting in plywood, and to propose a conceptual digital platform that allows users to customize the object intuitively and easily. The research emerged from the need of to find more flexible and accessible solutions in furniture design and from the desire to explore the potential of the digital fabrication. The methodological approach adopted was *Research through Design*, structured in four stages: literature review, design development, digital and physical prototyping, and preliminary validation. The theoretical framework addressed topics such as open design, digital fabrication, modularity, and parametrization. The furniture development involved studies of existing models, definition of modular components, and parametric simulations using Rhinoceros 3D (software) and Grasshopper (plug-in). A physical prototyping was carried out through CNC cutting, and the digital interface was conceived based on usability and accessibility principles, using the Figma tool. The project resulted in a functional prototype and a conceptual interactive platform proposal, reinforcing the potential of modular and parametric design as solutions that can further support the democratization of design.

Keywords: Open source, open design, digital fabrication, furniture design, CNC.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	3
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DO TEMA	3
1.2 PROBLEMÁTICA DO ESTUDO.....	4
1.3 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES.....	6
1.4 JUSTIFICATIVA	7
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.6 ESTRUTURA DO PROJETO	8
1.7 METODOLOGIA	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 DESIGN E FILOSOFIA OPEN SOURCE.....	13
2.1.1 O Design aberto.....	15
2.1.2 Aplicações práticas e relevância do tema no design de produto.....	19
2.1.3 Desafios e limitações do Open design.....	26
2.1.4 Aplicação no projeto e relevância prática.....	27
2.2 FABRICAÇÃO DIGITAL, A TECNOLOGIA CNC E O DESIGN DE MOBILIÁRIO.....	28
2.2.1 O movimento Maker e a cultura do “faça você mesmo” no design de mobiliário e na disseminação da fabricação digital.....	31
2.2.2 A tecnologia CNC.....	34
2.2.3 Benefícios e desafios da CNC na fabricação digital.....	36
2.2.4 Conexão com a proposta do projeto.....	39
2.3 O DESIGN ESCANDINAVO.....	39
2.3.1 Origem e evolução do design escandinavo	41
2.3.2 Princípios fundamentais do design escandinavo.....	42
2.3.3 Referências do design escandinavo	43
2.3.4 A estética escandinava como inspiração para o projeto	47
2.4 CUSTOMIZAÇÃO E MODULARIDADE NO DESIGN DE MOBILIÁRIO.....	48
2.4.1 Conceitos e fundamentos.....	49
2.4.2 Benefícios da abordagem modular na fabricação de móveis.....	51
2.4.3 Aplicações e estudos de casos.....	52
2.4.4 Abordagem contemporânea.....	55

2.4.5	Alinhamento com os princípios do design aberto.....	56
2.4.6	Desafios e considerações.....	57
3	DESENVOLVIMENTO DO DESIGN.....	59
3.1	IDEALIZAÇÃO DO CONCEITO.....	59
3.2	ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO FORMAL.....	60
3.3	ESCOLHA DO MODELO-BASE FINAL.....	71
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PROCESSO DE DESIGN.....	73
3.5	FEEDBACKS.....	74
4	DESIGN PARAMÉTRICO COMO BASE PARA O SISTEMA DE CUSTOMIZAÇÃO.....	77
4.1	RHINOCEROS 3D E GRASSHOPPER.....	77
4.2	A PARAMETRIZAÇÃO DO BANCO E O AMBIENTE DE MODELAGEM PARAMÉTRICA.....	78
4.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
5	DESIGN DA INTERFACE INTERATIVA WEB.....	88
5.1	ESTUDO DE CASO, EXEMPLO DE PLATAFORMAS WEB COM ABORDAGENS INTERATIVAS.....	89
5.2	CONCEITO E REQUISITOS DA PLATAFORMA.....	94
5.2.1	Design da interface do usuário, estrutura e identidade visual da plataforma.....	95
5.3	FLUXO DE TRABALHO DE INTERAÇÃO DO USUÁRIO.....	97
5.4	FEEDBACKS.....	101
6	PROTOTIPAÇÃO E VALIDAÇÃO.....	104
6.1	PROTOTIPANDO O BANCO MODULAR.....	105
6.2	RESULTADOS PÓS FEEDBACKS DO PRIMEIRO PROTÓTIPO.....	110
7	CONCLUSÃO.....	117
7.1	Resumo das descobertas.....	117
7.2	Limitações e trabalhos futuros.....	118
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	120
	ANEXOS.....	129

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Exemplo de solução urbana segundo o livro “A Pattern Language”. (pg.112).....	16
Figura 2 e 3 Exemplo do design de uma cadeira disponibilizado no livro de Enzo Mari (1974) - “Autoprogettazione?”. (pg.47).....	17
Figura 4 e 5 Open Storage and One to Several table (parametric designs) Fonte disponível em: www.filson-rohrbacher.com	20
Figura 6 e 7 Valoví chair by Denis Fujii. Fonte disponível em: https://www.opendesk.cc/studio-dlux/valovi-chair/	21
Figura 8 e 9 Valoví chair detalhes das peças e das juntas. Fonte disponível em: https://www.domestika.org/es/projects/1234634-valovi-chair	22
Figura 10 e 11 Cadeira Roxanne by Pierrick Faure e a cadeira Slim by José Pacheco. Fonte disponível em: https://www.opendesk.cc/nouvelle-fabrique/roxanne-chair/#get-it-made e https://www.opendesk.cc/regaliz/slim-chair/#get-it-made	23
Figura 12 Cadeira Roxanne by Pierrick Faure. Fonte disponível em: https://www.deskstand.com/products/roxanne-chair	23
Figura 13 Cadeira Slim by José Pacheco. Fonte disponível em: https://www.betania.mx/shop/silla-slim	25
Figura 14 e 15 Detalhes da Cadeira Slim by José Pacheco. Fonte disponível em: https://medium.com/@opendesk/design-revamp-joses-slim-chair-e7915bdc25cc	25
Figura 16 A indústria e suas revoluções ao longo dos anos. Fonte disponível em: https://pt.linkedin.com/pulse/4-revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-bruno-fernandes-do-carmo	29
Figura 17 Cadeira “One Shot” by Patrick Jouin. Fonte disponível em: https://i.materialise.com/blog/en/patrick-jouin-la-substance-du-design/	30
Figura 18 Exemplo da distribuição de um ecossistema de manufatura. (Filson et al., 2017, p. 30).....	32
Figura 19 Cozinhas da IKEA customizadas pela Plykea. Fonte disponível em: https://www.plykea.com/gallery	33
Figura 20 Primeira máquina CNC. Fonte disponível em: https://www.rapidirect.com/blog/cnc-history/	34

Figura 21 e 22 Catherine 's College, Oxford - England. Fonte disponível em: https://arnejacobsen.com/works/st-catherines-college-2/	40
Figura 23 The Ant, Arne Jacobsen 's first shell chair from 1952. Foto: Stjernegaard Fotografia. Fonte disponível em: https://arnejacobsen.com/works/the-ant/	41
Figura 24 Igreja de Riola, 1978. (Photo: Franco Di Capua). Fonte disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/761541/em-foco-alvar-aalto	44
Figura 25 Poltrona Paimio 41 do Arquiteto e Designer Alvar Aalto. Fonte disponível em: https://shop.artek.fi/products/armchair-41-paimio-chair-oiled-birch	44
Figura 26 e 27 Banco 60 do Arquiteto e Designer Alvar Aalto, Peças de composição do banco 60. Fonte disponível em: https://www.artek.fi/en/products/stool-60	45
Figura 28 CH24 Wishbone Chair do Arquiteto e Designer Hans J. Wegner. Fonte disponível em: https://www.carlhansen.com/en/collection/chairs/dining-chairs/ch24	46
Figura 29 Estrutura modular impressa em 3D com design paramétrico, construída em frente ao Guangzhou Opera House. Fonte disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s44223-023-00041-0/figures/10	51
Figura 30 Uma das possibilidades do M125 by Hans Gugelot. Fonte disponível em: https://www.hansgugelot.com/moebel-furniture-system-m125/	53
Figura 31 Universal shelving system by Dieter Rams. Fonte disponível em: https://image.architonic.com/pro2-3/20115515/606-shelving-system-white-p002-pro-b-arcit18.jpg	53
Figura 32 Unidade de Armazenamento Eames by Charles and Ray Eames. Fonte disponível em: https://eames-media.s3.amazonaws.com/5373/ESU-1952-Catalog-Image.jpg	54
Figura 33 Lagkapten / Alex series by IKEA. Fonte disponível em: https://www.ikea.com/ie/en/search/?q=Lagkapten+%2F+Alex	55
Figura 34 Billy series by IKEA. Fonte disponível em: https://www.ikea.com/addon-app/storageone/billy/web/latest/ie/en/#/planner	56
Figura 35 Painel de inspirações. Feito pelo autor.....	59
Figura 36 Moodboard. Feito pelo autor.....	60
Figura 37 Desenhos iniciais durante o processo de design do mobiliário. Feito pelo autor.....	61

Figura 38 Composição de algumas possibilidades exploradas com mais vistas para facilitar o entendimento do comportamento do objeto. Feito pelo autor.....	62
Figura 39 Placa de compensado utilizada para a confecção das maquetes físicas (1200mmX600mmX5mm).....	63
Figura 40 Maquetes sendo feitas na máquina xTool de corte a laser. Fotos do autor.....	63
Figura 41 Primeiro design e suas possibilidades. Fotos feitas pelo autor	64
Figura 42 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume. Modelo feito pelo autor	65
Figura 43 Segundo design e suas possibilidades. Fotos feitas pelo autor.....	66
Figura 44 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume. Modelo feito pelo autor	66
Figura 45 Terceiro design e suas possibilidades. Fotos feitas pelo autor	67
Figura 46 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume. Modelo feito pelo autor	68
Figura 47 Quarto design e suas possibilidades. Fotos feitas pelo autor.....	69
Figura 48 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume. Modelo feito pelo autor	69
Figura 49 Quinto design e suas possibilidades. Fotos feitas pelo autor.....	70
Figura 50 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume. Modelo feito pelo autor	71
Figura 51 Peças que compõem o design base do banco. Modelo feito pelo autor.....	72
Figura 52 Imagem renderizada do banco Puzzle. Imagens feitas pelo autor.....	73
Figura 53 Lógica de desenvolvimento paramétrico apresentada por Martín-Mariscal et al. (2025).....	78
Figura 54 Peças que compõem o assento do banco em seu formato inicial. Imagens feitas pelo autor	79
Figura 55 Variação do assento do banco com suas duas possibilidades. Imagens feitas pelo autor	79
Figura 56 Variação do assento do banco com suas cinco possibilidades, considerando uma profundidade composta por 3 peças. Imagens feitas pelo autor	80
Figura 57 Modelagem paramétrica no Grasshopper. Imagem feita pelo autor.....	81

Figura 58 Criação da primeira variável do modelo, a espessura da peça de acordo com o material escolhido. Imagem feita pelo autor	82
Figura 59 Criação do primeiro slider para o segundo parâmetro, que é o da profundidade do banco. (banco no tamanho 3x3). Imagem feita pelo autor.....	83
Figura 60 Criação do primeiro slider para o segundo parâmetro, que é o da profundidade do banco. (banco no tamanho 4x3). Imagem feita pelo autor.....	83
Figura 61 Criação do segundo slider para o terceiro parâmetro, que é o do comprimento do banco. (banco no tamanho 3x7). Imagem feita pelo autor.....	84
Figura 62 Interface interativa do Potterware. Fonte disponível em: https://www.potterware.com/try/	90
Figura 63 Resultado automático em 3D de acordo com as modificações feitas pelos usuários. Fonte disponível em: https://www.potterware.com/try/	91
Figura 64 Formato dos arquivos disponíveis para download. Fonte disponível em: https://www.potterware.com/try/	91
Figura 65 Modelo escolhido e área de interação com os parâmetros configuráveis no ShapeDiver. Fonte disponível em: https://www.shapediver.com/app/m/meta-chair-shapedirver-4	92
Figura 66 Modelo gerado após modificações nos parâmetros disponíveis. Fonte disponível em: https://www.shapediver.com/app/m/meta-chair-shapedirver-4	93
Figura 67 Exemplo de um modelo com mais parâmetros modificáveis. Fonte disponível em: https://www.shapediver.com/app/m/ovetto-gh-2	94
Figura 68 Home page da plataforma web interativa. Imagem feita pelo autor.....	97
Figura 69 Composição da página que contém as opções de Design armazenadas na plataforma. Imagem feita pelo autor.....	98
Figura 70 Página principal da plataforma, onde o usuário terá acesso aos parâmetros de modificações do design, a visualização do objeto e acesso aos arquivos técnicos para produção e montagem. Imagem feita pelo autor	99
Figura 71 Página destinada a comunidade, para compartilhamento de feedbacks, experiências, sugestões e opiniões. Imagem feita pelo autor.....	100
Figura 72 e 73 Chapa de compensado de bétula de 18mm utilizada para a fabricação dos protótipos. Fotos feitas pelo autor.....	104

Figura 74 Laboratório da ESMAD - Máquina CNC utilizada para o corte das peças. Fotos feitas pelo autor.....	105
Figura 75 Serra de corte vertical para o corte da chapa de compensado. Fotos feitas pelo autor.....	106
Figura 76 Configuração do arquivo feita no VCarve CNC software para dar início ao corte das peças. Fotos feitas pelo autor.....	106
Figura 77 Durante o processo de corte das peças o VCarve CNC software mostra todo o caminho que a fresa está percorrendo. Fotos feitas pelo autor.....	107
Figura 78 Início e finalização do processo de corte na CNC. Fotos feitas pelo autor.....	107
Figura 79 Lixamento da placa, retirada das peças e montagem do banco. Fotos feitas pelo autor.....	108
Figura 80 Banco montado com todas as peças encaixadas. Fotos feitas pelo autor.....	108
Figura 81 Professor Abel Tavares testando o banco durante a apresentação coletiva. Foto feita pelo autor.....	109
Figura 82 Pontos mencionados durante a apresentação do protótipo. Imagem feita pelo autor.....	110
Figura 83 Peças que compõem o design base do banco. Imagens feitas pelo autor.....	111
Figura 84 Imagens renderizadas do banco já com os novos ajustes. Imagens feitas pelo autor.....	111
Figura 85 Imagens renderizadas do banco já com os novos ajustes e com variações em sua proporção. Imagens feitas pelo autor.....	112
Figura 86 Fabricação do segundo protótipo do banco. Fotos feitas pelo autor.....	112
Figura 87 e 88 Fabricação do segundo protótipo do banco. Fotos feitas pelo autor.....	113
Figura 89 Banco Puzzle protótipo final. Fotos feitas pelo autor	113
Figura 90 Banco Puzzle e suas variações. Fotos feitas pelo autor.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Os princípios do Open Design (Freire et al., 2018).....	15
Tabela 2 Creative Commons Infographic: Licenses Explained. Fonte disponível em: https://www.dontwasteyourtime.co.uk/elearning/creative-commons-infographic-licenses-explained/	18

INTRODUÇÃO

A transformação dos processos produtivos impulsionada pela fabricação digital tem alterado de forma significativa o cenário do design contemporâneo, promovendo uma nova lógica de criação, colaboração e compartilhamento. Inserido nesse contexto, este projeto propõe o desenvolvimento de um mobiliário parametrizável, concebido segundo os princípios do design aberto, com foco na customização, na democratização do acesso e no engajamento do usuário final.

A proposta parte da compreensão de que o design, mais do que uma prática autoral, pode funcionar como um sistema de colaboração distribuída, em que cada indivíduo contribui com feedbacks e sugestões, imprimindo sua marca no produto final. Nesse sentido, o design atua como um elo entre criador e usuário.

Inspirado por estudos de caso como o da cadeira Valoví e por ferramentas de customização online, este trabalho investiga como a parametrização pode responder tanto às demandas funcionais quanto emocionais dos usuários, permitindo que cada objeto seja adaptado às necessidades específicas de quem o utiliza.

Aliando aspectos estéticos, técnicos e sociais, o projeto também explora o papel das comunidades makers, dos Fab Labs e das licenças abertas na consolidação de modelos produtivos mais descentralizados e sustentáveis. A proposta da criação de uma interface interativa visa tornar esse processo mais intuitivo, acessível e engajador, integrando recursos como visualização 3D em tempo real e exportação dos arquivos técnicos para fabricação.

Neste contexto, a pesquisa percorre diferentes caminhos: o estudo de referências e tecnologias envolvidas, a análise crítica de feedbacks técnicos e do público, e a construção de uma plataforma web que aproxime o projeto, o criador e a comunidade. Assim, mais do que propor um produto, esta iniciativa aponta para uma metodologia de design que se coloca como ferramenta de inclusão, expressão e inovação coletiva.

CAPÍTULO 1

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E RELEVÂNCIA DO TEMA

Nos últimos anos, é possível notar as transformações que vem acontecendo na área de design de móveis, principalmente as mudanças ocorridas pelo avanço da tecnologia, pelas mudanças nas necessidades e expectativas dos consumidores. A introdução de tecnologias como o Controle Numérico Computadorizado (CNC) tem se destacado como uma das principais inovações, trazendo benefícios consideráveis para a indústria. A precisão, a eficiência e a customização são alguns dos benefícios que a tecnologia CNC oferece, permitindo a criação de móveis com um nível de detalhamento e acabamentos que antes eram difíceis de alcançar com métodos tradicionais de fabricação. A precisão das máquinas CNC assegura que as peças se encaixem perfeitamente, o que é crucial, especialmente em móveis modulares, onde a consistência e a exatidão são essenciais. Além disso, a eficiência proporcionada pela automação dos processos de corte e montagem resulta em uma produção mais rápida, com menos erros e desperdício de materiais. (Fredeo, 2024)

O uso de CNC também viabiliza a customização, o que já é parte integrada, e a realidade de muitos fabricantes de móveis. Com o aumento da demanda por soluções modulares e customizáveis, nós consumidores buscamos cada vez mais peças que se ajustem às nossas necessidades específicas, sejam elas relacionadas ao tamanho, à funcionalidade ou ao estilo do mobiliário. A possibilidade de criar móveis sob medida, com designs exclusivos, tem se tornado um dos principais impulsionadores da inovação no setor, e a tecnologia CNC se apresenta como um facilitador importante nesse processo.

Paralelamente, o movimento do código aberto tem desempenhado um papel essencial na democratização do design e da produção, o open design (design aberto). Por meio do compartilhamento de arquivos, especificações e processos, o design aberto permite que mais pessoas, desde designers independentes até fabricantes locais, participem em adaptações do design (customização) e fabricação de produtos. Essa lógica colaborativa reduz custos, estimula a criatividade coletiva e contribui para a descentralização do design, tornando-o mais inclusivo, acessível e participativo.

Também vale ressaltar a relevância dos princípios do design escandinavo que continuam a ser uma referência importante no desenvolvimento de móveis modernos. Conhecido por sua simplicidade, funcionalidade e estética minimalista, o design escandinavo busca unir a beleza com a praticidade. A proposta de criar produtos que atendam às necessidades cotidianas de maneira prática e eficiente, sem abrir mão da estética, torna o design escandinavo particularmente relevante no contexto contemporâneo. Esses princípios podem ser aplicados para desenvolver móveis que, além de funcionais e duráveis, também sejam acessíveis e adaptáveis ao gosto e às necessidades do usuário. A combinação desses valores com as possibilidades proporcionadas pela tecnologia CNC e pelo código aberto resulta em soluções de móveis inovadoras, modulares e customizáveis, que oferecem um equilíbrio entre design, acessibilidade e funcionalidade.

O presente projeto surgiu através de uma inspiração baseada no trabalho do arquiteto e designer brasileiro Denis Fujii, cujas práticas com fabricação digital e design aberto contribuíram para a construção de uma comunidade colaborativa e acessível. A vontade de buscar novos conhecimentos na área da fabricação digital, fazer parte de uma comunidade participativa, e acima de tudo poder colaborar para um design mais acessível através do open design são a base que fundamentam esse projeto. A cadeira Valoví foi essencial para a concepção e desenvolvimento desta proposta, e para obter mais detalhes e informações a respeito desse projeto, foi realizada uma entrevista com o autor, Denis Fujii, abordando os processos criativos, desafios e aprendizados ao longo do percurso. Essa conversa pode ser consultada no **Anexo 01**.

1.2 PROBLEMÁTICA DO ESTUDO

Embora o design de móveis tenha evoluído significativamente nas últimas décadas, o setor ainda enfrenta obstáculos relevantes em relação à acessibilidade, customização e ao engajamento do usuário. A demanda por soluções customizadas têm se tornado cada vez mais frequentes, porém continuam limitadas por fatores como o alto custo de produção e a escassez de opções acessíveis, o que restringe o acesso ao design sob medida para uma parcela significativa da população.

Apesar dos avanços tecnológicos, como a fabricação digital terem ampliado a flexibilidade dos processos produtivos, observa-se uma lacuna na integração de princípios do código aberto no desenvolvimento de mobiliário. A ausência desse modelo colaborativo impede que designers, fabricantes e consumidores interajam na cocriação de soluções modulares e escaláveis, dificultando a democratização do acesso ao design contemporâneo.

Outro ponto crítico é o subaproveitamento da tecnologia CNC, embora essa tecnologia seja amplamente reconhecida por sua precisão, eficiência e capacidade de personalização, muitos profissionais e pequenos empreendedores ainda não exploram seu potencial de forma plena, não apenas por barreiras financeiras, mas pela ausência de conhecimento técnico e visibilidade sobre suas possibilidades de aplicação. A falta de iniciativas que aproximem os usuários das tecnologias de fabricação digital acaba fazendo com que elas não cheguem a um número maior de pessoas.

Além disso, o engajamento do usuário no design de móveis ainda é baixo. A maioria das opções disponíveis no mercado são oferecidas em formatos padronizados, com pouca margem de adaptação, o que reduz a capacidade de customização e a identificação do consumidor com o produto. Em um contexto em que os consumidores buscam cada vez mais soluções sob medida que possam ser ajustadas ao estilo, funcionalidade e orçamento, torna-se evidente a necessidade de modelos mais flexíveis, acessíveis e colaborativos. A ausência dessas alternativas limita a inovação, o alcance e o impacto social do design mobiliário.

Este projeto propõe abordar essas questões de forma integrada, por meio do desenvolvimento de um sistema de mobiliário modular e customizável, com base na tecnologia CNC e nos princípios do design aberto. A proposta busca promover o engajamento ativo de usuários, criadores e fabricantes, ampliando o acesso a soluções funcionais, estéticas e escaláveis, com potencial de aplicação em diversos contextos.

1.3 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES

O desenvolvimento deste projeto apresenta algumas limitações que impactam tanto a criação do protótipo da cadeira quanto a concepção da plataforma digital de customização. Essas restrições podem ser agrupadas em três categorias principais: tempo, recursos técnicos e financeiros, e estrutura da plataforma digital

Tempo: O prazo total para realização do projeto foi de aproximadamente cinco meses, o que impõe desafios à prototipagem e aos testes de validação do mobiliário. Esse período limitado restringe a exploração de múltiplas variações formais e a condução de testes aprofundados com usuários, especialmente no que se refere à fabricação, montagem, acessibilidade e à ergonomia.

Recursos Técnicos e Financeiros: A confecção do protótipo exige o uso de uma fresadora CNC para o corte das peças do modelo base em uma chapa de compensado, além de ferramentas de acabamento manuais. A máquina CNC que será utilizada é a que está disponível no laboratório do Instituto Politécnico do Porto, uma CNC router de três eixos, o que limita a possibilidade de cortes inclinados ou mais complexos no desenvolvimento formal da cadeira. Os recursos financeiros disponíveis também são restritos, o que afeta a quantidade de protótipos físicos e reduz as possibilidades de refinamento a partir do feedback dos testes.

Estrutura da Plataforma Digital: Embora a criação de uma plataforma digital para customização seja um dos principais eixos conceituais do projeto, sua implementação funcional não será realizada. Isso se deve à necessidade de desenvolver do zero todo o código necessário para o funcionamento pleno da proposta, o que demandaria mais tempo e o auxílio de profissionais da área de computação. Com isso, o projeto se limita à definição conceitual e ao design da interface do usuário, sem testar sua aplicação prática. Essa limitação impede a validação da experiência do usuário e a avaliação de desafios técnicos relacionados à parametrização do design da cadeira e à exportação de arquivos compatíveis com tecnologias CNC.

Apesar dessas limitações, o projeto busca evidenciar o potencial de uma abordagem de design aberto e customizável aplicada ao mobiliário contemporâneo,

apontando caminhos relevantes para futuras pesquisas, aprimoramentos e implementações.

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente projeto justifica-se pela necessidade de repensar o modelo tradicional de produção de mobiliário, considerando os avanços tecnológicos, as novas demandas de customização e a crescente busca por soluções acessíveis e mais sustentáveis.

A lacuna identificada na integração de práticas de design aberto e na participação ativa do usuário no processo de design reforça a importância de propor alternativas que descentralizem e democratizem o design de móveis. Ao explorar as possibilidades oferecidas pela fabricação digital e pela customização parametrizada, este projeto contribui para ampliar o acesso ao design sob medida, promovendo inclusão e flexibilidade.

A escolha pelos princípios do design escandinavo como orientação estética e funcional fundamenta-se na sua relevância histórica e contemporânea, por oferecer soluções simples, práticas e harmoniosas, alinhadas à filosofia de produção enxuta e sustentável.

Além disso, ao propor a construção de uma plataforma web para customização digital e o desenvolvimento de um modelo físico com potencial de replicação, este projeto busca fomentar a colaboração entre usuários, designers e fabricantes locais. Dessa forma, a pesquisa se alinha às demandas sociais, culturais e econômicas atuais, contribuindo com mais opções para o setor moveleiro, e também com reflexões sobre o papel do design como agente transformador

1.5 OBJETIVOS

Este projeto de dissertação tem como objetivo principal explorar o potencial da tecnologia CNC aplicada ao design de mobiliário, com foco em soluções modulares e customizáveis. Além disso, usa-se como inspiração os princípios do design escandinavo que podem ser uma ferramenta de contribuição para a criação de móveis acessíveis,

funcionais e esteticamente consistentes, e como os fundamentos do design aberto podem democratizar o processo de produção, estimulando a colaboração entre designers, fabricantes e usuários.

Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de mobiliário modular e customizável, utilizando a tecnologia CNC, princípios do design escandinavo e fundamentos do design aberto, visando soluções acessíveis, funcionais e colaborativas para o mercado de móveis contemporâneo.

Objetivos Específicos

- Investigar referências teóricas sobre design open source, fabricação digital e modularidade;
- Analisar a aplicabilidade dos princípios do design escandinavo em propostas de mobiliário acessível e funcional;
- Desenvolver um modelo base de cadeira modular com potencial de customização por CNC;
- Implementar a modelagem paramétrica do sistema, utilizando o software Rhino e o plugin Grasshopper;
- Elaborar o design conceitual da interface digital para personalização do modelo;
- Validar o protótipo físico em relação à montagem, funcionalidade e estética;
- Organizar a documentação técnica para o lançamento como design aberto, viabilizando o compartilhamento do projeto em ambiente colaborativo.

1.6 ESTRUTURA DO PROJETO

A estrutura deste projeto é dividida em quatro fases: Pesquisa e Fundamentação Teórica, Desenvolvimento do Design, Implementação e Validação, e conclusões. Essas fases estão organizadas em sete capítulos, os descritos a seguir:

Capítulo 01 - Introdução: Esse capítulo estabelece a base conceitual e contextual do projeto, apresentando o tema, os objetivos, a relevância, a metodologia adotada e os limites da pesquisa.

Capítulo 02 - Revisão de literatura: O capítulo 02 fundamenta teoricamente o estudo por meio da investigação de quatro temas principais: O design e filosofia Open Source; Fabricação digital, a tecnologia CNC em design de mobiliário; Princípios fundamentais do design escandinavo e customização e modularidade no design de mobiliário. Este capítulo serve como embasamento crítico para o desenvolvimento do projeto.

Capítulo 03 - Desenvolvimento do design: O desenvolvimento do design irá contemplar a parte da idealização do design, etapas do desenvolvimento formal, a escolha do modelo base e as considerações do processo de design. Esse capítulo traduz os conceitos teóricos em soluções projetuais reais.

Capítulo 04 - Design paramétrico com base para o sistema de customização: Este capítulo apresenta as etapas de modelagem paramétrica do modelo base, utilizando os softwares Rhino e Grasshopper. Desde o ambiente da modelagem paramétrica, quanto a lógica de parametrização do modelo base criado até a relação que essa modelagem terá com a plataforma web que será desenvolvida. O Capítulo 04 serve como ponte entre o modelo físico desenvolvido e sua parametrização digital, possibilitando a integração com a futura interface de customização.

Capítulo 05 - Design e interface do usuário: O capítulo 05 irá apresentar o desenvolvimento do design da interface do usuário, que é o elo de conexão de todas as partes desse projeto com o usuário. Os requisitos e conceito da plataforma serão compartilhados, juntamente com o design final proposto que será feito através da ferramenta online Figma. Este capítulo explora aspectos de usabilidade, interação e acessibilidade da proposta.

Capítulo 06 - Prototipação e validação: Após o desenvolvimento do modelo base, teremos um capítulo voltado para a prototipação do objeto para testes e validações,

tanto relacionados à fabricação quanto a sua funcionalidade e praticidade. Esta etapa valida o desempenho do projeto em condições reais de uso.

Capítulo 07 - Conclusões: Sintetiza os aprendizados obtidos durante o processo, apresenta as reflexões finais e propõe possíveis desdobramentos futuros para o projeto em termos técnicos, sociais e acadêmicos.

1.7 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta dissertação fundamenta-se numa abordagem mista que integra investigação teórica, desenvolvimento prático e validação experimental, caracterizando-se como uma pesquisa de natureza aplicada com objetivos exploratórios e descritivos. Esta estratégia metodológica foi estruturada para responder de forma mais adequada aos objetivos propostos, considerando a natureza interdisciplinar do projeto que engloba design de produto, fabricação digital, tecnologia CNC, parametrização e princípios de design aberto.

O estudo adota uma perspectiva predominantemente qualitativa, complementada por elementos quantitativos durante a validação do protótipo, justificada pela necessidade de uma melhor compreensão dos fenômenos relacionados ao design participativo, das práticas de design aberto e dos processos de fabricação digital. A investigação estrutura-se através da metodologia de Research through Design, onde o processo de design funciona simultaneamente como método de investigação e objeto de estudo, complementada por uma revisão de literatura sistemática e desenvolvimento de estudo de caso.

O projeto organiza-se em quatro fases metodológicas sequenciais. A primeira fase concentra-se na investigação e fundamentação teórica através de revisão da literatura especializada e em uma entrevista com o arquiteto e designer Denis Fujii, cujo trabalho serviu como inspiração e referência para este projeto. A segunda fase traduz os conhecimentos teóricos em soluções projetuais concretas, seguindo uma abordagem iterativa que combina sketching manual, modelagem tridimensional e prototipagem rápida, orientada pelos princípios do design thinking. A terceira fase implementa a modelagem paramétrica utilizando Rhino 3D e Grasshopper para criar algoritmos de

customização automática, paralelamente ao desenvolvimento da interface do utilizador através da ferramenta Figma, aplicando princípios de UX/UI design. A fase final engloba a fabricação do protótipo físico com tecnologia CNC, seguida de testes de validação funcional, estrutural e estética, resultando no agrupamento da documentação técnica de todo o processo.

Os instrumentos de recolha de dados incluem entrevista semiestruturada com Denis Fujii para obter insights sobre processos de design aberto, observação participante durante o desenvolvimento do design e fabricação, a recolha de feedbacks em diferentes estágios e áreas abordadas neste projeto, documentação visual de todas as etapas do projeto e aplicação de teste para verificar aspectos funcionais do protótipo. A análise dos dados emprega métodos de análise de conteúdo para a literatura e entrevista, análise comparativa para contrastar diferentes abordagens de design modular, e análise técnica para avaliar o desempenho do protótipo através de parâmetros mensuráveis.

Esta metodologia, ao integrar investigação teórica, desenvolvimento prático e validação experimental numa abordagem que respeita os princípios éticos da investigação académica e os fundamentos do design aberto, proporciona uma base sólida para responder aos objetivos propostos e contribuir significativamente para o conhecimento na área de design de mobiliário com tecnologias de fabricação digital.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DESIGN E FILOSOFIA OPEN SOURCE

O conceito de open source surgiu oficialmente em 1998, a partir de uma estratégia de comunicação junto ao setor empresarial, que buscava uma abordagem mais pragmática que o movimento original de free software (software livre), liderado por Richard Stallman em 1983 com o projeto GNU (Bretthauer, 2001; Phipps, 2018). A formalização dessa nova abordagem ocorreu com a criação da Open Source Initiative (OSI) por Eric Raymond e Bruce Perens, que estipularam alguns critérios como o acesso ao código-fonte, direito de modificação e distribuição, além da remoção de restrições comerciais (Phipps, 2018)

Richard Stallman, fundador do sistema operacional livre GNU e voz líder no movimento de código aberto, afirma que há quatro liberdades essenciais do código aberto:

- a liberdade de executar o programa como você desejar, para qualquer propósito;
- a liberdade de estudar como o programa funciona e alterá-lo para que ele se adeque às suas necessidades. O acesso ao código-fonte é uma pré-condição para que isso aconteça;
- a liberdade de redistribuir cópias para que você possa ajudar outras pessoas;
- a liberdade de distribuir cópias de suas versões modificadas para outros.

Para McDermott (2023), garantir essas liberdades proporciona a toda a comunidade uma chance de se beneficiar de suas alterações e melhorias. O acesso ao código-fonte é uma pré-condição para isso.

Segundo Ashikuzzaman (2024), o software de código aberto incentiva a transparência e o desenvolvimento orientado pela comunidade, distinguindo-se de modelos proprietários que a empresa ou indivíduo retém o controle exclusivo sobre o código-fonte. Exemplos de software proprietário incluem Microsoft Office, Adobe Photoshop, AutoCAD etc. Enquanto o código aberto promove flexibilidade e desenvolvimento orientado pela comunidade, o software proprietário geralmente

fornece experiências de usuário mais controladas, com suporte dedicado e atualizações regulares.

A filosofia de código aberto está enraizada em vários princípios-chave que vão além do desenvolvimento de software, influenciando diferentes setores, incluindo o design de produtos. Esses princípios enfatizam a transparência, a colaboração e o engajamento da comunidade, promovendo um ambiente propício à inovação e ao conhecimento compartilhado. A seguir temos uma breve abordagem sobre alguns desses princípios.

- **Transparência:** envolve tornar os processos de design e desenvolvimento do produto visíveis para todas as partes interessadas, permitindo que qualquer um inspecione o código. (Lawrentz, n.d.). Exemplos populares de código aberto incluem Linux, GIMP e Mozilla Firefox.
- **Colaboração e inovação:** a colaboração está no centro do desenvolvimento de software de código aberto. Ao contrário dos modelos proprietários, onde o desenvolvimento é restrito a uma única empresa ou grupo, o software de código aberto incentiva e depende das contribuições das pessoas. Essa abordagem compartilhada acelera o desenvolvimento e democratiza a inovação, permitindo que pessoas de diferentes origens e níveis de habilidade colaborem e compartilhem seus conhecimentos, resultando assim em um processo de desenvolvimento mais dinâmico e inovador. (Ashikuzzaman, 2024)
- **Customização e acessibilidade:** aspecto crucial da filosofia do código aberto, já que, os usuários têm o poder de adaptar o software para atender às suas necessidades específicas, seja alterando a funcionalidade, adicionando novos recursos ou adaptando o software para tarefas especializadas. (Ashikuzzaman, 2024)

Baseado no texto de Boisseau et al., (2018), a aplicação da filosofia de código aberto ao design de produtos é uma abordagem inovadora que combina princípios colaborativos com a criação de produtos tangíveis, permitindo maior democratização e envolvimento do usuário no processo de design. Essa mudança de paradigma surgiu da intersecção da revolução digital e práticas tradicionais de design, promovendo

ambientes que incentivam a criatividade, a transparência e a acessibilidade entre designers e consumidores. O software livre era um movimento originalmente limitado à engenharia da computação, suas consequências pragmáticas subjacentes – o chamado open-x (com x como uma variável, reúne design para manufatura, design para montagem etc.) – se espalharam por vários campos industriais em uma década: dados abertos, ciência aberta, governança aberta, inovação aberta.

2.1.1 O Design aberto

O Open Design pode ser compreendido como uma prática que ultrapassa o domínio técnico, configurando-se como uma abordagem sociocultural voltada à criação colaborativa de produtos. Diferente dos modelos tradicionais, temos aqui uma lógica de abertura, onde os projetos são compartilhados publicamente, permitindo que outros os acessem, modifiquem e fabriquem. Essa perspectiva se alinha com princípios de democratização do design e da inovação distribuída, em que o usuário final deixa de ser apenas consumidor para se tornar também agente criador (Freire et al., 2018).

Da mesma forma que foram citados alguns princípios-chave para o código aberto, temos sua ramificação para o design aberto que podem ser vistos na Tabela 1, onde foi acrescentado a replicabilidade e a modularidade.

Princípios do OD	Definição
Transparência	Refere-se à documentação completa de um processo de projeto, permitindo que colaboradores / usuários entendam "o que está acontecendo e por que" (West and O'mahony 2008). O arquivo da documentação é fornecido sem qualquer restrição e nenhuma informação fundamental é negada.
Acessibilidade	Refere-se à facilidade de acesso aos arquivos da documentação, especialmente em formatos não proprietários. Também denota a possibilidade de contribuição, pelos usuários, para o desenvolvimento de um projeto OD, desde simples sugestões até modificações no projeto.
Replicabilidade	Refere-se à possibilidade de reproduzir um artefato físico usando configurações semelhantes às do projeto original. Depende da disponibilidade local de componentes, peças e materiais.
Modularidade	Refere-se à possibilidade de um projeto ser subdividido em módulos. Ele permite que os colaboradores se concentrem em questões específicas, comumente relacionadas à sua especialidade, e facilita os ajustes no projeto para aplicação em outros contextos.

Tabela 1 Os princípios do Open Design (Freire et al., 2018).

Nas palavras de Freire et al. (2018), os exemplos de open design (OD) estiveram presentes muito antes do surgimento do Movimento Open Source (MOS). Ao longo dos

séculos XVIII e XIX, o compartilhamento de informações técnicas entre empresas foi um fator importante para os processos de inovação tecnológica. Outro exemplo é o trabalho de Alexander, Ishikawa e Silverstein com o livro “A Pattern Language” (1977). O livro introduziu um conjunto de soluções arquitetônicas e urbanas (Figura 1), para profissionais e leigos, voltadas à solução de problemas cotidianos. O conceito do padrão (pattern) resultou em trabalhos derivados em outros campos, como na Ciência da Computação e Desenvolvimento de Software. (Gamma et al., 1993; Coplien, Schmidt e Vlissides, 1995; Av-geriou et al., 2003, como citados por Freire et al., 2018)

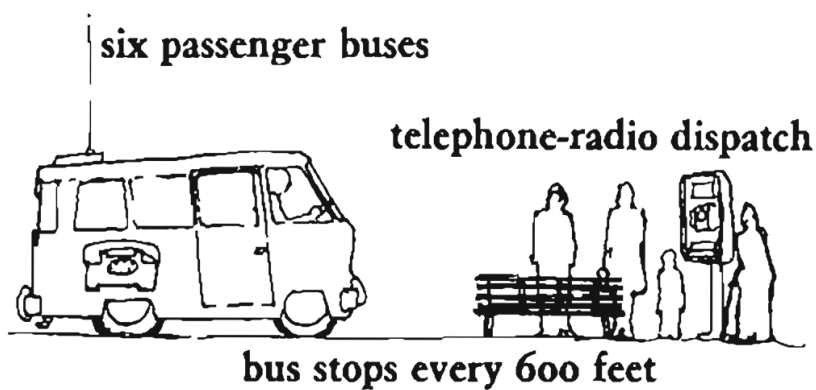


Figura 1 Exemplo de solução urbana segundo o livro “A Pattern Language”. (pg.112)

Outro exemplo também citado por Freire et al., (2018) está inserido no design de mobiliário, no início dos anos setenta. O livro “Autoprogettazione?” (Figura 2 e 3), De Enzo Mari (1974), era uma coleção de projetos de móveis voltados à fabricação individual (Do-it-yourself), publicado como um posicionamento crítico para a produção industrial e que estava registrado na proposta de seu livro com os dizeres: “um projeto para fazer móveis fáceis de montar usando tábuas e pregos. Uma técnica elementar para ensinar qualquer um a olhar para a produção atual com um olhar crítico.”

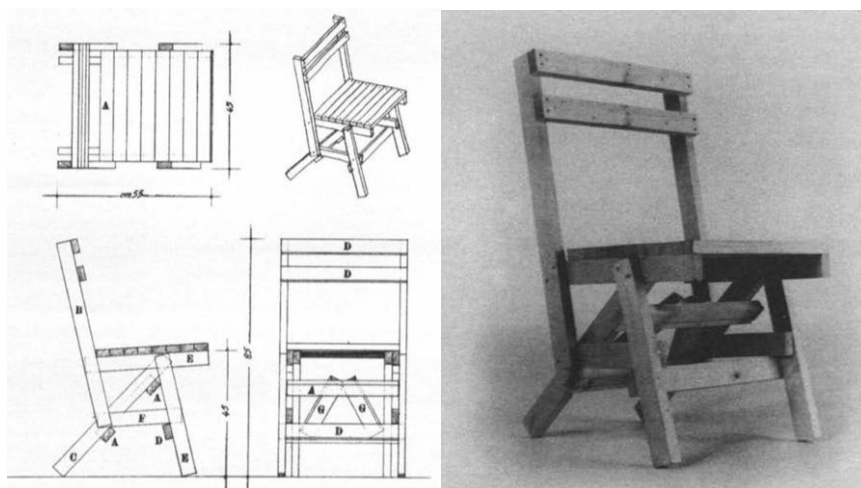


Figura 2 e 3 Exemplo do design de uma cadeira disponibilizado no livro de Enzo Mari (1974) - "Autoprogettazione?". (pg.47)

No texto de Freire et al., (2018), ele consegue resumir muito bem e de forma direta a definição de Open Design (OD), que está sujeita a diferentes abordagens entre acadêmicos, comunidades e empresas. A definição da Open Knowledge Foundation (OKF) se concentra na publicidade dada à documentação de qualquer projeto de produto físico para que possa ser usada para qualquer propósito por qualquer pessoa. A OKF define diferentes níveis de abertura, em relação ao processo de design, considerando o formato de documentação e até mesmo o tipo de licença vinculado ao projeto.

Dessa forma, entende-se que, qualquer projeto OD precisa oferecer no mínimo as informações básicas necessárias para que ele possa ser utilizado, replicado, modificado e redistribuído por qualquer pessoa, seja por um profissional ou por leigos. Nesse trabalho, consideraremos o processo de design do modelo base como o único componente não variável da definição de OD, ou seja, é a única parte que não haverá a participação das pessoas.

Temos também um ponto muito importante que precisa ser abordado, que é o tipo de licença que será vinculada ao projeto, pois é o tipo de licença escolhido que determinará o que uma pessoa tem permissão para fazer com o design. Essas licenças podem variar do extremo mais permissivo do espectro, ao extremo mais restritivo.

O tipo de licença vinculado ao design aberto é a Creative Commons, que compartilha princípios do open source, e que é de extrema relevância ao projeto, porque

ela possui licenças específicas para o design, que apresenta variações (Tabela 2) de acordo com o objetivo de cada projeto.

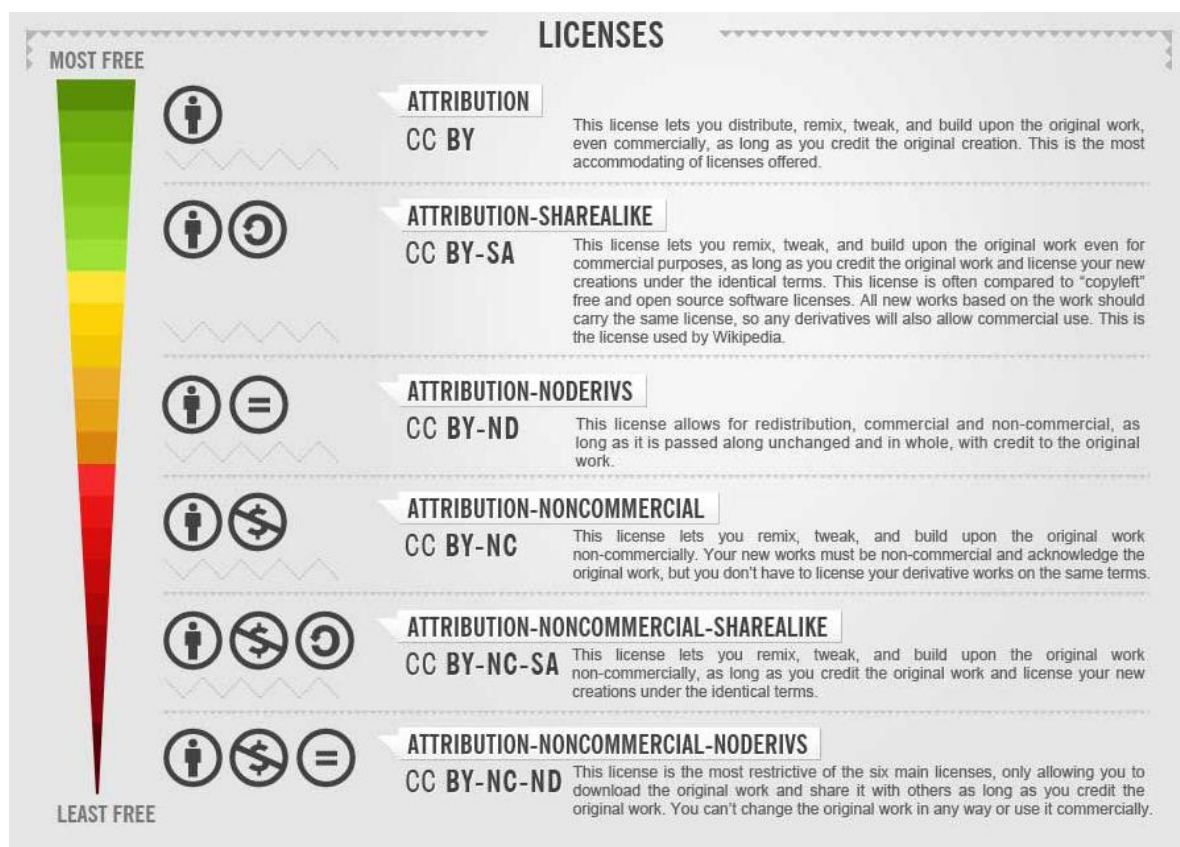


Tabela 2 Creative Commons Infographic: Licenses Explained (Hopkins, n.d.).

Com base nas informações fornecidas pela Creative Commons (2023), a licença que mais se alinha aos objetivos e propósitos deste projeto é a CC BY (Creative Commons Attribution). Essa licença garante ao usuário final ampla liberdade para baixar, modificar e fabricar peças, inclusive para fins comerciais, desde que seja mantido o devido reconhecimento ao design original.

Esse modelo favorece o espírito colaborativo e aberto, tanto para o aprimoramento do design quanto para a utilização da plataforma web que é a conexão entre o design e os usuários, incentivando dessa forma que as pessoas compartilhem versões próprias e estimulem a evolução do design de forma coletiva. Comparado com outros tipos de licenças, a CC BY Attribution oferece o equilíbrio ideal entre abertura ampla e reconhecimento autoral, que é essencial para este projeto.

Reforçando ainda mais a escolha dessa licença, temos as palavras de Freire et al., (2018), que ressalta que nessa dinâmica de design aberto é interessante que o projeto possa ser totalmente replicável e não possuir barreiras para sua reprodução, seja a falta de informação fornecida, a necessidade de conhecimento especializado ou a indisponibilidade dos componentes/materiais necessários para sua fabricação.

2.1.2 Aplicações práticas e relevância do tema no design de produto

O design aberto prioriza a inovação orientada pela comunidade e o design centrado no usuário, ou seja, os designers podem iterar rapidamente em ideias existentes, produzindo produtos mais personalizados e relevantes de acordo com as necessidades do usuário, ou até mesmo fornecer a ferramenta para que o próprio usuário faça a customização da peça, como o caso dessa proposta de projeto.

Considerando a abordagem do tipo "faça você mesmo", novos tipos de resultados podem ser esperados do designer: são kits de produtos (com instruções relacionadas de fabricação/montagem), mas também geradores de design, como por exemplo Filson & Rohrbacher que mostraram que o resultado do processo de design aberto pode ser uma plataforma que gera o design de um objeto com base em dados de entrada fornecidos pelo usuário final (espessura do material, dimensões desejadas, número de prateleiras, etc.). (Boisseau et al., 2018)

No site de Filson & Rohrbacher (www.filson-rohrbacher.com), podemos encontrar dois exemplos de mobiliários (Figura 4 e 5) que foram desenvolvidos de forma paramétrica, fornecendo assim a possibilidade aos usuários de gerar um objeto de acordo com suas necessidades, forma de utilização e espaço que será colocado.



Figura 4 e 5 Open Storage and One to Several table (parametric designs).

Em resumo, a abordagem de código aberto para o design de produtos está remodelando o cenário de como os produtos são concebidos e desenvolvidos, o que promove um ambiente mais inclusivo e inovador. À medida que esse pensamento continua a evoluir, ele tem o potencial de redefinir os padrões da indústria, enfatizando a importância da colaboração, do feedback do usuário e fazendo com que o design alcance mais pessoas.

Cadeira Valoví, do Brasil para o mundo

Segundo Fujii (2021), a cadeira Valoví (Figura 6 e 7) é o design aberto mais baixado no mundo e também o mais produzido em diferentes países do globo. Um dos fatores que permitiram esse alcance tão expressivo é o fato da cadeira ser um design aberto disponível para ser produzida através da fabricação digital. A partir de um arquivo é possível produzi-la e montá-la de forma fácil e rápida, através de encaixes, sem a necessidade de pregos ou parafusos. Feita em compensado naval de 18mm ela representa uma grande revolução no jeito como compartilhamos e produzimos os designs.



Figura 6 e 7 Valoví chair by Denis Fujii.

Valoví significa ondas em croata e, de fato, a cadeira foi projetada no meu retorno de férias na Croácia. Naquela época, eu já estava apaixonado pela fabricação digital. Eu já havia projetado minha primeira cadeira, a Kuka Chair, para um cliente e descoberto a mágica da usinagem CNC. Observar as ondas calmas do mar Adriático me inspirou a colocar a caneta no papel no meu próximo projeto – a Valovi Chair. (Fujii, 2017, [tradução do Google])

Ao longo dos anos, a cadeira Valoví ganhou reconhecimento por suas contribuições ao design de móveis e foi apresentada em várias exposições. Segundo Fujii (2021), hoje, a Valoví faz parte da restrita coleção do Vitra Design Museum em Weil am Rhein (Alemanha) que agrupa as cadeiras mais famosas do mundo, sendo a Valoví a mais contemporânea da coleção, representando este avanço no jeito de produzi-la.

Seu design inovador utiliza a lap-joint (Figura 8 e 9), uma das juntas de madeira mais confiáveis, o que a tornou uma escolha favorita entre os entusiastas do DIY (faça você mesmo). A cadeira foi baixada e produzida não comercialmente quase 10.000 vezes, demonstrando sua popularidade e a simplicidade que atrai fabricantes em todo o mundo. (Fujii, 2017)



Figura 8 e 9 Valoví chair detalhes das peças e das juntas.

Construída a partir de 20 componentes interligados, a cadeira Valovi é reconhecida por seu conforto, caracterizada por um assento e encosto curvos. O design e o conceito da cadeira se alinham com os princípios de sustentabilidade (como a preocupação na escolha do material, simplificação da forma, modularidade, precisão nos recortes, criação de um design prático, funcional, desmontável, etc.) e produção local, promovendo o artesanato local e permitindo a customização. (Fujii, 2017)

Segundo Fujii (2017), a cadeira Valovi se destaca como um dos designs mais antigos da coleção de móveis Opendesk, compartilhando esse status com outros designs notáveis como a cadeira Roxanne de Pierrick Faure e a cadeira Slim de José Pacheco (Figura 10 e 11). Sua combinação de apelo estético, design funcional e acessibilidade consolidou seu lugar no design de móveis contemporâneos, tornando-a uma peça atemporal.



Figura 10 e 11 Cadeira Roxanne by Pierrick Faure e a cadeira Slim by José Pacheco.

Cadeira Roxanne, Pierrick Faure

Pelas próprias palavras do designer francês Faure (2017), a cadeira Roxanne (Figura 12), é um exemplo de design de móveis contemporâneos que incorpora princípios de acessibilidade, sustentabilidade e engajamento comunitário. A cadeira foi apresentada em 2014 e surgiu da exploração do Open Design de Faure, que busca democratizar o processo de design ao disponibilizar projetos de fabricação ao público. Essa abordagem posicionou a cadeira Roxanne como um símbolo de criação colaborativa, permitindo que qualquer pessoa tenha acesso às informações e possa produzir a cadeira em suas próprias comunidades, podendo propor modificações, ajustes ou adaptações de acordo com cada realidade.



Figural 12 Cadeira Roxanne by Pierrick Faure.

Gosto de simplicidade e me inspirei no design escandinavo. Também fiz referência ao trabalho dos Quakers com sua intolerância a enfeites e decoração. Eu queria que a simplicidade percorresse todo o meu processo de design para que o resultado final pudesse ser compartilhado com o mundo e acessado por qualquer pessoa. (Faure, (2017), [Tradução do Google])

As linhas elegantes e as formas orgânicas da cadeira refletem uma abordagem minimalista com traços do design escandinavo e a sensibilidade do design contemporâneo, o que torna o design mais versátil, fazendo com que a cadeira se encaixe em diferentes tipos de espaços.

O trabalho de Faure é mais uma exemplificação de uma mudança em direção à democratização do design e à promoção de valores voltados para a comunidade na produção de móveis. Ao utilizar os princípios do design aberto, a cadeira Roxanne reforça a ideia de democratização e compartilhamento do design, tornando a produção mais acessível a um público mais amplo.

Cadeira Slim, José Pacheco

Segundo Pacheco (2017), a cadeira Slim (Figura 13) é uma peça de mobiliário moderno que exemplifica a intersecção do design ergonômico e da estética contemporânea. Esta cadeira faz parte de uma tendência mais ampla em design de móveis que enfatiza a modularidade e a customização, permitindo que os usuários adaptem sua experiência às preferências pessoais e requisitos espaciais.



Figura 13 Cadeira Slim by José Pacheco.

Gosto da ideia de meus designs serem examinados e modificados em vez de serem simplesmente consumidos. As licenças Creative Commons permitem que essa ideia viva sem esquecer o autor. Designs abertos e proprietários sempre viverão lado a lado, mas à medida que o design digital e as ferramentas de criação se tornam mais acessíveis, começaremos a ver mais trabalho compartilhado abertamente. (Pacheco, 2017, [Tradução do Google])

As linhas delicadas e suaves que compõem as formas da cadeira (Figura 14 e 15), além da elegância visual mostram a preocupação de José não só com o design do objeto, mas também demonstram seu olhar atento e cuidadoso sobre a funcionalidade da cadeira para garantir conforto e usabilidade.



Figura 14 e 15 Detalhes da Cadeira Slim by José Pacheco.

Da mesma forma que a Valoví e a Roxanne, a cadeira Slim não é apenas mais uma peça de mobiliário, mas sim uma oportunidade para que as pessoas tenham acesso ao design e que possam fabricá-lo, promovendo essa ideia de informações compartilhadas em diferentes áreas do conhecimento em diferentes partes do mundo na área da produção de mobiliário. De forma geral, isso permite que os designers possam dar vida às suas visões de uma forma mais acessível e personalizável.

2.1.3 Desafios e limitações do Open design

A filosofia de código aberto no design de produtos (Design aberto), embora ofereça inúmeros benefícios, frequentemente encontra alguns desafios que podem dificultar seu desenvolvimento e sustentabilidade. Reconhecer e ter o entendimento desses desafios é fundamental para que eles possam ser superados.

Denis Fujii, o criador da cadeira Valoví, relatou em uma entrevista para Migueles (2017), alguns dos desafios que passou ao longo de sua jornada com o design aberto, citando entre eles a complexidade de criar uma rede de colaboradores “os makers” que irão garantir a fabricação dos produtos para os usuários, a qualidade dos materiais, uma vez que, com o design podendo ser replicado no mundo inteiro, nem sempre a matéria prima disponível apresentará as mesmas características ideais para o bom funcionamento do produto, o que irá requerer ajustes e adaptações. Além dessas questões técnicas, Denis se deparou com algumas cópias da sua cadeira sendo vendidas em lojas, o que não é permitido pelo tipo de licença da cadeira (CC BY NC – Tabela 2), que permite o download gratuito, mas não a sua produção para fins comerciais.

Apesar de seus ideais inclusivos, o Open Design enfrenta limitações significativas relacionadas ao acesso à tecnologia e à complexidade dos processos de fabricação. O domínio de ferramentas digitais, como softwares de modelagem e equipamentos de corte, ainda é restrito a contextos com maior infraestrutura e formação técnica. Além disso, questões como sustentabilidade financeira, ausência de modelos claros de remuneração para autores e fragilidade de proteção em licenças abertas são apontadas como desafios por Freire et al. (2018) para a consolidação dessa prática em escala mais ampla.

2.1.4 Aplicação no projeto e relevância prática

O design aberto ao incentivar o envolvimento das pessoas no desenvolvimento de um projeto, isso não apenas amplia o acesso ao design de qualidade, mas também permite que diferentes pessoas contribuam com suas experiências, seja como profissional ou como usuário, resultando em um produto final que é verdadeiramente cocriado. Sendo assim, a customização da cadeira, dentro desse processo, abre espaço para a inclusão de diversas perspectivas culturais e individuais, reforçando a ideia de que o design deve ser acessível, funcional e integrador.

A comunidade criada dentro do pensamento do design aberto é essencial para o desenvolvimento e aprimoramento contínuos dos objetos criados, e temos exemplos tanto da cadeira valoví quanto da cadeira Slim (referenciadas no estudo de caso) que tiveram diferentes versões até chegarem na versão final, partindo de estudos e feedbacks que foram compartilhados por usuários. À medida que mais pessoas se envolvem com os projetos, a qualidade tende a melhorar, promovendo um ambiente colaborativo que consegue beneficiar a todos e encoraja a comunidade a participar do design.

O design aberto é sobre compartilhamento e colaboração. Ele reúne designers do mundo todo para contribuir com sua expertise e criar projetos inovadores. Segundo Boisseau et al. (2018), embora modelos 2D possam ser baixados abertamente, o processo de design não é necessariamente aberto: modelos 2D de móveis são, por exemplo, livremente baixáveis no Opendesk sob uma licença Creative Commons, mas o design desses móveis ocorreu tradicionalmente (ou seja, sem colaboração com usuários finais). Portanto, para Boisseau et al. (2018) casos que não são totalmente abertos diferem da essência do que é o design aberto. Esse ponto gera bastante discussão, pois o design aberto oferece diferentes tipos de liberdades, podendo ser ela total ou parcial, ou seja, o que não excluiria plataformas como a Opendesk ou Filson & Rohrbacher de seguirem princípios do pensamento do design aberto.

A Opendesk serviu como base inicial para a formulação desse projeto, como a parte do fornecimento dos arquivos 2D para os usuários fazerem o download e produzirem o objeto, porém com o pensamento de dar ainda mais liberdade aos usuários alguns pontos foram implementados nessa proposta. De forma geral, o processo de criação do design e a disponibilização de arquivos 2D seguem iguais, mas com o

diferencial de que as pessoas através de um design base poderão customizá-lo de acordo com suas necessidades, mudando os parâmetros disponíveis na plataforma web que será desenvolvida. Essa abertura não apenas aumenta a relevância do produto, mas também promove um senso de comunidade e propriedade compartilhada entre os usuários.

Baseando-se nas palavras de Mohammadi (2024), ao permitir que os usuários modifiquem e personalizem seus produtos, os designers podem criar itens mais alinhados às necessidades do consumidor, que poderão durar mais e serem adaptados mais rapidamente. O design aberto incentiva a colaboração e a participação da comunidade, facilitando a competição de fabricantes menores com empresas maiores. À medida que as organizações adotam padrões abertos o cenário de design se torna mais inclusivo, promovendo a inovação compartilhada em vários setores. A democratização do conhecimento de design capacitará criadores individuais e pequenas empresas, permitindo que contribuam significativamente para trazer melhorias e inovações ao mercado.

2.2 FABRICAÇÃO DIGITAL, A TECNOLOGIA CNC E O DESIGN DE MOBILIÁRIO

A fabricação digital é resultado de uma longa trajetória de transformações tecnológicas iniciada na Revolução Industrial. Nesse contexto, a fabricação digital representa um novo paradigma, ao permitir a produção descentralizada e sob demanda de objetos customizados, com o apoio de tecnologias como a impressão 3D, corte a laser e, especialmente, o controle numérico computadorizado (CNC).

O desenvolvimento da manufatura ao longo da história envolve diferentes eras que foram marcadas por avanços tecnológicos, que influenciaram tanto os processos industriais quanto as estruturas econômicas da sociedade. A Figura 16 ilustra essas transformações, que serão abordadas brevemente nos tópicos a seguir com base no texto de Armenta (2021).

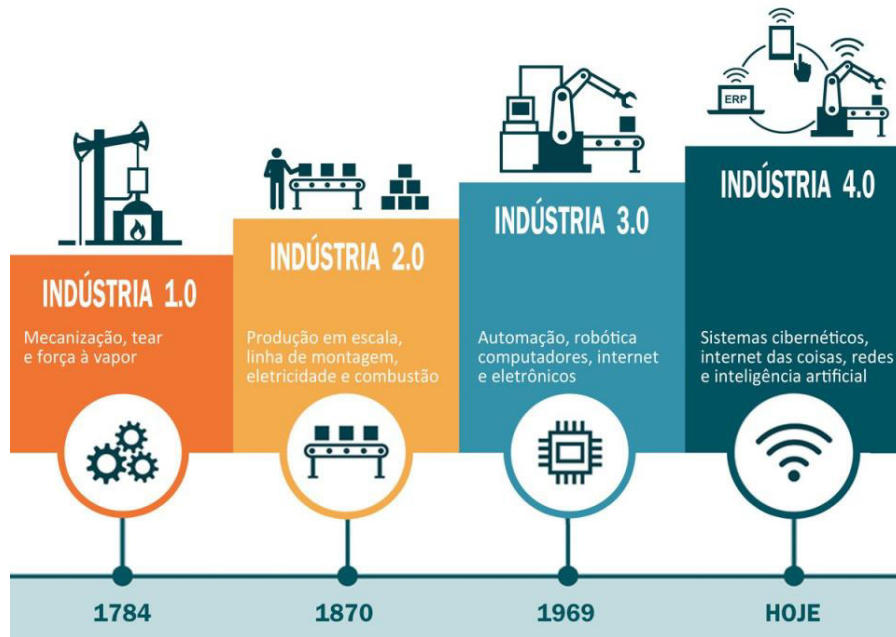


Figura 16 A indústria e suas revoluções ao longo dos anos.

- A Revolução Industrial: A primeira revolução industrial teve início na Grã-Bretanha durante a segunda metade do século XVIII, por volta de 1760. Entre as muitas inovações tecnológicas, havia um tema central: a mecanização fabril, que marcou a transição da economia predominantemente agrária para sociedades baseadas na manufatura mecânica. Impulsionadas pelo uso crescente de máquinas a vapor, as fábricas melhoraram a produtividade e a eficiência, e começaram a abandonar o trabalho estritamente manual.
- A Segunda Revolução Industrial: Começou no final do século XIX, na década de 1870, caracterizada pela eletrificação das indústrias, pelo desenvolvimento da linha de montagem e por avanços no aço, telecomunicações e transporte. A transmissão de eletricidade foi dominada pela primeira vez em 1883, com a invenção da primeira linha de transmissão de energia.
- Terceira Revolução Industrial: Teve seu início na década de 1950, após o fim das duas guerras mundiais. O que marcou essa época foi a indústria eletrônica. Os primeiros computadores foram desenvolvidos, assim como os primeiros dispositivos de automação industrial. Fábricas e linhas de montagem testemunharam uma progressão gradual de processos automatizados.

- Indústria 4.0: O nome Indústria 4.0 é uma referência direta à quarta revolução industrial, que introduziu o conceito de " fábrica inteligente ", um ambiente de produção altamente automatizado e conectado. A internet das coisas (IoT) e os sistemas baseados em nuvem são elementos-chave das fábricas inteligentes. Essa nova era na manufatura é caracterizada pelo uso de novas tecnologias como realidade virtual, inteligência artificial, robôs totalmente autônomos, etc.

Como parte desse processo da Indústria 4.0, a fabricação digital permitiu uma mudança em direção a uma maior customização e personalização de produtos, onde os designers e fabricantes podem analisar dados e preferências do cliente para personalizar as configurações do objeto que será produzido, atendendo à crescente demanda por produtos personalizados e customizados em vários setores, como o de mobiliário.

Além da CNC, as tecnologias de fabricação digital incluem processos como impressão 3D (manufatura aditiva) e corte a laser (manufatura subtrativa), cada um contribuindo de forma única para o design de mobiliário. A impressão 3D permite a criação de formas complexas e leves, muitas vezes impossíveis de serem produzidas por métodos tradicionais, sendo utilizada tanto na prototipagem quanto na produção final, um bom exemplo é a cadeira "One Shot" do designer Patrick Jouin (Figura 17), que foi totalmente impressa em uma única peça.

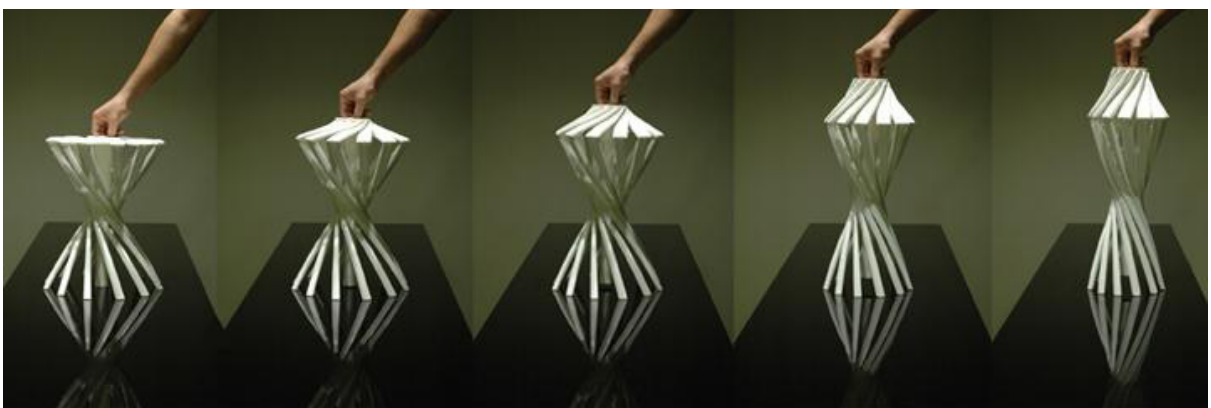


Figura 17 Cadeira "One Shot" by Patrick Jouin.

Já o corte a laser tem se destacado como uma técnica de fabricação digital que também oferece precisão, especialmente em materiais planos como madeira e acrílico. Essa tecnologia permite criar padrões complexos e bordas limpas, ideais para painéis

decorativos e encaixes sofisticados em móveis personalizados, como destaca Cutr (2025). Neste trabalho, o corte a laser será utilizado na confecção das maquetes de estudo, enquanto a CNC será aplicada na prototipação do design final, aproveitando as qualidades específicas de cada tecnologia

2.2.1 O movimento Maker e a cultura do “faça você mesmo” no design de mobiliário e na disseminação da fabricação digital

O movimento maker representa uma transformação cultural que valoriza a criatividade, a colaboração e a autonomia do fazer, tendo como base a ideia de que “fazer é fundamental para o que significa ser humano” (Hatch, 2014, pp. 9-10). O manifesto do movimento maker propõe uma nova relação com a inovação, baseada em princípios como compartilhar, aprender, brincar e participar ativamente. Ao tornar as ferramentas de produção mais acessíveis, estimular o aprendizado contínuo e promover comunidades engajadas, esse movimento ressignifica a ideia de criação e coloca o indivíduo como protagonista na resolução de problemas e na geração de soluções. Trata-se de um convite à ação: criar com propósito, apoiar aqueles que promovem mudanças reais por meio da experimentação e da prática.

Assim como “fast food” ou “fast fashion”, geralmente os produtos de grandes redes de mobiliário são feitos para atender o maior número de pessoas sem considerar as necessidades ou as diferenças específicas existentes em uma comunidade. Sendo assim, para muitos fabricantes, o “faça você mesmo” é a melhor alternativa para esse tipo de consumidor, que está em busca de objetos que conectem e atendam as suas necessidades.

Conhecimentos básicos podem permitir que as pessoas criem projetos “faça você mesmo” funcionais e personalizados para o seu uso diário. Desenvolver um projeto para ser fabricado com a CNC, também pode causar um impacto positivo, porque as pessoas podem compartilhar seus designs fabricados digitalmente em comunidades abertas e também com uma rede de fabricantes, e nesse processo, apoiar um novo sistema de manufatura (Figura 18). Quando optamos por enviar informações, estamos coletivamente promovendo um método de fabricação que tem consequências positivas para o meio ambiente, para as comunidades locais e para a economia. (Filson et al., 2017)

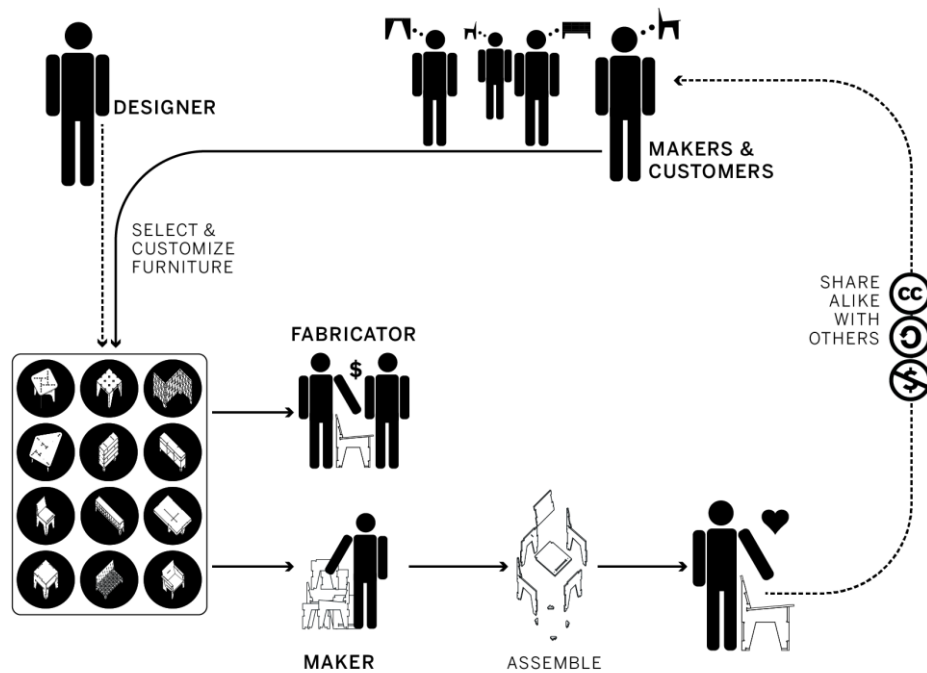


Figura 18 Exemplo da distribuição de um ecossistema de manufatura. (Filson et al., 2017, p. 30).

Dentro do universo do design de produtos e, especialmente, do design de mobiliário, o movimento maker ressignificou o papel do usuário: de consumidor passivo a coautor dos objetos que utiliza. Anderson (2012, p. 63), enfatiza essa democratização das ferramentas como motor da criatividade e da inovação pessoal, ao afirmar que cada indivíduo possui suas próprias necessidades e expertise e, quando as pessoas têm a oportunidade de ter acesso às informações de forma aberta e às ferramentas, elas são capazes de modificá-las ou criar diferentes soluções.

A popularização da fabricação digital está diretamente ligada à consolidação do ecossistema maker, representado por espaços como Fab Labs, makerspaces e a comunidade criada, que de forma conjunta são responsáveis por disseminar práticas de fabricação acessíveis e colaborativas em escala global. Essas estruturas operam como ambientes de aprendizagem prática e colaborativa, oferecendo acesso descentralizado a tecnologias como corte CNC, impressão 3D e automação. Para Gershenfeld (2005, pp. 12-13), após a sua experiência ministrando o curso “How to Make (Almost) Anything” ele relatou o impacto dos Fab Labs e o seu potencial de tornar a fabricação pessoal tão acessível quanto os computadores pessoais, promovendo a apropriação tecnológica e o desenvolvimento autodidata em diferentes contextos socioculturais.

No contexto do design de mobiliário, o CNC tornou-se uma das ferramentas centrais desse ecossistema por permitir a produção local e sob demanda, com mínima perda de material e montagem simplificada. Móveis podem ser projetados parametricamente, compartilhados como arquivos digitais e fabricados em qualquer lugar do mundo com acesso a uma oficina digital, traduzindo os valores do open design e do maker em objetos reais e funcionais.

Aplicações em mobiliário - Plykea

A empresa britânica Plykea fundada em 2016, transforma cozinhas completas e guarda-roupas comuns da IKEA em sistemas personalizados (Figura 19) usando roteadores CNC para recortes precisos e acabamentos manuais para garantir a qualidade do design. Os arquivos digitais gerados pelos usuários são enviados para serem cortados pela CNC, resultando em painéis prontos para montagem, com instruções claras e encaixes inteligentes, como descrito no próprio site da Plykea.



Figura 19 Cozinhas da IKEA customizadas pela Plykea.

O que tornou viável essa iniciativa foi a utilização da tecnologia CNC, que além de possibilitar a fabricação de itens modulares e customizáveis, oferece resultados de qualidade, rapidez na fabricação e liberdade de escolha dos usuários, para que possam ter mais autonomia durante a escolha de algo que atenda melhor o seu estilo, espaço e necessidades.

2.2.2 A tecnologia CNC

De acordo com Harrison (2021), o desenvolvimento da primeira máquina CNC (Figura 20) foi atribuída ao americano James Parsons em 1949. Parsons trabalhou em um projeto de pesquisa da Força Aérea Americana que tinha como objetivo descobrir como produzir pás de helicópteros e também de como melhorar o revestimento de aeronaves. Durante esses estudos, Parsons conseguiu calcular as coordenadas aerodinâmicas de um helicóptero, e em seguida, inseriu os dados em um cartão perfurado, que utilizou em uma furadeira suíça. Essas informações levaram à fabricação de muitas pás de helicópteros e revestimentos de aeronaves, e foi considerada a primeira máquina CNC.

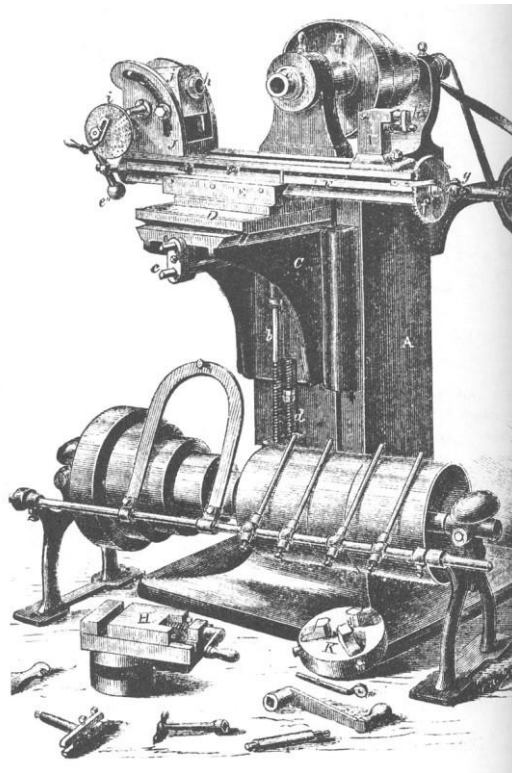


Figura 20 Primeira máquina CNC.

Essa descoberta revolucionou o mundo industrial, automatizando a operação de máquinas por meio da programação de computadores e oferecendo precisão e automação incomparáveis na fabricação de objetos. As máquinas CNC tornaram-se indispensáveis em diferentes setores da indústria, como a de mobiliário e a de peças aeroespaciais. (Ali, 2024)

A sua integração com softwares CAD simplificou ainda mais os fluxos de trabalho, permitindo que tanto os profissionais quanto os fabricantes produzissem designs e

componentes de alta complexidade com precisão, qualidade e em pouco tempo. O desenvolvimento contínuo da tecnologia CNC indica seu papel vital na manufatura moderna, onde precisão, eficiência e escalabilidade são primordiais.

No entanto, com o surgimento de novas tecnologias de ponta como a inteligência artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT), a CNC está passando por uma nova fase de transformação e adequação à nova realidade. Esses avanços não estão apenas melhorando a produtividade, mas também redefinindo o papel das máquinas nas fábricas, tornando-as componentes integrados de uma rede de manufatura inteligente. (Ali, 2024)

Segundo Hepburn (2023), as máquinas CNC se adaptaram muito bem à dinâmica do mercado moderno, que é marcado pelo crescimento da produção sob demanda (flexível e ajustável as demandas do mercado) e pela produção just-in-time (tipo de produção sem estoque, que só é produzido quando solicitado). Essa abordagem envolve o uso da usinagem CNC para produzir produtos personalizados e sob encomenda, conseguindo assim acompanhar as mudanças tanto das necessidades do consumidor quanto do próprio mercado.

Essa produção personalizada torna-se cada vez mais importante no mercado, uma vez que, os consumidores estão buscando cada vez mais produtos customizáveis e prazos de entrega rápidos, o que é oferecido pela utilização da CNC. Essa tendência está acarretando uma mudança para a fabricação just-in-time, na qual os produtos são produzidos sob demanda e os níveis de estoque são minimizados por meio de métodos de produção eficientes. Esse método traz benefícios claros para a sustentabilidade, pois reduz o desperdício e o consumo de energia, produzindo apenas a quantidade exata de produtos necessária em um determinado momento. (Hepburn, 2023)

No contexto desse projeto, teremos o modelo de fabricação just-in-time juntamente com a produção personalizada, onde temos a possibilidade de criar produtos customizados, atendendo as demandas mais específicas do consumidor, que terá a liberdade de configurar alguns parâmetros e chegar ao design desejado, de forma mais rápida e acessível.

A integração da inteligência artificial na tecnologia CNC

Segundo Ali (2024), a inteligência artificial (IA) está avançando cada dia mais, e servindo como um elemento base para as inovações na indústria, e as máquinas CNC também fazem parte dessas melhorias provenientes da utilização da IA. Essa integração aos processos CNC oferece benefícios significativos em termos de otimização, manutenção e produtividade.

Uma das aplicações mais promissoras é a otimização de processos de fabricação. Ao utilizar a IA, as máquinas CNC podem, por exemplo, detectar alguma anormalidade no funcionamento do equipamento e ajustá-lo a evitar problemas, seja relacionado a qualidade das peças fabricadas ou até mesmo referentes a problemas técnicos da máquina. Dessa forma, esse tipo de ajuste dinâmico não apenas melhora a qualidade das peças, mas também reduz o desperdício de material e prolonga a vida útil do equipamento. (Ali, 2024)

A IA também desempenha um papel crucial na manutenção preventiva, uma abordagem que ajuda a antecipar falhas antes que elas ocorram. Com a IA, sensores instalados nas máquinas CNC coletam dados continuamente e os algoritmos podem prever com precisão quando uma peça tem probabilidade de falhar. Isso permite que os fabricantes programem intervenções apenas quando necessário, minimizando as interrupções na produção e economizando com manutenções periódicas desnecessárias. (Ali, 2024)

Em resumo, essa integração da IA ao CNC vem transformando de forma significativa a abordagem tradicional de manufatura, permitindo ajustes em tempo real e facilitando a manutenção preventiva. A IA está ajudando no processo da transformação das máquinas CNC em ferramentas ainda mais poderosas, mais eficientes e mais autônomas. (Ali, 2024)

2.2.3 Benefícios e desafios da CNC na fabricação digital

Entre os principais benefícios da tecnologia CNC estão a precisão, a escalabilidade, a eficiência no uso de materiais e a possibilidade de fabricação local com um menor impacto logístico, permitindo a criação de peças complexas, encaixes inteligentes e produtos customizáveis. Porém, para explicar um pouco melhor sobre

algumas dessas vantagens temos alguns pontos baseados no texto da empresa Team MFG (n.d.):

- Alta precisão: As máquinas CNC utilizam movimento controlado por computador para garantir tolerâncias precisas e operam com margem mínima de erro. Esse nível de precisão é repetível, tornando uma opção ideal para produção em larga escala (escalabilidade). Dessa forma, os fabricantes de mobiliário, por exemplo, conseguem produzir peças idênticas com variações mínimas, garantindo qualidade consistente, reduzindo a probabilidade de defeitos e a necessidade de retrabalho.
- Capacidade de produção, eficiência e velocidade: As máquinas CNC podem operar continuamente, o que resulta em tempos de produção mais rápidos em comparação aos métodos tradicionais de fabricação. As máquinas podem trabalhar em altas velocidades, aumentando conseqüentemente a capacidade de produção e permitindo que os fabricantes atendam uma alta demanda, reduzam os prazos de entrega e melhorem a produtividade geral.
- Customização e flexibilidade de design: Ao utilizar a tecnologia CNC, os fabricantes podem facilmente acomodar solicitações customizadas, ou fazer modificações interativas no design, através da utilização de softwares sem a demanda de muito tempo, permitindo assim a criação de peças exclusivas adaptadas a dimensões, materiais e recursos de design específicos.
- Qualidade consistente: Uma das vantagens mais significativas é sua capacidade de produzir peças com qualidade consistente. As máquinas CNC criam peças idênticas sem variações, garantindo uniformidade em seus resultados. O arquivo uma vez configurado e verificado, a máquina executará o mesmo processo sem alterações.

De forma complementar aos pontos citados, temos também algumas práticas ecológicas em operações com as máquinas CNC que estão cada vez mais incorporando materiais e práticas para reduzir o impacto ambiental. Ao contrário dos processos manuais ou menos automatizados, as máquinas CNC são programadas para maximizarem o aproveitamento do material, isso significa que, cada peça é usinada com

alta precisão, minimizando erros e a remoção desnecessária de material. (Ali, 2024; Hepburn, 2023)

Apesar de ter muitos benefícios, a fabricação digital enfrenta alguns desafios que serão citados a seguir baseados no texto da empresa Team MFG (n.d.):

- **Altos custos iniciais:** Para empresas com orçamentos limitados, os altos custos iniciais podem ser uma barreira significativa, uma vez que, o custo de aquisição de uma única máquina CNC pode variar bastante, dependendo do seu tamanho, complexidade e capacidade. No entanto, é importante observar que, embora as máquinas CNC tenham altos custos iniciais, elas podem oferecer economia de custos a longo prazo.
- **Tamanho de peças limitadas:** As máquinas possuem dimensões fixas, o que pode restringir o tamanho das peças a serem produzidas. Essa limitação pode ser problemática para fabricantes que precisam produzir componentes maiores que a capacidade da máquina.
- **Desperdício de materiais:** A usinagem CNC é um processo de fabricação subtrativo, o que significa que remove material para criar a peça desejada, o que pode resultar no desperdício significativo de material. A quantidade de resíduos gerados depende do tamanho e da complexidade da peça que está sendo usinada. No entanto, é importante observar que, o desperdício de material da usinagem CNC pode ser minimizado através de um design otimizado e da utilização de sobras de materiais.
- **Operadores qualificados necessários:** Embora as máquinas CNC reduzam a necessidade de habilidades tradicionais de usinagem, ela ainda exige operadores qualificados para programar, configurar e para fazer monitoramento das máquinas.

Complementando essa lista existe um ponto voltado a dependência da tecnologia, o que pode ser uma vantagem (tornando possível todos os benefícios citados anteriormente) quanto pode ser uma desvantagem. Isso porque quando as máquinas apresentam mau funcionamento ou quebram, a produção é comprometida. Além dos problemas de hardware, a falta de atualização do software pode levar a problemas de

compatibilidade, vulnerabilidades de segurança e desempenho reduzido. A dependência da tecnologia também significa que as máquinas CNC são vulneráveis a ameaças cibernéticas. Hackers podem ter como alvo o sistema da CNC para roubar propriedade intelectual, interromper a produção ou até mesmo comprometer a qualidade do produto final.

2.2.4 Conexão com a proposta do projeto

A decisão pela escolha da tecnologia CNC para este projeto se justifica tanto pelos benefícios técnicos quanto pelos princípios que fundamentam a proposta. A lógica paramétrica que será aplicada ao design do mobiliário, permitirá que diferentes configurações sejam geradas a partir de um modelo base, o que é compatível com a fabricação digital personalizada e just-in-time. Ao permitir a produção local de objetos customizados com precisão, a CNC reforça os pilares de acessibilidade, sustentabilidade e democratização do design.

A capacidade das máquinas CNC de executar cortes com muita precisão irá garantir que cada peça de mobiliário seja produzida de acordo com especificações exatas, seguindo apenas o arquivo criado e disponibilizado na plataforma web.

A ascensão das estratégias de fabricação personalizada e produção just-in-time marca uma mudança significativa na indústria CNC. Essa abordagem é fundamental para o desenvolvimento desse projeto, pois esse novo cenário alavanca a usinagem CNC para produzir produtos customizados em resposta às necessidades específicas do consumidor, eliminando o excesso de estoque e reduzindo o desperdício. A flexibilidade oferecida pela tecnologia CNC também permitirá uma maior participação da comunidade, ao tornar mais acessível tanto o design quanto a fabricação do mobiliário pelos próprios usuários.

2.3 O DESIGN ESCANDINAVO

Nesse tópico, será abordado de forma breve e direta um pouco sobre o design escandinavo, suas origens e seus princípios, servindo como base de inspiração para o desenvolvimento do mobiliário criado neste projeto.

O design escandinavo é frequentemente associado a uma estética minimalista, funcional e com uma profunda conexão com a natureza, e como exemplo para ilustrar esses pontos temos o complexo de ST. Catherine 's College (Figura 21 e 22), projetado pelo arquiteto e designer Dinamarquês Arne Jacobsen que foi minucioso em cada detalhe e escolha para este projeto.



Figura 21 e 22 Catherine 's College, Oxford - England.

A sensibilidade e o refinamento de Arne se mostram presentes na intencionalidade das suas escolhas, de como cada material foi empregado, na modularidade, na fluidez, no movimento, e claro, na conexão não só dos elementos que compõem o design do edifício, mas com a natureza ao redor, que parece fazer parte da própria construção.

Baseado na biografia de Arne Jacobsen (n.d.), no início da sua carreira, Arne Jacobsen esteve envolvido na introdução do modernismo na Dinamarca e na formação de uma expressão funcionalista dinamarquesa específica, que combinava novas ideias arquitetônicas e de design com a tradição artesanal local e o domínio das características dos materiais. Explorando o potencial da pré-fabricação e da produção em série, Jacobsen buscava criar um design funcional, belo e mais acessível.

Jacobsen teve um papel muito importante na área de mobiliário também, o que segundo Arne Jacobsen (n.d.), ocorreu na década de 1950, quando ele teve seu grande avanço como designer de móveis. Juntamente com o fabricante de móveis Fritz Hansen,

em 1952, ele desenvolveu a Ant (Figura 23), uma cadeira empilhável com assento e encosto moldados em uma única folha de madeira compensada. Essa cadeira marcou um avanço técnico e estilístico.



Figura 23 The Ant, Arne Jacobsen 's first shell chair from 1952. Foto: Stjernegaard Fotografia.

Esses dois marcos, tanto na arquitetura quanto no design de mobiliário resumem bem a introdução deste subcapítulo, mostrando que a essência do design escandinavo não é apenas uma expressão estética, mas também reflete os valores culturais e sociais que moldaram a sociedade ao longo do tempo. Sendo assim, a seguir vamos explorar as principais características do design escandinavo, bem como as influências culturais e sociais vinculadas a ele.

2.3.1 Origem e evolução do design escandinavo

O design escandinavo começou a se consolidar no início do século XX como uma resposta à crescente industrialização nos países nórdicos e à necessidade de tornar o design mais acessível à população em geral. Influenciado pelo movimento britânico Arts and Crafts, os designers da região passaram a valorizar o artesanato, os materiais naturais e a funcionalidade como pilares essenciais de suas criações. A Exposição de Estocolmo de 1930 representou um marco nesse processo, apresentando obras que

souberam conciliar os ideais do modernismo com elementos orgânicos e formas minimalistas. (Project Nord, n.d.)

Entre as décadas de 1930 e 1950, a identidade visual do design escandinavo consolidou-se, priorizando ambientes com linhas limpas, uso abundante de luz natural, proporções equilibradas e um foco na durabilidade dos produtos (McCroory, 2023). Esses valores refletem uma filosofia profundamente democrática, na qual o design deve ser belo, funcional e acessível, independentemente da classe social. Essa abordagem não apenas diferenciou o estilo escandinavo no cenário global, como também reforçou seu papel como expressão cultural dos países nórdicos. Na Escandinávia, essa influência foi traduzida em uma linguagem visual mais simples e acolhedora, mantendo, no entanto, o rigor técnico e formal, como visto nas obras de Arne, citadas anteriormente.

Outro fator que teve um impacto significativo nesse estilo foram as guerras mundiais, uma vez que, diferentes ramos da sociedade, como profissionais da área da construção e do design foram forçados a se adaptarem a um contexto pós-guerra que demandava soluções práticas e acessíveis para o cotidiano, devido aos desafios econômicos e sociais dessa época.

Ainda nesse cenário, a escassez de materiais e a necessidade de criar produtos acessíveis e funcionais estimularam a busca por soluções funcionais, como a produção em massa de móveis e utensílios domésticos que democratizaram o acesso ao design, tornando-o acessível a um público mais amplo. Esse ponto da acessibilidade e da possibilidade de atingir mais pessoas com soluções práticas e funcionais é a inspiração mais forte e também a base desse projeto.

2.3.2 Princípios fundamentais do design escandinavo

O design escandinavo é reconhecido por sua estética minimalista, funcionalidade e profundo respeito pela natureza, onde os objetos são projetados para atender às necessidades do cotidiano, com formas simples e limpas que facilitam o uso e promovem o bem-estar. Originado nos países nórdicos, esse estilo valoriza a simplicidade e a durabilidade dos produtos, promovendo ambientes acolhedores e visualmente equilibrados. Segundo Silvestre (2024), o minimalismo nórdico reflete uma

filosofia de vida que busca o equilíbrio entre forma e função, utilizando materiais naturais para criar espaços e objetos táteis e confortáveis.

Além da estética, o design escandinavo incorpora princípios de sustentabilidade. Garcia (2025), destaca que os designers nórdicos priorizam o uso de materiais recicláveis e técnicas de produção que minimizam o impacto ambiental, resultando em produtos duráveis e de baixo impacto ecológico. Essa abordagem reforça a responsabilidade social e ambiental do design, alinhando-se aos valores culturais da sociedade escandinava.

A funcionalidade também é um pilar essencial. Os objetos são projetados para atender às necessidades do cotidiano, com formas simples e sem excessos decorativos. Como afirma Souza (2022), a modularidade e a flexibilidade dos móveis escandinavos permitem múltiplas interações e usos, tornando os ambientes mais adaptáveis e acolhedores.

De modo geral, este estilo de design não é apenas uma expressão estética, mas uma filosofia que reflete os valores culturais e sociais dos países nórdicos. São esses princípios que tornam o design escandinavo uma forte inspiração para este projeto, uma vez que a proposta é a de criar algo que seja funcional, prático e que consiga carregar essa essência estética e acolhedora tão marcante desse estilo.

2.3.3 Referências do design escandinavo

- **Alvar Aalto e o Modernismo Finlandês**

Alvar Aalto é um dos principais representantes do modernismo na arquitetura e design finlandês. Ele é conhecido por sua abordagem humanista, que combina funcionalidade com estética orgânica. Segundo Baratto (2020), Aalto passou a enxergar a arquitetura como uma obra de arte completa, considerando desde o mobiliário até o controle da luz e do espaço (Figura 24). Tornou-se, assim, conhecido por ser o projetista de todas as escalas. Suas obras incluem móveis icônicos como a poltrona Paimio 41 e o banco 60.



Figura 24 Igreja de Riola, 1978. (Photo: Franco Di Capua)

A Poltrona 41 (Figura 25), também conhecida como Poltrona Paimio, é considerada uma das obras-primas mais impressionantes de Alvar Aalto e foi originalmente projetada para um sanatório em 1932. Aalto visava usar materiais e criar formas que promovessem o bem-estar dos pacientes e apoiassem sua recuperação. A forma leve e orgânica e a estrutura fluida do assento foram projetadas para facilitar a respiração dos pacientes. Em vez de usar o aço tubular tradicional, Aalto optou por compensado de bétula curvado e lamela, um material que ele preferia devido à sua qualidade quente e tátil, e que era fácil de limpar. (Scandinavia Design, n.d.)



Figura 25 Poltrona Paimio 41 do Arquiteto e Designer Alvar Aalto.

O banco 60 (Figura 26 e 27), projetado por Alvar Aalto para a Artek, é um dos ícones do design de móveis finlandês. O banco de três pernas é até hoje um produto referência, cujo formato simples sempre foi moderno. O banco 60 é uma cadeira que também pode ser usada como uma mesa pequena, por exemplo, ao lado de uma poltrona ou cama, além de serem facilmente empilháveis quando não estão em uso. Nascido de ideais modernistas e inovação finlandesa, seu grande legado e relevância contínua devem muito à visão original de Alvar Aalto para um objeto universal feito inteiramente de bétula nativa, que é produzido continuamente desde 1933, o que comprova sua durabilidade. (Artek, 2025)



Figura 26 e 27 Banco 60 do Arquiteto e Designer Alvar Aalto, Peças de composição do banco 60.

A abordagem humanista de Aalto se manifesta tanto em seus edifícios quanto nos objetos que projetou, sempre buscando integrar forma, função e bem-estar do usuário.

- **Hans J. Wegner e o Mobiliário Dinamarquês**

Entre os designers de móveis dinamarqueses, Hans J. Wegner (1914-2007) é considerado um dos mais criativos e inovadores. Muitas vezes chamado de mestre da cadeira, Wegner criou quase 500 em sua vida, sendo muitas delas consideradas obras-primas. Sua icônica cadeira Wishbone (Figura 28) é provavelmente a mais conhecida e está em produção contínua desde 1950. "Muitos estrangeiros me perguntaram como criamos o estilo dinamarquês", disse Wegner uma vez. "Respondi que era um processo contínuo de purificação e simplificação – para reduzir ao design mais simples possível

de quatro pernas, um assento e um encosto e apoio de braço combinados." (Carl Hansen & Søn, n.d.)



Figura 28 CH24 | Wishbone Chair do Arquiteto e Designer Hans J. Wegner.

A essência do trabalho de Wegner é seu foco em mostrar a alma interior das peças de mobiliário por meio de um exterior simples e funcional. A experiência de Wegner como marceneiro o proporcionou uma profunda compreensão de como integrar técnicas de marcenaria com formas requintadas. Sua estética também era baseada em um profundo respeito pela madeira e suas características, e uma vasta curiosidade sobre outros materiais naturais que lhe permitiram trazer uma suavidade orgânica e natural ao minimalismo do design. (Carl Hansen & Søn, n.d.)

Com um formato diferenciado, a icônica cadeira CH24 Wishbone ou Y chair, projetada por Hans J. Wegner em 1949 ocupa um lugar especial no mundo do design moderno. Ao projetar a CH24, Wegner escolheu combinar o encosto e o apoio de braço em uma única peça em madeira curvada e em um assento de corda em um padrão trançado. (Carl Hansen & Søn, n.d.)

Esse foi apenas um exemplo dentre tantos outros designs icônicos criados por Wegner que tinha em sua essência enxergar o design como um processo de purificação da forma, através da relação entre forma, função e conforto. A cadeira CH24 Wishbone, como descrita anteriormente, revela uma síntese entre técnica, materialidade e uma

linguagem estética limpa e funcional, o que influenciou e ainda influencia o mobiliário moderno no mundo todo.

2.3.4 A estética escandinava como inspiração para o projeto

O estilo escandinavo valoriza a simplicidade, a praticidade e a qualidade dos materiais, características muito importantes hoje em dia, uma vez que, a criação do design está voltada a atender às necessidades contemporâneas de flexibilidade e adaptabilidade não só dos espaços, mas também da rotina das pessoas. Essa abordagem é centrada no ser humano, onde a funcionalidade é priorizada, levando em conta não apenas a aparência, mas também a experiência do usuário.

Todo esse conjunto de ideias e pensamentos reflete no design de móveis, que são projetados para serem facilmente adaptados a diferentes ambientes e usos. Esse é o aspecto no qual se enquadram um dos objetivos desse projeto, que através da modularidade, da parametrização e de diferentes opções de peças, possibilitará que as pessoas customizem o seu mobiliário de acordo com suas preferências e necessidades específicas, promovendo uma relação mais íntima e pessoal com o objeto selecionado.

Como o mobiliário a ser desenvolvido será confeccionado utilizando uma CNC router de três eixos (X, Y e Z), isso poderá apresentar algumas limitações para a criação do design do objeto, como por exemplo encaixes ou peças que requerem cortes em ângulos diferentes de 90°. Dessa maneira, a simplificação da forma, o conceito de linhas limpas e formas geométricas mais simples presente no design escandinavo servirá como fonte de inspiração para a criação desse novo design, o que poderá contribuir para que o resultado obtido possa se integrar facilmente a diferentes estilos de decoração, ampliando suas possibilidades de uso em diversos contextos e por diferentes pessoas pelo mundo.

Outro aspecto importante é a acessibilidade. O design escandinavo busca a democratização do bom design, tornando-o acessível a uma ampla gama de pessoas. Seguindo essa linha de pensamento o design aqui proposto será disponibilizado de forma livre, através da filosofia do Open design, o que dará a oportunidade de mais pessoas terem acesso aos detalhes do móvel para fabricação própria. Dessa forma, estamos não

apenas promovendo um produto físico, mas também fomentando uma cultura de compartilhamento e colaboração.

Em síntese, os princípios do design escandinavo: simplicidade formal, funcionalidade e foco no usuário, mostram-se profundamente alinhados à proposta deste projeto, tanto em sua dimensão estética quanto em sua lógica participativa e aberta.

2.4 CUSTOMIZAÇÃO E MODULARIDADE NO DESIGN DE MOBILIÁRIO

Ao longo dos anos o design de mobiliário tem evoluído bastante, principalmente no âmbito de oferecer soluções mais adaptáveis, personalizáveis e voltadas ao usuário. Essa tendência responde às transformações socioculturais do consumo, onde cresce a valorização de produtos únicos, ajustáveis e com significado pessoal. Nesse contexto, a customização, em especial quando associada ao design paramétrico surge como uma abordagem que oferece ao usuário a possibilidade de participar do processo de definição do produto final.

A possibilidade de adaptar e configurar objetos de acordo com diferentes contextos e necessidades reflete uma mudança de paradigma no design de produto, que deixa de ser fixo e fechado para assumir uma lógica mais aberta e participativa. Essa abordagem está diretamente conectada com a filosofia do open design e com plataformas digitais que permitem ao usuário final definir dimensões, formas e configurações, como ocorre em ferramentas como o Shape Diver ou o Potterware, que serão analisadas no Capítulo 05 deste projeto.

A customização permite a flexibilidade do design sem comprometer a integridade formal ou funcional do objeto, porém para que isso seja possível e viável entramos na questão da modularidade, que se apresenta como uma estratégia projetual eficiente. Projetar com módulos significa criar sistemas compostos por unidades que podem ser recombinadas de maneiras distintas, gerando diversidade formal e funcional a partir de um conjunto limitado de elementos.

A modularidade permite um “equilíbrio entre diversidade e padronização”, possibilitando tanto a produção em série quanto a personalização individual. Isso é

particularmente relevante para o design de mobiliário, em que variações de tamanho, função ou contexto de uso podem ser resolvidas com soluções modulares bem estruturadas.

Segundo Bonvoisin et al. (2016), sistemas modulares permitem gerar diversidade funcional e formal a partir de componentes padronizados, o que fortalece práticas abertas de design e aumenta a escalabilidade da produção. Já Freire et al. (2018), destacam que a modularidade também promove processos colaborativos, ao permitir que o usuário ou colaborador foque em partes específicas do projeto, geralmente aquelas com as quais possui maior familiaridade. Isso reduz a necessidade de conhecimentos técnicos amplos, tornando o envolvimento mais acessível e participativo.

Portanto, a proposta deste projeto encontra respaldo conceitual na convergência entre design customizável e sistemas modulares. Ao oferecer um modelo base que pode ser ajustado por parâmetros definidos, e composto por peças modulares, o sistema busca conciliar liberdade criativa, eficiência de produção e acessibilidade para o usuário final.

2.4.1 Conceitos e fundamentos

Em sua essência, o design modular prioriza flexibilidade, escalabilidade e customização, o que proporciona benefícios significativos para fabricantes e usuários. Para fabricantes, ele permite uma produção eficiente e uma cadeia de suprimentos simplificada. Para usuários, ele oferece um nível de customização e personalização que é tanto diversificado quanto prático. (Design Zindagi, 2024)

Móveis modulares, em sua essência, são uma abordagem de design revolucionária que introduz flexibilidade e adaptabilidade ao mundo do mobiliário. É mais do que apenas uma coleção de peças separadas; é a criação de sistemas compostos por componentes, os quais, são projetados para serem combinados ou reorganizados de diferentes maneiras, permitindo ao usuário criar uma variedade de configurações de mobiliário, facilitando assim a adequação do design a diferentes espaços e necessidades. (McWilliams, 2023)

A modularidade no design de móveis também se alinha com os princípios de design aberto de transparência, participação e colaboração, incentivando a inovação orientada pela comunidade. Essa conexão promove um ambiente onde os consumidores

podem se envolver no processo de design, adaptando seus móveis para atender às suas preferências, estilos de vida, utilização e ao espaço. Marcas consolidadas como IKEA, Maiden Home e Herman Miller exemplificam aplicações bem-sucedidas de móveis modulares, oferecendo produtos que combinam estilo e funcionalidade, ao mesmo tempo em que promovem o envolvimento do usuário no processo de personalização.

Nos últimos anos, o surgimento de tecnologias de fabricação digital, como impressão 3D e usinagem CNC, impulsionou ainda mais a filosofia do design modular. Essas tecnologias permitem a criação de componentes modulares customizados que podem ser produzidos sob demanda, reduzindo o desperdício e aprimorando a customização e personalização para os consumidores. Como resultado, o conceito de modularidade continua a ganhar força, fomentando uma cultura de sustentabilidade e flexibilidade tanto no design de móveis quanto no desenvolvimento mais amplo de produtos.

Modularidade: integração com parametrização e fabricação digital

A integração entre modularidade, parametrização e fabricação digital representa uma convergência estratégica no design contemporâneo de mobiliário. A modularidade fornece a base estrutural para sistemas flexíveis e adaptáveis, enquanto a parametrização permite que variáveis como dimensões, formas, encaixes e materiais sejam ajustadas conforme as necessidades específicas do usuário. Essa abordagem é potencializada pelas tecnologias de fabricação digital, como corte CNC, que viabiliza a produção local e personalizada de componentes modulares com alta precisão e baixo desperdício de material.

Segundo Roy e Abdul-Nour (2024), essa sinergia entre modularidade e ferramentas digitais aumenta a eficiência produtiva, reduz a complexidade de montagem e facilita a personalização em escala, especialmente em contextos de manufatura sustentável. A parametrização, por meio de softwares como o Grasshopper, permite gerar modelos dinâmicos que se adaptam a diferentes contextos espaciais e funcionais, promovendo uma lógica projetual aberta e responsiva.

Estudos como o de Su et al. (2023) demonstram que a combinação entre design paramétrico e construção modular tem sido aplicada com sucesso em estruturas

arquitetônicas complexas, como o pavilhão “Hypar Shell” (Figura 29), impresso em 3D e montado a partir de unidades modulares otimizadas por algoritmos. Embora o exemplo seja arquitetônico, os princípios se aplicam diretamente ao design de mobiliário, onde a modularidade permite escalabilidade e a parametrização garante adaptabilidade.



Figura 29 Estrutura modular impressa em 3D com design paramétrico, construída em frente ao Guangzhou Opera House.

Essa integração também favorece práticas sustentáveis, ao permitir que os objetos sejam produzidos sob demanda, com arquivos parametrizados que podem ser adaptados e replicados em diferentes contextos. Além disso, a modularidade facilita a desmontagem e o reaproveitamento de peças, alinhando-se aos princípios da economia circular e do design regenerativo.

2.4.2 Benefícios da abordagem modular na fabricação de móveis

Móveis modulares ganharam popularidade no design contemporâneo devido à sua versatilidade e adaptabilidade, tornando-os uma escolha ideal para espaços de vida modernos. O conceito fundamental de modularidade permite que componentes individuais sejam combinados e reconfigurados de várias maneiras, atendendo às necessidades exclusivas dos usuários e de seus ambientes. (McWilliams, 2023)

A modularidade oferece inúmeras vantagens na área de design de móveis e na fabricação digital, e alguns dos seus benefícios estão listados a seguir:

- **Otimização de espaço:** a flexibilidade dos móveis modulares permite o uso eficiente do espaço, pois os módulos podem ser adaptados para se encaixarem perfeitamente em diferentes tipos de layout e espaços.
- **Facilidade de montagem:** O mobiliário modular é projetado para montagem e desmontagem simples, onde normalmente, o processo é mais intuitivo e não requer o uso de ferramentas especiais.
- **Customização e versatilidade:** Os móveis modulares conseguem promover a customização, permitindo que os usuários adaptem seus móveis de acordo com seus gostos e requisitos.
- **Custo-benefício:** A capacidade de se adaptar e expandir sem a necessidade de substituir peças inteiras pode levar a economias em futuras compras e reformas.
- **Sustentabilidade:** A modularidade promove a sustentabilidade ao encorajar a reutilização de componentes em vez de descartá-los quando os gostos ou as necessidades mudam. Essa abordagem ajuda a reduzir o desperdício, estender a vida útil dos produtos e apoiar padrões de consumo responsáveis.

2.4.3 Aplicações e estudos de casos

Nas palavras de Schmidt (2019), na década de 1950, os móveis modulares tiveram seu auge, e estavam representados como sistemas de componentes que podiam ser montados pelo próprio consumidor. Hoje em dia, esses móveis podem ser considerados como os móveis estilo "IKEA". Na época, grandes designers como Hans Gugelot (Suiço), Dieter Rams (Alemão), e Eames que trabalhou com Herman Miller, criaram peças que se destacaram e são referência até hoje no mundo do design.

Hans Gugelot - M125

Hans Gugelot começou a desenvolver um sistema de construção modular em 1950. Ao montar laterais, pisos, paredes traseiras, portas e prateleiras pré-fabricadas, foi possível montar qualquer tipo de armário e, posteriormente, reconstruí-los ou expandi-los conforme necessário. O sistema de móveis M125 (Figura 30) foi inicialmente desenvolvido para uso residencial em Zurique e apresentado na Feira Comercial de Basileia em 1953. O M125 é considerado um dos sistemas de móveis mais revolucionários e foi produzido até 1988. (Hans Gugelot, 2020)



Figura 30 Uma das possibilidades do M125 by Hans Gugelot.

Dieter Rams para Vitsoe - 606 Universal Shelving system

Dieter Rams criou o 606 (Figura 31) para a Vitsoe em 1960, aos 28 anos, tornando-se um dos principais designers industriais do século XX. (Vitsoe, 2025). O Sistema de Prateleiras Universais 606 é atemporal, como ainda é produzido pela Vitsoe segue em constantes adições e melhorias o que garantem que o sistema sempre se adeque às necessidades atuais.



Figura 31 Universal shelving system by Dieter Rams.

Charles and Ray Eames – ESU (Eames Storage Units)

Segundo dados encontrados no Eames Office (n.d.), as unidades de armazenamento (ESU) foram projetadas de forma a permitir economias excepcionais na fabricação. Fiel à filosofia Eames, todos os materiais foram apresentados de forma natural: a estrutura de extrusões de aço perfuradas com reforço diagonal não tinha adornos nem disfarces. A combinação de elementos padrão pode ser organizada em várias unidades diferentes (Figura 32) para atender a um número variado de usos, seja na sala de estar, na sala de jantar, no quarto ou como uma divisória de ambiente, podendo ser configuradas como aparadores baixos ou estantes altas.



Figura 32 Unidade de Armazenamento Eames by Charles and Ray Eames.

Dentre todos os designs apresentados, os de Eames fornecem o exemplo mais óbvio dos benefícios das peças padronizadas. As mesmas peças podiam ser usadas para fazer vários tipos diferentes de unidades de armazenamento, e a economia de custos para a fabricação significava preços mais baixos para o consumidor. As unidades foram apresentadas ao público pela primeira vez em 1949 na "sala Eames" de "Uma exposição para a vida moderna" de Alexander Girard no Instituto de Artes de Detroit, porém elas só foram oferecidas para venda ao público a partir de 1950. (Eames Office, n.d.)

Cada um desses sistemas de móveis modulares que foram apresentados aqui, foram projetados para oferecer o máximo de flexibilidade e versatilidade ao consumidor. A grande convergência na época na criação de móveis modulares de muitas maneiras foi estimulada após a Segunda Guerra Mundial, dado o crescimento populacional, a estabilidade econômica e a necessidade de móveis de alta qualidade e baixo preço. (Schmidt, 2019)

2.4.4 Abordagem contemporânea

A IKEA é amplamente reconhecida pela variedade de opções de móveis que ela oferece, e dentre essas opções encontram-se alguns móveis modulares, com um custo mais acessível e de boa qualidade. Embora muitas vezes percebida como uma varejista de móveis tradicional, a IKEA oferece uma variedade de peças modulares que incentivam a customização e a adaptabilidade. Por exemplo, suas mesas de escritório mix-and-match da linha Lagkapten / Alex (Figura 33), que permitem que os usuários personalizem seu desk de trabalho de acordo com suas necessidades e o seu gosto. No caso dessa linha em questão, a IKEA oferece opções de tamanho, cor, tipo de pernas, e o tipo de armazenagem (gavetas ou porta).



Figura 33 Lagkapten / Alex series by IKEA.

Os móveis da IKEA são projetados em componentes padronizados que podem ser facilmente montados, desmontados e alguns até reconfigurados, permitindo que os usuários adaptem suas compras a diferentes espaços e usos ao longo do tempo. A famosa estante “BILLY” é um exemplo perfeito (Figura 34), porque ela pode ser customizada com prateleiras, portas ou elementos decorativos adicionais, oferecendo uma solução de armazenamento simples, mas flexível. Essa abordagem modular é parte do que torna a IKEA um nome familiar globalmente. (Design Zindagi, 2024)



Figura 34 Billy series by IKEA.

Uma das principais vantagens do design modular é sua escalabilidade. Empresas como a IKEA conseguem dimensionar suas ofertas de uma forma que atenda às diferentes necessidades do usuário, mantendo a consistência e reduzindo custos. A customização do usuário é outra marca registrada do design modular. Ao permitir que os clientes criem suas próprias soluções a partir de peças padronizadas, a empresa promove a criatividade e um senso mais profundo de propriedade. (Design Zindagi, 2024)

Essa liberdade de customização é uma das razões pelas quais os produtos da IKEA atraem um público tão amplo, uma vez que todos podem encontrar uma maneira de fazer os produtos funcionarem para eles de forma prática e acessível.

A IKEA fez avanços significativos em direção à sustentabilidade ao incorporar princípios modulares que permitem fácil reparo e substituição de peças, estendendo assim a vida útil do produto e reduzindo o desperdício. Com componentes modulares, em vez de descartar um produto inteiro, os usuários podem simplesmente substituir uma peça danificada ou desatualizada. (Design Zindagi, 2024)

2.4.5 Alinhamento com os princípios do design aberto

A modularidade no design de mobiliário é uma estratégia essencial para viabilizar práticas de design aberto, pois permite soluções flexíveis que estimulam a

participação ativa dos usuários. Quando aplicada nesse contexto, a modularidade oferece aos consumidores a possibilidade de adaptar, modificar e até mesmo criar seus próprios componentes com base em projetos compartilhados.

Essa abordagem promove um ambiente colaborativo, no qual designers e usuários podem cocriar novos módulos ou aprimorar versões existentes, fortalecendo a usabilidade e a relevância dos produtos. Segundo Bonvoisin et al. (2016), a modularidade é uma das principais sinergias entre o design sustentável e o design aberto, pois facilita a fabricação local e a replicação de produtos por diferentes comunidades. Além disso, a modularidade contribui para a escalabilidade de soluções abertas, permitindo que projetos evoluam de forma distribuída e adaptável.

Ao integrar modularidade com plataformas abertas, o design de mobiliário se torna mais acessível, democrático e alinhado com práticas sustentáveis, promovendo não apenas inovação técnica, mas também transformação social por meio da participação ativa dos usuários.

2.4.6 Desafios e considerações

Um dos principais desafios no design de móveis modulares é encontrar o equilíbrio entre personalização e padronização. Embora os sistemas modulares ofereçam flexibilidade para atender às diversas necessidades e preferências dos usuários, a introdução excessiva de componentes exclusivos pode gerar complexidade no processo produtivo. Isso impacta diretamente os custos, dificulta a padronização e compromete a consistência da qualidade dos produtos.

Segundo Gattupalli (2024), o sucesso do design modular depende da capacidade de combinar eficiência produtiva com opções de personalização que não comprometam a escalabilidade. A padronização de módulos básicos permite que fabricantes alcancem economias de escala, enquanto a personalização pode ser aplicada em aspectos como acabamentos, cores ou configurações espaciais.

Portanto, o design de móveis modulares deve considerar não apenas a estética e funcionalidade, mas também a viabilidade técnica e econômica da produção em larga escala. A adoção de ferramentas paramétricas e sistemas modulares podem ajudar a mitigar esses desafios, promovendo um equilíbrio entre diversidade e eficiência

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO DO DESIGN

3 DESENVOLVIMENTO DO DESIGN

Esta etapa do projeto se configura como uma fase de investigação prática e formal, que será marcada por experimentações, análises e decisões a serem tomadas. Será por meio de desenhos a mão, estudos volumétricos e testes de modelos físicos, que ocorrerá a busca de uma solução que concilie identidade estética, viabilidade de fabricação e adaptabilidade para parametrização.

Ao longo deste capítulo, serão apresentados os principais registros desse processo, com destaque para os modelos estudados, as decisões tomadas em cada etapa e a definição do design final que será utilizado como base para o sistema de customização e fabricação nos capítulos seguintes.

3.1 IDEALIZAÇÃO DO CONCEITO

A concepção do design será baseada em três diretrizes fundamentais: modularidade, simplicidade formal e adaptabilidade, tendo como objetivo principal o desenvolvimento de uma peça de mobiliário que possa atender a diferentes perfis de usuário e contextos espaciais, sem perder sua identidade visual e funcional.

As primeiras imagens de referência foram agrupadas em um painel de inspirações (Figura 35) e possuem uma linguagem que traz alguns traços do design escandinavo, que valoriza formas puras, materiais naturais e relações proporcionais equilibradas. Ainda analisando essas inspirações, é possível perceber o diferencial que cada um desses elementos apresenta, trazendo um ar de modernidade e inovação.



Figura 35 Painel de inspirações.

Após a criação do painel de inspirações, outra composição foi criada, mas dessa vez é o moodboard (Figura 36). Esse moodboard foi construído nesta etapa com o intuito de representar algumas referências, estilos, formas e sensações, servindo como um guia estético e até mesmo emocional para o desenvolvimento dos croquis iniciais e estudos volumétricos. A ideia do “Faça você mesmo”, de peças de encaixes como quebra-cabeças, recortes de madeiras, reaproveitamento e a ideia de ter um design mais acessível a todos é a chave desse moodboard criado.



Figura 36 Moodboard.

3.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO FORMAL

O processo de desenvolvimento da forma foi iniciado com uma série de desenhos feitos a mão, nos quais foram testadas diferentes abordagens para as configurações de assento, apoio e base (**Anexo 02**). Nessa fase, o foco estava em explorar possibilidades de design com liberdade, sem preocupação inicial com restrições técnicas (Figura 37), apenas pensando no volume e na forma gerados.

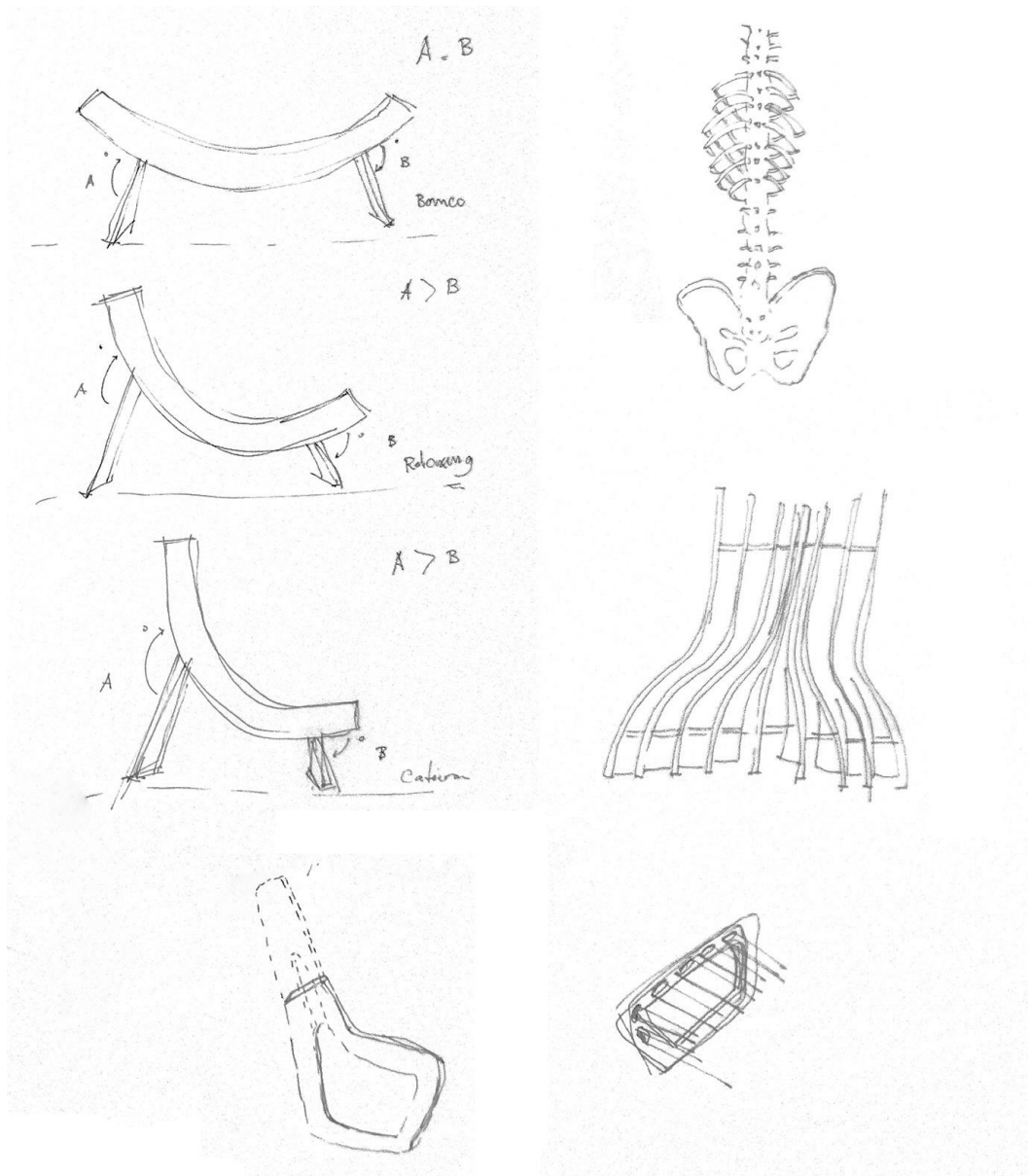


Figura 37 Desenhos iniciais durante o processo de design do mobiliário.

A partir desses primeiros estudos, algumas ideias foram aprofundadas por meio da representação de vistas complementares e até mesmo de variações do design caso alguns parâmetros fossem alterados (Figura 38), permitindo assim uma leitura mais clara dos volumes criados e das relações entre as partes que compõem o objeto.

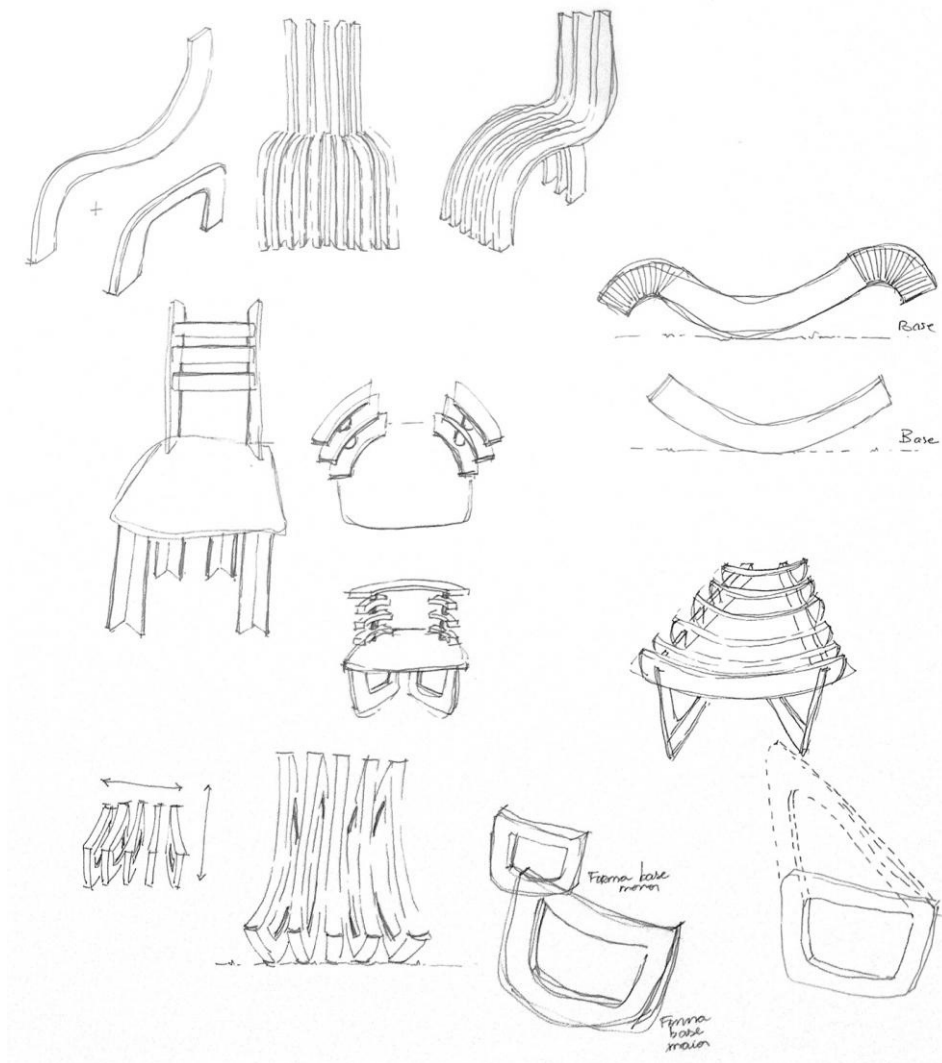


Figura 38 Composição de algumas possibilidades exploradas com mais vistas para facilitar o entendimento do comportamento do objeto.

Estudo de forma com maquetes:

Após a etapa de desenhos e estudos de forma, algumas opções foram escolhidas para que fosse possível fazer uma análise um pouco mais aprofundada. Sendo assim, foi necessário a confecção de maquetes físicas e digitais, para um melhor entendimento sobre a forma geral, a estrutura, as peças de composição, os encaixes e a montagem do objeto.

O material escolhido para a realização das maquetes físicas foi o compensado de 5mm (Figura 39), uma vez que, esses estudos iniciais foram baseados em uma chapa de compensado de 25mm para que pudéssemos trabalhar em uma escala de 1:10 na fabricação das maquetes, e aproximarmos o máximo possível das proporções reais

finais, com o intuito de verificar proporções, volumes, estabilidade estrutural e encaixes de forma tridimensional.



Figura 39 Placa de compensado utilizada para a confecção das maquetes físicas (1200mmX600mmX5mm).

As maquetes foram feitas no laboratório da ESE (Escola Superior de Educação) com a utilização da máquina de corte a laser xTool. Parte do processo de corte das peças pode ser visto na Figura 40. Gerar esses modelos físicos foi uma parte fundamental para avaliar a escala das peças e as relações ergonômicas sugeridas nos desenhos. Algumas propostas foram descartadas na fase inicial, por apresentarem soluções instáveis ou difíceis de executar na máquina CNC que será utilizada para a prototipação final de 3 eixos, que por exemplo, não temos como opção o recorte de peças em ângulo. Porém, esse foi o ponto de partida para que outros designs evoluíssem com ajustes graduais, incorporando soluções simplificadas, econômicas e coerentes com os objetivos de adaptabilidade e customização.

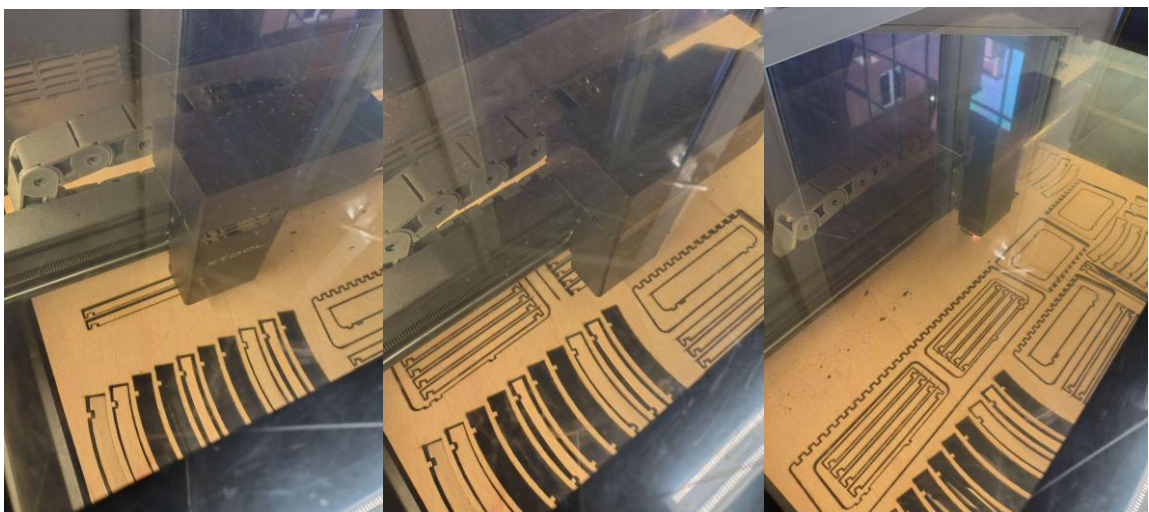


Figura 40 Maquetes sendo feitas na máquina xTool de corte a laser.

De forma conjunta com a produção dos modelos físicos, modelos digitais foram modelados no software SketchUp e renderizados com o software V-ray, para termos mais outra forma de auxílio para a tomada de decisões relacionadas ao design do objeto que seguirá como modelo base para a continuação desse projeto.

A seguir tem-se de forma mais detalhada explicações pontuais sobre cada uma das cinco opções de design que chegaram até essa fase de experimentação. Todas as maquetes foram feitas com o mesmo material e na mesma escala, 1:10.

Maquete 01 - um design que gerou quatro possibilidades

A primeira maquete representa os estudos com formatos curvos que possibilitaram a variação na angulação, seja por questões ergonômicas, estéticas, funcionais ou até mesmo para a formação de um novo objeto. Essas variações podem ser vistas na Figura 41, onde temos um banquinho, uma banqueta, um banco mais comprido e por fim uma cadeira de descanso.



Figura 41 Primeiro design e suas possibilidades.

Em termos de possibilidades esse design proposto se saiu muito bem, porém com as análises feitas com as maquetes físicas alguns pontos não ficaram bem resolvidos e precisam de mais atenção e tempo para serem revistos e adaptados, para aí sim tornar esse design não apenas interessante, mas também funcional. Esse foi um ponto crucial na decisão de não seguir com a proposta de melhorias para essa opção, uma vez que, o tempo de desenvolvimento desse projeto é um dos fatores de limitação, o que poderia comprometer as demais fases do projeto, inclusive a de prototipação do objeto.

De forma complementar, o modelo 3D foi gerado juntamente com as maquetes, para auxiliar na tomada de decisões e fornecer outros tipos de detalhes que podem ser explorados no ambiente digital mais facilmente, como a adição de pessoas utilizando o objeto, para ter uma ideia melhor do comportamento do mobiliário e ter uma escala humana de referência (Figura 42).



Figura 42 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume.

Maquete 02 - um design que gerou duas possibilidades

O design da segunda maquete já apresentou algumas restrições em relação às variações das possibilidades, com esse modelo foram geradas duas opções, o banquinho e a cadeira (Figura 43). A leveza e o movimento que tínhamos na primeira opção se perdeu nesse segundo design. Aqui já temos um visual mais rígido e simplificado, porém tanto na fase da elaboração dos desenhos 2D para o corte das maquetes quanto para a montagem, apresentou algumas dificuldades e fragilidades, o que poderia comprometer o modelo base, caso esse fosse o escolhido.



Figura 43 Segundo design e suas possibilidades.

Para que esse modelo pudesse funcionar, ele também precisaria de mais tempo para ser revisto e para que as adaptações fossem feitas

Apesar do modelo ter alguns pontos delicados e que precisam ser trabalhados, quando modelado em 3D (Figura 44) foi possível analisá-lo com um outro olhar, vendo-o sendo utilizado e com a escala humana, ele apresentou um potencial interessante, que certamente poderia servir de base para estudos futuros.



Figura 44 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume.

Maquete 03 - um design que gerou três possibilidades

A terceira maquete foi o resultado da tentativa da simplificação do modelo anterior (**maquete 02**). Onde a ideia seria diminuir um pouco a complexidade da forma, das peças e dos encaixes, retirando o encosto da cadeira e seguindo apenas com três possibilidades para esse design, o banquinho, o banco e a banqueta (Figura 45). Essa foi uma solução que utilizou menos peças em sua composição, porém, assim como as anteriores apresentou pontos que precisam ser revistos e repensado, como por exemplo o tampo maciço do assento de todas as opções.



Figura 45 Terceiro design e suas possibilidades.

Para que esse design funcionasse como desejado, ele também demandaria mais tempo de estudos e análises voltados às melhorias e aprimoramento da forma, o que se apresentou inviável devido ao tempo necessário para apresentar novas soluções.

A modelagem 3D do design foi feita para termos outras possibilidades de análise da forma (Figura 46). Porém, mesmo com menos peças o formato acabou apresentando um peso visual inesperado, seja pelo seu tampo maciço sem recortes quanto pelas suas laterais mais espessas. Esses pontos precisam ser trabalhados também, o que às vezes com um pouco mais de tempo dedicado à busca dessas melhorias poderia vir a funcionar.



Figura 46 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume.

Maquete 04 - um design que gerou três possibilidades

A quarta maquete foi algo similar ao pensamento da **maquete 01**, onde a ideia é a de trabalhar com o encaixe de uma sequência de peças que trabalham tanto como o assento do banco quanto a conexão estrutural de todo o objeto.

Esse design gerou três opções, o banquinho, a banqueta e o banco comprido (Figura 47). Porém, esse design apresenta um diferencial, o banco comprido e a banqueta são o mesmo objeto, a diferença entre os dois fica na disposição dos encaixes e no posicionamento da estrutura, e de forma complementar as peças poderiam ser utilizadas de forma independente gerando dois banquinhos menores. A versatilidade dessa opção é bastante interessante, uma vez que o mesmo design poderia ser empregado de duas formas diferentes, antes mesmo da consideração da parametrização desse design, o que poderia trazer ainda mais variações.



Figura 47 Quarto design e suas possibilidades.

A possibilidade de ter um modelo interessante e dinâmico como esse chamou bastante atenção, o que aguçou ainda mais a curiosidade para explorar o modelo 3D e explorar mais detalhes. As imagens das opções foram geradas (Figura 48), mas durante essa parte da análise alguns pontos ainda apresentavam fragilidades, reafirmando algumas dúvidas e questões que surgiram durante a montagem das maquetes físicas.



Figura 48 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume.

Sendo assim, sabendo que seria necessário mais tempo de estudos para aprimoramento desse design, tendo em vista a sua maior complexidade devido a sua versatilidade, acabamos optando por não seguir com essa opção.

Maquete 05 - um design que gerou três possibilidades

A quinta e última maquete possui traços que vieram da **maquete 04**, que pode ser facilmente visualizado através da Figura 49, que mostra claramente a semelhança entre as bases laterais de suporte de ambas as opções. O design gerado aqui foi uma tentativa de reunir alguns pontos que funcionam no modelo anterior e acrescentar detalhes específicos, como os recortes no tampo (o que era um ponto a ser melhorado na **maquete 03**, que carregava o peso estrutural e visual de ter um assento maciço).

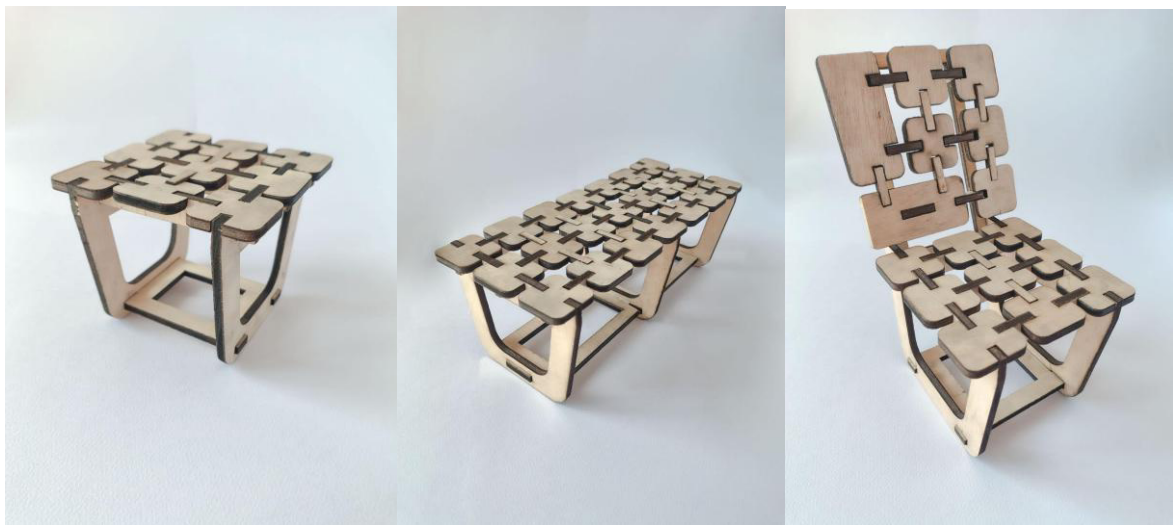


Figura 49 Quinto design e suas possibilidades.

A versatilidade que a **maquete 04** apresentou, foi um ponto muito valioso do modelo e que de certa forma, tentou-se trazer para essa nova opção, porém de um outro modo, ao invés de ter uma mesma estrutura que pudesse variar por si só, aqui já será tudo baseado na parametrização, o que se apresenta mais viável com a estrutura proposta e o assento sendo composto por recortes e encaixes.

Com os bons resultados apresentados nas maquetes físicas, o modelo 3D foi feito (Figura 50) para certificarmos de que esse design é realmente o ideal para ser o modelo base desse projeto. Após as análises da modelagem alguns pontos foram confirmados que precisam ser revistos, mas nada que fosse acarretar o atraso no desenvolvimento do projeto ou até mesmo em um tempo maior para achar novas soluções.

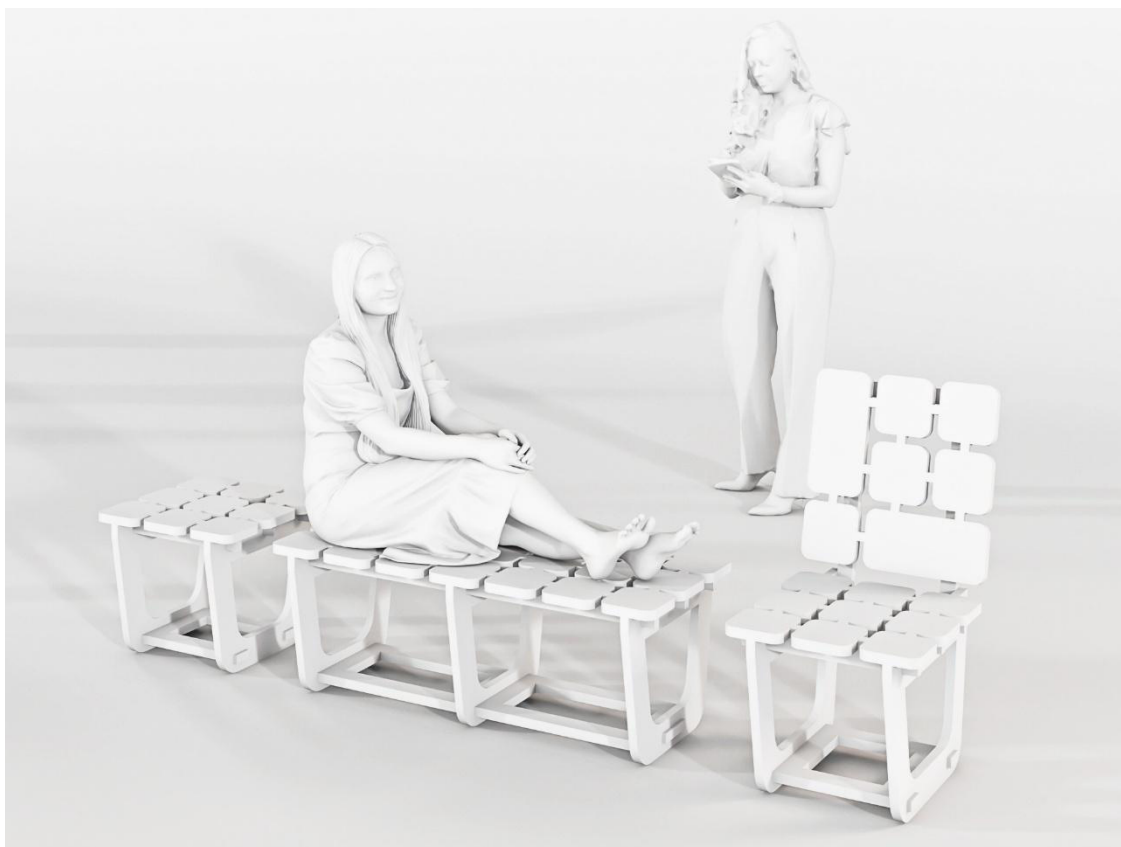


Figura 50 Modelo renderizado com figuras humanas para ter uma melhor ideia de proporção e volume.

Os pontos que precisaram ser revistos foram em sua maioria conectados ao design, como por exemplo, o espaçamento entre as peças do topo foi revisto, para ter um equilíbrio visual mais adequado, o tamanho das peças também foi reduzido já pensando na parametrização do design e por fim a peça de suporte das laterais do banco, uma vez que essa solução não foi algo efetivo para garantir a estabilidade e fixação da estrutura. As informações do design final serão detalhadas a seguir.

3.3 ESCOLHA DO MODELO-BASE FINAL

Entre os modelos apresentados anteriormente, conseguimos chegar ao design que representará o modelo base desse projeto, e dará continuidade às próximas etapas que ainda serão desenvolvidas. Essa escolha levou em consideração critérios como a clareza estrutural, proporções equilibradas, viabilidade de fabricação e, principalmente, compatibilidade com o sistema de parametrização que será implementado no capítulo seguinte.

O modelo base definido é o representado na **maquete 05** (Figura 49), que possui uma geometria simples, porém versátil, capaz de se adaptar a diferentes variações de parâmetros, como os referentes à altura e ao comprimento sem comprometer a integridade do objeto. É importante lembrar que, essas variações serão abordadas durante a modelagem paramétrica, onde o modelo base será submetido a diferentes variações de parâmetros, para analisar o seu comportamento em relação às modificações propostas. Dessa forma será possível descobrir quais serão as variáveis que o modelo irá comportar, e também os valores mínimos e máximos para cada um dos parâmetros que serão disponibilizados ao usuário final durante a customização do seu mobiliário através da plataforma interativa.

Focando agora nos detalhes do design selecionado, temos a Figura 51, uma representação que mostra cada uma das peças que compõem o design do banco. Detalhes técnicos do modelo podem ser vistos no **Anexo 03**. O design é composto por 18 peças, sendo: 02 peças as bases laterais do banco; 02 peças de conexão entre a base; 03 peças de conexão entre as laterais e as peças do topo; 06 peças laterais de topo; 02 peças do topo com rebaixo único; 01 peça do topo com rebaixo duplo e 02 peças de conexão do topo.

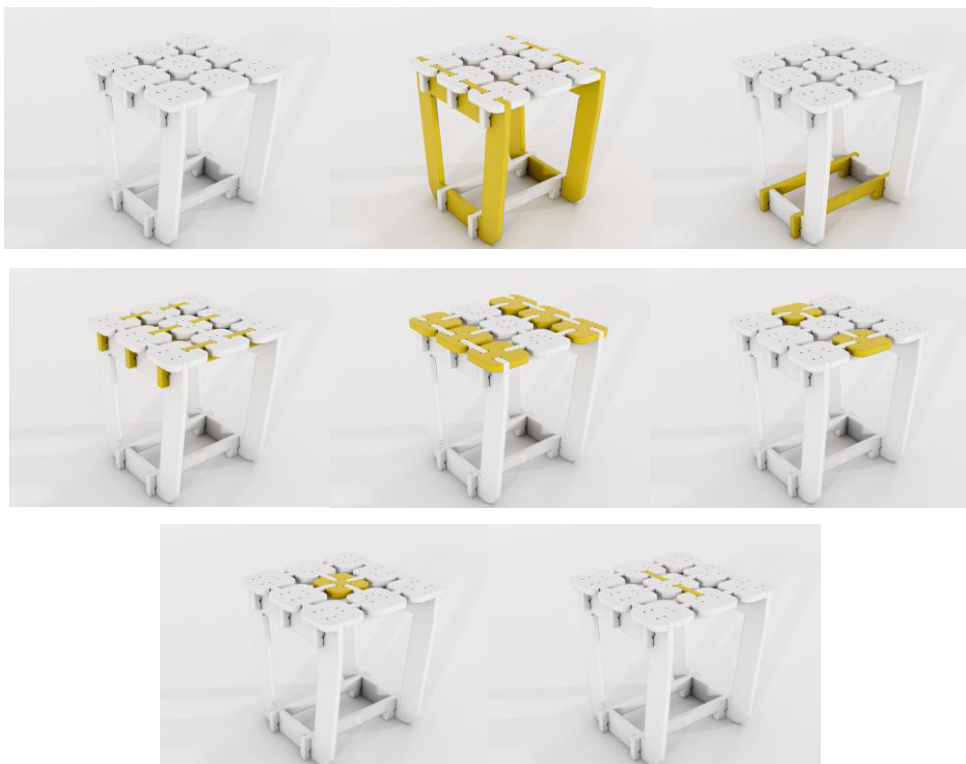


Figura 51 Peças que compõem o design base do banco.

A forma de montagem do banco com suas peças, encaixes e recortes remete a duas coisas que estavam presentes no moodboard, os retalhos de tecidos e as peças de um quebra-cabeça. Tendo isso em mente o design vai ser simbolicamente chamado de banco Puzzle, remetendo as emendas dos retalhos de tecido e ao processo de montagem como um quebra-cabeça. Na Figura 52 é possível ver com mais detalhes a representação dos encaixes e o formato que foi gerado quando aplicamos a textura de madeira no objeto.



Figura 52 Imagem renderizada do banco Puzzle.

Sua forma foi pensada para funcionar como um “ponto de partida”, que pudesse se adaptar conforme os parâmetros fossem alterados na plataforma digital, mas sem perder a essência do design base. A decisão por essa configuração final foi apoiada nos testes feitos durante os experimentos com as maquetes físicas, mencionados anteriormente, bem como nas simulações feitas no ambiente digital, que demonstraram uma melhor eficiência estrutural, facilidade de produção e montagem.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO PROCESSO DE DESIGN

O desenvolvimento do design do objeto proposto neste projeto passou por diferentes etapas, como apresentado ao longo deste capítulo, que envolveram desde a criação de croquis livres, maquetes de estudos até a definição de um modelo base final, que foi capaz de reunir os princípios formais e funcionais estabelecidos no escopo inicial, concluindo assim essa fase de estudos de forma, e proporcionando o design que será explorado nos próximos capítulos.

Todo esse processo foi essencial e muito relevante para articular questões estruturais, ergonômicas, visuais, de montagem e de fabricação, de forma a atender tanto

às exigências do uso cotidiano quanto à lógica do sistema paramétrico que será explorado no capítulo seguinte.

A forma final do objeto não foi definida apenas por um ideal estético ou por requisitos técnicos isolados, mas foi gerada através dos resultados de muita experimentação prática, seja com desenhos, modelagens 3D ou maquetes. As referências visuais e premissas conceituais definidas no início do projeto orientaram os primeiros croquis e modelagens, mas foram os inúmeros testes que refinaram e validaram o design escolhido para ser o modelo base. Assim, o banco Puzzle reflete tanto os objetivos iniciais quanto às respostas obtidas ao longo de toda a exploração prática.

A definição do modelo base a partir desse processo projetual terá um papel decisivo nas etapas seguintes do projeto, pois será em cima desse design que toda a modelagem paramétrica será feita. O design do banco fornece parâmetros configuráveis, o que era imprescindível para a conexão de todas as partes desse projeto, que serão traduzidos no ambiente digital interativo. Além disso, a simplicidade construtiva e a lógica modular testadas na fase do desenvolvimento do design, facilitarão a prototipagem e a futura adaptação para diferentes usos e perfis de usuário, reforçando a conexão entre forma, função e customização.

3.5 FEEDBACKS

Para o processo de validação do design do modelo base, um arquivo detalhado contendo informações gerais e técnicas do design (**Anexo 04**), foi enviado para diferentes pessoas, para que pudessem conhecer o projeto, avaliar os detalhes e compartilharem as primeiras impressões sobre o design proposto.

O intuito da recolha desses feedbacks é o de ter um entendimento mais amplo e diversificado sobre o objeto, através do olhar de outras pessoas, proporcionando assim, a troca de informações, conhecimentos e vivências de cada uma delas.

Através dos feedbacks recebidos (**Anexo 05**), algumas reflexões foram feitas e serão descritas a seguir, baseado nas palavras de cada um dos profissionais que compartilharam suas opiniões. Entre os profissionais que colaboraram com a validação do modelo, eles possuem formações distintas, como engenheiros, arquitetos, designers e docentes, o que permitiu uma leitura rica e multifacetada do projeto.

O arquiteto e designer Denis Fujii, criador da cadeira Valoví e referência em design aberto, ofereceu uma reflexão sobre a estabilidade estrutural do banco, especialmente no sentido lateral, considerando que o travamento ocorre em apenas uma direção. A observação aponta para a importância de um encaixe preciso, onde a tolerância milimétrica entre peças é determinante para evitar folgas e balanços indesejados.

A designer irlandesa Lorna Kee compartilhou uma visão voltada à aplicação comercial e ao marketing, sugerindo simulações visuais da peça em ambientes reais e variados. Sua preocupação com a estética, a adaptabilidade e a personalização revelam que o projeto precisa comunicar não apenas sua função técnica, mas também seus potenciais usos, valores e contexto de produção, fortalecendo a relação entre produto e estilo de vida.

Os engenheiros João Rabelo e Walliston Fernandes, trouxeram análises estruturais precisas, com destaque para a ausência de contraventamentos no eixo horizontal, o excesso de pontos de tensão nos encaixes e o risco de instabilidade causado pela altura da peça. Ambos reforçaram a necessidade de estratégias de contenção, como travas diagonais ou suportes adicionais, e sugeriram adaptações ergonômicas no assento, como curvaturas leves, para maior conforto. Seus comentários evidenciam a importância de realizar simulações e testes que verifiquem o comportamento físico da cadeira sob diferentes esforços.

Por fim, o designer e professor Pedro Oliveira, reconheceu o alinhamento do banco com os princípios do design sustentável, valorizando o reaproveitamento de materiais e a lógica construtiva adaptada ao corte CNC. Contudo, apontou aspectos como a divisão excessiva do tampo e a ergonomia plana como pontos que merecem aprimoramento. Essa crítica reforça a importância de equilibrar técnica e conforto, principalmente em peças voltadas ao uso prolongado.

De forma geral, os comentários recebidos contribuíram para uma análise aprofundada da proposta, revelando pontos a serem aprimorados, como ergonomia, estabilidade e comunicação visual, e fortalecendo a compreensão de que o design, quando aberto à troca, evolui como um sistema vivo e conectado à pluralidade dos seus usuários.

CAPÍTULO 4

DESIGN PARAMÉTRICO COMO BASE PARA O SISTEMA DE CUSTOMIZAÇÃO

4 DESIGN PARAMÉTRICO COMO BASE PARA O SISTEMA DE CUSTOMIZAÇÃO

O design paramétrico é entendido como um processo no qual as geometrias não são modeladas de forma direta, mas derivadas de relações estabelecidas entre parâmetros, permitindo a geração de múltiplas variações a partir de um mesmo sistema, tornando-se especialmente relevante em contextos em que a customização é um diferencial. Ao contrário dos métodos tradicionais de modelagem, onde cada variação exige um novo desenho, o design paramétrico permite modificar parâmetros, como altura, largura, comprimento, etc., e gerar formas distintas de maneira automática e eficiente.

Segundo Scheeren e Lima (2015), o design paramétrico surge como resposta à demanda por inovação e controle no processo de projeto, enquanto Navarrete (2014) destaca sua integração com disciplinas tecnológicas como um dos fatores que impulsionam essa nova forma de pensar o design.

Essa lógica se alinha diretamente à proposta da plataforma desenvolvida neste projeto, que busca oferecer ao usuário um ambiente digital onde é possível customizar peças de mobiliário a partir da manipulação de parâmetros simples e acessíveis. A partir de um modelo base estruturado com essa abordagem, o sistema permite que múltiplas variações sejam geradas e exportadas para fabricação.

A parametrização representa uma ruptura com o modelo projetual tradicional, ao permitir que o designer atue não apenas como autor da forma, mas como criador do sistema que a gera. Isso reforça a lógica de um design mais flexível, aberto e adaptável às necessidades individuais de cada usuário.

4.1 RHINOCEROS 3D E GRASSHOPPER

Para o desenvolvimento do sistema paramétrico aplicado ao banco, foram utilizadas as ferramentas Rhinoceros 3D e Grasshopper, conhecidos pelo desempenho e boa capacidade para lidar com geometrias complexas e lógicas paramétricas. O Rhinoceros é um software de modelagem tridimensional, enquanto o Grasshopper é um plug-in visual que permite criar algoritmos por meio de componentes conectados, facilitando o desenvolvimento de sistemas lógicos sem necessidade de programação textual.

Segundo Martín-Mariscal et al. (2025), o uso do Grasshopper como ferramenta paramétrica permite automatizar a geração de variantes dentro de plataformas de produto, ampliar a personalização e melhorar a eficiência técnica do processo projetual.

A lógica de desenvolvimento paramétrico adotada neste projeto segue uma estrutura semelhante à apresentada por Martín-Mariscal et al. (2025), que divide o processo em três etapas: conceitual, paramétrica e detalhada. A etapa conceitual envolve a definição dos objetivos do produto e das variáveis relevantes; a paramétrica trata da construção dos algoritmos e das relações entre componentes; e a etapa detalhada refere-se à geração das geometrias finais e à preparação para fabricação digital. Essa abordagem pode ser visualizada na Figura 53, que sintetiza o fluxo de trabalho aplicado nesse processo.

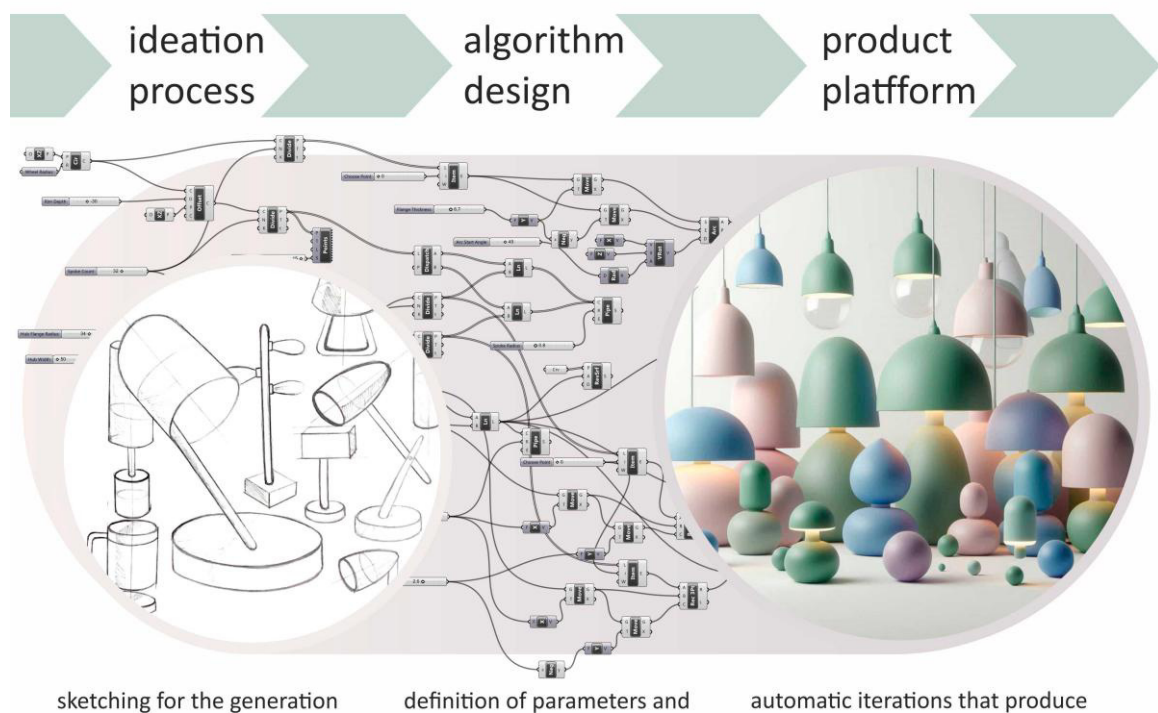


Figura 53 Lógica de desenvolvimento paramétrico apresentada por Martín-Mariscal et al. (2025).

4.2 A PARAMETRIZAÇÃO DO BANCO E O AMBIENTE DE MODELAGEM PARAMÉTRICA

O modelo-base do banco foi construído utilizando uma lógica paramétrica estruturada a partir de componentes modulares, nos quais parâmetros como a espessura do material, altura do assento, largura e profundidade, foram definidos como variáveis.

É importante lembrar que, este trabalho não tem como intuito a apresentação do modelo paramétrico finalizado, por restrições de tempo, mas uma parte foi desenvolvida e servirá como exemplificação do código gerado, do comportamento das peças e do resultado alcançado.

A parte escolhida para fazer essa experimentação foi o tampo do banco, que na sua versão mais simples é formado por 9 peças e possui 3 tipos de variações que estão representadas por cores distintas na Figura 54.

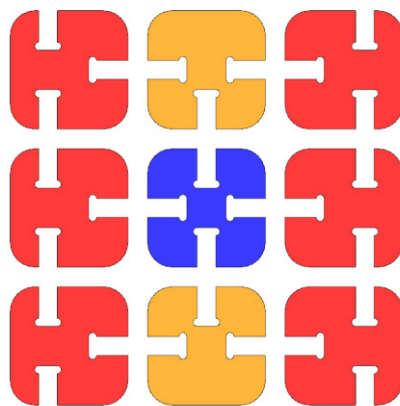


Figura 54 Peças que compõem o assento do banco em seu formato inicial.

Partindo dessa formação inicial temos as duas principais variáveis a serem exploradas, a primeira é o crescimento do banco no sentido de diminuir ou aumentar a sua profundidade, nesse caso teremos apenas 2 opções de tamanhos, como mostra a Figura 55.

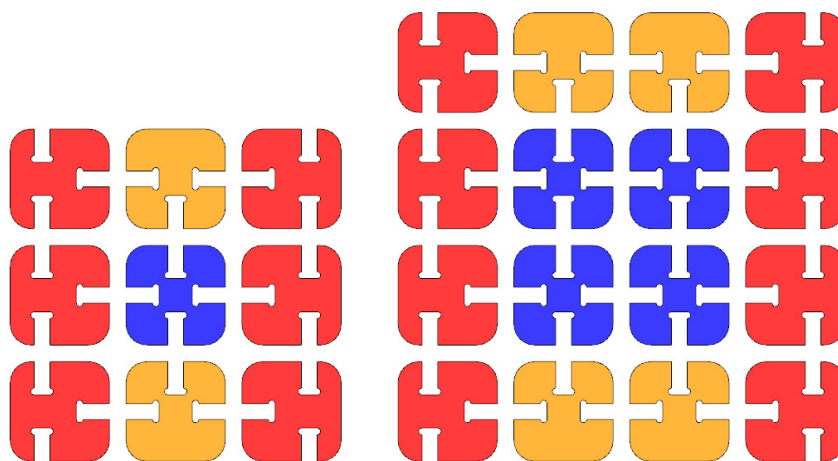


Figura 55 Variação do assento do banco com suas duas possibilidades.

Outra possibilidade de variação do assento é o crescimento para alongá-lo, e nesse caso temos 5 opções de tamanhos que podem ser vistos na Figura 56.

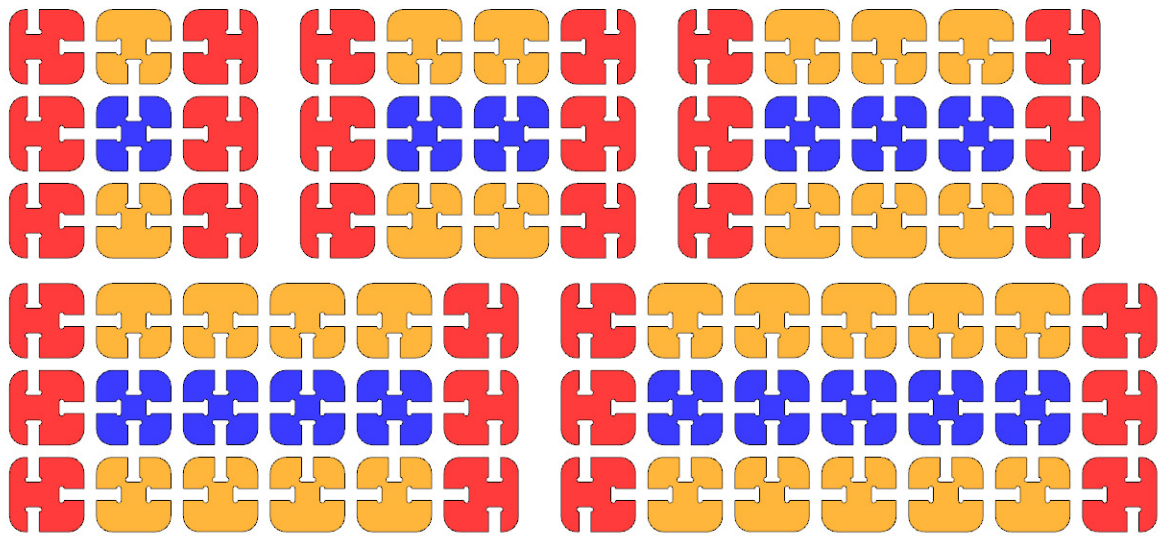


Figura 56 Variação do assento do banco com suas cinco possibilidades, considerando uma profundidade composta por 3 peças.

Nesse contexto apresentado que variamos a profundidade e o comprimento do banco foi possível gerar 10 tipos de composição diferentes entre si, isso sem considerar a espessura das peças e a altura final dos bancos, que irão resultar em mais composições. Essa versatilidade é muito importante, uma vez que dessa forma o design pode se adequar a diferentes espaços, necessidades e propósitos.

O entendimento dessas variações é essencial para o início da parametrização do objeto, uma vez que, temos que entender o funcionamento de cada peça de forma individual, o seu comportamento em conjunto e a influência que cada uma vai exercer sobre a outra e na composição em si.

Para explicar de forma mais clara e simples como foi feita a parte paramétrica do assento do banco utilizando o Rhino e o Grasshopper, a seguir serão compartilhadas as capturas de tela com o propósito de apresentar um pouco da lógica interna do sistema, e como representação do modelo gerado.

O início da modelagem deu-se com a criação da primeira peça, levando em conta suas dimensões e características específicas. Do lado direito da Figura 57 é possível ver parte do código feito no grasshopper que apresenta a modelagem do retângulo base da peça, onde através das coordenadas de cada ponto e a união deles conseguimos gerar

parte da peça, que pode ser vista no lado esquerdo da Figura 57 gerada no Rhino. Lembrando que esse é só um trecho do código para exemplificar o início da modelagem.

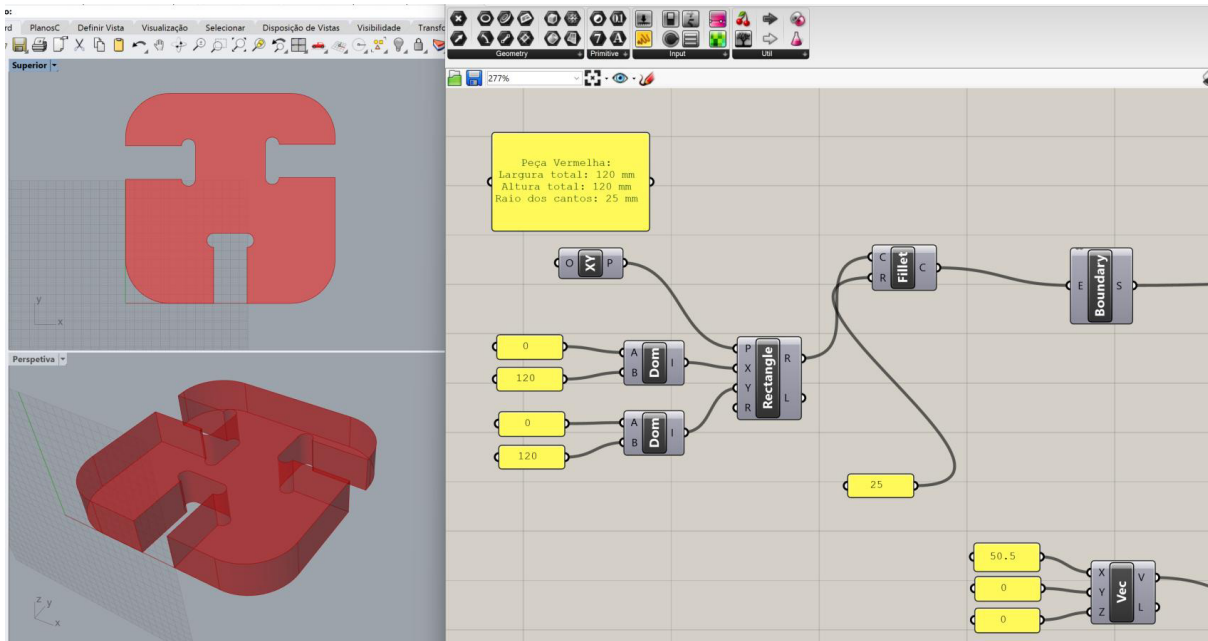


Figura 57 Modelagem paramétrica no Grasshopper.

Esse mesmo processo foi utilizado para gerar as outras duas variações das peças do assento do banco, considerando além de suas características específicas, o posicionamento de cada uma delas na composição. Sendo assim após o desenvolvimento dessas peças deu-se início ao desenvolvimento do primeiro parâmetro variável do objeto, que no caso é a espessura, que poderá variar de acordo com a espessura do material escolhido para a fabricação do banco.

Como possibilidades teremos 07 opções de espessura (10mm, 12mm, 15mm, 18mm, 20mm, 22mm e 25mm). Para que tenhamos esse controle da variação da espessura da peça, uma lista de valores foi criada e conectada ao componente extrude, que por sua vez é conectado a geometria (Figura 58), fazendo com que a geometria se ajuste automaticamente de acordo com o valor escolhido sem a necessidade de reconstrução manual, o que só é possível através das ligações e conexões dos componentes que interagem entre si para a formação do código, que tem como resultado os valores escolhidos.

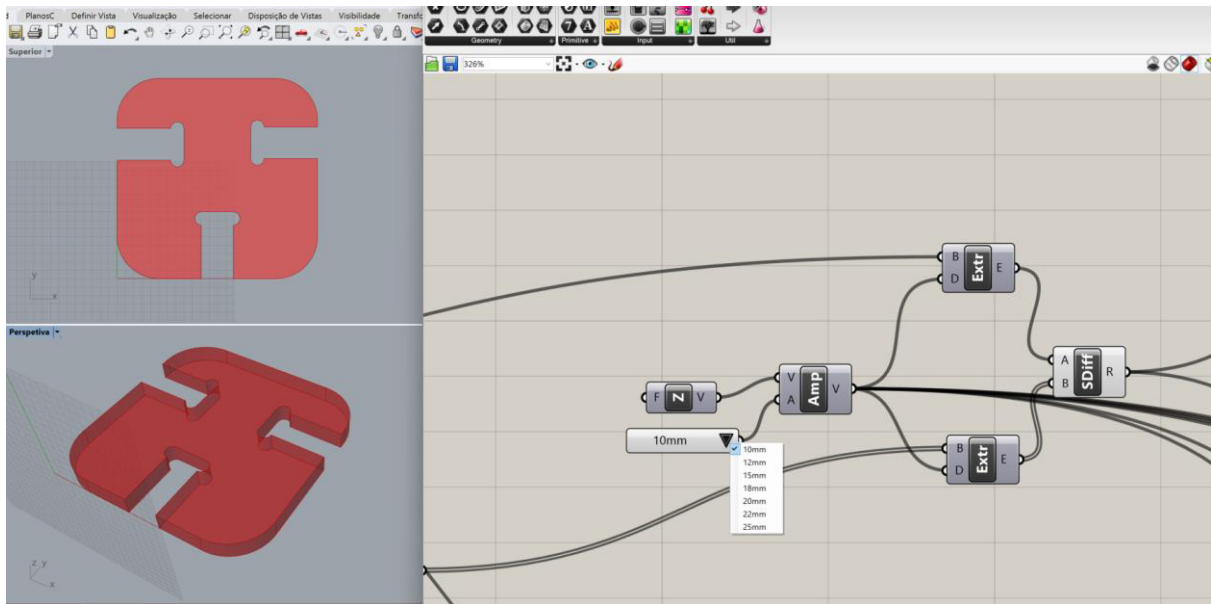


Figura 58 Criação da primeira variável do modelo, a espessura da peça de acordo com o material escolhido.

Após esse primeiro parâmetro feito, o segundo passo foi criar os dois seguintes que não estão conectados diretamente a peça, mas sim com a multiplicação e posicionamento de cada uma, para que possamos trabalhar com as variáveis de profundidade e comprimento do assento do banco. Para que isso fosse possível foi necessário a criação de “sliders” que são barras deslizantes conectadas aos objetos, nas quais colocamos os valores mínimos e máximos para controlar a quantidade de peça adicionada e suas posições.

Na Figura 59 conseguimos ver o slider a direita marcando a opção 3, que significa a quantidade de peças que teremos para a profundidade do banco, como visto na imagem gerada a esquerda da Figura 59.

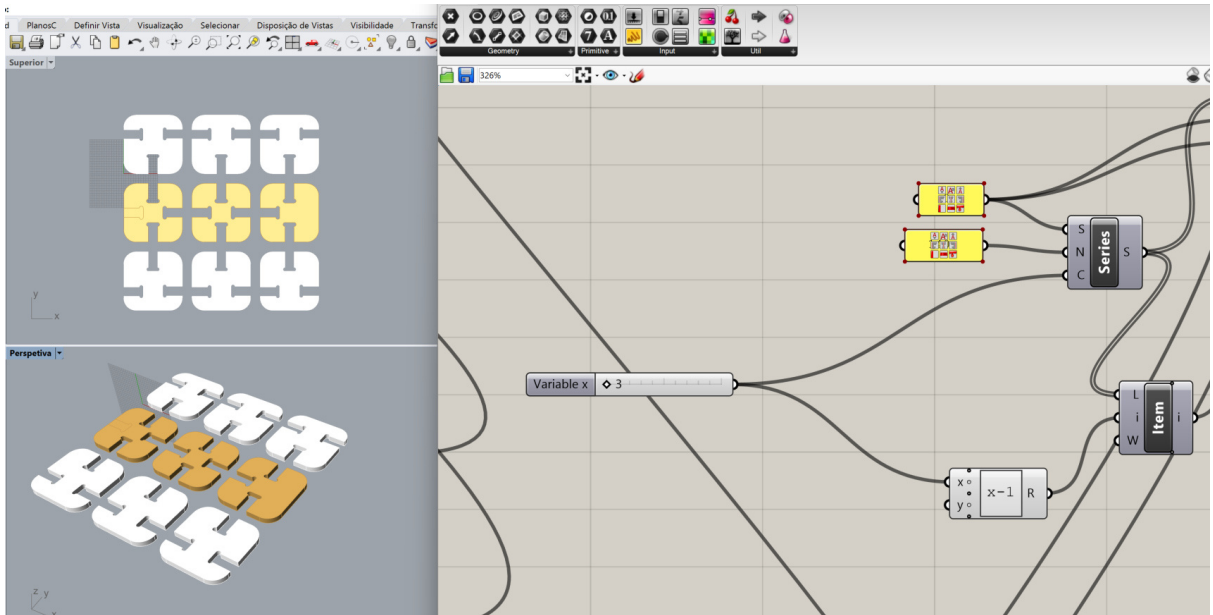


Figura 59 Criação do primeiro slider para o segundo parâmetro, que é o da profundidade do banco.
(banco no tamanho 3x3)

Já na Figura 60 o slider a direita marca a opção 4, que significa a quantidade de peças que teremos para a profundidade do banco, como visto na imagem a esquerda da Figura 60.

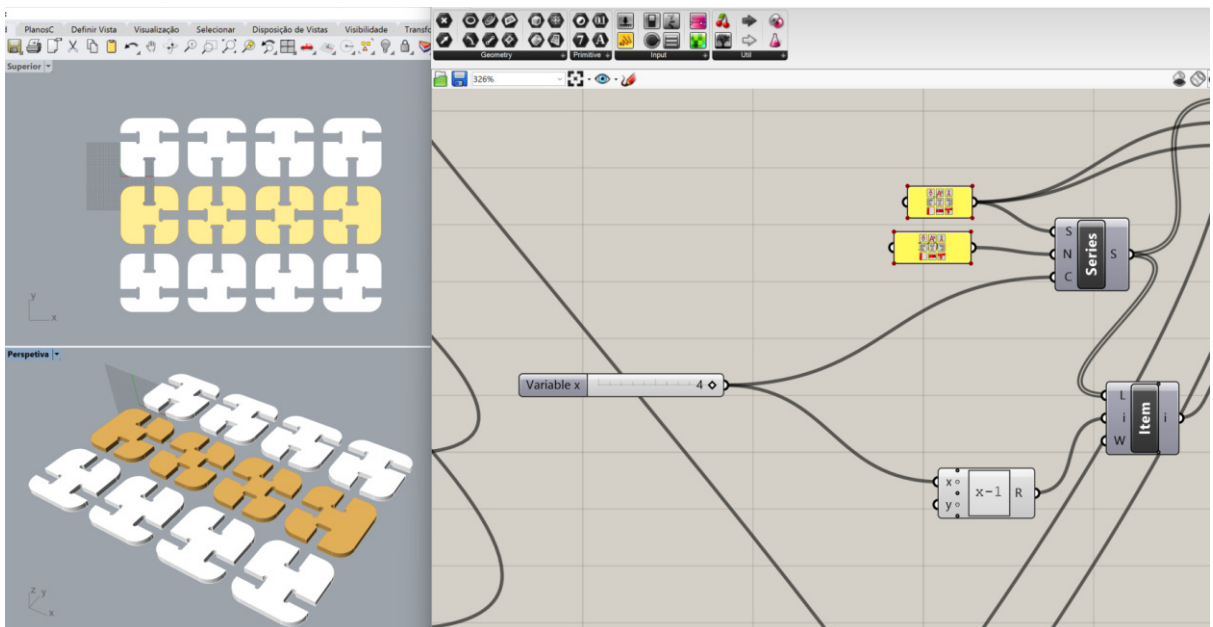


Figura 60 Criação do primeiro slider para o segundo parâmetro, que é o da profundidade do banco.
(banco no tamanho 4x3)

Para finalizar essa parte, temos o último parâmetro envolvido com as peças do assento do banco, que é o da variação do comprimento do banco. Da mesma forma que foi criado o slider para alterar a profundidade do banco, temos um slider que possui 5 variações para o comprimento do banco, e assim que alterado o valor já vemos a alteração na quantidade de peças. Na Figura 61 temos a representação do tamanho do banco com 7 peças ao longo de seu comprimento.

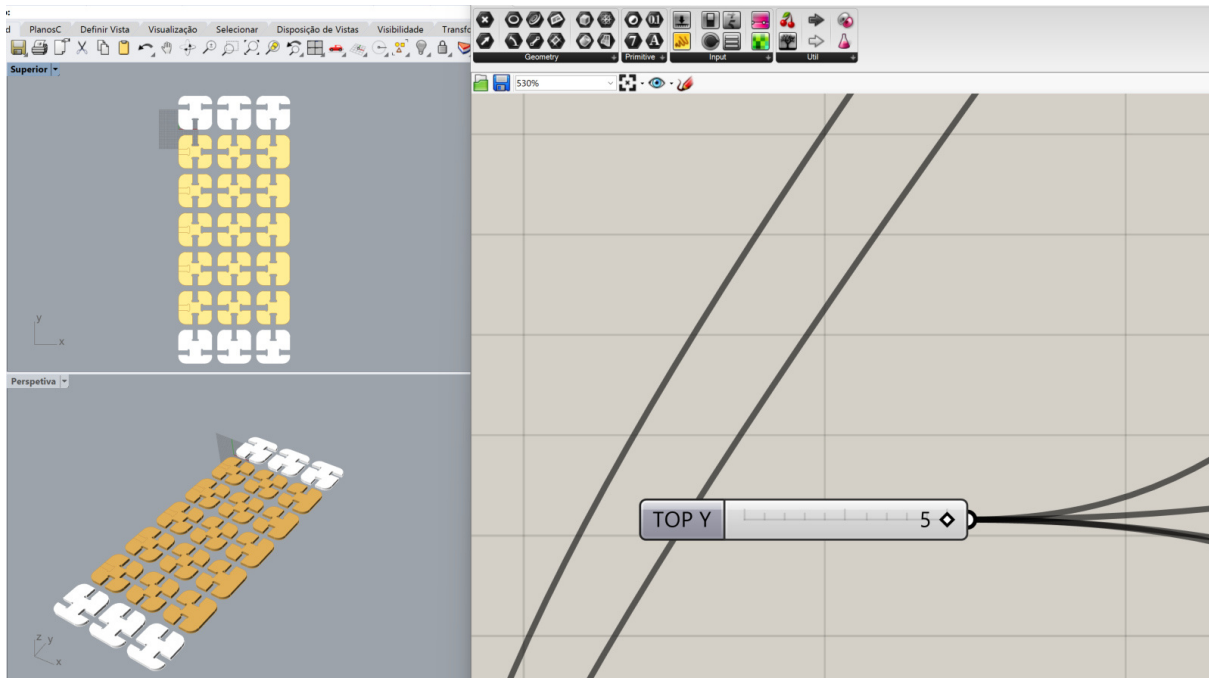


Figura 61 Criação do segundo slider para o terceiro parâmetro, que é o do comprimento do banco. (banco no tamanho 3x7)

Por fim, a ideia foi demonstrar um pouco do funcionamento dessa modelagem paramétrica, e como as peças seriam desenvolvidas e controladas pela variação dos parâmetros escolhidos, sendo assim o ponto de partida para o desenvolvimento das demais peças. A modelagem no Grasshopper é um pouco mais intuitiva do que trabalhar em outras linguagens com códigos diretos, complexos e densos, porém ainda assim não é uma ferramenta que poderia ser facilmente usada por todos. Pensamento o qual é importante considerar nesse projeto porque a ideia é a de deixar toda essa complexidade “longe” do usuário final, e proporcionar uma interação mais intuitiva, simples e acessível, para que mais pessoas participem dessa interação entre design e fabricação.

Toda essa estrutura paramétrica que foi proposta para ser desenvolvida no Grasshopper servirá como base para a criação da plataforma web interativa. Todos os

parâmetros explorados nesse estudo que viabilizam diferentes variações no banco, serão levados para um ambiente digital, de modo que cada ajuste feito pelo usuário na interface resulte na atualização automática da visualização 3D e na geração dos arquivos técnicos (PDF e DXF).

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A parte do desenvolvimento paramétrico demonstrado neste capítulo evidencia como a lógica algorítmica pode servir de base para a criação de sistemas mais flexíveis, capazes de responder a diferentes demandas estéticas, funcionais e produtivas. No caso específico do banco, a criação de variáveis como espessura, profundidade e comprimento exemplifica o potencial da abordagem em gerar inúmeras variações de forma controlada e eficiente.

Embora o processo adotado neste projeto tenha partido de uma concepção formal previamente definida, a aplicação do design paramétrico foi essencial para viabilizar a customização do mobiliário de forma acessível e escalável. Essa abordagem contrasta com o modelo performativo descrito por Borges (2015), em que a forma emerge diretamente da parametrização orientada por critérios estruturais e de desempenho. Ao destacar diferentes caminhos metodológicos, ambos os projetos evidenciam o potencial do design paramétrico como ferramenta flexível, capaz de atender tanto à geração formal quanto à adaptação personalizada de produtos, conforme os objetivos específicos de cada proposta.

Mais do que uma modelagem paramétrica, o design aqui assume um papel estratégico, onde a sua importância não está apenas na multiplicidade de formas geradas, mas na capacidade de proporcionar um ambiente colaborativo e interativo, fornecendo assim uma estrutura que facilita o processo de customização e que torna o design mais acessível.

Nesse sentido, a integração entre o modelo paramétrico desenvolvido no Grasshopper e a futura plataforma web interativa reforça o papel do design como mediador entre tecnologia e experiência do usuário. Ao ocultar a complexidade do código e disponibilizar apenas os parâmetros essenciais, a plataforma assegura uma interação intuitiva, que amplia o alcance do projeto sem exigir conhecimento técnico

prévio. Essa abordagem reafirma o compromisso do design contemporâneo com modelos mais democráticos e colaborativos.

Apesar de o modelo paramétrico não ter sido finalizado integralmente devido a limitações de tempo durante o desenvolvimento, os testes realizados demonstraram a viabilidade técnica e conceitual da proposta. A estrutura lógica construída no Grasshopper, aliada à modelagem no Rhinoceros, permitiu validar o sistema de customização e sua integração com a plataforma digital. Essa etapa, ainda que parcial, confirma o potencial da abordagem paramétrica como ferramenta eficaz para personalização de produtos e reforça a coerência entre os objetivos do projeto e os métodos adotados.

CAPÍTULO 5

DESIGN DA INTERFACE INTERATIVA WEB

5 DESIGN DA INTERFACE INTERATIVA WEB

O desenvolvimento desta proposta envolve diferentes etapas que se articulam de forma conjunta, desde a criação do design do mobiliário até a sua modelagem e parametrização no software Rhino. Neste capítulo, o foco é voltado para a construção de uma plataforma web interativa, que conectará o projeto aos usuários finais por meio de uma interface digital intuitiva. Essa interface representa um elo essencial entre os conceitos técnicos desenvolvidos anteriormente e a experiência prática de customização dos objetos. Baseada em princípios de design paramétrico e código aberto, a plataforma busca oferecer um ambiente acessível, flexível e orientado à experimentação. De forma mais direcionada serão apresentados os fundamentos que orientaram a concepção da plataforma, bem como os fluxos de interação e os principais componentes da interface proposta.

O desenvolvimento da interface da plataforma foi orientado por conceitos fundamentais do design contemporâneo, como a experiência do usuário (UX), o design de interface do usuário (UI), o design paramétrico e a filosofia do design aberto. Conforme Norman (2013), a UX compreende todos os aspectos da interação de uma pessoa com um sistema digital, considerando aspectos funcionais, emocionais e contextuais. No caso da plataforma proposta, garantir uma experiência positiva requer estruturar interações claras, acessíveis e responsivas, especialmente para públicos com pouca familiaridade técnica.

Outro ponto importante relacionado a criação da plataforma, refere-se aos princípios estabelecidos por Shneiderman em seu texto “The Eight Golden Rules of Interface Design” (1998), divulgado pelo próprio autor em seu site da Universidade de Maryland. Essas diretrizes, ainda hoje são reconhecidas como fundamentais, incluem: (1) consistência de elementos em toda a interface, (2) feedback informativo para o usuário após ações, (3) permissibilidade do usuário em reverter ações realizadas, (4) controle pelo usuário, entre outras. Na plataforma em desenvolvimento, por exemplo, as alterações feitas nos parâmetros são imediatamente refletidas na visualização 3D (feedback), e o design segue padrões visuais previsíveis em todos os menus e controles

(consistência). Esses princípios contribuem diretamente para uma interface eficiente e fácil de usar.

Por fim, a filosofia do design aberto, que embasa esta plataforma, é fundamentada no princípio de fornecer acesso livre às informações que serão disponibilizadas na plataforma, permitindo que qualquer usuário possa customizar o seu próprio mobiliário. De acordo com de Manincor (2015) , o design open source é uma expansão do software livre para objetos físicos e sistemas, propondo que “open source design envolve desenvolvimento colaborativo e o redirecionamento de conhecimento”. Assim, ao disponibilizar modelos parametrizados e arquivos de detalhamento para a fabricação digital, a plataforma promove a participação de diversas pessoas no processo de experimentação, contribuindo para uma transformação inclusiva no design de mobiliário.

5.1 ESTUDO DE CASO, EXEMPLO DE PLATAFORMAS WEB COM ABORDAGENS INTERATIVAS

Alguns sites já possuem conceitos e ideias semelhantes às que serão utilizadas como base nesse projeto, como um bom exemplo temos o Potterware, que segundo informações da própria empresa, é um aplicativo de design intuitivo para impressão 3D de cerâmica com recursos que permitem qualquer pessoa projete cerâmicas esculturais ou funcionais sem que seja necessário aprender a usar softwares de modelagem 3D. A modelagem é controlada por controles deslizantes e menus fáceis de usar, e quando o design da peça estiver finalizado o usuário pode baixar um arquivo pronto para impressão, otimizado para o dispositivo escolhido para a impressão.

A interface possui uma página bem completa destinada à área de interação (Figura 62), na qual é possível ver os textos informativos com a apresentação da ferramenta e o funcionamento dela.

Design Online

POTTERWARE works online in modern web browsers and no additional software is required for basic use. Advanced users can import models from 3D modeling software and make modifications to the forms in POTTERWARE. Learn more in our comprehensive documentation.

Try POTTERWARE LITE (no download) for free below.

Start Printing Today

Design and print without installing any extra software. Start printing by subscribing today. POTTERWARE is compatible with...

- ✓ Potterbot
- ✓ Lutum
- ✓ Delta ceramic printers

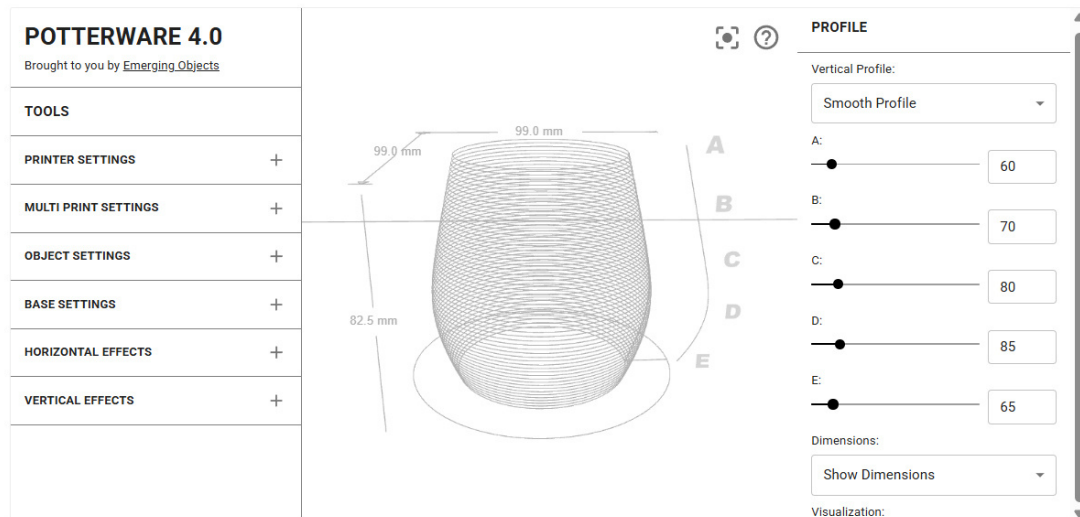


Figura 62 Interface interativa do Potterware.

De forma simples e clara é possível ter um entendimento geral do que acontece em cada parte da tela, e através de comandos simples e intuitivos os usuários podem mudar os parâmetros do objeto e ver o resultado de forma automática no visualizador 3D, como mostra a Figura 63, que teve alguns de seus parâmetros alterados e gerou uma forma completamente diferente da forma vista na Figura 62. Essas variáveis estão localizadas no lado direito da tela, e para facilitar o entendimento do usuário, cada uma delas tem uma nomenclatura que está presente também no visualizador 3D, mostrando onde esses pontos estão localizados no objeto, e que se houver alteração nos parâmetros das barras laterais o objeto irá modificar nos mesmos pontos informados.

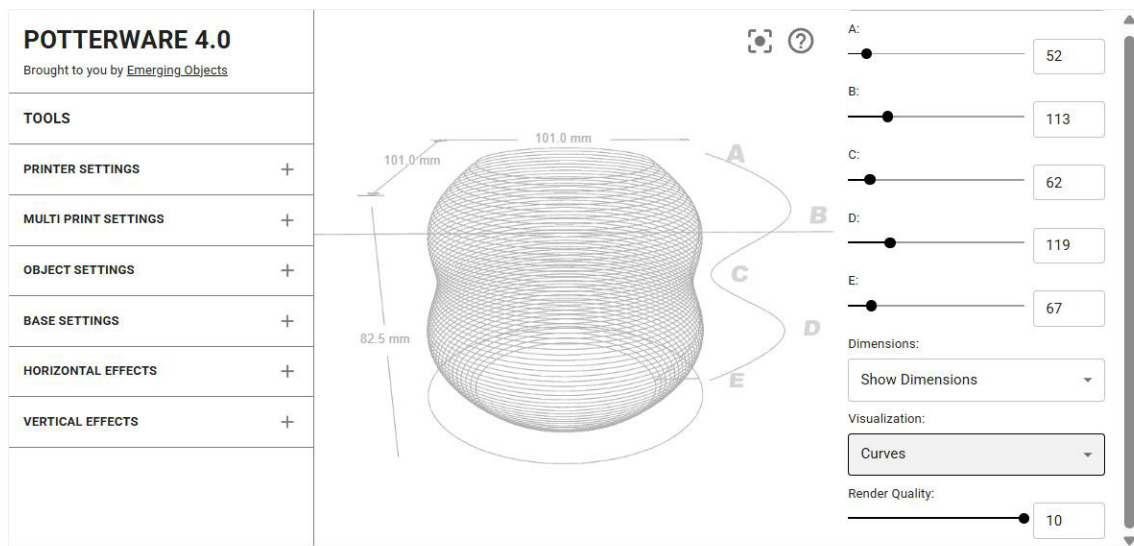


Figura 63 Resultado automático em 3D de acordo com as modificações feitas pelos usuários.

Outro ponto interessante da plataforma é que ainda do lado direito da tela encontramos uma parte que gera arquivos para download em diferentes formatos (Figura 64), o que facilita a reprodução e fabricação dos objetos modelados durante o processo interativo com o usuário. Esse site é bem completo e oferece muitas opções para que o usuário possa interagir, como é voltado para criação de peças cerâmicas em impressão 3D parâmetros mais específicos como impressão e configurações do modelo estão presentes nos comandos laterais do lado esquerdo.

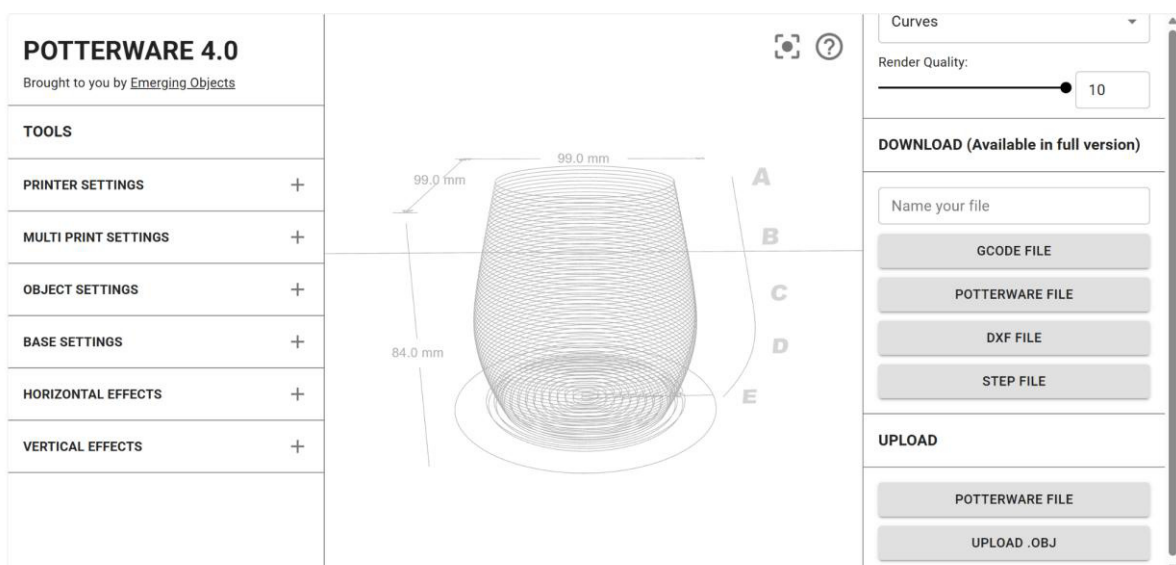


Figura 64 Formato dos arquivos disponíveis para download.

O Potterware foi o aplicativo web que mostrou que seria possível desenvolver outros objetos através de uma plataforma que pode disponibilizar modelos para que os usuários possam interagir e criarem os seus próprios designs de acordo com as suas preferências e necessidades. Apesar de ser uma ferramenta que vai muito além do que essa proposta contempla, ela serve como base e inspiração para o desenvolvimento de uma interface que seja totalmente voltada para essa experiência do usuário, clara, direta e de fácil entendimento.

Outra plataforma web que fornece esse tipo de interação paramétrica é o ShapeDiver, que permite aos usuários gerenciarem e compartilhar arquivos gerados pelo Grasshopper, que é um plugin de modelagem paramétrica desenvolvido para o software Rhinoceros 3D (Rhino). Assim as pessoas podem criar configurações de objetos 3D que podem ser alteradas através de parâmetros específicos de cada projeto. Esse é um ponto que diverge do Potterware, uma vez que, para utilizar a plataforma nenhum requisito ou conhecimento de software ou modelagem 3D é necessário.

Ao escolher um dos modelos da galeria do ShapeDiver, somos direcionados à área de interação com o objeto (Figura 65). A interface é bem simplificada possuindo o visualizador 3D que é atualizado de acordo com as modificações feitas nos parâmetros configuráveis, localizados no lado direito da tela e feitos através de barras de controle.

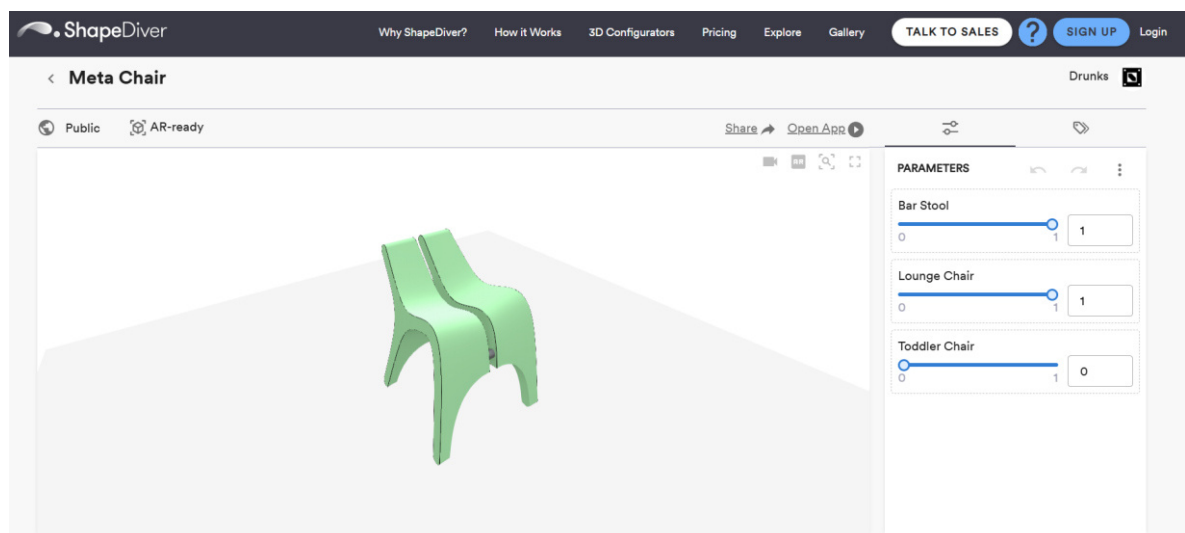


Figura 65 Modelo escolhido e área de interação com os parâmetros configuráveis no ShapeDiver.

Já na Figura 66, é possível notar que os parâmetros foram modificados e o formato do objeto também, correspondendo aos valores aplicados.

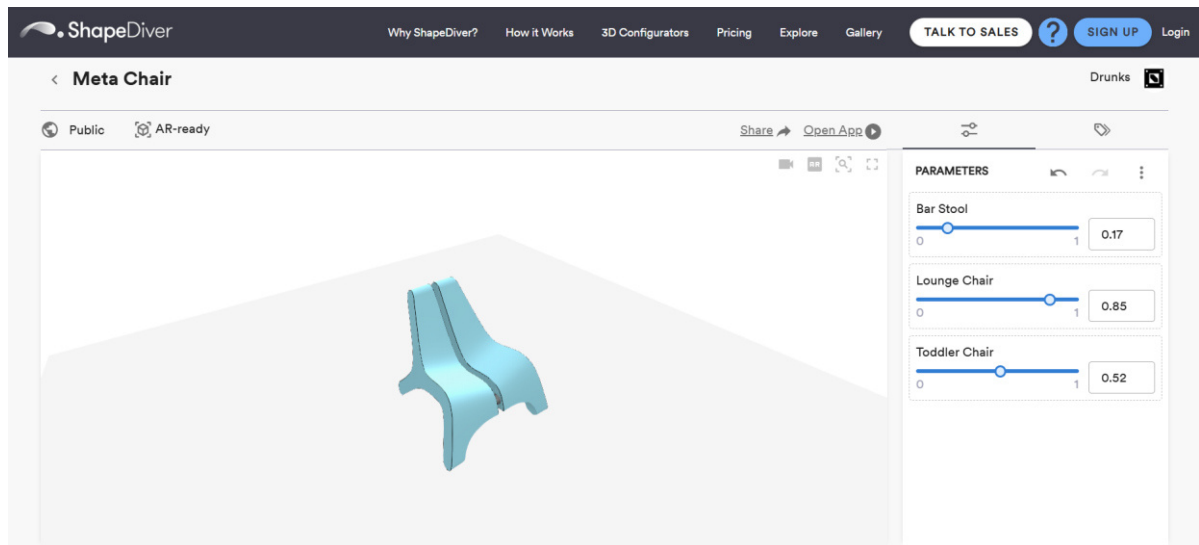


Figura 66 Modelo gerado após modificações nos parâmetros disponíveis.

Nas imagens apresentadas como exemplo, o objeto possui apenas 3 parâmetros configuráveis, mas esse não é um padrão fixo da plataforma, já que a galeria possui diferentes objetos que foram compartilhados por diferentes pessoas, com objetivos e propósitos diferenciados, ou seja, cada objeto vai seguir os padrões estipulados pelo desenvolvedor do produto. Para exemplificar essa situação, temos na Figura 67 uma demonstração de um objeto totalmente diferente, e que possui mais parâmetros que podem ser modificados pelo usuário.

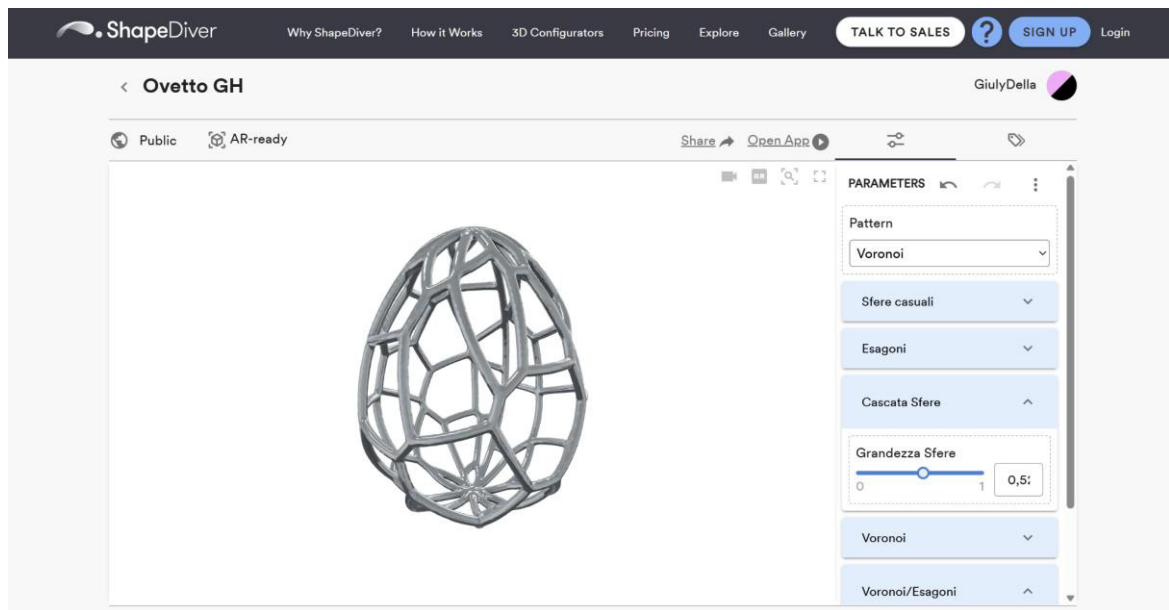


Figura 67 Exemplo de um modelo com mais parâmetros modificáveis.

Por fim, a plataforma apenas disponibiliza a exportação dos parâmetros, não é fornecido nenhuma outra opção de download de arquivo referente ao objeto gerado, pelo menos para usuários que não possuem conta na plataforma.

De modo geral, ambas plataformas web apresentam um layout interessante e com aspectos que serão considerados para o desenvolvimento desta nova plataforma, mas é importante ressaltar que a ideia aqui não é focar na programação e criação real da plataforma, mas sim apresentar a ideia, o conceito e a simulação de como seria e funcionaria essa plataforma interativa voltada para a customização do mobiliário paramétrico.

5.2 CONCEITO E REQUISITOS DA PLATAFORMA

Com base nos princípios do código aberto, o objetivo é oferecer uma estrutura acessível e interativa, onde o usuário possa explorar diferentes configurações de design a partir de modelos-base parametrizados. Para isso, é fundamental que a plataforma seja intuitiva, clara e que permita a manipulação direta dos parâmetros do objeto de forma simples, mesmo por pessoas sem conhecimento prévio de modelagem ou fabricação digital.

- Dentre os requisitos essenciais para o funcionamento da plataforma, tem-se:

- Um sistema de visualização tridimensional responsivo, que traduz as alterações dos parâmetros em tempo real;
- Controles de parametrização simples, com valores predefinidos adaptados a cada modelo-base;
- Disponibilização de documentação técnica para download, compatível com processos digitais (ex.: corte a laser ou CNC);
- Estrutura que permita a expansão da biblioteca de modelos e a evolução do sistema conforme novas demandas e contribuições dos usuários.

Portanto, a plataforma não apenas traduzirá a lógica do design paramétrico em uma ferramenta funcional, como também irá reforçar os princípios que sustentam este projeto: democratização do acesso ao design, flexibilidade de uso e estímulo à criação compartilhada.

5.2.1 Design da interface do usuário, estrutura e identidade visual da plataforma

Para a criação da plataforma interativa o brief com todas as informações básicas que servirão para a orientação do desenvolvimento da plataforma está a seguir:

Informações do Brief:

Sobre: Com base no pensamento de código aberto e na lógica do design paramétrico, a plataforma visa tornar o design mais acessível, adaptável e replicável, a partir de parâmetros configuráveis e utilizando ferramentas digitais.

O Projeto: É o desenvolvimento de uma plataforma web interativa, intuitiva e de fácil entendimento, que irá permitir a customização de móveis por meio da variação de parâmetros específicos de cada design, com visualização 3D em tempo real e download de arquivos técnicos que são gerados automaticamente para a montagem e fabricação digital.

Descrição: A plataforma será baseada em princípios de código aberto e design colaborativo, oferecendo modelos-base que podem ser adaptados às necessidades espaciais e ergonômicas dos usuários. Por meio de controles simples e visualização 3D interativa, será possível modificar dimensões como altura, largura e profundidade. Após as alterações, o sistema gerará dois arquivos: um PDF com instruções de montagem e

um DXF com os planos técnicos para corte digital. A proposta insere-se no contexto de democratização do design e incentivo ao uso de tecnologias digitais na produção material.

Público-alvo: O público-alvo é diversificado, já que a ideia é promover a inclusão de todos nesse processo, desde designers, arquitetos, makers, educadores, entusiastas do design de mobiliário, e usuários comuns interessados em customização, sustentabilidade e produção digital. Sendo assim, a plataforma será pensada para usuários com ou sem conhecimento técnico, atingindo assim um maior número de pessoas com interesse nesse projeto.

Entrega: Para que seja possível a criação de uma plataforma que seja capaz de fornecer toda a estrutura de interação necessária para o desenvolvimento desse projeto, têm-se os pontos-chaves que precisam ser considerados, como:

- Uma plataforma web funcional com interface amigável;
- Área de armazenamento e apresentação do catálogo de modelos base paramétricos para seleção pelo usuário;
- Sistema de visualização 3D em tempo real;
- Geração automatizada de arquivos em diferentes formatos para a reprodução e montagem do Design selecionado;
- Galeria colaborativa para compartilhamento de criações e feedbacks.

Tom: Como uma das inspirações mais fortes desse projeto é o design escandinavo, a ideia é criar uma interface mais clássica, limpa e funcional. A estética será minimalista, com paleta de cores neutras e discretas, priorizando assim a clareza visual, legibilidade e usabilidade, com foco numa experiência de usuário fluida e acessível. Essa abordagem dialoga com o princípio de que um bom design, quando bem executado, se torna quase invisível para o usuário. Como observa Norman (2013), "bons designs se ajustam tão bem às nossas necessidades que se tornam invisíveis". A intenção, portanto, é que a interface da plataforma seja sentida por sua fluidez e eficiência, e não percebida como uma barreira ou obstáculo durante a interação.

A plataforma aqui descrita representa mais do que uma interface funcional, ela é o ponto de conexão entre design, tecnologia e participação social. A partir das funcionalidades previstas e da inspiração em modelos abertos e paramétricos, busca-se construir um ambiente acessível e estimulante, onde qualquer pessoa possa interagir, criar e fabricar. Sua consolidação será essencial para validar os princípios do projeto e propor novas possibilidades no campo do design digital.

5.3 FLUXO DE TRABALHO DE INTERAÇÃO DO USUÁRIO

Aqui temos os detalhes de cada uma das páginas que irão compor a plataforma web, que foi pensada para criar a parte interativa do projeto com os usuários. As imagens a seguir são provenientes de uma simulação feita pelo Figma, ferramenta a qual serviu para auxiliar na criação tanto visual quanto interativa, o que permitiu a visualização das páginas e algumas interações que demonstram o funcionamento de alguns itens da plataforma.

Acesso à Plataforma: O usuário irá acessar a plataforma web por meio de um navegador, seja pelo celular ou pelo computador, sem a necessidade de fazer o download de uma aplicação ou plug-in. Na página inicial o usuário já terá uma contextualização em relação ao projeto e já é direcionado para os passos seguintes para dar início ao processo de customização (Figura 68).

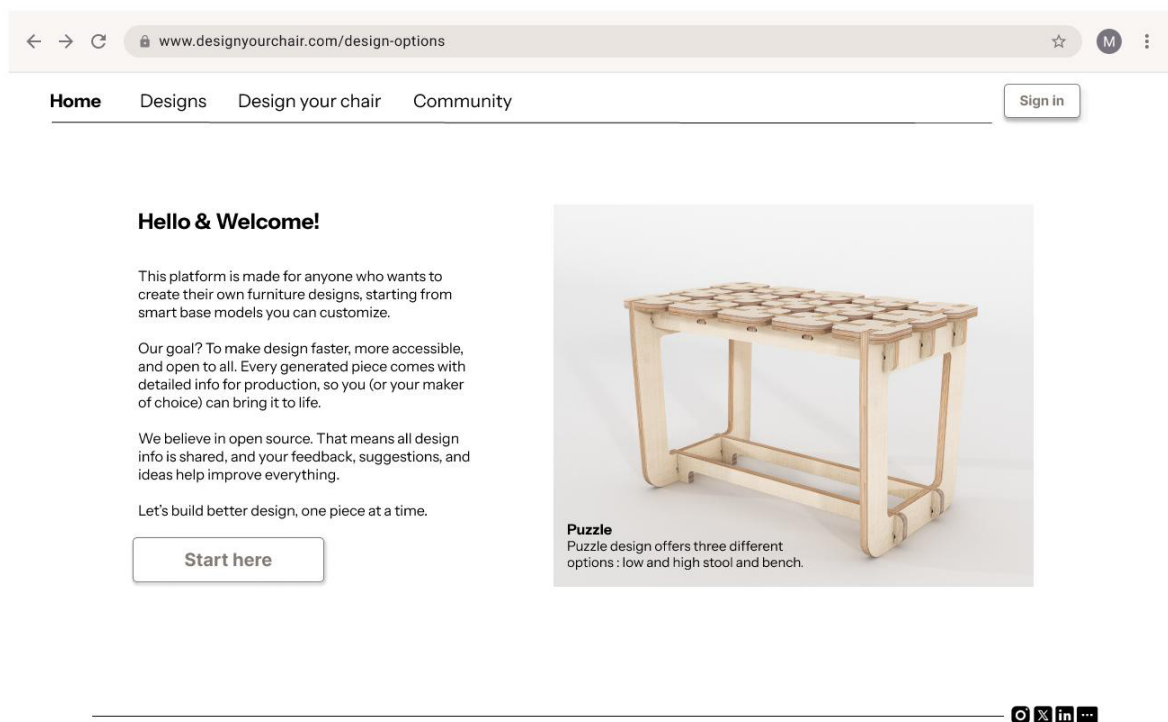


Figura 68 Home page da plataforma web interativa.

Seleção do Modelo Base: Para darmos início a customização do design, é necessário a escolha de um modelo base fornecido pela plataforma. Para que essa escolha seja possível, tem-se a página que mostrará todos os designs armazenados na plataforma disponíveis para a customização do usuário. Aqui o usuário navegará por uma galeria de modelos base e selecionará aquele que mais se adequa ao seu estilo, às suas necessidades, e claro, ao ambiente no qual ele será inserido (Figura 69).

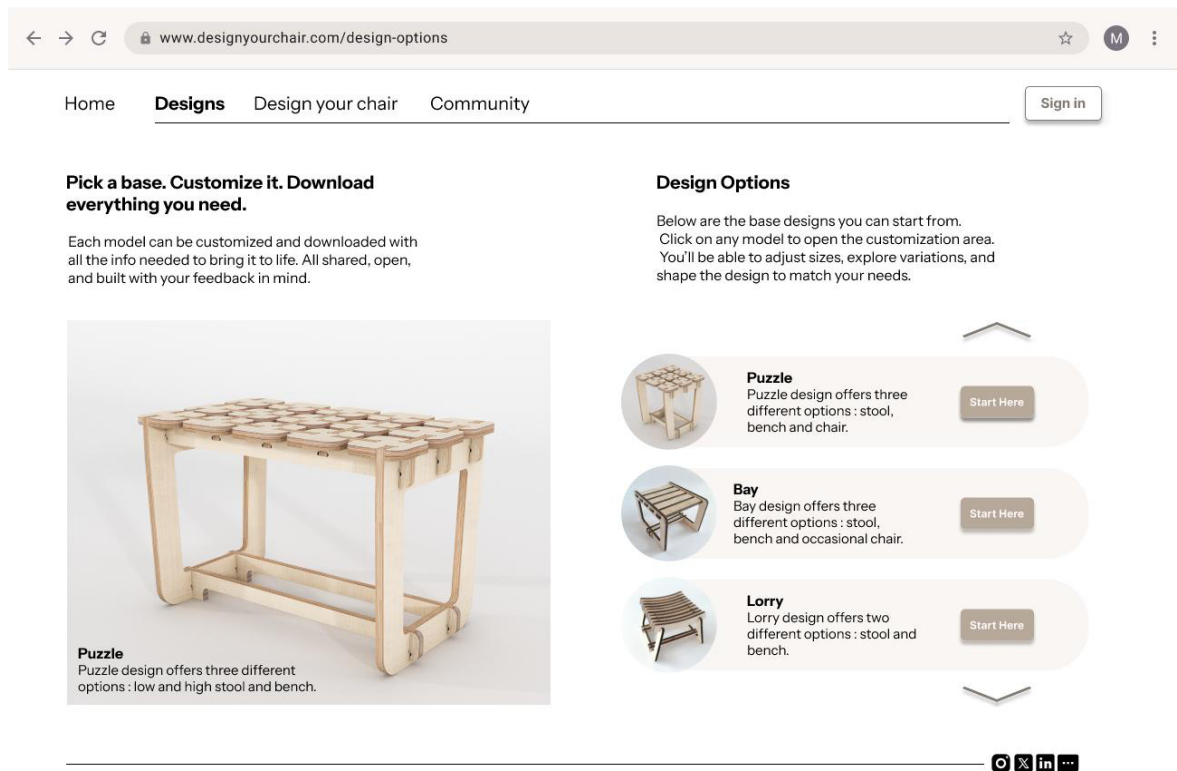


Figura 69 Composição da página que contém as opções de Design armazenadas na plataforma.

O processo de customização: Essa área da plataforma é a que carrega a parte com a maior quantidade de informações e possibilidades de interação do usuário, uma vez que, após a escolha do modelo base, (ação feita na sessão anterior), é nessa parte que o usuário encontrará os parâmetros personalizáveis de cada design, a visualização 3D gerada para cada alteração feita, e também a área de downloads que irá gerar arquivos com as informações técnicas do design que ficarão disponíveis para download (Figura 70).

De forma geral essa página é composta por três sessões:

- A personalização do design por Parâmetros: O usuário poderá alterar parâmetros por meio de uma barra numérica, com valores específicos para cada

design. Entre esses parâmetros temos: a espessura como variável do material, altura, largura e comprimento como variáveis do design escolhido.

- A visualização 3D: A visualização é atualizada automaticamente a cada modificação feita pelo usuário, permitindo uma melhor percepção do objeto gerado.
- Download de Arquivos: Assim que todas as modificações já foram feitas e chegasse ao design final, o sistema gera automaticamente a documentação técnica do design obtido em diferentes formatos como: PDF, JPEG, PNG, DXF e DWG, contendo instruções de montagem e formatos prontos para o corte em máquinas CNC ou laser.

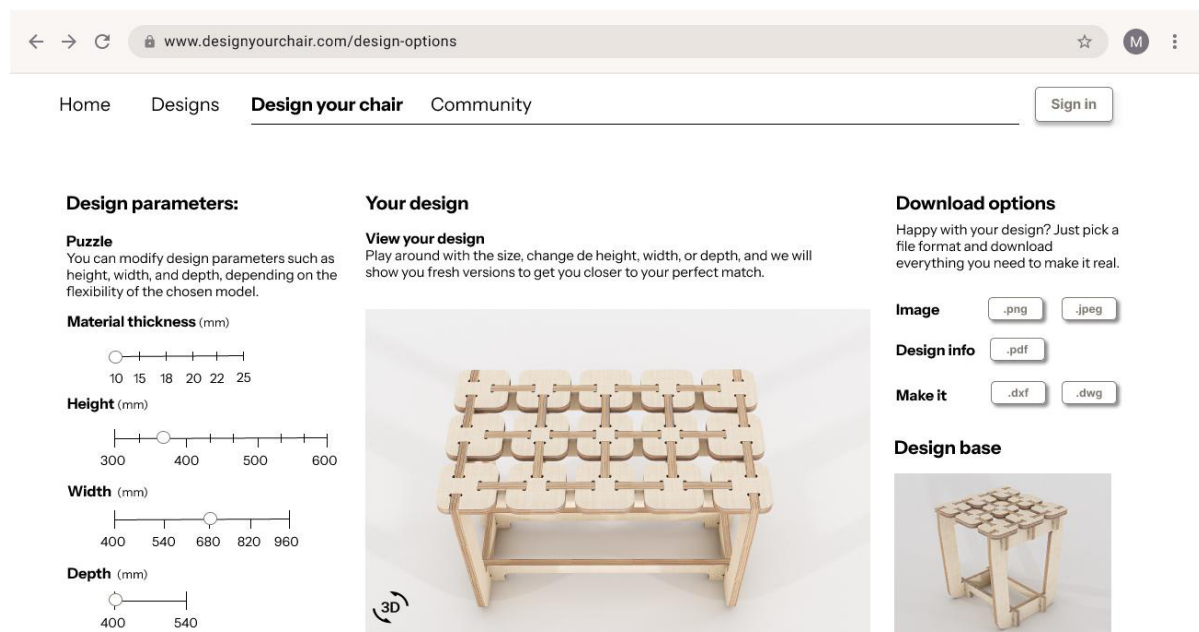


Figura 70 Página principal da plataforma, onde o usuário terá acesso aos parâmetros de modificações do design, a visualização do objeto e acesso aos arquivos técnicos para produção e montagem.

Compartilhamento com a Comunidade: Esse é um espaço destinado aos usuários que optarem por compartilhar feedbacks e imagens de algum modelo gerado a partir dos designs fornecidos pela plataforma. Tudo isso através de uma galeria aberta, na qual pode ser enviado comentários e imagens que ficarão disponíveis para a

visualização e recebimento de comentários por parte de outros usuários da plataforma (Figura 71).

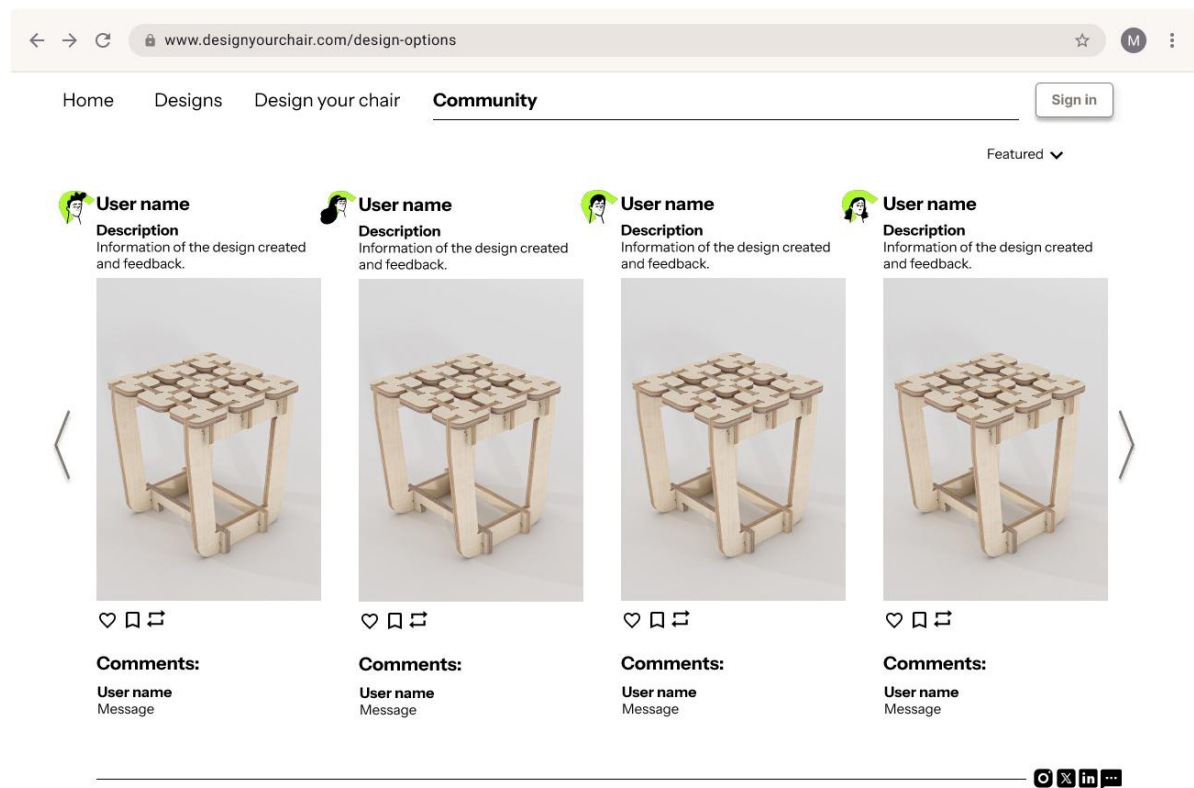


Figura 71 Página destinada a comunidade, para compartilhamento de feedbacks, experiências, sugestões e opiniões.

Após o compartilhamento de todos os detalhes envolvidos na idealização da plataforma, reforça-se aqui que, a proposta não apenas oferece uma solução técnica de customização de mobiliário, mas reafirma o papel do design como ponte entre tecnologia, acessibilidade e participação social, respeitando também a diversidade de perfis e comportamentos dos usuários. Em vez de exigir conhecimento prévio em softwares de modelagem ou comandos técnicos, optou-se por uma lógica interativa baseada em sliders, menus visuais e nomenclaturas acessíveis. Norman (2013) é categórico ao afirmar: “devemos projetar para o modo como as pessoas realmente se comportam, não para como gostaríamos que elas se comportassem”. Essa premissa guiou todas as decisões de usabilidade da plataforma, o que gerou os resultados apresentados até aqui.

5.4 FEEDBACKS

Um dos elementos fundamentais considerados no desenvolvimento da interface foi o fornecimento de feedback das pessoas como analistas e também como usuários em relação a cada ação proposta. A ideia de utilizar a visualização 3D em tempo real não apenas ilustra as alterações feitas nos parâmetros, como também fortalece o vínculo entre ação e consequência. Norman (2013), reforça que o feedback, que é a comunicação do resultado de uma ação é um conceito-chave tanto no design quanto na ciência da informação, e incorporar esse princípio garante que os usuários se sintam no controle e compreendam, de forma intuitiva, como sua intervenção pode moldar o resultado final.

Como a base do projeto é trabalhar com o conceito de design aberto, durante o processo de validação da plataforma web, um arquivo com informações detalhadas e com o link da simulação da plataforma gerado pelo Figma (**Anexo 06**), foi enviado para diferentes pessoas, para que pudessem conhecer o projeto, avaliar os detalhes e compartilharem as primeiras impressões sobre o projeto e a plataforma, uma vez que ela é o ponto de conexão desse projeto com os usuários.

Os feedbacks recebidos (**Anexo 07**), evidenciam que a plataforma apresenta uma interface amigável e intuitiva, com destaque para o layout limpo e a organização em abas funcionais. A tela dedicada à personalização foi bem recebida, especialmente por facilitar o ajuste de parâmetros como altura, largura e profundidade por meio de controles simples, como sliders com valores predeterminados, aspecto que contribui diretamente para a acessibilidade e a democratização do design.

No entanto, foram apontadas oportunidades de melhoria na experiência geral de navegação. A sugestão de fundir as abas “Home” e “Designs” demonstra uma preocupação com a fluidez do percurso do usuário, eliminando etapas que podem parecer redundantes ou pouco funcionais. Também foi observado que a nomenclatura das seções pode ser repensada, com termos mais objetivos e atrativos, como “Customize your chair”, capazes de engajar melhor o usuário na ação de personalização.

Outro ponto relevante diz respeito à clareza da proposta: o produto final, um arquivo digital para corte, precisa ser explicitado logo na entrada da plataforma, evitando

que o usuário confunda o projeto com a entrega de uma peça física. Questões como a orientação espacial dos parâmetros (width e depth), especialmente em um banco sem encosto, também foram destacadas como potenciais focos de dúvida, sugerindo a inclusão de indicativos visuais mais claros.

Essas observações reforçam que, em projetos de design aberto mediados por plataformas digitais, a comunicação precisa ser tão projetada quanto o objeto – facilitando o entendimento, aumentando a confiança do usuário e promovendo uma experiência fluida que convida à exploração e à criação.

CAPÍTULO 6

PROTOTIPAÇÃO E VALIDAÇÃO

6 PROTOTIPAÇÃO E VALIDAÇÃO

Neste capítulo daremos início a parte da prototipação do modelo desenvolvido ao longo do projeto. A ideia aqui é a de fazermos um protótipo inicial de estudo para que seja possível uma validação, análise e estudo do objeto em proporções reais. Dessa forma teremos a oportunidade de ter um melhor entendimento sobre o design base do banco Puzzle, tanto em relação a fabricação quanto a montagem do banco.

Para que o processo de confecção do primeiro protótipo desse início, foi essencial a escolha e compra do material que será utilizado nesse experimento, que nesse caso em específico foi uma chapa de compensado de bétula de 18mm (Figura 72 e 73). É muito importante que seja abordado aqui alguns detalhes e informações sobre o material, uma vez que, a montagem do arquivo para o corte é baseada na espessura do material escolhido.

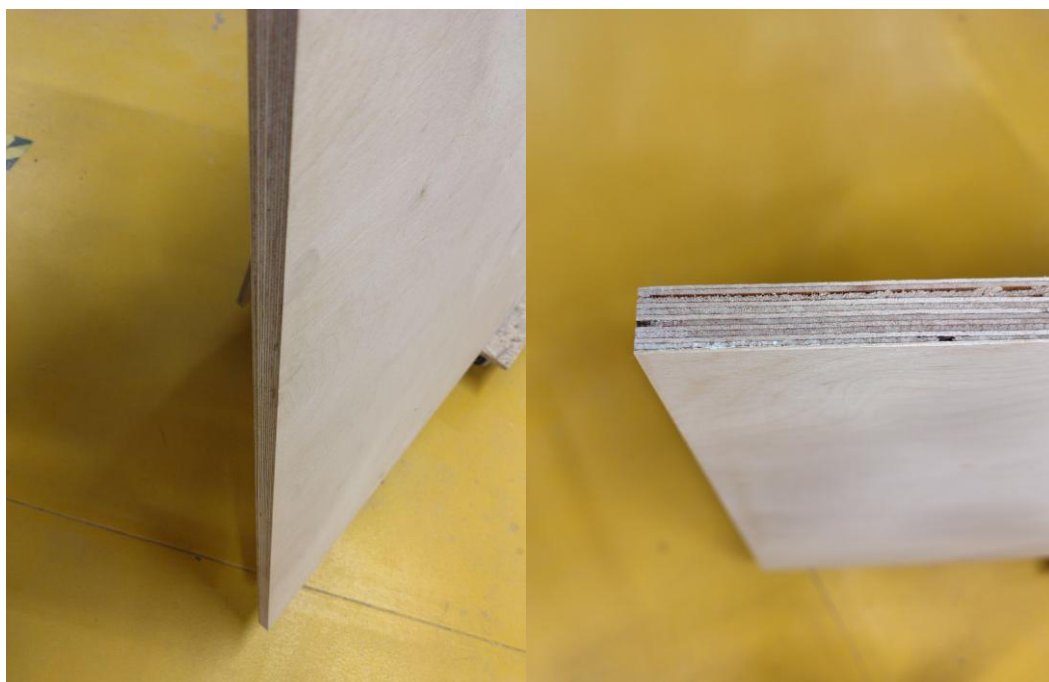


Figura 72 e 73 Chapa de compensado de bétula de 18mm utilizada para a fabricação dos protótipos.

A ideia inicial era a de fazer a utilização de uma chapa de compensado de 21mm, mas devido aos custos e ao tempo de espera para a chegada do material, acabou tornando uma opção inviável para a fabricação do protótipo. Por esses motivos demos continuidade ao processo com a chapa de 18mm, o que não apresentou nenhum prejuízo em relação ao design desejado, lembrando que, como é um design aberto e estará

disponível para todo o mundo, a variedade de material que poderá ser escolhido, seja em relação às espessuras oferecidas, valores e qualidade vão ser muito ampla, o que poderá ser adaptado nos recursos de customização da plataforma, como visto no capítulo anterior.

Todo o trabalho de prototipação foi feito utilizando apenas uma chapa de compensado de bétula de dimensões 2500mmx1250mmx18mm que teve um custo de €134,92 e foi material suficiente para a concepção de dois protótipos, o inicial de estudos e análises, e o final que contou com alguns ajustes de aprimoramento do design e do objeto em si. Essa é uma informação importante a ser considerada, porque dessa forma poderemos ter uma ideia dos gastos e custos envolvidos nesse processo. Lembrando que, todo o processo de corte foi feito no laboratório da ESMAD, o que não gerou custos pela utilização do tempo de corte da máquina CNC (Figura 74).



Figura 74 Laboratório da ESMAD - Máquina CNC utilizada para o corte das peças.

6.1 PROTOTIPANDO O BANCO MODULAR

Para a fabricação dos protótipos físicos do banco foram necessárias algumas etapas, que estão descritas a seguir:

Primeiramente foi necessário o recorte da chapa de compensado em dimensões menores que correspondessem ao tamanho suportado pela máquina CNC que utilizamos (Figura 75). Dessa forma tivemos duas placas de 1100mmx970mm e a sobra desses recortes, que serviram como material extra para o ajuste de algumas peças durante o processo de fabricação.



Figura 75 Serra de corte vertical para o corte da chapa de compensado.

De posse do material voltamos para a parte digital da fabricação, que é a finalização das configurações do modelo com o auxílio do AutoCAD, para a sua exportação em uma versão 2D no formato .DXF para que esse arquivo pudesse ser transferido e trabalhado dentro do software conectado a CNC do laboratório, chamado VCarve (Figura 76).

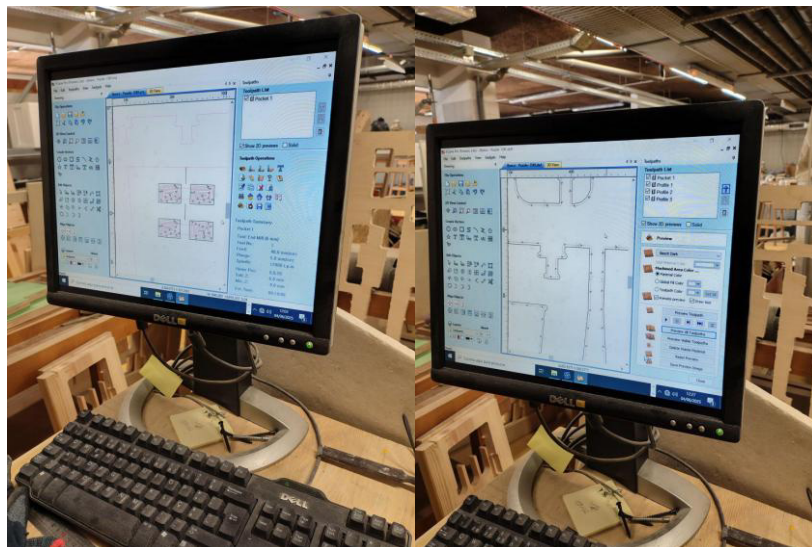


Figura 76 Configuração do arquivo feita no VCarve CNC software para dar início ao corte das peças.

Assim que todo o arquivo é configurado no VCarve, onde colocamos dados como espessura do material, linha de corte indicando o local que a fresa irá passar, profundidade de áreas de rebaixo, entre outros detalhes. Feitos todos esses ajustes o

processo é iniciado e o programa mostra informações como: tempo de trabalho, número de layers que serão necessários para o recorte total ou rebaixo das peças e indicação em tempo real do percurso da fresa durante o processo de corte (Figura 77).

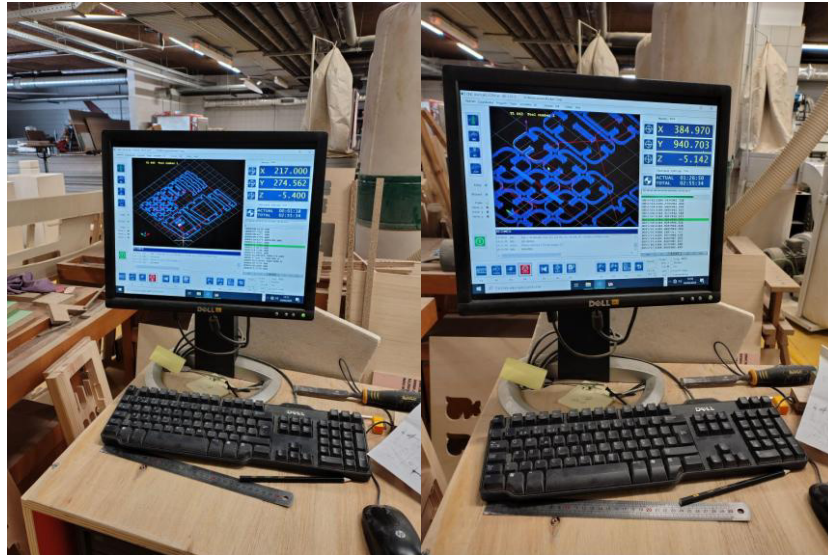


Figura 77 Durante o processo de corte das peças o VCarve CNC software mostra todo o caminho que a fresa está percorrendo.

Com o arquivo configurado a máquina começou o corte das peças (Figura 78) e foi um processo que durou cerca de 2 horas e 50 minutos para ser concluído. Nesse primeiro protótipo tivemos além de recorte total o rebaixo de algumas peças que teriam o encaixe diferenciado, como explicado em detalhes peça a peça no capítulo 03.

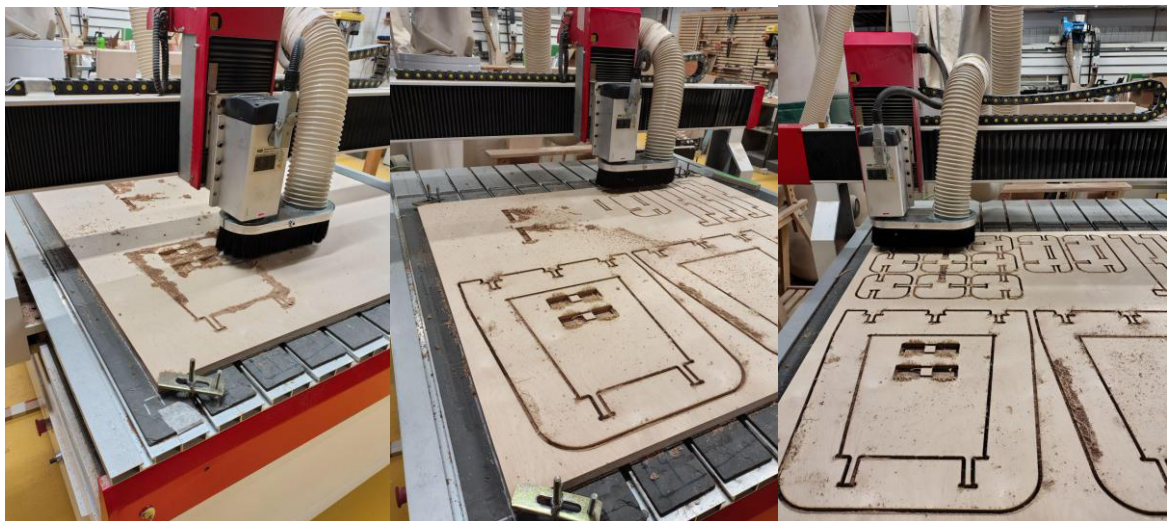


Figura 78 Início e finalização do processo de corte na CNC.

Após a retirada da placa de compensado da CNC é feito o lixamento das peças, o recorte dos pontos de conexão entre as peças e a chapa, e em seguida veio a montagem do banco, com o encaixe de cada uma das peças que compõem o design (Figura 79).

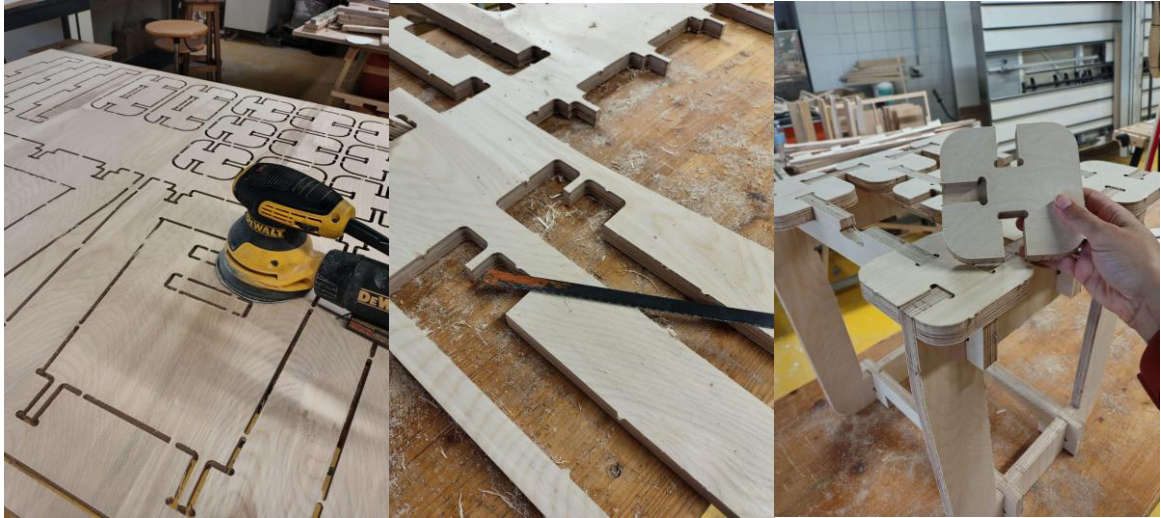


Figura 79 Lixamento da placa, retirada das peças e montagem do banco.

Agora com a finalização da fabricação e montagem do primeiro protótipo, como pode ser visto na Figura 80, já é possível ter um entendimento melhor do design proposto e do seu funcionamento. Referente ao processo de montagem do banco ele foi bastante intuitivo e de fácil entendimento relacionado ao posicionamento das peças, porém foi durante a montagem e análise do protótipo que foi possível a identificação de alguns pontos no design que precisariam de ser revistos e repensados, tanto esteticamente quanto de forma funcional.

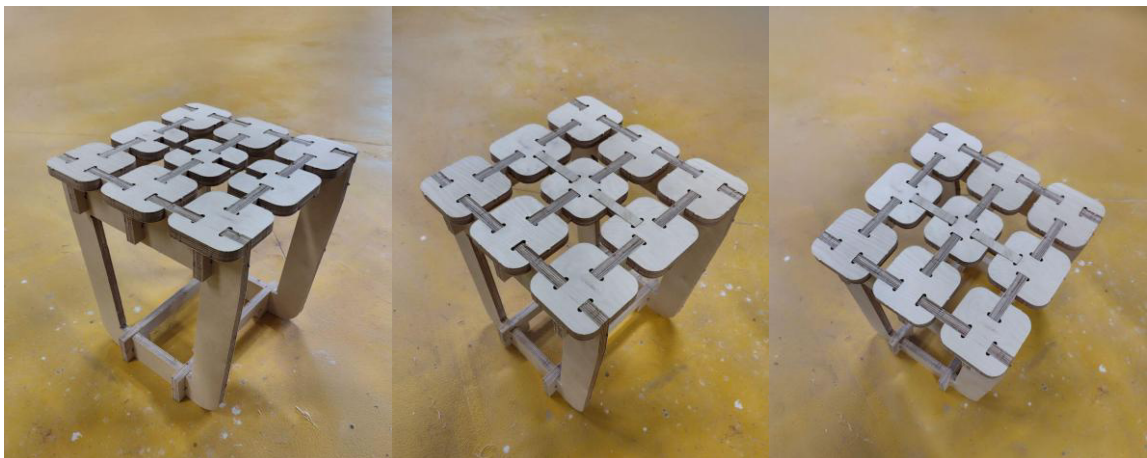


Figura 80 Banco montado com todas as peças encaixadas.

Durante a última sessão presencial coletiva para os professores de design de produto na ESMAD (Professor Pedro Sousa, Professor Abel Tavares e Professora Cristina Soares) o protótipo do banco foi apresentado em sala (Figura 81) para mostrar a evolução do projeto e para a recolha dos primeiros feedbacks de teste.



Figura 81 Professor Abel Tavares testando o banco durante a apresentação coletiva.

Ao final da apresentação alguns comentários foram feitos em relação ao design e a estrutura do banco (Figura 82), que serão pontuados a seguir. O primeiro ponto em relação ao design foi a sugestão da suavização das arestas tanto dos suportes da base quanto do topo, que possuem um ângulo de 90° . Já o segundo ponto que foi comentado durante a apresentação é referente a solução apresentada para conectar a peça central às demais peças do topo, a qual é feita através de duas peças de encaixe colocadas nos rebaixos das três peças centrais do topo. O ideal seria achar uma solução de encaixe semelhante ao restante da estrutura, que apresente um melhor resultado tanto funcional quanto estético.

As duas peças do topo que servem como conexão para a peça central poderiam ser substituídas por um travamento igual das laterais, para ser mais funcional e servir como mais um reforço para a estrutura.

Acabamento arredondado igual ao das peças do topo.

Acabamento arredondado igual ao das peças do topo.



Figura 82 Pontos mencionados durante a apresentação do protótipo

6.2 RESULTADOS PÓS FEEDBACKS DO PRIMEIRO PROTÓTIPO

Com a ajuda dos feedbacks e das análises e testes feitos com o protótipo foi feita uma revisão no design proposto. Alguns aprimoramentos foram necessários para que o design chegasse ao ponto desejado e para que alguns detalhes fossem repensados. Na Figura 83 é possível ver todas as peças que compõem essa nova versão do banco, todas as peças agora são de encaixe total sem rebaixos, o topo do banco ficou mais bem estruturado e temos a mesma malha do design seguindo o mesmo traçado. Temos uma curvatura mais sutil e delicada na base do banco, e o acabamento dos suportes da base e das peças do tampo que era em 90° deu lugar para um ângulo curvo, dando mais leveza ao design final. Todos esses detalhes podem ser conferidos no **Anexo 08**.

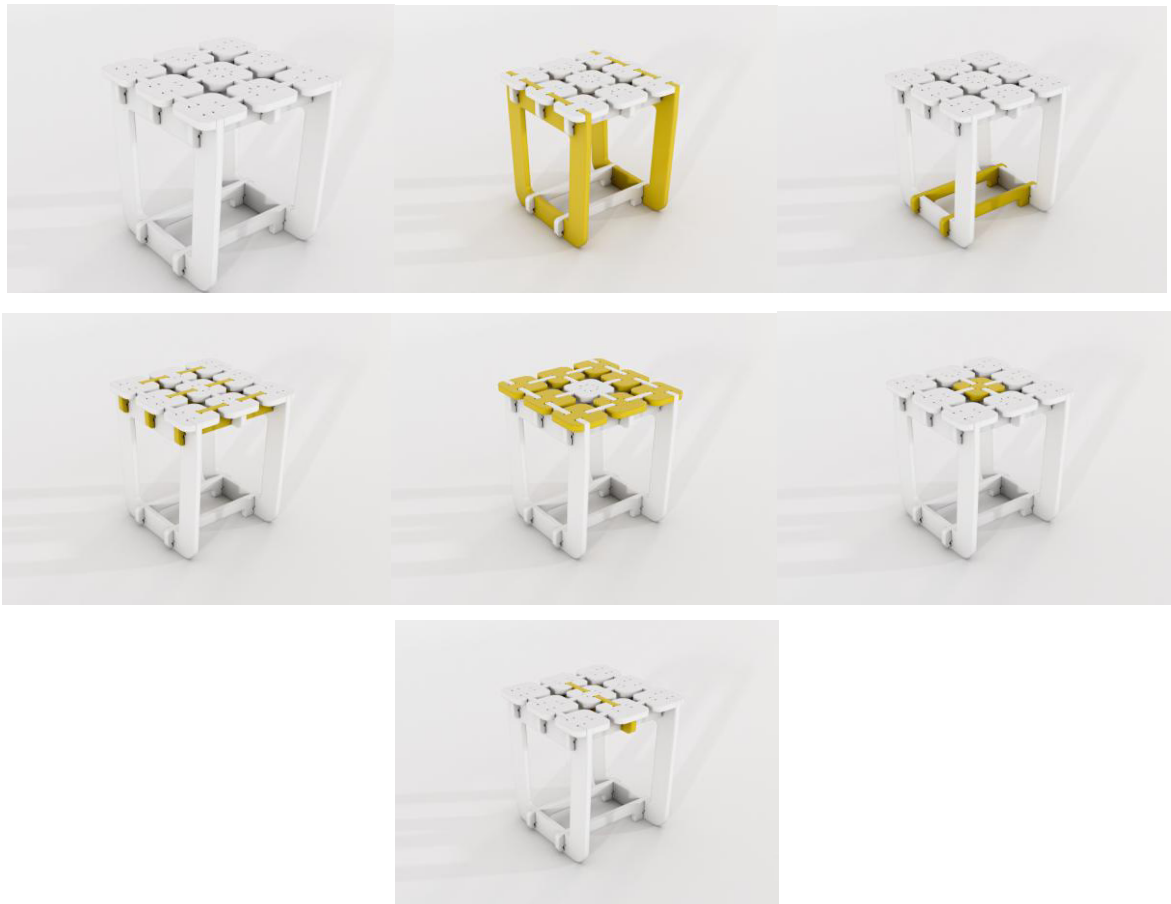


Figura 83 Peças que compõem o design base do banco.

Antes de passar para a segunda fase de prototipação, alguns modelos (Figura 84) foram feitos no SketchUP (software de modelagem 3D) e renderizados utilizando o V-ray (software de renderização 3D), para a obtenção de imagens que ajudassem na visualização de cada um dos ajustes propostos.



Figura 84 Imagens renderizadas do banco já com os novos ajustes.

Outro teste que foi feito utilizando essas mesmas ferramentas digitais foi um que gerou uma versão do banco com parâmetros diferentes dos anteriores (Figura 85). Agora

já temos um banco mais baixo e comprido, para exemplificar um pouco de como funcionará a parte da customização e da parametrização do modelo base assim que fizéssemos alterações dos parâmetros ajustáveis.



Figura 85 Imagens renderizadas do banco já com os novos ajustes e com variações em sua proporção.

A chapa de compensado comprada para a fabricação do protótipo foi cortada em duas partes para ajustar as dimensões que a máquina CNC do laboratório comporta, sendo que uma parte foi usada para a fabricação do primeiro protótipo e a segunda parte foi destinada para a fabricação da segunda versão do banco (**Anexo 09**). Seguindo o mesmo processo que a fabricação do primeiro modelo, um arquivo 2D foi criado e exportado em formato .DXF para que fosse possível ser configurado pelo software VCare conectado a máquina CNC. Após esse processo deu início ao corte das peças como mostra a Figura 86.



Figura 86 Fabricação do segundo protótipo do banco.

Após a retirada da placa para dar início ao lixamento das peças, diferente da primeira vez, ocorreu um erro durante o processo em que algumas peças ainda ficaram parcialmente grudadas na chapa, o que foi preciso fazer a utilização da serra tico-tico (Figura 87 e 88) para fazer essa separação, e assim que as peças foram soltas deu-se início ao processo de lixamento para finalizar a parte da confecção das peças.

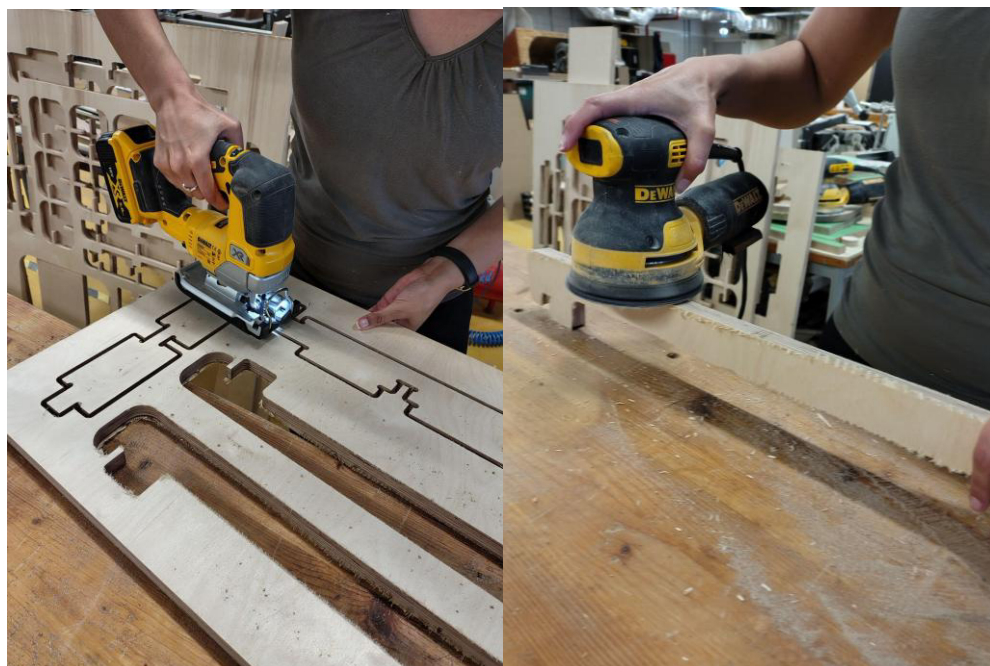


Figura 87 e 88 Fabricação do segundo protótipo do banco.

Com todas as peças finalizadas a montagem foi feita e a Figura 89 mostra o resultado final dessa etapa de prototipação.

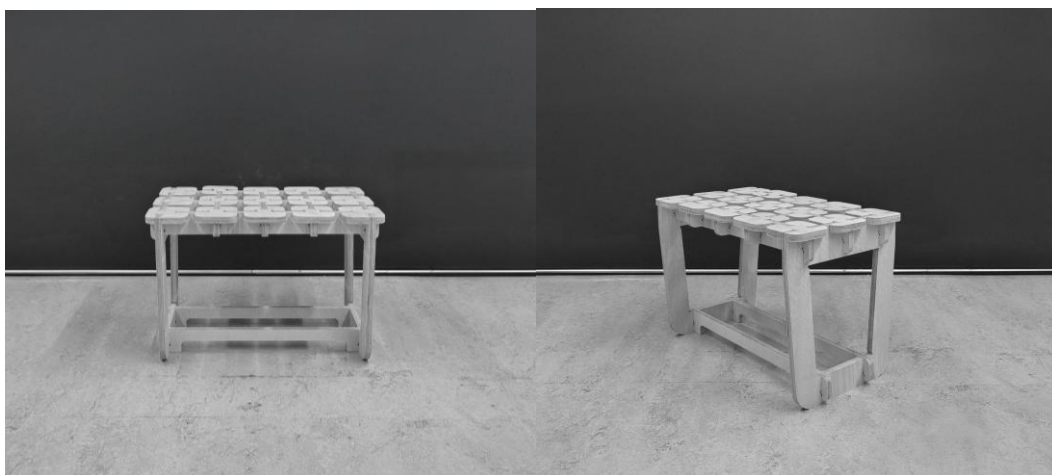


Figura 89 Banco Puzzle protótipo final.

Seguindo a ideia de demonstrar a questão das possibilidades do design através da alteração dos parâmetros a partir dos dois protótipos criados, geramos quatro versões de banco (Figura 90). Temos a possibilidade de trabalhar o banco mais comprido com a altura de 450mm e o banco menor com altura de 360mm, ou de utilizarmos o banco menor com 450mm de altura e o banco mais comprido com altura de 360mm. Com a mudança de apenas dois parâmetros conseguimos gerar peças diferenciadas que podem se adequar para diferentes necessidades e espaços.



Figura 90 Banco Puzzle e suas variações.

Toda essa parte de prototipação foi crucial para a conclusão desse projeto, uma vez que, foi através dessa etapa que se tornou possível fazer uma validação de toda a ideia criada ao longo desse processo e também a possibilidade de recolha de feedbacks e ver as diferentes opiniões e abordagens geradas com a visualização e utilização do objeto.

A fase de prototipação representou um momento crucial para a validação da proposta desenvolvida ao longo deste projeto. Por meio da construção física e da experimentação com o objeto em escala real, foi possível identificar limitações, aprimorar soluções construtivas e testar, na prática, a viabilidade da lógica paramétrica aplicada. Os feedbacks recebidos demonstraram a receptividade da proposta e

reforçaram a importância de uma abordagem aberta e adaptável. Essa etapa consolida a transição entre o modelo digital e a experiência concreta do usuário final, aproximando o projeto de sua implementação real.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

7.1 Resumo das descobertas

O desenvolvimento do banco parametrizável dentro de uma lógica de design aberto revelou muitas descobertas que atravessam os campos técnico, social e comunicativo do projeto. A integração entre parametrização e fabricação digital demonstrou ser eficaz ao permitir que usuários sem formação específica possam personalizar móveis de forma intuitiva, promovendo autonomia e engajamento no processo de obtenção do design final.

Os feedbacks técnicos evidenciaram aspectos cruciais relacionados à resistência estrutural do mobiliário, indicando que decisões visuais, como os recortes do tampo, podem impactar diretamente na estabilidade física da peça. A necessidade de testes mecânicos e reforços estruturais foi uma descoberta importante, apontando caminhos futuros para garantir a segurança e durabilidade do objeto.

Já a experiência com a criação da plataforma trouxe insights relevantes sobre usabilidade, clareza de navegação e compreensão do produto final. Observações sobre terminologias, hierarquia visual e parametrização reforçam que o design da interface digital precisa ser algo acessível, didático e funcional.

Também se destacou o valor de aplicar o projeto em contextos variados, residenciais e comerciais, revelando o potencial do mobiliário em se adaptar a estilos de vida e ambientes diversos. A proposta de uso de materiais reaproveitados e a disseminação de arquivos abertos reforçam o compromisso do projeto com práticas sustentáveis, acessíveis e colaborativas.

Por fim, o processo de escuta ativa e validação contínua demonstrou que o design pode se fortalecer como ferramenta de troca, inclusão e evolução coletiva. O banco Puzzle não representa apenas um produto físico, mas um convite à participação, à customização e à construção compartilhada de soluções cotidianas.

7.2 Limitações e trabalhos futuros

Apesar dos avanços alcançados com o desenvolvimento do banco parametrizável e da plataforma web interativa, o projeto apresentou algumas limitações que abrem espaço para novos desdobramentos.

Em termos estruturais, os feedbacks técnicos recebidos indicaram a necessidade de aprofundar **em** testes mecânicos, especialmente para avaliar os pontos de tensão nos encaixes e o desempenho da peça diante de diferentes tipos de esforços. O uso de muitos recortes levantou questões sobre a durabilidade e estabilidade do móvel, que podem ser abordadas em versões futuras por meio de adaptações construtivas ou do próprio design.

Na experiência do usuário, embora a interface da plataforma tenha demonstrado funcionalidade e acessibilidade, foram apontadas oportunidades de melhoria relacionadas à comunicação visual dos parâmetros técnicos, à nomenclatura das abas e à clareza sobre o produto final oferecido. Trabalhos futuros podem explorar o desenvolvimento de uma experiência mais guiada, incluindo simulações 3D no espaço (como interiores residenciais e comerciais), e oferecer indicadores visuais intuitivos que orientem melhor o usuário durante o processo de customização.

Do ponto de vista ergonômico, o projeto ainda requer maior aprofundamento na modelagem do assento, para garantir conforto em uso prolongado, além de considerar versões alternativas, como a viabilidade estrutural para bancos mais altos, com braços ou com encosto.

Outros desdobramentos futuros incluem a ampliação da plataforma para permitir a montagem colaborativa de modelos híbridos, o uso de inteligência artificial para sugerir configurações personalizadas com base nos hábitos ou ambiente do usuário, e a integração de sistemas que facilitem o orçamento ou fabricação local dos projetos gerados. A plataforma também poderia ser um espaço que englobe uma aba de fabricantes, para que as pessoas possam encontrar de forma mais fácil e rápida algum fabricante local.

Essas direções futuras fortalecem a proposta central do projeto: tornar o design aberto uma ferramenta mais próxima da realidade cotidiana das pessoas, ampliando sua aplicação prática, funcionalidade e de impacto social.

Por fim, como um ponto de reflexão desse trabalho temos a questão de custos envolvidos na produção do objeto. O foco do trabalho aqui foi o de explorar a filosofia do design aberto, trazer uma solução paramétrica que pudesse facilitar a participação e a integração das pessoas com o design, porém durante a parte de prototipagem a parte dos custos de fabricação quase que impediram a fabricação do banco.

Nessa fase de prototipação dois orçamentos foram feitos, considerando chapas de compensado mais simples e de 18mm, o primeiro orçamento para a versão menor do banco ficou no valor de € 123,00 (Portugal) e o segundo orçamento feito ficou no valor de € 277.37 (Irlanda). Esses valores foram bem altos considerando que estamos falando de uma proposta mais acessível as pessoas, o que tornaria em muitos casos uma fabricação inviável de valor muito elevado.

Essa situação levantou o questionamento sobre o que deve ser feito ou quais tipos de colaborações podem ser feitas para que os custos da fabricação possam diminuir e serem mais acessível para a comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali. (2024). CNC innovation: How Industry 4.0 is redefining modern manufacturing. *Abelika*, <https://www.abelika.com/post/innovation-cnc>.
- Anderson, C. (2012). Makers: The new industrial revolution. In C. Anderson, *Makers: The new industrial revolution*. (p. 63). Crown Business.
- Armenta. (2021, Agosto 5). *A history of industrial revolutions and how they've impacted manufacturing*. *Control*. Retrieved Julho 25, 2025, from Control: <https://control.com/technical-articles/a-history-of-industrial-revolutions-and-how-theyve-impacted-ma>
- Artek. (2025, Julho 27). *Stool 60*. Retrieved from Artek: <https://www.artek.fi/en/products/stool-60#stories>
- Ashikuzzaman, M. (2024, Novembro 09). *What is open-source software, and how does it differ from proprietary software?* Retrieved Julho 25, 2025, from Library & Information Science Education Network: <https://www.lisedunetwork.com/what-is-open-source->
- Baratto, R. (2020, Fevereiro 03). *Em foco: Alvar Aalto*. . Retrieved Julho 27, 2025, from ArchDaily Brasil: <https://www.archdaily.com.br/br/761541/em-foco-alvar-aalto>
- Boisseau, É., Omhover, J.-F., & Bouchard, C. (2018, Janeiro 18). Open-design: A state of the art review. *Design Science - An International Journal*, 4. Retrieved from

<https://www.cambridge.org/core/journals/design-science/article/opensdesign-a-state-of-the-art-review/95F20761B4BB6466358E007AE51DE1ED#>

Bonvoisin, J., Stark, R., Halstenberg, F., & Buchert, T. (2016, Março). A systematic literature review on modular product design. *Journal of Engineering Design*, 488-514. doi:10.1080/09544828.2016.1166482

Borges, M. (2015). Design estrutural baseado em desempenho aplicado ao desenvolvimento de estrutura de torre eólica. *Dissertação de Mestrado*.

Bretthauer, D. (2001). *Open source software: A history*. Retrieved Julho 25, 2025, from University of Connecticut Digital Commons.: https://digitalcommons.lib.uconn.edu/libr_pubs/7/

Carl Hansen & Søn. (n.d.). *Hans J. Wegner – Designer profile*. Retrieved from Carl Hansen: <https://www.carlhansen.com/en/en/designers/hans-j-wegner>

Creative Commons. (2023). *About the licenses*. Retrieved Julho 26, 2025, from Creative Commons: <https://creativecommons.org/share-your-work/use-remix/cc-licenses/>

Cutr. (2025). *Laser wood cutting: The future of customized furniture design*. Retrieved Julho 25, 2025, from Cutr: <https://www.cutr.com/articles/laser-wood-cutting-custom-furniture-design>

de Manincor, J. (2015). Open to change: Is open source design an agent of change for the institution of architecture? (P. H. O'Callaghan, Ed.) *Architecture institutions and changes*, 32, 123-134.

Design Zindagi. (2024, Novembro 28). *Learning from modular design: How to keep innovating*. Retrieved Julho 27, 2025, from Design Zindagi: <https://www.designzindagi.com/post/learning-from-modular-design-how-to-keep-innovating>

Eames Office. (n.d.). *Eames storage units and desks*. Retrieved Julho 27, 2025, from Eames Office: <https://www.eamesoffice.com/the-work/eames-storage-units-and-desks/>

Faure, P. (2017, Outubro 6). *Meet the designers- Pierrick in Saint-Étienne*. Retrieved Julho 25, 2025, from Opendesk: <https://cn.opendesk.cc/blog/meet-the-designers-pierrick-in-saint-etienne>

Filson & Rohrbacher. (n.d.). *AtFAB open source furniture*. Retrieved Julho 24, 2025, from Filson & Rohrbacher: <https://filson-rohrbacher.com/work/atfab>

Fredeo. (2024). *Revolutionizing the furniture industry: The power of CNC machining*. Retrieved Julho 27, 2025, from Fredeo: <https://www.fredeo.com/technology/revolutionizing-the-furniture-industry-the-power-of-cnc-machining/>

- Freire, R. A., Monteiro, E. Z., & Ferreira, C. L. (2018). *Desafios do open design: Da teoria à prática*. Retrieved Julho 24, 2025, from DATJournal: <https://datjournal.anhemi.br/dat/article/view/96/84>
- Fujii, D. (2017, Outubro 11). *Design revamp – Denis’s Valoví chair*. Retrieved from Opendesk: <https://www.opendesk.cc/blog/design-revamp-deniss-valovi-chair>
- Fujii, D. (2021, Setembro). *Valoví chair*. Retrieved Julho 25, 2025, from Domestika: <https://www.domestika.org/es/projects/1234634-valovi-chair>
- Garcia, G. (2025, Fevereiro 12). *Design escandinavo sustentável: Simplicidade e ecoeficiência*. Retrieved Julho 25, 2025, from Perspectiva Online: <https://perspectivaonline.com/2025/02/12/design-escandinavo-sustentavel-simplicidade-e-ecoeficiencia>
- Gattupalli, A. (2024). *Modular housing: Striking balance between standardization and customization*. Retrieved Julho 25, 2025, from ArchDaily: <https://www.archdaily.com/1015385/modular-housing-striking-balance-between-standardization-and-customization>
- Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop - from personal computers to personal fabrication*. In N. Gershenfeld. Basic Books.
- Hans Gugelot. (2020). *Hans Gugelot – 15 years systemdesign*. Retrieved Julho 23, 2025, from Hans Gugelot: <https://www.hansgugelot.com/moebel-furniture-system-m125/>

- Harrison, N. (2021, Janeiro 12). *CNC history: The origination and evolution of CNC machining*. Retrieved Julho 23, 2025, from RapidDirect: <https://www.rapiddirect.com/blog/cnc-history/>
- Hatch, M. (2014). *The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. McGraw-Hill Education.
- Hepburn, M. (2023, Dezembro 3). *Sustainable practices in CNC machining: How the industry is evolving in 2024*. Retrieved Julho 23, 2025, from KnowCNC: <https://knowcnc.com/sustainable-practices-in-cnc-machining-how-the-industry-is-evolving-in-2024/>
- Jacobsen, A. (n.d.). *Arne Jacobsen Biography*. Retrieved Julho 27, 2025, from Arne Jacobsen: <https://arnejacobsen.com/life/biography/>
- Lawrentz, S. (n.d.). *The philosophy behind open source software: An unbiased examination*. Retrieved Julho 25, 2025, from Samuel Lawrentz: <https://samuellawrentz.com/hacks/software-philosophy/the-philosophy-behind-open-source-software/>
- Martín-Mariscal, A., Fernández-Rodríguez, J. F., Picardo, A., & Peralta, E. (2025, Junho 01). Grasshopper algorithmic modelling: Parametric design for product platform customisation. *Applied Sciences*, 15(11), 6243. Acessado em 27 de Agosto de 2025, de <https://w. Applied Sciences>. Retrieved Agosto 27, 2025, from <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/11/6243>

McCrorry, S. (2023, Setembro 29). *What is Scandinavian design?* Retrieved Julho 25, 2025, from Scandinavia Standard: <https://www.scandinaviastandard.com/what-is-scandinavian-design/>

McDermott, M. (2023, Maio 21). *The open-source philosophy.* Retrieved Julho 25, 2025, from Perficient: <https://blogs.perficient.com/2023/05/31/whatisopensource/>

McWilliams, M. (2023, Outubro 5). *A comprehensive guide into what is modular furniture.* Retrieved Julho 27, 2025, from Lion's Den Furniture: <https://lionsdenfurniture.com/what-is-modular-furniture/>

Migueres, L. (2017, Junho 01). *O Studio Dlux formou uma rede de makers para dar conta da demanda por design aberto, que cresce a cada mês.* Retrieved Julho 25, 2025, from Projeto Draft: <https://www.projetodraft.com/o-studio-dlux-formou-uma-rede-de-makers-para-dar-conta-da-demanda-por-design-aberto-que-cresce-a-cada-mes/>

Mohammadi, H. (2024, Setembro 12). *The philosophy of the open source development model.* Retrieved from Bastaki Software Solutions: <https://bastakiss.com/blog/open-source-4/the-philosophy-of-the-open-source-development-model-244>

Navarrete, S. (2014, Setembro). *Diseño paramétrico: El gran desafío del siglo XXI.* *Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, 49,

https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232014000300005. Retrieved Agosto 27, 2025

Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic Books.

Pacheco, J. (2017, Setembro 15). *Meet the designers - Jose Pacheco in Barcelona*. Retrieved Julho 25, 2025, from Opendesk: <https://cn.opendesk.cc/blog/meet-the-designers-jose-pacheco-in-barcelona>

Phipps, S. (2018, February 02). *20 years of open source: Its world-changing history in brief*. Retrieved Julho 25, 2025, from Info World: <https://www.infoworld.com/article/2262975/20-years-of-open-source-its-world-changing-history-in-brief.html>

Plykea. (n.d.). *About*. Retrieved Julho 25, 2025, from Plykea: <https://www.plykea.com/pages/about>

Project Nord. (n.d.). *Scandinavian design and architecture: The ultimate guide*. Retrieved Julho 27, 2025, from Project Nord: <https://projectnord.com/blogs/scandinavian-nordic-design-blog/scandinavian-design-architecture-guide>

Roy, M.-A., & Abdul-Nour, G. (2024, Maio 25). Integrating modular design concepts for enhanced efficiency in digital and sustainable manufacturing: A literature review. *Applied Sciences*. Retrieved Julho 27, 2025, from <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/11/4539>

Scandinavia Design. (n.d.). *Armchair Paimio 41 – Alvar Aalto 1931/32*. Retrieved Julho 27, 2025, from Scandinavia Design: <https://www.scandinavia-design.fr/ARTEK/armchair-paimio-41-alvar-aalto-1931.html>

Scheeren, R., & Lima, D. L. (2015). O manifesto do parametricismo: Perspectivas acerca de um novo estilo global para o design da arquitetura e do urbanismo. *V!RUS*, 1(11), 1-15.

Schmidt, G. (2019, Fevereiro 21). *Modular Design - First principles from the physical world*. Retrieved Janeiro 17, 2025, from Gregory Schmidt MD: <https://www.gregoryschmidt.com/articles/modular-design-first-principles-from-the-physical-world>

Shneiderman, B. (1998). *The eight golden rules of interface design*. Retrieved Julho 27, 2025, from University of Maryland, Human-Computer Interaction Lab: <http://www.cs.umd.edu/users/ben/goldenrules.html>

Silvestre, T. (2024, Fevereiro 14). *O minimalismo nórdico: Lições de design escandinavo para sua casa*. Retrieved Julho 27, 2025, from Alta Virtual: <https://altavirtual.com/2024/02/14/o-minimalismo-nordico-licoes-de-design-escandinavo-para-sua-casa/>

Souza, E. (2022, Fevereiro 27). *6 lições do design escandinavo para interiores*. Retrieved Julho 27, 2025, from ArchDaily Brasil: <https://www.archdaily.com.br/br/976523/6-licoes-do-design-escandinavo-para-interiores>

Su, C., Yuan, M., Fan, Y., Zhu, L., & Hu, N. (2023). *Parametric design and modular construction of a large additive-manufactured hyper shell structure*. Retrieved Julho 27, 2025, from Architectural Intelligence: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s44223-023-00041-0.pdf>

Team MFG. (n.d.). *CNC machining: Advantages and disadvantages*. Retrieved Julho 23, 2025, from TEAM MFG: <https://www.team-mfg.com/advantages-and-disadvantages-of-cnc-machining>

Vitsoe. (2025). *606 Universal Shelving System*. Retrieved Julho 27, 2025, from Vitsoe Design Dieter Rams: <https://www.vitsoe.com/us/606>

ANEXOS

ANEXO 01

ENTREVISTA COM DENIS FUJII CRIADOR DA CADEIRA VALOVÍ

ANEXO 01 - Entrevista com Denis Fujii criador da cadeira Valovi

Estudante: Com a sua experiência, o que eu gostaria de escutar de você é um pouco sobre os desafios que você passou ao longo dessa jornada com a Valovi, do início dos estudos até a abordagem com a Open Desk, e como foi esse contato, se teve algum tipo de suporte deles ou feedback durante esse processo, e a questão da licença utilizada para o projeto.

Denis Fujii: Falando um pouco da cadeira, em si, para mim um dos grandes desafios foi uma questão mais de entender a fabricação digital como meio de produção do próprio mobiliário, hoje, na verdade 10 anos depois que ela foi criada, a Valovi, a fabricação digital já evoluiu muito, mas ainda assim acho que muitas pessoas que utilizam tanto a router quanto qualquer outro tipo de maquinário de fabricação digital não enxergam todo o potencial que ela tem a nos oferecer. Tem que saber desenhar bem, e o primeiro grande desafio foi a questão de prototipagem. Porque a fabricação digital resolveu essa questão ajudando a ter essa prototipagem mais rápida, mais barata, o que ajuda muito as pessoas que geralmente não tem muitos recursos, para tentarem produzirem as coisas, então ela acaba sendo uma solução um pouco mais acessível. O movimento do open source me ajudou muito a receber ideias e feedbacks de outras pessoas espalhadas pelo mundo, e aí que entra a OpenDesk com um papel muito importante nesse processo, porque ela teve muito mais repercussão mundial do que eu como criador da cadeira, então a cadeira chegou a mais lugares por causa da plataforma. Nesse processo com a OpenDesk nós fomos aprendendo juntos, já que trabalhei muito tempo com eles tanto no desenvolvimento de novos mobiliários quanto na adaptação e melhoria dos já existentes, e muitos feedbacks vinham de arquivos baixados. A própria cadeira Valovi teve algumas alterações que aconteceram de acordo com coisas que iam acontecendo em outros países, e que a gente foi recebendo de feedback. Isso ajuda muito no processo de design e de melhorias, porque você acaba não trabalhando por si só, você acaba trabalhando de uma forma mais coletiva, mas obviamente que existem vários entraves nesse processo, até jurídicos, porque hoje a gente já não tem controle de quem baixa, de quem utiliza, mas eu entendo isso como uma forma de desapego, mas também como uma forma de fazer as coisas rodarem. Por exemplo, se a gente ficasse controlando, muito apreensivo sobre quem está usando, se é para o bem ou para o mal, eu acho que a

gente nunca conseguiria abrir espaço para essas colaborações. Vou dar um exemplo de um dos feedbacks que a gente recebeu da cadeira que mudou ela para uma nova versão que veio da Espanha. Eram pessoas que faziam parte de um FabLab e em um primeiro contato eles pediram o arquivo para fazer algumas cadeiras para o FabLab deles. Foi quando eles deram um feedback sugerindo aumentar alguns pontos da cadeira que dessa forma ela poderia ficar mais resistente e suportar alguém com mais peso. Num primeiro momento, quando eles pediram para utilizar o arquivo da cadeira, eu poderia muito bem ter falado, não, porém foi só por eu ter compartilhado as informações que eu consegui receber esse feedback, o que contribuiu para que essa melhoria acontecesse. A pergunta que mais fazem é a se eu não tenho medo de roubarem a minha ideia ou de fazerem a cadeira, mas hoje em dia ela já está no mundo inteiro e não tem muito o que se fazer, mas no começo era mais complexo. De licença ela tem a Creative Commons que a pessoa pode baixar e utilizar para uso pessoal e não para uso comercial. A licença me dá um apoio que eu nunca precisei usar, e me dá um certo apoio jurídico, assim como qualquer pessoa que cria uma cadeira que não é de código aberto, ela tem uma patente, assim do mesmo jeito que uma patente protege um artesão ou um designer que faz uma cadeira, o Creative Commons também defende o que é meu. Se der algum problema, você vai ter que ir por alguma via judicial, então, para mim, dá na mesma. Outro ponto é a patente, que se a pessoa colocar um círculo na perna da cadeira, ela já não é mais a minha cadeira então para mim tanto faz, se o design é aberto ou não, porque quem está mal-intencionado vai fazer de qualquer forma. A partir do momento que a gente posta uma foto no Instagram ou qualquer rede social vocês estão jogando para o mundo, quem estiver com más intenções para copiar vai fazer de um jeito ou de outro.

Estudante: Você teve algum suporte ou feedback direto da OpenDesk em relação ao design da cadeira que foi compartilhado na plataforma?

Denis Fujii: A OpenDesk ajuda, mas tem uma outra dificuldade, que influência no design, que foi até esses pontos que por isso que acabou não indo para frente e não dando tão certo. Muda muito de um país para outro a qualidade do material, principalmente, o compensado que você encontra na Europa, tem uma qualidade muito superior ao que temos aqui no Brasil, e a qualidade ela reflete também em uma questão de diferença de espessura. Por mais que se venda compensado de 20 mm, é muito difícil que ele tenha

efetivamente 20 mm, ele pode ter 18.3mm, 18.5mm, e décimos de milímetros é muito importante para a fabricação digital, mas também tem a mudança do tamanho da chapa, aqui no Brasil é comum achar chapas de 220cm x 160cm, mas na Europa é 244cm x 122cm. Isso acaba mudando muito o design por questões de qualidade do produto, o que torna essa situação um pouco mais complexa.

Estudante: Então, ao mesmo tempo que você quer fazer esse projeto acontecer, disponibilizá-lo para o mundo e para a maior quantidade de pessoas possíveis tem essas restrições e questões a serem enfrentadas, principalmente relacionadas ao material utilizado.

Denis Fujii: E tem também uma questão relacionada com a própria comunidade que se constrói através disso. Depois que a gente começou todo esse processo da cadeira fomos entrando em algumas comunidades que são muito relacionadas com a fabricação digital, não só para router, mas impressora 3D, e todas elas seguem os mesmos princípios, tanto a máquina a laser quanto a impressora 3D, de você compartilhar os arquivos, hoje em dia tem vários sites que você pode baixar os projetos e até os próprios FabLabs que é uma ideia para engajar a fabricação digital em prol de uma nova forma de produzir, de uma descentralização da produção. Isso é muito importante para mercados locais, e é uma coisa que faz parte dos meus estudos, assim como profissional tentar entender como que a gente consegue chegar aos produtores pequenos que tenham demandas de designers que possam ser reconhecidos no mundo todo, isso muda muito o jogo economicamente e do próprio produtor que pode ter um maior reconhecimento do trabalho dele.

Estudante: E muda a forma de consumo também, essa forma de comercialização e de consumo da matéria que vai ser produzido ali.

Denis Fujii: Sim, é uma produção sob demanda também, e muda bastante o tempo de todo o processo. Hoje você tem a possibilidade de conseguir comprar uma cadeira e ela chegar um dia depois, o que só se consegue com o frete.

Estudante: Ainda sobre a cadeira Valovi, teve um exemplo que você tinha dado no curso da Domestika que foi um banco que você tinha feito a pedido de um cliente, ou seja, você

tinha um briefing para seguir. Agora eu gostaria de saber sobre o processo de criação da Valovi, teve algum briefing ou você começou do zero a idealização do design?

Denis Fujii: A Valovi na verdade foi a segunda cadeira. A primeira ela nem é uma cadeira comercializada, ela chama KuKa. Ela foi feita para um projeto específico de um salão de festas que precisava montar e desmontar todas as cadeiras facilmente. Foi através dela que eu descobri sobre a fabricação digital e comecei a prototipar algumas coisas. Assim, depois que comecei a entender mais sobre a fabricação digital eu comecei a me arriscar em outras coisas. E a Valovi foi o meu segundo estudo, mas não teve briefing nenhum, ela foi criada para testar a fabricação digital.

Estudante: Se você fosse tirar um apanhado geral, como descreveria esse processo, se arrepende de alguma coisa, conseguiu alcançar os seus objetivos, está conseguindo melhorar, aprimorar o seu trabalho, chegou aonde queria chegar ou ainda falta alguma coisa.

Denis Fujii: Eu acho que não falta, mas creio que o ponto principal seria ela ter chegado em tantos lugares quanto chegou, porque de qualquer outra maneira, ou por qualquer processo convencional de mercado, de design de produto, entre outros, ela não chegaria aos lugares que ela chegou. Porque hoje, mais do que vender qualquer cadeira, para mim a grande realização é ver ela sendo reproduzida em vários lugares do mundo.

Estudante: É a realização de ter cumprido o objetivo também, porque acho que é a base de tudo nesse projeto era ter o maior número de pessoas interagindo com o seu design. E você conseguiu receber o feedback não só para melhoria da cadeira, mas também para servir de base para outros objetos que você ainda continua desenvolvendo. Só para te explicar um pouquinho sobre a minha ideia, porque com a sua experiência eu gostaria de escutar a sua opinião. O que estou propondo no meu projeto de mestrado é o desenvolvimento de uma cadeira, só que teria a utilização da parametrização. A ideia é fazer uma cadeira que você entra em uma plataforma online e faz a modificação de algumas peças, através de alguns parâmetros, por exemplo, valores longitudinais e transversais, então a pessoa vai interagir nessa plataforma e gerar o objeto que quer ter em casa. Só de mexer com esses parâmetros já vai ter a complicação da questão do tamanho da chapa para a otimização na hora do recorte das peças, mas tirando essa

parte, você acha que é um projeto viável, que tem possibilidades de dar certo, ou será algo mais difícil de ser feito?

Denis Fujii: Não, ele não é impossível, acho que tem alguns desafios relacionados com o que precisa ser feito, mas o meu ponto principal de atenção é mais sobre estruturas, porque você ter um parâmetro que você consegue aumentá-lo, de dois para três ou quatro lugares, o que você vai precisar a mais de estrutura para que isso não quebre. Então às vezes a parametrização ela funciona no sentido de que eu consigo alargar o objeto ao máximo e ele me dá as peças que eu preciso, mas na maioria dos casos ele não vai calcular o que você precisa estruturalmente. Então também tem os parâmetros do tipo, passou tal valor tem que ter uma perna no meio, passou disso tem que ter mais uma. Mas é super possível, já até vi exemplos assim para mesas que podem ser com tampos de diferentes tamanhos.

Estudante: Eu coloquei a cadeira Valovi como o case de estudo do projeto, porque ela serviu como ponto de referência pra tudo. Só que eu queria fazer algo mais, e propor um extra que seria o de colocar o usuário para interagir também. Porque, além do feedback das outras pessoas, seria interessante essa interação pessoa-objeto, por exemplo, às vezes seria muito mais interessante eu ter uma banqueteta para uma ilha na minha cozinha do que uma cadeira em si pra mesa. Poderia ser trabalhado pelo menos 3 opções de objeto com um mesmo design, uma banqueteta, um banco ou então uma cadeira, dando assim a liberdade para que o usuário pudesse escolher o objeto que está de acordo com a sua necessidade. Então eu queria trazer um pouco mais desse feedback, não só como resultado, mas como interação do próprio usuário.

Denis Fujii: Eu acho super possível e muito legal. A tecnologia ajuda a gente em várias questões, inclusive a entender melhor a interação humana dentro do projeto. A interação de pessoas em diferentes partes do mundo, uma que está produzindo outra que está adaptando.

Reflexões: A entrevista com o arquiteto e designer Denis Fujii, criador da cadeira Valovi, revela os caminhos, aprendizados e transformações que envolvem o desenvolvimento

de um projeto com base na fabricação digital e nos princípios do design aberto. Sua trajetória destaca a relevância da prototipagem acessível, do compartilhamento colaborativo e da atuação em rede por meio de plataformas como a OpenDesk. Denis aponta não apenas os avanços técnicos e criativos desse processo, mas também os desafios jurídicos, materiais e estruturais enfrentados ao longo do tempo.

Além disso, o relato evidencia como o design aberto pode impulsionar melhorias por meio do envolvimento direto de comunidades globais, trazendo à tona uma lógica descentralizada de produção, mais conectada com as realidades locais e com novos modelos de consumo. Fujii reforça que a verdadeira realização do projeto não está na comercialização do produto, mas na sua capacidade de gerar impacto, inspirar adaptações e promover interações que transcendem fronteiras.

Seu relato enriquece diretamente a proposta do projeto de mestrado, especialmente ao legitimar a ideia da parametrização e da coautoria no design de mobiliário. A experiência do designer confirma que soluções tecnológicas podem, e devem ampliar as possibilidades de criação conjunta, respeitando as especificidades técnicas e sociais de cada contexto.

ANEXO 02

CROQUIS E ESTUDOS INICIAIS DE FORMA

O conjunto de estudo na Figura 2 já é mais focado em peças individuais para encaixes, mostrando como seria a adaptação dessas peças para a transformação do objeto de um banco para uma cadeira por exemplo.

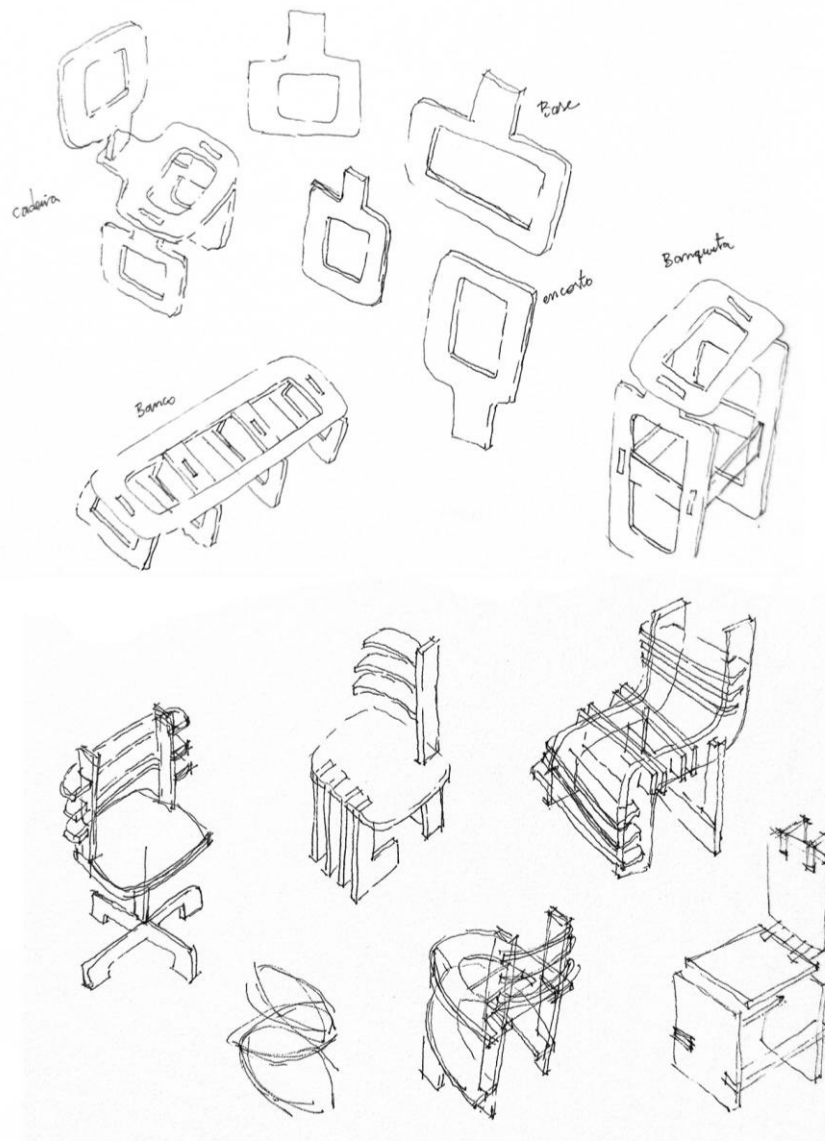


Figura 2 Estudo de peças individuais para a formação do modelo base.

Outro ponto explorado foi o de partir de formas mais simplificadas e menos complexas para ver os caminhos que poderiam ser traçados e as possibilidades que poderiam ser geradas, o que pode ser visto na Figura 3.

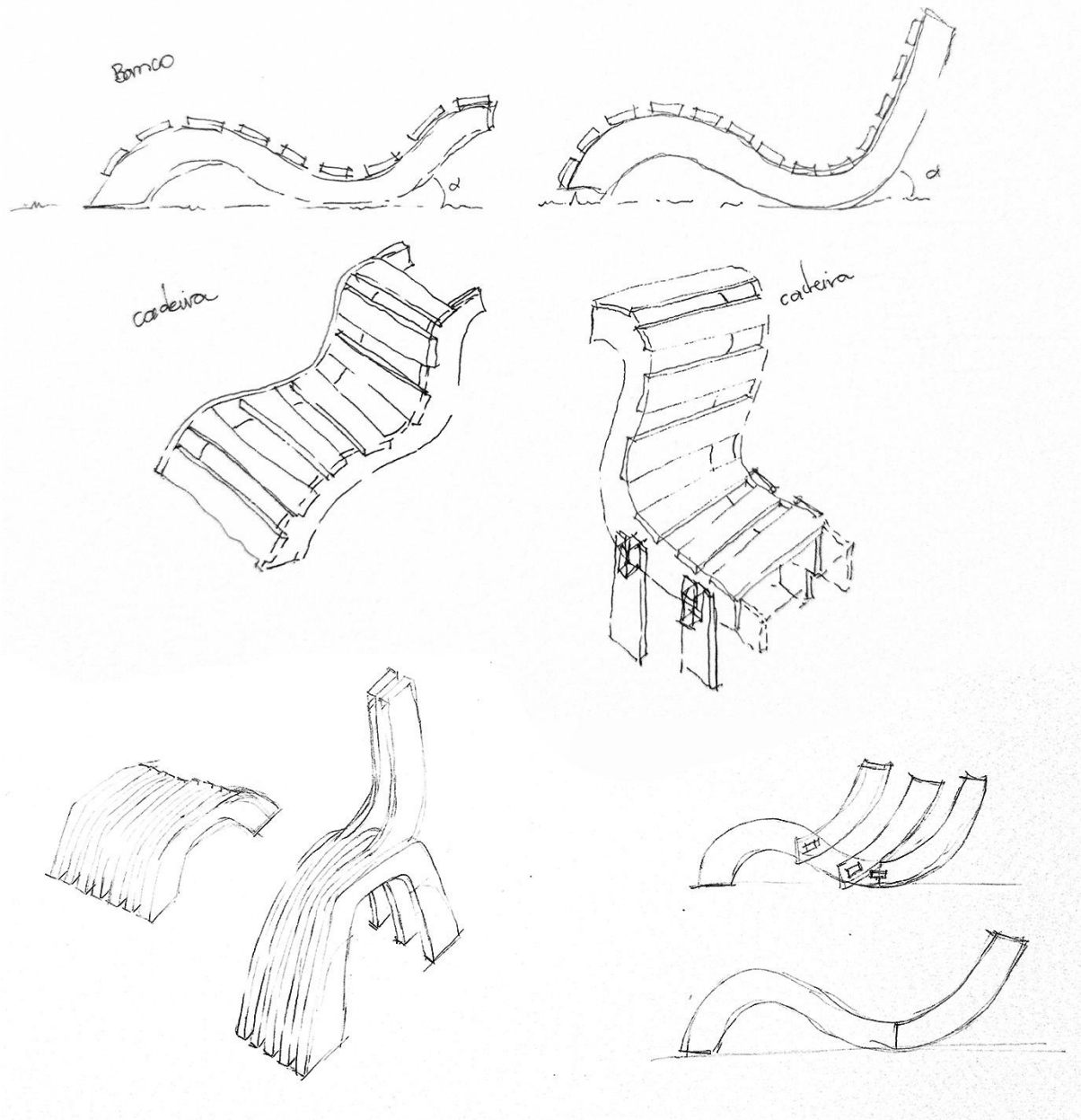


Figura 3 Estudo de forma e suas possibilidades através de formas simplificadas.

Após os estudo tanto das peças individuais quanto o de formatos mais simplificados, deu-se o inicio da exploração de ambas as possibilidades de forma conjunta para vermos os resultados gerados e as opções que poderiam ser trabalhadas (Figura 4).

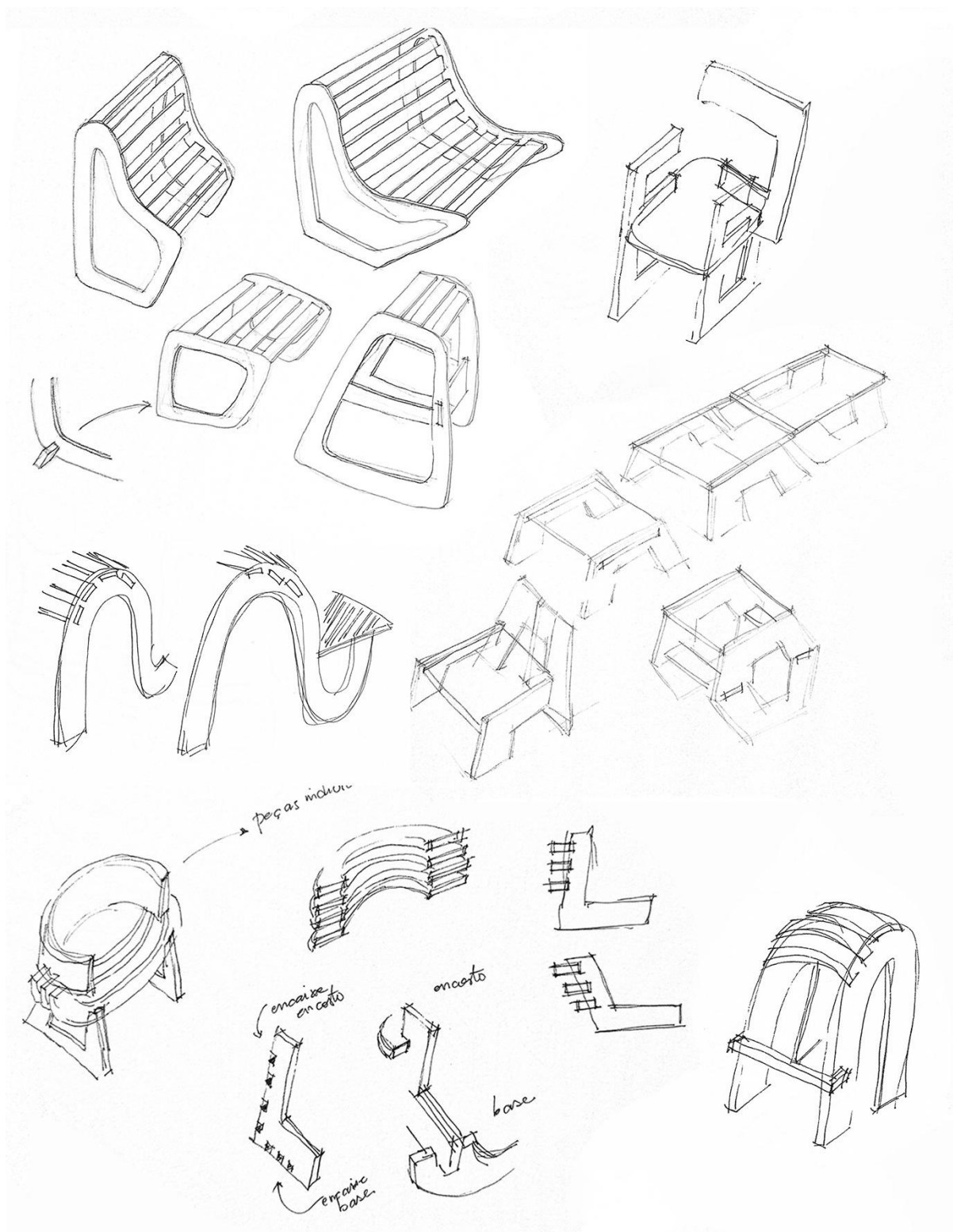


Figura 4 Estudos com a junção de peças individuais de encaixe e formas mais simplificadas.

Por fim, temos mais alguns estudos de encaixes, comportamento das peças e possibilidades geradas através de um design base inicial. Foi a partir dos estudos presentes na Figura 5 que o modelo base desse projeto foi iniciado.

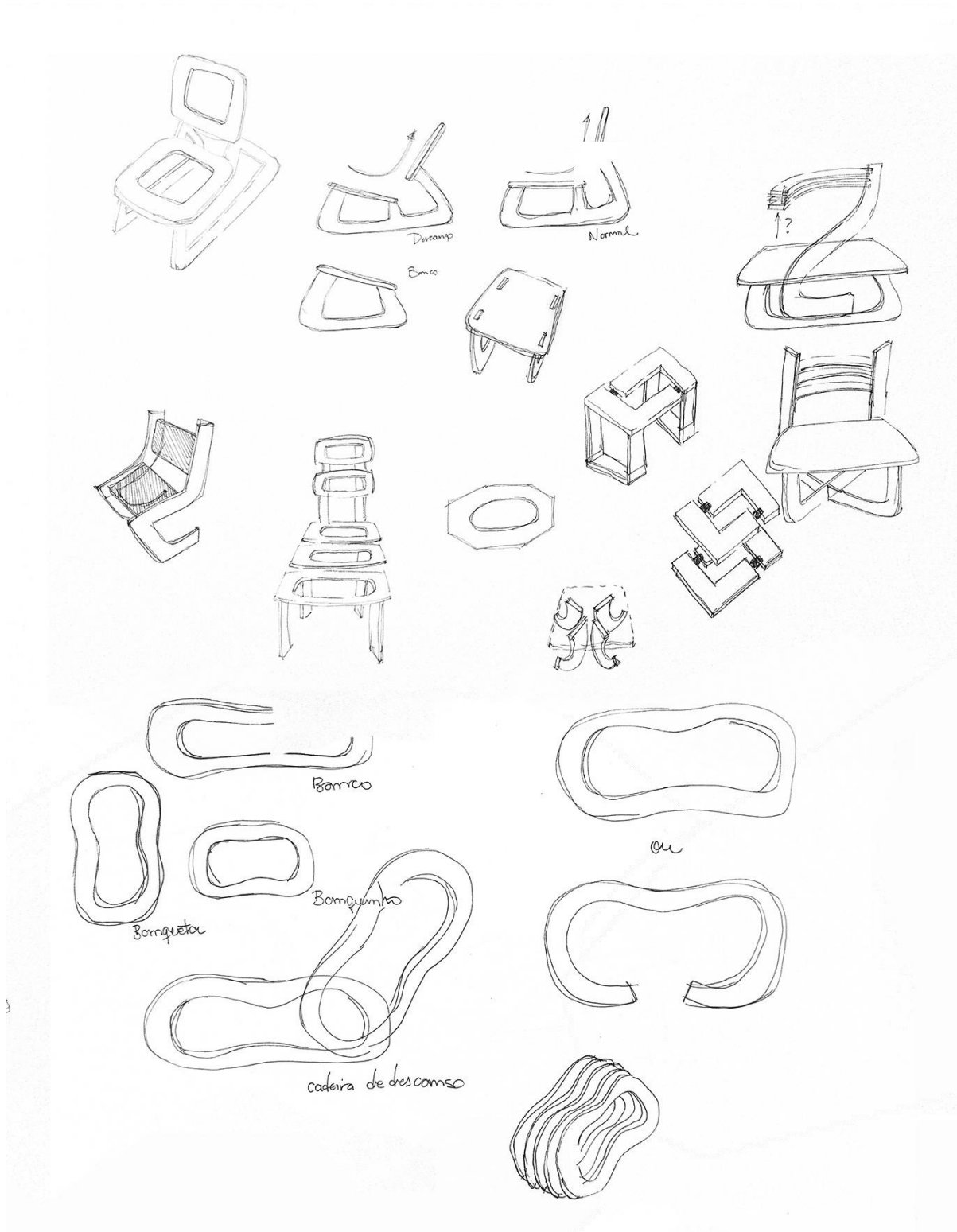


Figura 5 Estudo de forma, encaixe e as possíveis variações do design base.

Na Figura 6 temos a representação dos desenhos iniciais do modelo base do design final. Aqui já temos a simplificação do formato com a união de peças de encaixe, já pensando na praticidade da montagem e desmontagem das peças. O

outro ponto considerado aqui foi o posicionamento de cada peça, como seria a estrutura principal e as diferentes variações que poderíamos chegar através desse design base.

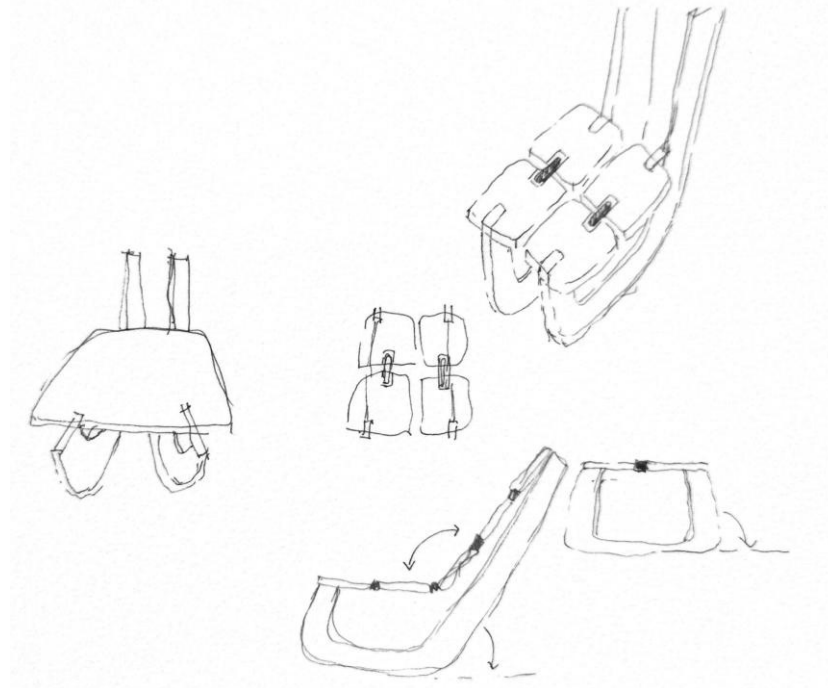


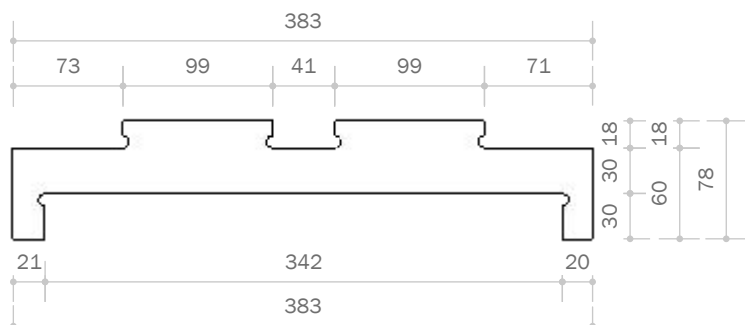
Figura 6 Desenhos iniciais do modelo base do banco Puzzle.

Nesse anexo, tivemos alguns dos desenhos iniciais que serviram como base para chegarmos ao design final proposto nesse projeto. Tudo isso com o intuito de demonstrar um pouco do processo de concepção da forma e da importância de explorarmos diferentes possibilidades. Porém, é importante ressaltar que, como tínhamos algumas restrições de tempo e de custos, ao utilizarmos a CNC do laboratório da ESMAD já sabíamos de algumas restrições para a execução das peças, fator que já foi considerado na fase inicial de estudos de forma. Independente dessas restrições foi possível chegarmos ao resultado que está presente no desenvolvimento do projeto e que atendeu as expectativas desejadas.

ANEXO 03

DETALHES DO PRIMEIRO PROTÓTIPO

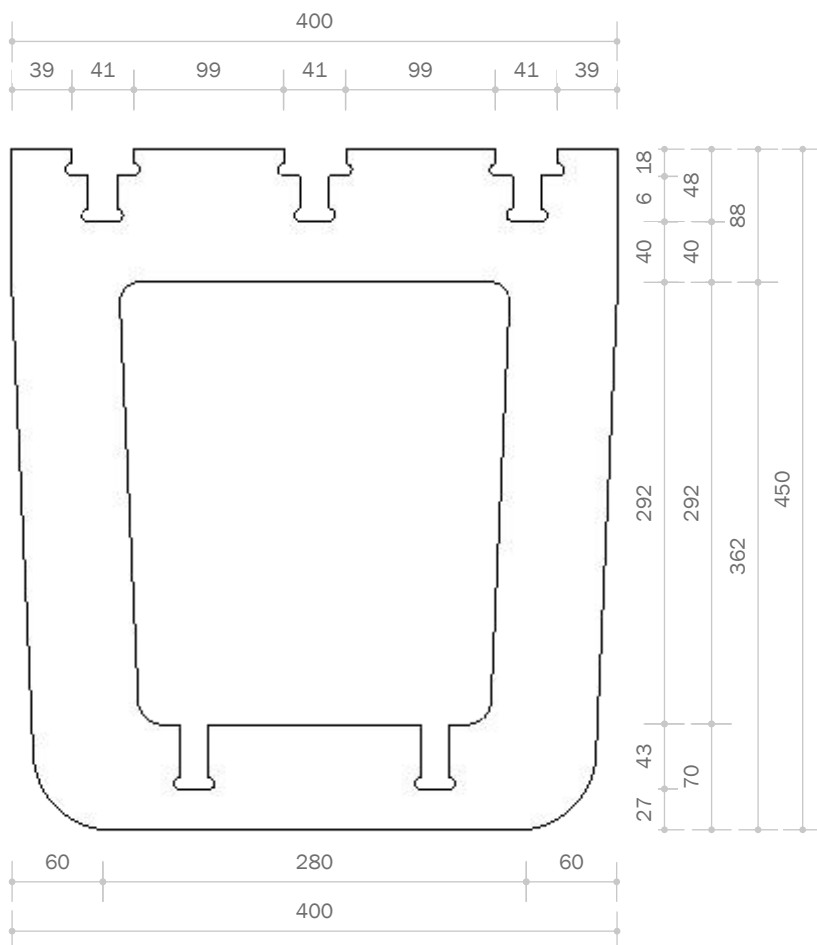
INFORMAÇÕES GERAIS | CADEIRA PUZZLE - 1.0



**01 PEÇA ENCAIXE DO TAMPO | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5**



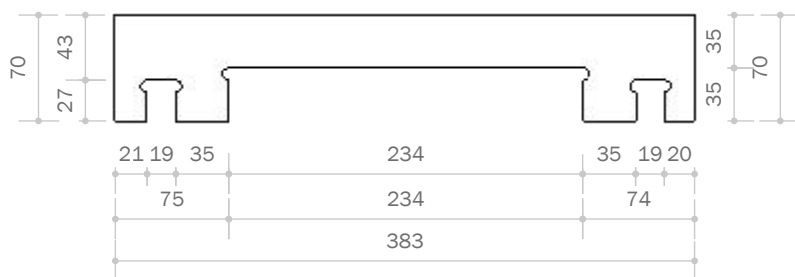
01 | ENCAIXE DO TAMPO



**02 PÉS | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5**



02 | PÉS



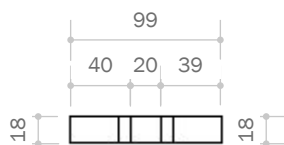
**03 ESTRUTURA DA BASE | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5**



03 | ESTRUTURA DA BASE



04 | ENCAIXE CENTRAL



VISTA INFERIOR

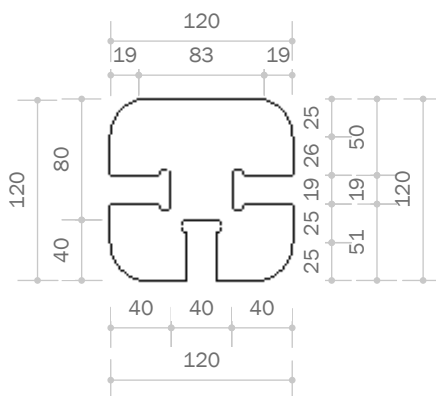


VISTA INFERIOR

04 PEÇA ENCAIXE CENTRAL |
VISTA INFERIOR / VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5



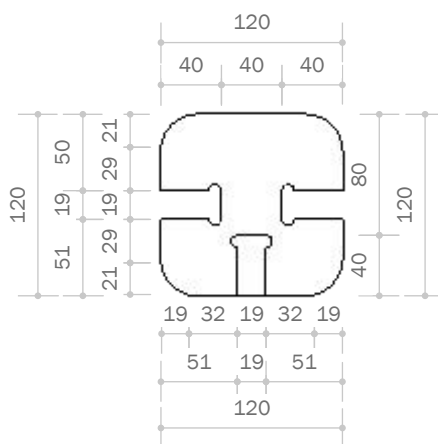
05 | PEÇAS BASE DO TAMPO



05 PEÇA BASE DO TAMPO |
VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5



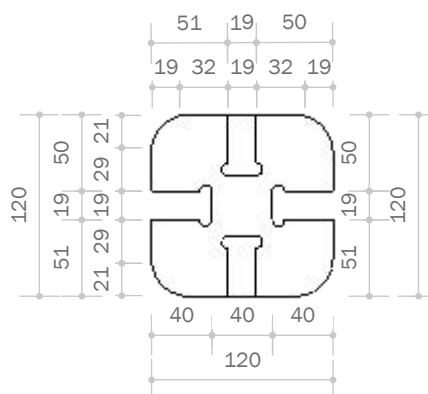
06 | PEÇAS EXTERNAS COM REBAIXO



06 PEÇA EXTERNA |
VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5



07 | PEÇA CENTRAL COM REBAIXO

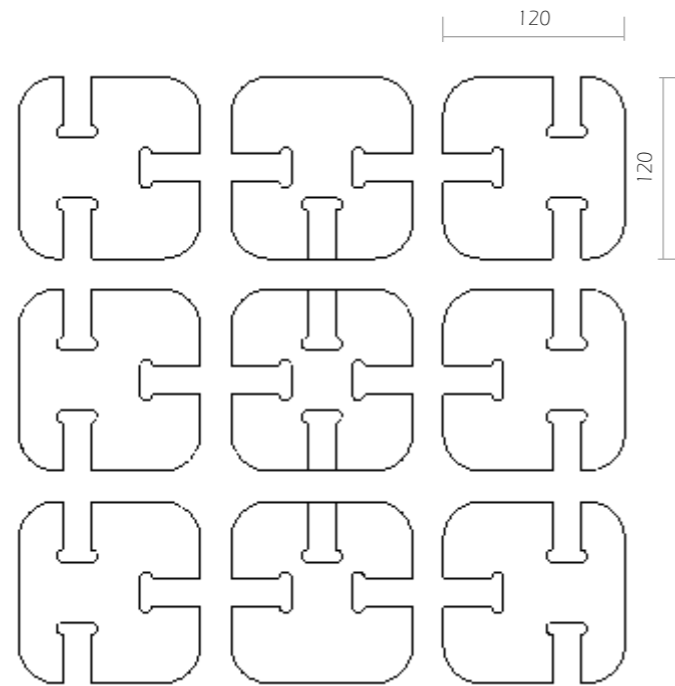


07 PEÇA CENTRAL |
VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5

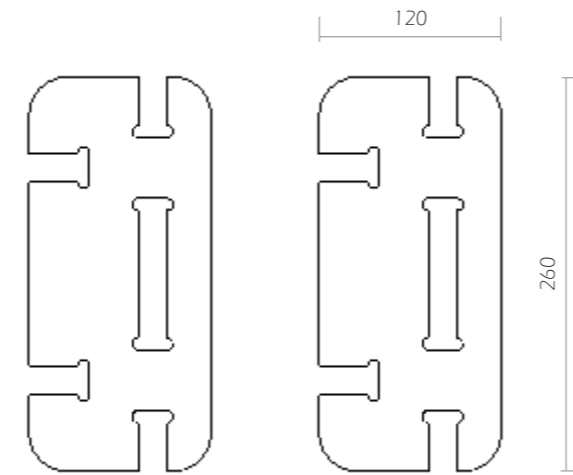
ANEXO 04

DESIGN BASE PROPOSTO – DETALHES PARA FEEDBACK

1.0 BANCO PUZZLE
PEÇAS DO BANCO



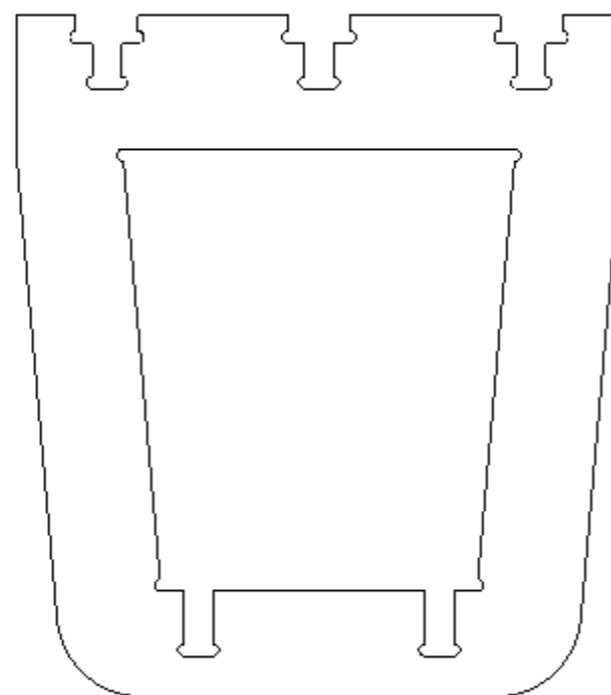
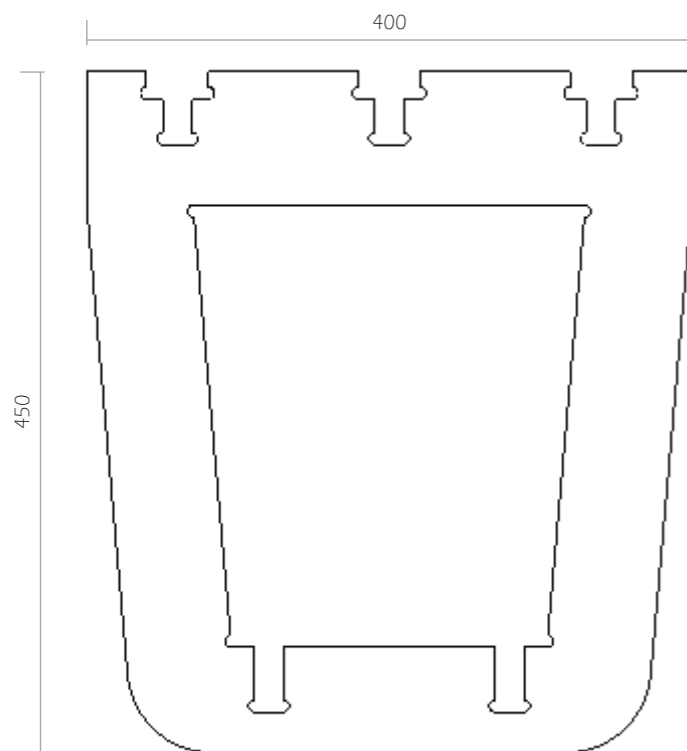
VISTA DE TOPO | PEÇAS DO TAMPO
SC.: 1/5



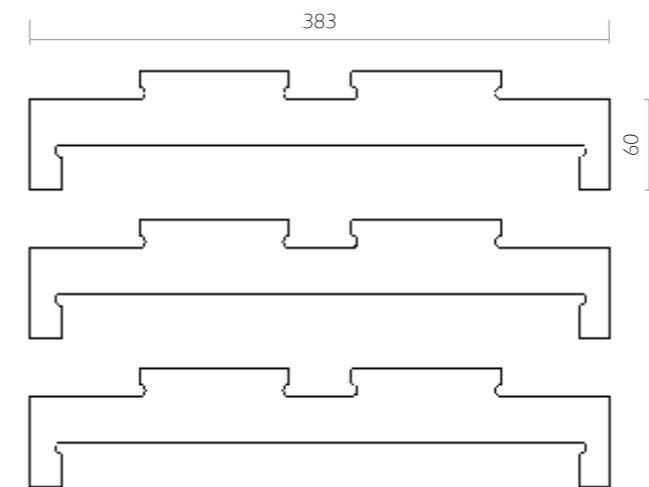
VISTA DE TOPO | VARIAÇÃO - PEÇAS DO TAMPO
SC.: 1/5



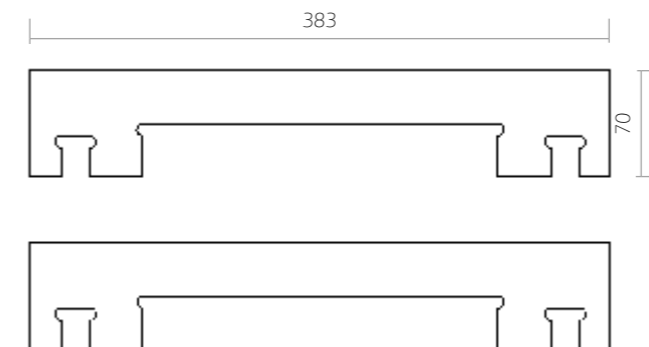
VISTA FRONTAL | PEÇAS DE ENCAIXE DO TOPO
SC.: 1/5



VISTA FRONTAL | PERNA DA CADEIRA
SC.: 1/5



VISTA FRONTAL | SUPORTE DO TAMPO
SC.: 1/5

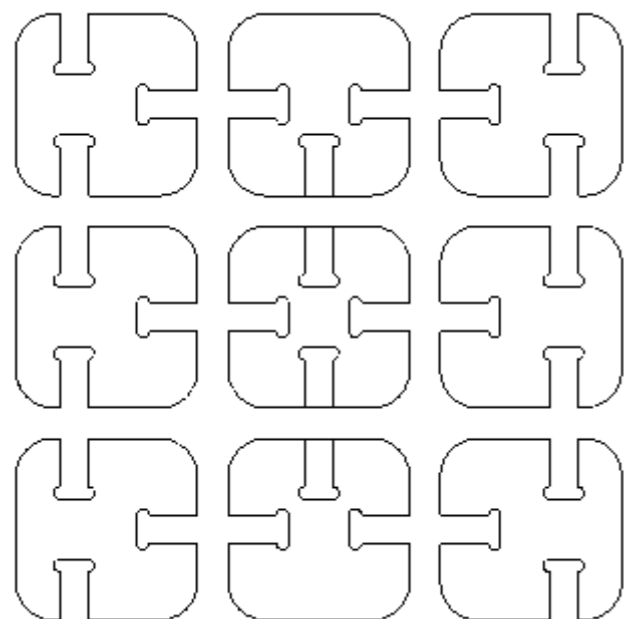


VISTA FRONTAL | SUPORTE DA BASE
SC.: 1/5

CONSIDERAÇÕES |

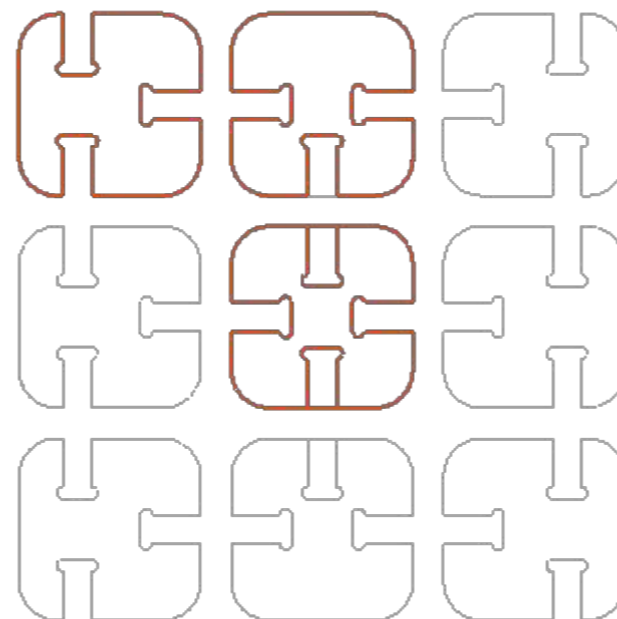
- 01** Todas as medidas estão em milímetros.
- 02** O material considerado para a confecção do protótipo é o contraplacado de 18mm.
- 03** O conceito principal desse banco é baseado na questão de tentar reduzir o desperdício de material, fazendo como um quebra-cabeça, e sempre que possível fazer a utilização de sobras de outros projetos.

01



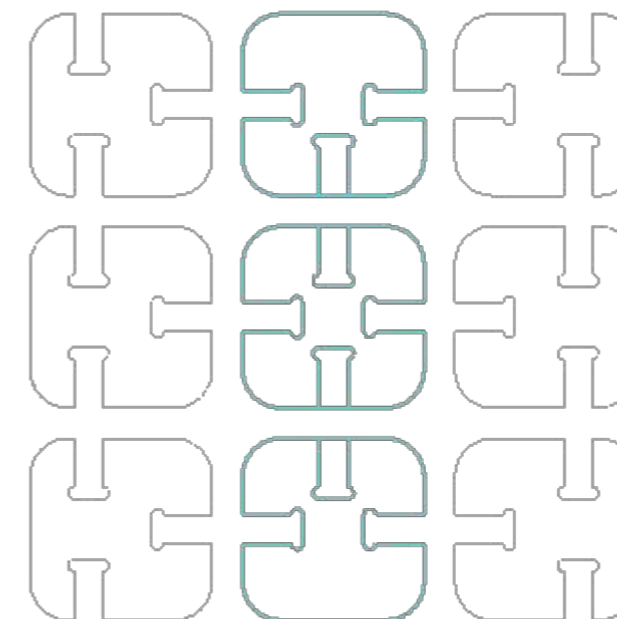
VISTA DE TOPO | PEÇAS DO TAMPO
SC.: 1/5

02



VISTA DE TOPO | VARIAÇÕES DAS PEÇAS
SC.: 1/5

03



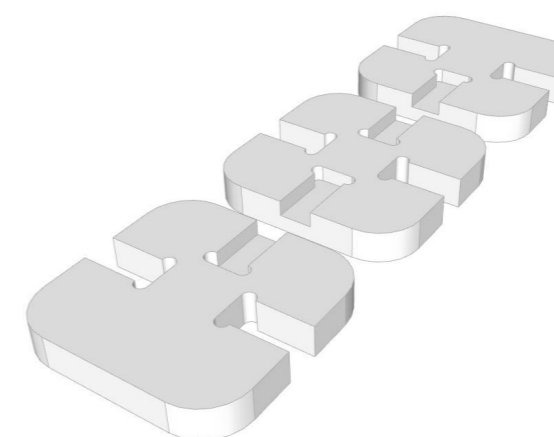
VISTA DE TOPO | PEÇAS COM REBAIXO
SC.: 1/5

CONSIDERAÇÕES |

- 01 O tampo é composto por 09 peças.
- 02 Dessas 09 peças que compõem o tampo temos 03 variações de peças, sendo 06 com design base, 02 com peças com rebaixo, e 01 peça única central, também com rebaixo.
- 03 O tampo terá 03 peças com rebaixo, e o detalhe pode ser visto na vista frontal da peça.

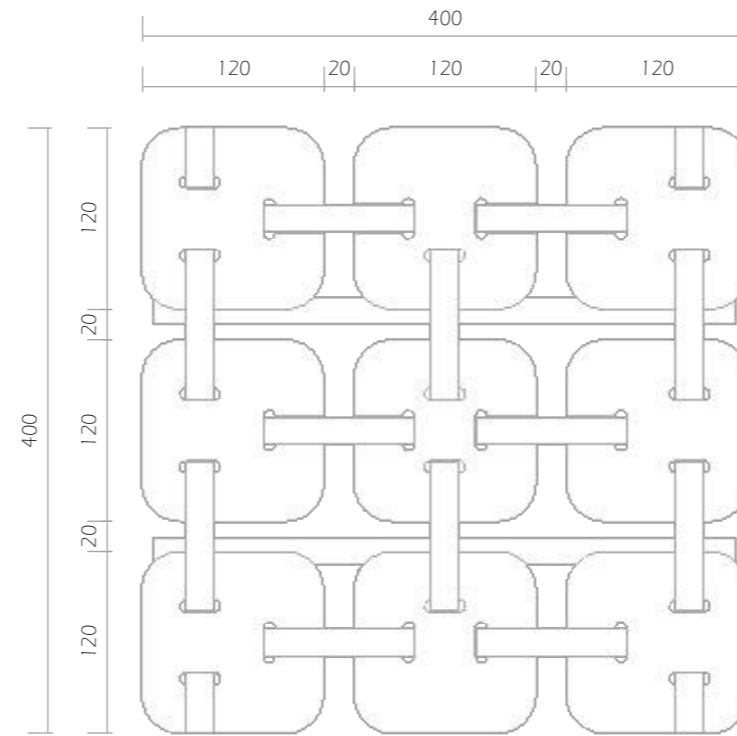


VISTA LATERAL | REBAIXO DA PEÇA
SC.: 1/5

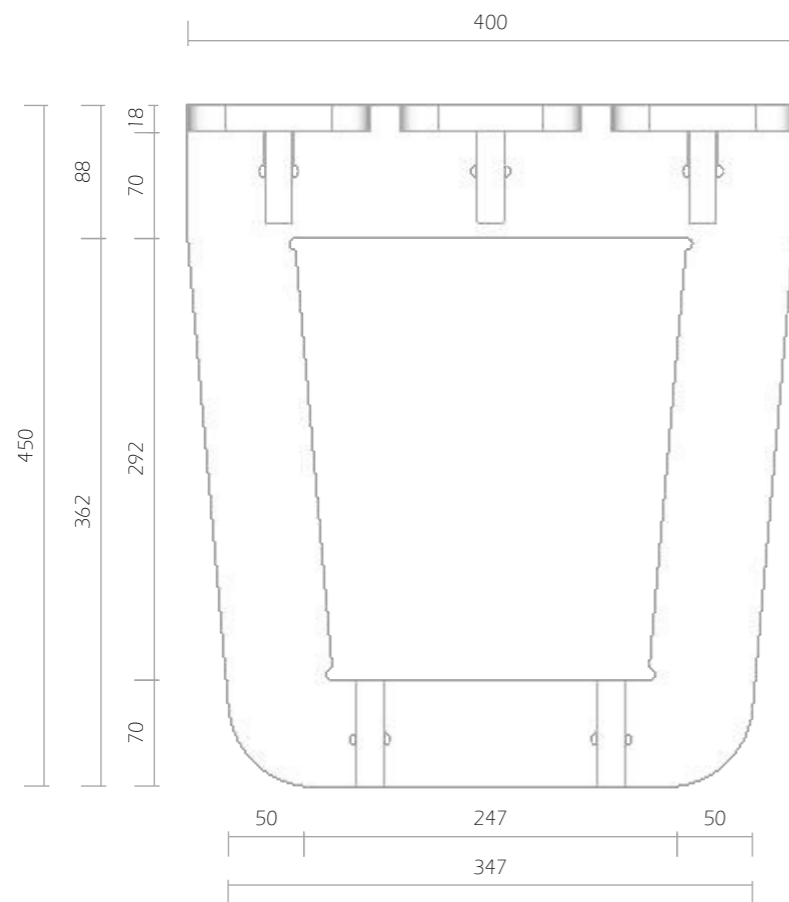


PERSPECTIVA | PEÇAS COM REBAIXO

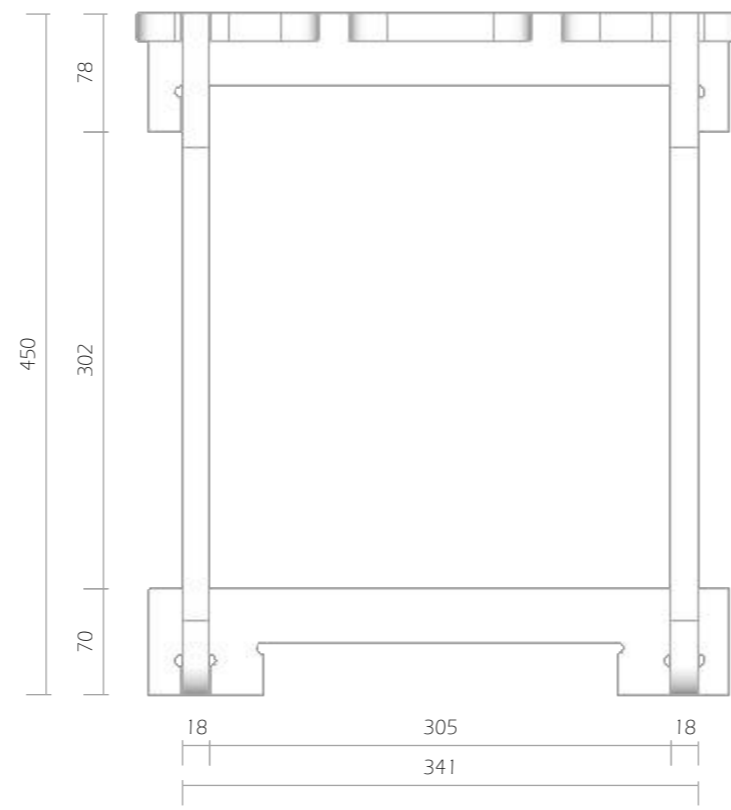
1.2 BANCO PUZZLE
PEÇAS DO BANCO



VISTA DE TOPO | BANCO PUZZLE
SC.: 1/5



VISTA DE LATERAL | BANCO PUZZLE
SC.: 1/5



VISTA FRONTAL | BANCO PUZZLE
SC.: 1/5



ANEXO 05

FEEDBACK DO DESING BASE PROPOSTO

ANEXO 03 - Feedbacks: modelo base

Feedback 01

Nome: Denis Fujii

Área de atuação: Arquitetura, design e inovação.

Feedback: Meus comentários sobre o design são mais relacionados a estrutura do que estética, pois achei muito bonita a solução e principalmente a ideia do assento, que entendo que possam se multiplicar para outros usos como você mencionou.

Em termos de estrutura, tenho um pouco de receio sobre o travamento deste banco, você vai ter que contar com peças muito justas para que o banco não balance no sentido das laterais, isso porque esse banco tem travamentos em um só sentido. Eu não tenho uma visão clara sobre como essas peças do assento vão reagir, mas talvez elas ajudem a travar melhor o banco.

Talvez seja preciso pensar em algum outro travamento em outro sentido, por exemplo, a Valoví tem uma trava atrás que é alguns centímetros maior que o restante, isso faz com que as pernas se flexionem e ajudem a criar uma estabilidade maior, sem balanços laterais. Ter um conjunto de travas um pouco maior pode ser uma solução, mas existem vários outros jeitos para resolver.

Reflexões: O feedback sobre o banco revela uma preocupação legítima com a estabilidade estrutural, especialmente no sentido lateral, considerando que o travamento ocorre em apenas uma direção. A observação aponta para a importância de um encaixe preciso, onde a tolerância milimétrica entre peças é determinante para evitar folgas e balanços indesejados.

A sugestão de incorporar travamentos adicionais em outros eixos, como o exemplo da cadeira Valoví com sua trava traseira estendida, destaca como pequenas soluções podem gerar grandes ganhos de estabilidade. Mais que um comentário técnico, ele reforça que, no design de encaixe, a estética precisa caminhar junto da engenharia funcional, principalmente quando se busca multiplicar usos, como a adaptação do assento para diferentes tipologias.

Essa reflexão abre espaço para considerar alternativas construtivas, como encaixes cruzados, reforços internos ou soluções inspiradas em projetos consagrados, mantendo a proposta de modularidade sem comprometer a segurança e a durabilidade do móvel.

Feedback 02

Nome: Lorna Kee

Área de atuação: Design de interiores

Feedback: A seguir, transcrevo o feedback recebido da designer de interiores irlandesa Lorna, após o envio do material referente ao design da cadeira desenvolvida nesse projeto:

O banco tem um design excelente e, como você sabe, eu escolho os móveis para combinar com o interior e os materiais, como o piso. Então, o item poderia ser pintado em qualquer cor? O banco também pode ser feito em uma versão alta? É possível inserir o banco em interiores já existentes para que eu possa ver como ele fica com outros móveis? Como ele ficaria em uma cozinha? Como ele ficaria em uma sala de estar? Muitas empresas de móveis colocam seus produtos em ambientes virtuais para mostrar às pessoas como a peça se encaixa em um ambiente moderno e bem decorado. Por isso, acredito que, se você mostrar exemplos de como o banco pode ficar bonito em diferentes configurações de interiores, e em cores variadas para combinar com o ambiente isso fará com que o banco pareça incrível.

Eu também colocaria o banco em ambientes comerciais, como restaurantes e bares, para mostrar como ele pode ser utilizado nesses ambientes.

Gostaria também de ver como a peça combina com outros materiais, já que o compensado precisa funcionar bem com outros móveis. Então, com o que ele combina visualmente? Pedra? Outras madeiras? Materiais naturais?

Como designers, precisamos de ajuda para visualizar como os móveis podem ser usados, para podermos comprá-los. Então, do ponto de vista de negócios e marketing, eu incluiria um slide mostrando os diferentes usos do banco. Pergunte-se: POR QUÊ? Por que uma pessoa iria querer fabricar essa peça? Responda ao "porquê", pois ao mostrar os benefícios, você não estará apenas projetando móveis, você também pensou em como

produzi-los e disponibilizá-lo para diferentes pessoas e ambientes. Espero que isso ajude você a finalizar o projeto. É um design excelente, eu realmente gostei.

Reflexões: O retorno oferecido por Lorna revela não apenas a valorização estética do projeto, mas destaca aspectos cruciais relacionados à usabilidade, adaptação e comunicação do produto em diferentes contextos. A designer chama atenção para a importância de mostrar o banco em ambientes reais e variados, tanto residenciais quanto comerciais, como forma de evidenciar sua versatilidade e ampliar o potencial de mercado.

A sugestão de explorar visualmente as possibilidades de personalização por meio de cores, proporções e combinações com diferentes materiais (como pedra, madeira ou tecidos naturais) reforça a ideia de que o design não se limita à forma, mas precisa dialogar com os estilos de vida dos usuários.

Além disso, o questionamento sobre o “porquê” de a peça ser fabricada toca em um ponto estratégico: a narrativa do projeto deve comunicar seus benefícios funcionais, emocionais e culturais, justificando seu valor como objeto de desejo. Ao propor a criação de slides e simulações em ambientes decorados, Lorna traz uma abordagem voltada ao marketing e à experiência do consumidor, essencial para a aceitação e circulação da peça.

Esse tipo de feedback reforça a necessidade de pensar o design como um sistema completo, do conceito ao uso, da interação ao impacto, e inspira ações concretas para qualificar a comunicação visual e estratégica do projeto.

Feedback 03

Nome: João Rabelo

Área de atuação: Engenharia civil e de estruturas.

Feedback: Meus comentários sobre o design são mais relacionados a estrutura do que estética, pois achei muito bonita a solução e principalmente a ideia do assento, que entendo que possam se multiplicar para outros usos como você mencionou. A primeira coisa é estruturalmente, em relação à espessura da chapa para eu te falar de forma

precisa só montando a estrutura em um software de elementos finitos para que seja possível fazer todos os cálculos estruturas da cadeira. Porém, o que eu já senti na primeira vez que vi o design foi a falta do contraventamento da tua cadeira. Na vista frontal vamos colocar aqui em eixos para ficar fácil explicar. Olhando para ela, indo da esquerda para a direita, eu vou chamar de “eixo X” entrando dentro da folha, “eixo Y”, de baixo para cima “eixo Z”. Assim a tua cadeira no “eixo X” está um contraventamento bom, mas em “Y” está ruim, porque em “Y” você não tem uma solução para a cadeira não flexionar. Tendo em mente que, a pessoa na hora que ela assenta na cadeira, ela não induz um carregamento só para baixo, no ato de sentar ela também induz uma componente na horizontal. A gente contraventa a estrutura exatamente para resistir a esse tipo de esforço, então é por isso que eu acho que o seu contraventamento em “Y” é defeituoso. Talvez uma solução seria uma peça única na parte de cima da cadeira, teoricamente as suas peças de encaixe já tem essa função, porém como são peças que tem muito recorte, esses recortes acabam se tornando acumuladores de tensões, o que faz com que a chance de você ter uma quebra ali seja muito grande. Se o teu suporte do tampo não tivesse esses recortes, ele fazer esse contraventamento, mas como ele tem o ideal seria você contraventar a estrutura, ou seja, colocar mais um componente ali na lateral, travando essas laterais.

Como usuário por ser um banco quando você vai passar pano ou varrer a casa, você precisa tirar ele e colocar em cima da mesa por exemplo, porém essa solução de base para uma cadeira eu já não ia gostar, porque não tem jeito de passar o pano ou a vassoura debaixo dele, gosto de praticidade no meu dia a dia. Agora sobre a base, em termos estruturais, o teu travamento é interessante, já que ele seria mais para perna não abrir.

A tua cadeira tem muitos encaixes, esteticamente, isso é bonito, estruturalmente é ruim, já que, cada recorte do tampo é um acumulador de tensão, e as peças tendem a rachar nesses locais, como explicado anteriormente. O design eu gostei, eu achei interessante o banquinho criado, o tampo achei legal, lateral eu gostei desse contorno arredondado, e as vezes o que você poderia fazer é arredondar as arestas da parte de baixo, porque nas pontas onde não tem função estrutural você poderia arredondar para ficar mais bonito visualmente.

Outro ponto quanto usuário é a questão de o assento da cadeira ser reto e na hora de sentar pode ser algo não muito confortável, é mais interessante um assento que não seja reto. Às vezes, você poderia pensar em algo nesse sentido, para melhorar o conforto de quem for utilizar a cadeira. O banco retinho é ruim de sentar-se, agora quando você tem um assento ovalado ele já é melhor. Eu não sei como ficaria essa situação nesse design, porque existem as frestas entre as conexões do assento, mas às vezes poderia ser algo para você pensar e fazer algo mais anatômico, acompanhando o corpo da uma pessoa, do ser humano. Se o meio dele for levemente mais baixo que cantos, fazendo uma curva suave já faria muita diferença. E a questão conceitual também, se eu tivesse uma cadeira dessas eu acharia muito interessante a parte de poder montar a minha própria cadeira, já que é uma solução só com encaixes.

Minha sugestão final seria colocar um suporte abaixo do tampo da cadeira para que a estrutura fique estável, travando a estrutura, adicionando rigidez ao banco e oferecendo uma maior resistência aos esforços horizontais.

Reflexões: O feedback de João traz uma leitura engenhosa do projeto, com foco nas implicações estruturais do design. A análise baseada em eixos evidencia uma preocupação com o comportamento físico do móvel, especialmente frente aos esforços horizontais no eixo Y, que costumam ser ignorados em testes empíricos, mas são cruciais para garantir estabilidade e segurança.

A observação sobre o excesso de recortes e pontos de tensão alerta para um possível conflito entre estética e resistência, revelando que, no design de encaixe, cada decisão visual precisa considerar seu impacto mecânico. A proposta de reforçar o contraventamento, adicionando componentes laterais ou peças integrais menos recortadas, pode ser essencial para viabilizar o uso prolongado e seguro da peça.

Do ponto de vista do usuário, João levanta questões práticas relevantes: a ergonomia do assento plano, o desafio de movimentar o banco para limpar o ambiente, e o valor de pensar em superfícies suavemente curvadas para maior conforto. Ele reconhece a beleza do projeto, mas reforça que o design ideal não está apenas no visual, pois ele precisa dialogar com a experiência cotidiana de quem irá usar, sentar-se, mover e conviver com o objeto.

Por fim, o entusiasmo com a ideia de montar a própria cadeira demonstra que, apesar dos ajustes técnicos sugeridos, o conceito de design aberto e interativo é um diferencial positivo. A reflexão dele reforça a importância de unir engajamento, estética e engenharia funcional para que o projeto alcance tanto impacto social quanto durabilidade material.

Feedback 04

Nome: Walliston Fernandes

Área de atuação: Engenharia civil e de estruturas.

Feedback: Os encaixes que você colocou aqui, pelo que eu estou vendo, qualquer movimento horizontal, no caso movimento do tipo corpo rígido é horizontal, tanto em uma direção quanto na outra. Vai folgar um pouquinho esses recortes que você fez para o encaixe. Então, o que é que eu já sei que vai acontecer, ela não vai ficar estática direitinho, ela já vai ter uma leve mexida. Se a pessoa, for aquelas que ficam mexendo as pernas ou o próprio corpo quando assentam na cadeira, ela vai mexer. Não sei a ideia é colocar cola, isso tentaria melhorar alguma coisa, mas assim também não resolve de tudo.

O segundo ponto, a sua cadeira é instável do ponto de vista desses deslocamentos horizontais, porque ela tem uma altura, ou seja, quanto maior for essa altura maior será a instabilidade global dela. Então você precisa ter travas, contenções laterais, você vai precisar ter tipo um x diagonal, que iria de uma perna para outra, diagonalmente mesmo e depois você faz a mesma coisa com a outra perna.

O terceiro ponto é essa pequena curvatura, pelo que eu vi, ela não toca no chão. Porque ela vai meio que para dentro. Ela começa com uma área de cessação transversal. Se você for fazer um retângulo no pé lá embaixo, ela começa com uma área menor e vai para uma área maior, isso piora ainda mais a situação. Para resolver isso você vai ter que inverter o que você fez, ou seja, a parte de cima do tampo precisa ser com uma área transversal menor do que a que está lá embaixo.

Reflexões: O retorno do engenheiro Wall aprofunda a análise da cadeira sob o ponto de vista mecânico, destacando os efeitos dos deslocamentos horizontais e da folga nos

encaixes como fatores que comprometem a estabilidade. A observação sobre a movimentação natural do usuário, como ao balançar as pernas ou ajustar o corpo, aponta para a necessidade de pensar no design não apenas como estático, mas como algo que deve responder de forma segura a comportamentos dinâmicos.

A sugestão de reforço estrutural com travas diagonais, popularmente conhecidas como contraventamentos em “X”, evidencia uma solução clássica da engenharia que pode ser incorporada de forma inteligente ao design sem comprometer sua estética. Wall também ressalta que a altura da peça potencializa a instabilidade, o que reforça a importância de calcular cuidadosamente os apoios e contenções, principalmente em peças parametrizadas e pensadas para múltiplas configurações.

Por fim, a análise sobre a geometria da base e a curvatura dos pés introduz uma crítica refinada ao equilíbrio visual e funcional da cadeira, sugerindo que a parte inferior da peça tenha uma área maior de sustentação para compensar os esforços aplicados e melhorar a distribuição de carga.

Esse tipo de olhar técnico reafirma a importância de incluir testes e simulações estruturais na fase de projeto, especialmente em propostas de encaixe e fabricação digital. O feedback de Wall não apenas aponta melhorias, ele fortalece a visão de que o design inteligente depende de precisão, segurança e adaptação aos comportamentos reais do usuário.

Feedback 05

Nome: Pedro Oliveira

Área de atuação: Design Industrial e Ensino Superior em Design

Feedback: O design do banco apresenta um conceito pertinente para o contexto atual do design sustentável: a minimização do desperdício através da utilização de sobras de outros projetos e.

Do ponto de vista da fabricação, o projeto parece bem estruturado para corte CNC, com peças planificadas e rebaixos bem definidos. A divisão do tampo em múltiplas peças com diferentes rebaixos demonstra um bom domínio da técnica. A escolha do contraplacado parece acertada para este tipo de abordagem, pois equilibra resistência mecânica e facilidade de fresagem.

Pontos fortes:

- Clareza construtiva e lógica de montagem bem estabelecida.
- Preocupação com a sustentabilidade e reaproveitamento de materiais.
- Estética modular interessante, com potencial para personalização ou adaptação em série.

Pontos fracos ou a melhorar:

- A divisão excessiva do tampo (em 9 peças) pode gerar alguma instabilidade ou desconforto no uso prolongado, especialmente se houver desníveis entre os rebaixos.
 - A ergonomia do assento poderia ser avaliada com mais profundidade. A superfície do tampo parece completamente plana. Considerar o conforto do utilizador seria um passo relevante, sobretudo se o banco for destinado a uso prolongado.

Sugestões:

- Testar uma versão com tampo com menos divisões de forma a criar uma superfície mais contínua.
- Considerar variações do banco com diferentes alturas ou aplicações (banco alto, banco infantil, banco com encosto).
- Avaliar o potencial do projeto para ser desmontável e facilmente transportável.

Reflexões: O retorno de Pedro destaca com precisão os pontos de excelência do projeto, especialmente ao reconhecer sua relevância dentro da lógica do design sustentável, valorizando o reaproveitamento de materiais e a racionalidade construtiva. A menção à clareza na montagem e à adequação ao corte CNC reforça que o banco tem uma base sólida tanto na concepção quanto na execução técnica.

No entanto, sua leitura crítica também aponta pontos de atenção importantes: a divisão excessiva do tampo e a falta de ergonomia do assento. Essas observações abrem espaço para pensar não apenas na estética modular, mas também na experiência do

usuário ao longo do tempo, considerando conforto, estabilidade e uso cotidiano. A sugestão de testar superfícies mais contínuas e explorar versões com diferentes aplicações amplia o campo de desenvolvimento do projeto, tornando-o mais versátil e adaptável a públicos e ambientes diversos.

Por fim, Pedro convida a refletir sobre fatores como a parte de montagem e desmontagem e transporte, que estão diretamente ligados à lógica de produção distribuída, e que podem fortalecer ainda mais o posicionamento do banco como um produto contemporâneo, flexível e alinhado aos princípios do design aberto

ANEXO 06

PLATAFORMA WEB INTERATIVA – DETALHES PARA FEEDBACK

A PLATAFORMA | BRIEF

Informações básicas para a orientação do desenvolvimento da plataforma.

Sobre: A plataforma propõe uma solução digital aberta para a customização e fabricação de móveis a partir de parâmetros configuráveis.

O Projeto: Desenvolver uma plataforma interativa e intuitiva que permita a customização de móveis por meio da variação de parâmetros, com visualização em tempo real e download de arquivos técnicos para montagem e fabricação digital.

Descrição: A plataforma será baseada em princípios de código aberto e design colaborativo, oferecendo modelos-base que podem ser adaptados às necessidades espaciais e ergonômicas dos usuários. Por meio de controles simples e visualização 3D interativa, será possível modificar dimensões como altura, largura e profundidade. Após as alterações, o sistema irá gerar arquivos em diferentes formatos com instruções de montagem e com os planos técnicos para o corte digital. A proposta se insere no contexto de democratização do design e incentivo ao uso de tecnologias digitais na produção do produto.

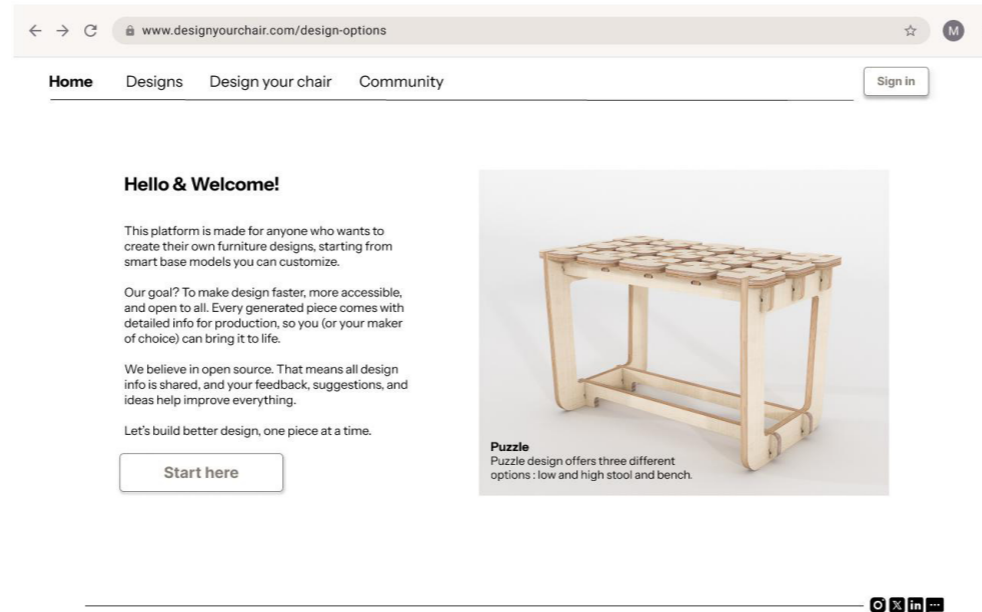
Público alvo: designers, arquitetos, makers, educadores, entusiastas do design de mobiliário, e usuários comuns interessados em customização e produção digital. A plataforma será pensada para usuários com ou sem conhecimento técnico, promovendo a inclusão de um número maior de pessoas.

Entrega: Plataforma web funcional com interface amigável; Biblioteca inicial de modelos-base paramétricos; Sistema de visualização 3D em tempo real; Download de arquivos em diferentes formatos, como PDF e DXF, galeria colaborativa para compartilhamento de criações e feedback.

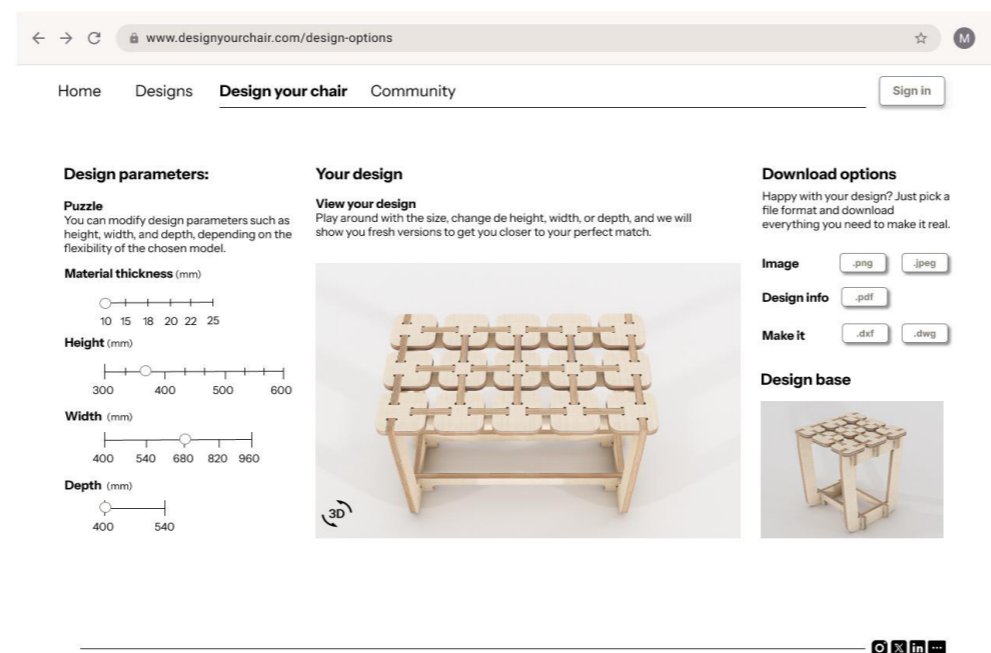
Tom: Clássico, limpo e funcional. A estética será minimalista, com paleta de cores neutras e discretas. A interface priorizará clareza visual, legibilidade e usabilidade, com foco em uma experiência de usuário fluida e acessível.

A PLATAFORMA | PÁGINAS

Home page: Uma breve apresentação do projeto com uma chamada para o início do processo.



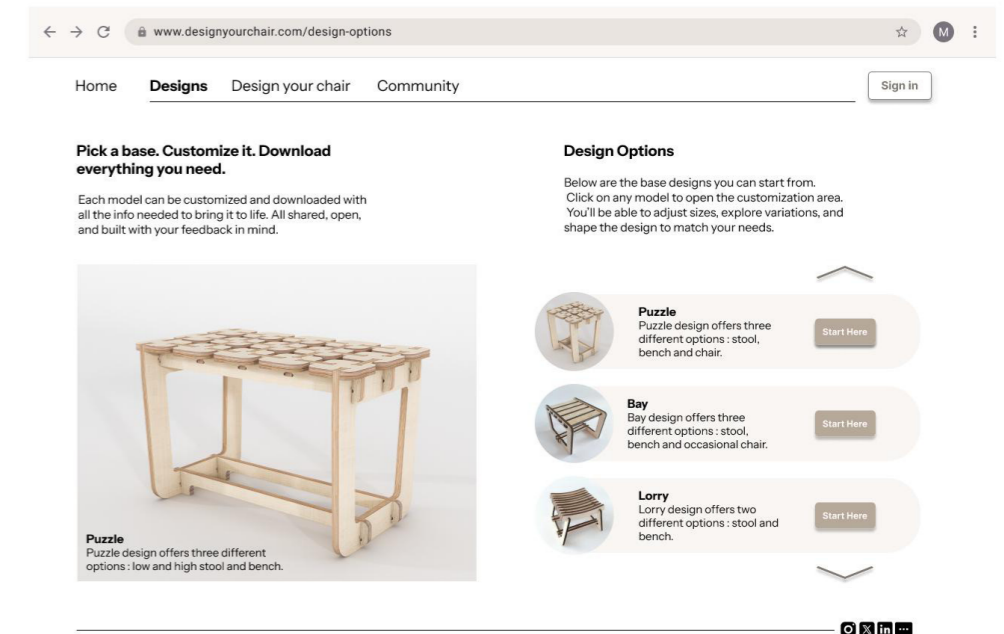
Design, parâmetros e download: Nessa área o usuário poderá fazer as modificações de algumas variáveis e ver em tempo real o modelo gerado. Após a finalização do design um arquivo geral será disponibilizado para download.



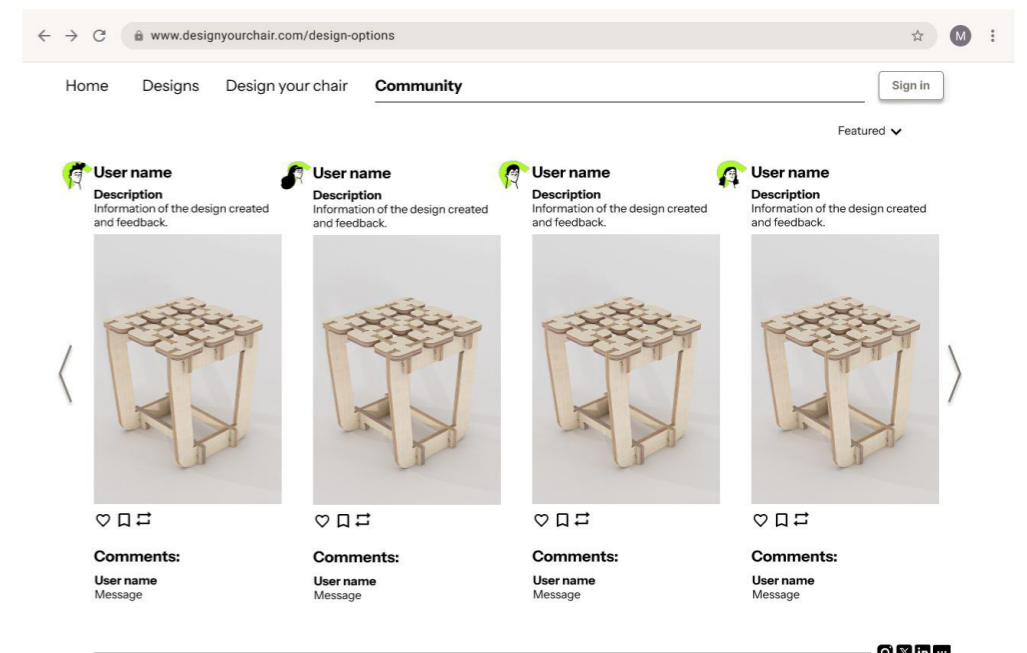
A PLATAFORMA | LINK DE ACESSO

Figma: Nesse link você terá acesso ao simulador da plataforma, para que seja possível a recolha do feedback em relação ao design, a clareza, entendimento e usabilidade do design proposto.

Designs: Aqui o usuário poderá escolher o modelo-base do design em uma galeria que mostra informações do design e suas variações



Comunidade: A plataforma terá um espaço especial para a interação da comunidade, o que permitirá uma interação com outros usuários, feedbacks, ideias e sugestões para aprimoramento dos modelos e da plataforma.



Link: <https://www.figma.com/proto/6wiSLrMdluP5I8zRddJRwl/Design-your-chair?node-id=94-196&p=f&t=P8YnM4CMAp8mxEWW-1&scaling=min-zoom&content-scaling=fixed&page-id=0%3A1>

ANEXO 07

FEEDBACK DA PLATAFORMA INTERATIVA

ANEXO 07 - Feedbacks: plataforma

Feedback 01

Nome: José A. Sepka Jr.

Área de atuação: Mestre em Informática

Feedback: De forma geral a plataforma apresenta um design clean e intuitivo, pois guia o utilizador através de botões e separa os conteúdos em abas. Comentários por abas:

- Home: A tela principal deixa claro qual o objetivo da plataforma de maneira clara e objetiva. Além disso, serve como ponto de partida para o utilizador iniciar a customização do seu projeto.
- Designs: A tela de Design apresenta quais são os modelos base para a customização. A apresentação em formato de lista permite a visualização de todos os modelos de maneira clara, permitindo assim, a fácil escolha do modelo desejado.
- Design your chair: Após escolher o design base a plataforma direciona o utilizador para a tela de modificação do design escolhido permitindo a alteração dos parâmetros de altura, largura e profundidade. Os parâmetros podem ser alterados de maneira simples usando slider bar com valores pré-determinados. Isso permite a pessoas que não possuem nenhum conhecimento técnico criar sua própria cadeira. Além disso, é possível fazer o download, do modelo customizado, em vários formatos de arquivo (ficheiro), como PDF, PNG e DXF. O grande desafio desta tela fica por conta da renderização em 3D do modelo.
- Community: Por se tratar de uma plataforma voltada a um projeto de design aberto, a aba comunidade é muito importante para que os utilizadores possam compartilhar seus modelos customizados e trocar experiências.

Reflexões: O feedback recebido demonstra que a plataforma cumpre sua função de facilitar o processo de customização no design de mobiliário, com destaque para sua interface clara e segmentada por abas. Essa estrutura favorece a experiência do usuário,

permitindo que mesmo pessoas sem formação técnica consigam interagir com os modelos por meio de parâmetros simples.

A menção à tela “Design your chair” revela um ponto-chave: ao oferecer controle sobre dimensões como altura, largura e profundidade, a plataforma promove não apenas autonomia criativa, mas também inclusão digital no processo de projeto. No entanto, o destaque para o desafio da renderização em 3D aponta uma limitação tecnológica que pode comprometer a visualização final do produto – o que impacta diretamente na percepção e segurança do usuário antes da fabricação.

Por fim, o reconhecimento da aba “Community” reafirma a potência do design aberto como espaço de troca, aprendizado e cocriação. O feedback sugere que, apesar dos aspectos técnicos a melhorar, o ambiente digital está alinhado com os valores de colaboração e acessibilidade que fundamentam este projeto.

Feedback 02

Nome: Emerson Urushibata

Área de atuação: Arquitetura, design e inovação.

Feedback: O design está bom, mas encaminho alguns pontos para serem refletidos:

Eu juntaria a página home + designs, pois você já apresenta o que é o projeto e também mostra os tipos de design que tem, dessa forma você elimina o botão "start here". A aba "Design your chair" acho que uma palavra mais forte para o usuário seria "Customize your chair". Essa sensação pode ser pelo fato do botão anterior está escrito "designs" e o próximo é "design your chair" então não ficou bem visível.

Na página inicial não ficou claro o que é o produto final, só consegui ver o produto final na parte do "design your chair" que seria um arquivo digital. Lendo a descrição da página inicial pode gerar dúvidas e parecer que o produto final que seria feito já poderia ser a cadeira física. Nessa parte do width e depth fico confuso qual a orientação da cadeira já que não tem encosto, talvez na imagem do lado você poderia indicar o que é depth e width, pois se tivesse encosto ia ser mais intuitivo saber o que é

cada um desses parâmetros. Fora essas observações a plataforma web está muito interessante.

Reflexões: O retorno de Emerson, especialista em interface digital, contribui com uma análise prática sobre a usabilidade e a comunicação visual da plataforma. Sua sugestão de unificar as abas “Home” e “Designs” revela uma atenção à fluidez da navegação, reforçando que simplificar etapas e eliminar redundâncias pode tornar a jornada do usuário mais objetiva e funcional.

A crítica em relação ao nome “Design your chair” sugere que termos mais diretos e envolventes, como “Customize your chair”, podem estabelecer uma conexão emocional mais forte com o usuário – ampliando o entendimento de que ele está prestes a personalizar seu próprio produto, e não apenas visualizar um modelo.

Emerson também destaca a importância de comunicar com clareza o que é o produto final da plataforma: um arquivo digital para fabricação, e não a cadeira física. Essa observação reforça que, em interfaces de design aberto, o valor está tanto na funcionalidade quanto na capacidade de orientar o usuário em cada etapa do processo.

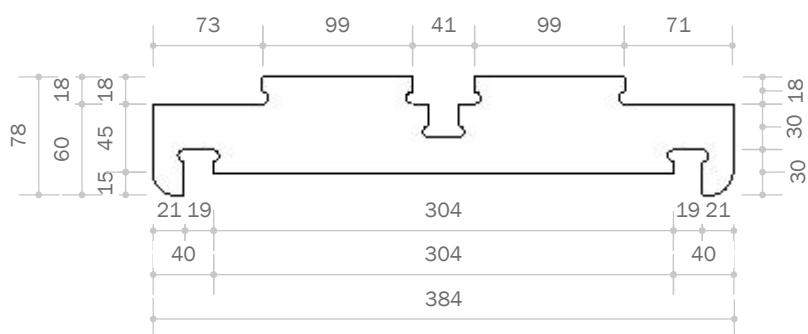
Por fim, a dificuldade em entender os parâmetros técnicos como width e depth aponta para a necessidade de referências visuais intuitivas, especialmente em projetos que usam formas não convencionais (como um banco sem encosto). Indicadores gráficos simples podem solucionar dúvidas e melhorar a experiência.

Esse feedback reforça que, para além das qualidades técnicas do projeto, a comunicação clara e a experiência digital precisam ser projetadas com o mesmo cuidado que o objeto físico, garantindo que o usuário se sinta guiado, envolvido e empoderado em todas as fases da interação.

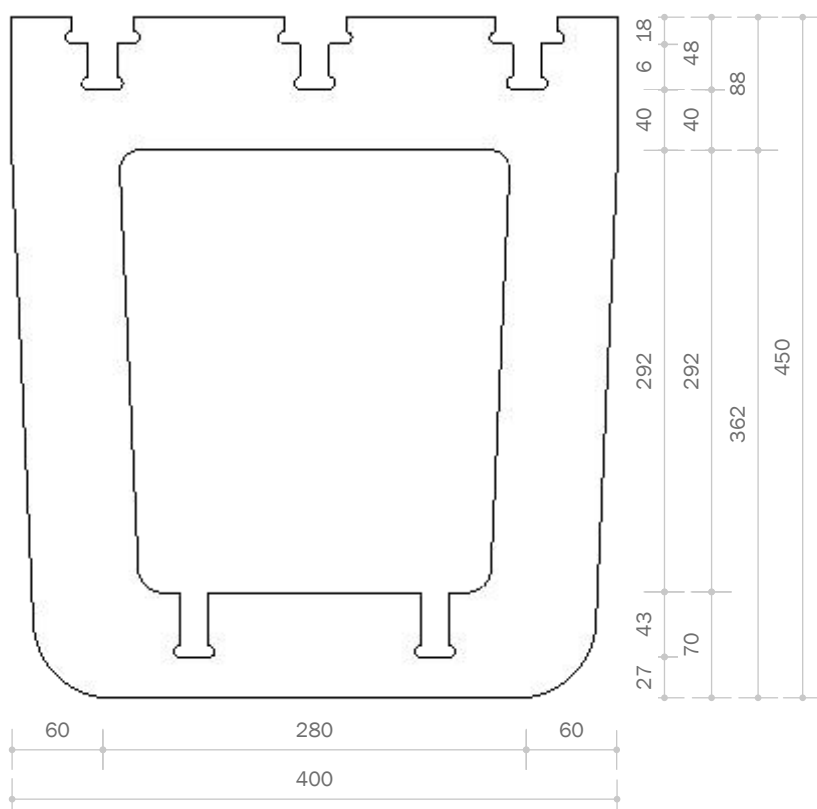
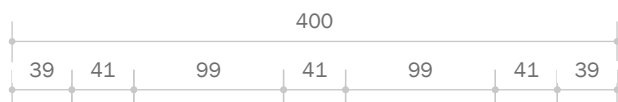
ANEXO 08

DETALHES DO SEGUNDO PROTÓTIPO

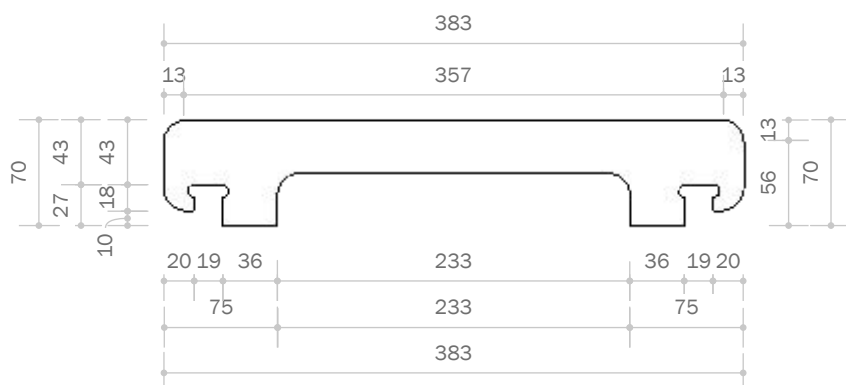
INFORMAÇÕES GERAIS | CADEIRA PUZZLE - 1.1



**01 PEÇA ENCAIXE DO TAMPO | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5**



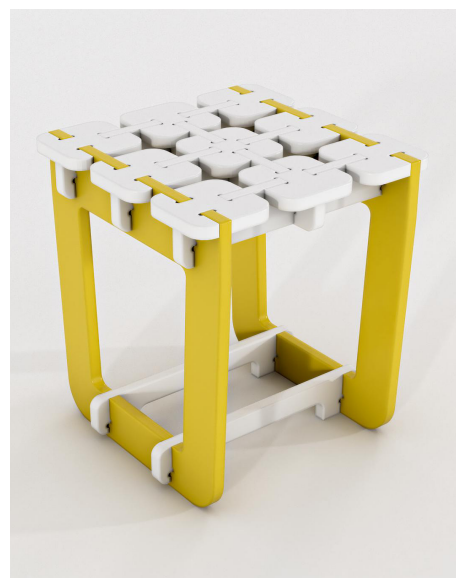
**02 PÉS | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5**



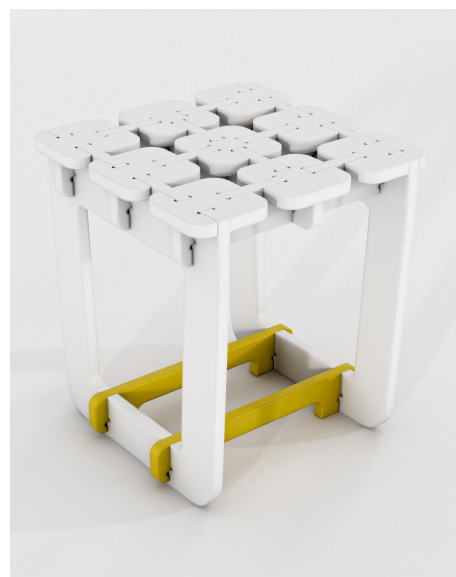
**03 ESTRUTURA DA BASE | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5**



01 | ENCAIXE DO TAMPO

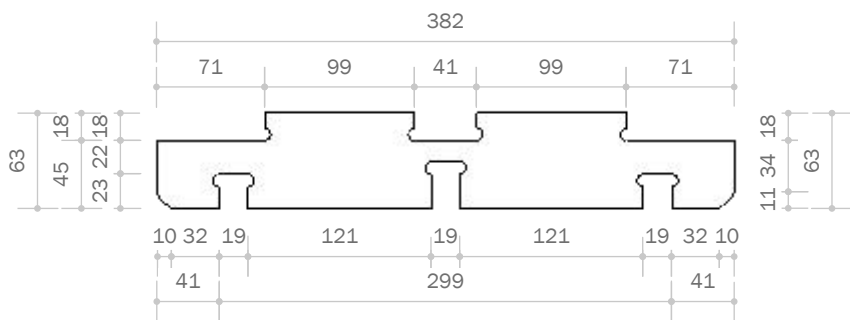


02 | PÉS



03 | ESTRUTURA DA BASE

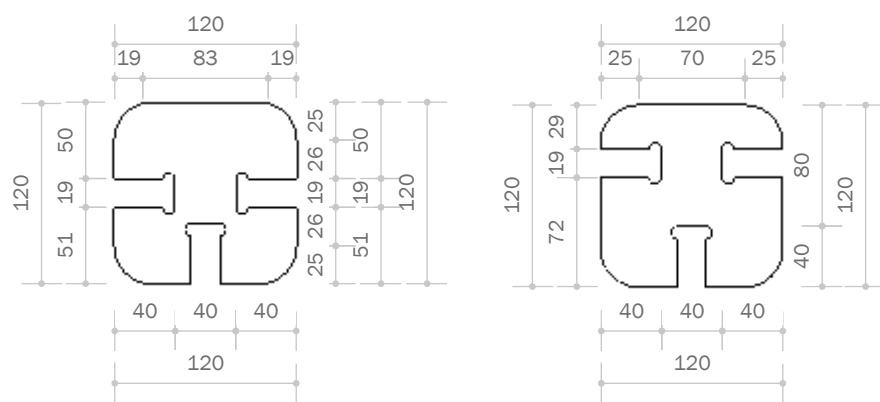
INFORMAÇÕES GERAIS | CADEIRA PUZZLE - 1.1



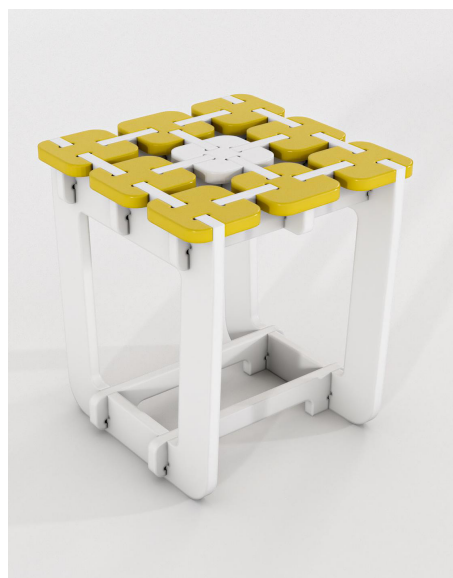
04 PEÇA ENCAIXE CENTRAL | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5



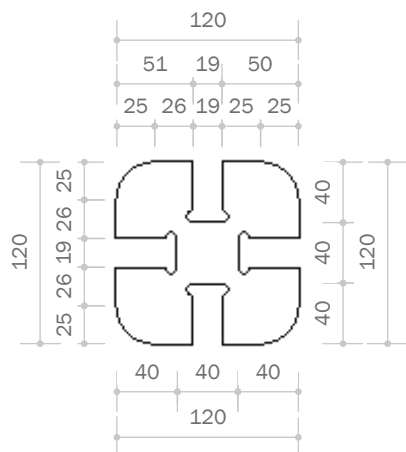
04 | ENCAIXE CENTRAL



05 PEÇA BASE DO TAMPO | VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5



05 | PEÇAS BASE DO TAMPO



06 PEÇA CENTRAL DO TAMPO | VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5

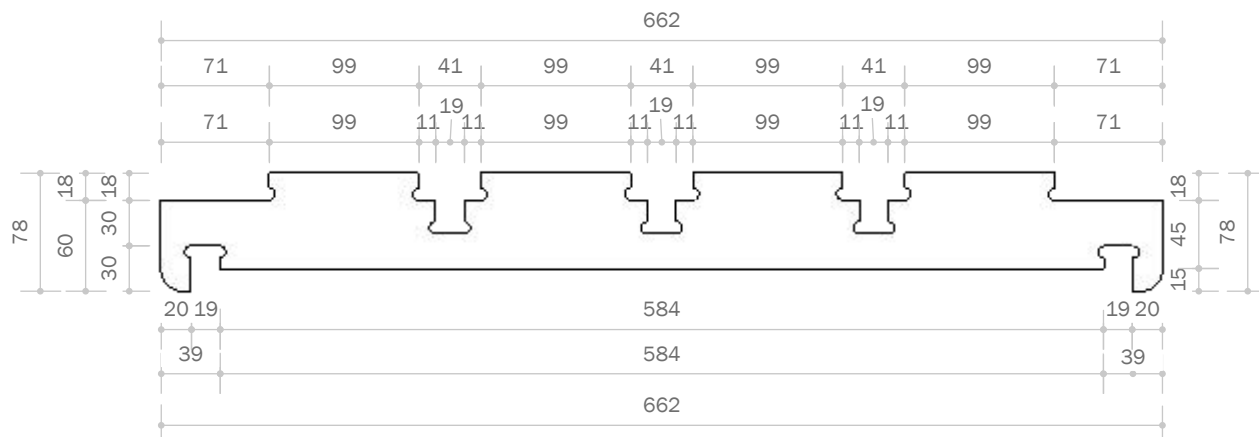


06 | PEÇA CENTRAL DO TAMPO

ANEXO 09

MODIFICAÇÕES PÓS FEEDBACK

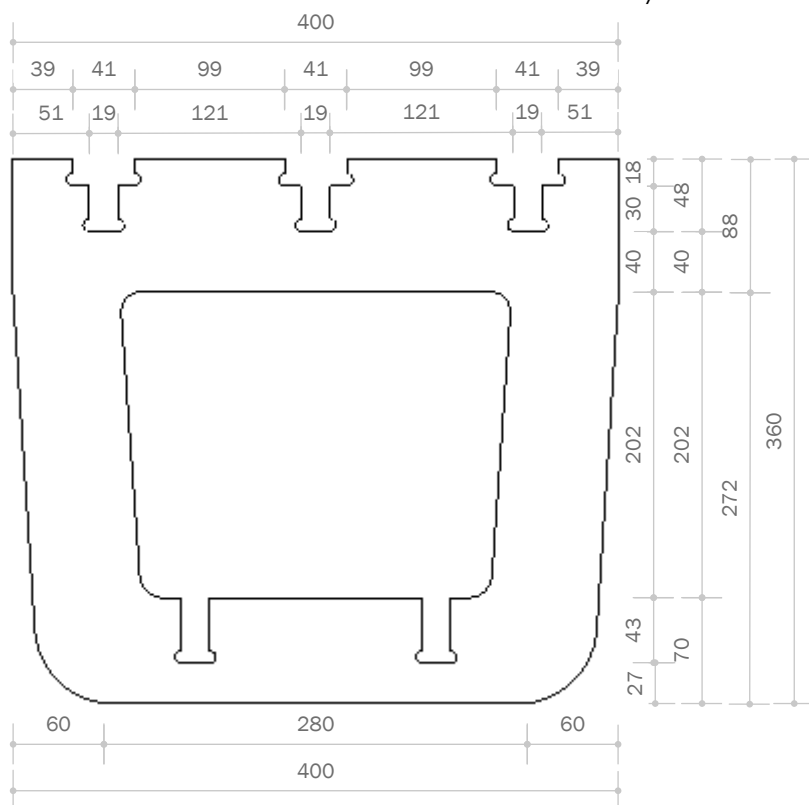
INFORMAÇÕES GERAIS | BANCO PUZZLE - 1.1



01 PEÇA ENCAIXE DO TAMPO | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5



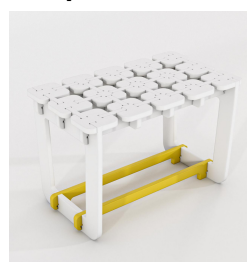
01 | ENCAIXE DO TAMPO



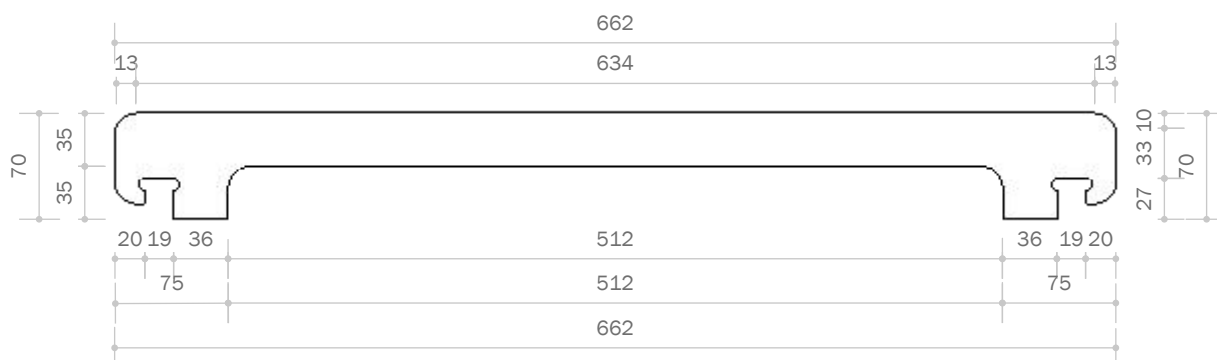
02 PÉS | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5



02 | PÉS

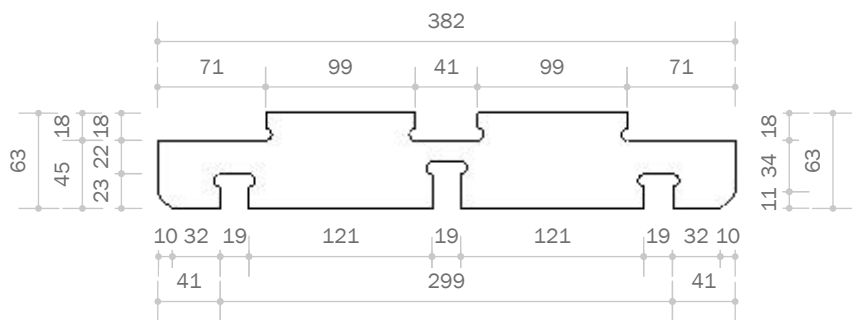


03 | ESTRUTURA DA BASE



03 ESTRUTURA DA BASE | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5

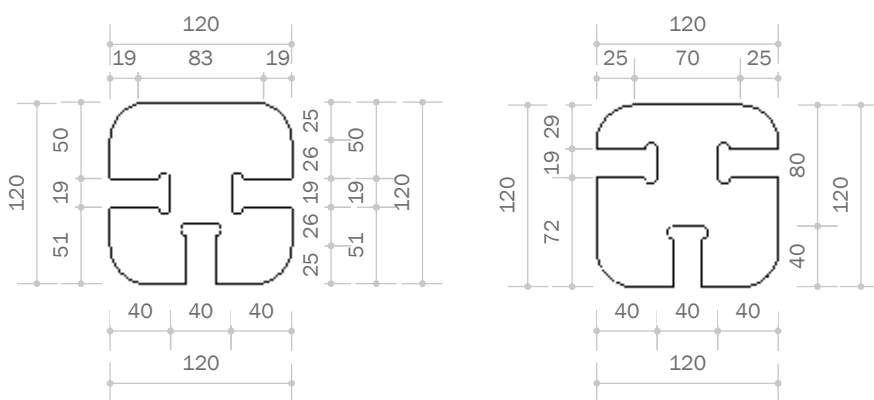
INFORMAÇÕES GERAIS | BANCO PUZZLE - 1.1



04 PEÇA ENCAIXE CENTRAL | VISTA FRONTAL
ESC.: 1/5



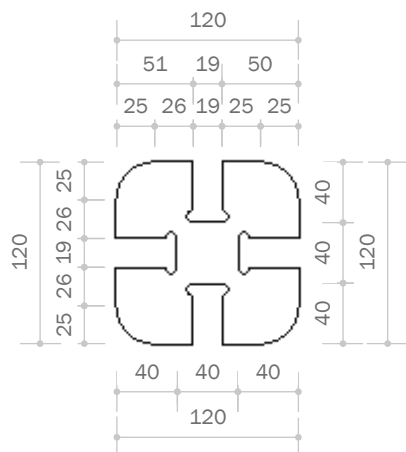
04 | ENCAIXE DO TAMPO



05 PEÇA BASE DO TAMPO | VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5



05 | PÉS



06 PEÇA CENTRAL DO TAMPO | VISTA SUPERIOR
ESC.: 1/5



06 | ESTRUTURA DA BASE