Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo

Linha de Pesquisa: Projeto do Edifício e da Cidade

Nível Mestrado

PROCESSO PROJETUAL PARAMÉTRICO VISANDO A FABRICAÇÃO DIGITAL: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO EM MOBILIÁRIO FLEXÍVEL PARA USUÁRIOS DE HABITAÇÕES COMPACTAS

DISCENTE: Wladimir Tejo

ORIENTADOR: Carlos Nome

JOÃO PESSOA – PB

Julho/2025

Wladimir Tejo de Araújo Pinto Medeiros

PROCESSO PROJETUAL PARAMÉTRICO VISANDO A FABRICAÇÃO DIGITAL: DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO EM MOBILIÁRIO FLEXÍVEL PARA USUÁRIOS DE HABITAÇÕES COMPACTAS

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

João Pessoa – PB

Julho/2025

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M488p Medeiros, Wladimir Tejo de Araújo Pinto.
Processo projetual paramétrico visando a fabricação digital : desenvolvimento e aplicação em mobiliário flexível para usuários de habitações compactas / Wladimir Tejo de Araújo Pinto Medeiros. - João Pessoa, 2025.
121 f. : il.

Orientação: Carlos Nome.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Arquitetura e urbanismo. 2. Processo projetual. 3. Fabricação digital. 4. Mobiliário flexível. 5. Design paramétrico. 6. Habitação compacta. I. Nome, Carlos. II. Título.

UFPB/BC CDU 72+711(043)

Elaborado por RUSTON SAMMEVILLE ALEXANDRE MARQUES DA SILVA - CRB-15/0386

PROCESSO PROJETUAL PARAMÉTRICO VISANDO A FABRICAÇÃO DIGITAL: DESNVOLVIMENTO E APLICAÇÃO EM MOBILIÁRIO FLEXÍVEL PARA USUÁRIOS DE HABITAÇÕES COMPACTAS

Por

Wladimir Tejo de Araújo Pinto Medeiros

Trabalho de dissertação aprovado em 18 de julho de 2025

gov.br
Documento assinado digitalmente
CARLOS ALEJANDRO NOME SILVA
Data: 28/07/2025 19:14:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Carlos Alejandro Nome Silva
(Orientador/Presidente – PPGAU/UFPB)

gov.br
Documento assinado digitalmente
LUIZ MANUEL DO EIRADO AMORIM
Data: 28/07/2025 16:23:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Luiz Manuel do Eirado Amorim
(Avaliador Interno – PPGAU/UFPB)

gov.br
Documento assinado digitalmente
RENATO FONSECA LIVRAMENTO DA SILVA
Data: 28/07/2025 18:13:24-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Renato Fonseca Livramento da Silva
(Avaliador Externo – UFPB)

João Pessoa-PB - 2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente preciso agradecer a Deus por estar sempre comigo em todos os momentos, principalmente nos que mais precisei e nos momentos de decisão, como entrar no mestrado.

Aos meus pais, por terem me aguentado todo esse tempo e terem entendido não poder dar toda a atenção que eles precisam e merecem devido a estar sempre ocupado.

À minha noiva (ela vai amar isso), Beatriz por ser um apoio, uma incentivadora e porque não dizer uma fã (já que amava tudo que eu mostrava a ela) todos esses anos.

À minha tia Iza (In Memoriam) por ter acompanhado enquanto esteve conosco meu ingresso e o começo do mestrado, sempre torcendo e ficando feliz por mim e na pessoa dela estendo o agradecimento a toda a minha família e amigos que ficaram felizes do meu ingresso no mestrado e que acredito estarem também pela finalização.

Ao meu orientador Carlos Nome, por todo o tempo dedicado, com entusiasmo e confiança em mim de que estávamos fazendo um bom trabalho, não só nas orientações, mas como em todos os momentos do mestrado.

Agradeço a todos do meu laboratório LM+P, estagiários, membros, técnico e coordenadora, por acreditarem em mim e nas minhas ideias. Em especial gostaria de citar a Professora Luciana Passos, a professora Natália Queiroz e o técnico Administrativo Jessé Junior.

Aos alunos das oficinas que se dispuseram a participar dentre tantas tarefas que o curso de arquitetura já exige e por se dedicarem a fazer o melhor e avaliar com sinceridade os resultados. Eles junto com os alunos do meu estágio docência me fizeram gostar de estar em sala de aula, abrindo um possível caminho para o ensino que eu não via antes.

Agradeço ao FabLab da Universidad de Chile por ter me aceito para a residência. Em especial a Danisa Peric, Maximiliano Baeza e Sebastián Geerling pela acolhida tão receptiva, os ensinamentos e as trocas de experiências, tornando minha estadia no Chile ainda mais incrível.

Por fim, mas não menos importante agradeço a CAPES pelo fomento da bolsa para realizar meus estudos e ao PPGAU/UFPB por proporcionar um ambiente rico de conhecimento, a todos os professores(as) das disciplinas que cursei ao longo desses dois anos e as que não cursei, mas que desejei bastante. Quem sabe numa próxima oportunidade.

RESUMO

O processo projetual possui diversas etapas que precisam ser seguidas para alcançar um bom resultado. Esse processo pode se tornar ainda mais complexo quando associamos nele a fabricação digital que possui diversas características que precisam ser vistas para que o produto fabricado fique adequado. Esse processo é feito atualmente de forma empírica, sem seguir um roteiro ou modelo específicos. Pensando nisso foi criado um processo de projeto baseado na taxonomia para fabricação digital que facilita seu entendimento e a criação de produtos que usam a fabricação digital com pilares na Experiência do Usuário ou *User Experience (UX)*, *Parametric Design Thinking (PDT)* e *Technology Readiness Levels (TRL).* É desejável que o usuário seja o centro da discussão projetual, entendendo e atendendo suas necessidades e muitas vezes isso não acontece, principalmente no caso das habitações compactas, em especial as Habitações de Interesse Social (HIS). A parametrização consegue alcançar soluções e formas mais eficientes a partir de aspectos como distâncias, proporções, dimensões, volumes, situações geográficas e materiais regionais. Também possibilita a exploração de diversas soluções para escolha e aperfeiçoamentos podendo evitar retrabalhos e gastos desnecessários além de permitir um controle maior sobre o objeto, manipulando de forma fácil. Todos esses fatores facilitam a criação de uma customização em massa com custos semelhantes a uma padronização. Somados à Fabricação Digital, que permite uma otimização de materiais, gerando menos desperdícios, bem como uma maior precisão, consegue-se uma redução de custos para a fabricação desses produtos. O método *Design Science Research (DSR)* foi usado para atingir os objetivos do estudo. Para criação do processo, foi desenvolvido simultaneamente um mobiliário flexível, uma mesa de jantar/trabalho adaptável. Inicialmente foram feitas análise diacrônica e sincrônica para compreender as oportunidades vindas de móveis flexíveis, bem como os tipos existentes. Em paralelo usou-se no nível de maturidade tecnológico ou *Technology Readiness Levels* (TRL) proposto por Mankins (1995) que mede e apoia avaliações de maturidade em diversos tipos de tecnologia. O material escolhido foi o Compensado Naval e o processo de fabricação foi a Fresadora CNC e corte a laser, atingindo o nível TRL 6. Para auxiliar nesse processo foi criado um modelo conceitual de ferramenta que possibilitou uma organização clara das etapas, o registro e análise das distintas etapas na criação ou alteração dos processos, facilitando a tomada de decisões e a realização de ajustes necessários em cada fase. Também diminui o tempo gasto, melhora a qualidade do produto, gera uma documentação clara e avaliação continua e produtos focados no usuário, bem como a sistematização e replicabilidade em diferentes contextos e projetos.

Palavras-chaves: Processo Projetual, Fabricação Digital, Mobiliário Flexível, Experiência do Usuário, Design Paramétrico, Habitação Compacta

ABSTRACT

The digital fabrication process has several characteristics that must be considered to ensure that the final product is adequate. Currently, this process is carried out empirically, without following a specific framework or model. To address this issue, a process for project was created based on a taxonomy for digital fabrication, aiming to facilitate understanding and the creation of products using digital fabrication, grounded in three pillars: User Experience (UX), Parametric Design Thinking (PDT), and Technology Readiness Levels (TRL). It is desirable that the user be at the center of the design process, with their needs understood and addressed—something that often does not happen, especially in the case of compact housing, notably Social Housing (HIS). Parametric design enables more efficient solutions and forms by considering aspects such as distances, proportions, dimensions, volumes, geographic conditions, and regional materials. It also allows the exploration of multiple design alternatives for selection and refinement, helping to avoid rework and unnecessary costs, while providing greater control over the object through easy manipulation. These factors facilitate mass customization at costs comparable to standardization. When combined with digital fabrication, which allows for material optimization, reduced waste, and greater precision, production costs can be significantly lowered. The Design Science Research (DSR) method was used to achieve the study's objectives. As part of the process development, a flexible piece of furniture—a dining/work table—was designed simultaneously. Initially, semantic and synchronic analyses were conducted to understand the opportunities offered by flexible furniture and to identify existing types. In parallel, the Technology Readiness Levels (TRL) framework proposed by Mankins (1995) was applied to assess and support evaluations of technological maturity. The selected material was marine plywood, and the manufacturing processes used were CNC milling and laser cutting, reaching TRL level 6. To assist this process a conceptual model tool was created to provided a clear organization of the stages, enabling the documentation and analysis of the different phases involved in creating or modifying processes. This facilitated decision-making and adjustments at each step, reduced time spent, improved product quality, ensured clear documentation and continuous evaluation, and supported the development of user-centered products. It also allowed for systematization and replicability in different contexts and projects.

Keywords: Design Process, Digital Fabrication, Flexible Furniture, User Experience, Parametric Design, Compact Housing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha do tempo habitação compacta. 17
Figura 2 - Cronograma das etapas metodológicas 42
Figura 3 – Diagrama de atividades do projeto centrado no Ser-humano 43
Figura 4 - Ferramenta processo de projeto (primeiro esboço). 46
Figura 5 - Segundo Esboço da ferramenta de processo de projeto. 47
Figura 6 – Terceira versão da ferramenta. 48
Figura 7 – Versão 04 da ferramenta 49
Figura 8 – Versão final da ferramenta 52
Figura 9 - Painel diacrônico de mobiliário flexível. 55
Figura 10 - Painel sincrônico de mobiliário flexível. 56
Figura 11 - Brainstorm digitalizado para facilitar visualização no documento. 58
Figura 12 - SCAMPER da Mesa para Habitação compacta e digitalização para facilitar visualização. 59
Figura 13 – Quadro com Parâmetros definidos a partir do SCAMPER. 60
Figura 14 – Protótipo de baixa fidelidade. Escala 1:10 61
Figura 15 - Protótipo de baixa fidelidade. Escala 1:10 61
Figura 16 - Modelo Digital. 62
Figura 17 - Gcode da mesa contido na dimensão da placa de compensado naval. 62
Figura 18 - Segundo protótipo em madeira balsa 2 mm, cortado a laser. 63
Figura 19 – Mesa flexível em escala 1:1 67
Figura 20 - Mesa flexível em escala 1:1. 68
Figura 21 - Parâmetros criados no Grasshopper. 69
Figura 22 - Versões tampo circular e nível criança no Grasshopper. 69
Figura 23 - Organização códigos para modelagem e para fabricação. 70
Figura 24 - Arquivo exportado do Rhinoceros para Máquina CNC. 70
Figura 25 - Plano de corte para CNC em Chapa de MDF. 71
Figura 26 - *QRCode* para mais imagens e vídeos 72
Figura 27 – Protótipos em escala 1:10 e 1:1 fabricados em 3D e CNC 73
Figura 28 – Usuários provando a cadeira em escala 1:1 74
Figura 29 – Protótipo atualizado em escala 1:1 75
Figura 30 – Fotos durante a primeira oficina 76
Figura 31 – Fotos durante a oficina 77
Figura 32 - Tela da ferramenta na plataforma online Miro. 87
Figura 33 – Capa do livreto com explicações da ferramenta 87

Figura 34 – Folha para anotações do processo na versão física 88
Figura 35 - Organização código grasshopper. 89
Figura 36 - Arquivo *Gr-code* para máquina CNC. 90
Figura 37 – Organização dos artefatos em chapa para prototipagem 90
Figura 38 – Alunos durante a oficina.....94
Figura 39 – Protótipos conjunto mesa e cadeira em escala 1:1 97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conceitos de Flexibilidade e Adaptabilidade 25
Tabela 2 - Tipos de Flexibilidade e Adaptabilidade 26
Tabela 3 - Abordagens e estratégias do design para objetos flexíveis.....28
Tabela 4 - Desenvolvimento do TRL.....38
Tabela 5 - Protótipos criados e suas análises 63
Tabela 6 – Resultados da primeira etapa do questionário.....79
Tabela 7 – Resultados da segunda etapa do questionário 79
Tabela 8 – Comparação dos grupos focais 84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DSR	Design Science Research
FabLab	Laboratório de Fabricação Digital
FD	Fabricação Digital
HIS	Habitação de Interesse Social
TRL	Technology Readiness Levels
LM+P	Laboratório de Modelos e Prototipagem
MDF	Medium Density Fiberboard
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OSB	Oriented Strand Board
PDT	Parametric Design Thinking
PPGAU	Programa de Pós-grasuação em Arquitetura e Urbanismo
PROTinHUB	Prototipagem em HUB (Colaboração)
SCAMPER	Substituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Propor, Eliminar, Reorganizar
TDFab+Arch	Taxonomia para Fabricação Digital aplicada à arquitetura
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UX	User Experience (Experiência do Usuário)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 14

1.1. Declaração do Problema e Justificativa 15

1.2. Referencial Teórico 20

1.2.1. Processo de projeto 21

1.2.1. O Usuário da Habitação Compacta 22

1.2.2. Flexibilidade 24

1.2.3. Parametric Design Thinking 29

1.2.4. Fabricação Digital 31

1.3. Objetivo Geral 33

1.4. Objetivos Específicos 33

2. MÉTODOS 35

2.1. Etapas Metodológicas 37

3. RESULTADOS 45

3.1. Processo criativo 45

3.2. Caracterização da habitação e seu usuário 53

3.3. Análise diacronica e sincrônica dos mobiliários flexíveis 54

3.4. Geração de ideias, parâmetros e protótipos 57

3.4.1. Mesa Flexível 57

3.4.2. Cadeira 72

3.5. Aplicação do Processo de Projeto 75

3.5.1. Coleta de dados 77

3.6. Replicabilidade 86

4. DISCUSSÕES 92

4.1. Construção do modelo conceitual da ferramenta 92

4.2. Oficinas 93

4.3. Artefatos 96

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 98

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

ANEXOS 106

ANEXO A – FERRAMENTA DE PROCESSO PROJETUAL 107

ANEXO B – PARÂMETROS DO OBJETO NO GRASSHOPPER 108

ANEXO C – CÓDIGO PERNAS DO OBJETO NO GRASSHOPPER 109

ANEXO D – CÓDIGO TAMPOS DO OBJETO NO GRASSHOPPER 110

ANEXO E – CÓDIGO MÃO FRANCESA DO OBJETO NO GRASSHOPPER 111

ANEXO F – CÓDIGO SEGUNDA PARTE MÃO FRANCESA DO OBJETO NO GRASSHOPPER 112

ANEXO G – CÓDIGO TRAVAMENTOS DO OBJETO NO GRASSHOPPER 113

ANEXO H – CÓDIGO PARA FABRICAÇÃO DIGITAL NO GRASSHOPPER 114

ANEXO I – QUESTIONÁRIO ENVIADO AO COMITÊ DE ÉTICA DA UFPB 115

ANEXO J – LIVRETO COM EXPLICAÇÕES DE USO DA FERRAMENTA 118

1. INTRODUÇÃO

O processo de projeto envolve uma série de características e etapas fundamentais que precisam ser seguidas e cumpridas para alcançar um resultado eficaz. Segundo Silva (2020), a complexidade desses projetos é significativa, especialmente quando incorporada uma visão sistêmica para solucionar os problemas (Silva, 2020). Os métodos de processo de projeto surgem com uma “forte representação linear, ou seja, dividindo o projeto em etapas bem definidas e sucessivas” (Silva, 2020). Outro método bastante utilizado é o cíclico, que têm a capacidade de retroalimentar tanto o projeto em questão quanto futuros desenvolvimentos. Nesse sentido, uma abordagem projetual flexível o suficiente consegue incorporar melhorias contínuas e ajustes, atendendo às exigências do contexto.

Já existem modelos que permitem ao projetista várias possibilidades de entrada e saída no projeto (Lawson, 2006), não tendo uma sequência fixa, permitindo além da retroalimentação, uma interatividade constante e um processo que pode ser modificado a qualquer momento. Para projetar adequadamente e atender esses critérios, precisamos compreender o usuário, suas características, necessidades e atividades realizadas na habitação. É igualmente crucial entender seus costumes e a cultura local.

O avanço das novas tecnologias, como a parametrização e a fabricação digital, ajudam os processos projetuais a desenvolver produtos mais rapidamente, realizando as análises necessárias para chegar mais facilmente a resultados que atendam de maneira eficiente às necessidades dos usuários. Essas tecnologias permitem testar diversas soluções de forma ágil, facilitando a realização dos ajustes necessários com maior precisão e velocidade.

Diante desse cenário, foi desenvolvido um processo projetual voltado à fabricação digital, com o objetivo de facilitar e aprimorar o desenvolvimento dos projetos, bem como os resultados finais. Esse processo está baseado em três pilares fundamentais aqui chamados de áreas de referência: Experiência do Usuário (*User Experience* - UX)**,** Pensamento de Design Paramétrico (*Parametric Design Thinking*) e os Níveis de Maturidade Tecnológica (*Technology Readiness Levels* - TRL). Cada uma dessas áreas oferece uma estrutura metodológica que orienta e suporta as diferentes fases do desenvolvimento do projeto.

Para desenvolver o processo projetual proposto e auxiliar os projetistas na aplicação desse processo, foi criado um modelo conceitual de ferramenta, bem como foi criado um mobiliário flexível e paramétrico, voltado para usuários de habitações compactas, como Habitações de Interesse Social (HIS), moradias emergenciais e residências estudantis. Tanto a ferramenta quanto os protótipos do mobiliário seguiram a sequência de maturidade

tecnológica estabelecida pelo TRL, alcançando o nível TRL 06, o que demonstra um estágio promissor de desenvolvimento.

Ao considerar os desafios enfrentados por habitações compactas, que frequentemente sofrem com problemas de habitabilidade e limitações no uso do mobiliário, o modelo conceitual da ferramenta busca otimizar o processo projetual e melhorar a eficácia no desenvolvimento de soluções mobiliárias flexíveis e funcionais que atendam às demandas desses ambientes que sofrem com a falta de soluções.

1.1. Declaração do Problema e Justificativa

Para integrar todos os elementos essenciais em um projeto, é necessário um elevado nível de atenção aos detalhes. Um projeto envolve inúmeras características e pequenos detalhes que precisam ser coordenados, desde o entendimento do usuário até o processo de fabricação, passando por todas as etapas de concepção e desenvolvimento. Ao acrescentar a fabricação digital no processo, essa complexidade se intensifica pela adição de critérios técnicos das máquinas, seus limites e materiais disponíveis. Com a complexidade dessas etapas de desenvolvimento, testes e análises, bem como a iteração, o processo projetual muitas vezes pode se tornar desafiador na ausência de um roteiro claramente estabelecido.

A abordagem comum no desenvolvimento de projetos voltados a fabricação digital tende a ser empírica, o que pode levar à ocorrência de falhas em aspectos cruciais do desenvolvimento. Segundo Felipe (2023), “a literatura científica não possui uma estrutura sistemática para o processo projetual, considerando a fabricação digital na arquitetura” (Felipe, 2023). Quando existem esses métodos, eles estão voltados para o uso exclusivo de laboratórios. A falta de um processo bem estruturado, que permita a organização das etapas e a antecipação de possíveis problemas, compromete a eficiência do projeto e a qualidade do resultado final. Apesar de Florio (2007) destacar que “o projeto é um problema mal estruturado, incerto e impreciso, desenvolvido por tentativa e erro.” (Florio, 2007), o uso ferramentas ou metodologias que orientem o projetista, diminuem a margem de erro e otimiza as fases desde concepção até a fabricação.

O desenvolvimento de um processo bem estruturado torna-se ainda mais crucial quando aplicado ao contexto da habitação contemporânea, que exige soluções cada vez mais eficientes e adaptáveis. A crescente demanda por espaços compactos e multifuncionais nas cidades impõe novos desafios ao projetista.

Os espaços que utilizamos ao longo da vida tem influência direta no nosso modo de pensar, de viver, de ser. “O referencial de qualidade de vida depende fundamentalmente das condições do local onde se vive, das condições do lar, da casa, da moradia, da habitação” (Saugo,; Martins, 2012). É importante que a habitação seja confortável, esteja de acordo com as necessidades do usuário e, acima de tudo, permita o desenvolvimento das diversas atividades desejáveis para uma moradia. (Ramírez Peña; Brandão, 2014).

Com o aumento populacional em áreas urbanas, principalmente no Brasil, onde o Censo 2022 identificou que 87,4% da população vive em cidades (IBGE, 2023), há uma crescente necessidade de abrigar mais pessoas. A escassez de terrenos bem localizados, juntamente com a alta demanda por essas áreas devido à infraestrutura e proximidade com o trabalho, eleva o valor dos terrenos (Barth; Vefago; Vasconcelos, 2017). Além disso o mercado entende a redução de dimensões como principal caminho para redução de custos da construção, principalmente para as Habitações de Interesse Social (HIS), destinadas à população de menor renda. Por essas razões, as habitações estão se tornando cada vez mais compactas.

O movimento *Tiny Houses* ganhou força no final do século XX com a ideia de “menos é mais” e no interesse geral da população em minimizar e reduzir. (Ford; Gomez-Lanier, 2017). Ainda segundo Ford; Gomez-Lanier (2017) pelo seu tamanho, as *Tiny houses* foram propostas como solução para diversos problemas, como o custo.

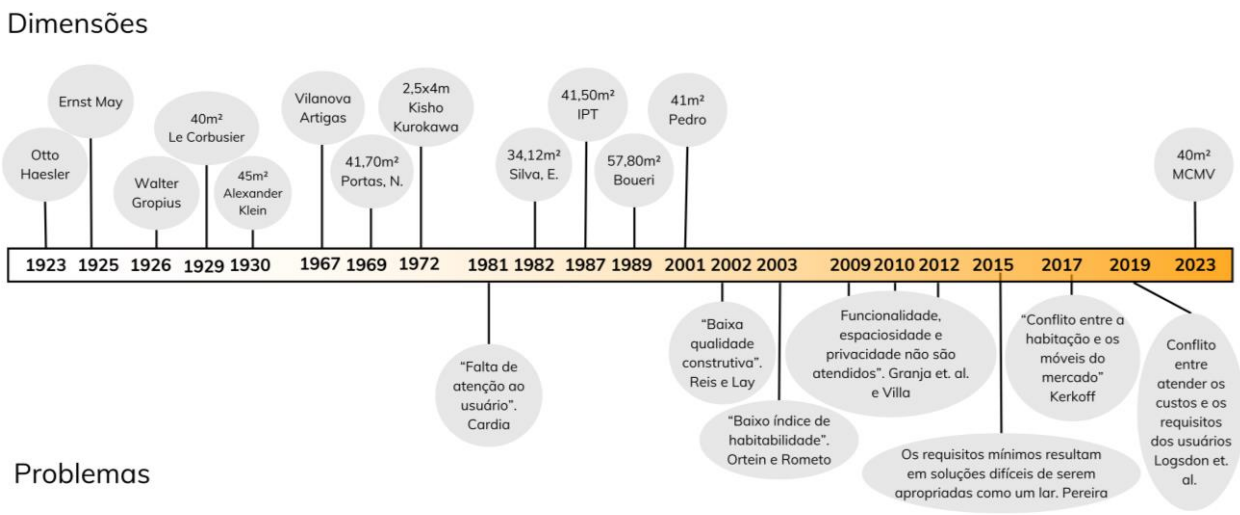
No Brasil houve uma distorção por parte dos construtores desse conceito (Pereira, 2015). As habitações tiveram suas dimensões reduzidas visando especificamente a redução de custos da construção, afetando assim os usuários dessas habitações. Salingaros (2019) aponta outro motivo para redução e padronização das habitações além do custo elevado da construção, em especial as HIS: manter o controle da população que é facilmente obtido através da geometria da habitação (Salingaros *et al.*, 2019). Essa firmação pode demonstrar que as habitações continuaram sempre tento as mesmas características e não terão atualizações de áreas ou diferença de projetos. Por isso é necessário começar a pensar uma forma diferente para trazer a seus habitantes o conforto necessário para uma vida saudável.

A NBR 15.575, que é a norma para o desempenho das habitações elencam as atividades da habitação como sendo: dormir/descansar, preparo de refeições, alimentar-se, estar/receber/conviver, lazer/recreio, estudo/trabalho, lidar com a roupa, higiene pessoal, manutenção/arrumação, permanecer no exterior, armazenar, circular e até mesmo estacionar o veículo, desenvolvidas nos ambientes: sala de estar, sala de jantar, dormitório casal, dormitório duplo, dormitório individual, cozinha, banheiro, área de serviço, varanda, quintal, circulação e estacionamento (Logsdon *et al.*, 2019b). Apesar da NBR 15.575 regulamentar esses espaços, indicando as dimensões mínimas e mobiliários necessários com dimensões

especificadas, os projetos existentes não seguem com rigor o que é indicado como apontado por vários estudos já existentes como Villa; Carvalho, 2012, Pereira, 2015; Kerkhoff, 2017 e Logsdon et al, 2019;

Esses problemas já eram indicados muito antes da existência da norma. Diversos autores como Reis; Lay, 2002; Ornstein e Romero, 2003; Kowaltowski et al, 2004; Granja et al, 2009; Villa, 2010, já constataram. Cardia (1981, apud Pereira, 2015) já identificou o problema da falta de comunicação com o usuário na hora de se recomendar as dimensões das habitações. Isso ocorre até hoje, 42 anos depois.

Figura 1 - Linha do tempo habitação compacta.



Fonte: Autoria própria

A figura 01 compreende uma linha do tempo que mostra na parte superior os autores que difundiram a ideia de habitação mínima e suas dimensões indicadas ao longo dos anos, iniciando com Otto Haesler em 1923 e finalizando em 2023 com a última edição das regras do programa governamental “Minha Casa, Minha Vida”. Na parte inferior estão os problemas encontrados por inúmeros autores ao longo dos anos, demonstrando que apesar de todos os esforços e estudos, as habitações continuam sendo construídas com as mesmas dimensões e consequentemente desenvolvendo os mesmos problemas.

Outro fator que interfere diretamente na habitabilidade são os mobiliários populares existentes nas lojas que podem também não ser adequados totalmente já que têm a

durabilidade e estética afetadas como forma de reduzir custos como indicado por Soares e Nascimento (2008, apud Kerkhoff, 2017).

> “Folz (2002) salienta que o mobiliário popular disponível no mercado não é adequado às HIS, em consequência da inter-relação entre o mobiliário popular e o modelo mínimo com que as HIS são projetadas, podendo comprometer o desempenho dos usuários em suas atividades cotidianas.” (Kerkhoff, 2017).

Além disso as dimensões inadequadas do mobiliário interferem também no uso de outros móveis, afeta abertura de armários, utilização simultânea de um espaço por mais de uma pessoa, reduz circulações (Logsdon *et al.*, 2019a), causa amontoamento de equipamentos comuns do uso diário como varais e baldes pela falta de espaços adequados de armazenamento. Quando ocorre a necessidade de se colocar um equipamento novo, o espaço se torna inviável como indica relatos de moradores (Pereira, 2015). É por isso que Kerkhoff (2017) diz que é necessário criatividade para colocação de mobiliário de forma flexível nas habitações.

Villa e Carvalho (2012) indicam alguns aspectos para conseguir a qualidade do projeto:

> "Envolver usuários, projetistas, governo e agentes financeiros; considerar a possibilidade de uso como trabalho; estudar o mobiliário com dimensões compatíveis ao espaço e as características antropométricas da população brasileira; disponibilizar as possibilidades de arranjo humanizadas, orientando sobre o melhor aproveitamento espacial." (Villa; Carvalho, 2012)

Os dois primeiros aspectos citados por eles só podem ser considerados antes da construção, nos estudos iniciais do projeto, porém os dois últimos apesar de sua análise ser mais adequada nas etapas iniciais, também podem ser estudados e realizados após a construção das unidades habitacionais, sendo esse o objeto de estudo desta pesquisa.

Diante desse contexto, Barbosa (2016) identificou estudos de novas soluções com o uso da flexibilidade para aprimorar o modo de morar frente a esses problemas. As estratégias identificadas aumentam as possibilidades de readequação e adaptação dos edifícios e minimizam as chances do edifício se tornar obsoleto ao longo do tempo.

Esse é um dos conceitos da adaptabilidade e da arquitetura da tolerância concebida por Sergison e Bates: “Conceber o espaço capaz de suportar diferentes usos em vez de impô-los” (1999, apud Pereira, 2015), ou seja, o espaço precisa ser capaz de atender a diferentes usos, de acordo com a necessidade do usuário e não impor ao seu usuário unicamente um tipo de uso pois não é capaz de atender outros. É nesse sentido que a arquitetura precisa seguir para adequar as habitações já existentes, com a adaptabilidade e flexibilidade dos

mobiliários e o uso simultâneo com mais de uma função no ambiente ou a mudança rápida de função através de uma adaptação desse mobiliário como aponta Barbosa (2016), tornando assim o ambiente mais funcional.

Essa é a proposta apontada pelos arquitetos apresentados na figura 01, Otto Haesler, Ernst May, Gropius, Le Corbusier, Artigas, Kisho Kurokawa (Gonçalves, 2013), (Shimao; Silva, 2020) ao propor habitações de dimensões reduzidas, propunham usos distintos do espaço ao longo do dia, com mobiliários rebatíveis que transformavam um quarto em uma área de estudo da noite para o dia (Folz, 2005).

A ideia do mobiliário flexível, que se modifica ao longo do dia, data de antes de Cristo. É possível encontrar registros de camas e bancos dobráveis no túmulo de Tutancâmon e ao longo de todos os séculos (Gomes, 2017).

Villa e Carvalho (2012) indicam outros fatores para adequação da moradia e dos mobiliários: melhorar os mobiliários disponíveis para esses ambientes cada vez menores com o uso de materiais alternativos e com baixo impacto ambiental; racionalidade na produção através da interface entre mobiliário e vedação; fornecendo mobiliário adequado já incluído na entrega da unidade; ampliando a capacidade de estocagem adequada e sempre que possível utilizando como divisão entre ambientes; garantindo ergonomia e conforto ao usuário; e como já citado anteriormente garantindo multifuncionalidade no uso dos móveis e flexibilidade no uso dos espaços. (Villa; Carvalho, 2012)

Para auxiliar nesse desenvolvimento ao invés de definir formas arbitrariamente é possível utilizar ferramentas computacionais como os mecanismos generativos a partir de aspectos relacionados com distancias, altura, proporções, dimensões, volumes, situações geográficas, condicionantes financeiras e etc. Esses mecanismos generativos de projetação possibilitam a exploração de diversas soluções, facilitando assim a escolha mais adequada para o problema e que ele tenha de forma clara as razões que o levaram a essa solução. A parametrização permite um maior controle sobre o objeto concebido, podendo manipular facilmente alterando todo o projeto ao modificar uma das variáveis, resultando em uma consistência e coerência automáticas (Silva Junior, 2011).

O controle dos parâmetros é fundamental também para atender aos critérios ergonômicos de um determinado objeto. Segundo Iida e Buarque (2016), os estudos ergonômicos têm início com a caracterização do trabalhador, com o objetivo de preservar sua saúde e bem-estar. Ao compreender as capacidades e limitações dos usuários, torna-se possível projetar para a maioria da população, resultando em produtos de uso mais simples e acessível (Iida; Buarque, 2016). Nesse contexto, pode-se entender o conceito de Ergonomia adotado pela ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia), traduzido a partir da definição

da International Ergonomics Association – IEA (2020): “Ergonomia é a disciplina científica preocupada com a compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema” (ABERGO, 2020).

Ainda é possível acrescentar nesse conjunto a fabricação digital que “permite a prototipagem e fabricação com baixos custos, além de fomentar transformações no sistema produtivo, com o surgimento cada vez maior de espaços coletivos de fabricação digital e de empresas que fabricam seus produtos de forma descentralizada” (Cabral, 2021). A fabricação digital, quando aliada a um processo projetual claro e eficiente, pode proporcionar soluções inovadoras, capazes de transformar ambientes compactos em espaços flexíveis e dinâmicos, oferecendo ao usuário uma experiência mais integrada e personalizada.

A ausência de um processo projetual definido pode gerar inconsistências e falhas que comprometem o desenvolvimento de soluções adequadas. No caso das habitações compactas, os desafios de projeto tornam-se ainda mais complexos, especialmente em relação à otimização do espaço, à ergonomia e à personalização do mobiliário. Esses fatores foram determinantes para a escolha desse contexto para o desenvolvimento do processo de projeto. Além disso, outro motivo relevante para essa escolha foi o crescente número de habitações compactas em construção e a persistência dos problemas de adequação enfrentados por essas moradias, conforme já mencionado. A possibilidade de abordar uma questão que ainda carece de soluções, especialmente para usuários de Habitações de Interesse Social (HIS), reforçou a escolha desse contexto e o possível impacto positivo desse processo projetual no cotidiano desses moradores.

Nesse contexto, a fabricação digital e a parametrização surgem como alternativas inovadoras, oferecendo ferramentas que possibilitam maior flexibilidade, precisão e adaptação às necessidades dos usuários. Ao integrar essas tecnologias ao processo de desenvolvimento de mobiliário, foi possível criar um modelo conceitual de ferramenta para guiar o projetista em cada etapa do projeto. Para fins de clareza e fluidez na leitura, neste trabalho será utilizada apenas a denominação “ferramenta” para se referir ao modelo conceitual de ferramenta projetual desenvolvido. Embora sua concepção seja baseada em princípios conceituais e metodológicos, o termo ‘ferramenta’ será adotado como forma simplificada ao longo do texto.

1.2. Referencial Teórico

O processo de projeto linear se tornou usual na arquitetura, principalmente após a separação entre as disciplinas de projeto e construção (Oliveira; Sakurai, 2017). O arquiteto e projetista, antes caraterizado como mestre-construtor, se afastou da parte executiva para se dedicar exclusivamente às fases iniciais. Essa separação trouxe inúmeros prejuízos aos

profissionais, como à arquitetura em si. Florio (2007) já mostra que a discussão sobre a metodologia de projeto e como os projetistas desenvolvem seus projetos acontece já na década de 1960 (Florio, 2007).

A partir do surgimento de modelos cíclicos de projeto, como o *Design Thinking* e em especial o Parametric Design Thinking (PDT), que tendem a trazer a análise de resultados, com colaboração do usuário e com as novas tecnologias, o projeto passa agora a ser mais preciso e confiável, conseguindo alcançar um resultado satisfatório. É preciso agora entender bem o usuário e trazê-lo para dentro do processo, com pensamento na materialização desde o início do processo, realizando testes para analisar os pontos positivos e negativos, possibilitados pelas novas tecnologias, como a parametrização e a fabricação digital. Isso garante ao projetista o conhecimento daquilo que está sendo concebido, facilitando a comunicação do projeto entre os projetistas (Florio, 2007) e com os usuários.

Assim foi caracterizada toda a pesquisa para a criação do processo: O usuário e seu contexto da habitação compacta; o modelo de projeto paramétrico e a fabricação digital. O somatório de cada um desses pontos, foi crucial para a elaboração do modelo da ferramenta, pensando no processo projetual flexível.

1.2.1. Processo de projeto

O processo de projeto sempre foi estudado por diversos autores que elencaram seus modelos e métodos a serem seguidos para alcançar um bom projeto. Até meados do século XX predominavam modelos lineares e sequenciais, estruturados a partir da decomposição racional dos problemas e fortemente orientados à funcionalidade e à eficiência da produção. (Van der Linden; Lacerda; Aguiar, 2012). Essa abordagem enfatizava o controle sobre as etapas do processo – como análise, síntese e detalhamento – e separava o momento de concepção do ato de fabricar, com apoio em representações gráficas e protótipos físicos.

Com a crescente complexidade dos produtos e dos contextos sociais, os métodos de projeto começaram a incorporar uma visão mais ampla e dinâmica. Nos anos 1960 e 1970, surgiram abordagens sistêmicas e iterativas, nas quais o processo passou a ser compreendido como cíclico e interativo, considerando diversos aspectos como sociais, ambientais e tecnológicos (Van der Linden; Lacerda; Aguiar, 2012).

Van der Linden; Lacerda e Aguiar (2012) ainda explicam que com o passar do tempo e avanço das tecnologias, das demandas socioambientais e das práticas centradas no usuário, emergem métodos ainda mais flexíveis, como o design thinking e os processos participativos. Essas abordagens contemporâneas reconhecem a imprevisibilidade inerente ao ato de projetar, valorizam a experimentação, a cocriação e a adaptação contínua. Em vez de uma sequência rígida, propõem um fluxo aberto, no qual o erro e a iteração se tornam partes fundamentais do aprendizado e da inovação. (Van der Linden; Lacerda; Aguiar, 2012)

O pensamento paramétrico, ou *Parametric Design Thinking* (PDT) já exposto anteriormente propõe esse formato dinâmico, que realiza uma retroalimentação e uma análise do que está sendo feito em tempo real. Esse método facilita a integração das diversas etapas do projeto, como também diversas áreas de projeto, atuando desde a concepção até a fabricação final.

Dentro da lógica da fabricação digital e parametrização, principalmente dentro dos FabLabs “O lema: nós projetamos, vocês as constroem é cada vez mais questionável e impraticável” (Oliveira; Sakurai, 2017). Esse contexto é impulsionado a partir dos anos 2000, com a difusão das tecnologias digitais (Van der Linden; Lacerda; Aguiar, 2012).

Cada vez mais os processos projetuais precisam integrar diferentes áreas do conhecimento, potencializadas pelas novas tecnologias. Um modelo abrangente que consiga combinar essas tecnologias com foco no usuário, promovendo a iteração e avaliação contínuas ao longo de todo o processo se torna mais necessário atualmente. Atendendo a essas características, permitindo ao projetista identificar claramente cada fase ou etapa, esse processo desenvolvido teria o potencial de tornar o processo mais eficiente e, consequentemente, melhorar a qualidade dos resultados.

Para isso ele foi baseado nos pilares do Usuário (UX), Parametric Design Thinking (PDT) visando a Fabricação Digital. Para entender melhor cada um dos temas, bem como o contextualizar a ferramenta, vamos definir a seguir cada um desses temas.

1.2.1. O Usuário da Habitação Compacta

O significado do termo “Compacto” no dicionário Michaellis é “De tamanho pequeno, reduzido”. A construção civil segue esse significado indicando uma casa com áreas reduzidas. (Barth; Vefago; Vasconcelos, 2017). Já a arquitetura considera o termo compacto, segundo Barth Vefago; Vasconcelos (2017), como sendo “Usado para designar configurações cujo os elementos constituintes ou partes estão muito próximos”. (Barth; Vefago; Vasconcelos, 2017).

Nesta pesquisa, utilizaremos o termo compacto de acordo com o dicionário. Classifica-se então como habitação compacta as habitações de interesse Social (HIS), habitações temporárias ou de emergência, residências universitárias e os *studios* como são chamados atualmente os espaços em localizações privilegiadas das grandes cidades.

Essas habitações surgem no contexto da Revolução Industrial e ganham contornos mais específicos a partir da Primeira Guerra Mundial, quando houve um significativo aumento da população combinado a uma estagnação na construção de novas moradias. Como consequência, houve um agravamento da precarização das condições de moradia, com grande parte da população vivendo em habitações inadequadas ou improvisadas (Gonçalves, 2013).

Segundo Gonçalves (2013), foi nesse mesmo período que se intensificaram os estudos voltados para a resolução da crise habitacional, transformando o estudo da habitação em uma questão de interesse social. Diante da escassez de recursos econômicos e materiais, surgem estratégias que visam a otimização dos processos construtivos. A redução das dimensões dos espaços habitáveis, a racionalização da construção e a busca por métodos mais econômicos e eficientes passaram a ser adotadas como soluções viáveis para enfrentar o déficit habitacional. Essas iniciativas respondiam à necessidade imediata de moradia e também estabeleciam as bases para um novo paradigma no planejamento e na arquitetura habitacional, no qual a funcionalidade, a economia e a adaptação às condições sociais passaram a ter papel central. (Gonçalves, 2013)

Atualmente, as habitações compactas continuam sendo uma alternativa recorrente, especialmente para a população de menor renda. Seja pela limitação dos espaços urbanos, pelo alto custo da terra ou pela busca por maior economia, a compactação dos ambientes habitáveis mantém-se como uma estratégia relevante. Além disso, esse modelo de habitação reflete uma adaptação às transformações contemporâneas no modo de viver, onde a multifuncionalidade dos espaços, o design inteligente e a flexibilidade do mobiliário se tornam aspectos fundamentais para garantir conforto e qualidade de vida em áreas reduzidas.

Porém, com a diminuição dos espaços surgem muitos problemas como a compartimentação; aberturas mínimas e localização de portas e janelas que prejudica a ocupação e *lay-out* adequado; uso/disposição ou incapacidade para conter o mobiliário; pouco espaço para armazenagem; ausência de local adequado para a realização de refeições, trabalho ou estudo entre outros que inviabilizam a funcionalidade total da habitação e inserção do mobiliário convencional (Villa; Carvalho, 2012), móveis que muitas vezes podem ser provenientes de doações como aponta Kerkhoff (2017). Os problemas na funcionalidade tendem a “induzir funções sobrepostas o que podem agravar conflitos de uso” (Barth; Vefago; Vasconcelos, 2017).

Isso acaba comprometendo também a acessibilidade e o conforto, ainda mais com mudanças na forma de morar ao longo do tempo, os novos papeis desempenhados pela mulher e a realização do trabalho remunerado em casa (Barbosa, 2016), mudanças que foram amplificadas com a pandemia do COVID-19.

É por isso que Kerkhoff fala que é preciso criatividade para colocar o mobiliário nessas habitações (Kerkhoff, 2017). Também Barth et al. indica que “espaços compactos exigem otimização e compatibilização de usos, no sentido de harmonizar os espaços necessários para a operação e manipulação de equipamentos e móveis.” (Barth; Vefago; Vasconcelos, 2017).

O projetista não tem o papel de prever como os moradores utilizarão um projeto padrão (Pereira, 2015), mas é preciso uma abordagem diferente e condizente com a realidade das famílias que moram nas mais de 4,3 milhões de habitações que já foram entregues pelos governos e mais de 222 mil estavam em construção até 2019 (Antunes, 2019), falando apenas das HIS, sem contar os demais tipos de habitações compactas.

Barbosa (2016) identificou novas soluções que utilizam a flexibilidade para aprimorar o modo de morar frente a esses desafios. Essas estratégias aumentam as possibilidades de readequação e adaptação dos edifícios, minimizando as chances de obsolescência ao longo do tempo.

Assim, a flexibilidade surge como uma abordagem essencial para enfrentar os desafios das habitações compactas, permitindo a otimização do espaço e garantindo uma melhor qualidade de vida aos moradores.

1.2.2. Flexibilidade

Os mobiliários flexíveis surgem de a necessidade dos povos nômades mudarem de local, por isso são encontradas camas e bancos dobráveis que datam da época do Egito Antigo, como por exemplo os encontrados na tumba de Tutancâmon. (Gomes, 2017)

Gomes também indica que os móveis flexíveis já eram usados na idade média, com múltiplas funções para atender as diversas atividades. Arcas serviam de assento, mesas e até mesmo camas, além da função original de arrumação. Também era possível encontrar extensões para cadeiras para servir de apoio para ler e escrever. (Gomes, 2017)

As soluções de flexibilidade podem ser identificadas também na arquitetura japonesa tradicional, não só nas divisões dos ambientes, com suas divisórias móveis, mas também no uso do mobiliário totalmente móvel, com dimensões mínimas que transformam o ambiente ao longo do dia de acordo com a necessidade de mudança atendendo a diversas atividades como trabalhar, comer, dormir, sentar. (Barbosa, 2016)

Esses conceitos também podem ser identificados com os Shakers, grupo religioso que migrou para os Estados Unidos no século XVIII, que aplicava na arquitetura seus conceitos religiosos de simplicidade, funcionalidade, evitando o luxo e detalhes ornamentais. Sua habitações eram compactas de forma a facilitar a vida em comunidade (Potz, 2019). O modernismo, que sofre influência dos Shakers (Pinheiro; Eguchi, 2013), também começou a implantar esses conceitos, especialmente com Le Corbusier introduzindo a "máquina de morar" em 1929, um layout que mudava ao longo do dia para criar mais espaço (Folz, 2005).

Com a revolução industrial que os móveis flexíveis começam se expandir e a alcançar a maior parte da população (Lemos, 2006). Nesse período começam a surgir diversos tipos de mobiliário inovadores, seja pela maior facilidade de fabricação ou pela necessidade, como

por exemplo para vagões de trem (Gomes, 2017), indicando tamanha versatilidade de usos possíveis para móveis flexíveis.

Vários autores apresentam diferentes conceitos sobre flexibilidade e adaptabilidade em espaços habitacionais. Para facilitar a compreensão e comparação dessas ideias, apresentamos abaixo uma tabela adaptada de Barbosa (2016), que sintetiza as principais perspectivas sobre flexibilidade e adaptabilidade mais relevantes para o mobiliário.

Quadro 1 - Conceitos de Flexibilidade e Adaptabilidade

Flexibilidade	
Autores	**Conceitos**
Andrew Rabeneck, David Sheppard, Peter Town	A habitação flexível deve ser capaz de oferecer "escolha" e "personalização". (p. 698).
Steven Groák	A flexibilidade chama a atenção para a "capacidade de responder a várias disposições físicas possíveis" (p.15-17).
Gerard Maccreanor	A flexibilidade é "uma ideia desenhada que leva ao colapso do esquema de distribuição convencional" (p. 40). "A flexibilidade não implica a necessidade de mudanças intermináveis nem a ruptura com a fórmula convencional" (p. 40).
Adaptabilidade	
Andrew Rabeneck, David Sheppard, Peter Town	A adaptabilidade na habitação refere-se a unidades habitacionais que podem ser "facilmente alteradas consoantes às circunstâncias" (p.699)
Steven Groák	A adaptabilidade chama à atenção para a "capacidade de responder a diferentes usos sociais" (p.15-17)
Gerard Maccreanor	A adaptabilidade é "uma forma diferente de encarar a flexibilidade", que diz respeito à transfuncionalidade e multifuncionalidade (p.40).
Tatjana Schneider, Jeremy Till	A adaptabilidade em habitação é "conseguida através do desenho de divisões ou unidades que podem ser utilizadas de diferentes formas" (p.5).

Fonte: Adaptado de Barbosa (2016)

A partir desses conceitos, Barbosa (2016) organizou e apresentou os tipos de flexibilidade e adaptabilidade existentes. Todos eles devem ser aplicados ainda na fase projetual da edificação, mas é possível identificar diversos tipos que podem ser aplicados em edificações já construídas ou no layout/mobiliário ou em partes de edificações já construídas sem a necessidade de reformas. A tabela a seguir mostra os tipos de flexibilidade, sua descrição, ambos tirados de Barbosa, além de uma identificação da etapa de uso desse tipo e quais as oportunidades podem ser alcançadas, pontos importantes e elaborados para esta pesquisa.

Quadro 2 - Tipos de Flexibilidade e Adaptabilidade

Tipo de flexibilidade	**Descrição**	**Etapa que pode usar**	**Oportunidades**
Espaços neutros; possibilidades de transposição de espaços	Projetos que apresentam flexibilidade devido à sua forma neutra. Possibilitam vários rearranjos na sua distribuição, assim, a transposição de atividades é facilitada.	Projeto	Não se aplica
Flexibilidade inicial. Várias alternativas de plantas para escolha.	Neste grupo estão os projetos que apresentam "flexibilidade de planta" para o cliente final, o usuário.”	Projeto/ Construção	Não se aplica
Diversas possibilidades de distribuições espaciais das atividades (layouts)	Ocorre em edifícios onde a flexibilidade aparece como premissa de projeto e ao usuário são deixadas claras alternativas de distribuição de atividades, sem que para isso tenha que gastar dinheiro ou muitos esforços físicos com reformas. Simplesmente se transforma em uma questão de mudar a distribuição do mobiliário, por exemplo	Projeto/ Construção/ Pós-construído	Gerar opções através das dimensões da habitação e do mobiliário para escolha do usuário

Mudanças ao longo do dia/noite	Propicia alterações nos espaços dentro da unidade com a chegada do dia ou da noite. Possibilita por exemplo, que uma área destinada a dormir, durante o período da noite, possa ser bem aproveitada durante o dia, como local para estudo ou diversão das crianças	Projeto/ Construção/ Pós-construído	Mobiliário multifuncional
Projetos inacabados	Constituem as unidades residenciais entregues ao usuário (morador) de forma inacabada, isto é, ao usuário é entregue apenas a estrutura e cabe a ele colocar os componentes industrializados como bem desejar. Em outras palavras, a residência é "feita" pelo próprio morador	Projeto/ Construção	Não se aplica
Projetos expansíveis	São métodos de projetos que garantem ao usuário aumentar em área as unidades residenciais depois de entregues. Ex.: uma casa possui um terraço, futuramente este terraço pode ser utilizado pelo morador para aumento da área de sua residência	Projeto	Não se aplica
Possibilidade de subdividir/integrar espaços	A possibilidade de subdividir e/ou integrar espaços é a característica possibilitada pelo uso de elementos facilitadores como, portas e painéis de correr, pivotantes, dobráveis, ou ainda, através de mobiliário projetado	Projeto/ Construção/ Pós-construído	Em casos de cozinhas americanas propor armários duas faces ou estantes vazadas

	como estantes vazadas, armários com duas faces, etc. Apesar de muitas vezes ser um paliativo na impossibilidade de alterações profundas, esta estratégia serve de maneira positiva e eficiente junto ao usuário, facilitando sua interação com ambiente doméstico.		

Fonte: Adaptado de Barbosa (2016)

A partir desses tipos demonstrados no quadro 2, foi possível identificar quais deles e de quais formas poderia ser usado nos artefatos a serem projetados. Assim chegamos a união entre os tipos que propunham uma mudança de função ao longo do dia e da noite, possibilitando uma escolha ao usuário, transformando o seu espaço. No caso a mesa com multifunção atende para as refeições e pode ser transformada para atender ao trabalho.

Todos esses tipos de flexibilidade elencados por Barbosa foram feitos especificamente para a arquitetura, desde o projeto até a sua construção passando pelo layout e mobiliário. No campo específico do design de artefatos, Sergio Lemos desenvolveu uma estratégia para desenvolver objetos flexíveis e uma sistematização que foi posteriormente adaptada por Rute Gomes, com a implantação de algumas abordagens conceituais, segundo a própria autora, que classifica e organiza os tipos de flexibilidade mais recorrentes no mercado (Gomes, 2017), mostrados na tabela abaixo.

Quadro 3 - Abordagens e estratégias do design para objetos flexíveis

Abordagens Conceituais	Sistemas reconfiguráveis
	Sistemas Modulares
	Sistemas Multifuncionais
Estratégias operacionais	Articular
	Reticular
	Pivotante
	Telescópico
	Montar

	Empilhar
	Comprimir
	Dobrar
	Vincar
	Enrolar
	Fole
	Insuflar

Fonte: (Gomes, 2017)

Unindo todos esses conceitos, critérios e estratégias é possível desenvolver e garantir flexibilidade em mobiliários e em espaços. Para essa pesquisa utilizaremos o conceito de flexibilidade, fazendo uma junção dos conceitos apresentados no quadro 1, como algo que é possível de se transformar e transformar o espaço ao longo do dia trazendo personalização, com a possibilidade de escolha pelo usuário.

As ferramentas computacionais disponíveis atualmente podem contribuir nesse desenvolvimento, com os mecanismos generativos e parâmetros relacionados a proporções, dimensões, volumes, situações geográficas, condicionantes financeiras e etc. que geram diversas soluções ao invés de definir formas arbitrariamente.

Dessa forma, o uso do design paramétrico pode contribuir para integrar esses conceitos e otimizar o desenvolvimento de espaços flexíveis e adaptáveis.

1.2.3. Parametric Design Thinking

Com o avanço tecnológico e o desenvolvimento cada vez mais rápido de ferramentas computacionais em diversas áreas, na arquitetura também não poderia ser diferente com aplicações práticas que ajudam a ultrapassar limites de qualidade e complexidade nas edificações (Kolarevic; Malkawi, 2005).

Assim novos espaços se abrem à exploração na geração e produção e na exploração conceitual bem como na forma que são calculadas pelos métodos computacionais escolhidos. (Kolarevic; Malkawi, 2005)

Os mecanismos generativos de projetação possibilitam a exploração de diversas soluções, facilitando assim a escolha mais adequada para o problema e que ele tenha de forma clara as razões que o levaram a essa solução. Essas soluções são baseadas em conceitos previamente estabelecidos para o projeto como dimensões, materiais, contextos regionais entre outros fatores. A parametrização permite um maior controle sobre o objeto

concebido, podendo manipular facilmente, alterando todo o projeto ao modificar uma das variáveis, resultando em uma consistência e coerência automáticas. (Silva Junior, 2011)

Os métodos generativos não são recentes. Já em 1965, Day propõe “um método computacional usado para encontrar formas de equilíbrio submetidos a forças, ou seja, para determinar formas” (Bhooshan, 2017). Essas explorações demonstram a influência da diferenciação entre as formas geradas. (Oxman, 2017)

O uso desses mecanismos não pode ser apenas uma mudança de software, é preciso uma mudança de pensamento de projetação. É necessário pensar de acordo com esses métodos, contextos, suas ferramentas e possibilidades. Precisa alimentar todo o processo de acordo com o aprendizado obtido nas etapas anteriores, diferente do processo linear amplamente usado nos processos projetuais. Bhooshan indica que esse pensamento projetual linear surge quando as disciplinas de arquitetura e engenharia são separadas (Bhooshan, 2017). Essa separação da materialidade e dos processos de fabricação causam prejuízo ao projeto.

O *Parametric Design Thinking* (PDT) surge como um resgate à união entre o projeto e a fabricação. Une os métodos e técnicas tradicionais de ideação e desenvolvimento de projetos com as novas tecnologias paramétricas e de fabricação digital. Ele sintetiza os conceitos utilizados tradicionalmente, dando continuidade à exploração, geração e modificação, mas transformando os processos lógicos do processo, por exemplo, os traços do lápis no papel tornaram-se modos de pensar no computador (Oxman, 2017).

O PDT envolve a utilização de algoritmos e modelagem paramétrica para explorar e gerar soluções de design inovadoras e adaptativas. Com o pensamento criativo e analítico, essa abordagem permite aos projetistas criar formas complexas e dinâmicas, que respondem a parâmetros específicos e podem ser facilmente modificadas e otimizadas ao longo do processo de projeto. (Oxman, 2017)

Oxman ainda indica uma priorização das técnicas de materialização e fabricação na concepção de projetos. Isso envolve entender e explorar as propriedades e comportamento estrutural dos materiais durante o processo de design, enfatizando a síntese de ordens complexas na concepção de elementos arquitetônicos, como estruturas de edifícios, fachadas e envoltórios (Oxman, 2017).

Bhooshan (2017) enfatiza pontos fundamentais do PDT no processo projetual: a capacidade de entender o conhecimento histórico, permitir a colaboração e iteração, criando uma facilidade para processos de fabricação digital (Bhooshan, 2017). A parametrização auxilia no processo de análises constantes e ajustes com maior flexibilidade, facilitando as mudanças necessárias de uma abordagem iterativa de projeto.

A incorporação da fabricação digital pode também auxiliar nesse processo, permitindo que o projetista visualize e teste os conceitos iniciais de forma rápida e precisa. Também

viabiliza a materialização de formas complexas e personalizadas, permitindo ao projetista uma maior liberdade projetual.

1.2.4. Fabricação Digital

Com essa liberdade de projeto e seguindo o avanço em direção a novos processos de materialização podemos acrescentar nesse conjunto um método de fabricação que se utiliza dos dados digitais, a fabricação digital, (Scheeren, 2021) que “permite a prototipagem e fabricação com baixos custos, além de fomentar transformações no sistema produtivo” (Cabral, 2021).

A fabricação Digital usa métodos aditivos e restritivos ou subtrativos. Os métodos aditivos são conhecidos como prototipagem rápida e usa equipamentos de impressão 3D. Já os subtrativos usam processos CNC (Controle numérico computadorizado) como máquinas de corte a laser e fresadoras (Teixeira, 2013). Há ainda os métodos formativos, como as termo formadoras, ou de montagem, como os sistemas robóticos (Scheeren, 2021).

Já em 1944 na Inglaterra, surgem tecnologias voltadas a esses métodos, como softwares, bem como na Alemanha e nos Estados Unidos em 1946. Em 1989 com a primeira patente da tecnologia que “realiza o depósito e camadas de material termoplástico e compósitos” (Scheeren, 2021). Mesmo assim os setores de arquitetura e design não avançaram no uso dessas técnicas, comparado a outros setores, como enfatiza Scheeren (2021) “mas já existem grandes práticas a nível experimental” (Scheeren, 2021), “com o surgimento de mais espaços coletivos de fabricação digital e de empresas que fabricam seus produtos de forma descentralizada.” (Cabral, 2021)

Esses espaços coletivos e os laboratórios de pesquisa nas universidades, estão ajudando na mudança dos modos de projeto e fabricação tradicionais da construção civil para métodos digitais. Além dessas mudanças de processo e até mesmo de mentalidade e criação de novos espaços de fabricação digital, mas também contribui para um ganho de conhecimento, principalmente através de linhas de pesquisa que aumentam e transformam o modo como os novos saberes são recebidos (Scheeren, 2021).

Um dos primeiros laboratórios a utilizar uma máquina CNC foi no MIT em 1952 (Scheeren, 2021). Atualmente temos diversos exemplos que usam essas técnicas como o ICD (Institute for Computational Design and Construction) em Sttutgart, Alemanha; G-Scop (Sciences of conception, optimisation and production) em Grenoble, França; TIR Lab (Laboratorio di tecniche e tecnologie per il rilievo e la rappresentazione), Nápoles, Itália. Na América do Sul temos exemplos importantes como o +ID Lab em Buenos Aires, Argentina; FabLab Universidad de Chile em Santiago, Chile. No Brasil temos exemplos do FabLab São Paulo em São Paulo; Pronto3D em Florianópolis entre outros com bastante atuação no país. Outro exemplo prático é o Laboratório de Modelos e Prototipagem da UFPB (LM+P), que atua

desde 2012 como facilitador de pesquisas que transformam o processo e a “concepção que considera o arquiteto não apenas como projetista, mas também como aquele que produz ou manufatura os elementos construtivos” (Scheeren, 2021).

Oliveira e Sakurai indicam outros fatores do uso da fabricação digital para o design de produtos e para a arquitetura, como “noções de angulações, estabilidades estrutural, percurso de forças e até uso de materiais que, até então, não exigiam uma definição integral por parte deste profissional” (Oliveira; Sakurai, 2017). Para esse caso, o processo é otimizado com a parametrização, já explicada no tópico anterior.

Ainda pode-se citar que o uso de fabricação digital e simulação computacional aliadas conseguem desenvolver as ideias com velocidade e confiabilidade, reduzindo tempo e investimentos em testes e melhoria na qualidade do produto. (Cardoso, 2010)

Ao mesmo tempo que a FD alcança vantagens como a precisão e confiabilidade, diminuição de custos, de riscos de acidentes e maior controle, há diversos desafios em relação a acessibilidade ao tipo de maquinário e adequação aos diversos contextos, acesso a insumos e exigências de um domínio técnico desse maquinário. (Scheeren, 2021).

Para auxiliar o processo de projeto e de fabricação digital e vencer esses desafios, Barbara Felipe (2023) criou uma taxonomia denominada Taxonomia para Fabricação Digital aplicada à arquitetura (TDFab+Arch). “O objetivo da ferramenta é possibilitar que os projetistas, ao definirem a escala do modelo, iniciem o processo de projeto selecionando uma das categorias e critérios apresentados nos eixos.” (Felipe, 2023, p. 152)

A ferramenta possui categorias e critérios organizados em aspectos projetuais e materiais como: Material, Maquinário, topologia das superfícies e formas para fabricação digital; disponibilidade, geometria, estabilidade e fabricabilidade. Segundo a autora, essa ferramenta auxilia na tomada de decisão, servindo como guia para os projetistas. (Felipe, 2023)

Somados todos esses processos, é possível alcançar uma customização em massa, garantindo personalização com custos similares a uma padronização (Gasperin, 2021). A customização em massa, segundo Cabral (2021), pensa os consumidores como únicos e integra-os ao processo para entender as reais necessidades. (Cabral, 2021). A customização em massa segundo Fetterman (2017, apud Cabral, 2021) “consiste em uma estratégia para atender à crescente fragmentação do comportamento do mercado mantendo as vantagens de escala de produção”, pensando os consumidores como únicos e integrando-os ao processo para entender as reais necessidades. (Fetterman, 2017 apud Cabral, 2021).

Com a união de redução de custos e entendimento do usuário conseguimos fazer a diferença nessas tipologias compactas, principalmente nas HIS. Essa união de redução de custos e entendimento do usuário pode fazer a diferença nessas tipologias. Mas é preciso ter

cuidado pois Scheeren (2021) já demonstra que a customização pode muitas vezes ser limitada a apenas algumas classes sociais, como uma personalização visando a exclusividade.

Todos os processos somados proporcionam um ambiente favorável trazer o usuário para dentro da tomada de decisão de forma a colaborar com o resultado final. Aliar esses conceitos a experiência do usuário proposto por Donald Norman pode proporcionar uma abordagem mais eficiente, intuitiva e personalizada. É preciso pensar no usuário como parte integrante do processo desde a sua concepção, passando por todas as etapas sendo ele parte principal para atingir projetos de objetos intuitivos, fáceis de usar e que atendem suas necessidades de maneira eficaz. (Norman, 2013). Essa inclusão do usuário é facilitada por um processo projetual cíclico e que abrange essas novas tecnologias.

1.3. Objetivo Geral

Criar um processo projetual que integre Experiência do Usuário (UX), Pensamento Paramétrico (PDT) e Níveis de Maturidade Tecnológicos (TRL) para auxiliar os projetistas, em especial os arquitetos e designers, a desenvolver projetos de artefatos integrando as etapas necessárias à fabricação digital.

1.4. Objetivos Específicos

- Caracterizar o processo projetual voltado à fabricação digital, identificando suas etapas, desafios e oportunidades de aprimoramento.
- Classificar as tecnologias de fabricação digital aplicáveis ao desenvolvimento de artefatos, considerando suas potencialidades e limitações;
- Desenvolver um modelo conceitual de ferramenta projetual, com orientações claras e aplicáveis, capaz de guiar projetos na escala do artefato;
- Categorizar contextos de uso e perfis de usuários, a fim de definir o artefato adequado para desenvolvimento do processo projetual;
- Projetar um artefato (mobiliário) em paralelo à construção do processo de projeto, promovendo o refinamento mútuo do artefato e do modelo da ferramenta;
- Testar o processo e o modelo de ferramenta por meio de experiências práticas com estudantes e profissionais, observando seu uso, impacto e pontos de melhoria no processo de projeto;
- Propor estratégias de disseminação do processo em contextos acadêmicos e profissionais, visando facilitar sua adoção e replicabilidade;
- Retroalimentar do processo projetual com base nos resultados obtidos, promovendo ajustes e melhorias contínuas.

2. MÉTODOS

Esta pesquisa busca o entendimento do processo projetual aplicado às novas tecnologias de fabricação digital e parametrização para atender os usuários de habitações compactas. Por isso ela tem uma natureza de aplicação prática, que visa resolver problemas de interesse social (Da Silva; Menezes, 2005).

Para o desenvolvimento processo de projeto, a abordagem adotada foi majoritariamente qualitativa, buscando compreender o processo projetual e o contexto específico em que o artefato seria aplicado, ou seja, a influência das habitações compactas na vida de seus usuários. Além disso, foram investigados os processos paramétricos e as tecnologias de fabricação digital, aspectos centrais para o projeto do mobiliário e do modelo conceitual da ferramenta. Por outro lado, a abordagem se torna quantitativa também com a utilização e análise dos questionários aplicados nas oficinas realizadas para a análise do processo e do modelo da ferramenta.

Essa mudança de método permite mensurar de forma objetiva as percepções dos usuários e a eficácia tanto do processo projetual, modelo de ferramenta, quanto do mobiliário desenvolvido. A abordagem quantitativa também foi aplicada para interpretar os resultados obtidos diretamente dos usuários, gerando dados mensuráveis sobre a performance e aceitação dos protótipos. Assim, essa combinação de metodologias, qualitativa e quantitativa, oferece uma visão mais ampla e detalhada, enriquecendo a validação da ferramenta e do mobiliário.

O termo validação, segundo o dicionário Michaelis significa “Declaração de validade; validamento; dar validade ou tornar válido”.

No campo do design, a validação ocupa um papel fundamental na verificação da adequação e da eficácia das soluções propostas ao longo do processo projetual. Segundo Cross (2006), a validação no design está intrinsecamente ligada à avaliação da solução frente aos critérios definidos desde as etapas iniciais do projeto, especialmente no que diz respeito às necessidades dos usuários e ao contexto de uso. (Cross, 2006)

Cross ainda salienta que a validação vai além da simples checagem de conformidade com requisitos objetivos. Ela envolve uma dimensão interpretativa e contextual, em que o sucesso de uma proposta é medido pela sua relevância, funcionalidade e adequação ao problema inicialmente identificado.

No contexto da pesquisa, Creswell e Creswell (2010) afirmam que validação se refere à precisão e credibilidade dos resultados obtidos. Em pesquisas quantitativas, a validação está relacionada à confiabilidade dos instrumentos de medição e à minimização de ameaças

ao desenho da pesquisa. Já em pesquisas qualitativas, a validação está mais ligada à exatidão das descobertas, conforme percebidas pelos pesquisadores, participantes ou leitores do estudo. (Creswell; Creswell, 2010)

Na pesquisa de métodos mistos, a questão da validação é mais complexa, pois envolve tanto os aspectos quantitativos quanto qualitativos. Há debates sobre se cada tipo de dado deve ter sua própria forma de validação, se os diferentes desenhos de métodos mistos introduzem tipos específicos de validação, ou se existe uma forma abrangente para todo o estudo.

Anderson et. al. (2024) também considera que validação se relaciona ao grau em que um instrumento ou medida avalia corretamente o que se propõe a medir. (Andersson; Boateng; Abos, 2024). Ela garante que as conclusões tiradas a partir dos resultados sejam precisas e relevantes, contribuindo para a credibilidade e aplicabilidade dos achados da pesquisa. (Andersson; Boateng; Abos, 2024). Os autores ainda consideram alguns tipos de validação por exemplo, validação de construto (que os instrumentos representem conceitos teóricos) e validação interna e externa (relacionadas à confiabilidade dos resultados dentro e fora do estudo). (Andersson; Boateng; Abos, 2024)

Na validação interna o próprio pesquisador é responsável pelas intervenções ou manipulações. (Andersson; Boateng; Abos, 2024). Dessa forma garante que os resultados sejam devido às variáveis estudadas, evitando-se influência de fatores externos ou confusos. Já a validação externa consiste numa ampliação da análise para outros ambientes e populações, saindo do contexto específico em que a pesquisa foi realizada (Andersson; Boateng; Abos, 2024).

Como procedimentos metodológicos, foi utilizada a abordagem da *Design Science Research* (DSR), uma metodologia focada no desenvolvimento de conhecimento aplicado à solução ou melhoria de problemas práticos. Como Lacerda *et.al.* explica, a DSR “é responsável por criar e validar sistemas que ainda não existem” (Lacerda *et al.*, 2013). No contexto deste trabalho, a DSR foi empregada para abordar o processo de projeto, bem como a caracterização do usuário, nesse caso das habitações compactas, propondo a criação de um modelo conceitual de ferramenta que auxilia esse processo de projetação.

A DSR se mostrou essencial para estruturar o desenvolvimento da ferramenta e do mobiliário flexível, uma vez que permite uma investigação rigorosa voltada para a prática, oferecendo soluções inovadoras e adaptadas às necessidades dos usuários e do contexto de habitações compactas. Também foi possível integrar tanto os aspectos técnicos quanto as demandas ergonômicas físicas como “anatomia humana, antropome-

tria, fisiologia e biomecânica, relacionados com a atividade física" (Iida; Buarque, 2016) e espaciais, pensando na aplicação do mobiliário criado para a melhoria das habitações.

Para a análise e validação interna do processo de projeto, foi proposto um questionário a alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), durante oficinas para projetar um artefato usando o processo de projeto desenvolvido. Os alunos possuem uma idade entre 19 e 22 anos.

O curso em questão possui atualmente 361 alunos regularmente matriculados. Por ser uma oficina em que os alunos deveriam se matricular para participar e só ao final delas ser aplicado o questionário foi escolhida a amostragem propositiva. O objetivo é selecionar aqueles que podem fornecer informações ricas e detalhadas sobre a questão (ou seja, alunos que já possuíam domínio no uso de alguns programas de computador, um entendimento sobre fabricação digital e desejo de projetar artefatos), sem a necessidade de uma amostra representativa da população em geral.

Os dados obtidos foram analisados através análise formal de conteúdo, que usa métodos estruturados e sistemáticos para examinar os dados coletados, buscando padrões e relações que possam ser generalizados ou aplicados a outros contextos. Também foi realizado um grupo focal. Esse questionário foi submetido ao Comitê de ética da Universidade Federal da Paraíba, sob o CAAE: 83907024.7.0000.5188.

2.1. Etapas Metodológicas

A partir dos procedimentos elencados anteriormente, a pesquisa foi realizada em etapas de estudo, ideação, criação e análise. Essas etapas aconteceram de forma cíclica e foram repetidas sempre que necessário. Ao todo a pesquisa se estruturou em 8 etapas:

1ª etapa: Identificação do problema. Para isso foi realizada uma revisão bibliográfica, levantando os estudos existentes nos campos envolvidos na pesquisa. Com essa investigação foi possível elencar quais os problemas e os possíveis caminhos a seguir para obter resultados de acordo com os objetivos. Essa etapa aconteceu durante todo o processo de desenvolvimento da pesquisa, por se tratar de campos que tem uma evolução constante.

2ª etapa: Estudo dos métodos de processo projetual. Na sequência, foi realizada uma investigação dos métodos tradicionais e contemporâneos de processo projetual, com ênfase nas abordagens iterativas, centradas no usuário, paramétricas e digitais. Essa etapa teve como objetivo compreender os modelos utilizados atualmente e identificar pontos de convergência e divergência que pudessem orientar o desenvolvimento de um processo projetual. Essa etapa também incluiu o entendimento do usuário no contexto das habitações compactas, em especial das HIS e o mobiliário existente e critérios de flexibilidade passíveis de uso para essas habitações. Foi realizada uma análise diacrônica para entender o surgimento dos móveis flexíveis e uma análise sincrônica para entender os tipos existentes e

seus possíveis usos dentro da pesquisa para as habitações compactas. Essa etapa não incluiu a pesquisa em campo com os usuários dessas habitações na cidade de João Pessoa, utilizando assim os dados fornecidos pela bibliografia encontrada e aqui exposta.

3ª etapa: Desenvolvimento do modelo conceitual de ferramenta. Com base nos dados coletados nas etapas anteriores, iniciou-se a construção do processo de projeto e da ferramenta que ajuda nesse processo. Paralelamente, foi desenvolvido um primeiro artefato que serviu como base prática para desenvolver, testar e ajustar a ferramenta em tempo real. O desenvolvimento simultâneo do modelo de ferramenta e do artefato permitiu gerar e observar as etapas projetuais. Para a escolha do artefato a ser criado realizou-se um brainstorm e um SCAMPER para definir seus parâmetros.

4ª etapa: Amadurecimento do modelo conceitual da ferramenta e artefato. As etapas de criação e análise da ferramenta e dos artefatos foram baseadas no nível de maturidade tecnológico ou *Technology Readiness Levels* (TRL) proposto por Mankins (2004).

> "Os Níveis de Maturidade Tecnológica (TRLs) são um sistema sistemático de métrica/medição que apoia avaliações da maturidade de uma tecnologia específica e da consistência comparação de maturidade entre diferentes tipos de tecnologia." (Mankins, 2004) Tradução nossa.

Mankins (2004) propôs nove diferentes níveis de maturidade para se alcançar o produto final ideal, descritos a seguir:

- TRL 1 - Princípios básicos observados e relatados;
- TRL 2 - Conceito de tecnologia e/ou aplicação formulado;
- TRL 3 - Prova de conceito crítica analítica e experimental e/ou característica;
- TRL 4 - Validação de componente e/ou protótipo em ambiente laboratorial;
- TRL 5 - Validação de componente e/ou protótipo em ambiente relevante;
- TRL 6 - Demonstração de modelo de sistema/subsistema ou protótipo em ambiente relevante;
- TRL 7 - Demonstração de protótipo de sistema em um ambiente espacial;
- TRL 8 - Sistema real concluído e qualificado por meio de testes e demonstrações;
- TRL 9 - Sistema real comprovado por meio de operações bem-sucedidas. (Mankins, 2004)

Na tabela abaixo, estão descritos como foram atingidos cada um dos níveis. A tabela foi organizada a partir dos TRLs da ferramenta e do artefato. Também foi utilizada cores para indicar os níveis já alcançados, em verde, e em azul os níveis possíveis de serem alcançados em pesquisas futuras.

Tabela 4 - Desenvolvimento do TRL

Níveis TRL atingidos

Nível	Ferramenta	Artefato
TRL 01	• Identificação da existência empírica de uma sequência de projetação, mas sem definição determinada anteriormente.	• brainstorm; • criação dos painéis diacrônico e sincrônico; • Escolha do mobiliário a ser criado a partir do processo de projeto; • identificação de seus conceitos e parâmetros.
TRL 02	• Identificação das sequencias das etapas • primeiro esboço para agrupar e sequenciar as etapas e análise para devidas modificações e ajustes.	• Prototipagem manual da peça de acordo com os conceitos, parâmetros e dimensões definidos no TRL 01; • criação do modelo digital com esses mesmos critérios para posterior prototipagem digital.
TRL 03	• Modelo definido e Aplicação da sequência em projeto para análise; • Nesta etapa também foram realizadas diversas análises até chegar na ferramenta ideal, a partir da prototipagem do artefato.	• Prototipagem digital do modelo e análise dos pontos positivos, negativos e quais melhorias devem ser feitas, mudanças de parâmetros, dimensões e forma; • criados diversos protótipos a partir da análise e mudanças

		necessárias para chegar no artefato ideal.
TRL 04	• Desenvolvimento da ferramenta na plataforma Online Miro para aplicação de testes de aplicação em ambiente do Laboratório de Modelos + Prototipagem (LM+P) da UFPB.	• Protótipo em escala 1:1 para realização de testes em laboratório com usuários. Análise e modificações necessárias a partir dos resultados dos testes para prosseguir para o TRL 05.
TRL 05	• Aplicação em sala de aula com alunos da graduação de arquitetura.	• Protótipo em escala 1:1 modificado de acordo com o aprendido nos testes laboratoriais para ser inserido em ambiente relevante, ou seja, na habitação compacta.
TRL 06	• Desenvolvimento da versão final da ferramenta com os ajustes necessários após as avaliações dos alunos.	• Protótipo final com ajustes, materiais e acabamentos finais a partir das análises feitas com os usuários das habitações.
TRL 07	• Validação Externa da ferramenta	• Validação Externa da ferramenta
TRL 08	• Ferramenta final testada e qualificada;	• Protótipo testado e qualificado.
TRL 09	• Criação de um site com a ferramenta para ampla	• Produção em linha de fabricação; • Possibilidade de

	divulgação e uso por alunos e projetistas; • Possibilidade de pesquisas futuras.	mercado.

Fonte: Autoria Própria

Em cada nível TRL, foram desenvolvidos múltiplos protótipos, tanto da ferramenta quanto dos artefatos, até que se alcançasse a maturidade adequada conforme as análises realizadas. O uso da metodologia TRL (*Technology Readiness Level*) desempenha um papel fundamental no apoio ao processo projetual, facilitando as iterações necessárias em cada etapa. Essa abordagem permite realizar avaliações constantes, contribuindo para o refinamento das soluções e garantindo melhores resultados ao longo do desenvolvimento, como observado no caso estudado.

5ª etapa: Aplicação em oficina para validação interna. O processo e a ferramenta foram aplicados em uma oficina prática com estudantes e profissionais da área de arquitetura. Na oficina, além da apresentação da ferramenta, foi introduzido aos alunos conceitos paramétricos e os tipos de fabricação digital propostos por Lisa Iwamoto em seu *livro Digital fabrications: architectural and material techniques* (Iwamoto, 2009). Essa atividade foi considerada como o piloto de aplicação da ferramenta e para chegar no questionário final a ser aplicado. Teve como objetivo validar internamente o funcionamento da ferramenta, observando sua aplicabilidade, fluidez, clareza e eficiência ao orientar o desenvolvimento de projetos. Foram coletados feedbacks por meio de questionários e grupos focais.

6ª etapa: Criação de novo artefato. Com base nas observações e análises realizadas após a primeira oficina e primeiro artefato, foi desenvolvido um novo artefato usando a nova versão da ferramenta, atualizada pelas análises das etapas anteriores. Dessa forma foi possível novos testes, com novas análises.

7ª etapa: Aplicação em segunda oficina. A nova versão da ferramenta foi aplicada em uma segunda oficina, com o objetivo de validar internamente as alterações implementadas e analisar sua eficácia em um novo contexto. A oficina contou novamente com participantes de diferentes perfis e envolveu todas as etapas do processo projetual, desde a definição do problema até a avaliação. Os dados coletados contribuíram para confirmar os avanços da proposta e consolidar a nova versão da ferramenta. Ao final da oficina foram aplicados novamente questionários e realizado um grupo focal.

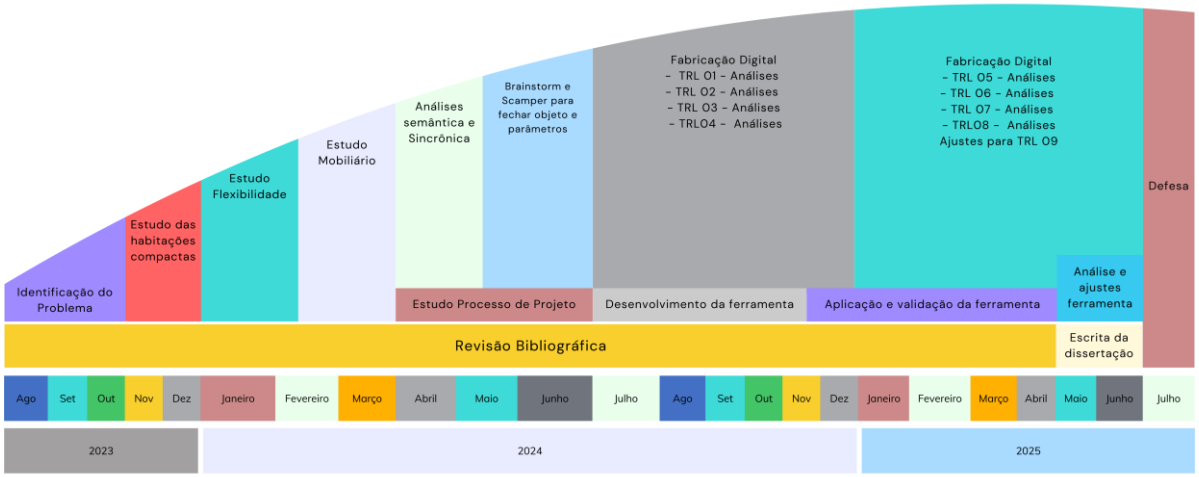
8ª etapa: Análise consolidada e refinamento da ferramenta. Após a realização das duas oficinas, desenvolvimento dos artefatos e coleta de dados por meio de questionários e grupos focais, foi realizada uma análise integrada de todo o processo. Essa etapa consistiu

na sistematização dos dados qualitativos e quantitativos obtidos, identificando padrões, dificuldades recorrentes, potencialidades e sugestões de melhoria. O cruzamento das informações permitiu confirmar os principais aspectos da ferramenta, sua aplicabilidade e propor ajustes finais, resultando em uma versão consolidada da ferramenta, pronta para ser difundida e replicada em outros contextos acadêmicos e profissionais.

A escolha por realizar dois conjuntos compostos por oficina e desenvolvimento de artefato em momentos distintos teve como objetivo ampliar a compreensão do funcionamento da ferramenta e fortalecer seu desenvolvimento. Essa estrutura permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos na primeira etapa, realizar os ajustes necessários com base nas observações e feedbacks, e testar novamente em um novo cenário. Com isso, foi possível obter uma análise mais aprofundada, observar padrões de uso e impacto da ferramenta, além de verificar sua eficácia em contextos variados, assegurando uma análise mais robusta e alinhada aos objetivos da pesquisa.

A figura abaixo oferece uma visualização detalhada de cada etapa ao longo dos meses desde o início da pesquisa. Ela apresenta de forma clara a progressão e os marcos alcançados em cada fase do processo, desde a concepção inicial até os momentos de ajustes. A visualização permite compreender o desenvolvimento contínuo e cumulativo da pesquisa, destacando as etapas-chave e como elas foram atingidas.

Figura 2 - Cronograma das etapas metodológicas

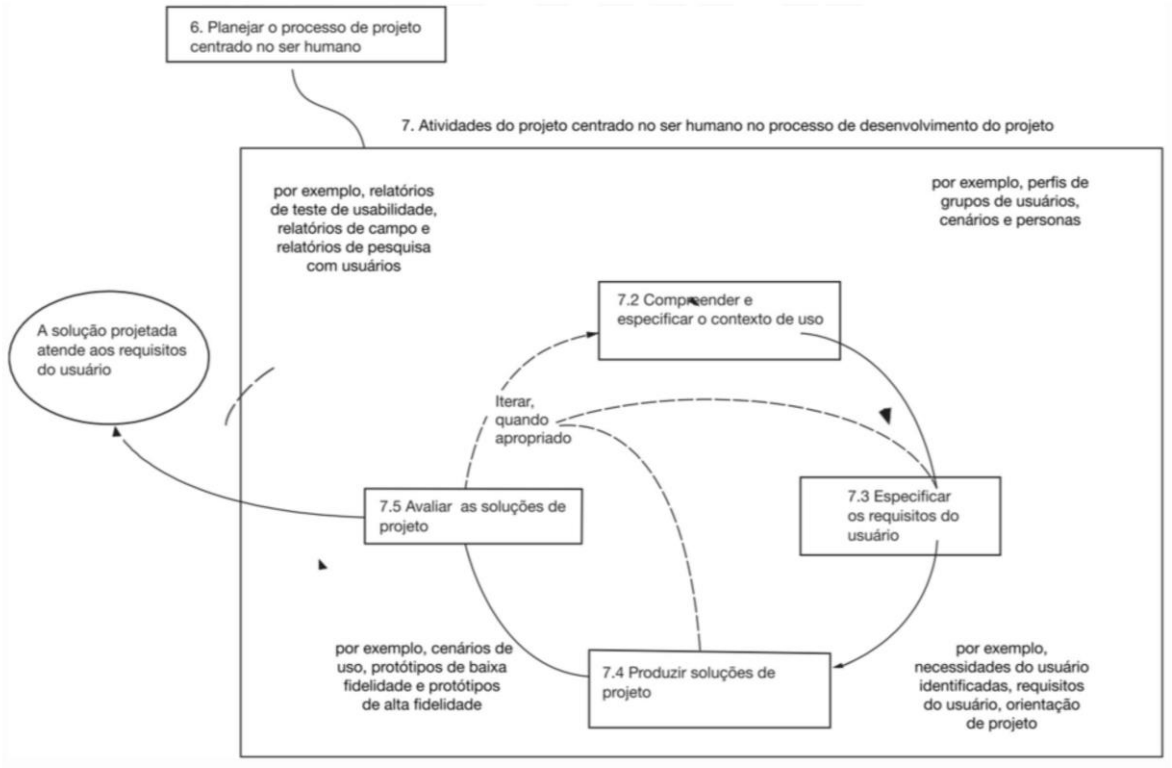


Fonte: Autoria Própria

O desenvolvimento metodológico da pesquisa não segue um caminho linear, com início e término claramente delimitados. Em vez disso, muitas das etapas ocorrem de forma simultânea ou se sobrepõem, refletindo a natureza contínua e iterativa tanto do processo projetual quanto da criação da ferramenta e da mesa.

Essa abordagem está alinhada com o modelo proposto pela norma ISO 9241-210:2024: Ergonomia da Interação Humano-sistema Parte 210: Projeto Centrado no Ser Humano para sistemas interativos, que estrutura o processo de projeto centrado no ser humano em uma sequência de atividades interdependentes: compreender e especificar o contexto de uso, especificar os requisitos do usuário, produzir soluções de projeto e avaliar as soluções de projeto. Como representado na figura 03, essas etapas não são executadas de forma sequencial e definitiva, mas sim de maneira iterativa e cíclica, permitindo revisões e aprimoramentos constantes conforme novos dados são obtidos.

Figura 3 – Diagrama de atividades do projeto centrado no Ser-humano



Fonte: ABNT, 2024

No contexto desta pesquisa, essa iteração ocorre naturalmente durante o desenvolvimento e teste da ferramenta, possibilitando revisões frequentes nas decisões projetuais e adaptações baseadas em avaliações com os usuários. Assim, a abordagem adotada promove um desenvolvimento mais eficaz e integrado, onde as soluções são continuamente avaliadas e refinadas até atenderem aos requisitos do usuário, conforme destacado no próprio ciclo do gráfico da norma.

3. RESULTADOS

No processo projetual flexível, que retroalimenta todo o processo de projetação, o uso do *Parametric Design Thinking* (PDT), somado a experiência do usuário se torna essencial. Para completar e aprimorar o TRL apresentado nos métodos, alcança os níveis ideais de maturidade do protótipo, para realizar as análises necessárias para a retroalimentação.

Uniu-se então essas três áreas de referência, UX, PDT e TRL para desenvolver uma ferramenta de auxilia o projeto de artefatos visando a fabricação digital. A criação da ferramenta aconteceu em conjunto com o desenvolvimento de artefatos (mobiliários) uma para habitações compactas.

3.1. Processo criativo

A partir dessas três áreas de referência citadas anteriormente (UX, PDT e TRL), identificou-se pontos essenciais para o desenvolvimento de um projeto. A área de UX atua na experiencia do usuário e investiga suas necessidades, desejos e como o usuário interage com o artefato. É preciso projetar a partir da perspectiva do usuário, suas experiências e anseios. Já a área de PDT consiste na parte técnica da criação, como a definição de parâmetros e desenvolvimentos de protótipos para a análise e retroalimentação do ciclo processual. Nessa área também são definidos os materiais, formas de fabricação e tecnologias envolvidas, desde a concepção das ideias.

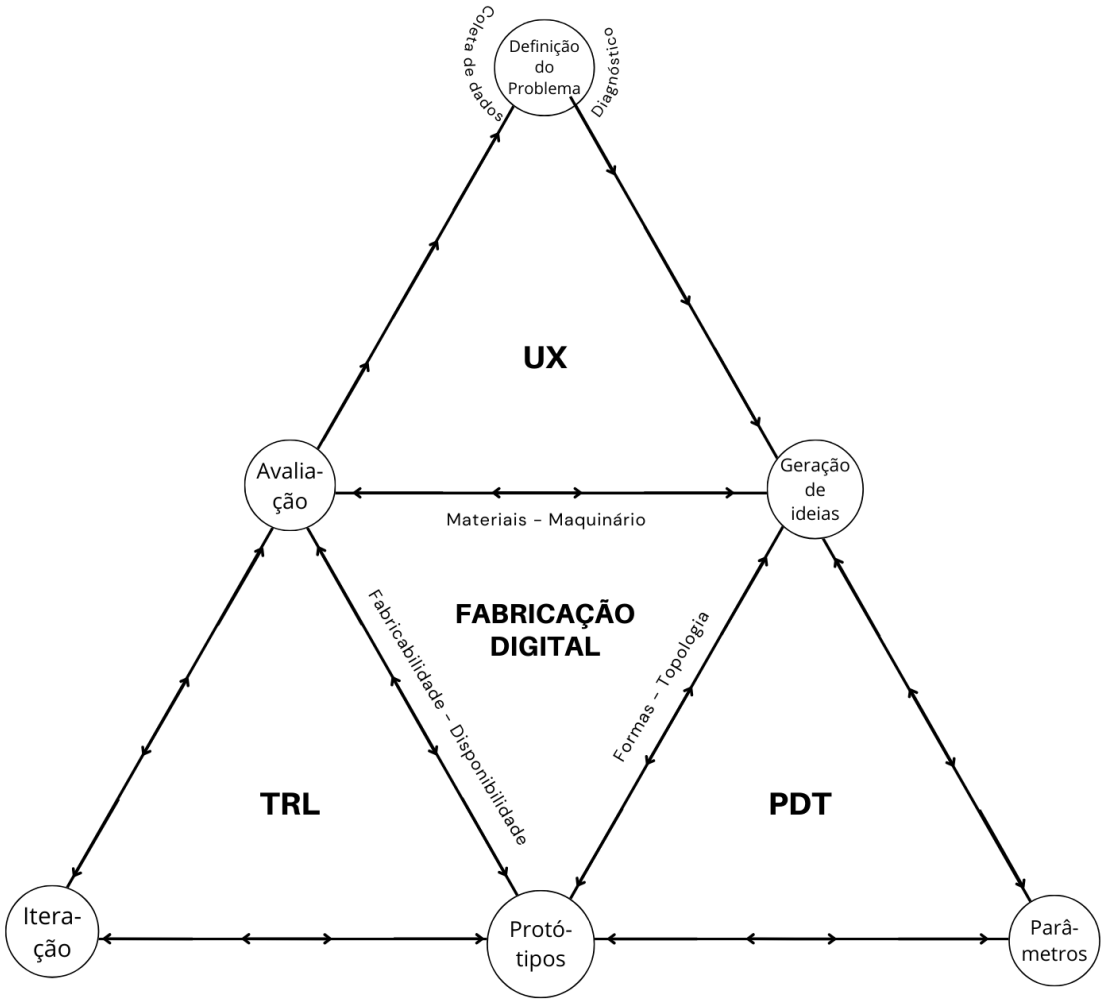
Por fim o TRL atua nessa ferramenta para mostrar a importância da iteração, ou seja, no desenvolvimento e aperfeiçoamento do produto a partir de análises ao longo do processo. Cada nível de maturidade do produto é avançado de acordo com os estudos e modificações realizados nas áreas anteriores.

Todas essas áreas interagem umas com as outras, permitindo o processo completo e a relação de uma área com outra ajudando no desenvolvimento do projeto. Por exemplo, um bom projeto pensado para o usuário (UX) precisa ser viável tecnicamente (PDT) e estar numa fase de tecnologia madura o suficiente (TRL) para ser produzido.

Dentro de cada uma das áreas existem etapas específicas. Essas etapas ou fases, estão dispostas de forma cíclica para que o projetista possa seguir durante o desenvolvimento do projeto. São elas: Definição do problema, geração de ideias, parâmetros, protótipos, iteração e avaliação. Essas fases pertencem a uma área de referência como também possuem pontos em comum que mostram a relação de uma área com a outra.

O caminho que se deve seguir foi demonstrado a partir das linhas e setas, demonstrando uma sequência, seja avançando ou voltando etapas. A primeira ferramenta desenvolvida está demonstrada na figura 4.

Figura 4 - Ferramenta processo de projeto (primeiro esboço).



Fonte: Autoria própria

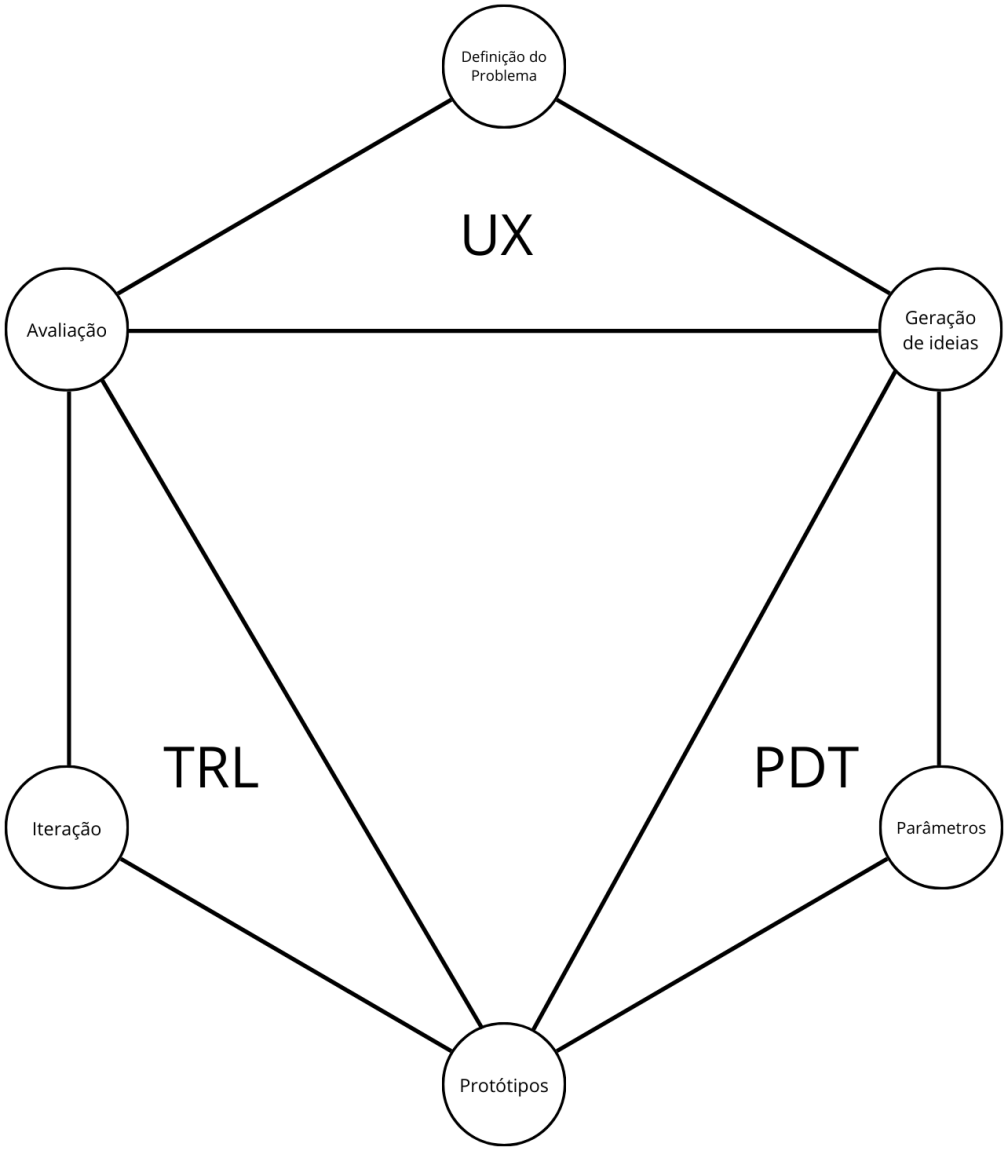
O formato de pirâmide foi proposital para mostrar que o usuário está no topo devido sua importância e também para realizar as triangulações entre cada uma das áreas. Além de possibilitar um caminho cíclico de retroalimentação inter-área, facilita o retorno a etapas anteriores caso necessário. Internamente às áreas de referência foi disposta uma quarta área de fabricação digital, demonstrando que essa ferramenta de projeto visa essa área.

A partir desse primeiro modelo de ferramenta, foi possível analisar todo o processo e a ferramenta, entendendo os pontos fortes, que devem ser mantidos, como o formato cíclico, a disposição das áreas de referência com o UX no topo, os pontos de encontro entre as áreas, mostrando a dependência de uma com a outra e a demonstração do caminho a ser seguido. Outros pontos precisaram ser repensados, como deixar o desenho mais limpo e fácil de entender, ou seja, mais fluido e agradável visivelmente. A partir daí foram desenvolvidas as melhorias.

Na figura 5, no segundo esboço da ferramenta, foi modificado o formato para ficar visualmente mais claro o formato cíclico, mas sem perder as triangulações e as divisões entre

áreas de referências presentes no primeiro esboço. Com esse novo desenho, as triangulações, relações e disposições das áreas foram mantidas, mas garantindo um formato visualmente mais fácil de entender.

Figura 5 - Segundo Esboço da ferramenta de processo de projeto.

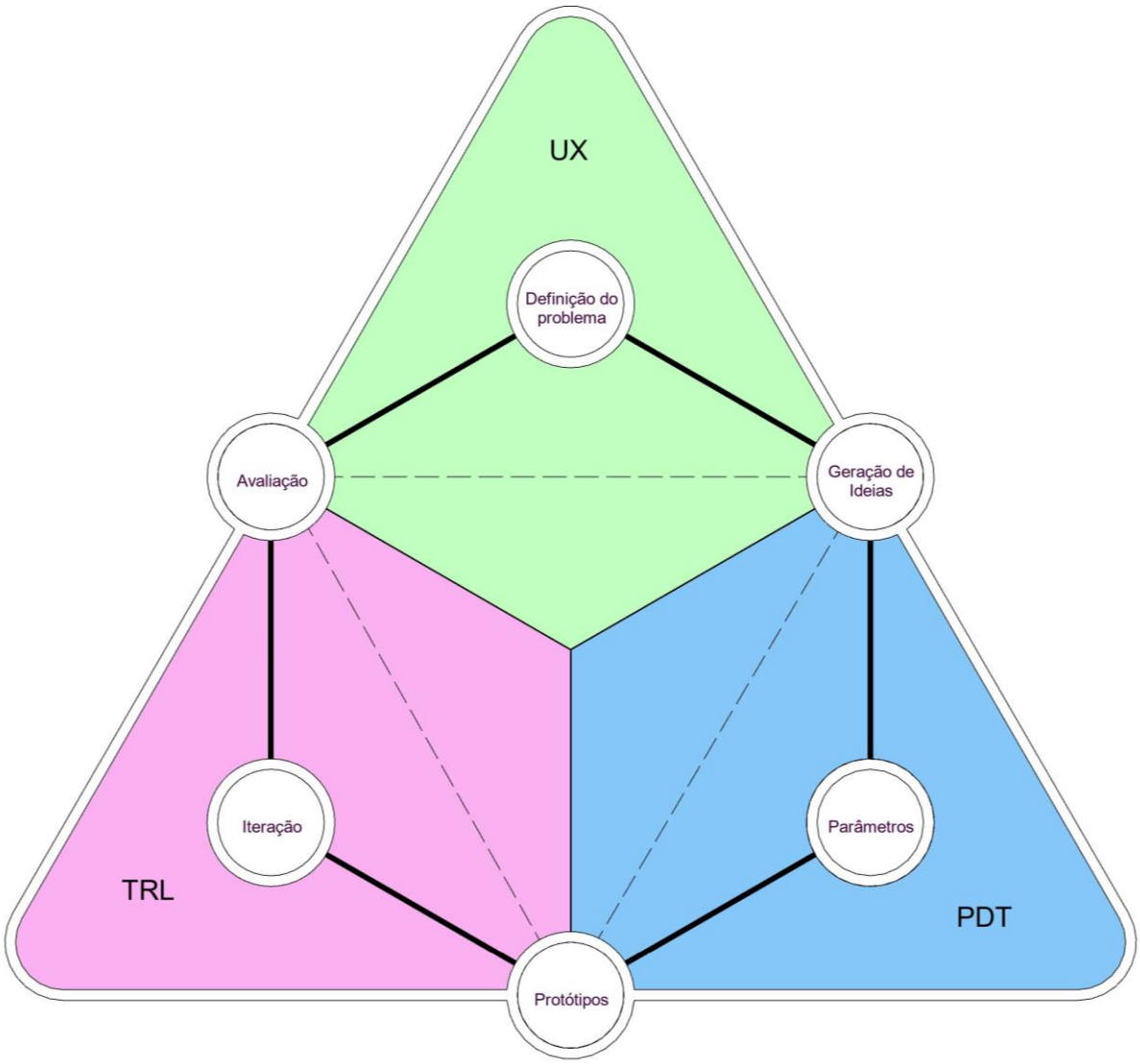


Fonte: Autoria própria

Ao mesmo tempo que garantiu essa visualização mais fluida, perdeu-se a identificação clara das áreas de referência. A partir das análises realizadas foi possível identificar e realizar melhorias para chegar na terceira versão da ferramenta que mantém o formato cíclico, as triangulações e visualmente consegue mostrar mais facilmente as áreas de referência e os caminhos a seguir entre as etapas ou fases de desenvolvimento e suas relações.

A nova versão deixa claro todos esses pontos. A figura 6 mostra essa versão da ferramenta, para serem realizados testes.

Figura 6 – Terceira versão da ferramenta.



Fonte: Autoria própria

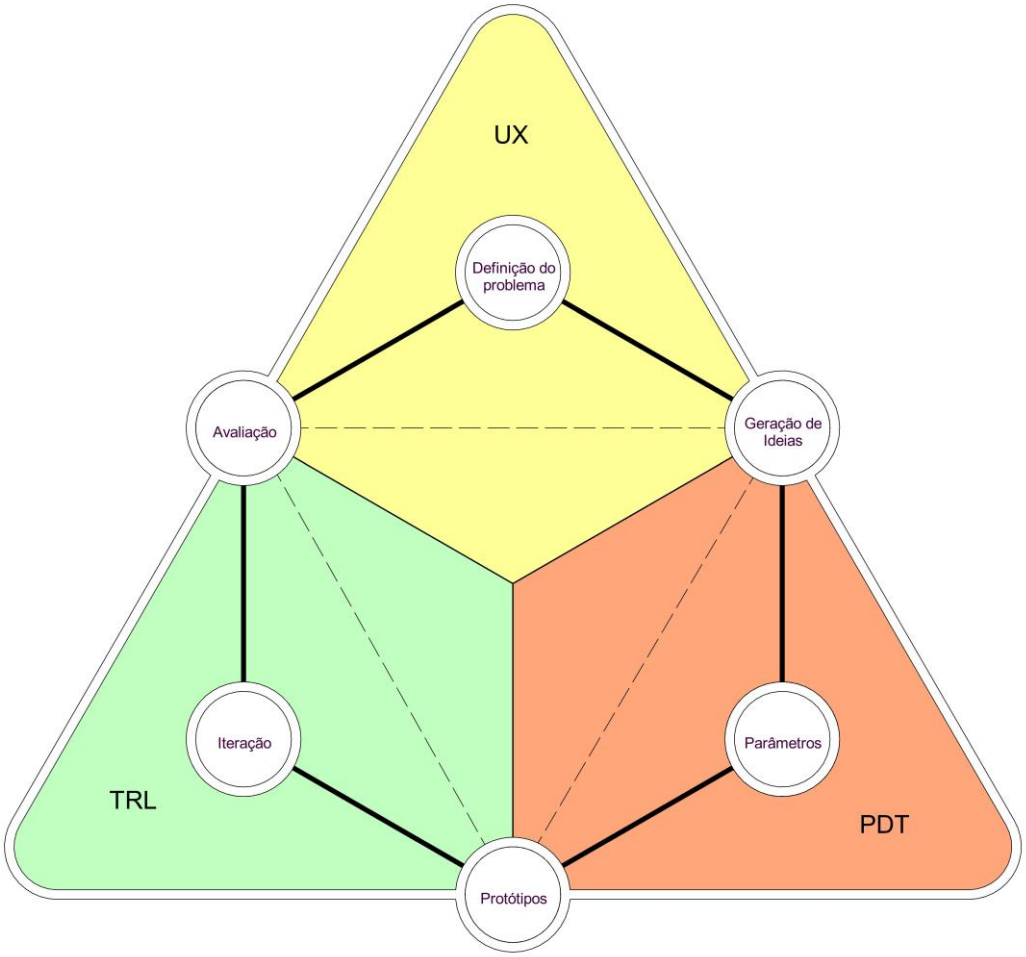
Com cores em cada área é possível identificar facilmente as suas fases bem como as que estão localizadas em pontos em comum, ficando claro que pertencem a mais de uma área. As linhas mais grossas demonstram a hierarquia do caminho cíclico a seguir entre cada fase e as linhas tracejadas conseguem mostrar que é possível pular ou voltar etapas de acordo com a necessidade.

A partir da análise dessa versão da ferramenta, compreendeu-se que é preciso gerar sensações no projetista em cada uma das etapas. Sensações de atenção, motivação e relaxamento para projetar. Para tanto escolheu-se fazer um estudo da Psicologia das Cores, que segundo Heller (2013) as cores são percebidas e associadas a sentimentos, ideias e simbolismos culturais (Heller, 2013).

Foram escolhidas as cores: amarelo, estimula o pensamento criativo e está ligado ao otimismo e confiança; laranja, estimula a motivação e novas ideias; e o verde, que acalma o

sistema nervoso e dá sensação de relaxamento e estabilidade (Heller, 2013). Dessa forma chegou a uma nova versão da ferramenta, apresentada na figura 7.

Figura 7 – Versão 04 da ferramenta



Fonte: Autoria própria

Para o desenvolvimento da ferramenta, foi criado um mobiliário para a habitação compacta. O projeto seguiu todas as etapas descritas na ferramenta, suas iterações, caminhos e análises, para que se pudesse entender e aperfeiçoar. Esse processo foi essencial para as análises realizadas da ferramenta, citadas aqui e os ajustes necessários para se chegar na sua versão final.

A seguir, apresenta-se a descrição das etapas que compõem a ferramenta:

- Definição do problema: Esta etapa inicial envolve a compreensão aprofundada e a delimitação clara do problema que o projeto busca resolver. Nela, é essencial identificar o contexto de aplicação, o perfil dos usuários e as necessidades reais que deverão ser atendidas. Além disso, considera-se os dados antropométricos, funcionalidade e acessibilidade no uso cotidiano do artefato projetado. São levantadas

também as normas técnicas relevantes e os padrões de desempenho esperados. Para isso, são recomendadas estratégias como pesquisas com usuários, revisão bibliográfica, análise de normas e aplicação de métodos exploratórios como entrevistas ou mapas de empatia.

- Geração de ideias: Com o problema bem definido, inicia-se a etapa de geração de ideias, em que são exploradas múltiplas soluções potenciais por meio de processos criativos como brainstorms, esboços e experimentações conceituais. Busca-se levantar hipóteses variadas de como o artefato pode cumprir sua função de maneira inovadora, considerando desde a forma e função até materiais e processos de fabricação como CNC ou impressão 3D. Ferramentas como o método SCAMPER e técnicas de desenho livre são úteis para estimular o pensamento divergente e expandir as possibilidades projetuais.
- Parâmetros: Após a fase de ideação, definem-se os parâmetros que orientam a modelagem do objeto. Tais parâmetros envolvem medidas específicas, tipos de materiais, custos, restrições técnicas e necessidades dos usuários. Esta etapa marca a transição entre o conceito e a estruturação paramétrica, sendo essencial para a organização racional do projeto. A definição desses parâmetros permite configurar soluções flexíveis e adaptáveis, especialmente em ambientes digitais de modelagem paramétrica como o Grasshopper, que viabilizam a manipulação de dados em tempo real e a geração de variações formais a partir de regras lógicas.
- Protótipos: Com os parâmetros definidos, o projeto é materializado em protótipos físicos por meio da fabricação digital. Esta etapa visa testar as ideias e verificar se as soluções propostas funcionam adequadamente. Os protótipos podem ser produzidos em diferentes escalas e materiais, de forma progressiva, e sua construção permite compreender aspectos funcionais, ergonômicos e técnicos. A prototipagem, além de viabilizar ajustes, torna o processo mais tangível e comunicável, servindo como ponto de partida para o refinamento contínuo do projeto.
- Iteração: A fase de iteração consiste no ciclo de refinamento do projeto, em que os resultados dos testes dos protótipos são analisados e incorporados como base para ajustes. Esta etapa pode se repetir diversas vezes, permitindo melhorias progressivas a partir de testes, feedbacks de usuários e avaliações técnicas. A iteração favorece a evolução contínua do objeto até que se atinja um nível de maturidade satisfatório, coerente com os objetivos do projeto e com os níveis de prontidão tecnológica (TRL) exigidos, caso aplicável.
- Avaliação: Por fim, a avaliação compreende a verificação dos resultados obtidos em relação aos objetivos definidos inicialmente. Essa etapa pode ocorrer de forma pontual ou contínua ao longo do processo, envolvendo a checagem dos parâmetros

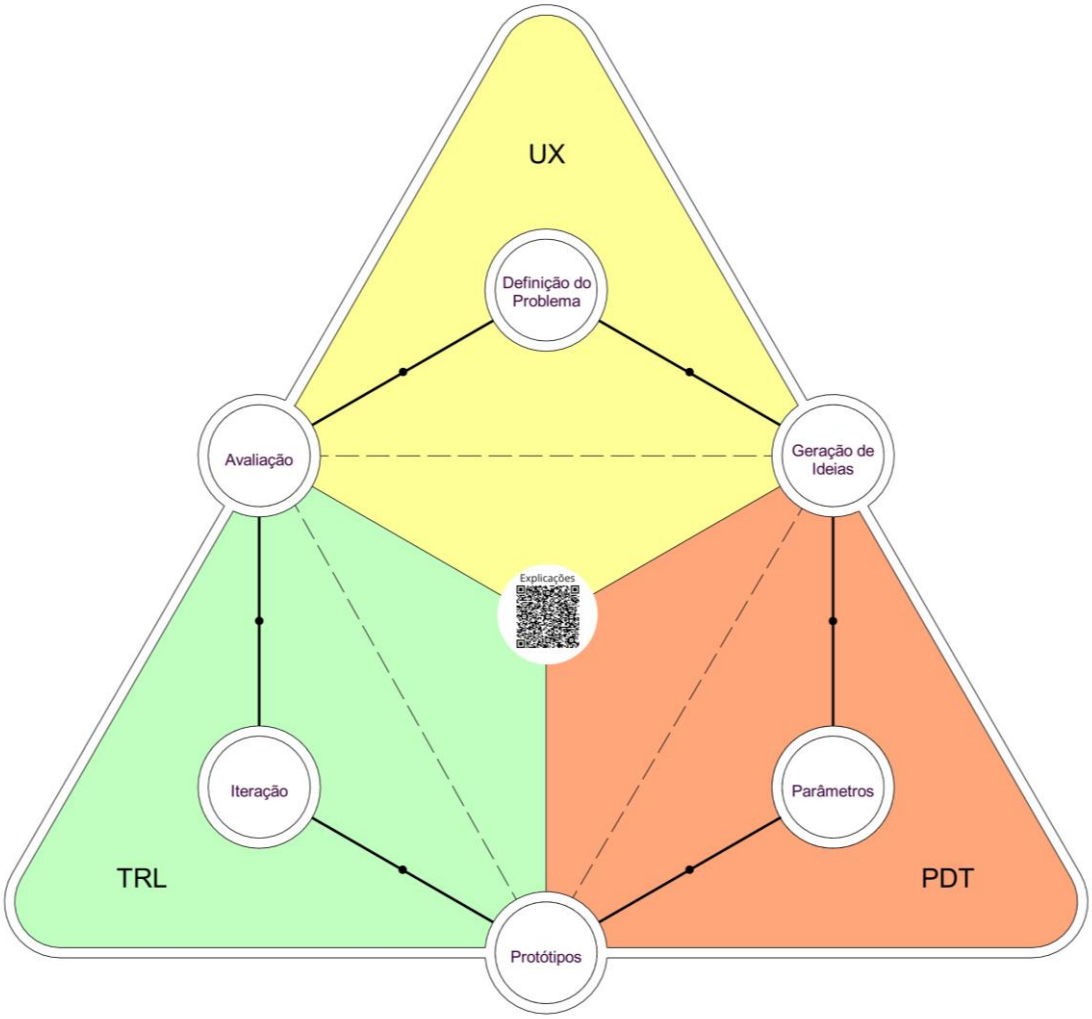
estabelecidos, a adequação ao uso e a confirmação do desempenho técnico e funcional do produto. Testes em laboratório ou no ambiente de uso, combinados com a coleta de feedbacks dos usuários, são estratégias relevantes para verificar se as necessidades foram atendidas e se os problemas inicialmente identificados foram efetivamente solucionados. A avaliação também orienta eventuais retornos às etapas anteriores, assegurando a melhoria contínua do projeto.

Todas essas etapas são fundamentais para a sequência do projeto, mas não precisam ser seguidas nessa ordem rígida. A ferramenta permite a transição entre as etapas de acordo com as necessidades do processo, possibilitando pular fases ou retornar a etapas anteriores sempre que for necessário aprofundar definições ou aprimorar os resultados obtidos.

Para aplicação de testes da ferramenta com usuários, foram realizadas oficinas com alunos e profissionais da área de Arquitetura e Urbanismo da UFPB, aprovadas pelo Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPB e pelo Comitê de ética da instituição. Todo esse desenvolvimento e resultados serão apresentados no tópico 4.5 deste trabalho.

A partir das análises dos pesquisadores durante as oficinas, foi possível identificar melhorias para facilitar o uso da ferramenta e a difusão. Dessa forma se chegou na versão final da ferramenta como mostrado na figura abaixo.

Figura 8 – Versão final da ferramenta



Fonte: Autoria própria

Na versão final da ferramenta foi acrescentado um QR Code central que leva o usuário para um site com todas as informações necessárias para seu uso adequado. Dessa forma é possível qualquer pessoa imprimir a ferramenta em um formato e usá-la sem maiores restrições.

Para fazer as anotações de todo o processo, é possível colocar a ferramenta impressa sobre uma folha de formato maior, por exemplo o A1, e dividir essa folha em sextantes. Esses sextantes podem ser traçados pelo próprio usuário a partir dos pontos posicionados de forma estratégica no centro das linhas grossas da ferramenta.

Com essa versão a ferramenta se torna mais fácil e simples, sem a necessidade de programas, sites de terceiros ou grandes recursos. É possível usá-la na versão física impressa ou em algum site de gestão de projetos como o Miro ou o Canva, de acordo com a escolha do usuário.

3.2. Caracterização da habitação e seu usuário

Como já citado anteriormente, desde 1981, teóricos já identificavam o problema da não priorização do usuário na hora de recomendar as dimensões da habitação. Apesar dessa identificação desde cedo, os projetos continuam seguindo esse mesmo conceito: os usuários que deveriam ser a prioridade na arquitetura, não são atendidos. (Pereira, 2015)

Ainda segundo Pereira (2015), as habitações e mobiliários existentes estão fora de conformidade com as normas de adequação e conforto das habitações brasileiras para os usuários. Essa não conformidade varia desde a dimensão dos ambientes, quanto às dimensões dos mobiliários utilizados.

Logsdon et al, (2019) conseguiram analisar e digitalizar os mobiliários existentes no mercado, comparando-os com os indicados pela NBR 15.575 (2013) e por diversos autores (Portas ,1969; Silva, 1982; IPT, 1987; Pedro, 2001; Pereira et al., 2002; Palermo, 2009), com posterior inserção desses na planta baixa de uma habitação existente. Esse exercício ressaltou os problemas de funcionalidade que constam no projeto. No dormitório do casal, não há espaço para circulação em uma das laterais da cama, não há espaço para berço ou móvel auxiliar — sapateira, cômoda, e o criado-mudo ocupa a área de uso do roupeiro, o que dificulta o acesso ao mesmo. No segundo dormitório, não há espaço suficiente para um móvel auxiliar, nem para a área de uso do roupeiro. Na sala/cozinha, não há espaço para poltrona ou móvel auxiliar — buffet/aparador; a geladeira está disposta sobre a área de uso da mesa de jantar, o que dificulta o uso de ambos; e também não é possível alocar uma mesinha de apoio ou um armário extra. O banheiro tem dimensões exíguas, com pouquíssimo espaço para o uso dos equipamentos; e a área de serviço, que se limita a um tanque sobre uma pequena calçada, não comporta espaço sequer para a máquina de lavar. (Logsdon *et al.*, 2019a)

Por essa falta de atenção às necessidades do usuário é possível encontrar diversos problemas nas habitações já elencados anteriormente nesse trabalho. Na pesquisa realizada por Pereira (2015), por exemplo, a cozinha aparece como o principal ambiente de insatisfação dos usuários: 43,9%, seguido do uso simultâneo de um mesmo ambiente para diversas atividades atrapalhando uns aos outros como brincar, estudar, conversar, ver tv na sala pela falta de outros ambientes adequados. (Pereira, 2015).

Esses problemas de uso e insatisfação também estão relacionados às transformações no perfil das famílias brasileiras. Dados do IBGE apontam uma redução progressiva no número médio de moradores por domicílio: em 2008, a média era de 3,62 pessoas, número que caiu para 3,07 em 2018 (IBGE, 2018). O Censo Demográfico de 2022 confirmou essa tendência, registrando uma média de 2,79 pessoas por moradia (IBGE, 2023). Essas

mudanças indicam novos arranjos familiares e impactam diretamente nas dinâmicas espaciais e nas necessidades funcionais dentro das habitações.

3.3. Análise diacronica e sincrônica dos mobiliários flexíveis

Para entender melhor o surgimento e a evolução do mobiliário flexível, foi realizada uma análise diacrônica que consiste em examinar as evoluções de um produto ao longo do tempo, compreendendo as suas mudanças. (Pazmino, 2015). A partir dessa análise foi possível identificar os padrões e escolher o mobiliário a ser executado.

Os relatos de primeiros móveis flexíveis datam do antigo Egito, inspirados nos objetos dos nômades do deserto. Já foram encontrados objetos como uma cama e um banco dobráveis na tumba de Tutancâmon (Gomes, 2017).

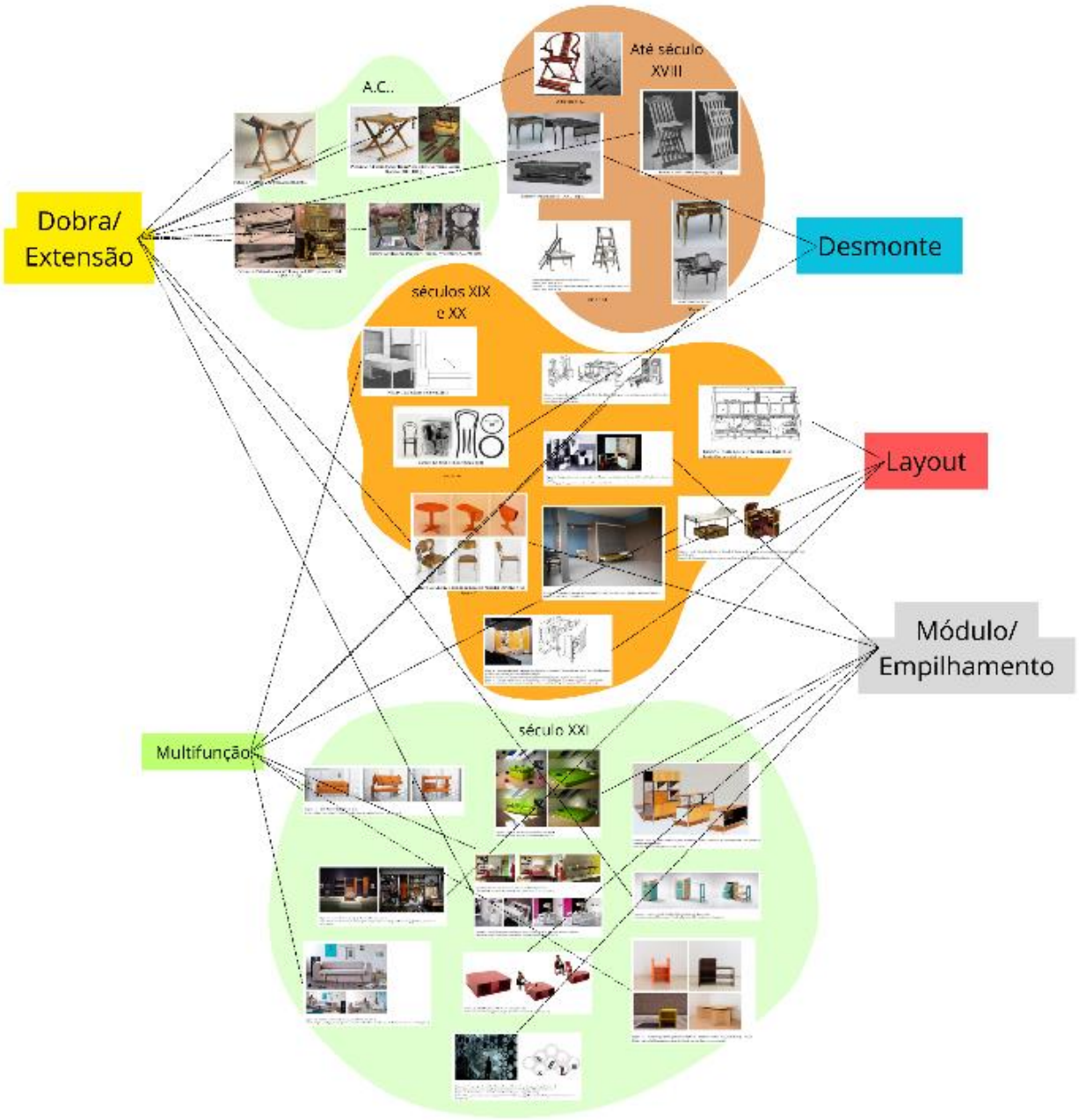
Gomes (2017) também relata encontro de objetos com caraterísticas flexíveis na Roma antiga e ao longo de todos os séculos seguintes conseguimos identificar mobiliários assim, possivelmente pelas viagens de descobrimento de novos “mundos”.

Com a revolução industrial e os novos recursos energéticos e equipamentos, foi possível ampliar a produção de mobiliários flexíveis e disseminar para a população com menos poder aquisitivo (Gomes, 2017).

Mas foi no século XX que a produção de móveis flexíveis ganha maior força, principalmente com a produção de arquitetos renomados como Le Corbusier e o casal Eames.

Para entender melhor e conhecer os tipos de mobiliários existentes em cada período da história até hoje, criamos um painel semântico com as datas e os tipos de flexibilidade propostos por Gomes e já explicados anteriormente.

Figura 9 - Painel diacrônico de mobiliário flexível.

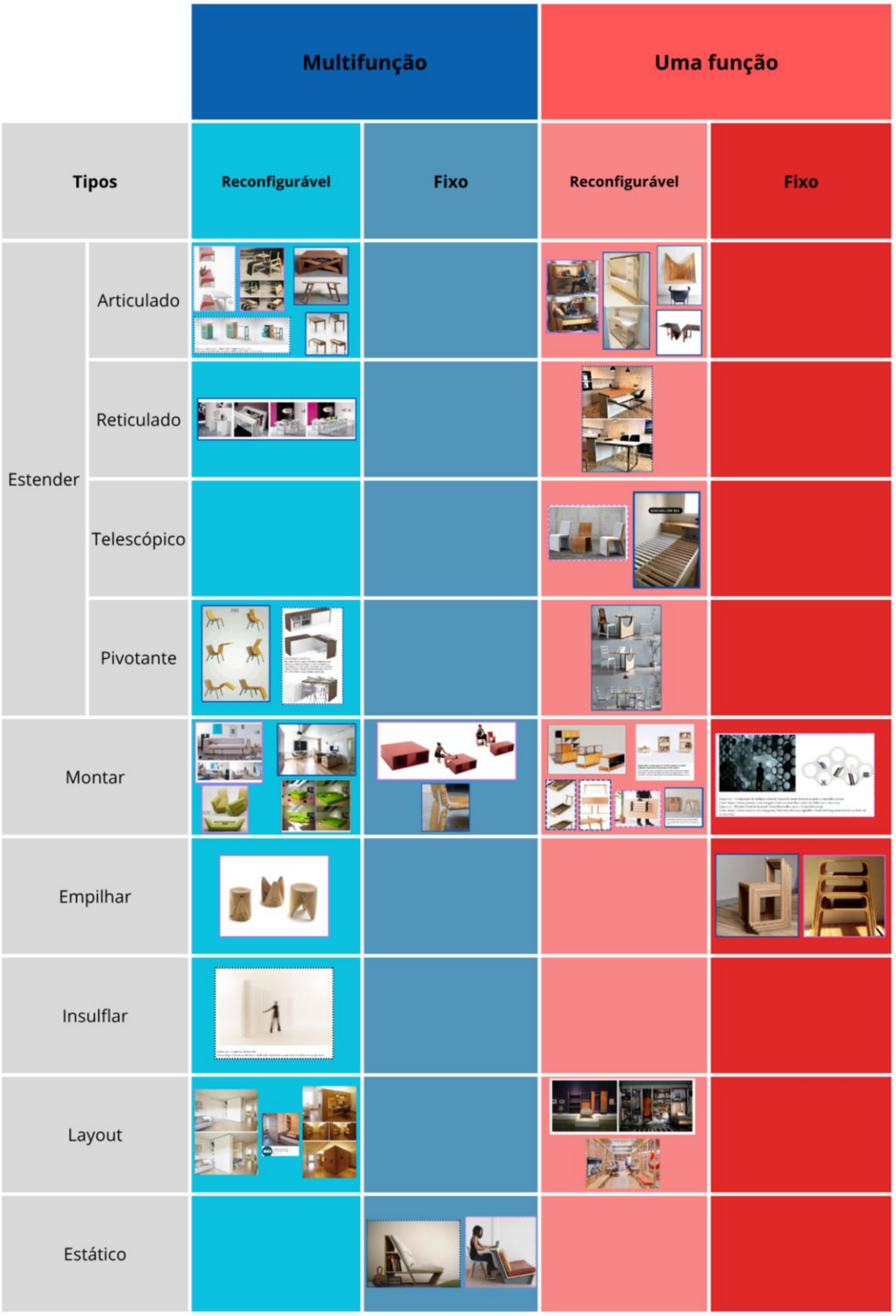


Fonte: Autoria própria com fotos de Gomes 2017

A partir da caracterização em linha de tempo, partimos para a criação de um painel com os móveis existentes e mais utilizados atualmente. A partir das tipologias definidas por Gomes, identificamos similaridades em alguns tipos e algumas disparidades em outros. Para tanto um mesmo tipo de flexibilidade pode pertencer a dois campos diferentes a depender da estratégia utilizada no mobiliário, ele pode ser multifuncional ou com apenas uma função e dentro desses campos ele ainda pode ser reconfigurável ou fixo, ou seja, que não possui nenhuma mudança nele.

Também foram agrupados os tipos Articulado, reticulado, telescópico e pivotante em um único campo denominado estender. Dessa forma obtivemos o painel da figura 3.

Figura 10 - Painel sincrônico de mobiliário flexível.



Fonte: Autoria própria com fotos de Gomes 2017

Esses painéis ajudaram a identificar os primeiros indícios de viabilidade para a pesquisa, caracterizando essa etapa como TRL 1. Foram identificados os tipos de mobiliários existentes desde os primeiros encontrados até os atualmente no mercado e conseguimos relacionar suas características de acordo com os tipos de flexibilidade categorizados por Gomes e por Lemos. Com isso foi definida a estratégia de criação.

Nesta etapa foi possível identificar, além da variedade de mobiliários desenvolvidos ao longo dos séculos, o funcionamento e a evolução funcional desses artefatos. Os primeiros móveis flexíveis surgiram em resposta à necessidade de adaptação à vida nômade, caracterizando-se, em sua maioria, pela facilidade de desmontagem e transporte. Esses atributos funcionais atendiam diretamente às exigências de mobilidade e praticidade impostas pelo modo de vida das populações antigas. (Gomes, 2017)

A partir do século XX, observa-se um significativo aumento na produção e na diversidade de móveis com características de flexibilidade, impulsionado pelo desenvolvimento industrial e pelas transformações nos estilos de vida urbanos. Nesse período, surgiram soluções que extrapolam a simples desmontagem, incorporando estratégias como empilhamento, reconfiguração de layout e multifuncionalidade em um único objeto. Essas transformações evidenciam uma busca contínua por eficiência espacial e adaptação às necessidades variáveis do usuário.

Contudo, móveis com sistemas mais complexos de transformação tendem a apresentar custos elevados de produção, o que pode representar uma limitação para seu uso em contextos que exigem soluções acessíveis. Nesse sentido, esta pesquisa adota o controle de custos como um dos parâmetros centrais no desenvolvimento do artefato, priorizando estratégias projetuais que conciliem funcionalidade, flexibilidade e viabilidade econômica.

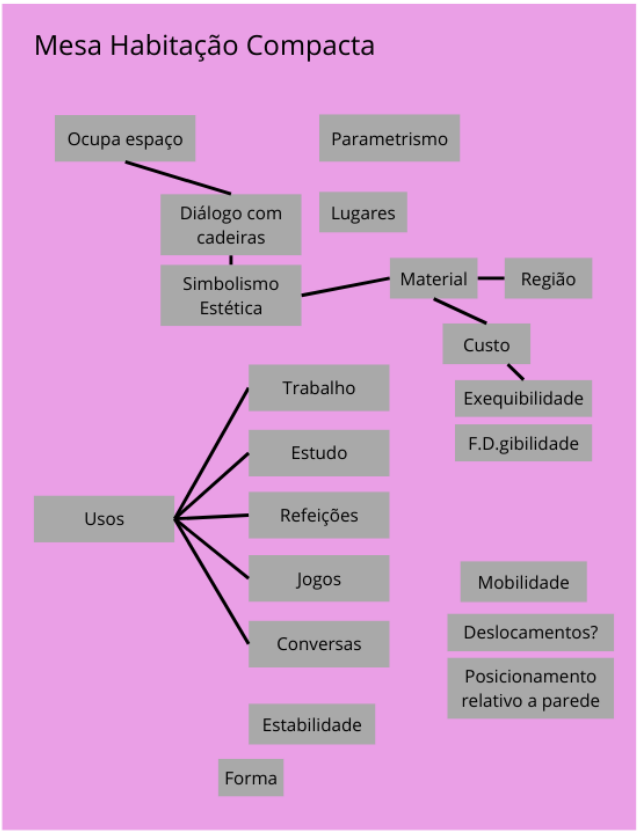
3.4. Geração de ideias, parâmetros e protótipos

O maior problema identificado pelos usuários das habitações compactas, como já mencionado anteriormente é na cozinha. Com a tipificação dos mobiliários flexíveis, definiu-se iniciar a atuação pela cozinha/sala de jantar a partir de uma mesa. Posteriormente foi possível projetar também uma cadeira para fazer conjunto com a mesa, mantendo a mesma linguagem formal e conceitual de habitação compacta.

3.4.1. Mesa Flexível

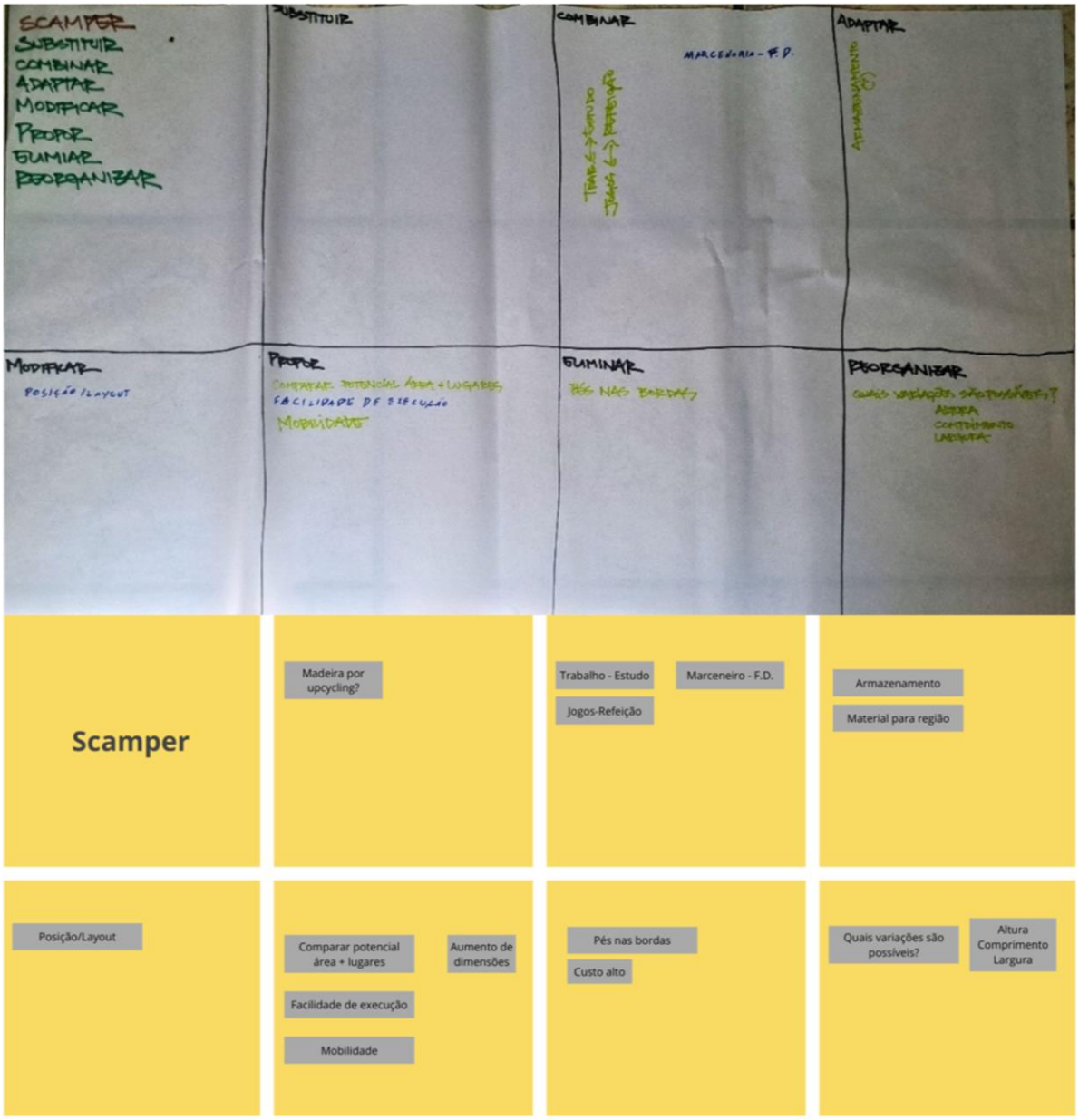
O primeiro passo para a criação foi a realização de uma tempestade de ideias (brainstorm) para elencar prioridades do objeto, suas funções e as necessidades do usuário. Também foi feito um SCAMPER, para definição dos parâmetros da mesa, como mostram as figuras abaixo. Com isso chegou-se a conceitos, parâmetros e dimensões.

Figura 11 - Brainstorm digitalizado para facilitar visualização no documento.



Fonte: Autoria Própria

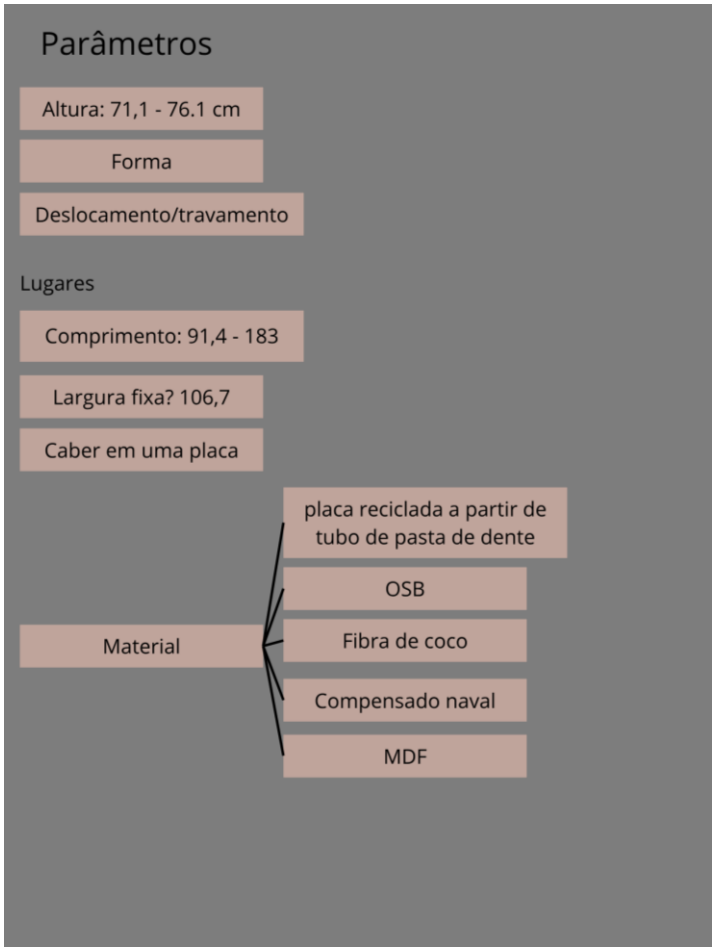
Figura 12 - SCAMPER da Mesa para Habitação compacta e digitalização para facilitar visualização.



Fonte: Autoria própria

Os parâmetros propostos para flexibilização da mesa de jantar foram dimensões (Altura, Largura, Comprimento); sua forma; quantidade de lugares, que está relacionado com as dimensões bem como o material, demonstrados na figura 13.

Figura 13 – Quadro com Parâmetros definidos a partir do SCAMPER.



Fonte: Autoria Própria

A proposta inicial foi que a mesa mudasse de altura para atender os usuários durante as refeições e para o trabalho, home-office. Suas dimensões foram idealizadas de acordo com os dados antropométricos indicados no livro Dimensionamento Humano para espaços Interiores de Julius Panero e Martin Zelnik. A mesa então ficou com uma altura final de 76 cm para refeições e 71 cm para trabalho. Para comportar quatro pessoas simultaneamente, número maior que o indicado pelo IBGE, que é média é de 2,79 pessoas (IBGE, 2023), como já citado anteriormente, temos uma largura de 106 cm por um comprimento de 91 cm (Panero; Zelnik, 2008).

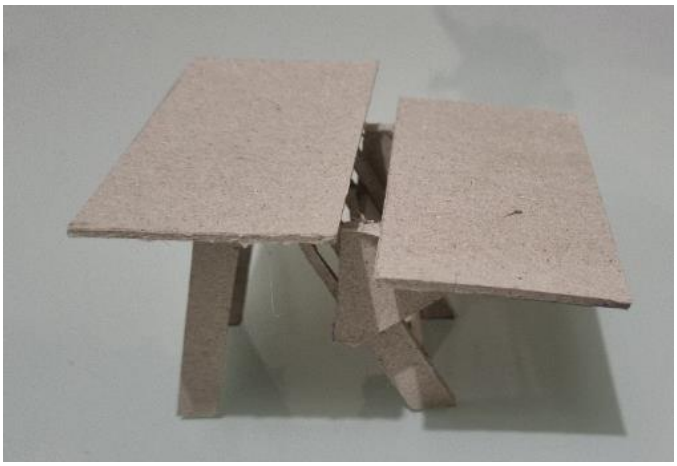
O material escolhido foi a placa de compensado naval para se adequar aos padrões de custos e do maquinário para fabricação encontrados no Brasil.

Após os esboços iniciais foi iniciada a criação de um protótipo preliminar (TRL 2), feito à mão e usando papel paraná 2mm como material, para confirmar a ideia inicial como mostram as figuras 13 e 14.

Figura 14 – Protótipo de baixa fidelidade. Escala 1:10

Fonte: Autoria própria

Figura 15 - Protótipo de baixa fidelidade. Escala 1:10

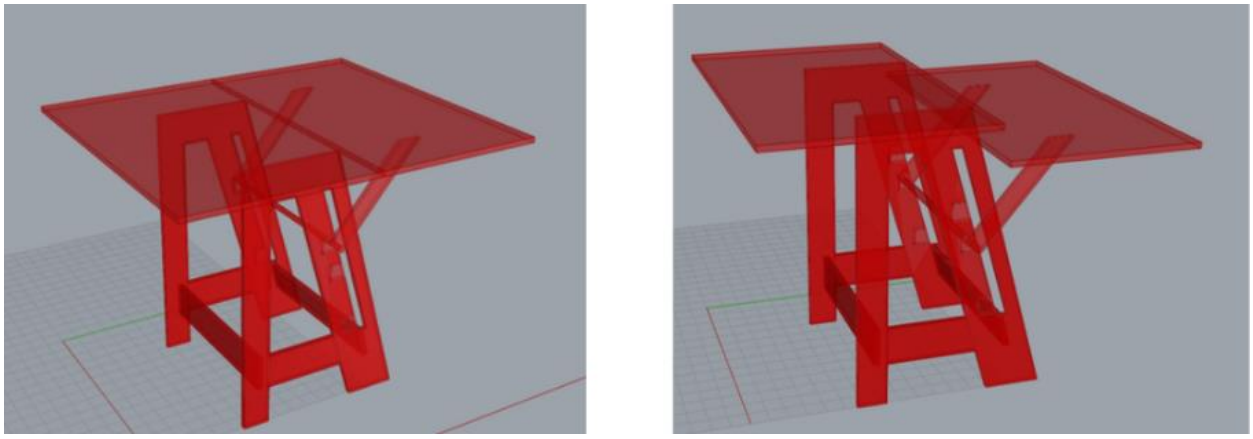


Fonte: Autoria própria

Após essa primeira etapa analógica, foram desenvolvidas as etapas digitais, desde a aplicação dos parâmetros no Grasshopper, plugin para software Rhinoceros, até a criação do arquivo para a prototipagem digital para corte a laser. O corte a laser e criação do segundo protótipo foi realizado em madeira balsa 2mm para que o resultado ficasse mais próximo do material final.

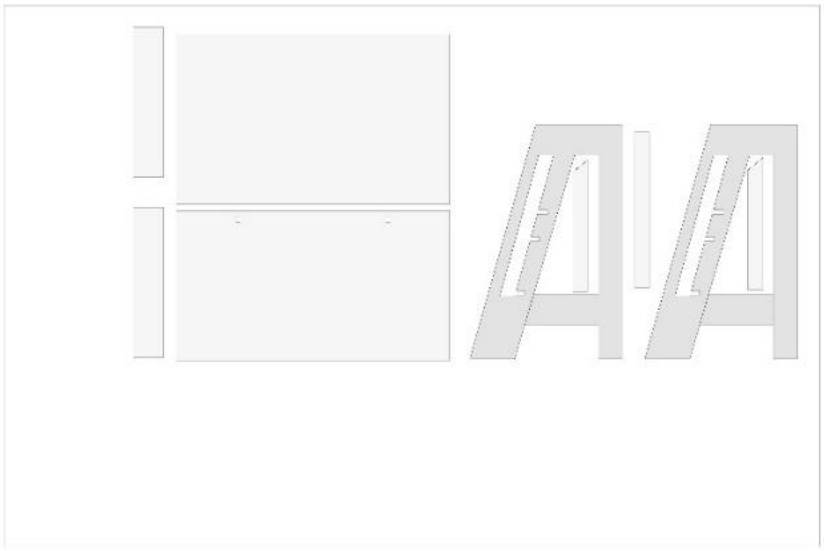
A mesa foi pensada visando a diminuição de custos para atender diversos públicos das habitações compactas, principalmente os das HIS, por isso conseguimos planejar para que todas as peças se encaixassem em apenas uma placa de compensado naval.

Figura 16 - Modelo Digital.



Fonte: Autoria própria

Figura 17 - Gcode da mesa contido na dimensão da placa de compensado naval.



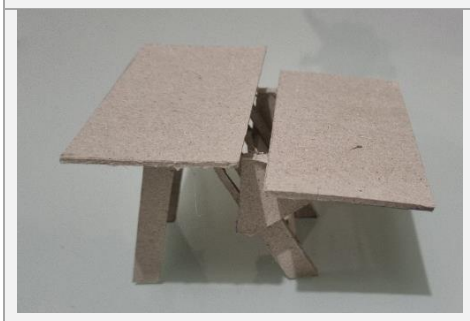
Fonte: Autoria própria

Figura 18 - Segundo protótipo em madeira balsa 2 mm, cortado a laser.

Fonte: Autoria própria

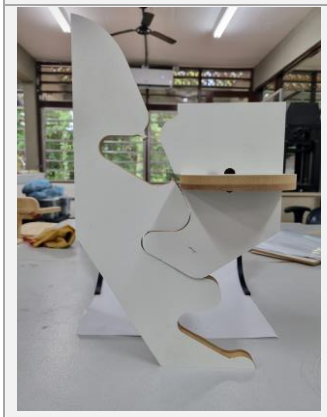
A partir dos primeiros protótipos foi possível analisar forças que atuam na mesa, angulações, distancias, peças e começar a fazer melhoramentos. A seguir foi desenvolvido uma tabela com os diversos protótipos e suas análises até chegar na última versão.

Tabela 5 - Protótipos criados e suas análises

Protótipo	Pontos positivos	Melhoramentos
	• Dimensões adequadas; • Ideia de flexibilidade possível; • Angulação viável das pernas.	• Precisão dos encaixes que não foi possível manualmente; • Necessidade de mais travamentos nas penas.
	• Estabilidade alcançada; • Confirmação das dimensões adequadas; • Escala adequada para análise e próximos estudos	• Melhoria dos encaixes; • Ajuste de angulações para estabilidade da parte móvel do tampo;

	• Material próximo ao real se mostrou adequado para o produto final.	• Possibilidade de os travamentos das pernas atrapalharem as pessoas em escala 1:1. • Criar mais um nível abaixo para atender às crianças. • Suavizar encontros para deixar a peça visualmente mais leve.
	• Estética mais leve; • Encaixes do tampo móvel com ângulos adequados e estabilidade alcançada; • Encaixe de travamento do tampo móvel podendo ser utilizado como pequena prateleira para apoio de fontes dos notebooks.	• Suavizar encaixes do tampo móvel para facilitar troca de alturas para o usuário; • Diminuição da profundidade do tampo móvel para 45 cm, mínimo permitido para evitar tombamento da mesa no nível mais baixo; • Melhoria no travamento horizontal das pernas; • Facilitar a montagem diminuindo quantidade de

		materiais e o custo; • Acrescentar outro formato para dar mais liberdade de escolha ao usuário.
 	• Estabilidade dos tampos e pernas em todos os níveis; • Encaixes mais fáceis para mudança de nível; • Encaixe de travamento do tampo móvel podendo ser utilizado como pequena prateleira para apoio de fontes dos notebooks evitando coisas demais no tampo; • Montagem facilitada; • Mais de uma opção de forma de tampo (quadrado e circular).	• Pequeno ajuste no travamento horizontal das pernas; • Manter mesmo ângulo de suavidade em todas as curvas padrão para melhorar visualmente; • Facilitar montagem do encaixe horizontal das pernas; • Facilitar movimentação do tampo para o usuário.

	• Aspecto formal melhorado; • Facilidade de montagem; • Facilidade de mudança de níveis do tampo móvel; • Cantos arredondados do tampo para diminuir risco de acidentes; • Manutenção de todos os pontos positivos; alcançados nos protótipos anteriores.	• Aumentar a escala para testes de resistência, estabilidade e funcionamento.
	• Encaixes funcionam; • Facilidade de troca de alturas.	• Conferir peso da peça completa.
	• Encaixes e fixação da mesa adequados; • Altura do tampo para o trabalho correta; • Peso adequado.	• Ajuste de altura do tampo da parte de refeições; • Melhorar estabilidade.

	• Travamento unidirecional e bidirecional garante melhor estabilidade.	• Usar um material rígido para garantir estabilidade total como metal ou a própria madeira.

Ao prototipar cada uma das versões e realizar as devidas análises, foi possível identificar como estava se comportando o artefato, confirmar conceitos formais e funcionais e os parâmetros escolhidos e aprimorar, de acordo com a necessidade, cada um dos pontos já apresentados até chegar na última versão, identificada como a ideal, ou seja, que cumpre todos os objetivos.

Com a estabilidade e funcionamento das movimentações do tampo flexível, foi possível aprimorar os encaixes e suavizar os encontros, tornando a peça com um melhor aspecto formal, pensando no cuidado com esse ponto em específico, pois muitas vezes é deixado de lado em favor de outros como o custo, especialmente para a população de menor renda.

Figura 19 – Mesa flexível em escala 1:1

Fonte: Autoria própria

Outro ponto importante para aumentar a participação do usuário dentro do processo além da facilidade de uso e obtenção de dimensões, foi a inserção de versões diferentes de tampos: quadrado, circular ou outros polígonos, permitindo ao usuário a possibilidade de escolha. Ainda foi acrescentado mais um nível abaixo para o tampo flexível, para crianças e até mesmo organização de festinhas, tornando mais versátil, pensando na ampliação da gama dos usuários e seus usos.

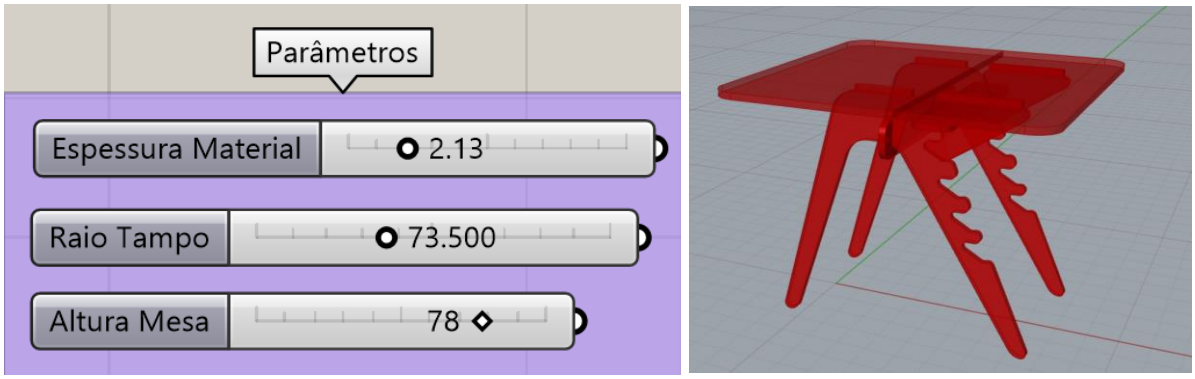
Figura 20 - Mesa flexível em escala 1:1.

Fonte: Autoria Própria

A facilidade e a precisão proporcionadas pela prototipagem digital, em específico a fresagem CNC, foram fundamentais para alcançar o resultado final dentro do tempo disponível. Cada protótipo desenvolvido ao longo do processo permitiu identificar melhorias específicas que precisavam ser implementadas até a construção do modelo em escala 1:1. Na escala 1:1 se pôde identificar, de forma completa, os conceitos e parâmetros estabelecidos desde o início com o uso da ferramenta. Assim, chegou-se a um protótipo em estágio otimizado, preparado para os ajustes finais que antecedem a produção definitiva do artefato.

Todas as versões com as mudanças necessárias e realizadas em cada um dos protótipos foram facilitadas pelo método paramétrico desenvolvido dentro do plugin Grasshopper para o software Rhinoceros 7.

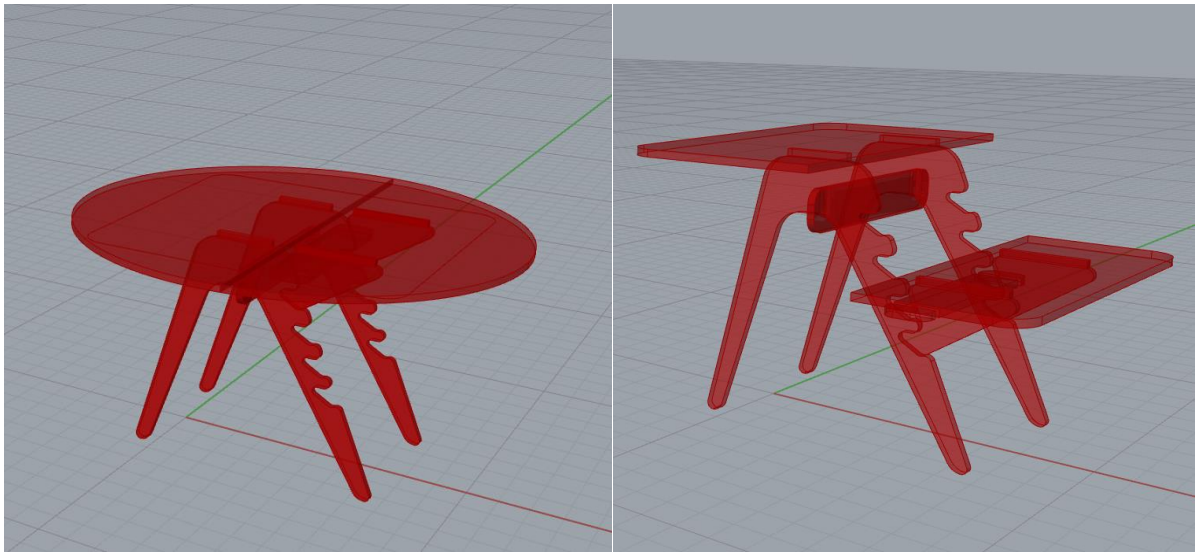
Figura 21 - Parâmetros criados no Grasshopper.



Fonte: Autoria Própria

A partir da análise dos protótipos, o modelo digital desenvolvido no software permitiu testar antecipadamente as soluções pensadas para os problemas identificados. A visualização em tempo real, por exemplo, facilitou a compreensão de aspectos formais, como a suavização dos encontros, além de permitir a exploração das diferentes opções de tampo e níveis mais baixos. Dessa forma, foi possível identificar, ainda no ambiente virtual, as melhores soluções e realizar os ajustes necessários antes da fase de prototipagem física.

Figura 22 - Versões tampo circular e nível criança no Grasshopper.

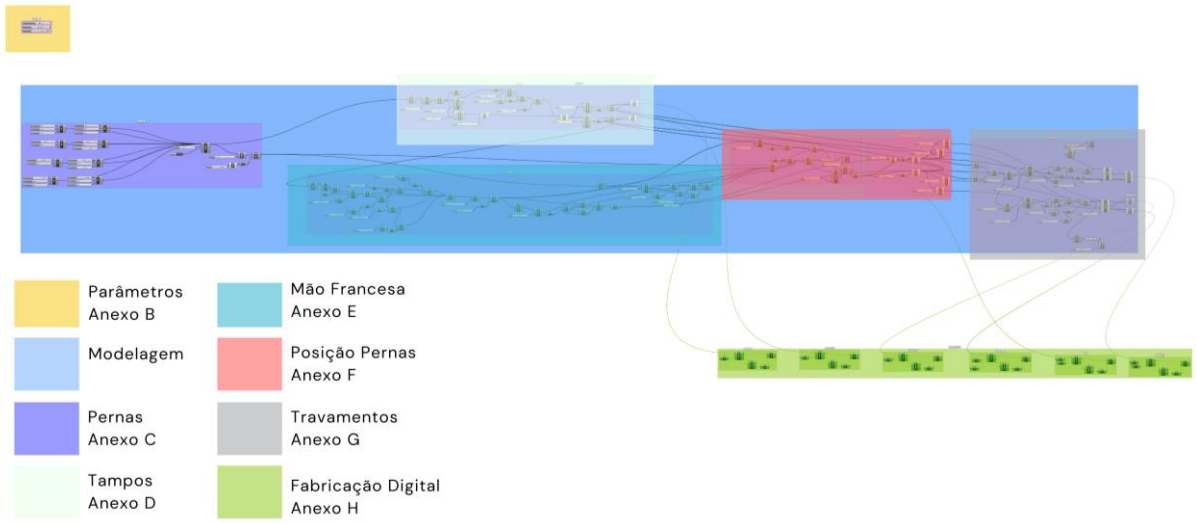


Fonte Autoria Própria

Outro ponto relevante foi a facilidade de conversão do modelo digital para a etapa de Fabricação Digital. O código no Grasshopper foi organizado de forma a facilitar essa transformação. Existem códigos voltados para o modelo digital e códigos voltados à fabricação digital direta. A figura 23 demonstra a organização e separação desses códigos dentro do Grasshopper. Para melhor visualização, cada parte do código está ampliada nos anexos,

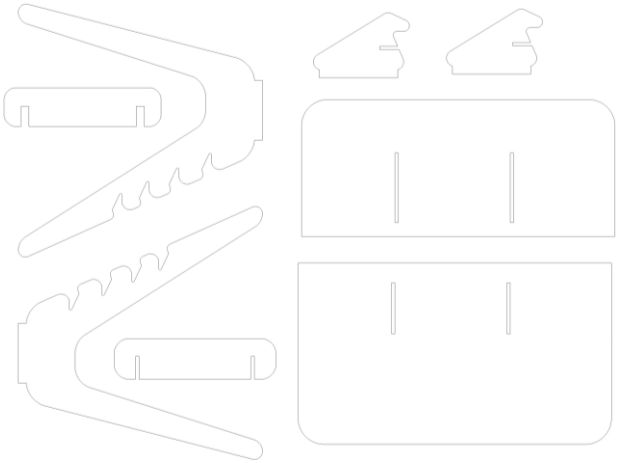
conforme legenda da figura. O software Rhinoceros permite a exportação direta do arquivo no formato compatível com o software da máquina CNC, simplificando o processo e garantindo uma transição fluida entre o design digital e a fabricação física, como apresentado na figura 24.

Figura 23 - Organização códigos para modelagem e para fabricação.



Fonte: Autoria Própria

Figura 24 - Arquivo exportado do Rhinoceros para Máquina CNC.



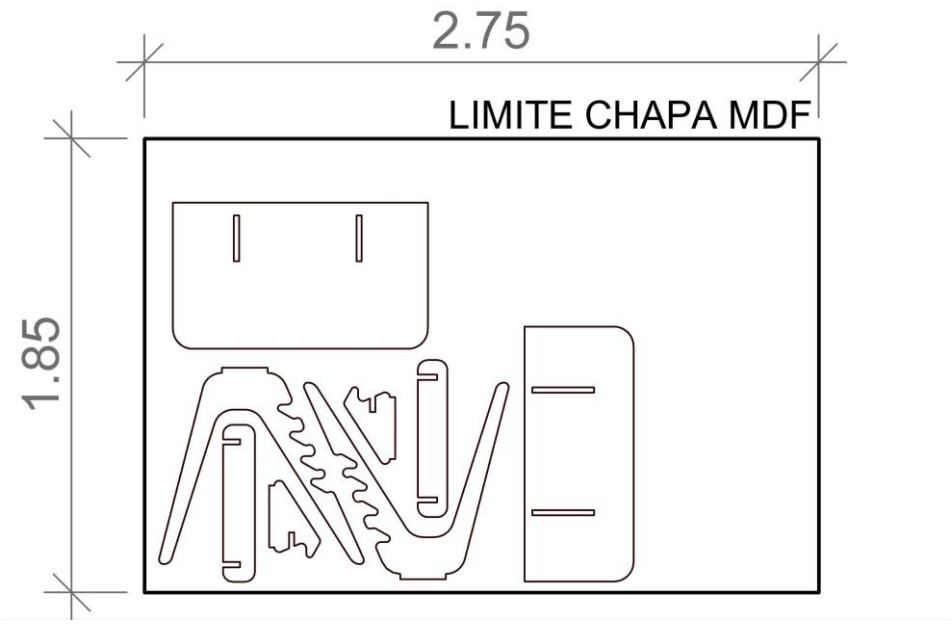
Fonte: Autoria Própria

Toda a organização dos parâmetros e desenvolvimento dos códigos dentro do programa foi pensado para facilitação da replicabilidade dos mesmos, mas também para facilitar os ajustes necessários a partir das análises realizadas, diminuindo o tempo gasto. O código final pode ser visto nos anexos.

Os materiais usados para desenvolver o protótipo foram: papel paraná 2 mm, no primeiro protótipo ainda feito à mão; madeira balsa 2 mm, material mais próximo dos materiais que são usados para fabricação de móveis; e a partir do terceiro protótipo, optou-se por utilizar o MDF cru, em sua menor espessura, condizente com a escala 1:10, por já ser o material escolhido para a produção em escala 1:1 e final do artefato, de acordo com os critérios escolhidos na fase de ideação. Dessa forma foi reproduzido de forma fiel, mesmo em pequenas escalas, todo o processo, até sua última etapa, para conseguir analisar cada detalhe necessário para alcançar um bom produto e quando partir para a escala 1:1, ter uma reprodução mais acertada, evitando retrabalhos e aumento de custos.

O MDF foi pensado visando uma diminuição de custos, visto que é amplamente usado no Brasil inteiro para a fabricação de móveis, tendo uma maior acessibilidade em praticamente todas as regiões do país. Para viabilizar ainda mais a fabricação e o custo, a mesa foi otimizada e organizada para que toda ela foi executada em apenas uma chapa de MDF, que atualmente é comercializada na dimensão 275x185 cm e possui uma média de preço de R$ 200,00 na espessura de 15mm. O material também foi escolhido pela variedade de cores e acabamentos, garantindo maior personalização para o usuário.

Figura 25 - Plano de corte para CNC em Chapa de MDF.



Fonte: Autoria Própria

Além do MDF, é possível utilizar outros materiais, como placas ecológicas feitas de fibra de coco ou de tubos de pasta de dente reciclados, placas OSB (*Oriented Strand Board*), compensado naval e até mesmo madeiras como o pinus. A escolha desses materiais pode contribuir para a redução de custos, facilitar o acesso aos insumos de acordo com a

disponibilidade regional e promover práticas mais sustentáveis, com menor impacto ambiental. A aplicação desses materiais pode ser explorada em pesquisas futuras.

Todas as fotos e vídeos dos protótipos e suas montagens, códigos e modelos virtuais podem ser vistas pelo QR*code* abaixo.

Figura 26 - *QRCode* para mais imagens e vídeos

Fonte: Desenvolvido no site Bit.ly

3.4.2. Cadeira

Para manter a ideia de redução de custos para o usuário das habitações compactas, foi pensado o desenvolvimento das cadeiras para fazer em conjunto com a mesa. Mantendo a linguagem formal, características antropométricas dos usuários e utilizando a ferramenta para o processo projetual.

Esta etapa foi desenvolvida durante uma residência no FabLab da Universidad de Chile, em Santiago do Chile. Essa residência é um programa realizado pelo laboratório que recebe estudantes de diversas universidades que realizam projetos voltados para o bem-estar social e desenvolvimento da sociedade. No FabLab U. de Chile auxiliaram no desenvolvimento do projeto os diretores Danisa Peric e Maximilliano Baeza, ambos Desenhistas industriais.

A cadeira deveria ser de fácil execução, mesmo material da mesa e com a característica de poder empilhar ou dobrar para guardar, benefício importante para uma habitação compacta. Seguindo a ferramenta e os conceitos de iteração, o protótipo evoluiu desde uma opção de banco e cadeira, partes que dobravam até chegar em sua versão final com a opção de dobrar para guardar em armário quando não precisasse de todas as quatro cadeiras em uso. Dessa forma, o ambiente ficaria mais espaçoso e o funcionamento da mesa também seria facilitado.

Figura 27 – Protótipos em escala 1:10 e 1:1 fabricados em 3D e CNC

Fonte: Autoria própria

Na última versão fabricada na Universidad de Chile, já em escala 1:1, o encosto de madeira foi substituído por uma opção de material flexível, como fios, cordas ou mesmo tecido, no caso da imagem, fio de Nylon. Os primeiros protótipos em escala 1:10 foram criados em impressão 3D, não o artefato inteiro, mas as peças separadas para posterior montagem, simulando um corte em CNC, por causa da facilidade, variedade e rapidez das impressoras 3D no FabLab. A versão em escala 1:1 foi cortada em fresadora CNC e chapa de MDF cru 18mm.

Figura 28 – Usuários provando a cadeira em escala 1:1

Fonte: Autoria própria

Em conversa informal, após o uso da cadeira, as pessoas relataram conforto, leveza, praticidade e beleza. Também foi identificado algumas melhorias a se realizar como estabilidade e material, para deixar uma versão com um único material.

Figura 29 – Protótipo atualizado em escala 1:1

Fonte: Autoria própria

Os protótipos alcançaram uma versão adequada dos conceitos desejados, com ressalvas para pequenos ajustes de parâmetros antropométricos, acabamento e material final. Deixando uma versão encaminhada para em desenvolvimentos futuros se atingir o produto finalizado para aplicação de testes com usuários.

3.5. Aplicação do Processo de Projeto

Para realizar testes com a ferramenta, foi proposta e realizada duas oficinas. A primeira durante um período com 45h (3 créditos) e a segunda com 30h intensivas durante uma semana, no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba. Ao todo nas duas vezes foram 10 estudantes do curso de períodos distintos que usaram a ferramenta, seis na primeira e quatro na segunda. Ao término de cada uma delas foi aplicado um questionário dividido em duas etapas e realizado um grupo focal, para discutir em conjunto como foi o uso da ferramenta, as dificuldades e vantagens do seu uso. Como explicado anteriormente a primeira oficina serviu como piloto para desenvolvimento e aprimoramento dos questionários e grupo focal.

Na primeira aplicação do processo de projeto, a ferramenta foi colocada numa página na plataforma online Miro, que é uma ferramenta de colaboração online de gestão de projetos, com versão gratuita e pode ser visualizada pelo link: bit.ly/ferramentaprojeto ou nos anexos desse documento. O Miro foi escolhido por ser uma plataforma digital de fácil acesso e focada em criação de mapas mentais e gestão de projetos, para viabilizar e facilitar o uso dessa ferramenta pelos alunos.

Nela foram dispostas todas as informações necessárias para a aplicação do processo: como usar a ferramenta, explicação de cada uma das áreas e fases e links para ler mais sobre cada área. Também foram criados espaços para ir montando o seu processo projetual dentro do mesmo quadro, para unir todas as informações em um só lugar.

Durante a oficina 01 foi apresentada aos alunos o processo de projeto e a ferramenta, técnicas de fabricação digital e as máquinas disponíveis no laboratório e seu funcionamento. Também foi indicado que o artefato a ser criado seria um objeto para sentar, de livre escolha pelos alunos. Os alunos também tiveram a liberdade de escolher seu usuário e com isso definir qual seria o objeto para sentar projetado.

Dentre os seis alunos, tivemos seis tipos diferentes de objetos, sendo na maioria uma cadeira, mas com funções e públicos diversos, desde crianças, com e sem autismo, uso próprio, cadeira para relaxamento de adultos e um objeto para sentar voltado para o público em situação de rua. A semelhança entre os projetos também se deu através do material e do maquinário usado para fabricar: chapas de MDF ou compensado naval em fresadoras CNC.

Durante o andamento da primeira oficina os pesquisadores identificaram possíveis melhorias para a segunda oficina, devido à dificuldade dos alunos em determinar seu usuário e definir o objeto a ser projetado. Também foi identificado que a falta de conhecimento por partes dos alunos e a quantidade de informação dos tipos de fabricação digital foi um problema também enfrentado por eles.

Figura 30 – Fotos durante a primeira oficina

Fonte: Autoria própria

Os protótipos desenvolvidos alcançaram uma escala de 1:10, devido ao tempo e ao custo do material, sendo possível identificar resultados satisfatórios e grande evolução dos alunos no entendimento e uso de projetos para a fabricação digital. No próximo tópico serão apresentados os resultados dos questionários e do grupo focal realizado com os alunos.

Na segunda oficina, realizada em sequência, já foram aplicados os melhoramentos identificados. Os alunos, quatro ao todo, puderam definir um usuário único através de uma dinâmica e também um objeto único para atender a necessidade desse usuário. Foi escolhido então uma estante para uma artista de 26 anos que morava sozinha com a sua mãe que necessitava de cuidados especiais.

Outra mudança foi transformar a ferramenta do digital para o modelo físico, dessa forma foram impressos livretos explicativos do processo de projeto e do uso da ferramenta, disponível nos anexos, para consulta quando necessário e folhas em tamanho A1 dividida em sextantes com a ferramenta impressa centralizada. Com isso foi possível notar uma maior apropriação da ferramenta por cada aluno, diferentemente quando foi usado no Miro.

Figura 31 – Fotos durante a oficina

Fonte: Autoria própria

Com um único usuário e o mesmo objeto, cada aluno desenvolveu seu projeto baseado em suas escolhas e saíram resultados completamente diferentes, desde formas, funções e tipos de fabricação digital. Também foi possível identificar um avanço deles no processo projetual em si bem como no entendimento da fabricação digital.

3.5.1. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de dois questionários estruturados em diferentes momentos da avaliação do processo e da ferramenta proposta. Utilizou-se a técnica de amostragem propositiva, na qual os participantes são selecionados intencionalmente com base em critérios previamente definidos, com o objetivo de garantir a relevância dos dados obtidos para os objetivos da pesquisa (GIL, 2010). Nesse caso, os respondentes atuaram diretamente no uso da ferramenta em contextos práticos de projeto, como estudantes com conhecimento prévio em processos projetuais digitais. Essa escolha buscou garantir maior profundidade nas respostas, alinhando-se à natureza qualitativa e aplicada da pesquisa.

A análise dos dados obtidos foi conduzida de forma sistemática, utilizando análise formal de dados, com o uso de estatísticas descritivas para identificar médias, desvios padrão e padrões de resposta. Segundo Creswell e Creswell (2010), esse tipo de abordagem é adequado em pesquisas qualitativas com instrumentos estruturados, especialmente quando se busca validar a percepção dos participantes quanto a uma ferramenta ou processo. (Creswell; Creswell, 2010).

Os questionários foram divididos em duas partes. A primeira parte consistiu na compreensão do processo e da ferramenta com 5 perguntas e a segunda parte relacionada a sua aplicabilidade com 8 perguntas. Todas as perguntas utilizaram a escala de Likert para respostas, amplamente empregada em pesquisas nas ciências humanas e sociais para mensurar graus de concordância, frequência ou importância atribuída a determinadas afirmações. A escala adotada neste estudo variou de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente), permitindo avaliar a ferramenta a partir de diferentes critérios, como utilidade, clareza, aplicabilidade e contribuição para o processo projetual.

A primeira parte do questionário, aplicado após a introdução teórica e exploratória da do processo projetual e da ferramenta que o auxilia, buscou avaliar o grau de entendimento por parte dos participantes quanto à estrutura geral e aos três eixos conceituais principais que compõem o processo proposto: UX (experiência do usuário), PDT (Parametric Design Thinking) e TRL (nível de maturidade tecnológica). Foram realizadas as seguintes afirmações: Compreendi a estrutura geral da ferramenta de processo projetual; consegui identificar o papel do UX dentro do processo; consegui identificar o papel do PDT dentro do processo; consegui identificar o papel do TRL dentro do processo; consegui identificar as fases de desenvolvimento do processo projetual**.**

Esses questionamentos foram pensados para entender como os participantes enxergam as áreas, de forma individual, ou seja, cada uma das áreas e como as relacionam entre si. Essa visão é importante para entender como a organização da ferramenta é relevante para o projeto e para o projetista.

Os resultados demonstraram altos níveis de compreensão, com médias variando entre 4,6 e 5,0 numa escala de 1 a 5. Destaca-se que todos os participantes identificaram com clareza as fases do processo projetual, resultando em uma média máxima (5,0) e desvio padrão nulo para essa questão.

Na segunda etapa, os participantes responderam após a utilização prática da ferramenta em projetos reais ou simulados. As questões abordaram aspectos relacionados à sua aplicabilidade, como auxílio ao desenvolvimento do projeto, integração entre áreas, organização das etapas, consideração das necessidades do usuário, identificação de parâmetros, iteração entre fases e percepção de economia de tempo.

As perguntas levantadas nessa parte foram criadas para compreender as formas de uso da ferramenta e como os participantes interagem com ela. Além disso consegue-se entender como a ferramenta facilita no desenvolvimento do projeto de cada um, seja com organização, tempo e sequenciamento. Nessa etapa do questionário foi possível compreender de forma geral a apropriação da ferramenta pelo participante.

Os resultados novamente indicaram alta efetividade da ferramenta, com médias majoritariamente acima de 4,5. A organização e o sequenciamento das tarefas foram especialmente bem avaliados, atingindo também a média máxima (5,0). A única questão que apresentou maior variação nas respostas foi a referente à redução do tempo de desenvolvimento do projeto, com média de 4,22 e desvio padrão de 0,83, indicando percepções divergentes entre os participantes.

Tabela 6 – Resultados da primeira etapa do questionário

Questão	Média	Desvio Padrão	Observações
Compreensão da estrutura geral da ferramenta	4,8	0,42	Altíssima
Papel do UX no processo	4,6	0,70	Boa compreensão, com leve variação
Papel do PDT	4,6	0,52	Consistente
Papel do TRL	4,6	0,52	Consistente
Identificação das fases do processo projetual	5,0	0,00	Total concordância

Fonte: Autoria própria

Tabela 7 – Resultados da segunda etapa do questionário

Questão	Média	Desvio Padrão	Observações
Ajudou no desenvolvimento do projeto	4,89	0,33	Muito eficaz
Integração das 3 áreas (UX, PDT, TRL)	4,56	0,53	Boa integração

Organização e sequenciamento	5,0	0,00	Total eficácia
Inserção das necessidades do usuário	4,78	0,44	Muito boa
Identificação de parâmetros	4,56	0,53	Boa
Iteração entre etapas	4,67	0,50	Funcional
Redução do tempo de desenvolvimento	4,22	0,83	Menor concordância, maior variação

Fonte: Autoria própria

Os dados sugerem que o processo proposto foi eficaz tanto em sua concepção teórica quanto em sua aplicação prática. A clareza na compreensão dos componentes conceituais e a funcionalidade durante o desenvolvimento dos projetos apontam para sua relevância como instrumento de apoio ao processo projetual paramétrico em contextos de fabricação digital. A única dimensão que merece investigação mais aprofundada refere-se à percepção de economia de tempo, que não foi identificada pelos participantes nem pelos pesquisadores.

A fim de compreender a percepção dos participantes sobre a ferramenta de apoio ao processo projetual desenvolvida nesta pesquisa, foram realizados dois grupos focais com estudantes das oficinas. Os grupos focais foram conduzidos como uma técnica qualitativa para explorar coletivamente impressões, dificuldades e aprendizados relacionados ao uso da ferramenta. Como destaca Morgan (1997), os grupos focais são particularmente eficazes para investigar como as pessoas pensam em grupo, revelando dinâmicas, negociações e construções coletivas de sentido.

Segundo Morgan (1997) a principal contribuição dos grupos focais é permitir que os participantes construam significados por meio do diálogo, o que se mostrou evidente nas análises. Os encontros promoveram uma troca de experiências, que revelaram tanto os pontos fortes do processo projetual quanto limitações percebidas.

As perguntas para os dois grupos foram a mesma e buscaram entender como os estudantes enxergaram e usaram a ferramenta, seja para esse processo específico de projeto, como o que o processo poderia proporcionar para eles além daquele momento em específico. As questões foram:

1. Como a ferramenta contribuiu para o desenvolvimento de soluções?
2. Você acredita que a ferramenta proporcionou uma melhor compreensão do processo de fabricação digital?
3. Em que momento do processo você sentiu que a ferramenta foi mais útil?
4. Quais foram os maiores benefícios de utilizar a ferramenta no seu projeto?
5. Quais foram os principais desafios ao aplicar a ferramenta no desenvolvimento do projeto?

6. Qual o impacto da ferramenta no seu aprendizado sobre design e fabricação digital?
7. Quais melhorias você recomenda para o uso dessa ferramenta em disciplinas de projeto?

No primeiro grupo focal, formado por seis participantes, os relatos destacaram que a ferramenta contribuiu significativamente para a organização das etapas projetuais, auxiliando na justificativa das decisões e na manutenção do foco durante o desenvolvimento das soluções.

Os participantes destacaram diversas formas pelas quais a ferramenta contribuiu positivamente:

- Organização do pensamento e estruturação do processo: Foi apontado que a ferramenta ajudou a visualizar o projeto na totalidade, organizar ideias soltas, estruturar raciocínios e identificar etapas negligenciadas.
- Facilitadora da iteração entre etapas: A ferramenta permitiu retornar a etapas anteriores para revisão e melhoria (como voltar aos parâmetros após uma falha na prototipagem), promovendo um ciclo iterativo natural e construtivo.
- Controle e ancoragem: A maioria relatou que a ferramenta funcionou como uma "âncora" que os impediu de se perder durante o desenvolvimento do projeto, especialmente em relação a critérios centrais como o usuário, a estética e a funcionalidade.
- Estímulo à reflexão crítica: Participantes afirmaram que a ferramenta os fez pensar sobre os fundamentos do projeto (ex: "Para que vai servir minha cadeira?") e proporcionou um espaço para voltar a ideias iniciais e verificar coerência ao longo do tempo.
- Integração de conhecimentos diversos: Destacaram que a ferramenta ajudou a integrar aspectos de UX, normatização, TRLs, fabricação digital e parâmetros de projeto.
- Diário de bordo e memória projetual: A ferramenta foi comparada a um diário de projeto, pois permitiu registrar decisões e raciocínios, facilitando o resgate de ideias anteriormente pensadas.

Apesar dos elogios, o grupo também identificou desafios, essenciais para o melhoramento da ferramenta nas etapas seguinte:

- Familiarização inicial: Houve dificuldade para entender a lógica da ferramenta de imediato. Alguns participantes precisaram "tirar do Miro" para entender melhor. A curva de aprendizado foi considerada alta para alguns.
- Classificação de conteúdos: Alguns relataram dificuldades em saber onde inserir determinadas informações ou ideias dentro da estrutura proposta (ex: dúvidas entre características paramétricas ou do usuário).

- Acesso e engajamento: O fato de a ferramenta exigir proatividade e ser “passiva” foi apontado como um ponto fraco. Faltou uma “ação ativa” da ferramenta (como lembretes ou notificações) que os incentivasse a usá-la com mais frequência.

O processo de projeto gerou impactos relevantes no aprendizado e na forma de projetar:

- Evitar dispersão e excesso de ideias: A aluna 03 mencionou que tendiam a pular de uma ideia para outra sem conclusão, e a ferramenta ajudou a focar, testar uma ideia por vez e realizar melhorias antes de abandonar ou mudar completamente.
- Refinamento de ideias: Ajudou os participantes a amadurecerem concepções e desenvolverem melhor suas propostas.
- Aplicação em outros contextos: Houve relatos de que, mesmo após a oficina, os alunos passaram a aplicar os princípios da ferramenta em outras disciplinas, como estratégia de controle criativo.

Por fim, os participantes elencaram algumas sugestões que foram analisadas pelos pesquisadores e em algumas partes aplicadas nas etapas seguintes como:

- Uso impresso ou em grande escala: Foi sugerido que a ferramenta, se impressa em grande escala (como um mural de parede), teria maior apelo prático e visual.

No segundo grupo focal, realizado com estudantes da segunda oficina, foi possível aprofundar a análise sobre a aplicabilidade e os impactos da ferramenta de apoio ao processo projetual orientado à fabricação digital. Os dados, obtidos a partir de discussões abertas mediadas pelo pesquisador, revelaram percepções significativamente positivas quanto à utilidade da ferramenta, especialmente em sua versão física.

De forma geral, os participantes consideraram que a ferramenta contribuiu expressivamente para o desenvolvimento das soluções. Um dos principais aspectos apontados foi a clareza e organização proporcionadas ao processo, que se tornou mais fluido e compreensível. Relatos indicaram que o processo projetual proposto auxiliou na identificação do estágio atual do projeto, das decisões já tomadas e de quais ações ainda seriam necessárias, contribuindo diretamente para reduzir sensações de bloqueio criativo e desorientação. O registro contínuo das ideias e decisões também foi ressaltado como um diferencial importante, facilitando o rastreamento das mudanças ao longo do tempo e a retomada de propostas anteriores. Assim, a ferramenta foi percebida como um guia flexível que favoreceu uma visão holística do processo, como relatado pelos participantes.

Um dos elementos mais relevantes identificados foi a comparação entre a versão física e digital da ferramenta. A versão física foi amplamente valorizada por sua presença visual constante, o que favoreceu sua incorporação como parte ativa do processo de projeto. Em contraposição, a versão digital, usada no primeiro grupo, era muitas vezes esquecida ou utilizada pontualmente. A possibilidade de anotações imediatas e manuseio direto foi percebida como uma vantagem prática e sensorial, reforçando o caráter tátil e participativo da ferramenta.

A relação entre a ferramenta e a compreensão da fabricação digital também se mostrou contundente. Os estudantes relataram que o uso da ferramenta desde o início do projeto os ajudou a considerar os limites físicos e operacionais dos processos de fabricação digital, como o tamanho das placas, a área útil das máquinas e os tipos de cortes. A ferramenta favoreceu a antecipação de decisões relacionadas à fabricação, evitando a dissociação entre projeto e produção. Com isso, os participantes passaram a ver a fabricação digital como parte integrada do processo projetual, e não como uma etapa posterior e desvinculada. O aluno 08 essa perspectiva afirmando: “Ela não é só para projetar, mas para pensar na prototipagem da melhor forma.”

Ao serem questionados sobre em qual momento do processo a ferramenta se mostrou mais útil, as respostas foram variadas, revelando a flexibilidade de aplicação da metodologia. Alguns participantes destacaram sua importância nas etapas de ideação e definição de parâmetros, enquanto outros valorizaram sua utilidade durante as fases de prototipagem e iteração, ao permitirem retornar a decisões anteriores com clareza e segurança. A ferramenta também foi mencionada como recurso fundamental no início do projeto, ao permitir estruturar as intenções iniciais e organizar o raciocínio projetual. Isso demonstra que o modelo proposto pode atender a diferentes necessidades ao longo do ciclo projetual, adaptando-se aos estilos e momentos distintos de cada grupo.

Os desafios relatados no uso da ferramenta não estavam relacionados a limitações estruturais da própria metodologia, mas sim a aspectos individuais e contextuais. Entre as dificuldades apontadas, destacaram-se a resistência pessoal em revisar decisões anteriores, a frustração diante da dependência técnica de outros colegas ou equipamentos, e a diferença percebida entre o modelo em escala reduzida e a escala 1:1 de produção. Além disso, a falta de familiaridade com ferramentas paramétricas foi um entrave para alguns participantes, dificultando uma fluidez maior no uso da ferramenta como interface com o processo digital. Ainda assim, essas dificuldades foram interpretadas pelos próprios participantes como parte do processo de aprendizagem e amadurecimento projetual, o que reforça a potência formativa da ferramenta.

Em síntese, os dados qualitativos levantados neste grupo focal reforçam a eficácia da do processo de projeto e o modelo de ferramenta como instrumento de apoio ao pensamento projetual em contextos de fabricação digital. Sua materialidade, sua capacidade de organização visual do raciocínio e seu potencial de integração das diferentes fases do projeto foram aspectos amplamente valorizados. O grupo demonstrou uma maturidade crítica na análise dos benefícios e dificuldades, o que sugere que a ferramenta auxiliou na produção de soluções técnicas e favoreceu processos reflexivos fundamentais à formação de projetistas capazes de lidar com sistemas complexos e iterativos. Os próprios participantes relataram que gostariam de aplicar a ferramenta em outros projetos e em outras disciplinas pela facilidade que encontraram em usar e a forma como ajudou a organizar todo o processo.

Tabela 8 – Comparação dos grupos focais

Tópico	Grupo 1	Grupo 2
1. Contribuição da ferramenta para o desenvolvimento das soluções	- Facilitou organização e clareza das etapas. - Ajudou na justificativa das decisões e no foco do projeto.	- Ajudou a entender o processo totalmente - Evitou que o grupo se sentisse “empacado”. - Tornou as decisões mais visíveis e rastreáveis.
2. Diferença entre versão física e digital	- Versão física permitia visualização do caminho e das etapas. - Sentimento de segurança ao ver o processo completo.	- Versão física teve impacto mais marcante. - Permitia visualização cíclica e entrelaçada. - Facilitava anotações e reflexões durante o uso.
3. Compreensão da fabricação digital	- Facilitou relação entre projeto e limitações da fabricação (ex: encaixes, corte, medidas). - Evitou frustrações ao antecipar dificuldades técnicas.	- Ajudou a projetar considerando limitações físicas. - Facilitou definição de parâmetros para minimizar erros na fabricação final.
4. Etapas mais úteis da ferramenta	- Parâmetros e protótipos: relação clara com a fabricação. - Avaliação e iteração: visão do que precisava ser melhorado.	- Iteração e parâmetros: revelaram problemas e ajudaram em novas soluções. - Protótipos: possibilitaram comparações e decisões com base no que foi feito.
5. Desafios encontrados	- Dificuldade de preencher a ferramenta em paralelo com o projeto. - Algumas anotações pareciam repetitivas. - Dificuldade em reconhecer quando uma etapa não foi bem feita.	- Dificuldade de voltar atrás no processo. - Frustração com limitações pessoais e técnicas. - Dúvidas sobre escala entre protótipo e peça final. - Dependência de ajuda externa gerou insegurança.
6. Benefícios percebidos	- Organização e clareza do processo.	- Visão de malha do projeto (interconexões).

	- Identificação de problemas precocemente. - Facilitou comunicação entre membros da equipe.	- Reflexão contínua sobre decisões. - Ligação entre concepção e fabricação reforçada.

Fonte: Autoria própria

A análise conjunta dos dois grupos focais evidencia que a ferramenta proposta cumpriu sua função como apoio metodológico ao processo de projeto, atuando como catalisadora de processos de aprendizagem ativa. A ferramenta, ao organizar visualmente as etapas, permitir o registro contínuo e tornar o processo transparente, favoreceu exatamente esse tipo de envolvimento prático e crítico.

Além disso, os participantes relataram benefícios relacionados à visualização e rastreamento das decisões projetuais, um aspecto fundamental em ambientes de projeto complexos. Nesse sentido, a ferramenta operou como um suporte para reflexão, registrando o percurso, possibilitando retornos a decisões anteriores e ampliando a compreensão do próprio processo.

A comparação entre a versão física e digital da ferramenta revelou também aspectos relevantes sobre a materialidade no processo cognitivo. A presença constante da versão física da ferramenta, sua disponibilidade para anotações rápidas e o estímulo à organização visual direta do raciocínio parecem ter ativado essa dimensão cognitiva mais sensível, artesanal e contínua.

Outro ponto de destaque é o papel desse processo projetual aqui desenvolvido focado na experiência do usuário. Norman (2013) reforça que o design centrado no usuário precisa considerar a experiência, a carga cognitiva e a clareza do sistema para quem o opera. A ferramenta, ao promover clareza, fluidez e empoderamento no processo, alinha-se a esses princípios, oferecendo um suporte acessível, adaptável e responsivo às diferentes etapas e desafios do projeto.

Por fim, observa-se que a compreensão da fabricação digital como parte integrada do processo, e não como uma etapa técnica separada, representa uma mudança de paradigma fundamental no ensino de projeto e nos modos de pensar a produção contemporânea. Isso vai ao encontro de autores como Kolarevic (2005), que defende a integração entre concepção e fabricação como elemento essencial do design digital contemporâneo. A ferramenta analisada, ao colocar a fabricação em diálogo com parâmetros, protótipos e iteração, promove essa integração desde as fases iniciais, favorecendo um processo mais sistêmico e eficaz.

Portanto, os resultados dos grupos focais validam a ferramenta como útil e funcional, apontando para sua potência pedagógica, metodológica e crítica. Ao favorecer a visualização do processo, a autonomia criativa e a integração entre projeto e fabricação, ela se consolida como um recurso inovador para a formação de projetistas no contexto da fabricação digital e da complexidade contemporânea.

3.6. Replicabilidade

Todas as etapas até o momento foram pensadas para serem replicadas. Sejam em outras pesquisas, outros projetos de disciplinas ou no mercado.

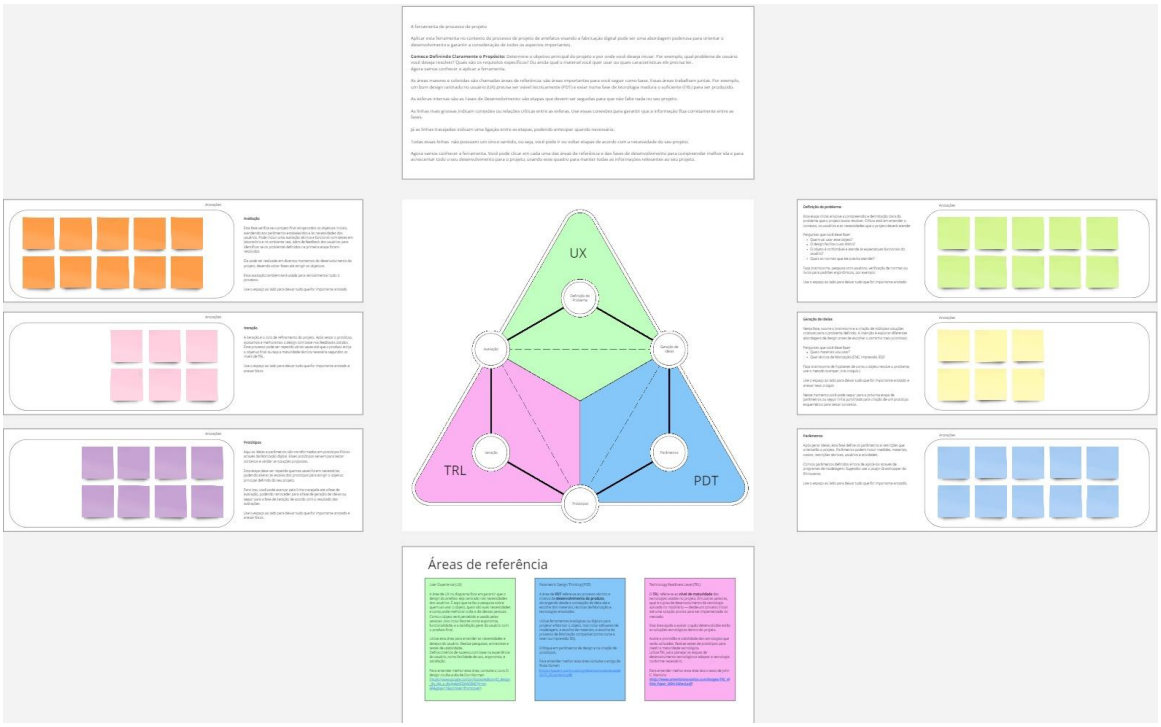
A ferramenta principalmente precisa ser replicável. Para o primeiro teste com usuários foi aplicada em uma plataforma online de gerencia de projetos, Miro. A replicação dela é fundamental para que os projetistas possam utilizá-las. Ela foi transformada em *template* dessa plataforma para poder ser usada pela primeira vez fora do ambiente laboratorial pelos alunos da primeira oficina.

Dentro da plataforma estão indicadas todas as referências, conceitos e explicações necessárias para o uso correto da ferramenta. A figura abaixo mostra como está a organização e disposição das etapas e explicações dentro da plataforma Miro. Para melhor visualização acesse o link: bit.ly/ferramentaprojeto.

Na mesma aba da ferramenta é possível colocar todas as informações necessárias para o projeto, tudo que foi criado, para que o projetista possa ter uma visualização única e completa de todo o seu projeto, facilitando as análises e mudanças caso necessárias.

Durante a segunda oficina a ferramenta se tornou física, podendo ser facilmente replicada pelo próprio usuário com a disseminação em PDF, que a própria pessoa pode imprimir e usar. Também foi criado um site para ajudar o usuário com as explicações de como usar a ferramenta.

Figura 32 - Tela da ferramenta na plataforma online Miro.

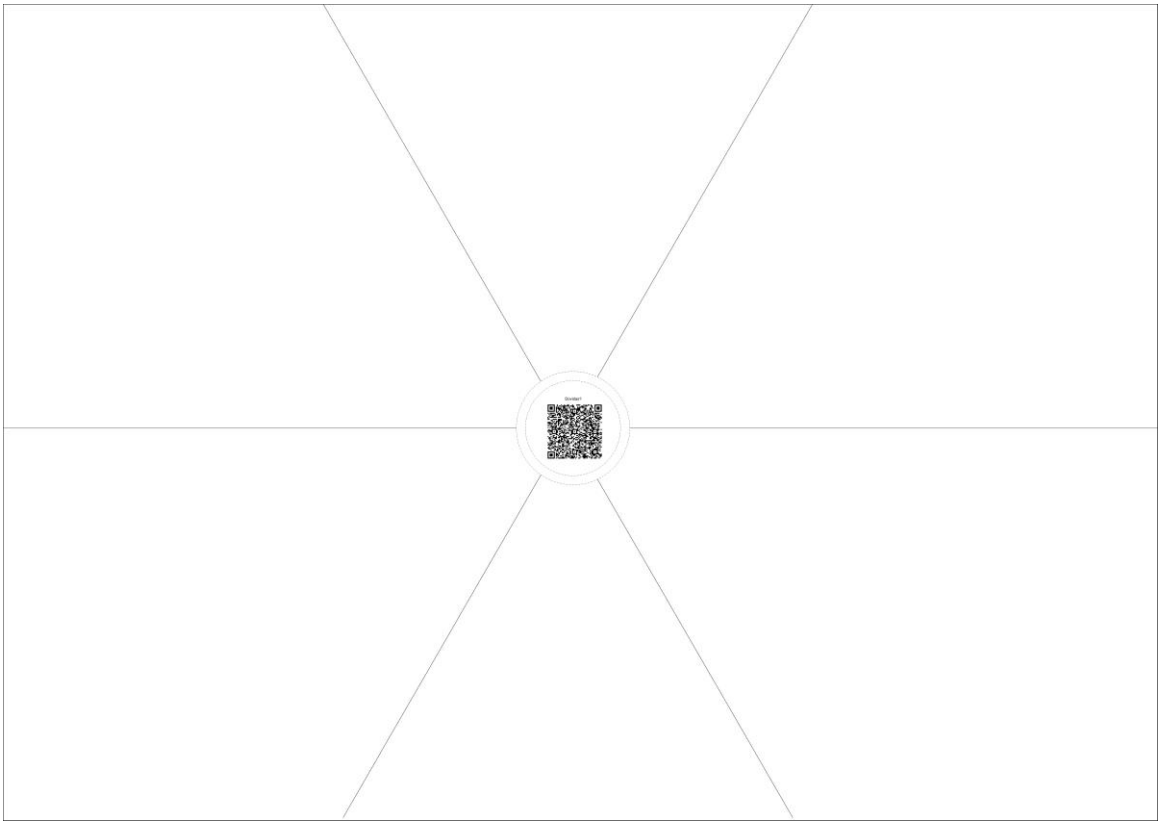


Fonte: Autoria Própria

Figura 33 – Capa do livreto com explicações da ferramenta

Fonte: Autoria Própria

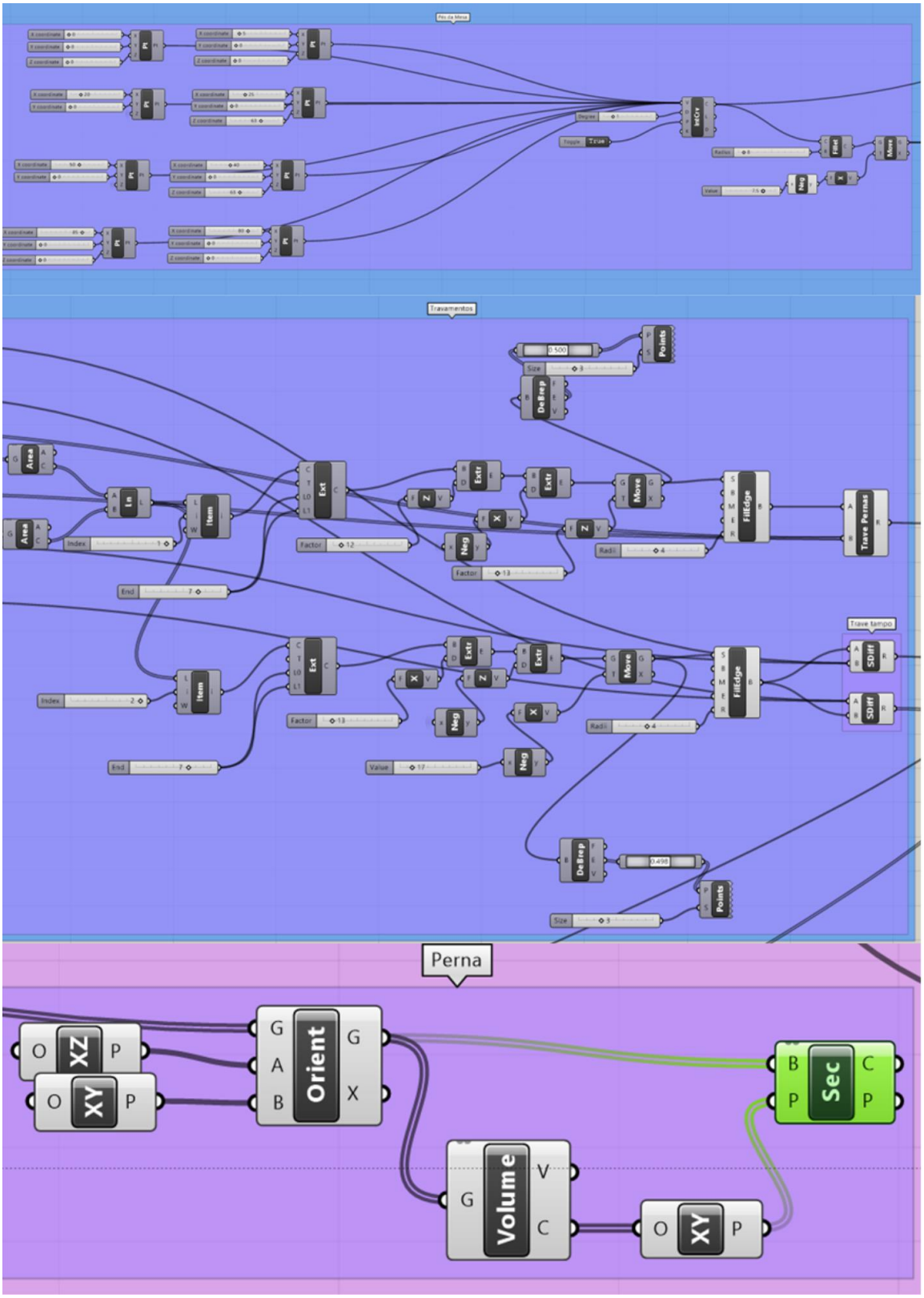
Figura 34 – Folha para anotações do processo na versão física



Fonte: Autoria Própria

A replicabilidade também está presente no código criado dentro do plugin Grasshopper para Rhinoceros 7. O código foi organizado e pensado para que outras pessoas possam usá-lo, mas principalmente para a utilização dele para personalização da mesa flexível por parte do usuário. Esse é o ponto principal da replicabilidade do código, a facilidade de uso para criar essa mesa flexível de acordo com a vontade e necessidade do usuário, por isso que o código foi organizado em partes de modificação ou parâmetros, parte de criação do modelo virtual e parte da transformação para a Fabricação Digital.

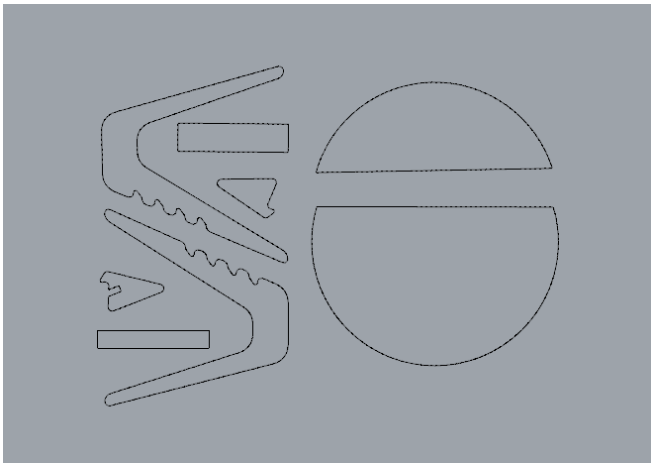
Figura 35 - Organização código grasshopper.



Fonte Autoria Própria

Na Fabricação Digital, também é possível aplicar o conceito de replicabilidade. Uma vez criado o arquivo digital necessário para a fabricação, ele pode ser produzido em qualquer máquina CNC ou de corte a laser, com a liberdade de escolher o material mais adequado. Isso permite maior flexibilidade e eficiência na produção, além de facilitar a adaptação a diferentes contextos de fabricação.

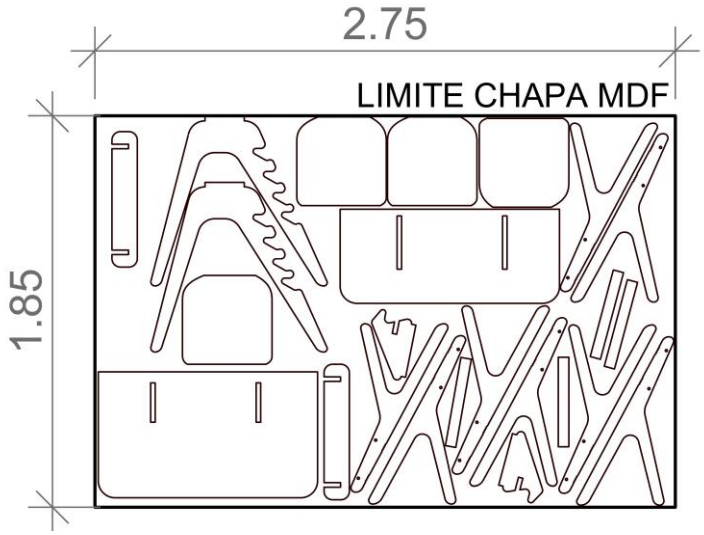
Figura 36 - Arquivo *Gr-code* para máquina CNC.



Fonte Autoria Própria

Para a reprodução dos artefatos será realizado um processo de patente. Optar pela patente pode garantir exclusividade e proteção de propriedade intelectual, proporcionando vantagens comerciais e a possibilidade de licenciamento. Pela disposição, foi possível colocar dentro de uma única chapa de MDF, uma mesa e quatro cadeiras, o que é um ponto fundamental para os usuários de renda mais baixa.

Figura 37 – Organização dos artefatos em chapa para prototipagem



Fonte Autoria Própria

O uso da ferramenta tem se mostrado eficaz para gerenciar e acompanhar o desenvolvimento do projeto nos diferentes níveis de maturidade das etapas. Em um contexto tão desafiador quanto o das habitações compactas, essa abordagem permitiu maior flexibilidade e adaptação às exigências espaciais, ergonômicas e funcionais. A replicabilidade da ferramenta se destaca como um dos pontos fortes, uma vez que, por meio da fabricação digital em CNC ou corte a laser, é possível reproduzir o mobiliário utilizando materiais acessíveis e sustentáveis, como o MDF, placas OSB ou até mesmo alternativas mais ecológicas. Isso torna a solução viável em termos de produção e em relação à sua adoção em diferentes locais e situações. Isso demonstra também a possível retroalimentação do processo, auxiliando no avanço desse campo, a partir dos diferentes contextos possíveis.

Contudo, apesar dos resultados alcançados até o momento, é fundamental avançar ainda mais na pesquisa. Além de validar o objeto final dentro das habitações compactas, é necessário ampliar os testes da ferramenta para diferentes cenários e contextos, a fim de garantir sua robustez e aplicabilidade em outras tipologias de projeto e ambientes. A continuidade dessa investigação permitirá explorar o potencial de disseminação da ferramenta, favorecendo o uso em projetos que necessitam de customização, escalabilidade e adaptação às necessidades de um público diverso, ampliando ainda mais seu impacto no campo da fabricação digital e do design paramétrico.

4. DISCUSSÕES

A construção da ferramenta proposta nesta pesquisa é resultado da integração entre três áreas: UX (experiência do usuário), PDT (Parametric Design Thinking) e TRL (technology readiness level). Essa articulação entre campos do conhecimento possibilitou o desenvolvimento de uma estrutura projetual clara, flexível e adaptável, especialmente voltada para a criação de artefatos fabricados digitalmente. A proposta parte de uma abordagem que inclua desde o início o usuário, pensando na sua experiência, necessidades e desejos. Por isso a localização dessa área no topo da pirâmide da ferramenta.

A área de PDT garante a lógica da adaptabilidade e da flexibilidade do projeto. Ela salienta a importância de permitir que o artefato seja moldado de acordo com o contexto que está inserido, bem como auxilia nas transformações e mudanças necessárias ao longo do projeto para alcançar a versão final ideal. Assim o PDT consegue se interligar ao UX, dando o suporte necessário ao projetista de alcançar os seus objetivos.

Já o TRL propõe as iterações e avaliações necessárias para se alcançar o resultado desejado. Todas as análises são registradas podendo assim adequar o projeto de acordo com os conceitos elencados desde o início. Os níveis de maturidade auxiliam o projetista a entender se o projeto consegue atingir seus objetivos e se o usuário está sendo contemplado de acordo com o exigido no início. As transformações necessárias ao longo do projeto são atingidas com maior agilidade através do PDT.

4.1. Construção do modelo conceitual da ferramenta

O desenvolvimento simultâneo do processo projetual, com o apoio da ferramenta e do artefato foi essencial para a identificação e compreensão de cada etapa, sua organização lógica e os ajustes necessários para otimização. O projeto do artefato permitiu o refinamento progressivo da estrutura e a construção de uma sequência coerente, fluida e aplicável ao contexto real do projeto de mobiliário.

A fabricação digital e a parametrização foram pilares importantes, possibilitando uma redução significativa no tempo de desenvolvimento. Com o uso de um modelo paramétrico e técnicas como a fresagem CNC, foi possível realizar alterações rápidas, testar soluções com precisão e obter protótipos de alta qualidade formal e material. A cada iteração, os conceitos de projeto, os parâmetros antropométricos e as estratégias formais foram analisadas com mais clareza.

Esses procedimentos também foram colocados à prova durante a residência técnica realizada na Universidad de Chile, em Santiago. A vivência no FabLab da universidade

permitiu a aplicação do processo em um novo projeto, dessa vez uma cadeira. Essa experiência foi importante tanto para testar a eficácia do processo em um novo contexto quanto para promover uma rica troca interdisciplinar com profissionais e estudantes de áreas como engenharia mecânica, design industrial e arquitetura.

Tanto o primeiro artefato criado, quanto o segundo foram fundamentais na elaboração da ferramenta. Primeiro para entender o processo projetual e assim elencar os passos para desenvolver a ferramenta. Depois para identificar e testar como a ferramenta se comportava durante um projeto, realizando uma análise interna e já conseguindo identificar possíveis mudanças e melhorias.

Por isso a ferramenta também alcançou níveis diferentes de maturidade (TRLs). Cada versão da ferramenta apresentado aqui teve um momento de aplicação e análise e consequentemente aprimoramentos para chegar até a parte de validação interna com uma versão mais consistente. As melhorias elencadas durante as oficinas também foram incorporadas para se chegar no nível de maturidade atual da ferramenta, TRL 6, já apresentado na tabela 04.

4.2. Oficinas

A análise mais significativa do processo projetual e do uso da ferramenta como apoio a esse processo se deu com seu uso por projetistas com a realização de duas oficinas. As oficinas realizadas foram fundamentais para o aprofundamento da pesquisa, permitindo ajustes importantes tanto no conteúdo quanto na forma da ferramenta. Os participantes puderam aplicar a ferramenta em projetos simulados, contendo todos os elementos essenciais: usuário, contexto, iterações e avaliações.

Durante a primeira oficina, aplicada em uma disciplina acadêmica, com a proposta da versão digital da ferramenta, observou-se que a maioria dos alunos não usou plenamente o modelo digital, seja pela pouca familiaridade com a plataforma Miro, seja pela falta de agilidade ao acesso a plataforma para realizar as anotações necessárias. A ferramenta digital acabou sendo usada mais pontualmente, para consultas ou como guia, ou ainda ao final para registrar os resultados obtidos.

Segundo os alunos, isso comprometeu parte do potencial da metodologia. Eles relataram que só retomavam a ferramenta quando era necessário recuperar informações ou identificar os próximos passos. Apenas duas alunas usaram a ferramenta desde o início e durante todo o projeto. Por já ter uma maior familiaridade com o Miro, elas conseguiram usar a ferramenta na sua totalidade.

Ao final da oficina a percepção geral sobre o processo de projeto foi positiva. Os participantes reconheceram o valor da ferramenta como suporte ao projeto, destacando a contribuição para a organização das ideias, clareza do percurso e aprofundamento no entendimento do projeto. Um dos relatos mais marcantes foi o da aluna 01 que, ao comparar a processo de projeto utilizado com métodos de arquitetos e designers, afirmou: “Pesquisei muitos métodos de arquitetos e designers e sentia que não eram completos...a sua ferramenta talvez fosse a solução.” Ela ainda complementou: “Se o seu trabalho já estivesse apresentado, teria sido a solução para os meus problemas e usaria em meu TCC.”

A análise das respostas dos questionários e dos grupos focais da primeira oficina permitiu aprimorar significativamente a ferramenta para a segunda aplicação. A principal alteração foi a adoção do formato físico. Também foi alterado o formato da oficina para diária, com as 30h realizadas em uma única semana. Ainda foi feita uma alteração no modo de apresentação do conteúdo, sempre mesclando teoria e prática no mesmo momento para que os alunos aplicassem rapidamente o que foi aprendido.

Com um livreto para as explicações e a ferramenta impressa além de uma folha em tamanho A1 para as anotações na segunda oficina, essa mudança mostrou-se estratégica e efetiva. Os alunos permaneceram constantemente próximos à ferramenta, consultando-a, fazendo anotações e organizando suas decisões, demonstrando uma interação mais intensa e produtiva.

Figura 38 – Alunos durante a oficina

Fonte Autoria Própria

Esse foi um ponto ressaltado pelos alunos durante o grupo focal: o alcance físico da ferramenta por cada integrante da equipe. O aluno 07 relata: “Consigo anotar tudo na hora.” A partir desse fácil acesso, foi possível identificar outros benefícios mencionados pelos participantes.

Com a organização proposta pela ferramenta, foi possível tornar o processo projetual mais fluido e coerente. Os participantes relataram que a estrutura visual clara, aliada à divisão em etapas interconectadas, contribuiu significativamente para a continuidade do projeto, evitando bloqueios criativos e desorientações ao longo do percurso. A ferramenta ofereceu um suporte metodológico, sendo uma referência constante para tomada de decisões, possibilitando que os usuários mantivessem o foco nas intenções iniciais sem perder de vista os ajustes e necessidades que surgiam no decorrer do desenvolvimento. O aluno 08 relata “Quando a gente pensa que mudou errado, volta pro nosso brainstorm inicial.” Já a aluna 09 cita “Sei que é voltado para a fabricação digital, mas queria algo desses para a vida de projetos. Ia ser muito mais fácil de organizar”.

Além disso, a possibilidade de registrar continuamente decisões, hipóteses e revisões ao longo do processo conferiu maior clareza sobre o que já havia sido feito e quais aspectos ainda precisavam de atenção. Essa rastreabilidade das ações, somada à visão integrada de todo o percurso, foi percebida como um diferencial importante em comparação a métodos mais empíricos ou desorganizados.

Esse foi um segundo benefício enxergado durante as oficinas, a visão ampla do projeto. Com as anotações, principalmente na versão física, os alunos conseguiram enxergar todo o projeto, seus conceitos, parâmetros, com as avaliações de cada etapa para conseguir modificar o que era necessário. A aluna 10 exemplifica isso: “A gente consegue realmente ter essa visão de malha... como os pontos se entrelaçam.”.

Essa visão geral do projeto sempre foi um dos conceitos buscados desde o início da criação da ferramenta. O projetista ter uma noção completa de todo o seu projeto para conseguir visualizar e entender pontos de melhoria. Isso só foi conseguido com a ferramenta na versão física.

Tudo isso proporciona também uma visão holística do projeto ao projetista, permitindo que ele compreenda as inter-relações entre as áreas da ferramenta e consequentemente do processo de projeto. O projetista consegue visualizar o impacto de suas decisões ao longo de todo o processo favorecendo a antecipação de problemas, a identificação de conexões entre diferentes fases do projeto e o fortalecimento da coerência entre a intenção inicial e o resultado final. Como relata a aluna 03 na primeira oficina: “eu tendia a pular de uma ideia

para outra sem conclusão, e a ferramenta ajudou a focar, testar uma ideia por vez e realizar melhorias antes de abandonar ou mudar completamente.”

Essa visão sistêmica é particularmente relevante em contextos complexos como o da fabricação digital, em que decisões iniciais impactam diretamente as etapas finais de prototipagem e montagem. Assim, a ferramenta atua como organizadora, bem como mediadora cognitiva, promovendo um aprendizado mais profundo sobre o processo projetual e suas interdependências, tal como defende Lawson (2006), ao tratar da importância da visão global no pensamento de projeto.

Com base nos retornos obtidos por meio dos questionários, grupos focais e observações diretas durante as oficinas, foi possível consolidar a versão final da ferramenta. Essa análise permitiu aprimorar sua estrutura, linguagem visual e aplicabilidade prática. A ferramenta passou a apresentar um formato mais claro, com orientações objetivas e uma lógica de uso que acompanha o raciocínio projetual de forma fluida. Assim, o usuário é guiado pelas etapas de forma progressiva e coerente, o que contribui para maior clareza na tomada de decisões e organização das ações ao longo do desenvolvimento do projeto.

Com a versão física, a ferramenta se mostrou eficaz para o uso individual bem como coletivo e colaborativo. Ao permitir a manipulação direta dos elementos estimula a troca de ideias e o pensamento compartilhado. Essa característica favorece sua adoção por diferentes perfis de projetistas, desde estudantes até profissionais experientes, e potencializa a difusão não apenas da ferramenta em si, mas também dos princípios associados ao design paramétrico e à fabricação digital.

A versão final da ferramenta possibilita um uso facilitado sem a necessidade de um mediador para sua aplicação. Assim, a ferramenta assume um papel formativo e transformador, funcionando como um catalisador para práticas projetuais mais conscientes, estruturadas e inovadoras.

4.3. Artefatos

Os artefatos desenvolvidos foram resultado direto da aplicação prática do processo projetual proposto. Desde as primeiras ideias até os protótipos em escala 1:1, cada etapa contribuiu para comprovar conceitos, parâmetros e decisões projetuais. A cada iteração, ajustes importantes foram feitos com base nas análises do uso, conforto e adequação ao contexto do usuário, nesse caso específico, das habitações compactas. Essa evolução contínua permitiu alcançar um nível de refinamento formal, funcional e construtivo, evidenciando o potencial desse processo em orientar decisões coerentes com as necessidades do usuário e as possibilidades da fabricação digital.

Figura 39 – Protótipos conjunto mesa e cadeira em escala 1:1

Fonte: Autoria Própria

Além disso, eles apresentaram uma forte integração entre forma, função e técnica. A aplicação de parâmetros relacionados à antropometria, modularidade e multifuncionalidade tornou possível a criação de móveis que se adaptam a diferentes situações de uso e otimizam o espaço disponível, sem perder a qualidade estética ou estrutural. Ao mesmo tempo, o uso da fresagem CNC viabilizou a construção precisa das peças, mesmo em um curto espaço de tempo, destacando a eficiência do processo. Esses resultados reforçam o valor da abordagem adotada e mostram como o processo aqui criado pode contribuir no campo acadêmico e na prática profissional do design e da arquitetura.

Eles também demonstraram maturidade técnica e conceitual, apresentando-se como soluções viáveis para aplicação em habitações compactas. Abrem espaço para novas discussões sobre alternativas de mobiliário adaptável e inteligente, capazes de responder aos desafios contemporâneos do habitar em espaços reduzidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento do processo projetual, foi possível entender processos e métodos, novas tecnologias como parametrização e fabricação digital. Fundamentada na articulação entre as três áreas, tendo o usuário como protagonista do projeto, auxiliado pela flexibilidade e adaptação possibilitadas pelo PDT e testadas com os níveis de maturidade dos protótipos alcançados com o TRL, se alcança uma adaptação constante de acordo com as decisões e necessidades específicas de cada projeto.

Com a sua lógica, auxiliado pelo uso da ferramenta, é possível pressupor que o cumprimento de cada etapa será realizado, diminuindo erros ou retrabalhos desnecessários. Isso foi demonstrado com desenvolvimento dos artefatos que se mostraram essenciais para analisar e ajustar cada etapa proposta, reforçando a importância de unir teoria e prática com dialogo e em constante evolução. Prática que foi facilitada pelo uso da Fabricação Digital.

A fabricação digital é pouco disseminada nas áreas de arquitetura e construção civil, diferentemente de outras áreas como o design de produtos e industrias (Scheeren, 2021). Com os avanços possíveis alcançáveis com a FD é importante uma modernização da indústria da construção civil, garantindo um maior controle e precisão das tarefas e baixo risco de acidentes (Scheeren, 2021). Scheeren (2021) ainda afirma que essa restrição do uso da FD nessa área pode acontecer por conta de fatores regionais, acesso a insumos, bem como a limitação do conhecimento técnico para sua aplicação (Scheeren, 2021).

Isso demonstra a necessidade de buscar formas de difundir essa técnica. O processo desenvolvido nessa pesquisa pode ser um meio de disseminar a inclusão da fabricação digital nos processos projetuais existentes, devido a sua facilidade de uso. Como os participantes das oficinas relataram, seu uso facilitou enxergar a fabricação digital desde o início, “Ela ajuda a focar mais na fabricação digital.” (Aluno 08). Assim o processo projetual consegue ajudar a entender os meios disponíveis para que a fabricação digital seja parte do processo projetual desde o início, ajudando a obter melhores resultados, “Desde o início, a noção dos planos seriados foi importante.” (Aluna 09).

A ferramenta que apoiou todo o processo projetual demonstrou resolver as complexidades dos projetos realizados. Desde o início estruturando e organizando as diretrizes necessárias, auxiliando a ter uma visão ampla do projeto até chegar ao resultado desejado. A partir dos distintos projetos realizados nas oficinas e como os participantes usaram a ferramenta para desenvolver seus produtos, pode-se entender que ela se mostra efetiva para diversas áreas independentemente do problema a ser resolvido.

Na área da habitação compacta, os problemas se repetem pois o usuário final não é o protagonista. Todos os estudos que buscam uma solução para tais problemas só apontam para o aumento de áreas, mas essas habitações continuam sendo construídas com dimensões mínimas. Pereira (2015) indica que a quantidade de estudos e propostas neste tema e a continuação dos mesmos problemas até hoje faz parecer que nada disso foi entendido. “Pode parecer que não existe uma solução, que a arquitetura já chegou no seu limite, sem mais formas de contribuição” (Pereira, 2015).

Por isso é preciso pensar diferente, buscar soluções que mudem o panorama das pessoas que vivem atualmente nessas habitações e que precisam realizar suas atividades com conforto. O mobiliário flexível como forma de adequar essas habitações, foge do senso comum como uma busca viável para a resolução desse problema.

A ferramenta permite a visualização ampla e integrada do projeto, colocando o usuário no centro das discussões. Ela oferece um caminho estruturado e ao mesmo tempo flexível, capaz de auxiliar na resolução de problemas complexos como o das habitações compactas. Isso permite que os projetistas avancem de forma mais consciente e crítica, promovendo soluções que dialogam diretamente com as reais demandas de diferentes contextos.

Mesmo sem a ambição de reformular todo o mercado e a habitação, o uso desse processo nesse contexto abre espaço para a reflexão, sendo um possível primeiro passo a pensar de outras formas e tentar modificar esse panorama que há tanto tempo permanece sendo estudado sem encontrar uma solução. Oferecendo caminhos viáveis e mais adequados à realidade dos usuários.

Os artefatos desenvolvidos com o uso do processo projetual aqui desenvolvido, mesa e cadeira flexíveis, reforçam esse potencial transformador. Ambos foram concebidos a partir de diretrizes projetuais centradas no usuário e materializados com o auxílio da fabricação digital. Esses artefatos demonstram a capacidade que esse processo tem de orientar soluções mais eficientes, contextualizadas e coerentes com as exigências do mundo contemporâneo, apontando para um futuro projetual mais sensível, adaptável e inovador.

Esses mobiliários podem ser usados nos diversos tipos de habitações compactas como as HIS, habitações temporárias e de emergência, bem como as residências universitárias. É possível ainda de serem adotados como critérios básicos para futuras habitações sociais a serem implantadas e até mesmo serem entregues já com as unidades.

As oficinas aplicadas com estudantes e profissionais foram fundamentais para a avaliação e ajustes da ferramenta, trazendo à tona percepções reais sobre sua funcionalidade, formas de seu uso e impacto no processo criativo. A interação com diferentes públicos

também revelou possibilidades de aprimoramento, especialmente no formato da apresentação e nos recursos de apoio, como a versão física.

Os resultados obtidos demonstram o potencial do processo para se tornar uma ferramenta eficaz de apoio ao projeto. Ele promoveu uma maior clareza no percurso projetual, estimulando decisões fundamentadas e facilitando a prototipagem rápida e precisa por meio de recursos digitais.

A combinação das áreas UX, PDT e TRL conferem ao processo uma flexibilidade metodológica do projeto em diferentes contextos, usuários e objetivos. Dessa forma o processo apresenta potencial de versatilidade e adaptabilidade em diferentes escalas e perfis de projeto, seja em cenários profissionais ou acadêmicos. Tal potencial foi evidenciado nos grupos focais realizados com os participantes das oficinas, nos quais os próprios alunos destacaram que gostariam de aplicar a ferramenta em outros projetos além da oficina.

É importante ressaltar que a fabricação dos protótipos, serviu também para a aprendizagem do funcionamento das máquinas utilizadas na fabricação digital, especialmente as CNC, fresa e laser. Em específico foi utilizada a Snapmaker A350 T adquirida pelo LM+P, Laboratório de Modelos e Prototipagem da UFPB, com recursos provenientes do edital da Finep, projeto PROTinHub.

O LM+P teve uma contribuição significativa para os resultados. O ambiente do laboratório proporcionou a oportunidade de participar de discussões aprofundadas e de compartilhar experiências com outros pesquisadores, fomentando o desenvolvimento de ideias e a aplicação prática dos conceitos aprendidos. As atividades do LM+P, focadas em processos projetuais e fabricação digital, ampliaram a compreensão sobre o tema da pesquisa, ao mesmo tempo que proporcionaram acesso a tecnologias e recursos fundamentais para a execução dos protótipos e testes necessários.

O progresso alcançado também foi fortemente apoiado pelas disciplinas oferecidas pelo PPGAU, cursadas durante o primeiro ano do curso. O aprendizado obtido nessas disciplinas foi aplicado diretamente na pesquisa, desempenhando um papel fundamental na obtenção dos resultados. Elas auxiliaram na compreensão mais profunda de conceitos-chave, como processos projetuais, fabricação digital, ergonomia e parametrização, todos essenciais para alcançar os objetivos traçados. Além disso, o ambiente acadêmico proporcionado pelo PPGAU possibilitou a troca de ideias e a colaboração com outros pesquisadores, enriquecendo ainda mais a aprendizagem.

Portanto, as etapas do mestrado, somadas ao conteúdo das disciplinas e à vivência no laboratório LM+P, permitiram a execução das atividades, determinantes para garantir a

qualidade e a profundidade dos resultados obtidos. Esse acúmulo de conhecimento contínuo beneficiou a pesquisa atual, e pode beneficiar também futuras iniciativas na área.

Outra etapa fundamental para o aprofundamento da pesquisa foi a residência realizada no Fablab da Universidad de Chile. Toda a troca de conhecimento com outras áreas além da arquitetura e o conhecimento de outras formas de utilização da fabricação digital e cultura de outro país também trouxeram grandes ganhos.

Ao longo de todo o desenvolvimento, cada etapa teve seu papel fundamental para o aprimoramento projetual, como também pessoal. Desde a concepção do processo projetual, desenvolvimento da ferramenta, familiarização com as tecnologias de fabricação digital, parametrização e softwares existentes criam uma compreensão mais profunda das diversas possibilidades como pesquisador a partir dessa ampliação do repertório técnico. Todo aprendizado adquirido foi importante para o desenvolvimento individual e como parte da equipe do laboratório, auxiliando em pesquisas em execução.

Cada uma das etapas ao longo de toda a pesquisa desempenha um papel crucial no processo de aprendizagem, contribuindo de forma exponencial para a construção de conhecimento e a execução de todas as fases. O caráter cumulativo desse processo permitiu a aquisição de novos saberes com a integração de diferentes áreas de conhecimento, que é essencial para enfrentar os desafios de cada etapa com maior clareza e confiança. Esse aprendizado contínuo favoreceu uma visão mais ampla e estratégica do projeto, permitindo ajustes e melhorias em tempo real, ao mesmo tempo em que fortaleceu habilidades técnicas e metodológicas.

Como desdobramentos futuros, destaca-se a possibilidade de ampliar a aplicação do processo em contextos profissionais reais, testar seu uso em outras áreas além do design de mobiliário e explorar formas de digitalização mais interativas, como plataformas online ou sistemas responsivos que acompanhem o fluxo de projeto. Também se abrem caminhos para aprofundar a investigação sobre a integração entre parametrismo e saberes locais, potencializando o uso de tecnologias digitais em soluções regionalizadas e sustentáveis.

Além de otimizar o desenvolvimento das etapas da pesquisa, esse acúmulo de conhecimento ofereceu uma base sólida para o avanço do campo em pesquisas futuras. Em síntese, esta dissertação propôs um processo de projeto que também refletiu sobre os caminhos do fazer projetual em tempos de transformação digital, propondo uma metodologia que se estrutura a partir da prática, do diálogo entre áreas e da escuta atenta às necessidades do usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 9241-210: Ergonomia da interação humano-sistema - Parte 210: Projeto centrado no ser humano para sistemas interativos. Rio de Janeiro, 2024

ABERGO. **O que é Ergonomia**. [*S. l.*], 2020. Disponível em: https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia. Acesso em: 19 maio 2025.

ANDERSSON, Mira; BOATENG, Kofi; ABOS, Pro. Validity and Reliability: The extent to which your research findings are accurate and consistent. [*s. l.*], 2024.

BARBOSA, Mirella de Souza. **ARQUITETURA FLEXÍVEL: UM DESAFIO PARA UMA MELHOR QUALIDADE HABITACIONAL**. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/11663/1/Arquivototal.pdf. Acesso em: 23 mar. 2023.

BARTH, Fernando; VEFAGO, Luiz Henrique M.; VASCONCELOS, Cláudia. COMPACIDADE DOS ESPAÇOS ARQUITETÔNICOS | MIX Sustentável. [*s. l.*], 2017. Disponível em: https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/1869. Acesso em: 24 maio 2024.

BHOOSHAN, Shajay. Parametric design thinking: A case-study of practice-embedded architectural research. **Design Studies**, [*s. l.*], v. 52, p. 115–143, 2017.

CABRAL, Eduardo Benites. **SISTEMA DE CUSTOMIZAÇÃO DE MOBILIÁRIO PARAMÉTRICO APLICADO AO CONTEXTO MAKER**. 2021. 193 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, 2021. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/249832. Acesso em: 4 maio 2023.

CARDOSO, Eduardo. A contribuição da prototipagem com emprego de fresadora CNC no processo de design de produto [The contribution of prototyping with the use of CNC milling machine in the process of product design]. *In*: , 2010. **SIGraDi 2010_Proceedings of the 14th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, pp. Bogotá, Colombia, November 17-19, 2010, pp. 58-61**. [*S. l.*]: CUMINCAD, 2010. Disponível em: https://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/sigradi2010_58. Acesso em: 21 set. 2023.

CRESWELL, John W; CRESWELL, J David. Mixed Methods Research: Developments, Debates, and Dilemmas. **Research in organizations: foundations and methods of inquiry**, [*s. l.*], v. 1, p. 12, 2010.

CROSS, Nigel. *Designerly ways of knowing*. London: Springer, 2006.

DA SILVA, Edna; MENEZES, Estera. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. [*S. l.: s. n.*], 2005.

FELIPE, Bárbara. **TAXONOMIA PARA FABRICAÇÃO DIGITAL:** 2023. 247 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/28835. Acesso em: 25 jun. 2024.

FLORIO, Wilson. CONTRIBUIÇÕES DO BUILDING INFORMATION MODELING NO PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA. **III Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil**, [*s. l.*], 2007.

FOLZ, Rosana Rita. INDUSTRIALIZAÇÃO DA HABITAÇÃO MÍNIMA: DISCUSSÃO DAS PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS DE ARQUITETOS MODERNOS – 1920-1930. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, [*s. l.*], v. 12, n. 13, 2005.

FORD, Jasmine; GOMEZ-LANIER, Lilia. Are Tiny Homes Here to Stay? A Review of Literature on the Tiny House Movement. **Family and Consumer Sciences Research Journal**, [*s. l.*], v. 45, n. 4, p. 394–405, 2017.

GASPERIN, Fernanda Fontana De. **GUIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE MOBILIÁRIO PARAMÉTRICO CUSTOMIZÁVEL COMPATÍVEL COM A EDIÇÃO EM FERRAMENTA BIM**. 2021. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, 2021. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/221415. Acesso em: 25 abr. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, Rute Andreia Lourenço. **Design de mobiliário para um uso flexível da habitação**. 2017. doctoralThesis - Universidade de Lisboa, Faculdade de Arquitetura, [*s. l.*], 2017. Disponível em: https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/14114?mode=full. Acesso em: 10 abr. 2024.

GONÇALVES, Iga Jandir de Lima. **O habitar mínimo**. 2013. masterThesis - Universidade de Évora, [*s. l.*], 2013. Disponível em: https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10956. Acesso em: 24 mar. 2025.

HELLER, Eva. *A Psicologia das Cores: como as cores afetam a emoção e a razão*. 12. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**.** Número médio de moradores por domicílio nos municípios brasileiros. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/indicadores. Acesso em: 30 março de 2025.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Lia de Macedo Guimarães. **Ergonomia: projeto e produção**. [*S. l.*]: Editora Edgard Blucher, 2016.

IWAMOTO, Lisa. **Digital fabrications: architectural and material techniques**. New York: Princeton Architectural Press, 2009. (Architecture briefs).

KERKHOFF, Hélen Vanessa. **Mobiliário para Habitação de Interesse Social: conflitos, percepção e satisfação dos usuários.** 2017. 237 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017. Disponível em: https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/5242. Acesso em: 10 maio 2023.

KOLAREVIC, Branko; MALKAWI, Ali (org.). **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005.

LACERDA, Daniel Pacheco *et al.* Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, [*s. l.*], v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

LAWSON, Bryan. *How designers think: the design process demystified*. 4. ed. Oxford: Architectural Press, 2006.

LEMOS, Sérgio Manuel Coimbra. **Artefactos economizadores de espaço**. 2006. masterThesis[*s. l.*], 2006. Disponível em: https://digituma.uma.pt/handle/10400.13/3737. Acesso em: 17 abr. 2024.

LOGSDON, Louise *et al.* FLEXIBILIDADE NA HABITAÇÃO SOCIAL: A PRÁTICA E A TEORIA EM BUSCA DA QUALIDADE ESPACIAL. *In*: VI SIMPOSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUIDO, 2019a. (Túlio Márcio de Salles Tibúrcio & Claudino Lins Nóbrega Junior, Org.)**ANAIS DO VI SIMPOSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUIDO**. [*S. l.*]: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 1550–1560. Disponível em: http://www.eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/139_f_flexibilidade_na_habitacao_113.pdf. Acesso em: 18 set. 2023.

LOGSDON, Louise *et al.* FUNCIONALIDADE E MOBILIÁRIO DA HABITAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES PARA O PROJETO DE MORADIAS SOCIAIS. **Arquitetura Revista**, [*s. l.*], v. 15, n. 2, p. 212–237, 2019b.

MANKINS, John C. TECHNOLOGY READINESS LEVELS. [*s. l.*], 2004. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf. Acesso em: 20 maio 2024.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

MORGAN, David L. *Focus groups as qualitative research.* 2. ed. Thousand Oaks: Sage publications, 1997.

NORMAN, Donald A. **The design of everyday things**. Rev. and expanded editioned. Cambridge (Mass.): MIT press, 2013.

OLIVEIRA, Amanda Aline Alves De; SAKURAI, Tatiana. Fabricação digital e DIY: Pesquisa de soluções para a criação de um mobiliário nômade. *In*: XXI CONGRESO INTERNACIONAL DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 2017, Concepción, Chile. **Blucher Design Proceedings**. Concepción, Chile: Editora Blucher, 2017. p. 48–55. Disponível em: http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/27604. Acesso em: 13 set. 2023.

OXMAN, Rivka. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. **Design Studies**, [*s. l.*], v. 52, p. 4–39, 2017.

PANERO, Julius Panero; ZELNIK, Martin. Dimensionamento humano para espaços interiores. Gustavo Gili Portugal, 2008.

PAZMIÑO, Ana Verónica. *Como se cria: 40 métodos para design de produtos*. São Paulo: Blucher, 2021.

PEREIRA, G. M. Funcionalidade e qualidade dimensional na habitação: contribuição à NBR 15.575/2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 234, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/159404. Acesso em: 10 abr. 2023.

PINHEIRO, Olympio José; EGUCHI, Haroldo Coltri. MODERNISMO COMO FUNDAMENTALISMO RELIGIOSO. **Proceedings of World Congress on Communication and Arts**, [*s. l.*], v. 5, n. 0, p. 302–304, 2013.

POTZ, Maciej. THE SHAKERS TIMELINE. [*s. l.*], 2019.

RAMÍREZ PEÑA, Arlene; BRANDÃO, Douglas. Habitações de Interesse Social evolutivas: análise de projetos flexíveis quanto à construtibilidade no momento de ampliação. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2014. **Anais [...]**. [*S. l.: s. n.*], 2014. p. 1993–2002. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_248.pdf. Acesso em: 9 out. 2023.

SALINGAROS, Nikos A. *et al.* **Habitação social na América Latina: geometria do controle**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/913584/habitacao-social-na-america-latina-geometria-do-controle. Acesso em: 9 out. 2023.

SAUGO, Andreia; MARTINS, Marcelle Salles. A SUSTENTABILIDADE SOCIAL E OS NOVOS PROJETOS DE EMPREENDIMENTOS HABITACIONAIS. **OCULUM ENSAIOS**, [*s. l.*], 2012.

SCHEEREN, Rodrigo. **Fabricação digital na América do Sul: laboratórios, estratégias, processos e artefatos para o design, a arquitetura e a construção**. 2021. 300 f. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2021. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102132/tde-05042022-173034/. Acesso em: 9 out. 2023.

SHIMAO, Maurício Nakane; SILVA, Helena Aparecida Ayoub. Habitação mínima: formas de viver em espaços reduzidos. [*s. l.*], 2020. Disponível em: https://bdta.abcd.usp.br/item/003036692. Acesso em: 19 mar. 2025.

SILVA, Renato Fonseca Livramento da. **Três: ferramenta para auxiliar fases inicias de projeto com base em sistemas sensoriais, princípios de usabilidade e desenho universal**. [*S. l.*], 2020. Tese. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br. Acesso em: 28 maio 2025.

SILVA JUNIOR, Félix Alves da. **O USO DE ALGORITMOS E DE SISTEMAS PARAMÉTRICOS NA CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA DE PEQUENAS RESIDÊNCIAS**. 2011. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011. Disponível em: https://www.repositorio.unb.br/handle/10482/8899. Acesso em: 13 abr. 2023.

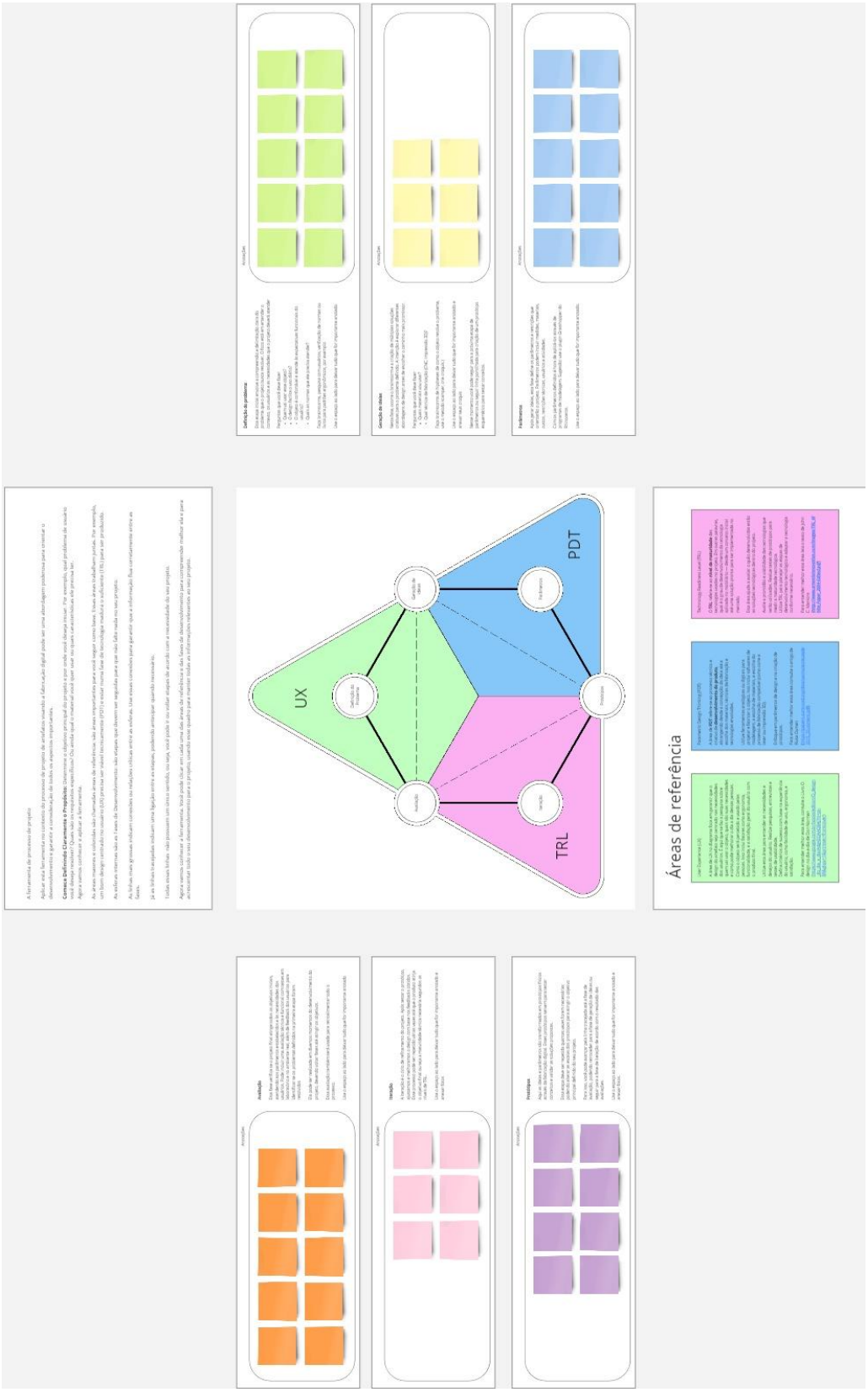
TEIXEIRA, Fabio. Uso da Fabricação Digital e Prototipagem no Desenvolvimento do Projeto de Produto: Análises do Produto através de Simulações Digitais. **Proceedings of the XVII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - SIGraDi: Knowledge-based Design**, [*s. l.*], 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/77118372/Uso_da_Fabrica%C3%A7%C3%A3o_Digital_e_Prototipagem_no_Desenvolvimento_do_Projeto_de_Produto_An%C3%A1lises_do_Produto_atrav%C3%A9s_de_Simula%C3%A7%C3%B5es_Digitais. Acesso em: 4 out. 2024.

VAN DER LINDEN, Júlio Carlos de Souza; LACERDA, André Pedroso de; AGUIAR, João Pedro Ornaghi de. The evolution of design methods. *In*: , 2012. **ResearchGate**. [*S. l.: s. n.*], 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273704768_The_evolution_of_design_methods. Acesso em: 3 jun. 2025.

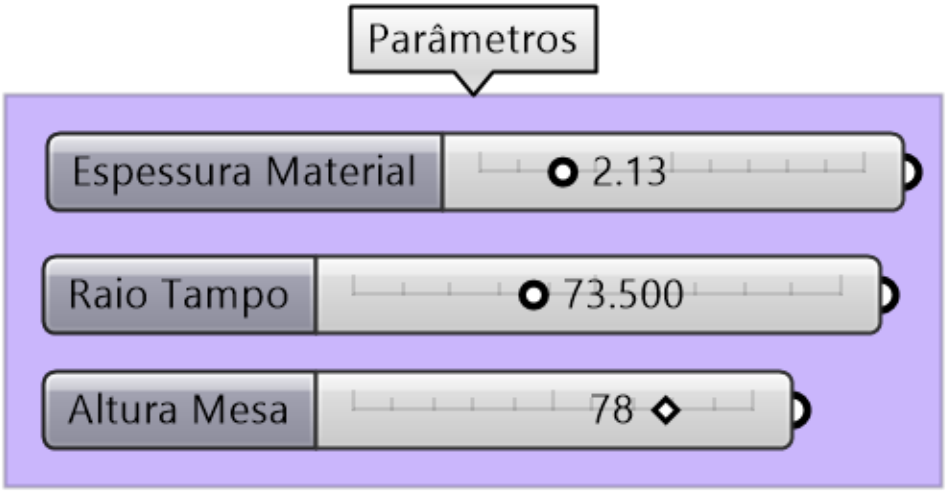
VILLA, Simone Barbosa; CARVALHO, Luiz Gustavo Oliveira de. FUNCIONALIDADE DO HABITAR SOCIAL: metodologias e soluções projetuais para uma melhor qualidade habitacional. [*s. l.*], 2012.

ANEXOS

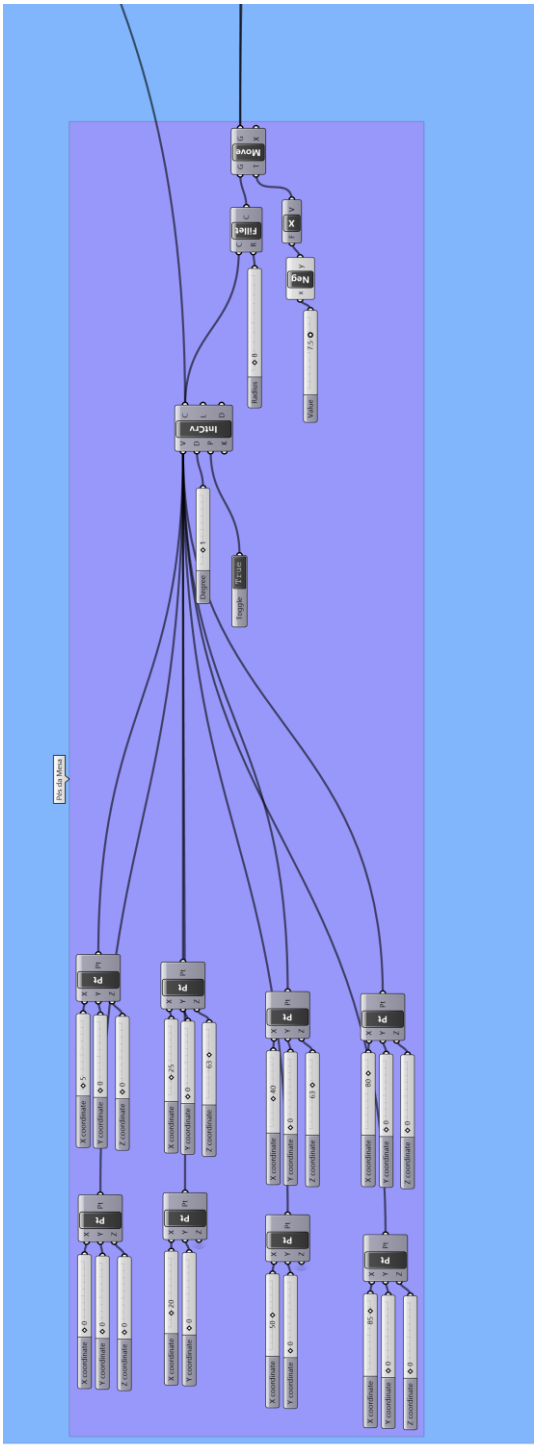
ANEXO A – FERRAMENTA DE PROCESSO PROJETUAL



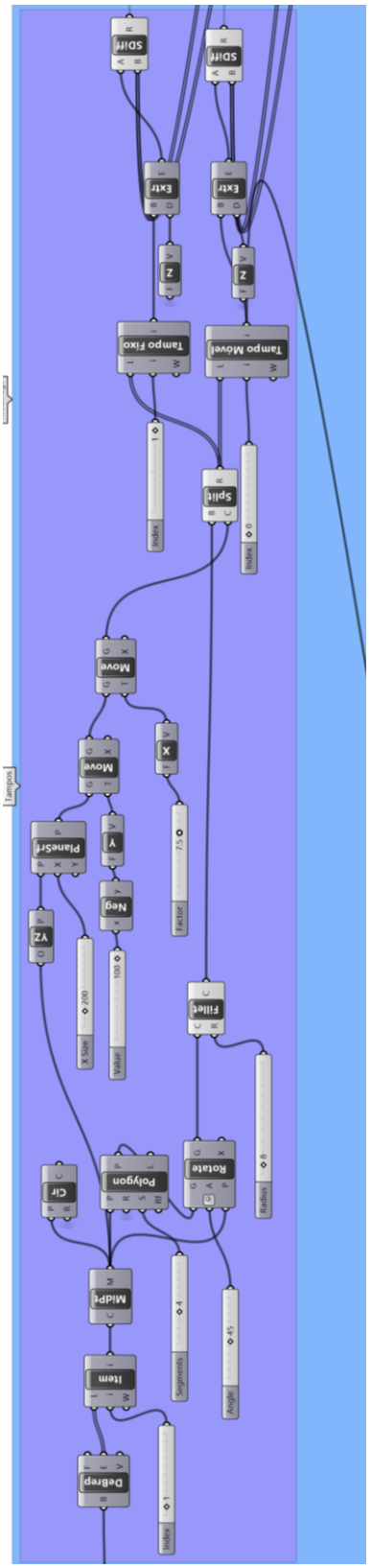
ANEXO B – PARÂMETROS DO OBJETO NO GRASSHOPPER



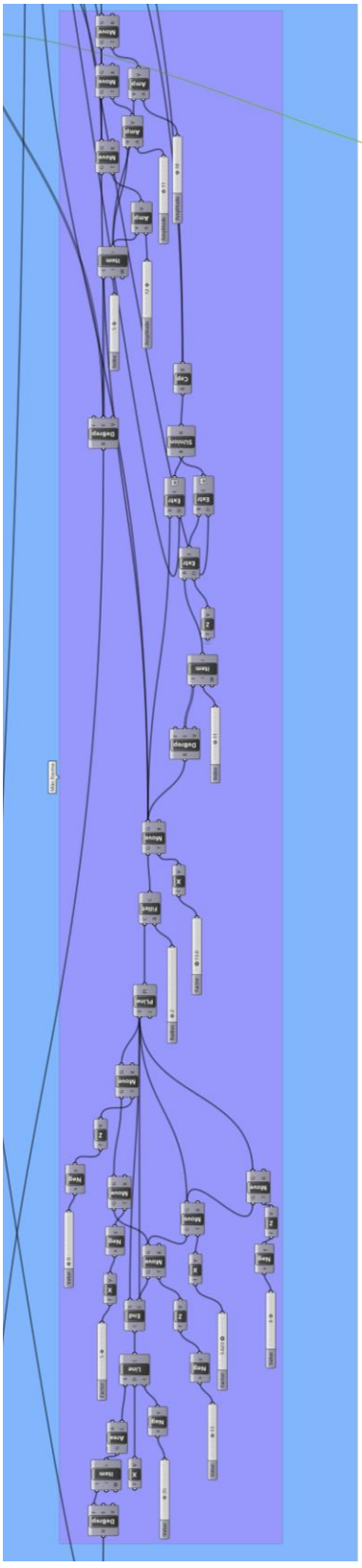
ANEXO C – CÓDIGO PERNAS DO OBJETO NO GRASSHOPPER



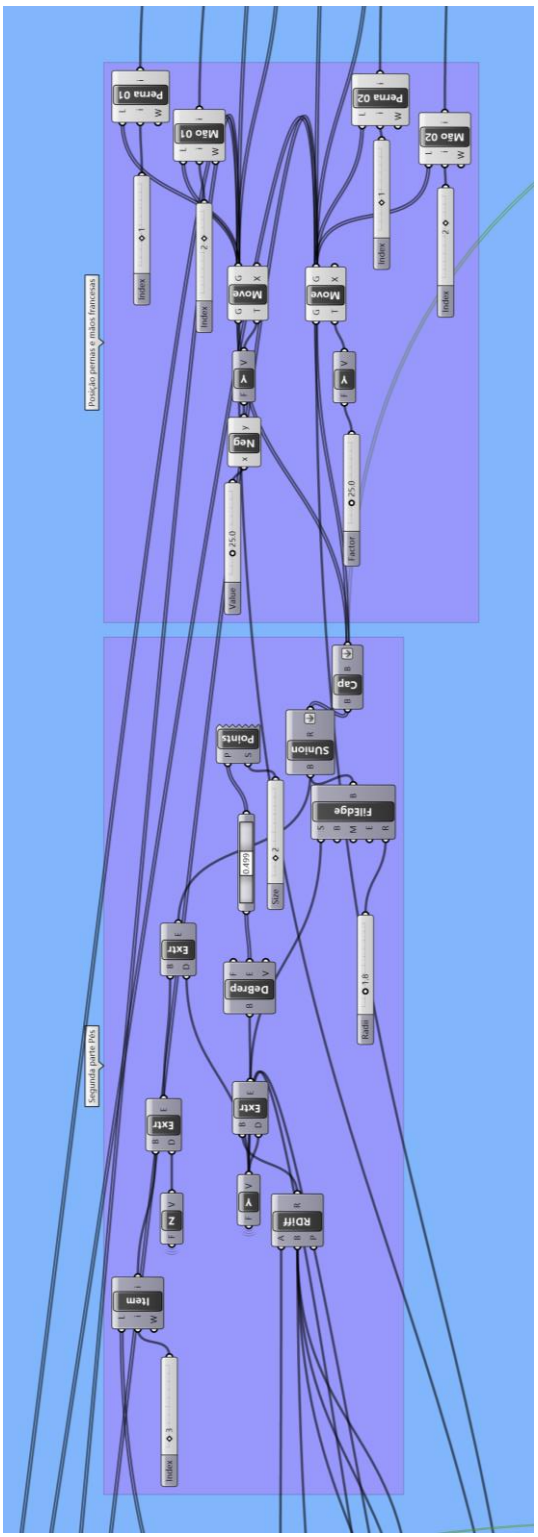
ANEXO D – CÓDIGO TAMPOS DO OBJETO NO GRASSHOPPER



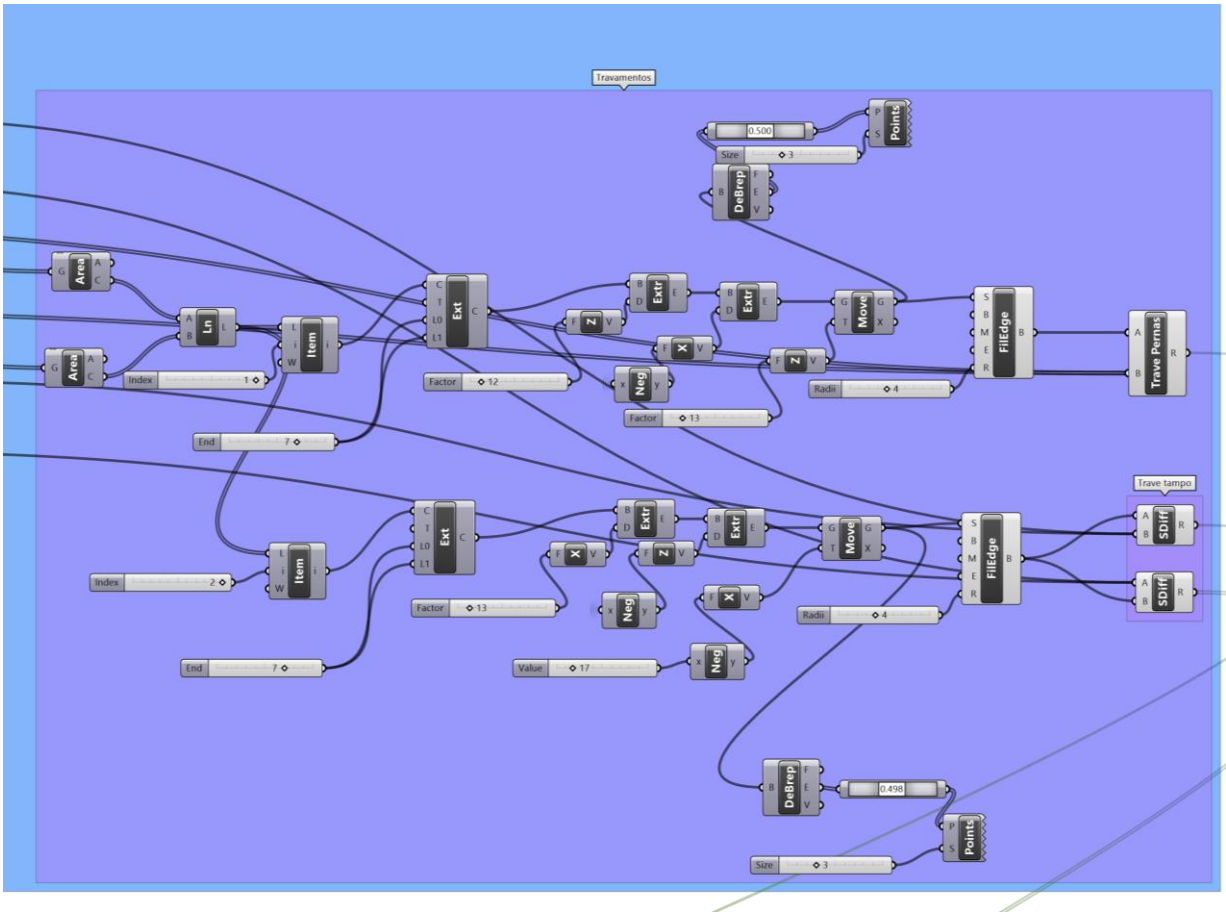
ANEXO E – CÓDIGO MÃO FRANCESA DO OBJETO NO GRASSHOPPER



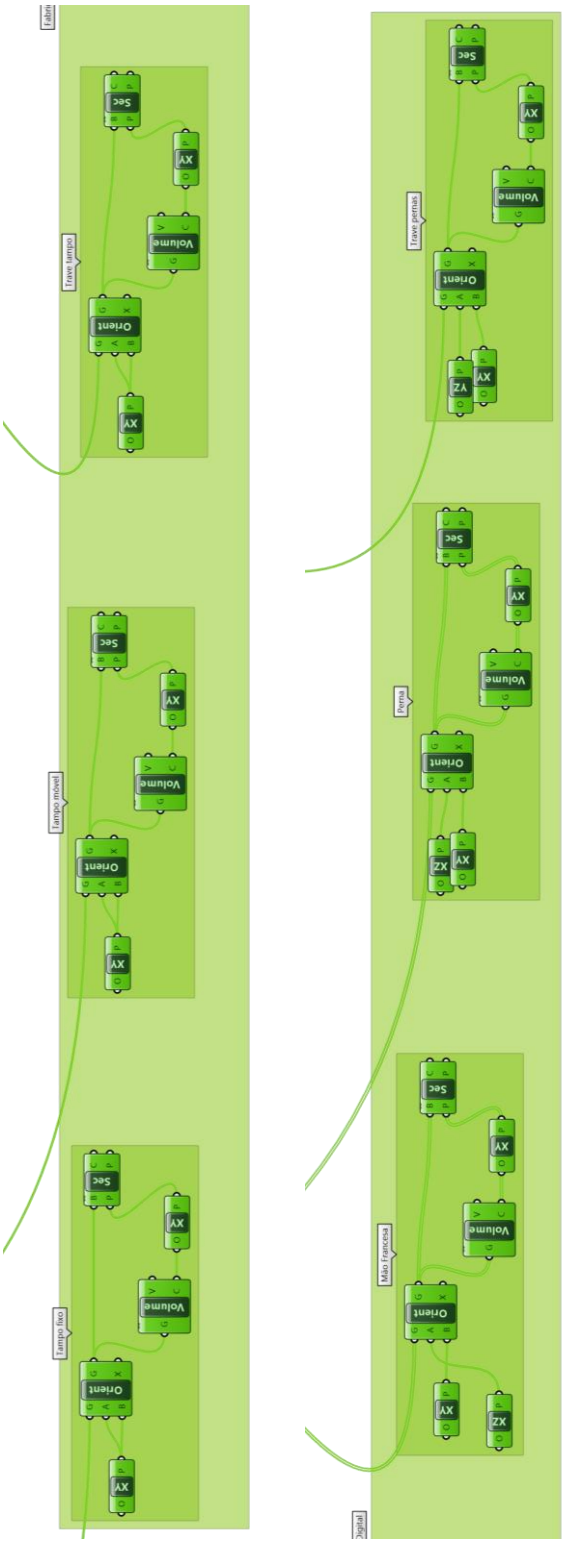
ANEXO F – CÓDIGO SEGUNDA PARTE MÃO FRANCESA DO OBJETO NO GRASSHOPPER



ANEXO G – CÓDIGO TRAVAMENTOS DO OBJETO NO GRASSHOPPER



ANEXO H – CÓDIGO PARA FABRICAÇÃO DIGITAL NO GRASSHOPPER



ANEXO I – QUESTIONÁRIO ENVIADO AO COMITÊ DE ÉTICA DA UFPB

A seguir, você encontrará uma série de afirmações sobre o diagrama de processo projetual voltado à fabricação digital. Por favor, leia cada uma delas com atenção e indique seu nível de concordância, utilizando a escala de 1 a 5, em que:

1. Discordo totalmente
2. Discordo
3. Neutro
4. Concordo
5. Concordo totalmente

Primeira Etapa

Compreendi a estrutura geral da ferramenta de processo projetual.

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Consegui identificar o papel do UX dentro do processo?

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Consegui identificar o papel do PDT dentro do processo?

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Consegui identificar o papel do TRL dentro do processo?

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo

- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Consegui identificar as fases de desenvolvimento do processo projetual?

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Segunda etapa

A ferramenta ajudou a seguir as etapas do desenvolvimento do projeto?

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Consegui fazer a integração das 3 áreas no projeto?

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

A ferramenta ajudou a seguir as etapas do desenvolvimento do projeto.

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

A ferramenta facilitou a organização e o sequenciamento das tarefas do projeto.

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

A ferramenta facilitou a inserção das necessidades do usuário no desenvolvimento do projeto

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

A ferramenta ajudou a identificar os parâmetros necessários para o projeto.

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

A ferramenta facilitou a iteração do processo a cada etapa.

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

A ferramenta contribuiu para a redução do tempo de desenvolvimento do projeto.

- ( ) 1 - Discordo totalmente
- ( ) 2 - Discordo
- ( ) 3 - Neutro
- ( ) 4 - Concordo
- ( ) 5 - Concordo totalmente

Grupo focal

8. Como a ferramenta contribuiu para o desenvolvimento de soluções?
9. Você acredita que a ferramenta proporcionou uma melhor compreensão do processo de fabricação digital?
10. Em que momento do processo você sentiu que a ferramenta foi mais útil?
11. Quais foram os maiores benefícios de utilizar a ferramenta no seu projeto?
12. Quais foram os principais desafios ao aplicar a ferramenta no desenvolvimento do projeto?
13. Qual o impacto da ferramenta no seu aprendizado sobre design e fabricação digital?
14. Quais melhorias você recomenda para o uso dessa ferramenta em disciplinas de projeto?

ANEXO J – LIVRETO COM EXPLICAÇÕES DE USO DA FERRAMENTA

P2FD

Ferramenta de Processo de Projeto Paramétrico visando a Fabricação Digital

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 2

FERRAMENTA 4

ÁREAS DE REFERENCIA 6

FASES DE DESENVOLVIMENTO 10

REFERÊNCIAS 18

APRESENTAÇÃO

Otimização da Fabricação Digital

Aplicar esta ferramenta no contexto do processo de projeto de artefatos visando a fabricação digital pode ser uma abordagem poderosa para orientar o desenvolvimento e garantir a consideração de todos os aspectos importantes.

Definições

Determine o objetivo principal do projeto e por onde você deseja iniciar. Por exemplo, qual problema de usuário você deseja resolver? Quais são os requisitos específicos? Ou ainda qual o material você quer usar ou quais características ele precisa ter.

Documente o processo

Mantenha todas as informações relevantes ao seu projeto organizadas dentro da ferramenta para consulta e aprimoramento contínuo.

3

Ferramenta

Áreas de Referência

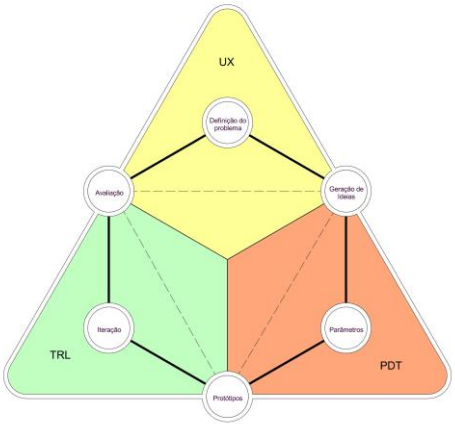
São áreas áreas coloridas que representam os principais pontos Usuário, PDT e TRL e que trabalham juntas

Fases de Desenvolvimento

Esferas internas que devem ser seguidas para que não falte nada no projeto.

Linhas de Conexão

O caminho que deve ser seguido e suas conexões. As linhas grossas indicam conexões críticas entre as esferas. As linhas tracejadas indicam ligações que podem ser antecipadas quando necessário.



5

Áreas de referência

São áreas importantes para você seguir como base. Essas áreas trabalham juntas. Por exemplo, um bom design centrado no usuário (UX) precisa ser viável tecnicamente (PDT) e estar numa fase de tecnologia madura o suficiente (TRL) para ser produzido.

User Experience (UX)

Conceito

Pesquisa sobre quem vai usar o objeto, suas necessidades e como o produto pode melhorar seu dia a dia

Métodos

Realize pesquisas, entrevistas e testes de usabilidade para entender as necessidades e desejos do usuário.

Critérios

Defina critérios com base na experiência do usuário, como facilidade de uso, ergonomia e satisfação.

Conteúdo apoio

Para entender melhor essa área, consulte o Livro O design no dia-a-dia de Don Norman no qrcode abaixo

Ir para Ferramenta

7

Parametric Design Thinking (PDT)

Conceito

A área de PDT refere-se ao processo técnico e criativo de desenvolvimento do produto, abrangendo desde a concepção da ideia até a escolha dos materiais, técnicas de fabricação e tecnologias envolvidas.

Métodos

Utilize ferramentas analógicas ou digitais para projetar e fabricar o objeto. Isso inclui softwares de modelagem, a escolha de materiais, e escolha do processo de fabricação compatível (como corte a laser ou impressão 3D).

Critérios

Enfoque em parâmetros de design e na criação de protótipos.

Conteúdo apoio

Para entender melhor essa área consulte o artigo de Rivka Oxman

Ir para Ferramenta

Technology Readiness Level (TRL)

Conceito

O TRL refere-se ao nível de maturidade das tecnologias usadas no projeto. Em outras palavras, qual é o grau de desenvolvimento da tecnologia aplicada no mobiliário — desde um conceito inicial até uma solução pronta para ser implementada no mercado.

Métodos

Avalie a prontidão e viabilidade das tecnologias que serão utilizadas. Realize testes de protótipos para medir a maturidade tecnológica.
Utilize TRL para planejar as etapas de desenvolvimento tecnológico e adaptar a tecnologia conforme necessário.

Critérios

Esta área ajuda a avaliar o quão desenvolvidas estão as soluções tecnológicas dentro do projeto

.

Conteúdo apoio

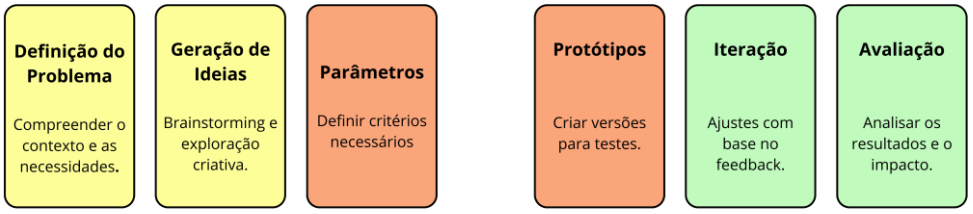
Para entender melhor essa área leia o texto de John C. Mankins.

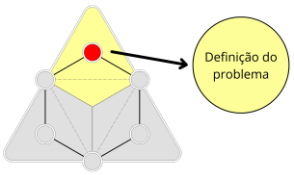
Ir para Ferramenta

9

Fases de Desenvovimento

São etapas que devem ser seguidas para que não falte nada no seu projeto.
As linhas mais grossas indicam conexões ou relações críticas entre as esferas. Use essas conexões para garantir que a informação flua corretamente entre as fases. Já as linhas tracejadas indicam uma ligação entre as etapas, podendo antecipar quando necessário.
Todas essas linhas não possuem um único sentido, ou seja, você pode ir ou voltar etapas de acordo com a necessidade do seu projeto.





Contexto

Esta etapa inicial envolve a compreensão e delimitação clara do problema que o projeto busca resolver. O foco está em entender o contexto, os usuários e as necessidades que o projeto deverá atender

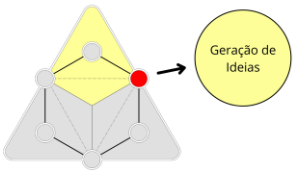
Compreensão

Quem vai usar esse objeto?
O design facilita o uso diário?
O objeto é confortável e atende às expectativas funcionais do usuário?
Quais as normas que ele precisa atender?

Estratégias

Faça brainstorms, pesquisa com usuários, verificação de normas ou livros para padrões ergonômicos, por exemplo.

Agora na ferramenta coloque tudo que for importante.



Contexto

Nesta fase, ocorre o brainstorm e a criação de múltiplas soluções criativas para o problema definido. A intenção é explorar diferentes abordagens de design antes de escolher o caminho mais promissor.

Compreensão

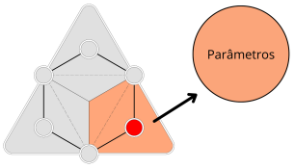
Quais materiais vou usar?
Qual técnica de fabricação (CNC, Impressão 3D)?

Estratégias

Faça brainstorms de hipóteses de como o objeto resolve o problema, use o método scamper, crie croquis.)

Ao finalizar esta etapa você pode seguir para a próxima etapa de parâmetros ou seguir linha pontilhada para criação de um protótipo esquemático para testar conceitos.

Agora na ferramenta coloque tudo que for importante.



Contexto

Após gerar ideias, esta fase define os parâmetros e restrições que orientarão o projeto.

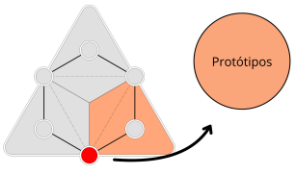
Compreensão

Parâmetros podem incluir medidas, materiais, custos, restrições técnicas, usuários e atividades.

Estratégias

Com os parâmetros definidos é hora de aplicá-los através de programas de modelagem. Sugestão: use o plugin Grasshopper do Rhinoceros.

Agora na ferramenta coloque tudo que for importante.



Contexto

Aqui as ideias e parâmetros são transformados em protótipos físicos através da fabricação digital. Esses protótipos servem para testar conceitos e validar as soluções propostas.

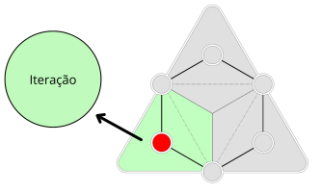
Compreensão

Essa etapa deve ser repetida quantas vezes forem necessárias podendo alterar as escalas dos protótipos para atingir o objetivo principal definido do seu projeto

Estratégias

Você pode avançar pela linha tracejada até a fase de avaliação, podendo retroceder para a fase de geração de ideias ou seguir para a fase de iteração de acordo com o resultado das avaliações.

Agora na ferramenta coloque tudo que for importante.



Contexto

A iteração é o ciclo de refinamento do projeto. Após testar o protótipo, ajustamos e melhoramos o design com base nos feedbacks obtidos.

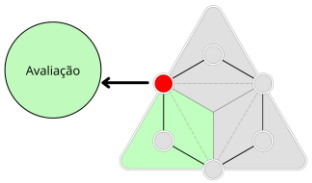
Compreensão

Essa etapa deve ser repetida quantas vezes forem necessárias podendo alterar as escalas dos protótipos para atingir o objetivo principal definido do seu projeto

Estratégias

Esse processo pode ser repetido várias vezes até que o produto atinja o objetivo final ou seja a maturidade técnica necessária segundos os níveis de TRL.

Agora na ferramenta coloque tudo que for importante.



Contexto

Esta fase verifica se o projeto final atinge todos os objetivos iniciais, atendendo aos parâmetros estabelecidos e às necessidades dos usuários.

Compreensão

Ela pode ser realizada em diversos momentos do desenvolvimento do projeto, devendo voltar fases até atingir os objetivos.

Estratégias

Pode incluir uma avaliação técnica e funcional com testes em laboratório e no ambiente real, além de feedback dos usuários para identificar se os problemas definidos na primeira etapa foram resolvidos

Agora na ferramenta coloque tudo que for importante. 17

Referências

FELIPE, Bárbara. TAXONOMIA PARA FABRICAÇÃO DIGITAL: 2023. 247 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/28835. Acesso em: 25 jun. 2024.

MANKINS, John C. TECHNOLOGY READINESS LEVELS. [s. l.], 2004. Disponível em: http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf. Acesso em: 20 maio 2024.

NORMAN, Donald A. The design of everyday things. Rev. and expanded editioned. Cambridge (Mass.): MIT press, 2013.

OXMAN, Rivka. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. Design Studies, [s. l.], v. 52, p. 4–39, 2017.

Sobre os Autores

Wladimir Tejo
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo PPGAU da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) na Linha de Pesquisa Projeto do Edifício e da Cidade. Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo (2013) pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Carlos Alejandro Nome:
Arquiteto e Urbanista formado pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998), Mestre em Engenharia de Produção também pela UFSC (2002) e PhD em Arquitetura pela Texas AM University System (2008), onde trabalhou com programação arquitetônica aplicada a espaços de trabalho, tendo realizado também um Pós-Doutorado novamente na UFSC, em 2009. Atualmente é integrante do Laboratório de Modelos e Prototipagem, (LM+P) da UFPB e coordena o grupo de pesquisa Desempenho e Inovação Aplicado a Projeto (DIAPROJ).

LM+P
Laboratório de Modelos e Prototipagem, atua na UFPB desde 2012, desenvolvendo pesquisas e ensino sobre processo projetual e ferramentas para novas tecnologias como a Fabricação Digital