

# GUIA PARA PROJETO PARAMÉTRICO VISANDO A FABRICAÇÃO DIGITAL: Mobiliário para Habitações Compactas

GUÍA DE DISEÑO PARAMÉTRICO PARA FABRICACIÓN DIGITAL: Mobiliario para Viviendas Compactas

GUIDE TO PARAMETRIC DESIGN FOR DIGITAL MANUFACTURING: Furniture for Compact Housing

TEJO, WLADIMIR

Mestre, Universidade Federal da Paraíba, wladimir.tejo@academico.ufpb.br

NOME, CARLOS

PhD, Universidade Federal da Paraíba, carlos.nome@academico.ufpb.br

## RESUMO

O processo de fabricação digital, ainda frequentemente conduzido de forma empírica, carece de um modelo estruturado que oriente de maneira clara e replicável suas etapas. Este artigo apresenta uma ferramenta projetual baseada em uma taxonomia para fabricação digital, articulando três pilares fundamentais: Experiência do Usuário (UX), *Parametric Design Thinking* (PDT) e *Technology Readiness Levels* (TRL). A ferramenta tem como objetivo central colocar o usuário no núcleo do processo, o que se mostra essencial em contextos como habitações compactas e Habitações de Interesse Social (HIS). A abordagem paramétrica permite gerar soluções adaptadas a diferentes restrições e cenários, favorecendo a customização em massa com custos próximos aos de processos padronizados. Integrada à fabricação digital, essa metodologia possibilita maior precisão no uso de materiais, redução de desperdícios e controle mais rigoroso sobre cada fase produtiva. A pesquisa utilizou o método *Design Science Research* (DSR), desenvolvendo paralelamente um mobiliário flexível, uma mesa de jantar/trabalho adaptável, para validar a ferramenta. Foram realizadas análises diacrônica e sincrônica, além da aplicação do TRL proposto por Mankins (2004), atingindo o nível 6 de maturidade tecnológica. Os resultados evidenciam que o uso da ferramenta estruturou e otimizou as etapas do processo, aprimorando a qualidade dos produtos, permitindo documentação detalhada, ajustes contínuos e replicabilidade em diversos contextos e futuros projetos.

PALAVRAS-CHAVES: processo projetual; fabricação digital; mobiliário flexível; experiência do usuário; design paramétrico.

## RESUMEN

El proceso de fabricación digital, aún realizado con frecuencia de forma empírica, carece de un modelo estructurado que guíe sus etapas de manera clara y replicable. Este artículo presenta una herramienta proyectual basada en una taxonomía para la fabricación digital, articulando tres pilares fundamentales: Experiencia del Usuario (UX), *Parametric Design Thinking* (PDT) y *Technology Readiness Levels* (TRL). El objetivo principal de la herramienta es situar al usuario en el centro del proceso, algo especialmente esencial en contextos como viviendas compactas y Viviendas de Interés Social (VIS). El enfoque paramétrico permite generar soluciones adaptadas a diferentes restricciones y escenarios, favoreciendo la personalización masiva con costos cercanos a los procesos estandarizados. Integrada con la fabricación digital, esta metodología permite un mayor control sobre el uso de materiales, reducción de desperdicios y precisión en cada fase de producción. La investigación adoptó el método *Design Science Research* (DSR), desarrollando paralelamente un mueble flexible — una mesa de comedor/trabajo adaptable — para validar la herramienta. Se realizaron análisis diacrónico y sincrónico, además de la aplicación del TRL propuesto por Mankins (2004), alcanzando el nivel 6 de madurez tecnológica. Los resultados evidencian que la herramienta estructuró y optimizó las etapas del proceso, mejorando la calidad del producto, permitiendo documentación detallada, ajustes continuos y replicabilidad en diversos contextos y futuros proyectos.

PALABRAS-CLAVES: proceso proyectual; fabricación digital; mobiliario flexible; experiencia del usuario; diseño paramétrico

## ABSTRACT

The digital fabrication process, still often carried out empirically, lacks a structured model that clearly and replicably guides its stages. This article presents a design tool based on a taxonomy for digital fabrication, articulating three fundamental pillars: User Experience (UX), *Parametric Design Thinking* (PDT), and *Technology Readiness Levels* (TRL). The tool's main objective is to place the user at the center of the process, which is especially essential in contexts such as compact housing and Social Housing (HIS). The parametric approach enables solutions adapted to different constraints and scenarios, promoting mass customization with costs comparable to standardized processes. Integrated with digital fabrication, this methodology allows greater precision in material use, waste reduction, and tighter control over each production phase. The research adopted the *Design Science Research* (DSR) method, simultaneously developing a flexible piece of furniture — an adaptable dining/work table — to validate the tool. Diachronic and synchronic analyses were carried out, along with the application of the TRL proposed by Mankins (2004), reaching level 6 of technological maturity. The results show that the tool structured and optimized the process stages, improving product quality, enabling detailed documentation, continuous adjustments, and replicability in various contexts and future projects.

KEYWORDS: design process; digital fabrication; flexible furniture; user experience; parametric design

Recebido em: 24/09/2025

Aceito em: 02/07/2026



REVISTA  
PROJETAR

Projeto e Percepção do Ambiente

v.11, n.3, setembro de 2026

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de projeto envolve etapas iterativas que, quando bem estruturadas, resultam em soluções mais eficazes e alinhadas às necessidades dos usuários. Tecnologias como a parametrização e a fabricação digital ampliam as possibilidades de controle, reduzem custos, otimizam recursos e permitem testar diversas alternativas de forma ágil. Além disso, promovem maior integração entre teoria e prática no desenvolvimento de projetos.

Pensando nisso foi desenvolvida uma ferramenta projetual para artefatos voltada à fabricação digital, integrando os conceitos de Experiência do Usuário (UX), *Parametric Design Thinking* (PDT) e *Technology Readiness Levels* (TRLs), cujo objetivo foi facilitar o processo de projeto e contribuir para uma formação mais conectada com as demandas atuais do mercado e da sociedade. Ressalta-se que os currículos de cursos de arquitetura, design e engenharia ainda não incorporaram amplamente essas ferramentas, o que contribui para a formação de profissionais pouco preparados para os desafios contemporâneos. Pupo (2008) afirma que as universidades precisam introduzir “essas novas tecnologias no ensino e na pesquisa, de maneira que os jovens arquitetos estejam preparados para lidar com a uma nova realidade profissional, na qual a tecnologia está presente cada vez mais nas diversas etapas do projeto” (Pupo, 2008). A ferramenta aqui proposta pode ajudar a otimizar e desenvolver esse meio. Para trabalhá-la é preciso partir de entendimentos comuns, brevemente apresentados a seguir.

### Usuários

A Experiência do Usuário (*User Experience*, ou UX), proposta por Donald Norman, oferece uma abordagem que prioriza a criação de soluções eficientes, intuitivas e personalizadas. Segundo Norman (2013), o usuário deve ser considerado parte integrante do processo de projeto desde as etapas iniciais de concepção até a entrega final do produto. (Norman, 2013). Colocar o usuário no centro do processo projetual permite o desenvolvimento de objetos e sistemas que sejam intuitivos, fáceis de usar e capazes de atender às necessidades específicas de maneira eficaz e satisfatória.

Essa abordagem promove uma conexão mais profunda entre o produto e o usuário, e é amplamente beneficiada por um processo projetual cíclico. 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).

A integração de tecnologias avançadas, como a fabricação digital e o pensamento paramétrico, potencializa essa dinâmica, permitindo iterar rapidamente entre protótipos, ajustes e validações. Dessa forma, a Experiência do Usuário orienta o desenvolvimento de projetos mais adequados às demandas reais e também incentiva a adoção de práticas que favorecem a inovação e a personalização. Aliar esses conceitos a experiência do usuário proposto por Donald Norman pode proporcionar uma abordagem mais eficiente, intuitiva e personalizada.

### Parametric Design Thinking

Com o avanço de ferramentas computacionais, arquitetura e design passaram a explorar soluções mais complexas e adaptáveis. Aplicações práticas que ajudam a ultrapassar limites de qualidade e complexidade nas edificações abrem novos espaços à exploração na geração e produção e na exploração conceitual bem como na forma que são calculadas pelos métodos computacionais escolhidos. (Kolarevic; Malkawi, 2005).

A parametrização permite controlar aspectos como dimensões e materiais com eficiência, adaptando os objetos a contextos variados (Silva Junior, 2011). No entanto, essa transição exige uma mudança de mentalidade, mais analítica e iterativa. O *Parametric Design Thinking* (PDT) surge como uma abordagem que une lógica algorítmica, técnicas tradicionais e fabricação digital. Essa integração permite ajustes em tempo real e decisões estratégicas desde as fases iniciais do projeto (Oxman, 2017). A flexibilidade e precisão proporcionadas por essas ferramentas contribuem para a criação de formas complexas e personalizadas com maior eficiência. (Bhooshan, 2017).

O PDT auxilia nos processos de fabricação digital pois possui pontos fundamentais como a capacidade de entender o conhecimento histórico, bem como permitir a colaboração e iteração (Bhooshan, 2017). Com a parametrização, os ajustes e mudanças são facilitados de acordo com as mudanças necessárias entendidas a partir das análises constantes permitidas pela parametrização (Medeiros, 2025).

## **Fabricação Digital**

A fabricação digital, como destacam Scheeren (2021) e Cabral (2021), viabiliza prototipagem de baixo custo e transforma o sistema produtivo (Scheeren, 2021). Desde sua introdução nos anos 1980, tem ganhado espaço, especialmente em laboratórios e coletivos que promovem a descentralização da produção e a disseminação de conhecimento. Apesar de não ser muito usada no campo da arquitetura, esse modo de fabricação vem ganhando notoriedade também com a utilização por parte de grandes escritórios de arquitetura (Pupo, 2008).

Existem dois métodos na Fabricação Digital, os aditivos e restritivos ou subtrativos. Os métodos aditivos são os que usam equipamentos de impressão 3D e possuem uma prototipagem rápida. Já os subtrativos são os CNC (Controle numérico computadorizado) que usam as máquinas de corte a laser e fresadoras (Teixeira, 2013).

Além de reduzir custos, riscos e desperdícios, essa tecnologia melhora a qualidade dos produtos (Cabral, 2021). Contudo, ainda enfrenta desafios, como o alto custo dos equipamentos e a necessidade de qualificação técnica. A criação de espaços coletivos para a fabricação, os FabLabs, bem como os laboratórios de pesquisa em universidades estão reduzindo ajudando a disseminar essa técnica, facilitando o acesso de mais pessoas (Medeiros, 2025).

A customização em massa é outra alternativa para diminuir os custos operacionais, tornando-se possível, mantendo as vantagens da produção padronizada, ao tratar cada consumidor como único (Gasperin, 2021). Para sua adoção mais ampla, é essencial repensar o processo de projeto, tornando-o mais dinâmico, iterativo e integrado às novas tecnologias.

## **Processo Projetual**

Projetar é uma atividade complexa que exige tanto conhecimento quanto prática. Para além de decisões intuitivas, o processo deve ser fundamentado em análises críticas (Kowaltowski et al., 2011 apud (Felipe, 2023). Diversos autores desenvolveram seus modelos e métodos para projetar, predominantemente modelos lineares focados na eficiência da produção. (Van der Linden; Lacerda; Aguiar, 2012). Com isso os projetistas tinham um maior controle sobre cada etapa.

Os novos modelos, cíclicos e iterativos surgem com o aumento da complexidade dos produtos e contextos. Posteriormente com o aumento da tecnologia e a entrada de conceitos socioambientais, os modelos passaram a ser mais flexíveis e participativos. Esses modelos não tem uma sequência rígida, mas se propõem a permitir o erro e iteração (Van der Linden; Lacerda; Aguiar, 2012).

Schön (2000 apud Felipe, 2023) defende um processo iterativo, que permita aprendizado contínuo e retroalimentação. Alinhado a esse pensamento, o uso dos *Technology Readiness Levels* (Mankins, 2004), permite avaliar a maturidade tecnológica ao longo do projeto. Essas novas tecnologias, segundo Pupo (2008) contribuem para mudar a forma de projetar e de produzir, com tarefas mais automatizadas (Pupo, 2008).

Nesse contexto, desenvolveu-se uma ferramenta projetual voltada à fabricação digital de artefatos, que auxilia projetistas na tomada de decisões estratégicas, promovendo inovação, eficiência e integração entre fases do projeto.

## **Technology Readness Levels (TRL)**

Os Níveis de Maturidade Tecnológica, foram propostos por Mankins como um sistema de medição para apoiar e avaliar a maturidade de uma tecnologia a ser desenvolvida (Mankins, 2004). Sendo nove diferentes níveis de maturidade para se alcançar o produto final ideal:

- 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)

Diante deste quadro geral, a pesquisa desenvolvida teve como objetivo desenvolver uma ferramenta que auxilie os projetistas a desenvolverem projetos de artefatos com uma abordagem paramétrica e não linear, considerando desde o início o direcionamento para a fabricação digital. Seu foco foram os usuários de habitações compactas.

## 2. MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa aplicada, com natureza prática e interesse social (Da Silva; Menezes, 2005), que adotou uma abordagem predominantemente qualitativa, buscando compreender o contexto específico das HIS, os processos paramétricos e as tecnologias de fabricação digital. Paralelamente, métodos quantitativos foram utilizados na análise de questionários aplicados durante oficinas e disciplinas, permitindo avaliar a percepção dos participantes sobre a ferramenta e o mobiliário desenvolvido.

A combinação de métodos qualitativos e quantitativos forneceu uma visão abrangente da questão em foco, contribuindo para a validação da ferramenta projetual. A validação, no campo do design, não se limita à verificação técnica: envolve a avaliação da solução frente às necessidades do usuário e ao contexto de uso (Cross, 2006). Segundo Creswell e Creswell (2010), a validação em métodos mistos abrange tanto a confiabilidade dos instrumentos quanto a precisão interpretativa (Creswell; Creswell, 2010). Andersson et al. (2024) destacam ainda as validades interna (controle de variáveis) e externa (amplitude de aplicação), fundamentais para a credibilidade dos achados. (Andersson; Boateng; Abos, 2024)

Para orientar o desenvolvimento, utilizou-se a abordagem *Design Science Research* (DSR), que visa criar e validar artefatos inovadores voltados à solução de problemas reais (Lacerda et al., 2013). No caso desta pesquisa, a DSR foi essencial para estruturar a criação de uma ferramenta voltada à fabricação digital e centrada no usuário de habitações compactas. A metodologia permitiu integrar aspectos técnicos, ergonômicos (Lida; Buarque, 2016) e espaciais, promovendo uma abordagem iterativa e prática.

A pesquisa foi dividida em oito etapas, com revisões e ajustes contínuos:

- Etapa 01 - Identificação do problema: Revisão bibliográfica contínua sobre processos projetuais, fabricação digital e parametrização, com foco nas demandas das HIS.
- Etapa 02 - Estudo dos métodos de projeto: Análise de abordagens tradicionais e contemporâneas, com ênfase no design centrado no usuário, metodologias paramétricas e digitais. Realizaram-se análises diacrônica (histórica) e sincrônica (tipológica) sobre mobiliários flexíveis aplicáveis às HIS.
- Etapa 03 - Desenvolvimento da ferramenta: Com base nos dados anteriores, iniciou-se o desenvolvimento da ferramenta e de um primeiro artefato, permitindo testar a aplicabilidade prática do modelo em tempo real.
- Etapa 04 - Amadurecimento com base no TRL: Utilizou-se a escala de Technology Readiness Levels (TRL) (Mankins, 2004) para medir a maturidade da ferramenta e do artefato. Cada nível (TRL 1 a 9) foi mapeado e alcançado progressivamente, com múltiplos protótipos sendo desenvolvidos e testados. Nesta pesquisa alcançamos o nível 06.
- Etapa 05 - Validação em oficina 01: Aplicação prática da ferramenta com alunos e profissionais. Foram introduzidos conceitos de fabricação digital e parametrização (Iwamoto, 2009), seguidos de questionários e grupos focais para coleta de dados qualitativos e quantitativos.
- Etapa 06 - Desenvolvimento de novo artefato: A partir dos dados coletados, foi desenvolvido um segundo artefato com base na versão atualizada da ferramenta, incorporando melhorias sugeridas.
- Etapa 07 - Validação em oficina 02: Nova oficina com aplicação da versão aprimorada da ferramenta. Os participantes seguiram todas as etapas projetuais, com coleta de dados ao final por questionário e grupo focal.
- Etapa 08 - Análise e refinamento final: Integração e sistematização dos dados coletados nas oficinas, com identificação de padrões, falhas e potenciais da ferramenta. O cruzamento dos dados levou à consolidação da versão final, pronta para replicação.

A decisão por realizar dois ciclos completos (ferramenta + oficina + artefato) teve como objetivo ampliar a análise sobre sua eficácia em diferentes contextos, permitindo identificar padrões de uso e consolidar os ajustes necessários. 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 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

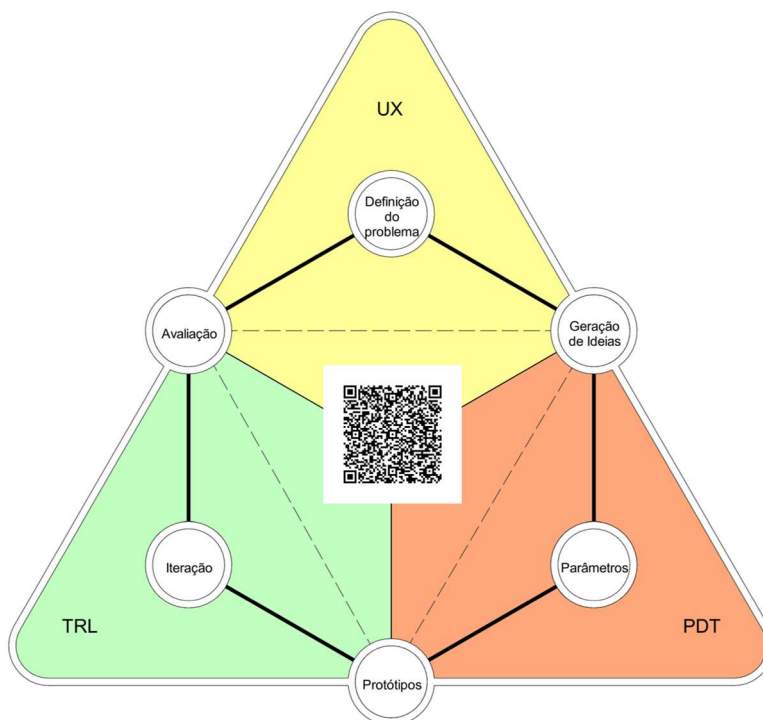
A partir das três áreas de referência, UX (*User Experience*), PDT (*Parametric Design Thinking*) e TRL (*Technology Readiness Levels*), foram identificados aspectos fundamentais para o desenvolvimento de projetos voltados à fabricação digital. A UX contribui ao compreender necessidades, desejos e interações do usuário com o artefato, orientando o projeto a partir de sua perspectiva. O PDT, por sua vez, envolve a estruturação técnica: definição de parâmetros, escolha de materiais, tecnologias e formas de fabricação, além da geração de protótipos para testes e ajustes. Já o TRL organiza a maturidade tecnológica por etapas, possibilitando o aperfeiçoamento contínuo a partir da retroalimentação entre os componentes do processo.

Essas três áreas operam de forma interdependente: um projeto centrado no usuário (UX) precisa ser tecnicamente viável (PDT) e atingir um grau de maturidade adequado (TRL) para ser fabricado com eficiência. Para sistematizar essa interação, foi desenvolvido um modelo com seis etapas fundamentais, aplicáveis de forma não linear, conforme as necessidades do projeto:

- **Definição do problema:** Compreensão aprofundada do contexto, perfil dos usuários, normas técnicas, desempenho esperado e dados antropométricos. Recomenda-se uso de mapas de empatia, entrevistas, revisão bibliográfica e análise de normas.
- **Geração de ideias:** Exploração criativa de soluções por meio de brainstorms, esboços, SCAMPER e técnicas livres, considerando formas, funções e possibilidades de fabricação digital.
- **Parâmetros:** Estabelecimento de diretrizes mensuráveis — como medidas, custos e materiais — viabilizando a modelagem paramétrica em ferramentas como Grasshopper, que permitem adaptações em tempo real.
- **Protótipos:** Materialização das soluções em escala reduzida ou real, utilizando CNC, impressão 3D ou corte a laser. Os protótipos auxiliam na avaliação de aspectos funcionais, ergonômicos e técnicos.
- **Iteração:** Etapa de refinamento contínuo com base nos testes, avaliações técnicas e feedbacks dos usuários, promovendo evolução progressiva até alcançar os níveis TRL adequados.
- **Avaliação:** Verificação de desempenho técnico, funcional e de aderência aos objetivos iniciais. Pode ocorrer pontualmente ou de forma contínua, com testes, feedbacks e validações do uso.

Essas etapas estão organizadas em um diagrama em forma de pirâmide posicionando o usuário no topo para reforçar sua centralidade (Figura 1). A estrutura permite retornar a fases anteriores sempre que necessário, estimulando um processo iterativo.

Figura 1: Ferramenta de projeto.



Fonte: Autoria própria.

Na Área do UX, é definido o problema, caracterizando o usuário e o tipo de artefato, o local que será usado, enfim, todas as características necessárias para um projeto de um mobiliário. Logo depois entra na área de PDT onde é possível levar todas essas informações para o desenvolvimento dos parâmetros do projeto, seguindo por último para a prototipagem e avaliação, etapas na área de TRL.

O projetista pode ir anotando tudo que foi desenvolvido, suas ideias e análises, para iterar ou avançar etapas até chegar no resultado considerado por ele como apropriado. Por isso a ferramenta possui linhas mais grossas que indicam o caminho a seguir, mas também linhas tracejadas mostrando que podem ser puladas algumas etapas para depois serem retomadas.

Caso haja dúvidas durante o processo, o QR Code central leva o projetista à todas as informações necessárias para preenchimento e conceitos de cada parte da ferramenta. Dessa forma o projetista tem em mãos todo o processo, desde o início até a finalização, ajudando na visão global do projeto.

A ferramenta incorpora princípios da Psicologia das Cores (Heller, 2013), visando estimular o projetista em cada fase:

- Amarelo: criatividade e otimismo
- Laranja: motivação e ação
- Verde: calma, estabilidade e equilíbrio

A ferramenta foi aplicada na criação de um mobiliário adaptável para habitações compactas, o que permitiu testar suas etapas, ajustes e análises de forma prática. Oficinas com alunos e profissionais da UFPB, aprovadas pelo Comitê de Ética (CAAE: 83907024.7.0000.5188), forneceram dados valiosos para sua validação e aprimoramento.

A versão final inclui um QR Code central que direciona a um site com orientações detalhadas. A ferramenta pode ser impressa e utilizada sobre uma folha maior (como A1), cujos sextantes para anotação são traçados com base em marcações existentes na ferramenta. Ela também pode ser usada em plataformas digitais como Miro ou Canva, sem necessidade de softwares especializados.

Essa proposta torna o processo mais acessível, flexível e adequado à realidade de diferentes perfis de usuários e contextos de projeto. Com a ferramenta foi possível desenvolver dois artefatos, uma mesa e cadeira flexíveis.

### Artefatos

O ponto de partida para o desenvolvimento do artefato foi a realização de um *brainstorm*, tempestade de ideias que reuniu demandas recorrentes observadas em habitações compactas, como multifuncionalidade, economia de espaço, ergonomia e custo reduzido. Essa etapa teve como objetivo mapear as funções principais que o objeto deveria desempenhar, bem como as necessidades específicas do usuário final.

Em seguida, foi aplicado o método SCAMPER, que orientou a geração de soluções inovadoras a partir de elementos pré-existentes. Esse método consiste em elencar ideias em colunas para Substituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Propor, Eliminar, Reorganizar (Serrat, 2017), que possibilitou explorar diferentes abordagens de substituição, combinação, adaptação, modificação, proposição de novos usos e reorganização de funções no design da mesa. A partir dessa análise, foram definidos os parâmetros principais do projeto: dimensões, forma, número de usuários, altura variável e escolha de materiais.

A mesa foi projetada para atender a dois modos de uso principais: refeições e trabalho. Para isso, definiu-se que ela deveria permitir uma variação de altura, proporcionando conforto ergonômico em ambas as situações. As alturas de 76 cm (refeição) e 71 cm (trabalho) foram estabelecidas com base nos dados antropométricos disponíveis em *Dimensionamento Humano para Espaços Interiores* (Panero; Zelnik, 2008).

Em relação à área útil do tampo, optou-se por dimensões que acomodassem confortavelmente até quatro usuários simultâneos, número superior à média nacional de moradores por domicílio, que é de 2,79 pessoas (IBGE, 2023). As medidas finais do tampo foram de 106 cm de largura por 91 cm de comprimento.

A escolha dos materiais considerou critérios de viabilidade técnica, disponibilidade no mercado nacional e adequação ao processo de fabricação digital, mais especificamente à fresagem CNC, técnica utilizada para a prototipagem. Inicialmente, foi utilizado compensado naval, material resistente, com boa estabilidade dimensional e amplamente compatível com máquinas CNC. O layout das peças foi cuidadosamente planejado para que todas as partes da mesa coubessem em uma única chapa de 244 x 122 cm, reduzindo os custos de produção e o desperdício de material.

Em etapas posteriores, visando ainda maior redução de custos e maior acessibilidade ao público das habitações de interesse social (HIS), foi adotado o MDF de 15 mm como alternativa. Esse material é amplamente utilizado na indústria moveleira nacional, possui boa trabalhabilidade, variedade de acabamentos e cores, e está disponível em chapas de 275 x 185 cm, com custo médio de R\$ 200,00.

O projeto foi modelado por meio de um sistema paramétrico desenvolvido no plugin Grasshopper, integrado ao Rhinoceros 7, software amplamente utilizado em design generativo. O uso do modelador paramétrico permitiu que alterações nos parâmetros da mesa (altura, largura, número de lugares, forma do tampo, etc.) fossem rapidamente testadas e visualizadas, conferindo agilidade e precisão ao processo iterativo de desenvolvimento.

A fase de prototipagem digital e física foi essencial para validar as soluções propostas. Foram criadas diversas versões da mesa, em escalas reduzidas e posteriormente em escala 1:1, para testar os sistemas de encaixe, movimentos do tampo, estabilidade estrutural e ergonomia (Figura 2). A cada versão, as análises realizadas permitiram refinamentos formais e funcionais, como a suavização dos encontros entre peças, reforço das articulações e ajustes nos encaixes para garantir segurança e durabilidade.

A partir das avaliações dos protótipos, foram propostas variações modulares para o tampo da mesa, incluindo opções de formas quadradas, circulares ou poligonais. Essa possibilidade de escolha permite a personalização do móvel conforme as preferências e necessidades do usuário, fortalecendo sua participação no processo projetual. Adicionalmente, foram adicionados outros níveis de altura inferior, voltado ao uso por crianças ou em situações como festas infantis, ampliando o leque de usos e faixas etárias atendidas pela proposta.

Figura 2: Protótipos da mesa flexível em escala 1:1.



Fonte: Autoria Própria.

A etapa seguinte envolveu a criação de cadeiras que acompanhassem a linguagem formal da mesa e que fossem igualmente adequadas ao contexto das HIS. A principal diretriz era que as cadeiras ocupassem o mínimo de espaço possível quando não estivessem em uso, sem comprometer conforto e estabilidade. Foram exploradas diferentes soluções, desde bancos fixos até sistemas de dobramento e empilhamento. A versão final optou por uma cadeira com estrutura dobrável, que pode ser armazenada liberando o espaço da habitação quando não estiver em uso. O desenvolvimento também seguiu os princípios da ferramenta, com sucessivas iterações para ajustar parâmetros ergonômicos, sistema de articulação e facilidade de fabricação.

Assim como a mesa, as cadeiras foram planejadas para serem produzidas em MDF de 15 mm, utilizando uma única chapa para as quatro unidades, mantendo o custo acessível. A prototipagem permitiu confirmar a estabilidade e o conforto, bem como viabilizar ajustes pontuais nas proporções, ângulos do encosto e altura do assento (Figura 3).

Figura 3: Protótipos da cadeira em escala 1:10 e 1:1.



Fonte: Autoria Própria.

O conjunto mesa e cadeiras desenvolvido atingiu um estágio avançado de maturidade, com todos os parâmetros validados em protótipos físicos. Os resultados demonstram que é possível criar mobiliários acessíveis, funcionais e esteticamente qualificados por meio de um processo projetual centrado no usuário, com base paramétrica e fabricação digital.

A integração entre a ferramenta projetual proposta e o desenvolvimento do artefato foi fundamental para testar e aprimorar tanto o processo quanto o produto. A abordagem iterativa permitiu que erros fossem corrigidos precocemente, e que o projeto evoluísse de forma contínua e controlada.

Cada etapa e protótipo foi submetido a testes ergonômicos, de resistência e com demais usuários, atingindo os níveis do TRL de 01 a 06. Assim que atingia o nível de maturidade de cada etapa, novos testes eram realizados para modificar ou avançar para o próximo nível. Para maior desenvolvimento e desdobramentos da pesquisa, no futuro podem ser aplicados de testes com usuários reais em seus próprios espaços, para o que permitirá validar de forma mais abrangente o impacto do mobiliário na vida cotidiana.

O desenvolvimento simultâneo da ferramenta e do artefato foi fundamental para compreender com profundidade cada etapa do processo projetual, bem como para estruturar uma sequência lógica e aplicável ao contexto real do design de mobiliário. O projeto do artefato possibilitou o refinamento da ferramenta, permitindo testar sua coerência, fluidez e adaptabilidade na prática.

A fabricação digital e a parametrização atuaram como pilares importantes do processo. O uso de modelagem paramétrica aliada à fresagem CNC possibilitou ajustes ágeis, testes precisos e protótipos adequados. A cada iteração, foi possível revisar e aprimorar parâmetros e forma com maior clareza.

Os dois artefatos desenvolvidos tiveram papéis distintos, porém complementares. O primeiro permitiu mapear o processo projetual e identificar os passos necessários à criação da ferramenta. O segundo foi essencial para testar a aplicação da ferramenta em contexto real, validando sua estrutura e identificando ajustes a partir de sua operacionalização.

Esse percurso iterativo também permitiu mapear diferentes níveis de maturidade da ferramenta (TRLs). Cada versão passou por fases distintas de aplicação e análise, incorporando melhorias contínuas. As contribuições oriundas das oficinas foram integradas à versão atual, que se encontra no TRL 6, com validação interna e estrutura consistente para novos testes e aplicações.

#### 4. OFICINAS DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

Para testar a ferramenta, foram realizadas duas oficinas no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba. A primeira teve carga horária de 45 horas (equivalente a 3 créditos), e a segunda contou com 30 horas intensivas ao longo de uma semana. Participaram, ao todo, 10 estudantes de diferentes períodos, sendo seis na primeira oficina e quatro na segunda. Em cada oficina, foram aplicados questionários em duas etapas e conduzido um grupo focal, a fim de discutir o uso da ferramenta, identificar dificuldades e destacar os pontos positivos percebidos pelos participantes.

Na primeira oficina, a ferramenta foi apresentada por meio de uma página criada na plataforma Miro, online voltado para gestão de projetos. O Miro foi escolhido por sua acessibilidade, versão gratuita e pela possibilidade de organização visual por meio de mapas mentais. O quadro da ferramenta (disponível em: [bit.ly/ferramentaprojeto](https://bit.ly/ferramentaprojeto)), reuniu orientações de uso, explicações das áreas e fases da ferramenta, *links* complementares e espaços destinados à construção do processo projetual individual de cada aluno.

Durante essa primeira aplicação, os estudantes tiveram contato com a ferramenta, com os conceitos e tecnologias da fabricação digital, e conheceram as máquinas disponíveis no laboratório. Também foi explicado de forma mais geral o funcionamento do Grasshopper, plugin do software Rhinoceros, usado durante as oficinas, mas os alunos já possuíam um contato anterior com o software utilizado para a parametrização.

O desafio proposto foi a criação de um objeto para sentar, de escolha livre, considerando um usuário definido por cada estudante. Com isso, os seis participantes projetaram objetos distintos, em sua maioria cadeiras, voltados para públicos variados, como crianças (com ou sem autismo), adultos em situação de rua, e até uso próprio, todos executáveis em MDF ou compensado naval utilizando fresadoras CNC. Ou seja, os participantes tinham a livre escolha para montar o projeto do artefato como achassem melhor, o único conceito sugerido pelos pesquisadores foi que deveria ser um objeto para sentar, podendo os alunos escolherem desde o usuário desse objeto, até as diretrizes projetuais.

Apesar dos bons resultados, foram observadas algumas dificuldades, principalmente na definição do usuário e na escolha do objeto. Além disso, a excessiva quantidade de informações sobre tipos de fabricação digital gerou confusão para alguns alunos, comprometendo o ritmo de desenvolvimento inicial. Os protótipos produzidos atingiram escala 1:10, devido às limitações de tempo e custo, mas mesmo assim demonstraram evolução significativa dos estudantes no entendimento da ferramenta e das possibilidades da fabricação digital.

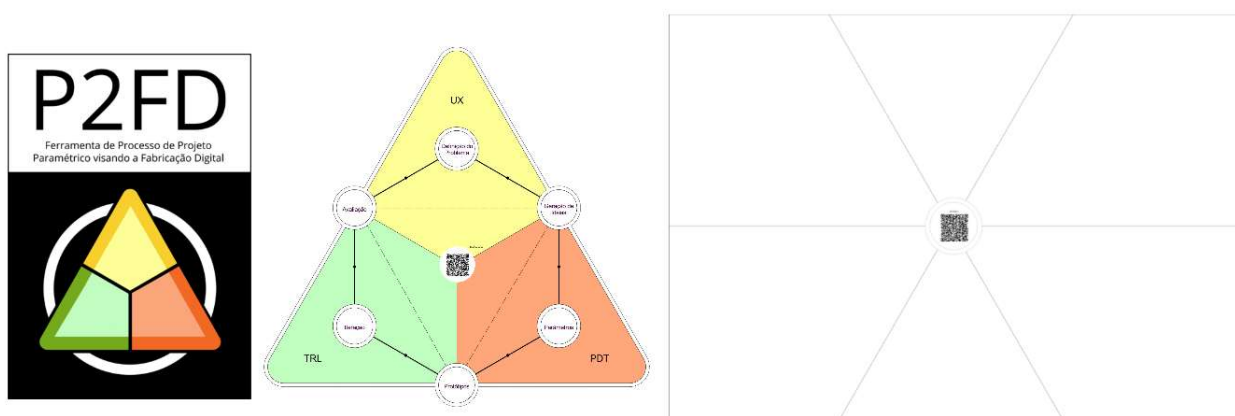
Na primeira oficina, com a versão digital da ferramenta no Miro, observou-se uma adesão parcial. Muitos alunos relataram dificuldades com a plataforma e usaram a ferramenta apenas pontualmente, como guia ou para registrar resultados finais. Apenas duas alunas, já familiarizadas com o Miro, conseguiram utilizar a ferramenta de forma contínua durante o projeto. Apesar disso, a percepção geral foi positiva, principalmente no que diz respeito à organização do pensamento, estruturação do processo e clareza no percurso. A fala da aluna 01 sintetiza esse sentimento: “Pesquisei muitos métodos e sentia que não eram completos... a sua ferramenta talvez fosse a solução.”

A segunda oficina, realizada logo após, já incorporou melhorias com base nas observações anteriores. Os quatro alunos participantes iniciaram a atividade com uma dinâmica coletiva para definição de um usuário comum e um objeto único. Dessa vez não foi deixado livre o usuário a usar o artefato a ser desenvolvido, nem o artefato em si. O perfil escolhido foi o de uma artista de 26 anos que mora com a mãe, que necessita de cuidados especiais. O objeto a ser projetado foi uma estante, pensada para atender as necessidades específicas desse contexto.

Outra mudança significativa foi a transição da ferramenta do ambiente digital para o formato físico. Cada participante recebeu um livreto impresso com explicações detalhadas e uma folha A1 com a ferramenta centralizada, dividida em sextantes para registro do processo. A versão física (Figura 4) proporcionou maior apropriação da ferramenta pelos alunos, em comparação à experiência no Miro, permitindo uma interação mais direta e intuitiva durante o desenvolvimento do projeto.

O livreto continha todas as informações necessárias para o uso da ferramenta, como os conceitos e as etapas a serem seguidas. A ferramenta também impressa tinha todas as etapas e o formato para ser colocado por cima da folha A1. Essa possuía sextantes que ao serem alinhados com a ferramenta, geravam espaços para que cada etapa fosse um sextante diferente, assim cada aluno poderia preencher as informações da etapa no sextante que estava alinhado.

Figura 4: Versão física da ferramenta.



Fonte: Autoria Própria.

Mesmo partindo de um mesmo usuário e objeto, os projetos resultantes foram bastante distintos entre si, variando em formas, funções e técnicas de fabricação digital. Observou-se, nessa segunda experiência, um amadurecimento do processo projetual por parte dos alunos, assim como melhor compreensão dos conceitos de parametrização e fabricação digital, o que reforça a efetividade da ferramenta como mediadora entre teoria e prática no ensino de projeto. Os alunos também puderam desenvolver técnicas diferentes de fabricação digital, com métodos aditivos em alguns casos, mas na maioria com métodos subtrativos usando a fresadora CNC. A ferramenta, segundo os alunos, facilitou a escolha pelo melhor processo de fabricação digital. Já nas escolhas dos parâmetros, avançado e iterando com a etapa dos protótipos.

Essa mudança para a versão física se mostrou mais eficaz (Figura 5). Os alunos interagiram de forma mais constante com a ferramenta, anotando, consultando e organizando decisões com mais facilidade. O alcance físico direto foi destacado como facilitador. O aluno 07 resume bem: “Consigo anotar tudo na hora.”

Figura 5: Imagens das oficinas.



Fonte: Autoria Própria.

O uso físico da ferramenta favoreceu um processo mais fluido, com menos bloqueios criativos e mais clareza nas decisões. A possibilidade de registrar cada etapa ajudou na continuidade do raciocínio e na organização geral do projeto. Como relatou a aluna 10: “A gente consegue realmente ter essa visão de malha... como os pontos se entrelaçam.”

Essa visão ampla e integrada sempre foi um dos objetivos principais da ferramenta. Com a versão física, o projetista consegue enxergar melhor o impacto de suas decisões e antecipar ajustes, promovendo um processo mais coerente e consciente. A aluna 03 comentou: “Eu tendia a pular de uma ideia para outra sem conclusão, e a ferramenta ajudou a focar.”

Esse olhar sistêmico é especialmente importante em contextos de fabricação digital, nos quais decisões iniciais impactam diretamente as etapas finais. A ferramenta atua como organizadora e mediadora cognitiva, reforçando o aprendizado e a inter-relação entre todas as fases do projeto. Assim, a ferramenta torna-se acessível a diferentes perfis de projetistas, funcionando de forma autônoma e contribuindo para práticas mais organizadas, críticas e inovadoras no contexto da fabricação digital.

No tópico seguinte, serão apresentados os resultados dos questionários e grupos focais, que analisam com mais profundidade os impactos da ferramenta na prática dos alunos e suas percepções quanto à sua utilidade e aplicabilidade.

## 5. IMPACTOS DO USO DA FERRAMENTA

A coleta de dados foi realizada por meio de dois questionários estruturados, aplicados em momentos distintos da avaliação da ferramenta. Adotou-se a técnica de amostragem propositiva, com seleção intencional dos participantes com base em critérios específicos, como o conhecimento prévio em processos projetuais digitais, buscando garantir a relevância e profundidade das respostas (Gil, 2010). Essa estratégia se alinha à natureza qualitativa da pesquisa, considerando que os respondentes utilizaram a ferramenta em contextos reais ou simulados de projeto.

A análise foi conduzida de forma sistemática por meio de estatísticas descritivas, com apoio na abordagem proposta por Creswell e Creswell (2010), adequada para pesquisas qualitativas que utilizam instrumentos estruturados. Foram avaliadas médias, desvios padrão e padrões de resposta, buscando identificar a percepção dos participantes sobre a clareza, aplicabilidade e contribuição da ferramenta.

Os questionários foram divididos em duas partes: (i) a primeira, com 5 perguntas, foi voltada à compreensão teórica da ferramenta; (ii) a segunda, com 8 perguntas, se relacionou à sua aplicação prática. Em todas as questões foi utilizada escala de Likert de 5 pontos, que variou de 1 (discordo totalmente) até 5 (concordo totalmente).

Na primeira parte, aplicada após a apresentação da ferramenta, buscou-se avaliar o entendimento dos participantes sobre sua estrutura e os três eixos principais: UX (experiência do usuário), PDT (*Parametric Design Thinking*) e TRL (nível de maturidade tecnológica). As afirmações avaliaram a compreensão dessas áreas de forma individual e integrada, bem como das fases do processo projetual.

Os resultados da primeira parte (Tabela 1) indicaram um alto grau de entendimento, com médias entre 4,6 e 5,0. Destaca-se a afirmação “consegui identificar as fases de desenvolvimento do processo projetual”, que obteve média 5,0 com desvio padrão nulo, demonstrando unanimidade entre os participantes quanto à clareza dessa estrutura.

Na segunda parte, aplicada após o uso da ferramenta em projetos, foram avaliados aspectos como auxílio ao desenvolvimento, organização das etapas, integração entre áreas, identificação de parâmetros, atenção ao usuário, iterações e economia de tempo. Seu objetivo foi compreender como os participantes interagiram com a ferramenta e quais benefícios perceberam em seu uso prático.

Os resultados da segunda parte (Tabela 2) reforçaram a efetividade da ferramenta, com médias acima de 4,5 em quase todas as questões. A organização e o sequenciamento das etapas receberam avaliação máxima (média 5,0), destacando-se como um dos pontos fortes da proposta. A única questão com maior dispersão foi sobre a redução do tempo de projeto, com média de 4,22 e desvio padrão de 0,83, sugerindo variações nas percepções individuais quanto ao ganho temporal proporcionado pela ferramenta.

Os dados indicam que a ferramenta se mostrou eficaz tanto em sua estrutura quanto na aplicação prática. Houve clareza na compreensão dos seus componentes conceituais e relevância no suporte ao desenvolvimento dos projetos, especialmente no contexto da fabricação digital. A única dimensão que apresentou maior variação de percepção foi a economia de tempo, não claramente identificada pelos participantes ou pesquisadores.

Tabela 1: 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: 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.

Para aprofundar a análise qualitativa, foram realizados dois grupos focais com os estudantes das oficinas. Essa técnica, segundo Morgan (1997), é eficaz para explorar coletivamente percepções, dificuldades e aprendizados, revelando construções de sentido em grupo. Os encontros buscaram compreender não apenas o uso da ferramenta no contexto da oficina, mas também seu potencial para outras situações projetuais.

As sete questões abrangeram desde a contribuição da ferramenta para o desenvolvimento do projeto até sugestões de melhoria. No primeiro grupo, com seis participantes, os principais destaques foram:

- Organização do pensamento e estruturação do processo projetual;
- Facilidade para iterar entre etapas, retomando decisões com maior consciência;
- Controle e foco, funcionando como âncora para manter o alinhamento com o usuário e os objetivos do projeto;
- Integração de áreas como UX, fabricação digital e parâmetros técnicos;
- Função de diário de bordo, auxiliando na memória do processo e registro das decisões.
- Entre os desafios, destacaram-se:
- Dificuldade inicial de compreensão da lógica da ferramenta (especialmente no formato digital);
- Insegurança sobre onde classificar determinadas informações;
- Baixo engajamento com a versão digital, por depender de ação ativa do usuário.

Ainda assim, observou-se que a ferramenta impactou positivamente o aprendizado, auxiliando no refinamento de ideias, na redução da dispersão.

No segundo grupo focal, com quatro estudantes, foi proposta a versão física da ferramenta. Os relatos foram ainda mais positivos, destacando a presença visual constante como um fator importante no processo projetual. A possibilidade de fazer anotações diretas e manipular o material reforçou a apropriação da ferramenta por parte dos alunos. A ferramenta também foi percebida como um elemento integrador entre projeto e fabricação, auxiliando os estudantes a considerar desde o início aspectos como dimensões das chapas, limites das máquinas e métodos de corte. Assim, deixou de ser um recurso isolado e passou a ser parte do raciocínio projetual.

Houve variações nas etapas em que os participantes sentiram maior utilidade desde a ideação até a prototipagem, o que demonstra a flexibilidade da ferramenta. Os desafios relatados foram de ordem mais

pessoal ou contextual, como dependência técnica, transição de escalas e familiaridade com programas digitais.

De forma geral, os dois grupos evidenciaram que a ferramenta favoreceu uma abordagem mais consciente, estruturada e reflexiva sobre o processo de projeto. A comparação entre as versões física e digital revelou o valor da materialidade no processo, com a versão física promovendo maior engajamento.

Outro ponto importante foi o alinhamento da ferramenta com o design centrado no usuário, uma vez que, ao promover clareza, autonomia e fluidez no processo, ela corroborou o proposto por Norman (2013). Além disso, a integração entre concepção e fabricação, destacada por Kolarevic (2005), foi reforçada desde o início, evitando a separação entre projeto e execução (Kolarevic; Malkawi, 2005).

Finalmente, entende-se que a ferramenta se mostrou eficaz como um recurso pedagógico e metodológico, promovendo visualização do raciocínio projetual, autonomia criativa e integração entre áreas. Os participantes demonstraram interesse em utilizá-la em outros contextos, validando sua aplicação como instrumento de apoio ao design em ambientes de fabricação digital e complexidade projetual.

## 6 CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento da ferramenta, foi possível aprofundar o entendimento sobre processos projetuais, fabricação digital e parametrização, articulando teoria e prática de forma contínua. A ferramenta, construída com base nas áreas UX, PDT e TRL, mostrou-se eficiente ao integrar o usuário como protagonista do projeto, permitir ajustes iterativos e facilitar decisões mais conscientes em contextos reais.

A prototipagem e o desenvolvimento simultâneo da ferramenta e dos artefatos permitiram visualizar de forma concreta as potencialidades da metodologia. A fabricação digital foi essencial nesse processo, trazendo agilidade, precisão e a possibilidade de testar diferentes soluções com rapidez, especialmente com o uso de máquinas CNC. O raciocínio projetual passou a incorporar desde o início aspectos técnicos e de fabricação, fortalecendo a relação entre concepção e produção.

As oficinas realizadas foram fundamentais para o amadurecimento da ferramenta. A primeira versão digital, aplicada em disciplina acadêmica, revelou limitações de engajamento, o que motivou a criação da versão física, mais acessível e funcional. Com essa mudança, foi possível observar um uso mais ativo, reflexivo e integrado da ferramenta. Os relatos dos participantes destacaram benefícios como maior organização do pensamento, registro contínuo de decisões, clareza sobre o percurso projetual e visão sistêmica do processo.

Essa visão ampla é especialmente importante em contextos complexos como a fabricação digital, onde decisões iniciais impactam diretamente as etapas finais. A ferramenta contribuiu para manter o foco no usuário, promover o diálogo entre as diferentes fases e facilitar a adaptação às necessidades específicas de cada projeto. Em contextos como o da habitação compacta, por exemplo, ela demonstrou potencial para apoiar soluções mais eficientes, colocando o mobiliário como estratégia de adequação espacial com foco na experiência do usuário.

Com os avanços alcançados, a ferramenta pode se tornar um recurso acessível, versátil e aplicável em diferentes escalas e contextos. Pode ser utilizada tanto por estudantes quanto por profissionais, em diferentes áreas de atuação. Além disso, abre caminhos para futuros desdobramentos, como a digitalização da ferramenta em plataformas interativas, sua aplicação em novos cenários além do design de mobiliário, e a investigação sobre o cruzamento entre saberes locais e parametrismo como estratégia para soluções com características regionais e sustentáveis.

Em síntese, esta pesquisa propôs uma ferramenta que ajuda a refletir sobre uma nova forma de pensar o projeto: mais integrada, consciente e orientada à transformação. Uma proposta que busca aliar o potencial da fabricação digital ao protagonismo do usuário e à flexibilidade do pensamento paramétrico, oferecendo caminhos possíveis para um futuro mais eficiente e inovador no campo do projeto. Como ressalta Pupo (2008), “Se o arquiteto conhecer a disponibilidade de equipamentos de fabricação digital e sua capacidade de produção, poderá projetar especificamente para estas máquinas”.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo à pesquisa; ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba

(PPGAU/UFPB); ao Grupo de Pesquisa Desempenho e Inovação Aplicados ao Projeto (DIAProj); e ao Laboratório de Modelos + Prototipagem (LM+P/UFPB), pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, M.; BOATENG, K.; ABOS, P. **Validity and Reliability**: The extent to which your research findings are accurate and consistent, 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/384402476\\_VValidity\\_and\\_Reliability\\_The\\_extent\\_to\\_which\\_your\\_research\\_findings\\_are\\_accurate\\_and\\_consistent](https://www.researchgate.net/publication/384402476_VValidity_and_Reliability_The_extent_to_which_your_research_findings_are_accurate_and_consistent). Acesso em: 4 maio 2025.
- BHOOSHAN, S. Parametric design thinking: A case-study of practice-embedded architectural research. **Design Studies**, v. 52, p. 115–143, 2017.
- CABRAL, E. B. **Sistema de customização de mobiliário paramétrico aplicado ao contexto maker**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, 2021. 193 f. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/249832>. Acesso em: 4 maio 2023.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. Mixed Methods Research: Developments, Debates, and Dilemmas. **Research in organizations: foundations and methods of inquiry**, v.2, pp. 315-326, 2010.
- CROSS, N. **Designerly ways of knowing**. London: Springer, 2006.
- DA SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4.<sup>a</sup> ed., Florianópolis: Editora UFSC, 2005.
- FELIPE, B. **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.
- GASPERIN, F. F. D. **Guia para o desenvolvimento de mobiliário paramétrico customizável compatível com a edição em ferramenta BIM**. 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.
- HELLER, E. **A Psicologia das Cores**: como as cores afetam a emoção e a razão. 12. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Número médio de moradores por domicílio nos municípios brasileiros**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/indicadores>. Acesso em: 30 março de 2025.
- IIDA, I.; BUARQUE, L. M. G. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo Editora Edgard Blücher, 2016.
- IWAMOTO, L. **Digital fabrications: architectural and material techniques**. New York: Princeton Architectural Press, 2009. (Architecture briefs).
- KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. (Org.). **Performative architecture: beyond instrumentality**. New York: Spon Press, 2005.
- LACERDA, D. P.; RESCH, A.; PROENÇA, A. ANTUNES JR., J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/?format=html&lang=pt>. Acesso em 20 maio 2024.
- MANKINS, J. C. **Technology Readiness Levels**. 2004. Disponível em: [http://www.artemisinnovation.com/images/TRL\\_White\\_Paper\\_2004-Edited.pdf](http://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf). Acesso em: 20 maio 2024.
- MORGAN, D. L. **Focus groups as qualitative research**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage publications, 1997.
- NORMAN, D. A. **The design of everyday things**. (Rev. and expanded edition). Cambridge (Mass.): MIT press, 2013.
- OXMAN, R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. **Design Studies**, [s. l.], v. 52, p. 4–39, 2017.
- PANERO, J. P.; ZELNIK, M. **Dimensionamento humano para espaços interiores**. Lisboa, Portugal: Gustavo Gili, 2008.
- SCHEEREN, R. **Fabricação digital na América do Sul: laboratórios, estratégias, processos e artefatos para o design, a arquitetura e a construção**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2021. 300 f. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102132/tde-05042022-173034/>. Acesso em: 9 out. 2023.
- SILVA JUNIOR, F. A. **O uso de algoritmos e de sistemas paramétricos na concepção arquitetônica de pequenas residências**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011, 147 f. Disponível em: <https://www.repositorio.unb.br/handle/10482/8899>. Acesso em: 13 abr. 2023.

NOTA DO EDITOR (\*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade dos autores.