



Fabricação digital e Design Sustentável: estudos de caso para o Projeto Precious Plastic

Digital fabrication and sustainable design: case studies for the Precious Plastic Project

PLÁCIDO FERNANDES CALUETE NETO

placidofernandes@gmail.com

ISABELA MARQUIM NOGUEIRA CHACON

Isabelamnc@gmail.com

ISABELLA RODRIGUES OLIVEIRA DA SILVA

isabella.rodrigues@ufpe.br

AUTA LUCIANA LAURENTINO

auta.laurentino@ufpe.br

LETICIA TEIXEIRA MENDES

leticia.mendes@ufpe.br

[Linha temática: T6. Materiais, processos, tecnologias inovadoras para a sustentabilidade]

Resumo

A significativa emissão de gases de efeito estufa e a geração de resíduos sólidos no meio ambiente, que compõem o contexto de emergência climática do planeta, têm implicado em desdobramentos atualmente reconhecidos como irreversíveis para as futuras gerações de habitantes do planeta. Nesse sentido, o uso de materiais reciclados para a concepção de artefatos de *design* de produtos, aliado à popularização dos processos tecnológicos de fabricação digital, têm se mostrado uma alternativa promissora na busca pela redução desses impactos. Dessa forma, o presente artigo traz a experimentação do uso do plástico reciclado no âmbito de uma disciplina da pós-graduação de Arquitetura e Design da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) em parceria com o programa *Precious Plastic*, apoiado pelo laboratório de Fabricação Digital da instituição. O documento exhibe um estudo de caso de dois trabalhos desenvolvidos durante a disciplina e suas diferentes estratégias e conceitos para a criação de um objeto de mobiliário fabricado com a matéria-prima em questão.

Palavras-chave: design sustentável; prototipagem rápida; fabricação digital; plástico reciclado; Precious Plastic.

Abstract

The significant emission of greenhouse gases and the generation of solid waste in the environment, which make up the context of the planet's climate emergency, have led to consequences that are now recognized as irreversible for future generations of the planet's inhabitants. In this sense, the use of recycled materials for product design artifacts, together with the popularization of digital manufacturing technological processes, has proved to be a promising alternative in the quest to reduce these impacts. In this way, this article presents an experiment in the use of recycled plastic as part of a postgraduate course in Architecture and Design at the Federal University of Pernambuco (UFPE) in partnership with the Precious Plastic program, supported by the institution's Digital Fabrication laboratory. The document presents a case study of two pieces of work developed during the course and their different strategies and concepts for creating a piece of furniture made from the raw material in question.

Keywords: *sustainable design; rapid prototyping; digital fabrication; recycled plastic; Precious Plastic.*

1. Introdução

No contexto do mundo contemporâneo, um dos grandes desafios do *Design* consiste na criação de soluções de alta complexidade de maneira sustentável e a tecnologia desempenha um papel fundamental nesse processo, quando aplicada de maneira eficaz. Ela não apenas pode, mas também deve ser uma das principais aliadas na etapa de concepção e produção. Um critério de extrema importância em qualquer projeto, como discutido em Manzini e Vezzoli (2008), é a busca por soluções que permitam a reciclagem e a reutilização dos componentes, contribuindo assim, de forma culturalmente atraente, para o desenvolvimento sustentável.” Nesse contexto, o conceito de *Design Sustentável*, ou *Ecodesign* emerge na intenção de que o designer busque colocar seus conhecimentos e ferramentas à disposição para apoiar inovações sociais (McLennan, 2004).

Criado pelo holandês Dave Hakkens em 2013, o Projeto *Precious Plastic* pode ser compreendido como uma “comunidade global” que consiste na criação de pequenos sistemas de reciclagem de plástico, desde a captação do material até a criação e venda de novos produtos com o conceito de *Design Sustentável*. O Projeto é desenvolvido com a utilização de 4 máquinas essenciais, sendo uma trituradora, uma extrusora, uma injetora e uma compressora (Figura 1), projetadas para a reciclagem econômica de plásticos. O que faz esse projeto especialmente notável é que todas essas tecnologias são *open source* (de código aberto), tornando-as acessíveis a todos e possibilitando modificações de acordo com as necessidades individuais de cada pessoa ou grupo.



Figura 1: As 4 máquinas do sistema Precious Plastic. Fonte: www.preciousplastic.com. Acessado em 15/09/2023.

O *Precious Plastic*, como projeto, vislumbra o plástico como uma substância valiosa, versátil e de fácil acesso, buscando mudar a percepção das pessoas que costumam associá-lo ao descarte inadequado. Como se trata de um processo onde o indivíduo possui livre acesso para utilizá-lo em função das suas necessidades, o plástico do dia-a-dia não se transforma em algo pronto e sem contexto, pelo contrário, cria-se em um novo objeto com importância e utilidade. (PEZINNI, PINHEIRO, BARATA; 2021). Dentre as inúmeras possibilidades para criação a partir da reutilização do material - que a princípio seria descartado - podemos citar, por exemplo, mobiliário, objetos de decoração, revestimentos, utensílios domésticos, itens de uso pessoal e até alguns elementos construtivos, entre outros (Figura 2).

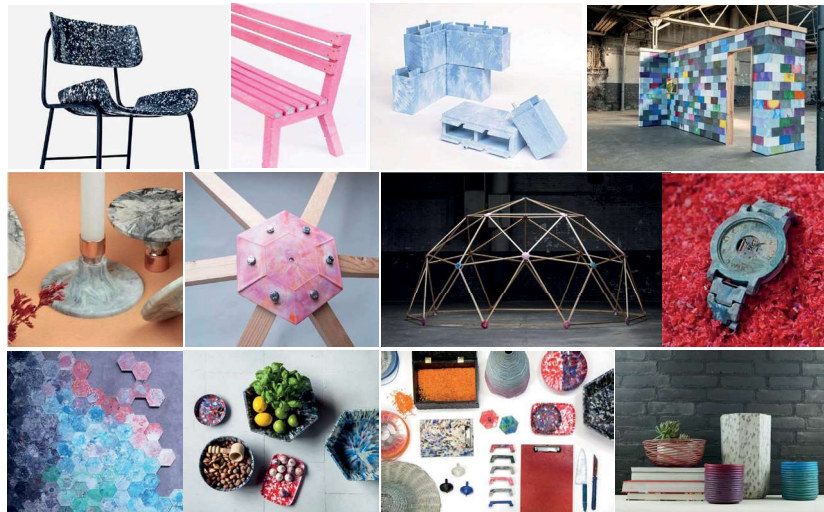


Figura 2: Possibilidades de criação através do Projeto Precious Plastic. Fonte: www.preciousplastic.com. Acessado em 15/09/2023.

A iniciativa fornece as plantas do projeto, as instruções de como qualquer pessoa pode construir suas próprias máquinas e até quais são os tipos de plástico possíveis de utilizar e como se deve proceder em cada caso, a partir de um guia completo e gratuito. Fica claro, portanto, que a busca, ainda que pequena, da utilização dos recursos reciclados apoiados pela popularização de recursos tecnológicos pode contribuir de forma lúdica e inovadora na construção de um mundo sustentável.

Com base nisso, foi idealizado, em uma disciplina na pós-graduação de Arquitetura e Design da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), um experimento para a criação de um

mobiliário desmontável a partir do plástico reciclável do tipo *PP*, seguindo a ideia do *Precious Plastic*. Essa disciplina foi realizada em 2022.2 e será detalhada ao longo deste artigo.

Este artigo reúne, portanto, questões voltadas para formas alternativas de criação de artefatos que contenham a premissa da sustentabilidade desde o seu início, explorando técnicas e materiais que possibilitem uma menor geração de impacto ao meio ambiente. Tem-se como objetivo geral apresentar processos de fabricação digital para a criação de protótipos, no sentido de contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta. Os objetivos específicos são:

1. Apresentar processos de fabricação digital, já existentes, no âmbito da produção de protótipos de Design sustentável;
2. Relatar e avaliar dois estudos de casos dos experimentos realizados durante a disciplina de mestrado em Design Prototipagem Rápida e Fabricação Digital da UFPE;
3. Estabelecer um paralelo entre os dois experimentos em estudo e sintetizar com elementos que possam desdobrar-se em questões futura.

2. Procedimentos Metodológicos

Esta abordagem, de caráter teórico e prático-experimental, foi dividida em três etapas seguindo os objetivos específicos mencionados anteriormente. Primeiramente, foi realizada uma busca por procedimentos já existentes de modo a construir o embasamento teórico entre três tópicos principais: a sustentabilidade no contexto da geração de resíduos sólidos; a Prototipagem Rápida enquanto processo de projeto de Design de artefatos e a Fabricação Digital no âmbito da produção de mobiliários.

Em seguida, foram realizados dois estudos de casos desenvolvidos pelos autores ao longo da disciplina Prototipagem Rápida e Fabricação Digital - que aconteceu durante o segundo semestre de 2022 - relatando os experimentos de duas propostas na concepção de seus artefatos. De modo geral, estudos de caso possibilitam a investigação de um fenômeno em seu contexto e diante de suas variáveis (GIL, 2008).

A decisão de avaliar os *cases* em questão se deu pela aproximação com o objeto de investigação quanto à sua escala e as diferentes abordagens de projeto, o que permitiu aos autores realizarem uma análise qualitativa entre as duas propostas e suas soluções, estabelecendo dessa forma uma rica troca entre de experiências e uma relevante contribuição entre as partes. Assim, a exploração foi realizada com base nos experimentos em laboratório, tendo sido desenvolvidos pelos próprios alunos da disciplina de forma prática e empírica, com o planejamento de projeto orientado para o tipo específico de atividade.

Por fim, foi realizado um destaque das estratégias, observando as potencialidades de cada uma das abordagens enquanto prática projetual no desenvolvimento de artefatos nesse contexto de produção, buscando assim contribuir com a comunidade em aplicações futuras no universo da fabricação digital.

3. Aplicações e Resultados

3.1. As diretrizes da disciplina

A experimentação abordada neste artigo fez parte de uma disciplina da pós-graduação de Arquitetura e Design da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). O objetivo da disciplina consistiu na execução, em escala real, de um mobiliário (mesa, cadeira ou banco) desmontável para que, assim, pudesse ser aproveitado no laboratório itinerante do GREA 3D (Grupo de Experimentação em Artefatos 3D - UFPE).

O produto final foi executado em chapas de plástico tipo *PP* (polipropileno reciclado - trata-se de um tipo de plástico bastante popular, logo de alta disponibilidade, facilmente moldado quando submetido a altas temperaturas e, por isso, também é conhecido por ser termoplástico, além de bastante utilizado na reciclagem) porém, antes disso, faz-se necessário o teste das ideias e soluções em escala reduzida, através do processo conhecido por prototipagem rápida, e por meio da qual foi possível testar e as propostas antes da fabricação definitiva.

A prática da prototipagem é amplamente adotada por arquitetos, designers e engenheiros, pois oferece a oportunidade de criar representações em menor escala das partes de um projeto. O processo permite uma avaliação abrangente das peças em termos de sua viabilidade técnica, funcional e estética. Assim, há a oportunidade de se fazer ajustes e aprimorar o projeto para que o produto final seja executado somente após ter sido testado e validado em laboratório (PUPO, 2009). O método de produção dessas placas combina tecnologia e sustentabilidade de maneira harmoniosa, resultando em uma notável redução do desperdício de materiais e em uma considerável diminuição do tempo necessário para conceber e concluir o produto final. Este processo não seguiu nenhuma norma específica, em vez disso, baseou-se nos resultados empíricos obtidos em laboratório.

Para a execução do mobiliário, foram definidas as seguintes diretrizes: peças leves e fáceis de manusear, com poucos encaixes e que pudessem ser utilizadas por adultos e crianças. Além disso, as peças deveriam ter dimensões máximas de 75x75cm pois é o tamanho do molde existente no GREA 3D para fabricação das chapas. Posto o cenário, a materialização das peças foi realizada em 5 etapas: (1) pesquisa por referências e construção do conceito; (2) corte a laser, em papel Paraná, do primeiro protótipo proposto; (3) ajustes nos projetos e nas peças até alcançar o protótipo ideal e, assim, poder executar em escala real - nessa etapa, pôde-se usar novamente a cortadora a laser, mas também a impressora 3D e a fresadora CNC; (4) produção das placas 75x57cm de plástico reciclável; (5) execução do produto final, em escala real, na fresadora CNC.

3.2. A execução do projeto

3.2.1. O protótipo

Partindo da ideia de que o mobiliário deve ser projetado com peças leves e fáceis de manusear, possuindo poucos encaixes e que pudessem ser utilizados por adultos e crianças, buscou-se inspirações por mobiliários divertidos e lúdicos. A partir daí, foram desenvolvidos croquis até se chegar numa primeira proposta viável.

Diante da materialização do primeiro protótipo, pôde-se perceber diversos aspectos para melhoria principalmente na questão estrutural: as peças precisavam ser mais leves e, ao mesmo tempo, mais estáveis. Outro ponto importante é referente ao ajuste da escala no encaixe das peças, que tem total relação com o material que está sendo executado para o protótipo.

Os testes seguintes foram todos realizados com o objetivo de ir ajustando as peças afim de garantir qualidade estrutural e um design atrativo. A medida que se considerava vencida uma etapa, realiza-se o teste com outro material, para testar novamente a resistência do mobiliário e ir chegando cada vez mais perto do material do produto final. Além da mudança de material, também foi sendo aumentada a escala dos protótipos e feito testes de encaixes na escala real (1:1), a fim de alcançar uma maior qualidade na produção final, feita na escala real. Nesse contexto, será mostrado, a seguir, o processo realizado em dois diferentes estudos de caso. Ambos atingiram o objetivo da disciplina, mas exploraram abordagens distintas e também encontraram obstáculos diferentes ao longo do processo.

3.2.1.1. Estudo de Caso 1: Cadeira Trama Bel(l)as

Procurando-se por referências de mobiliário com encaixes simples e manuais, uma cadeira com assentos largos e confortáveis, baseado na Dolmena Black & Oak Chair (DOLMENA) (figura 3), um design russo do Studio Polli, chamou a atenção pelo seu designer simples e encantador. A partir disso, através da modalegem no software 3D, imaginou-se uma cadeira com 3 alturas de assentos para atender as demandas ergométricas dos adultos e das crianças (figura 4). Com a materialização do primeiro protótipo, vetorizado no software AutoCAD e exportado para o corte a laser no papel Paraná, percebeu-se que precisava de um ajuste na escala uma vez que os encaixes não estavam coincidindo com a espessura do papel Paraná. Além disso, foram discutidos alguns outros ajustes de melhoria, como deixar apenas 2 alturas de assentos e criar aberturas para diminuir o peso da cadeira, porém sem comprometer a resistência e estabilidade da mesma (figura 5).

Assim sendo, buscou-se uma nova inspiração nas cadeiras de palhas e, a partir disso, foram criadas aberturas no assento e encosto, além de aberturas mais amplas nas bases (figura 6 e 7). Observou-se, entretanto, que a abertura das bases fragilizou a estrutura da cadeira e, então, decidiu-se por criar aberturas iguais em todas as peças, inspiradas no modelo de palha, porém com recortes diferentes, deixando a cadeira mais lúdica e divertida (figura 8). Após a validação desse novo modelo em um novo corte a laser (figura 9), realizou-se também a impressão em 3D para testar a resistência em um novo material, o filamento PLA (figura 10).

Nessa etapa do processo, pôde-se considerar o principal desafio na construção do mobiliário o acerto nos encaixes das peças bem como a resistência do material nesses pontos de encaixes para que se possa evitar eventuais quebras - como será visto posteriormente. A cadeira em questão foi nomeada em homenagem as autoras da mesma e fazendo alusão, também, ao conceito final das peças.



Figura 3: Referência de mobiliário. Fonte: Pinterest

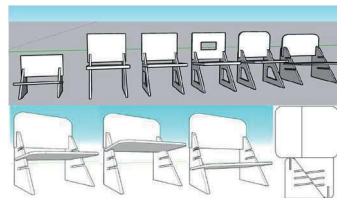


Figura 4: 1º modelo no Sketchup. Fonte: elaborado pelos autores.

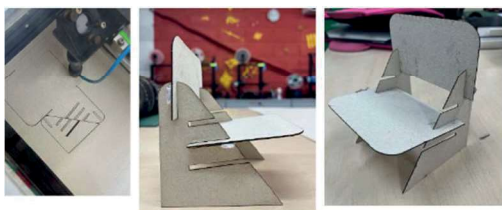


Figura 5: Corte a laser em papel Paraná (1º teste) Fonte: elaborado pelos autores.

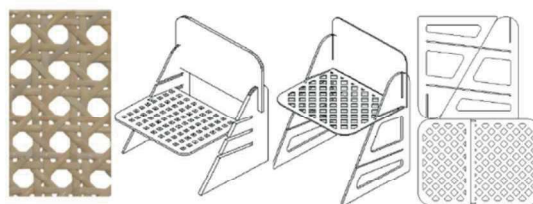


Figura 6: Nova referência e adaptações do modelo no Sketchup. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 7: Corte a laser em papel Paraná (2º teste). Fonte: elaborado pelos autores.

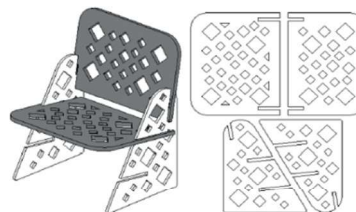


Figura 8: Adaptações do modelo no Sketchup (melhorias) Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 9: Corte a laser em papel Paraná (validação). Fonte: elaborado pelos autores.

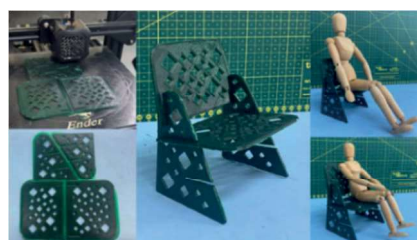


Figura 10: Impressão 3D em filamento PLA Fonte: elaborado pelos autores.

3.2.1.2. Estudo de Caso 2: Banco Trevo

Apelidado de Banco Trevo, este experimento buscou a inspiração orgânica e natural da flor do trevo para sua composição formal e definiu como premissa que o mobiliário tivesse um compartimento inferior – abaixo do assento – que pudesse servir como porta-objetos, como cadernos, pastas ou até mesmo tablets e notebooks. A ideia inicial seria utilizar um plano seriado, para a partir do mesmo estabelecer sua organicidade e criar um ritmo. Para isso, foi dado início ao processo através de croquis feitos à mão (Figura 11). Por meio de um perfil

definido em função da ergonomia e conforto para o(a) usuário(a), foi definido o plano seriado, estruturado pelo padrão *waffle* (Figuras 12 e 13). Visando a otimização das peças no plano de corte/ *nesting* (Figuras 14 e 15), foi realizada uma redução no contorno de alguns perfis, mantendo apenas 3 deles por completo, que já seriam o suficiente para estruturar o banco.

O protótipo, criado na escala reduzida em papel Paraná na cortadora laser (Figura 16) ficou bem firme e estável, porém, a quantidade de peças gerou questionamentos acerca da solução quanto à praticidade de montagem pelas crianças nas oficinas, além da planificação das peças para o plano de corte que revelou um certo desperdício de material, com espaços internos que não seriam aproveitados. Dessa forma, foi criado um novo partido para solucionar o artefato de modo a resolver esses problemas encontrados no primeiro teste. Assim, a nova estratégia contemplou um total de apenas 4 peças: 2 que se travavam em forma de “X” para gerar a base, que previa o encaixe do assento e do compartimento abaixo, que funcionaria como porta-objetos.

A solução foi modelada no software *SketchUp* (Figura 17), a partir do qual foram exportados os vetores em formato *pdf* para corte do papel Paraná na cortadora laser (Figuras 18 e 19), etapa em que se pode validar o protótipo. Em seguida, o modelo foi levado para o contexto do software paramétrico *Rhino 3D/ Grasshoper*, por meio do qual, foi desenvolvido um código que pudesse representar o modelo sob a lógica algorítmica (Figura 20), para que assim se pudesse manipular mais facilmente os parâmetros, e fazer os ajustes no modelo de forma mais fluida e dinâmica. O passo seguinte foi a produção de um modelo criado em impressão 3D de filamento *PLA* (Figura 21), a fim de oferecer mais legitimidade ao processo, além de testar uma nova matriz de experimentação. Assim, foi possível refinar mais o modelo e promover maior organicidade à proposta, utilizando ainda padrões de vazios parametrizados para que o conjunto pudesse ficar mais leve, sem perder sua rigidez e capacidade de suportar peso de uma pessoa sentada. A seguir, é possível conferir a sequência do experimento, em ordem cronológica.



Figura 11: Croquis feitos à mão
Fonte: Feito pelos autores.



Figura 12: Referência de padrão waffle.
Fonte: Pinterest.



Figura 13: Referência de plano seriado.
Fonte: Pinterest.



Figura 14: 1º modelo no Sketchup 3D.
Fonte: Feito pelos autores



Figura 15: Estratégia de corte/ nesting: plano seriado.
Fonte: Feito pelos autores



Figura 16: Corte a laser em papel Paraná.
Fonte: Feito pelos autores

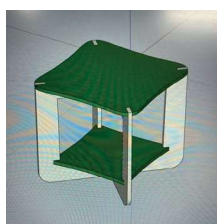


Figura 17: 2º modelo no Sketchup 3D (nova Proposta).

Fonte: Feito pelos autores



Figura 18: Corte a laser em papel Paraná na cortadora laser (validação).

Fonte: Feito pelos autores.



Figura 19: Corte a laser em papel Paraná na cortadora laser (validação).

Fonte: Feito pelos autores.

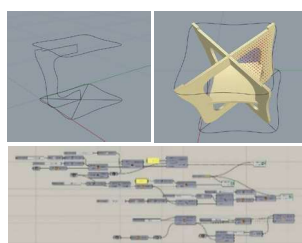


Figura 20: Modelo paramétrico no Rhino 3D/ Grasshopper.

Fonte: Feito pelos autores.



Figura 21: Protótipo impresso em impressão 3D de filamento PLA

Fonte: Feito pelos autores.

3.2.2. O mobiliário em escala real

A produção final do mobiliário foi executada em duas etapas: a produção das placas de plástico reciclado e execução do protótipo em escala real na fresadora CNC.

3.2.2.1. Produção das placas de plástico reciclado

Por se tratar da última etapa da construção do mobiliário, buscou-se um cuidado maior com a estética das peças em relação as cores e as suas distribuições. Assim sendo, a primeira preocupação foi na escolha das cores do plástico reciclado que seria comprado e utilizado. Cada mobiliário foi produzido a partir de uma chapa que pode ter entre 5mm e 15mm. A quantidade de plástico e placas necessárias varia a cada projeto, mas o processo é o mesmo. A matéria-prima é vendida por peso, em grãos de plástico, disponível em diferentes cores.

Pode-se considerar uma produção em 5 etapas: (1) separação e pesagem dos grãos de plásticos (Figura 22); (2) lubrificação da chapa com silicone líquido viscosidade 1.000 - para evitar a aderência do material na mesma e facilitar a desenformagem (Figura 23); (3) colocação do plástico na chapa, que é dividido em 3 estágios: $\frac{1}{3}$ do material é colocado na forma de acordo com a estética escolhida e vai ao forno por um período de tempo entre 15 e 20 minutos e com temperatura entre 250° e 300°, sempre olhando com atenção para não queimar e garantir o cozimento do plástico - o ideal é que o material atinja uma consistência de “queijo derretido”. O processo se repete mais duas vezes, sempre se atentando na maneira de distribuir as cores

dos grãos de plástico, concluindo então execução da placa (Figura 24). (4) colocação da chapa na prensa por, no mínimo, 1 hora (Figura 25); (5) retirada da chapa na prensa (Figuras 26 e 27).



Figura 22: Etapa 1
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 23: Etapa 2
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 24: Etapa 3
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 25: Etapa 4
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 26: Etapa 5
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 27: Etapa 5
Fonte: elaborado pelos autores.

3.2.2.2. A execução em escala real na fresadora CNC

Finalizada a produção das placas necessárias e antes da usinagem das mesmas, pode-se realizar testes com o material final a fim de ainda conseguir reduzir deficiências e aprimorar as virtudes do projeto. Assim sendo, um teste importante foi verificar o encaixe das peças - que pode ser feito apenas em um recorte do mobiliário (Figura 28) e até mesmo na construção do mobiliário em sua completude, porém em escala reduzida (Figura 29).



Figura 28: Encaixe das peças em escala real.
Fonte: elaborado pelos autores.

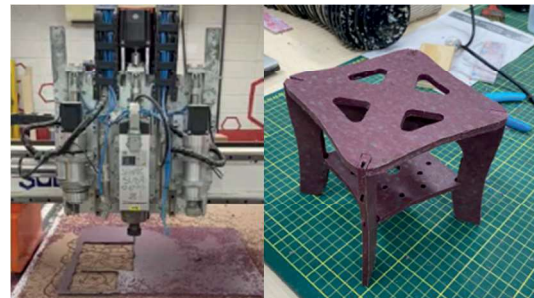


Figura 29: Construção do mobiliário em escala reduzida.
Fonte: elaborado pelos autores.

Após a realização dos testes, pôde-se finalmente produzir as peças para a montagem do mobiliário final na fresadora CNC. Para a montagem, foram percebidas pequenas variações de espessura na chapa sendo necessário, então, lixar algumas partes dos encaixes para conseguir

montar corretamente os protótipos finais em escala real, finalizando os mobiliários propostos para a disciplina (Figuras 30 e 31).



Figura 30: Cadeira trama bel(l)a
Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 31: Banco Trevo
Fonte: elaborado pelos autores.

4. Discussões

A partir dos experimentos apresentados, foi possível constatar que o processo de prototipagem foi fundamental para que o produto final pudesse ser executado com a menor quantidade de erros possíveis, além de ser super interessante do ponto de vista criativo e estrutural, fazendo com que os estudantes aprendam, na prática, os problemas e potencialidades do processo de prototipar de acordo com cada tipo de material.

Dessa forma, o experimento realizado foi uma oportunidade de compreender as possibilidades e as limitações das ferramentas de design e de fabricação digital, bem como do material trabalhado. Mas, principalmente, permitiu o conhecimento do aperfeiçoamento do design através de protótipos, pois concedeu ao profissional, através de uma experiência prática, um mergulho em várias etapas fundamentais para a criação e desenvolvimento de produtos através da prototipagem rápida.

Ao se comparar os processos de produção dos mobiliários descritos é possível perceber que ambos prezam pela simplicidade do design e aproveitamento das chapas. Os projetos se distinguem ao passo que o primeiro preza pelo conforto ao escolher uma cadeira com encosto, enquanto o segundo preza pela praticidade do banco e sua multiplicidade de funções (assento, apoio de materiais, mesa de centro).

Pela maior quantidade de encaixes e curvas e ângulos em sua estrutura, o banco trevo foi prototipado com a matéria-prima final, a chapa de plástico de 05mm e uma escala reduzida (1:2), o que garantiu a ele uma maior precisão dos encaixes, visto que o papel paraná tem propriedades e maleabilidade distintas do plástico, este se semelhando mais às propriedades da madeira, além do teste de estabilidade da peça. Já a equipe da cadeira, pela menor quantidade de encaixes, bem como redução de custos com a matéria-prima, optou por apenas testar um encaixe reduzido e fazer o mobiliário completo apenas na escala final. Ambas as soluções estão corretas, cabe aos autores decidirem a melhor abordagem de acordo com a solução proposta e seu custo-benefício.

Por fim, acredita-se que as dificuldades encontradas não seriam repetidas em uma próxima oportunidade de projeto e que, com a experiência, executa-se objetos dos mais diversos tipos e



com excelente qualidade. Afinal, o projeto *Precious Plastic* e suas diversas aplicações e ramificações mostra o quão viável são os produtos com plástico reciclado.

5. Conclusão

Os dois estudos de caso apresentados comprovam que a tecnologia digital e a sustentabilidade podem andar de mãos dadas na concepção e execução de projetos contemporâneos, contribuindo na criação de objetos inovadores, pois essa união permite uma vasta quantidade de soluções projetuais com diversos tipos de materiais, em um intervalo de tempo relativamente mais curto através dos experimentos em protótipos.

Dessa forma, é possível assegurar que os arquitetos, designer e engenheiros podem e devem explorar, ao máximo, sua criatividade e atingir resultados surpreendentes esteticamente e estruturalmente e, assim, incorpora-se vários saberes em prol de uma nobre e urgente causa. Acredita-se que estudos como este devem ser, cada vez mais divulgados e conhecidos pois se tratam de soluções que podem ser facilmente alcançadas e, através delas, atingir resultados de alta complexidade e baixo impacto ambiental.

Referências

- DOLMENA. Disponível em: <<https://the189.com/furniture/primitive-simple-dolmena-chair-by-russian-manufacturer-polli/>>. Acesso em: 28 mar. 2023.
- GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6.ed. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 2008
- MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. Tradução: Astrid de Carvalho. 1ª ed. 2ª reimpr. São Paulo: Edusp, 2008. 366p.
- MANZINI, Ezio. Design para a inovação social e sustentabilidade: Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais Rio de Janeiro: E-papers, 2008.
- McLENNAN, J. F. (2004), The Philosophy of Sustainable Design.
- PEZINNI, Olivia; PINHEIRO, Olympio; BARATA, Tomas. MUDALAB E PRECIOUS PLASTIC: Considerações sobre o movimento maker, sustentabilidade e periferia com o uso do lixo plástico. In: SIMPÓSIO DE DESIGN SUSTENTÁVEL, 2021, on-line, Curitiba-PR.
- PUPO, Regiane. Inserção da PROTOTIPAGEM e FABRICAÇÃO DIGITAIS no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.