

Guilherme Menegasso, Gilberto Prado *

Considerações sobre os processos de fabricação digital

* **Guilherme Menegasso** é Mestre em Design com a pesquisa em realidade aumentada e impressão 3D, pela Universidade Anhembi Morumbi. Graduação em Design pelo Instituto Mauá de Tecnologia. Especialidade em modelo físico, impressão 3D e projeto de produto. Curso em UX e UI. Trabalhou entre os anos de 2021 e 2023 como técnico em design no Fab Lab Mauá no Instituto Mauá de tecnologia onde auxiliava em projetos de alunos e professores. Trabalha atualmente como auxiliar de coordenação do curso de Design.
<gui-menegasso@hotmail.com>
ORCID 0009-0005-4556-3231

Gilberto Prado é artista e coordenador do Grupo Poéticas Digitais. Tem realizado e participado de diversas exposições no Brasil e no exterior. Atualmente é professor dos programas em design da Universidade Anhembi Morumbi (UAM) e do Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais da Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP).
<gttoprado@gmail.com>
ORCID 0000-0003-2252-3489

Resumo Neste artigo apresentaremos algumas considerações sobre a fabricação digital, em específico o processo de impressão 3D e como ele se relaciona com o processo de corte a laser no âmbito da prototipagem. Estes dois processos permitem a confecção de peças e modelos a partir de uma matéria prima comparativamente barata dentro da prototipação no design de produto. Vemos estas duas tecnologias se fazem presentes em laboratórios de faculdades com cursos de design, arquitetura e engenharia, possibilitando o contato de alunos com essa tecnologia desde muito cedo na graduação. Os chamados espaços *makers* e Fab Labs permitem a utilização dessas tecnologias, sendo ambientes favoráveis ao aprendizado. Saber diferencia as vantagens de cada processo e utilizar o processo mais adequado a fabricação de uma peça vem se tornado essencial na capacitação de novos designers. Abordaremos as diferenças, vantagens e aplicações de cada processo de maneira a dialogar com o ambiente da graduação em design para melhor entender a aplicação e utilização dessas tecnologias.

Palavras-chave Fabricação digital, Design, Modelagem 3D, Impressão 3D, Corte a laser.

Considerations on digital manufacturing processes

Abstract *In this article we will present some considerations about digital manufacturing, specifically the 3D printing process and how it relates to the laser cutting process in the context of prototyping. These two processes allow parts and models to be made from comparatively cheap raw materials within product design prototyping. We see these two technologies present in laboratories at design, architecture and engineering universities, making it possible for students to come into contact with this technology very early on in their undergraduate studies. The so-called makerspaces and Fab Labs allow these technologies to be used, making them favorable learning environments. Knowing how to differentiate between the advantages of each process and how to use the most appropriate process to manufacture a piece has become essential in training new designers. We will discuss the differences, advantages and applications of each process in order to engage with the undergraduate design environment to better understand the application and use of these technologies.*

Keywords *Digital fabrication, Design, 3D Modeling, 3D printing, Laser cutting.*

Consideraciones sobre los procesos de fabricación digital

Resumen *En este artículo presentaremos algunas consideraciones sobre la fabricación digital, específicamente el proceso de impresión 3D y cómo se relaciona con el proceso de corte por láser en el ámbito de la creación de prototipos. Estos dos procesos permiten la producción de piezas y modelos a partir de insumos más accesibles dentro de la creación de prototipos de diseño de producto. Vemos estas dos tecnologías presentes en los laboratorios de universidades con cursos de diseño, arquitectura e ingeniería, lo que permite contacto de los estudiantes con estas tecnologías desde el inicio de la graduación. Laboratorios conocidos como makerspaces y Fab Labs permiten el uso de estas tecnologías, siendo un ambiente favorable para el aprendizaje. Saber las ventajas de cada proceso y distinguir el proceso más adecuado para fabricar una pieza se ha vuelto esencial en la formación de nuevos profesionales del diseño. Así abordaremos las particularidades, ventajas y aplicaciones de cada proceso para dialogar con el diseño para comprender mejor la aplicación y el uso de estas tecnologías.*

Palabras clave *Fabricación digital, Diseño, Modelado 3D, Impresión 3D, Corte por láser.*

Introdução

Quando falamos de fabricação digital, nos referimos a processos de manufatura aditiva ou subtrativa que utiliza dados digitais para controlar o processo de fabricação. O digital implica a utilização de interfaces e telas para a fabricação de peças pela máquina, diferenciando de processos manuais onde o controle da ferramenta é responsabilidade do usuário.

Apesar da ferramenta ser controlado por dados e interfaces, é necessário que o usuário tenha conhecimento de como operar essas interfaces para que o resultado do processo seja de acordo com a intenção do operador. Flusser (2017) coloca como o homem está “alienado”, louco para poder dar um sentido ao mundo quando a questão é a simbologia e as barreiras na comunicação. Desta maneira vemos que cada software cria sua própria esfera de sentido que deve ser desbravada e entendida antes de ser utilizada, para cada ferramenta, cada processo, teremos uma curva de aprendizado.

Dentro de espaços *makers* e Fab Labs como o Fab Lab Mauá, temos uma variedade de processos, dentre eles os chamados CNC, do inglês *computer numeric control*, controle numérico computadorizado. Estes podem ser tornos CNC, *routers* CNC dentre outras. CNC é o termo utilizado para o mapeamento de movimentos da máquina por valores alfanuméricos. Uma das formas mais utilizadas é o *geometry-code*, abreviado para G-code que é uma extensão de arquivo comumente utilizada em máquinas de prototipagem como impressoras 3D, *routers* e corte a laser.

Estas máquinas trabalham de maneira bem similar. Todas trabalham com G-code para fabricação de peças por meio de um cabeçote que percorre um caminho pré-determinado pelo operador, executando comandos de movimento nos seus eixos. Destrinchando o processo dessa forma, observamos que a máquina de corte a laser é a mais simples das três pois seu cabeçote não terá movimentos verticais, apenas seguirá os movimentos planares estabelecidos na programação do arquivo. Como a altura e foco do laser é ajustado apenas no começo do processo e não se altera, não temos que nos preocupar com movimentos verticais durante o corte.

Ao aumentarmos a complexidade temos uma máquina de usinagem, comumente chamada de *router*. Seu cabeçote tem movimento vertical e controla uma fresa, que é uma broca especializada para cortes laterais, não apenas verticais. Então temos os movimentos do cabeçote horizontal e vertical (X, Y e Z em termos cartesianos), controle da rotação da fresa e todo mecanismo para a troca da mesma. O tipo de fresa utilizada, acabamento, velocidade de rotação, velocidade de avanço e altura do passo de corte são todas variáveis a serem consideradas antes do processo e monitoradas durante, havendo casos em que a alteração de algum parâmetro seja necessário.

No topo da complexidade temos o processo de Impressão 3D. Similar a *router* temos um cabeçote que se movimenta nos eixos X, Y e Z. Temos neste cabeçote uma série de elementos cujo o objetivo é derreter um filamento plástico e empurrá-lo por um bico que deposita em camadas para

construir uma peça (STRÁSKÝ, 2019). Esta é a descrição básica colocada no guia *Basics of 3d printing with Josef Prusa*, pela fabricante de impressoras 3D de FDM Prusa Research Labs. Como a peça impressa 3D é formada de várias partes, temos a adaptação na velocidade e quantidade de material depositado (em inglês chamado de *flow*). Essas partes são: camadas de base/topo, paredes e preenchimento. As camadas de base e topo são as partes da impressão que tem contato com o exterior da peça na direção vertical, já as paredes têm contato com a parte externa horizontalmente. O preenchimento é a parte interna da peça, normalmente composta por um padrão pré-definido. Este padrão preenche a peça por um valor medido em porcentagem, entre 0 a 100%.

Impressão 3D e injeção de plástico

Pela peça ser feita dessas partes e pelo material ser depositado em camadas, a peça impressa “terá menos resistência na direção perpendicular as camadas de impressão” (STRÁSKÝ, 2019). Por esse motivo, as peças impressas em impressão 3D tendem a ter menos resistência mecânica que a mesma peça injetada a plástico. É importante que qualquer pessoa que esteja projetando uma peça para o processo de impressão 3D tenha em mente as limitações do processo. Podemos fortalecer nossa peça para obter resultados específicos, como elasticidade ou resistência a compressão, mas não é possível alcançar a resistência que a mesma peça teria se fosse injetada a plástico.

Khan (2020) em seu artigo *Comparison on Performance of Injection Moulding and 3D Printed Parts* realiza testes mecânicos em peças injetadas e impressas em plástico ABS. As peças foram impressas com 90% de preenchimento, três camadas de topo/base e duas camadas de perímetro/paredes. Os testes mostraram que as peças feitas por injeção de plástico “são muito mais fortes, demonstrado pela resistência ao impacto maior” quando comparadas as amostras impressas em 3D.

Quando estamos em um ambiente como o Fab Lab Mauá, os usuários têm a expectativa que as peças impressas em 3D tenham as características físicas de uma peça plástica de plástico injetado, o que não é o caso. No caso do Fab Lab Mauá, muitas vezes os pedidos de impressão vinham com o pedido de 100% de preenchimento com o intuito de igualar a resistência.

Estamos comparando um processo industrial a um processo de prototipação que pode ser realizado com máquinas relativamente baratas quando comparamos a máquinas de injeção e moldes metálicos. Em quesito de prototipagem e iteração, os modelos impressos 3D e a qualidade das peças mais do que compensam as limitações mecânicas. Limitações essas que suprem as necessidades em grande parte dos casos práticos onde se utiliza a impressão 3D em um contexto universitário, educacional e representativo. A impressão 3D e outros processos de fabricação digital eliminam a destreza manual como intermediário entre a ideia e o produto, então alunos

podem focar em melhorar seus designs ao invés de cuidar de problemas mundanos com material (BLIKSTEIN 2013).

Modelagem para impressão 3D e corte a laser

No Fab Lab Mauá utilizamos com maior frequência os processos de impressão 3D e corte a laser. Podemos ver isso pela existência de filas de agendamento individuais para esses dois processos.

O processo de corte a laser dentro do laboratório é realizado pelo aluno. Este escolhe um horário para realização do seu projeto, podendo optar por trinta minutos, uma ou duas horas. No momento do agendamento é necessário o envio do arquivo das peças a serem cortadas, assim como o material e espessura a ser cortado. Um funcionário do laboratório então aprova ou rejeita um pedido baseado a disponibilidade de matéria prima e a viabilidade do projeto.

Já o processo de impressão 3D, o projeto permanece em espera em uma fila de pedidos até ser avaliado por um funcionário. Por se tratar de um processo mais sensível a interferência, a impressão sempre é iniciada e monitorada pelos funcionários do laboratório.

Quando falamos de interferências na impressão 3D nos referimos a erros durante o processo que podem atrapalhar a impressão. Diferente do corte a laser que existem poucas interferências possíveis de acontecer durante o corte, na impressão 3D existe inúmeros problemas que podem ocorrer durante a impressão da peça, dentre eles o esgotamento do filamento, o empenamento da base da peça, o entupimento do bico dentre outros.

Pelo aluno não estar ativamente participando do processo de impressão, o aluno não tem o envolvimento visceral com o processo, e acrescenta: “A questão, então, é decidir no lado da eficiência (um especialista operando a máquina para todos), ou equidade (todos operam a máquina)” (Blikstein, 2013). Neste caso foi optado pelo técnico David operar as máquinas para agilizar o processo, mas não ficou claro se as estudantes estavam aprendendo ao observar outra pessoa realizar o processo de corte a laser. Essa posição só é exacerbada quando o processo é realizado sem a presença do aluno, que é o caso da impressão 3D no Fab Lab.

Quando comparamos a impressão 3D com o corte a laser, podemos inferir algumas diferenças básicas.

A primeira é o tempo de criação e elaboração do arquivo. Para o corte a laser podemos utilizar um software de modelagem 3D que também gere desenho técnico como o SolidWorks. Precisamos do desenho técnico com vista perpendicular das peças para serem cortadas na chapa do material escolhido. Pode ser realizada uma modelagem planejada da peça a ser cortada, similar a modelagem de tecido para a confecção de roupas.

A impressão 3D necessita que o estudante entenda de modelagem 3D. No Instituto Mauá de Tecnologia o tempo mínimo de uma matéria de modelagem 3D é de um semestre. É importante ressaltar que o conheci-

mento de um software 3D é diferente de saber projetar para o processo escolhido. A visualização 3D e a fabricação se distinguem na capacidade de realização, ou seja, sua viabilidade produtiva.

Classificaremos estes dois tipos de modelagem:

1. Modelagem de visualização
2. Modelagem de fabricação

A modelagem de visualização pode ser utilizada para impressão 3D com mais facilidade que para o corte a laser. Por ser o corte que resulta em uma peça bidimensional no sentido de ser um recorte de uma chapa de espessura fixa. Quando projetado para corte a laser, não basta a modelagem do volume da peça, é preciso que tenha a espessura do material a ser cortado e como é traduzido em chapas ou peças a se encaixarem a fim de se formar o volume.

Um exemplo que podemos dar para exemplificar esses dois tipos de modelagem seria utilizando uma caixa de papelão. A caixa de papelão é um corte de papelão grosso que quando dobrado de uma certa maneira tem seis lados com uma abertura para se guardar objetos em seu interior. A caixa de papelão não é um objeto que já sai da linha de produção pronto. Ela necessita que seja feita a dobra das suas paredes e que sejam fixadas de alguma forma, seja ela cola ou encaixes.

O corte a laser se assemelha à caixa de papelão da mesma forma que temos peças que não saem na sua forma final, elas precisam necessariamente serem planejadas para serem montadas e coladas para que cheguem no seu formato pretendido. Quando se projeta para corte a laser é necessário levar em consideração essa montagem que será feita após o corte das peças.

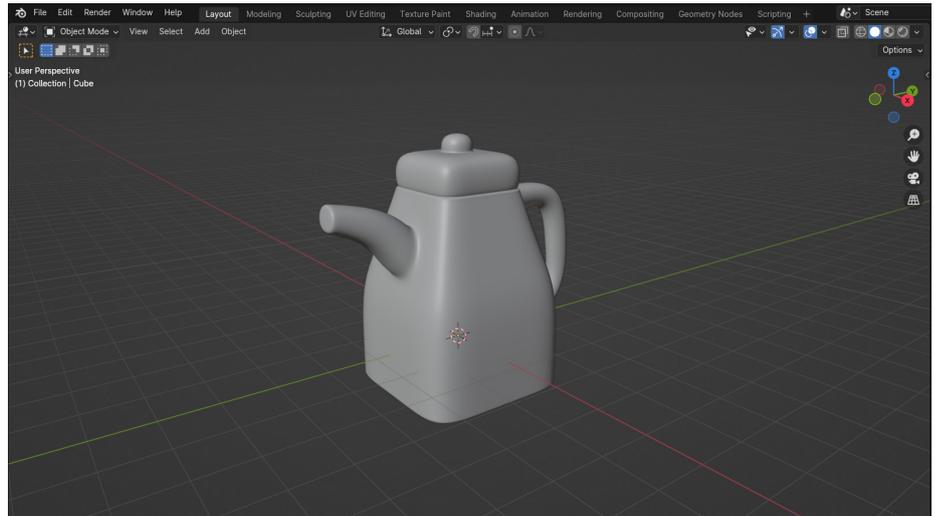
Por se tratarem de peças que são cortadas de uma chapa de material, é de conhecimento da grande maioria dos usuários da máquina de corte a laser que existem limitações e que se é necessário projetar com elas em mente. Quando utilizando a impressão 3D também temos limitações, porém essas muito menos aparentes aos estudantes.

Quando colocamos a justaposição entre a modelagem 3D para visualização e para fabricação, vemos que a modelagem para fabricação é diretamente relacionada ao processo que estamos utilizando. Levando em consideração a mudança do processo de corte a laser para impressão 3D, devemos adaptar também o processo de modelagem.

A modelagem de visualização é como iremos chamar a modelagem de volume, ou seja, a modelagem que prioriza o volume ou a aparência externa da peça, sem se preocupar com a montagem, fabricação ou qualquer outra questão estrutural. Realizando outra analogia, seria como a modelagem utilizando argila ou outro meio maleável apenas para a reprodução superficial do objeto. Neste caso a importância é dada ao volume do objeto sendo a parte interna composta totalmente pelo material, sendo sólido. Quando modelando em um Software 3D, o primeiro passo no aprendizado é a modelagem por volume para que o estudante se familiarize com as ferramentas do software.

Figura 1. Modelagem de volume de um Bule de chá no software livre Blender3D.

Fonte: Os autores, 2024.



Na figura 1 temos um exemplo de uma modelagem de visualização utilizando o software de modelagem 3D gratuito *Blender*. Este modelo foi concebido em poucos minutos sem referência para representar um bule de chá. Considerando as partes básicas de um bule de chá, seu corpo, bico, cabo e tampa estão todos presentes na modelagem. O que não foi modelado é a maneira com que a tampa encaixa no corpo do bule, a espessura do material e sua parte interna. Esses pontos são importantes para escolha do processo de fabricação do bule, dependendo do nosso design. Quando pensamos na impressão 3D esse tipo de modelagem se torna atrativo por se tornar de uma peça única de base larga que aparenta não ter problemas de ser impressa.

Por ser o primeiro tipo de modelagem que o estudante tem contato, muitas das peças que são enviadas para impressão no Fab Lab são representações volumétricas. Esses modelos são as representações das formas gerais da peça e como vimos, não levam em consideração o processo de fabricação.

Em muitos casos a modelagem de visualização basta para ser impressa em 3D. Mas raramente essas impressões são otimizadas no que se trata de tempo de impressão e gasto de material. Em um ambiente de aprendizado é completamente aceitável este tipo de modelagem, mas por se tratar da forma mais fácil de se produzir uma peça, acaba se tornando um vício optar por este processo. Blikstein coloca como a síndrome do chaveiro em que foi proposto como uma introdução a fabricação digital com o corte a laser a fabricação de chaveiros: “Na quarta sessão, percebi algo de errado. O workshop virou uma fábrica de chaveiros [...] por mais que tenha sido uma solução efetiva para engaja-los na fabricação digital, isso oferecia uma recompensa muito grande por um esforço pequeno” (Blikstein, 2013, p. 9). O mesmo paralelo pode ser traçado na modelagem de visualização: Por que utilizar a modelagem mais complexa se a modelagem mais simples resolve, apesar de alguns defeitos, meu problema? O ponto observado era a preferência da modelagem de volume em relação a modelagem de fabricação. Por ser o primeiro tipo de modelagem aprendida pela maioria dos alunos como base para modelagens mais complexas, com partes e encaixes.

Quando realizamos algum projeto que necessita a fabricação e montagem de diversas peças, é necessário a adequação do projeto para o processo de fabricação escolhido. PAIO (2021) coloca como “as ideias abstratas só se tornam significativas e concretas quando são necessárias para realizar uma tarefa dentro de um projeto”. Quando temos a necessidade em um projeto de um planejamento de encaixes, que necessitam uma modelagem mais atenta e concisa, devemos explorar os processos que nos favorecem dentro de cada projeto. A modelagem de volume pode ser suficiente para a representação livre de modelos e volumes, mas não deve se tornar a única utilizada para projetos.

A adequação do projeto para um processo de fabricação pode parecer uma afirmação óbvia, mas no dia a dia do laboratório era comum observar alunos relutantes a adaptar o projeto. Isso pode ser atribuído a uma série de fatores que não entram no escopo deste artigo. O conhecimento sobre o processo e, muitas vezes, a vivência com as máquinas é necessário para a elaboração de projetos satisfatórios, isto é, que atendam aos requisitos do projeto.

Quando falamos de um projeto para ser fabricado com o processo de corte a laser, devemos pensar a modelagem de maneira diferente do processo de impressão 3D. De início, nossa matéria prima serão chapas de MDF ou plásticos como acrílico. Nossa modelagem deve refletir isso, levando em consideração a construção de volumes tridimensionais com chapas e encaixes. Estes encaixes devem levar em consideração a espessura do material utilizado, que pode variar entre 2 a 10 milímetros em alguns casos. Estas peças devem ser dispostas de maneira a serem cortadas, as chamadas folhas de corte, similares a um quebra cabeça, a fim de otimizar o material utilizado e evitar desperdícios.

Esse tipo de modelagem pode ser realizado em uma gama de softwares CAD (do inglês, desenho assistido por computador) e até softwares de desenho vetorial como *Adobe Illustrator* ou *CorelDRAW*. Isso permite uma flexibilidade ao aluno, principalmente de primeiro ano, a desenvolver projetos com relativa tranquilidade, utilizando o software que tiver mais experiência. Estes projetos iniciais similares em escopo aos chaveiros dados de exemplo por Blikstein. Um modelo utilizado são pequenas peças chamadas *meeples* que são utilizadas em jogos de tabuleiro e normalmente feitas pelo processo de corte a laser em madeira.

Após esse contato inicial não se apresenta opções mais complexas de projetos utilizando o corte a laser. Isso acarreta a dependência maior em modelagens de visualização para realização de projetos.

Dentro dessas duas categorias de modelagem podemos observar as aplicações de cada tipo dentro do design. A modelagem de visualização é utilizada para a representação de modelos, seja em ambientes virtuais, renders de produtos, jogos digitais ou projetos visuais. Utilizamos para apresentar e comunicar ideias para outras pessoas, sem a preocupação de como essa peça pode ser fabricada caso fosse manufaturada.

A modelagem de fabricação é utilizada quando se projeta para fa-

bricação. São consideradas variáveis como encaixes, materiais, métodos de fixação dentre outros parâmetros pertinentes ao processo de fabricação que virá ser utilizado. Essa modelagem deve ser precisa em contrapartida da modelagem de visualização que tem mais liberdades em relação a montagem e escala.

Dentro do Fab Lab temos que observar se o tipo de modelagem enviada pelo aluno condiz com o processo a ser utilizado. Para impressão 3D, a modelagem de visualização pode ser utilizada para projetar peças que não necessitam de medidas e encaixes precisos. No processo de corte a laser, é necessário a idealização do projeto tendo em mente a espessura do material a ser utilizado desde o início. Como os dois arquivos utilizados nos processos de corte a laser e impressão 3D são diferentes, o primeiro utilizando arquivos na extensão DXF e o último arquivos STL na maior parte dos casos, temos que alterar nosso projeto para trocar de processo de fabricação. BEYER et al. (2015) apresenta algumas opções para converter malhas tridimensionais em peças de corte a laser para modelos de baixa fidelidade. Uma dessas opções é a converter esse modelo 3D em chapas para serem empilhadas, “mantendo a medida aproximada do volume em detrimento a qualidade da superfície”. Essa abordagem necessita de uma grande quantidade de peças e material para gerar esse volume. Quando comparado a um projeto colocado pelos autores de montagem de modelos tridimensionais por intersecção de peças bidimensionais, temos uma peça com acabamento de superfície melhor e menos peças.

Aplicações do corte a laser

O processo de corte a laser pode ser aplicado em uma série de projetos e de maneiras diferentes. Aqui apresentaremos alguns pontos sobre o processo e suas vantagens dentro do ambiente de um Fab Lab universitário em comparação com a impressão 3D. Como técnico durante os anos de 2021 e 2023 no Fab Lab Mauá, tive a oportunidade de observar uma grande variedade de projetos e soluções utilizando corte a laser. Com isso farei alguns apontamentos sobre boas práticas no que se diz prototipação utilizando corte a laser:

Caixas e suportes: A fabricação de caixas utilizando corte a laser permite uma maior precisão de dimensões tanto internas quanto externas além de uma maior velocidade de fabricação em relação a uma mesma peça impressa em 3D. O tipo de montagem com encaixes permite que a construção seja muito mais robusta, aguentando maiores impactos. Sites como o Box.py oferecem uma variedade de soluções de armazenamento que podem ser alterados com parâmetros diretamente do site.

Volumes geométricos: Para a confecção de grandes peças, como moldes para laminação, gabaritos para furação ou outras peças com grandes faces

que necessitam qualidade de superfície. O acabamento da chapa é superior ao acabamento da superfície superior de uma impressão 3D, assim para superfícies homogêneas como painéis ou placas podem ser fabricados com maior qualidade.

Modelos de fabricação mista: Utilização da peça cortada a laser como parte em uma montagem com outros processos de fabricação. Esse processo é útil para diminuir o tempo de fabricação, onde podemos agilizar a fabricação de partes menos detalhadas ou com detalhes possíveis de se obter no corte, deixando partes com mais detalhes ou necessidades mecânicas para outros processos.

Materiais e acabamentos: O processo de corte a laser permite o corte de uma variedade de materiais que vão de madeiras e MDF a acrílicos e plásticos, permitindo uma variedade de acabamentos e transparências. A peça cortada a laser tem uma qualidade de superfície maior que a impressão 3D, possibilitando peças esteticamente agradáveis prontas após o corte, isto é, sem nenhum trabalho adicional. Utilizando materiais transparentes e translúcidos conseguimos acabamentos que não são possíveis com a impressora 3D, como peças transparentes feitas em acrílico.

Aplicações da impressão 3D

Impressão 3D possibilita a manufatura de peças por deposição de camada. Esse é um dos fatores que possibilita a manufatura de peças que não poderiam ser fabricadas de outra forma. Para uma impressão de sucesso, é necessário conhecer as limitações da máquina e material utilizado, já que cada um desses fatores tem alta variabilidade de parâmetros e especificidades. Aqui nós apresentamos algumas observações sobre o processo e projetos utilizando a impressão 3D:

Peças estéticas: Incluindo bustos, figuras, brinquedos, *desk toys*, colecionáveis, réplicas de filmes e muitos outros. São peças que o objetivo é ser esteticamente fiel a um modelo, produto ou personagem. São peças que não necessitam de resistência mecânica e precisam de uma aparência fiel ao modelo que tenta reproduzir.

Mecanismos e *print-in-place*: Peças que necessitam de uma precisão dimensional que deve ser ajustada para cada impressora e material utilizado. São peças de montagens maiores que tem movimento ou exercem força em outra peça, como roscas ou engrenagens. O termo *print-in-place* se dá a peças que são impressas “no lugar”, peças essas que tem algum elemento móvel que é impresso em conjunto com outras peças, sem necessitar montagem após a impressão.

Peças de reposição: Utilização de impressão 3D para repor peças quebradas ou faltantes. Pela rapidez e precisão, é possível substituir peças diversas de outras máquinas ou móveis. Essa reutilização permite uma vida útil maior, e um gasto menor já que não há necessidade de adquirir uma nova peça para repor a antiga

Geometria complexas e detalhes: O processo permite a impressão de peças que não poderia ser fabricada de outra maneira. Alguns tipos de rolamentos devem ser impressos em camadas e não são possíveis de serem usinados de maneira convencional. Igualmente peças detalhadas podem ser impressas com grande sucesso em impressoras 3D de resina, que são utilizadas amplamente no setor de joias.

Customização: Essa categoria abrange todas as outras. A confecção de peças sob demanda e exclusivas para um propósito como decoração de festas, presentes e outros. A customização é um grande atrativo de peças impressas para fins específicos, que não poderiam ser fabricadas com métodos de manufatura em larga escala por conta do preço elevado por baixas tiragens.

Considerações finais

O conhecimento e domínio de ferramentas de fabricação digital são essenciais para o designer moderno. A fabricação digital é uma nova linguagem com a qual o designer pode comunicar e transmitir suas ideias para o mundo. Saber utilizar essas tecnologias de forma plena para prototipação de peças durante a graduação vem sendo o diferencial de muito cursos que contam com espaços como Fab Labs e espaços *makers* onde o aluno pode interagir com essas tecnologias em ambientes propícios ao aprendizado. Uma das habilidades mais valiosas que um jovem designer poder ter é a capacidade de projetar e adequar seu projeto para o meio de fabricação adequado, seja para prototipagem ou para indústria.

O conhecimento sobre os processos vem junto com a experimentação e utilização de um devido processo. Quando o estudante tem contato constante com os processos como impressão 3D e corte a laser durante projetos da graduação, ele desenvolve o conhecimento necessário para adaptar o seu projeto para cada processo, assim otimizando o tempo de fabricação e custo material. Isso proporciona uma maleabilidade para o desenvolvimento de projetos mais complexos que englobem uma gama maior de processos, dando mais flexibilidade na hora de resolver desafios durante os projetos, e assim, durante a carreira como designer.

As diretrizes apresentadas nesse artigo são observações de projetos que passaram pelo Fab Lab Mauá. Observando os trabalhos de inúmeros alunos nos permitiu resolver questões dentro de outros projetos, onde as soluções se complementavam. Dessa forma se desenvolve um acervo de soluções para os mais diversos problemas que podem ser resolvidos com os

processos apresentados neste artigo. E mais importante ainda é desenvolver o projeto para a sua forma de fabricação adequada e saber quando desenvolver um projeto para corte a laser ao invés de impressão 3D e vice-versa. Essa adaptabilidade que o aluno desenvolve realizando projetos em um espaço como o Fab Lab o ajuda a se tornar um profissional mais competente para o mercado de trabalho.

Referências

BEYER, Dustin et al. **Platener**: Low-fidelity fabrication of 3D objects by substituting 3D print with laser-cut plates. In: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. 2015. p. 1799-1806.

BLIKSTEIN, Paulo. **Digital fabrication and ‘making’in education**: The democratization of invention. FabLabs: Of machines, makers and inventors, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2013.

FLUSSER, Vilém. **O Mundo codificado**: por uma filosofia do design e da comunicação. 1. ed. São Paulo: Ubu Editora, 2017. 244 p.

PAIO, Alexandra. **Desafios digitais na educação do século XXI**. A fabricação digital como recurso didático, p. 15-25, 2021.

STRÁSKÝ, Ondřej. **Basics of 3D printing with Josef Prusa**, primeira edição. Praga. 2019. E-Book. Disponível em: <https://www.prusa3d.com/downloads/basics-of-3d-printing.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2023

KHAN, Wijdan. (2020). **Comparison on Performance of Injection Moulding and 3D Printed Parts**.

Recebido: 24 de junho de 2024

Aprovado: 28 de setembro de 2024