

# UTILIZAÇÃO DA FABRICAÇÃO DIGITAL NA PRODUÇÃO DE UMA LUMINÁRIA

Matheus da Silva Rocha<sup>1</sup>  
Fábio Henrique Sales Nogueira<sup>2</sup>  
Vivaldo Ferreira Chagas Júnior<sup>3</sup>

Arquitetura e Urbanismo



ISSN IMPRESSO 1980-1785  
ISSN ELETRÔNICO 2316-3143

## RESUMO

Tendo em vista a capacidade de novas tecnologias no meio arquitetônico e a baixa abordagem da fabricação digital no contexto local, este artigo pesquisa sobre prototipagem rápida e seu uso na arquitetura e design, a fim de gerar um modelo físico através de um processo de usinagem. Para tanto, foi necessário investigar quais os tipos de fabricação digital existentes, como isso está ligado a arquitetura e a empregabilidade de modelos físicos na atualidade. Realizou-se, uma metodologia de pesquisa, a partir de um estudo de caso, onde foram desenvolvidos o projeto e a execução de uma luminária a partir um processo de usinagem por comando numérico computadorizado (CNC). Diante disso, verificou-se no processo de desenvolvimento da pesquisa, o potencial do uso da fabricação digital para além dos fins acadêmicos, e sua facilidade de ser trabalhada em conjunto com o desenho paramétrico

## PALAVRAS-CHAVE

prototipagem rápida. fabricação digital. design paramétrico.

## ABSTRACT

In view of the capacity of new technologies in the architectural environment and the low approach of digital manufacturing in the local context, this article researches on rapid prototyping and its use in architecture and design, in order to generate a physical model through a machining process. For that, it was necessary to investigate what types of digital fabrication exist, how it is linked to architecture and the employability of physical models today. A research methodology was carried out, based on a case study, where the design and execution of a luminaire were developed from a machining process by computer numerical command (CNC). Therefore, in the research development process, the potential of using digital fabrication beyond academic purposes was verified, and its ease of being worked in conjunction with parametric design.

## KEYWORDS

rapid prototyping. digital fabrication. parametric design.

## INTRODUÇÃO

Muitas foram as inovações que as tecnologias digitais agregaram à produção no campo da Arquitetura e Urbanismo. Com a popularização dos computadores pessoais nas décadas finais do século XX, uma verdadeira revolução se inicia nas escolas e nos escritórios. Inicialmente o paradigma vigente se solidificou com as abordagens do tipo CAD<sup>2</sup> (desenho assistido por computador) e continuaram a se desdobrar e atualmente há uma variada gama de possibilidades para se pensar o projeto de arquitetura e de urbanismo, bem como sua execução.

Dentre as possibilidades contemporâneas, se destacam as iniciativas que fazem parte do que se chama de processo de fabricação digital. O sistema de fabricação digital (prototipagem rápida) é uma tecnologia que está cada vez mais presente no processo de projeção e na execução. Este método usualmente se utiliza de softwares para criação de geometria digital para a confecção de componentes físicos por meio de máquinas de controle numérico. Desse modo, é possível materializar modelos virtuais em modelos físicos. Este processo é conhecido como "*file-to-fabric*", "ou do arquivo à fábrica, corresponde a um processo de fabricação digital, em que produtos de uso final são projetados e produzidos digitalmente" (FONSECA, 2016, p.100).

Para melhor compreender as possibilidades de aplicação da fabricação digital no universo da Arquitetura, este artigo busca descrever o processo, desde seu projeto até à execução, do desenvolvimento de uma luminária utilizando as tecnologias de design paramétrico e da fabricação digital em uma *router* CNC.

---

2 No inglês CAD é uma sigla para *Computer Aided Design*.

O interesse pelas técnicas de fabricação digital se justifica pois é o que hoje há de mais avançado no que se refere à construção física na arquitetura e no design e que são potencializadas pela difusão das tecnologias digitais e ainda a baixa exploração destas abordagens no contexto regional e local.

O termo maquete para arquitetura, é a representação em escala, seja reduzida ou ampliada, de uma obra arquitetônica ou de seus componentes. Na concepção do museu Guggenheim Bilbao, por exemplo, o desenvolvimento da maquete foi de extrema importância para a observação de sua volumetria. Na época da elaboração do seu projeto, não existiam softwares adequados para representação de suas formas ousadas, desta forma o escritório precisou recorrer à métodos não convencionais tendo que utilizar-se de um programa de computador aeronáutico para conseguir desenvolver suas ideias. De acordo com Branko Kolarevic em seu livro *"Architecture in the digital age: design and manufacturing"* o Guggenheim de Bilbao foi "provavelmente o primeiro exemplo mais conhecido que captura o espírito da era da revolução digital<sup>3</sup> [...] (KOLAREVIC, 2003, p. 03).

Hoje em dia a tecnologia avançou de tal modo, que muitos programas arquitetônicos estão sendo utilizados por arquitetos e designers, e a fabricação digital é um caminho natural para a materialização destas formas no mundo real.

Sobre a metodologia, este artigo utilizou da pesquisa bibliográfica, através de fontes primárias e secundárias, ou seja, livros e artigos científicos; acerca da história da representação física em arquitetura (maquetes) e os caminhos abertos pela fabricação digital. Em seguida foi apresentado e descrito o processo de concepção da luminária, como relato de experiência, sobre o conceito, aplicabilidade, modelagem utilizando um software 3D e documentação de todo o processo de execução destas peças utilizando o corte à laser.

## 2 FABRICAÇÃO DIGITAL

O conceito de fabricação digital faz referência ao emprego de tecnologias digitais para a manufatura de objetos, modelos, peças, dentre outros, por meio de máquinas de controle numérico com a utilização do sistema CAD (Computer-aided design ou projeto auxiliado por computador) e CAM (Computer Aided Manufacturing ou manufatura auxiliada por computador).

O termo CAM (computer-aided manufacturing) pode ser traduzido por fabricação digital auxiliada por computador. Sem dúvida, o binômio CAD-CAM é uma das principais tecnologias do design e da fabricação digital, e vem marcando um antes e um depois na história da produção dos objetos, entre eles os da escala arquitetônica. Seu intuito principal é aproximar o design da manufatura. (ORCIUOLI, 2016 p.16)

---

<sup>3</sup> No original "[...] is probably the best known example that captures the zeitgeist of the digital information revolution [...]"

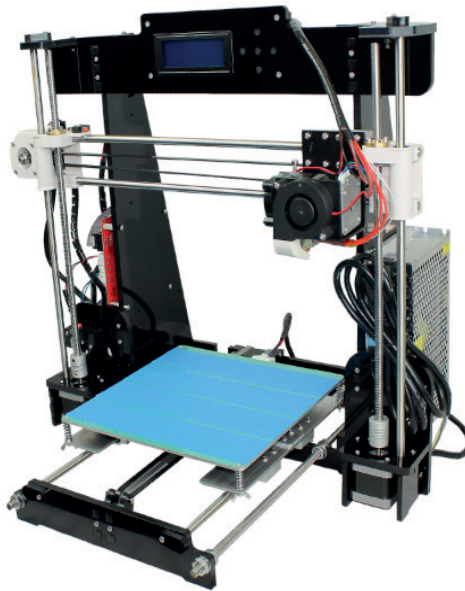
Com o CNC (*computer numeric control* ou comando numérico computadorizado) as máquinas de usinagem podem seguir uma série de instruções predeterminadas em um arquivo de produção.

A classificação de equipamentos da fabricação digital se dá pela quantidade de eixos. A existência de dois eixos (x e y) são comuns nas cortadoras de vinil, já as de dois eixos e meio são capazes de fazer leve relevos em formas simples. Já as que possuem três eixos ou mais, são capazes de realizar figuras tridimensionais como é o caso das impressoras 3D. (CELANI; PUPO, 2008)

Além do número de eixos, os métodos de construção de formas são utilizados para categorizar as abordagens de fabricação digital. Neste sentido, eles podem ser de 3 tipos: aditivo, subtrativo ou formativo.

O método aditivo consiste em inserir camadas de material, onde com a sobreposição de diversas demãos do elemento, formará o objeto tridimensional. Nessa abordagem o software lê camadas horizontais do modelo digital que são impressas uma sobre a outra, podendo ser um sistema baseado em materiais sólidos, em pó ou líquidos. O principal exemplo deste método são as impressoras 3D. (BARBOSA NETO, 2018)

**Figura 1** Impressora 3D



Fonte: <https://www.agrotama.com.br/produtos/impressora-3d-bivolt-velocidade-de-impressao-120-mm-s/nagano-102030380,57,1256/> Acessado em: 6 de março de 2020.

Já o método subtrativo consiste em desbastar uma peça para criação do objeto. Usualmente este método utiliza duas abordagens diferentes: as fresas CNC e os sistemas de corte. Para as fresas CNC, um bloco de material é desgastado seletivamente por fresas que se movem automaticamente em diversas direções (de 1 a 5 eixos).

Como exemplo desta abordagem temos as máquinas do tipo Router CNC. Já os sistemas de corte caracterizam-se pelos movimentos bidimensionais do eixo de corte como no caso das cortadoras a laser, plasma, água, dentre outros.

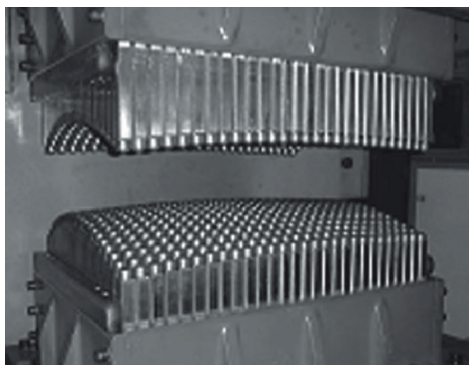
**Figura 2** - Router CNC



Fonte: [https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1ryDrxQ9WBuNjSspeq6yz5VXaO.jpg\\_350x350.jpg](https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1ryDrxQ9WBuNjSspeq6yz5VXaO.jpg_350x350.jpg) Acessado em: 25 de março de 2020.

Por fim, o método formativo utiliza-se de um molde para dar forma ao objeto desejado dando a capacidade de se ajustar a formatos diferentes. Um exemplo desse método são os moldes adaptáveis para a fabricação de placas de vidro com curvaturas especiais. Nesta abordagem são posicionados pinos com alturas reguláveis de acordo com o fornecido pelo software (CELANI; PUPO, 2008).

**Figura 3** - Router CNC



Fonte: [https://www.researchgate.net/profile/Estefana\\_Castaneda/publication/311485839/figure/fig4/AS:498309858697216@1495817736515/An-example-application-of-ISF-a-1-8-scale-model-of-the-front-section-of-a-Shinkansen.png](https://www.researchgate.net/profile/Estefana_Castaneda/publication/311485839/figure/fig4/AS:498309858697216@1495817736515/An-example-application-of-ISF-a-1-8-scale-model-of-the-front-section-of-a-Shinkansen.png) Acessado em: 25 de março de 2020.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO: LUMINÁRIA

Buscando colocar em prática o conhecimento adquirido acerca dos processos de fabricação digital, esta etapa do trabalho buscará relatar o percurso de desenvolvimento de uma luminária orientada à construção por meio da fabricação digital.

#### 3.1 CONCEITO

Em uma cidade banhada pelo mar, Maceió, capital de Alagoas, é um dos centros turísticos mais procurados do nordeste brasileiro, e em seu vasto número de praias, as conchas são elementos que não passam despercebidos, sendo muitas vezes utilizadas para ornamentação de casa de praia, artesanato e inspiração em diversos fins, por serem bastante diversificadas em tamanho e modelo

Com seus diferentes tipos e modelos, as conchas em espiral são a principal fonte de inspiração para o formato da luminária mais especificamente as da família *NAUTILIDAE*. A espiral não está presente somente nas conchas como também nas ondas do mar, em plantas e até mesmo na arquitetura, tendo um constante presença na natureza e na vida.

**Figura 4** – Interior da concha do molusco da família *Nautilidae*



Fonte: <https://www.flickr.com/photos/27098682@N04/3917771477/>

#### 3.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO

Dentre os diversos tipos de luminária, o pendente foi o que mais se adequou as intenções projetuais, devido a sua liberdade por estar suspensa, o pendente tem uma maior capacidade de se trabalhar a forma desejada sem perder sua utilidade. Os pendentes são luminárias presas no teto por um fio, é normalmente utilizado como foco de luz para mesas, aparadores, bancadas etc. São bastante comuns para dar um toque decorativo ao local por estar suspenso. As luminárias pendentes precisam ser combinadas com outro tipo de iluminação para que o ambiente fique adequadamente iluminado.

Após a definição do conceito e o tipo, o processo criativo para elaboração da luminária teve início. O primeiro passo foi a busca de referenciais de formas e outros tipos de luminárias já feitas, nessa etapa do estudo, o uso da plataforma Pinterest foi de suma importância para bagagem criativa.



A próxima etapa foi passar as ideias do esboço para um software 3D. Inicialmente a plataforma utilizada foi o software *SketchUp*, onde o discente já possuía um domínio maior de operabilidade. Entretanto, as primeiras experimentações com a modelagem demonstraram as limitações na utilização do software, pois havia a intenção conceitual de trabalhar com as formas curvas e, em seguida, orientar a divisão em placas para execução. Nesse sentido, o programa mostrou-se pouco conveniente. Apesar disso, o *SketchUp* com o auxílio de *plugins*, foi utilizado para uma melhor demonstração da forma em imagens foto realistas.

Para suprir a necessidade do uso de formas curvas e variáveis, recorreremos à utilização do software *Rhinoceros 3D*, juntamente com sua extensão *Grasshopper* que se utiliza do sistema NURBS (Non Uniform Rational Basis Spline) para gerar um algoritmo da forma, onde o uso do design paramétrico foi bastante aplicado, gerando diversos tipos de modelos.

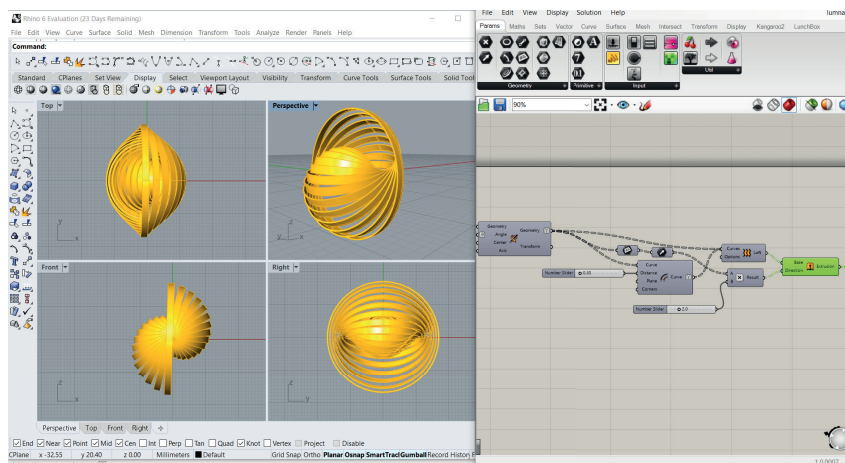
O desenho paramétrico é um processo de desenvolvimento de formas, seja para arquitetura ou para o design em geral, que se baseia na definição de parâmetros para a sua construção. Em oposição ao processo de criação convencional onde o designer cria a forma final de modo direto, nas abordagens paramétricas, o designer irá utilizar de parâmetros (algoritmos) para chegar à forma desejada.

### 3.3 MODELAGEM

Utilizando o software *Rhinoceros 3D*, foram seguidos alguns passos para gerar o objeto:

- Primeiramente foi gerado um círculo no *grasshopper* com o comando *circle* e feitos vários outros concêntricos maiores com o comando *offset curve*.
- O próximo passo foi rotacionar os círculos em volta de um eixo (que passa pelo centro do círculo) com o comando *rotate 3D*.
- Com os comandos *loft* e *extrude* aplicados na etapa 1 foi possível gerar o volume para forma.

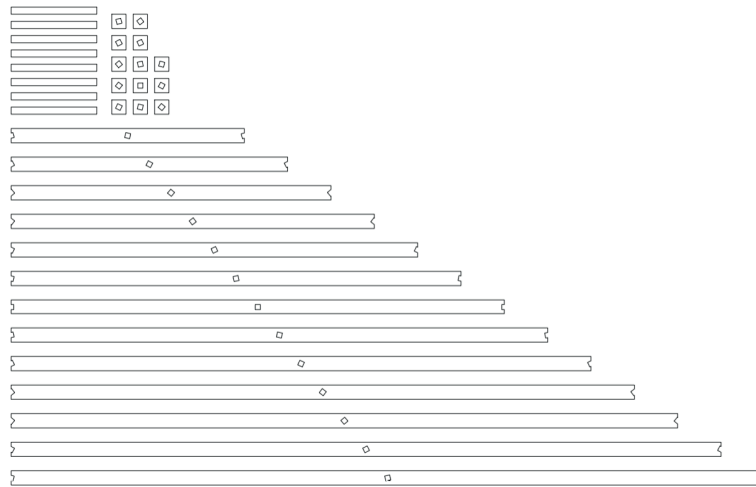
**Figura 5** Modelagem – Rhinoceros/Grasshopper



Fonte: ROCHA, 2020

Após definir todas as medidas, foi preciso planificar os arcos com o comando *Unroll*, transformando os arcos em tiras, e em seguida foi realizado o *Nesting* para realização do corte. *Nesting* é um termo em inglês usado para definir o tipo de processo que conduz o plano de corte, basicamente é fazer o arranjo das peças a serem cortadas dentro de uma área específica. Posteriormente foi exportado as tiras feitas no Rhinoceros para o AutoCAD e salvas em PDF (Portable Document Format) para ser enviado a empresa de corte.

**Figura 6** Nesting da luminária



Fonte: ROCHA, 2020

### 3.4 PROTÓTIPO

Um protótipo de papelão foi desenvolvido com as medidas aproximadas da proposta final. Cada arco possuindo uma espessura de 2mm, uma largura de 2cm e os diâmetros variando de 10,4cm no menor arco a 33,6cm no maior arco. O papelão foi cortado em tiras e em seguida feita a união de cada extremidade para formar o arco desejado. Após a execução de 12 arcos, foi feita a junção deles para que apresentassem o efeito de espiral. Sendo unidos por uma tira metálica, entre cada arco foi posto uma arruela e uma porca para dar firmeza e espaçamento entre cada arco, o espaçamento foi de aproximadamente 6mm.

Com a conclusão do protótipo foi observado que ele atendeu muito bem ao efeito desejado. Entretanto devido à baixa resistência do papelão, o peso da tira metálica, arruelas e porcas, o material deformou um pouco deixando a forma parcialmente oval. Não foi possível realizar os testes com a lâmpada, devido às limitações apresentadas pelo material, os furos o deixariam ainda mais frágil, o que impossibilitou a passagem da fiação.



**Figura 7** Protótipo de papelão

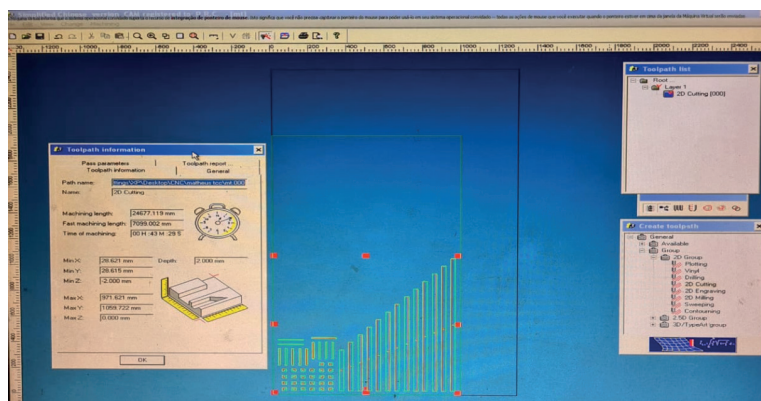
Fonte: ROCHA, 2020

### 3.5 - PRODUTO FINAL

O produto realizado por uma cortadora CNC, foi realizado por meio da empresa CNC Terceiriza, localizada no bairro do Jaraguá, Maceió (AL). A empresa trabalha apenas com a realização de corte, não se responsabiliza por qualquer tipo de acabamento ou venda de material para corte.

O material utilizado foi uma chapa de PS (poliestireno) de 1 x 2 metros e com 2 milímetros de espessura. A cor branca do material proporcionou a luminária uma melhor visualização da estrutura, possibilitando que a luz refletisse na parede interna do arco apresentando um melhor efeito visual e a iluminação geral não foi prejudicada.

Com o plano de corte pronto (arquivo nesting) foi possível observar qual o tempo necessário para o corte, foi preciso prender a chapa de PS na CNC e configurar a máquina para que esta localize o ponto zero do material e definida a velocidade do corte, sendo realizado com uma broca de 2mm.

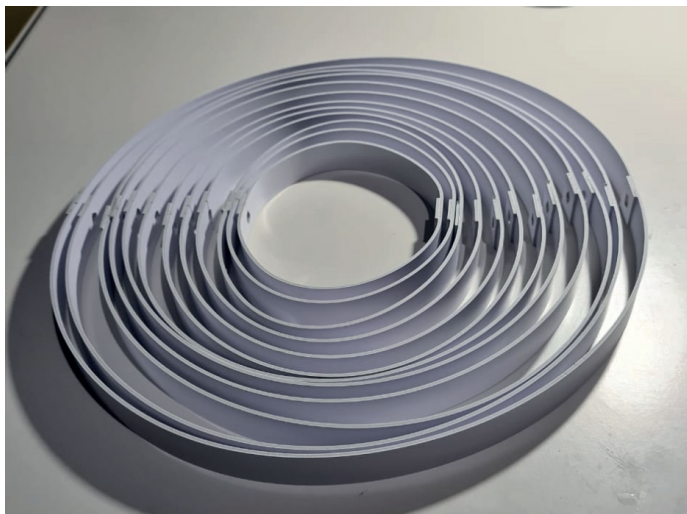
**Figura 8** Plano de corte

Fonte: ROCHA, 2020

O corte foi dividido em duas etapas, inicialmente foram geradas as peças de encaixe, o processo começa cortando a parte interna e em seguida a externa. Na segunda etapa as tiras para formar os arcos, entretanto para esta fase foi preciso realizar uma fixação manual ao longo do corte, devido a vibração do material, a ausência deste apoio prejudica o corte e em outros tipos de materiais, como o acrílico que apresenta uma menor flexibilidade, pode ocasionar a quebra da peça. Devido ao formato arredondado da broca, o material cortado apresenta um ângulo diferente de 90°, sendo necessário um acabamento com uma lima, este é importante para definir a posição dos arcos durante a montagem.

Para a construção da estrutura da luminária foi utilizado adesivo cianoacrilato para a junção de todas as peças. A primeira parte foi colar as peças para encaixe na parte interna de cada tira para proporcionar maior resistência à dobra. Em seguida foi realizada a união das duas extremidades da tira para formar o arco sendo fixada com uma segunda peça de encaixe. Com todos os 12 arcos devidamente montados foi montado um suporte para conectar as peças com tiras também impressas na CNC e feito um paralelepípedo para encaixar no orifício de cada extremidade dos arcos e uni-los.

**Figura 9** Arcos unidos



Fonte: ROCHA, 2020

Com a estrutura da luminária montada, o passo seguinte foi instalar a parte elétrica. Foram utilizados nesta etapa um receptáculo E27 para spot, um rabicho de cabo par de 2x0,5mm 2m e uma lâmpada filamento G45 de 4W. Para montagem foi passado o fio entre os recortes retangulares da estrutura e unido o fio ao receptáculo e em seguida colocada a lâmpada.

**Figura 10** Luminária montada

Fonte: ROCHA, 2020

Para buscar uma iluminação mais íntima, foi utilizado uma lâmpada de cor quente. Fazendo com que a luz projetada na parede interna de cada arco apresentasse um brilho amarelado. A sombra que a estrutura da luminária projeta no ambiente, o deixa aconchegante.

**Figura 11** Luminária acesa

Fonte: ROCHA, 2020

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise de como o conteúdo envolto a prototipagem rápida e o desenho paramétrico pode contribuir para o desenvolvimento e benefícios na arquitetura atual, permitindo que o uso da tecnologia se agregue no desenvolvimento completo ao se projetar arquitetura e no design.

De modo geral, o desenvolvimento do mobiliário feito mostrou-se satisfatório e condizente com o esperado, tornando possível o entendimento na prática de um novo método projetual através do design paramétrico. Este trabalho também se mostrou eficaz na prática com o uso da fabricação digital, devido sua incontáveis meios de utilização na arquitetura.

Apesar do resultado satisfatório, a qualidade final da peça não apresentou um acabamento mais refinado, e com um pouco mais de trabalhado neste aspecto, uma comercialização de elementos decorativos como a luminária aqui retratada, demonstra ser uma opção viável.

A maior dificuldade encontrada ao desenvolver o exercício prático do trabalho foi a inexperiência com o uso do software Rhinoceros e sua extensão Grasshopper para a modelagem paramétrica da luminária, mas, no entanto, mostrou-se ao longo da prática um excelente software. Outro fator de dificuldade foi o processo criativo para a concepção da forma, tendo em vista que ao longo da graduação o principal foco acadêmico é projeto arquitetônico.

Por ser um tema ainda pouco abordado no cenário local, além de referências formais de teses, livros e outros, o uso de plataformas não formais, como o YouTube, redes sociais e fóruns de compartilhamento de dados foi de fundamental importância para o aprendizado necessário no desenvolvimento do projeto, por se tratar de plataformas onde o conhecimento de diversas pessoas ao redor do mundo pode ser transmitido de forma rápida e de fácil acesso, dando margem para própria luminária aqui retratada ser compartilhada e impressa por qualquer pessoa.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA NETO, W. Fabricação digital: **tecnologias e aplicações**. In: CELANI, M. G. C.; SEDREZ, M. (Org.). *Arquitetura contemporânea e automação: prática e reflexão*. São Paulo: ProBooks, 2018. p. 134 a 151.

CELANI, Gabriela e PUPO, Regina T. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no brasil. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Campinas**, v. 8 n. 1, 2008  
"Centro cultural da juventude de Nanjing / Zaha Hadid Architects" [Nanjing International Youth Cultural Centre / Zaha Hadid Architects] 16 Jan 2019. ArchDaily Brasil. Acessado 6 Mai 2020. <https://www.archdaily.com.br/br/907192/centro-cultural-da-juventude-de-nanjing-zaha-hadid-architects>

FONSECA, Juliane. File-to-factory. In BRAIDA, Frederico et al. **101 Conceitos sobre Arquitetura e Urbanismo na era digital**. São Paulo: Pro books, 2016.

KOLAREVIC, Branko. **Architecture in digital age: design and manufacturing**. New York: Spon Press, 2003.

ORCIUOLI, Afonso. CAM (Computer-aided manufacturing). In BRAIDA, Frederico et al. **101 Conceitos sobre Arquitetura e Urbanismo na era digital**. São Paulo: Pro books, 2016.

---

**Data do recebimento:** 13 de novembro de 2020

**Data da avaliação:** 8 de dezembro de 2020

**Data de aceite:** 15 de dezembro de 2020

---

---

1 Arquiteto e Urbanista pelo Centro Universitário Tiradentes – AL. mathrocha@outlook.com.br

2 Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Mestre em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU-UFAL).fabiohenriqu@gmail.com

3 Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Especialista pelo Centro Universitário Cesmac. vivaldo.chagas@gmail.com