

## **PROJETO DE MÁQUINA PARA MANUFATURA ADITIVA POR PROJEÇÃO DE IMAGEM DIGITAL**

**Alberto Ribeiro Justino**

**Giovanna Rubo de Resende**

**Prof. Dr. Carlos A. Fortulan**

Departamento de Engenharia Mecânica, EESC – USP, São Carlos (SP),  
Brasil

e-mail: albertoribeiroj@usp.br

### **Objetivos**

Manufatura aditiva (AM) por fotopolimerização em cuba (VP) constitui-se na fabricação de peças que ocorre deposição de resina fotopolimerizável em camadas [1][2] e cura por exposição de luz emitida por um projetor, assim sucessivamente as camadas se unem na formação de um objeto tridimensional. Quando a resina é carregada de pós cerâmicos se tem a produção de corpos verdes que após a queima se obtém corpos cerâmicos [3][4].

A resina carregada de pós cerâmicos reativos, normalmente com fração nanométrica manifesta um comportamento reológico mais viscoso e requer um equipamento mais preciso. Assim, o objetivo deste projeto é a construção de uma máquina “top-down” para AM por VP com o uso de um sistema de precisão de movimentos, de espalhamento e nivelamento da barbotina cerâmica fotopolimerizável com eficiência e vedação apropriada. O trabalho resultou em melhorias no sistema eletrônico utilizando integração entre a interface gráfica e prototipagem de maneira mais eficiente e prática. A máquina montada foi capaz de fabricar peças cerâmicas, apresentou resolução de 2 micrômetros com precisão de 10 micrômetros de espessura de camada.

### **Métodos e Procedimentos**

Para a montagem da máquina, foi utilizado o projetor comercial CP-S318 suspenso perpendicular à mesa de projeção para a emissão de imagem e luminosidade, visando a solidificação de camadas da peça.

O sistema de projeção de imagem, nivelamento de camadas e movimentação da cuba é controlado pela interface gráfica que, integrada ao Software Creation Workshop, comanda o Firmware Marlin, baseado no trabalho de Amaral et al (2020) [5]. O Firmware faz a associação com o Arduino, comandando os Drivers para acionar os motores, realizando a movimentação da cuba e as lâminas de espalhamento. Parâmetros referentes ao tempo de exposição do material à luz, posições iniciais e finais das lâminas de espalhamento, velocidade de movimento e distância dos eixos são configurados no Creation.

### **Resultados**

A impressora de AM por VP do tipo “top-down” foi prototipada e construída. A Figura 1 apresenta a imagem da máquina pronta, em que é possível verificar o projetor, as lâminas, a cuba cilíndrica e o sistema eletrônico acoplado. A Figura 2 apresenta a tela do software Creation que especifica os parâmetros da peça a ser impressa. A Figura 3 apresenta o resultado após a impressão da peça.

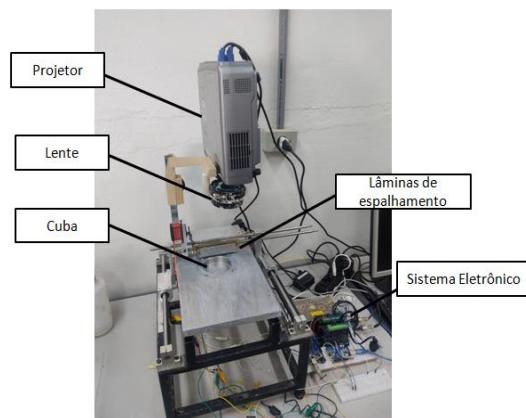


Figura 1: Máquina impressora. Fonte: Autor.

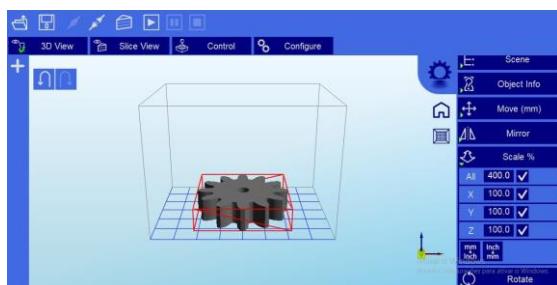


Figura 2: Tela do Creation.



Figura 4: Peça impressa.

Após o processo de produção da máquina, verifica-se a funcionalidade da montagem e integração entre software, firmware, plataforma de prototipagem, drivers e o circuito montado.

A máquina foi capaz de produzir peças com camadas de até 0,01mm de espessura devido à precisão de sua movimentação das camadas e do sistema de espalhamento e nivelamento feito por motor de passo e servo motor. A cuba adaptada de uma máquina baseada em inkJet recebeu vedação que evitou que o material adentrasse os vãos da

plataforma. Em consonância com a melhoria mecânica, houve a evolução eletrônica que reduziu espaço que era ocupado pelos componentes eletrônicos e reduz a possibilidade de ocorrerem defeitos/problemas de comunicação entre os componentes, uma vez que, sendo em menor quantidade e sistemas integrados, não há a necessidade de conexões e essa ausência de conexões diminui a chance de falhas.

## Conclusões

A impressão 3D de peças cerâmicas por fotopolimerização em cuba é um ramo da Manufatura Aditiva ainda em desenvolvimento, tornando a capacidade de produzir peças em camadas mais finas um desafio. Estudos e aprimoramento na construção eletrônica da máquina é um fator importante para evolução de equipamentos, pois reduzem a possibilidade de erros, defeitos e dessincronização das etapas de impressão.

## Referências Bibliográficas

- [1] GONZALEZ, P. et al. Additive Manufacturing of Functionally Graded Ceramic Materials by Stereolithography. *Journal of Visualized Experiments*, n. 143, p. e57943, 2019.
- [2] LOVO, J.F.P. et al. Vat Photopolymerization Additive Manufacturing Resins: Analysis and Case Study. *Materials Research*, v. 23, n. 4, p. e20200010, 2020.
- [3] EVY, G.; SCHINDEL, R.; KRUTH, J. Rapid Manufacturing and Rapid Tooling with Layer Manufacturing (LM) Technologies, State of the Art and Future Perspectives. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, v. 52, n. 2, p. 589–609, 2003.
- [4] XING, H et al. Study on surface quality, precision and mechanical properties of 3D printed ZrO<sub>2</sub> ceramic components by laser scanning stereolithography. *Ceramics International*, v. 43, n. 18, p. 16340–16347, 2017.
- [5] AMARAL, L. B. et al. Preliminary studies on additive manufacturing of over 95% dense 3Y zirconia parts via digital imaging projection. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 42, n.1, p.75, 2020.