

## ENTRE A LINGUAGEM CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA: UMA LEITURA SOBRE AS TÉCNICAS ATUAIS DE FABRICAÇÃO DIGITAL

MONICA VEIGA<sup>1</sup>; LUISA RODRIGUES FÉLIX DALLA VECCHIA<sup>2</sup>;  
ADRIANE BORDA ALMEIDA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>GEGRADI / FAURB / UFPel – [monika\\_veiga@hotmail.com](mailto:monika_veiga@hotmail.com)

<sup>2</sup>GEGRADI / FAURB / UFPel – [luisafelixd@gmail.com](mailto:luisafelixd@gmail.com)

<sup>3</sup>GEGRADI / FAURB / UFPel – [adribor@hotmail.com](mailto:adribor@hotmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Recentemente, junto ao evento Inside 3D printing Expo and Conference, ocorrido em abril de 2014, em São Paulo, foi possível observar os tipos de tecnologias já disponíveis no campo da fabricação digital e suas diversas aplicações. No campo da Arquitetura, CELANI e PUPO (2008) afirmam que ainda são poucos os grupos de pesquisa que atuam nessa área, apesar da grande relevância do tema. BARROS (2011) concorda, reforçando que mesmo com o grande desenvolvimento tecnológico ocorrido nos últimos anos, poucos trabalhos podem ser encontrados no Brasil e no exterior sobre a fabricação digital. O objetivo deste trabalho é observar as características das tecnologias disponíveis no mercado frente às sistematizações já realizadas, buscando identificar outros parâmetros que possam ser adicionados a estas sistematizações para auxiliar nos processos de seleção e apropriação destas tecnologias no âmbito da área de arquitetura e urbanismo

### 2. METODOLOGIA

Este trabalho pode ser dividido em três etapas: revisão bibliográfica, levantamento do catálogo disponível no mercado e por fim, análise, a fim de enquadrá-lo nas classificações identificadas na primeira etapa.

#### 2.1 – Revisão Bibliográfica.

Inicialmente buscou-se compreender a terminologia empregada junto à produção científica na área de fabricação digital. Para SEELY (2004) o termo **prototipagem rápida** está associado ao **método aditivo** de fabricação digital de um objeto, enquanto os processos **subtrativos** são denominados **CNC** (Computer numerical control, ou Controle Numérico Computadorizado). Já BARROS (2011) classifica os processos de produção quanto à finalidade do produto - teste ou uso - e afirma que **prototipagem rápida** é o nome dado ao sistema empregado para testar e avaliar um modelo e que a *fabricação* ou *manufatura* são os nomes dados à produção de artefatos em escala industrial ou elementos construtivos. PUPO (2008) classifica estes métodos de produção quanto à maneira com que o produto é construído, sendo eles os métodos Aditivo, Subtrativo e Formativo. Segundo a autora, um exemplo deste último são os moldes adaptáveis para a produção de placas de vidro com curvaturas especiais. Esses moldes podem ser feitos, por exemplo, com um sistema de pinos de alturas reguláveis, que são posicionados automaticamente a partir de informações obtidas do modelo digital da superfície que se pretende reproduzir. CELANI e PUPO (2008) classificam ainda, os equipamentos pelo número de eixos trabalhados: 2D, 2,5D e 3D. Em PUPO (2008) encontra-se um esquema no qual é possível compreender estas diferentes abordagens. A autora ainda esclarece a diferença entre **prototipagem**

**rápida e manufatura rápida**, sendo que este segundo, é o termo utilizado para denominar a fabricação digital de um produto final por **método aditivo**.

## 2.2 – Levantamento de catálogo

Esta etapa se deu tanto pela análise de informações veiculadas nos sites dos principais fabricantes de máquinas do segmento, em busca de catálogos, quanto através da visita ao evento Inside 3D printing Expo and Conference, ocorrido em abril de 2014, em São Paulo, no qual estas empresas estiveram presentes esclarecendo dúvidas em seus stands e ministrando palestras que abordavam as suas respectivas tecnologias:

**SLA** – *Stereolithography* ou Estereolitografia: segundo CAMPOS (2011), seu funcionamento se baseia na combinação de um **fotopolímero** líquido e um canhão de luz ultravioleta para a construção dos modelos. Em cada camada, um disparo de luz traça uma seção da peça ativando o processo de cura, solidificando o fotopolímero no formato desejado.

**FDM** – *Fused Deposition Modeling* ou Deposição de Material Fundido: este método consiste em construir objetos através da deposição em camadas sobrepostas de um filamento **termoplástico** derretido. (STRATASYS, 2013)

**SLS** – *Selective laser sintering* ou Sinterização Seletiva a Laser: Esta tecnologia utiliza laser de alta potência para fundir pequenas partículas de **termoplásticos, metais, cerâmicas ou vidros**. (CAMPOS, 2011)

**3DP** – *Inkjet 3D Print* ou Jato de tinta: Seu mecanismo utiliza um recipiente contendo pó previamente espalhado por um rolo compressor, e um jato de tinta para depositar um aglutinante líquido em cada camada fina de pó. O jato traça a seção transversal adicionando o aglutinante ao pó solidificando cada camada. (Z CORPORATION, 2005)

**LOM** – *Laminated Object Manufacturing* ou Fabricação de Objeto Laminado: este processo utiliza **lâminas de papel, plástico ou metal** recortadas, sobrepostas e fixadas com cola. O adesivo é aplicado uma primeira camada. em seguida, uma faca ou laser corta a folha recém colada, traçando a seção do modelo antes que a próxima camada seja colada. (INSIDE 3D PRINTING, 2014)

**CC** - *Contour Crafting* ou Construção de Contornos: este método trabalha através da sobreposição de camadas de **concreto**, permitindo que uma casa simples de quatro cômodos seja construída em 24 horas (KHOSHNEVIS, 2004).

**Polyjet** – Esta tecnologia trabalha com os chamados **materiais digitais**: três componentes químicos, que quando misturados, podem gerar mais de 100 materiais diferentes: rígidos ou flexíveis, translúcidos, opacos e coloridos no mesmo processo de impressão. Estes componentes são fotopolímeros líquidos, curados através de luz ultravioleta, em uma espécie de evolução da tecnologia SLA. (INSIDE 3D PRINTING, 2014)

**FOSS** - ou Free Open Source System. Em CAMPOS (2014), o autor propõe esta categoria, composta por impressoras que têm como principal característica o fato de serem equipamentos que operam por **software livre e hardware aberto**, por isso são facilmente adaptáveis ao desejo do usuário e podem utilizar **diversos materiais e sistemas construtivos**.

## 2.3 – Análise e classificação de dados

Uma vez reconhecidas as tecnologias disponíveis no mercado, nesta etapa se inicia o processo de análise dos dados coletados, buscando enquadrá-los nos critérios de classificação segundo os autores já citados. Para isso está se estruturando uma tabela na qual as tecnologias possam ser encontradas a partir do cruzamento destes critérios previamente propostos. Procura-se identificar

quais são as tendências de aplicações. Esta etapa ainda está em andamento e talvez necessite de alguns ajustes na estratégia de apresentação dos dados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partindo da sistematização de CELANI e PUPO (2008), e adicionando os parâmetros de SEELY(2004), e PUPO (2008) estrutura-se uma combinação na qual se evidencia a convergência das classificações, enquanto BARROS (2011) ao mesmo tempo em que segue o mesmo raciocínio, propõe uma análise individualizada de cada objeto a ser produzido, em função de sua finalidade. Frente a isto, os dados coletados em CAMPOS (2014) podem ser enquadrados, conforme a figura 1. É relevante considerar que esta é uma tabela inicial, e que merece alterações conforme a evolução da pesquisa, sendo ainda necessário aprofundar a investigação afim de avaliar os modelos em cada categoria do catálogo e suas aplicações específicas. Apesar disso, já é possível notar a evolução das tecnologias ao longo do tempo, além de prever algumas tendências nas aplicações, como por exemplo a expansão do mercado de impressoras FOSS para o consumo popular.

Figura 1. Leitura das tecnologias atuais de fabricação digital frente a SEELY (2004), CELANI e PUPO (2008), PUPO (2008), BARROS (2011) e CAMPOS (2014) Classificação em andamento.

Métodos	Ano	Tecnologia	CELANI e PUPO (2008)	SEELY (2004)	PUPO (2008)	BARROS (2011)	Fabricante	País de Origem	Material	Principal Indicação				
Substrativo	1970* (Surgimento CAD)	Oxicorte	2D	CNC	Fabricação Digital	N/A	N/A	Diversos	Aplicações Industriais					
		Plasma												
		WaterJet												
		LASER												
		Router												
Milling	2,5D													
Aditivo	1984	SLA	3D	Prototipagem Rápida	Prototipagem Rápida	Depende da finalidade do produto: Prototipagem para teste e fabricação ou manufatura para uso final.	3D Systems	EUA	Fotopolímeros	Design de Produtos	CAMPOS (2014)			
	1989	FDM					Stratasys		Termoplástico					
	1992	SLS					3D Systems		Diversos					
	1993	3DP					MIT / Z Corp		Lâminas					
	1999	LOM					Hellsys		Concreto			Construção Civil		
	2004	CC					USC		Objet / Stratasys			Israel / EUA	Materiais Digitais	Design de Produtos
	2014	Polyjet					Livres		Fibra de carbono			Hobby /Inovação		
	2014	FOSS							Chocolate					
	2014	FOSS							Pizza					
	2014	FOSS							Panqueca					
2014	FOSS	Burritos												
2014	FOSS	Areia												
2014	FOSS	Grama												
2014	FOSS	Termoplástico												
Formativo														

LEGENDA:

Celani e Pupo 2008
Pupo 2008
Seely 2004
Barros 2011
Campos 2011

### 4. CONCLUSÕES

A leitura realizada sobre as tecnologias disponíveis, frente ao conhecimento já sistematizado sobre fabricação digital, buscou então compreender os conceitos e critérios em uma linguagem comum entre a academia e a indústria, entre a linguagem científica e a tecnológica, podendo contribuir para facilitar processos de reconhecimento, seleção e apropriação de tais tecnologias em ambos os contextos, educativos ou profissionais.

Considera-se assim que este trabalho atingiu o objetivo no sentido de reunir informações sobre diversos critérios para classificar as técnicas de fabricação digital, indicando-se a necessidade de continuidade deste tipo de estudo, para aprimorar as estratégias de classificação frente à evolução das tecnologias em questão.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A, M. **Fabricação digital: sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental.** 2011 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Design, Escola de Engenharia, Porto Alegre.

CAMPOS, E. **Prototipagem Rápida: definições, conceitos e prática.** Buenos Aires: Delearte, 2011.

CAMPOS, E. Derivando as impressoras 3D: sonhar, ousar, realizar. **INSIDE 3D PRINTING CONFERENCE AND EXPO**, Palestra em evento. São Paulo, Abril de 2014.

CELANI, G., PUPO, R.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**, São Paulo, v.8, n.1, p. 31 - 41, 2008. Online. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/cpgau/article/viewFile/244/103> Acesso em 10 mai. 2014.

KHOSHNEVIS, Behrcoh. **Houses of the future: Construction by Contour Crafting. Building houses for everyone.** Urban Initiative Public Policy Briefing - University of Southern California, Los Angeles, 2004. Disponível em [http://craft.usc.edu/CC/images/houses\\_future.pdf](http://craft.usc.edu/CC/images/houses_future.pdf) acesso em Julho de 2014.

PUPO, R.T. Ensino da prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção no Brasil: definições e estado da arte. **PARC**, Campinas, 2008. Online. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~parc/vol1/n3/vol1-n3-pupo.pdf> Acesso em 02 Fev. 2014.

STRATASYS INC. – **FDM and Polyjet printing. Determining which technology is right for your application.** Eden Prairie: Stratasys Inc, 2013. Acesso em 1 mai. 2014. Online. Disponível em: <http://web.stratasys.com/rs/objet/images/SSYS-WP-SSYS-InkjetComparison-07-13.pdf>

SEELY, J.C.K. **Digital fabrication in the architectural design process.** 2004 Dissertação (Master of Science in Architecture Studies) – Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Architecture, Massachusetts.

USC. **Animation of Contour Crafting in whole house construction.** Youtube, Los Angeles, 23 nov. 2012. Acesso em 14 mar. 2014. Online. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=M\\_LLSsNnHn8#t=216](https://www.youtube.com/watch?v=M_LLSsNnHn8#t=216)

Z Corporation. **3D Printing Technology - Fast, Affordable and Uniquely Versatile.** Zcorp. 2005. Acesso em 10 de jun. 2014. Online. Disponível em : [http://www.zcorp.com/documents/108\\_3D%20Printing%20White%20Paper%20FINAL.pdf](http://www.zcorp.com/documents/108_3D%20Printing%20White%20Paper%20FINAL.pdf)

3D SYSTEMS INC. – **Zprinter Brochure.** Rock Hill: 3D Systems Inc, 2012. Acesso em 14 mar. 2014. Online. Disponível em: [http://www.zcorp.com/documents/1206\\_9394-ZPrinterBrochure.pdf](http://www.zcorp.com/documents/1206_9394-ZPrinterBrochure.pdf)