



## ROTEIRO DE ESTUDOS

### **Impressão 3D de modelos virtuais: tecnologias de impressão, materiais e propriedades**

*Prof. Dr. Carlos E Francci*

- **Vídeo 01**
  - ***O que é?***
  - ***Aditivo vs Subtrativo***

- Origem da tecnologia CAD/CAM

A tecnologia CAD/CAM foi apresentada na odontologia em 1983 na conferência de *Garancière* (França), através das inovações tecnológicas apresentadas por Francois Duret e Jack Preston. Passados 2 anos, em 1985, esta tecnologia foi aplicada clinicamente. (Duret F et al., 1988).

A tecnologia consiste na execução de três passos:

- (1) aquisição dos dados do trabalho a ser realizado;
- (2) *CAD (Computer-Aided Design - Desenho assistido por computador)*: processamento dos dados obtidos e planejamento do sólido; e
- (3) *CAM (Computer-Aided Manufacturing - Manufatura assistida por computador)*: confecção do sólido planejado.

A Impressão 3D entra nesta terceira fase da tecnologia CAD/CAM, juntamente com a fresagem. Métodos subtrativos, como a fresagem de blocos ou discos das mais diversas composições (ceras, resinas, cerâmicas pré-sinterizadas ou sinterizadas e metais ou ligas metálicas) são largamente utilizados quando se deseja confeccionar desde pequenas restaurações (*inlays e onlays*), coroas, próteses fixas, próteses removíveis parciais e totais, aparelhos ortodônticos e placas oclusais. Contudo, a manufatura aditiva realizada na prototipagem rápida, como é nomeada a técnica de adição de material camada sobre camada, se torna viável a confecção de estruturas geométricas mais complexas, que muitas das vezes, não podem ser confeccionadas pela fresagem. Quando comparados aos métodos subtrativos, os métodos aditivos apresentam vantagens, como a ausência de desperdício, uma vez que todo o material utilizado é dedicado à construção do sólido e, confecção de geometrias complexas,

muitas vezes não executáveis na fresagem como blocos de enxerto (*scaffolds*). Por outro lado, como desvantagens, temos o alto custo de confecção e necessidade de tratamentos pós-processamento (lavagem em álcool para remover monômeros residuais e câmara de luz para complementação da fotopolimerização (Van Noort R, 2011).

Dentre os diversos sistemas aplicáveis à manufatura aditiva, a estereolitografia (SLA) é uma das mais utilizadas hoje em dia, tanto em consultórios e clínicas, como em laboratórios de prótese e de Imagem (radiografias e escaneamentos) odontológica, junto com a DLP (Digital Light Processing) - Processamento digital de luz. As impressoras 3D são compostas por resina foto-reativa líquida, que fica no tanque que tem fundo transparente para a chegada da luz UV, logo acima da base da impressora, onde fica a fonte de luz, que no caso da SLA é um laser e no caso da DLP é luz projetada de uma tela. A resina líquida foto-reativa é seletivamente exposta à luz ultravioleta (UV), polimerizada em camadas (2D), que se acumulam para criar um objeto sólido, que se forma a partir da plataforma de construção. Esta plataforma de construção, quando do início do processo de impressão 3D, está mergulhada no líquido de resina, quase em contato com o fundo do tanque. A cada finalização de exposição de luz UV, a plataforma se movimenta para cima, permitindo a polimerização de mais uma camada. Quanto maior o espaço a cada subida da plataforma de construção do sólido impresso, mais rápida é a impressão, mas na contrapartida será menos precisa. Outros passos pós-processamento, como a limpeza e pós-cura, são necessários (Jockusch J & Ozcan M, 2020).

- **Vídeo 02**
- ***Tipos de impressão***
- ***Arquivos***
- ***Qualidade***

### Tipos de Impressoras

Melhor será a qualidade da impressão 3D se utilizarmos a menor espessura para cada camada fotopolimerizada. Daí a analogia ao bolo de confeitaria, onde a melhor impressão 3D está reacionado ao bolo com mais camadas aplicadas.

Os diferentes tipos de impressora 3D e sua aplicabilidade estão listados na Tabela 1 a seguir. Note que as impressoras SLA e DLP, por polimerização por luz, estão em destaque, por serem as mais utilizadas em consultórios, clínicas e laboratórios de prótese e prototipagem. É importante frisar que a ASTM (*American Society for Testing and Materials* - Sociedade Americana para Testes e Materiais)

padronizou as impressoras 3D somente no ano de 2009, o que mostra como a impressão 3D é uma tecnologia aditiva muito recente, carente de mais estudos, mas com ampla aplicabilidade.

Type	Technologies	Materials
Extrusion	Fused deposition modeling (FDM) or Fused Filament Fabrication (FFF)	Thermoplastics, eutectic metals, edible materials, Rubbers, Modeling clay, Plasticine, Metal clay (including Precious Metal Clay)
	Robocasting or Direct Ink Writing (DIW)	Ceramic materials, Metal alloy, cermet, metal matrix composite, ceramic matrix composite
Light polymerized	Stereolithography (SLA)	Photopolymer
	Digital Light Processing (DLP)	Photopolymer
Powder Bed	Powder bed and inkjet head 3D printing (3DP)	Almost any metal alloy, powdered polymers, Plaster
	Electron-beam melting (EBM)	Almost any metal alloy including Titanium alloys
	Selective laser melting (SLM)	Titanium alloys, Cobalt Chrome alloys, Stainless Steel, Aluminium
	Selective heat sintering (SHS) <sup>[39]</sup>	Thermoplastic powder
	Selective laser sintering (SLS)	Thermoplastics, metal powders, ceramic powders
	Direct metal laser sintering (DMLS)	Almost any metal alloy
Laminated	Laminated object manufacturing (LOM)	Paper, metal foil, plastic film
Wire	Electron beam freeform fabrication (EBF <sup>3</sup> )	Almost any metal alloy

Ivan Rudek

Tabela 01 – Diversos tipos de Impressoras 3D, tecnologias empregadas e tipo de material imprimível.

Num comparativo direto entre as impressoras 3D por luz polimerizadora, SLA e DLP, a impressão desta última, por ser a fonte de luz uma tela de projeção, onde a luz UV é exposta de uma vez única por cada camada de impressão, tem uma velocidade de impressão mais rápida, mas a impressão da primeira é mais refinada, precisa, pois a fonte laser UV caminha sob a base translúcida do tanque de resina fluida de forma contínua, com linhas arredondadas, dando uma textura de superfície para o sólido mais refinada. Já a tela de projeção nas DLP reflete a luz UV na forma de voxels quadrados, dando uma superfície mais irregular para a impressão 3D do sólido.

### Arquivos utilizados para gerar impressão 3D

A extensão “.stl” foi criada a partir de algumas letras da palavra *STereoLithography* (estereolitografia) – no entanto, com o passar dos anos acabou sendo atribuído a esse termo diferentes significados, como por exemplo “Standard Triangle Language” (Linguagem Padrão do Triângulo) ou mesmo “Standard Tessellation Language” (Linguagem de Tesselação Padrão). No entanto o mais importante não é a origem do nome STL, e sim o que esse arquivo é. (<https://3dlab.com.br/afinal-o-que-e-um-arquivo-stl/>)

A criação de um arquivo STL consiste em converter sua casca externa em uma infinidade de triângulos para tornar o arquivo possível de ser impresso. A escolha dos

triângulos se dá pelo fato de ser a figura geométrica mais próxima de um vetor. O triângulo possui intensidade, direção e sentido, propriedades fundamentais para a impressão 3D. (<https://3dlab.com.br/afinal-o-que-e-um-arquivo-stl/>)

Outro arquivo que pode ser utilizado é o PLY (Polygon), que tem como característica gerar imagens coloridas, com capacidade de apresentar maior ou menor translucidez em suas unidades estruturais. Para a impressão 3D, os arquivos STL ou PLY têm de serem abertos em um fatiador dedicado. O que é um fatiador? É um software de impressão que converte modelos 3D em instruções para a sua impressora criar um objeto, ou seja, converte em GCode. O fatiador, como o próprio nome sugere, corta o seu arquivo STL em centenas (às vezes milhares) de camadas horizontais planas com base nas configurações que você escolher. Ele então calcula a quantidade de material que sua impressora precisará para imprimir e quanto tempo levará para fazê-lo. Todas essas informações são agrupadas em um arquivo GCode, o idioma nativo de sua impressora 3D. (<https://3dlab.com.br/afinal-o-que-e-um-arquivo-stl/>)

### Qualidade de um modelo impresso

Quanto a qualidade de um modelo impresso, vários fatores podem influenciar, mas um dos mais importantes é a qualidade da tecelagem da malha de um arquivo STL. Os bordos deste arquivo devem estar refinados para não criar deformações na malha, bem como esta malha, quanto maior a quantidade de triângulos por unidade de área de superfície, maior a qualidade da superfície do modelo impresso.

- **Vídeo 03**
  - **Composição**
  - **Aplicabilidade**

### Composição

Em geral as composições das resinas para impressão 3D são muito diversas, sendo que vem mudando muito nos últimos anos. Verificamos basicamente uma variação muito grande de fabricante para fabricante, notamos uma tendência para se acrescentar carga nestas resinas, o que resulta em melhoras significativas nas propriedades em geral. É importante salientar que o acrescentar de carga não é tão simples, pois a resina precisa ser fluida, e o acrescentar de carga pode deixá-la muito viscosa.

A composição básica das resinas fluidas fotoreativas para impressão 3D é:

- (a) – Monômeros ou oligômeros
- (b) – fotoiniciador sensível à luz UV (óxidos de fosfina – TPO – BAPO)

(c) – inibidor de polimerização (hidroquinona)

(d) - Pigmentos

### Aplicabilidade

(a) – Cirurgias de implantodontia e periodontia guiadas (Fluxo digital desde Modelagem digital dos arcos dentários, tomografia computadorizada, utilizados para o planejamento digital das cirurgias em clínica ou em centros de planejamento (dental planning centers), onde são criadas guias cirúrgicas impressas;

(b) – Implantes fabricados por Impressão 3D (Direct Metal Laser Sintering – DMLS) e enxertos ósseos de hidroxiapatita obtidos por Impressão 3D, customizados aos defeitos ósseos diagnosticados por tomografia computadorizada e desenhados e impressos nos centros de planejamento;

(c) – Alinhadores ortodônticos fabricados por Impressão 3D, que são constituídos de uma sequência de moldeiras customizadas para cada paciente que direcionam movimentação ortodôntica (ex. Invisaligh®);

(d) – Placas de orientação de preparo dental para facetas dentais cerâmicas (ex. Firstfit®);

(e) – Em laboratórios de prótese, as impressoras 3D podem ser utilizadas em diversas atividades do laboratório, desde impressão de padrões de fundição para a técnica de injeção de liga metálica ou de cerâmica, confecção de coroas provisórias ou permanentes, próteses fixas provisórias, próteses totais e placas de miorelaxamento. Recentemente um fabricante disponibilizou resinas fluidas flexíveis, que podem ser utilizadas para confecção de guias de “mock up”, conhecida como guias de teste para mostrar para o paciente como poderá ficar uma nova anatomia do sorriso com laminados.

### Referências Bibliográficas:

- Duret F., Blouin J.-L., Duret B. CAD/CAM in dentistry. The Journal of the American Dental Association. 1988, 117(6), 715-720.
- Van Noort R. The future of dental devices is digital. Dental Materials. 2011, Jan;28(1):3-12. doi: 10.1016/j.dental.2011.10.014.
- Jockusch J. & Ozcan M. Additive manufacturing of dental polymers: An overview on processes, materials and applications. Dental Materials. 2020. [Epub ahead of print].