

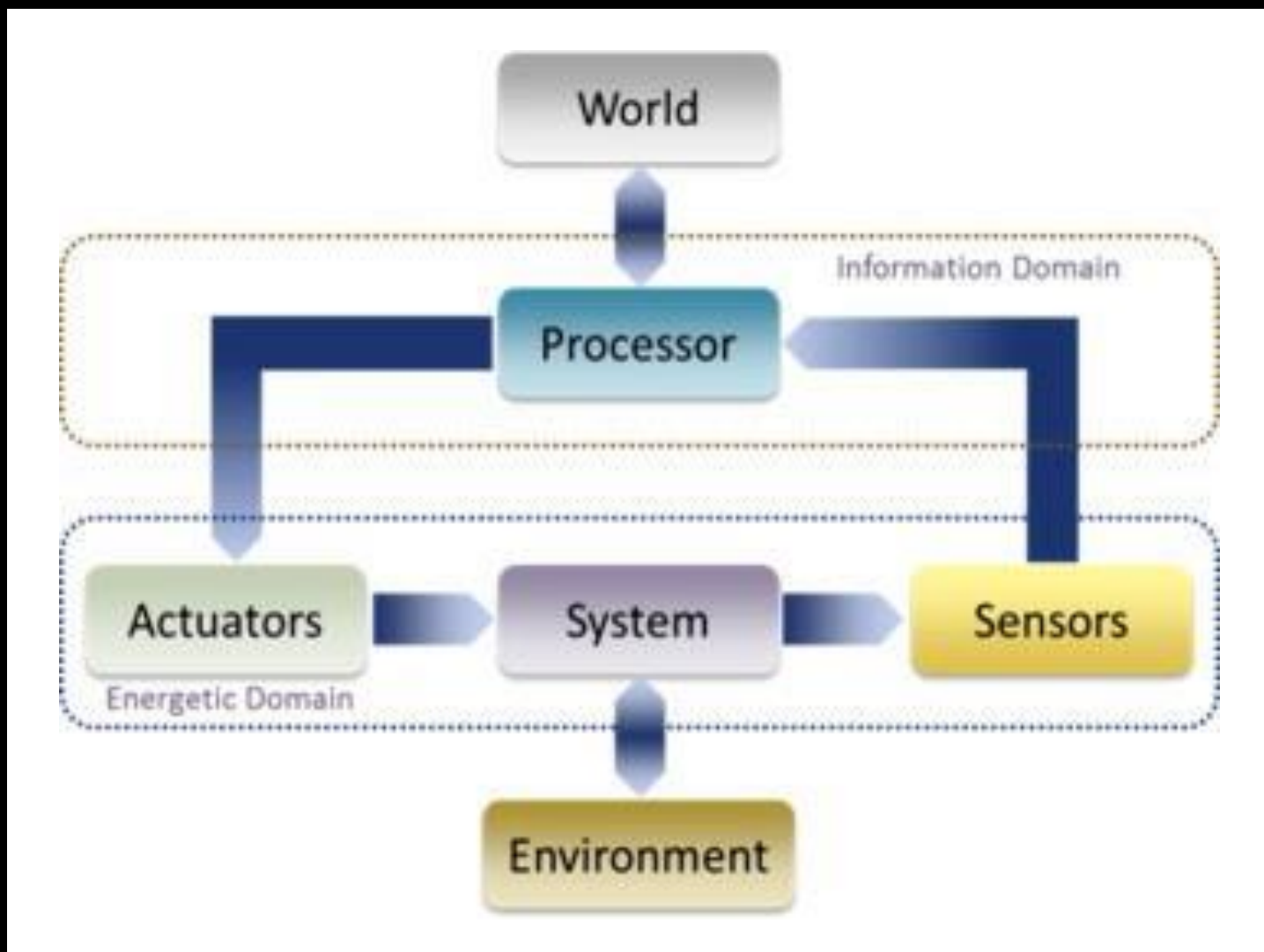
SEM0529

*Problemas de Engenharia Mecatrônica 1*

**- Impressora 3D:**  
*um sistema mecatrônico -*

*Prof. Leopoldo de Oliveira*

# Sistema Mecatrônico (aula1)



# Sumário

Elementos de um sistema mecatrônicos (***Máquina Ferramenta***)

Manufatura Aditiva (***Impressão 3D***)

Processo de Fabricação (***do CAD ao protótipo***)

Topologia e cinemática (***conjunto, movimento, controle***).

# Elementos de uma Máquina Ferramenta

Centro de Torneamento



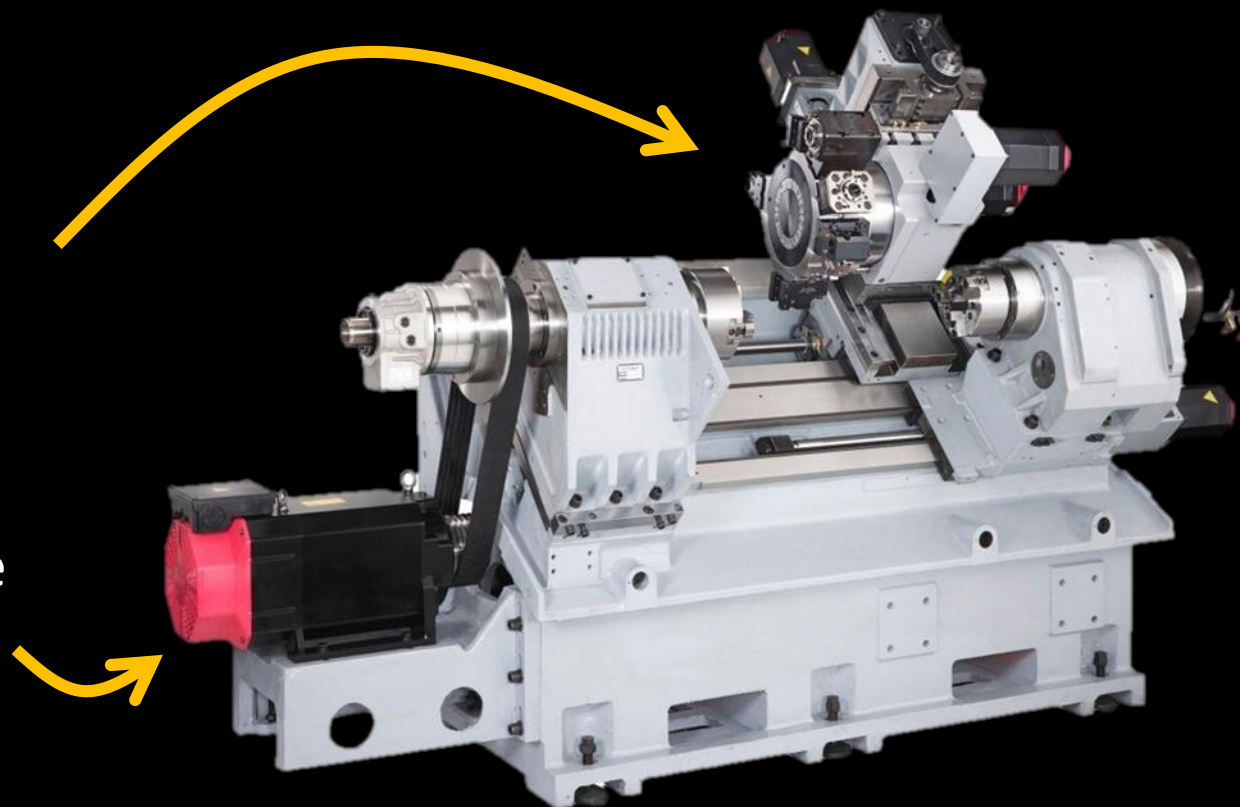
**ROMI**

**GL 240**

# Elementos de uma Máquina Ferramenta

controle de posição

controle de velocidade  
(eixo árvore)



# Elementos de uma Máquina Ferramenta

malha aberta VS malha fechada

controle de posição



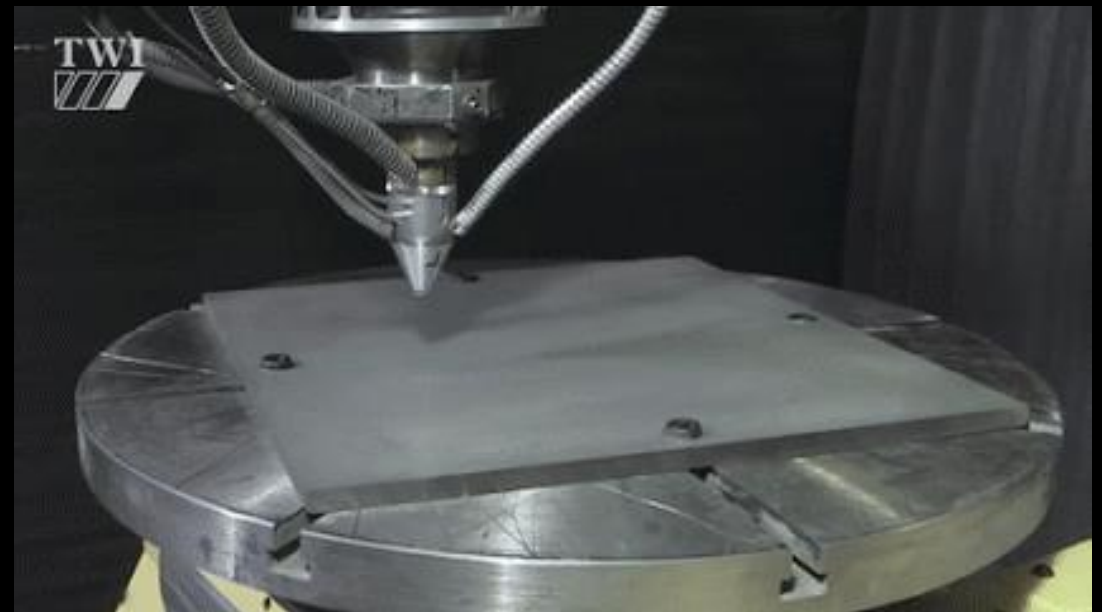
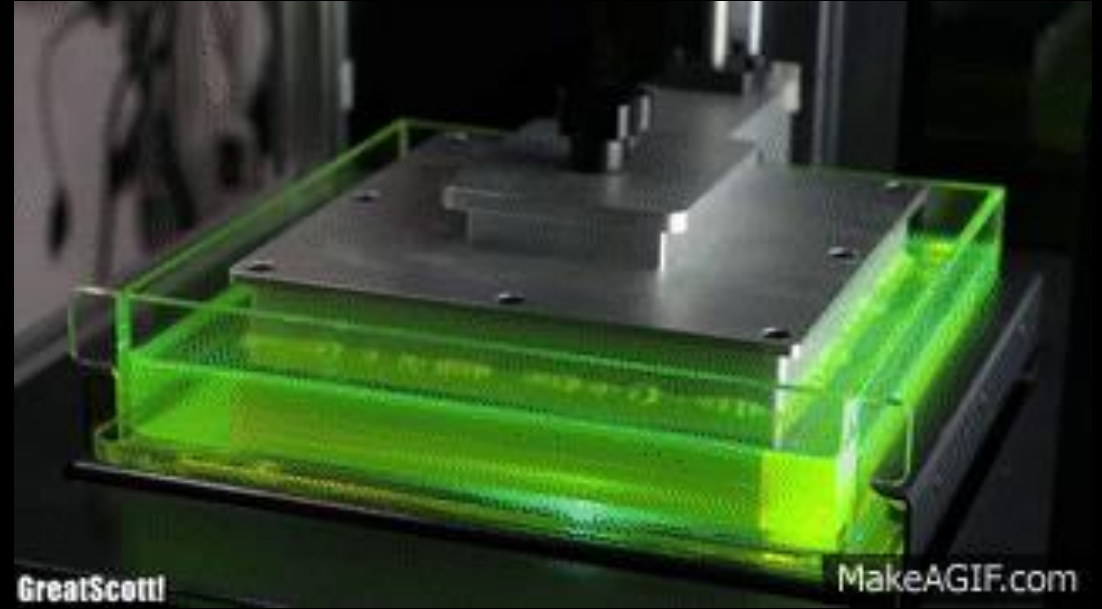
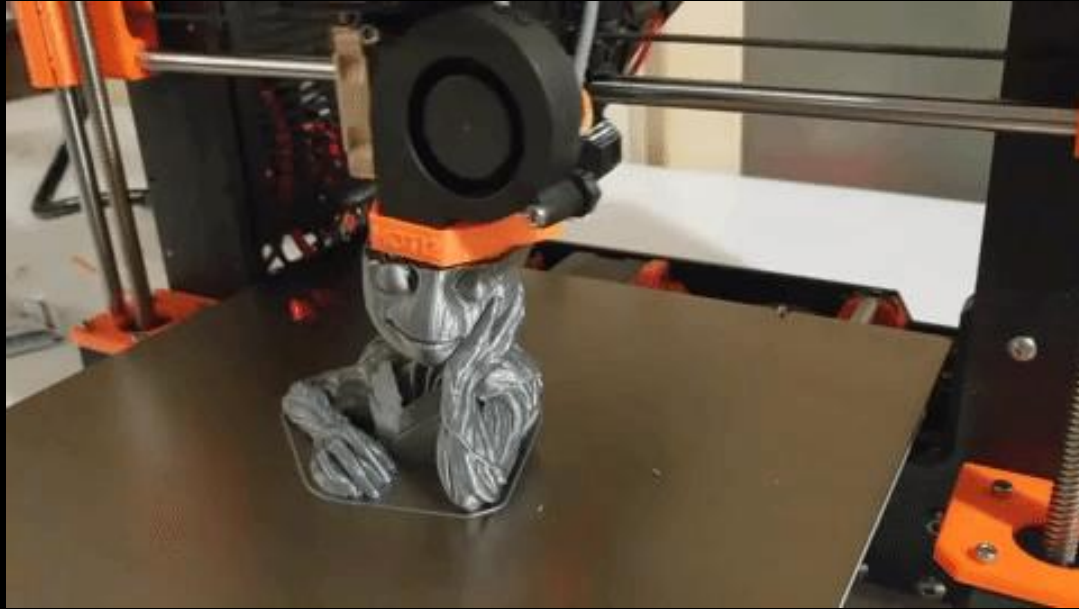
exemplo: 400 passos / volta

controle de velocidade  
(eixo árvore)



motor DC + encoder

# Manufatura Aditiva (impressora 3D)



# Técnicas Aditivas

métodos mais populares – *low end*

métodos industriais, pesquisa e *high end*

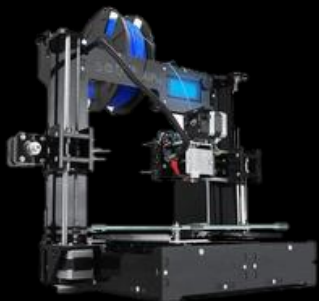
CATEGORIES	TECHNOLOGIES	PRINTED "INK"	POWER SOURCE	STRENGTHS / DOWNSIDES
Material Extrusion	Fused Deposition Modeling (FDM)	Thermoplastics, Ceramic slurries, Metal pastes	Thermal Energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexpensive extrusion machine</li> <li>• Multi-material printing</li> <li>• Limited part resolution</li> <li>• Poor surface finish</li> </ul>
	Contour Crafting			
Powder Bed Fusion	Selective Laser Sintering (SLS)	Polyamides /Polymer	High-powered Laser Beam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High Accuracy and Details</li> <li>• Fully dense parts</li> <li>• High specific strength &amp; stiffness</li> <li>• Powder handling &amp; recycling</li> <li>• Support and anchor structure</li> <li>• Fully dense parts</li> <li>• High specific strength and stiffness</li> </ul>
	Direct Metal Laser Sintering (DMLS)	Atomized metal powder (17-4 PH stainless steel, cobalt chromium, titanium Ti6Al-4V), ceramic powder		
	Selective Laser Melting (SLM)			
	Electron Beam Melting (EBM)		Electron Beam	
Vat Photopolymerization	Stereolithography (SLA)	Photopolymer, Ceramics (alumina, zirconia, PZT)	Ultraviolet Laser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High building speed</li> <li>• Good part resolution</li> <li>• Overcuring, scanned line shape</li> <li>• High cost for supplies and materials</li> </ul>
Material Jetting	Polyjet / Inkjet Printing	Photopolymer, Wax	Thermal Energy / Photocuring	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Multi-material printing</li> <li>• High surface finish</li> <li>• Low-strength material</li> </ul>
Binder Jetting	Indirect Inkjet Printing (Binder 3DP)	Polymer Powder (Plaster, Resin ), Ceramic powder, Metal powder	Thermal Energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Full-color objects printing</li> <li>• Require infiltration during post-processing</li> <li>• Wide material selection</li> <li>• High porosities on finished parts</li> </ul>
Sheet Lamination	Laminated Object Manufacturing (LOM)	Plastic Film, Metallic Sheet, Ceramic Tape	Laser Beam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High surface finish</li> <li>• Low material, machine, process cost</li> <li>• Decubing issues</li> </ul>
Directed Energy Deposition	Laser Engineered Net Shaping (LENS) Electronic Beam Welding (EBW)	Molten metal powder	Laser Beam	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repair of damaged / worn parts</li> <li>• Functionally graded material printing</li> <li>• Require post-processing machine</li> </ul>



# Técnicas Aditivas

Poluparização de produtos “low end” – **cenário Maker**

FFF (Fused Filament Fabrication) – FDM®



<https://www.sethi3d.com.br/>



[www.makerbot.com/](http://www.makerbot.com/)



[www.gtmax3d.com.br/](http://www.gtmax3d.com.br/)

SLA (Técnica DLP)



<https://www.sethi3d.com.br/>



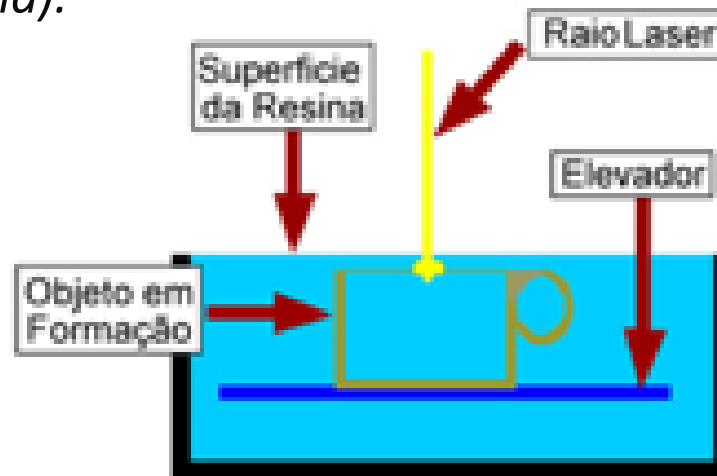
<https://formlabs.com>

...mas isso é **tão novo assim!**?

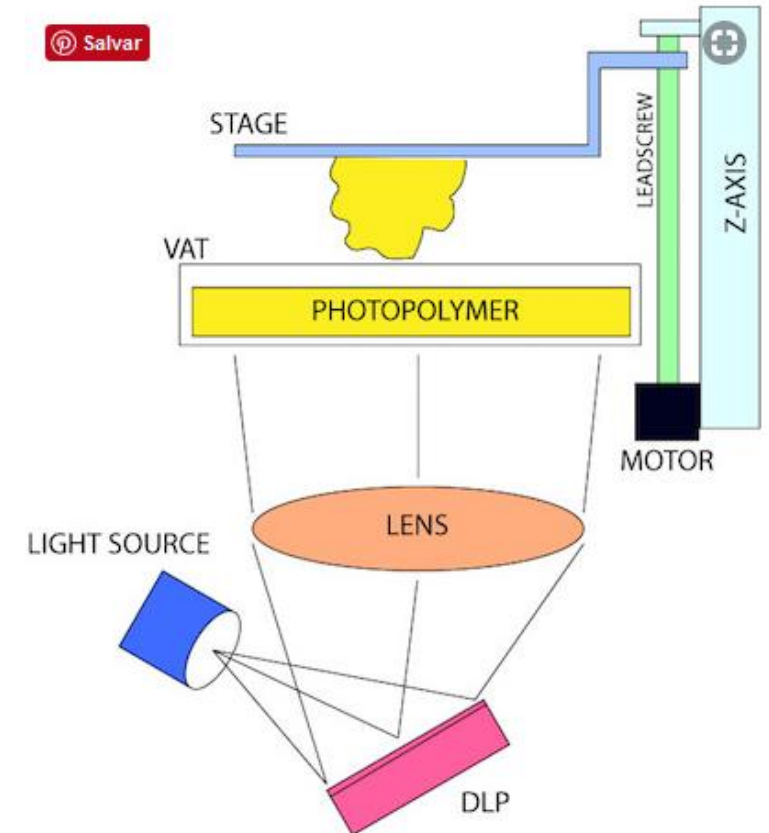
# Técnicas Aditivas

1984 (Primeiro equipamento comercial): 3D Systems Corp, Charles Hull;

- ✓ *Laser ultravioleta polimerizando seletivamente resina para solidificar o material.*
- ✓ *Atualmente, pode haver mistura de pós cerâmicos (zircônia e alumina).*



SLA



Digital Light Processing (DLP) Technology

# Técnicas Aditivas (na EESC-USP)

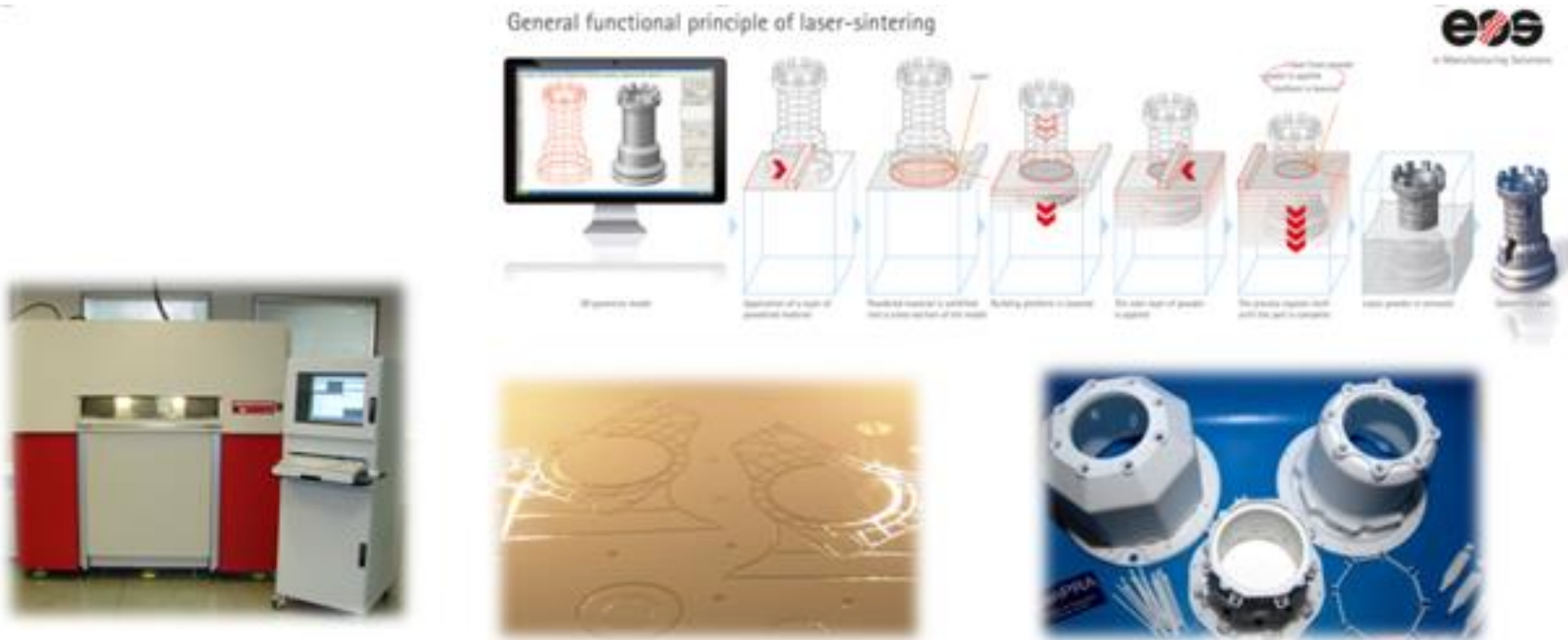
## Depto. Eng Mecânica

- Prof. Jonas iniciou a linha de pesquisa na década de 1990
  - *incluindo empresa encubada em São Carlos*
- Profa. Zilda Desenvolve pesquisa atualmente
  - ***projeto de impressoras e uso de prototipagem em projeto mecânico***
  - uso de impressoras 3D na graduação / pós-graduação
- Prof. Fortulan – *projeto de SLA*
- Prof. Gherhard – *uso de FDM na fabricação de trocadores de calor*

## Depto. Eng Produção

- Prof. Reginaldo T. Coelho
  - *coordena um projeto temático FAPESP – desenvolvimento de uma máquina de MA em poça de pó metálico (EESC-USP, UFSCar, Unicamp, Romi)*

# Técnicas Aditivas – Powder bed Fusion (SLS)



## Materiais

Poliamida (opção de esferas de vidro)

Metal (infiltrado por pós-processamento em forno)

Poliestireno (infiltrado em cêra)

# Técnicas Aditivas – Extrusão de Material (FDM)

Limitações do processo aditivo baseada em extrusão:

- Diâmetro do bico de injeção (diâmetro do filamento; espessura de camada): precisão dimensional e resolução com restrições;
- Estruturas de suporte, para regiões suspensas (maior desperdício);
- Pós processamento (remoção das estruturas de suporte: mecânica ou solúvel);
- **Processo aditivo mais lento do que as outras técnicas;**
- Estrutura filamentar (propriedades mecânicas e reológicas): para não ocorrer flambagem antes da entrada do cabeçote e diferenças de temperatura na saída do bico sobre a mesa de suporte.

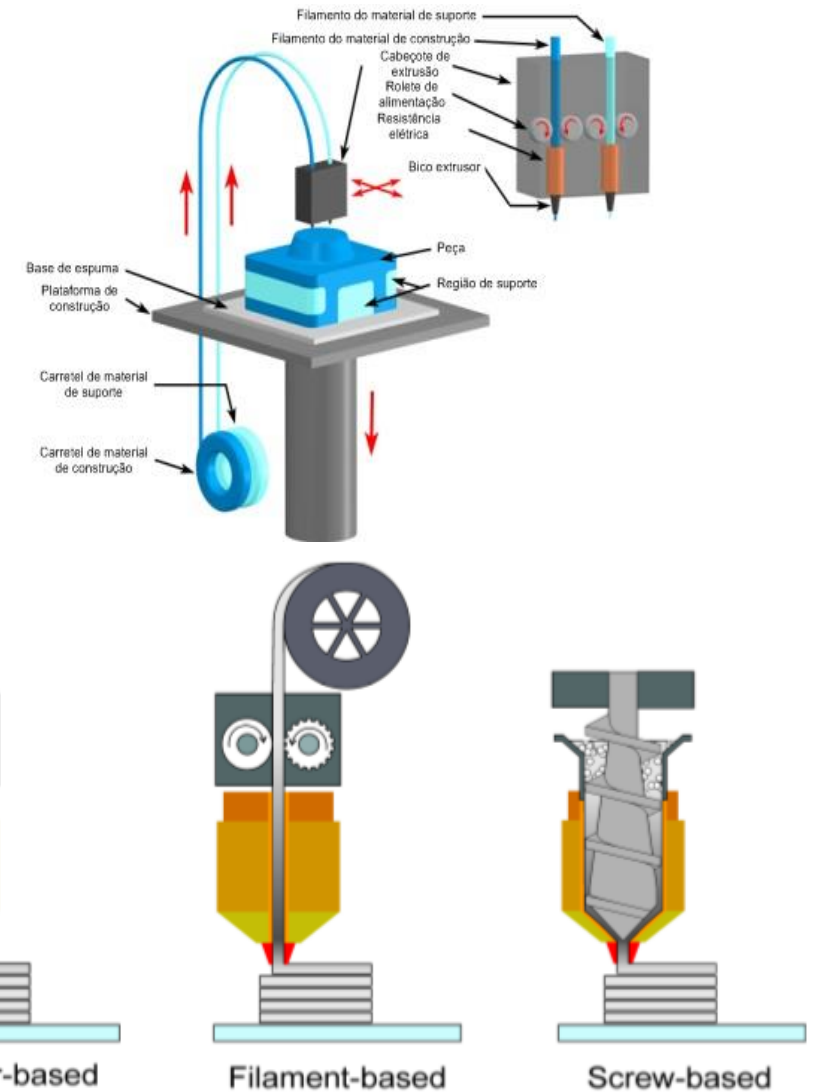


Figure 1. Different types and approaches for extrusion-based additive manufacturing.

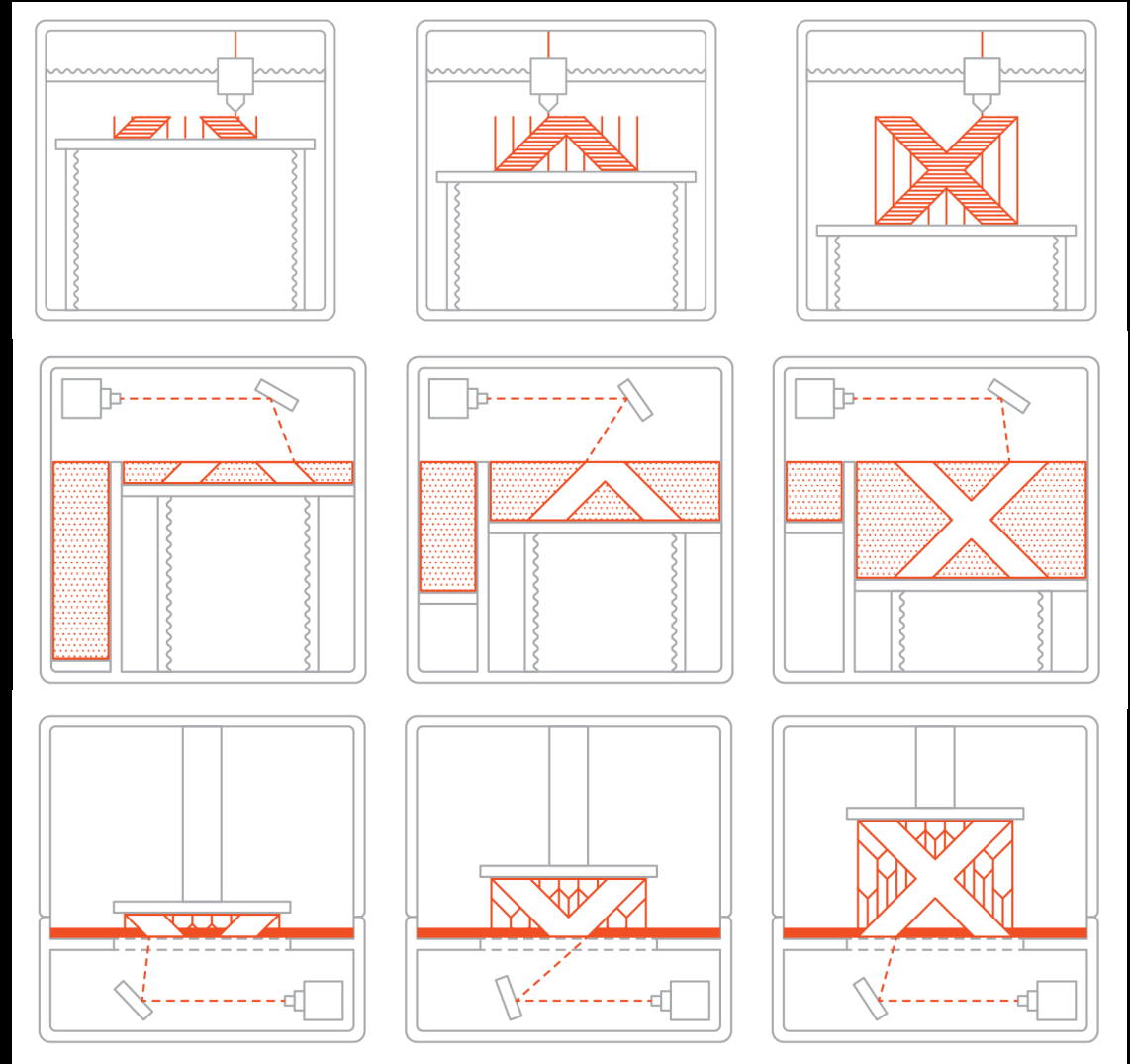
# Técnicas Aditivas – FDM / SLS / SLA

fonte: <https://all3dp.com>

**FDM – fused deposition method**

**SLS – selective laser sintering**  
(*powder bed*)

**Polimerização**  
SLA (stereolitografia)  
DLP (digital light processing)

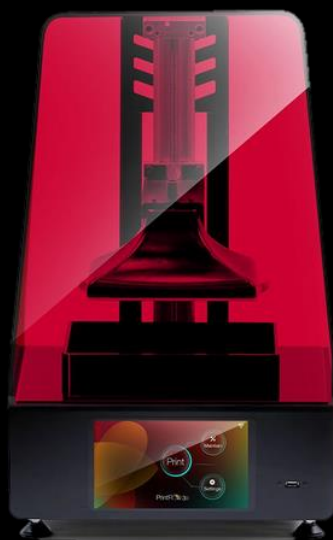


# Técnicas Aditivas

SLA e DLP

linha “maker”

~ R\$ 20k



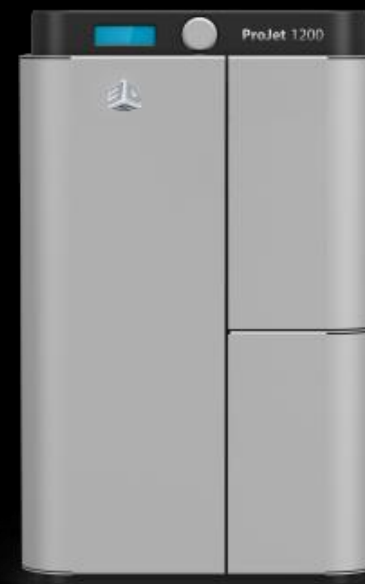
<https://www.sethi3d.com.br/>



<https://formlabs.com>

linha “pro”

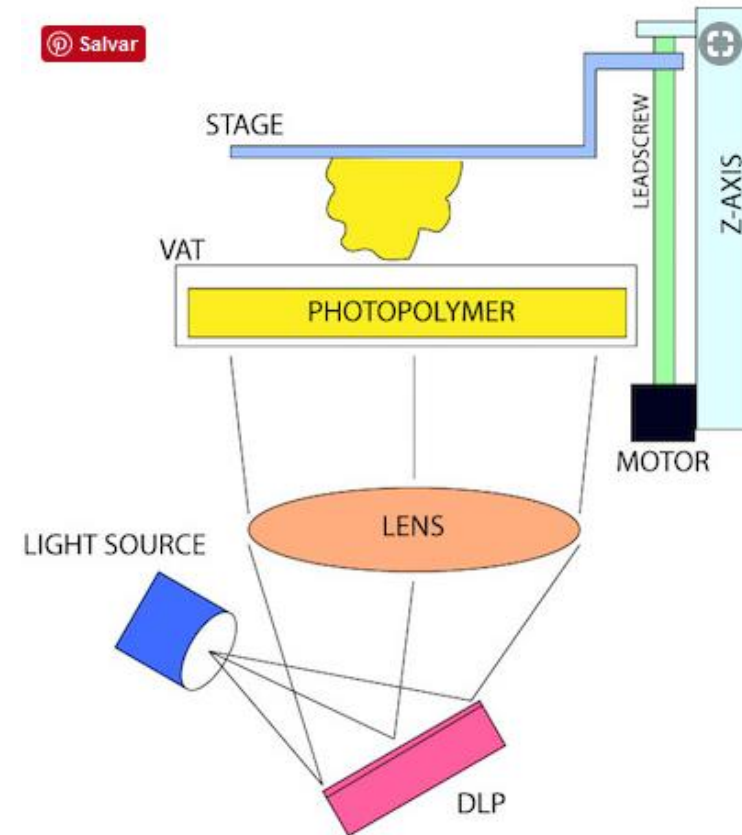
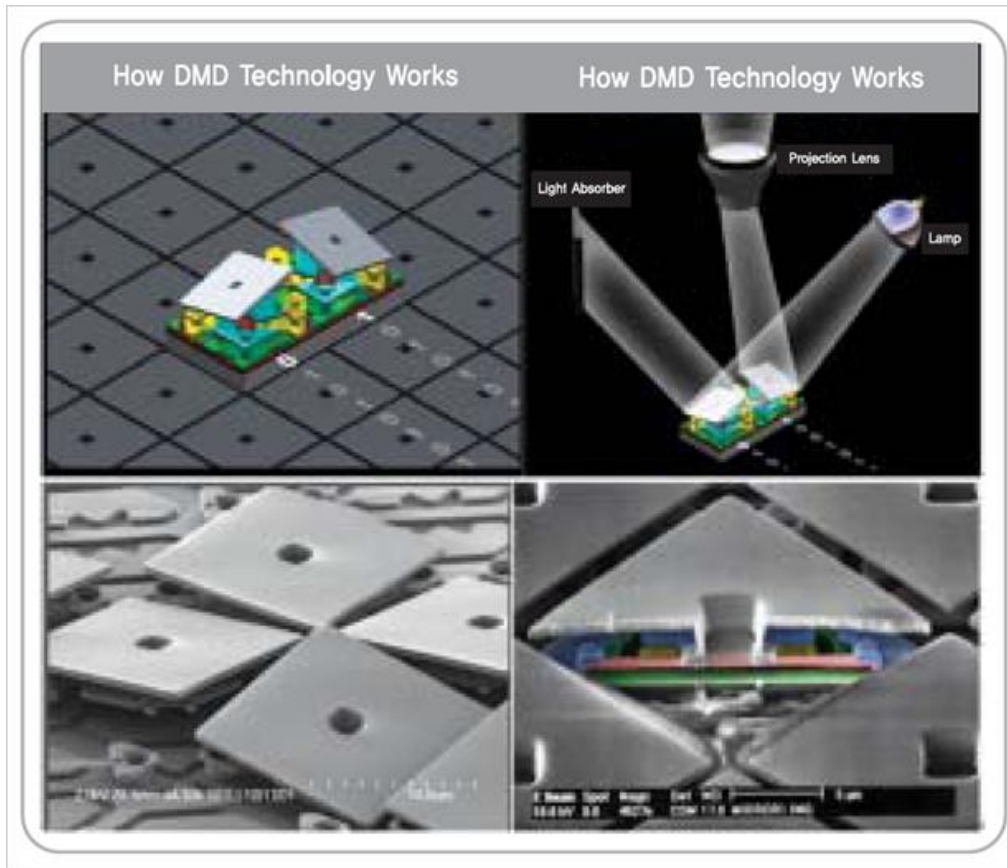
~ R\$ 50k



[www.impressora3d.com.br](http://www.impressora3d.com.br)

# Técnicas Aditivas

Digital Micromirror Device ([DMD](#) or [DLP](#)<sup>®</sup>)



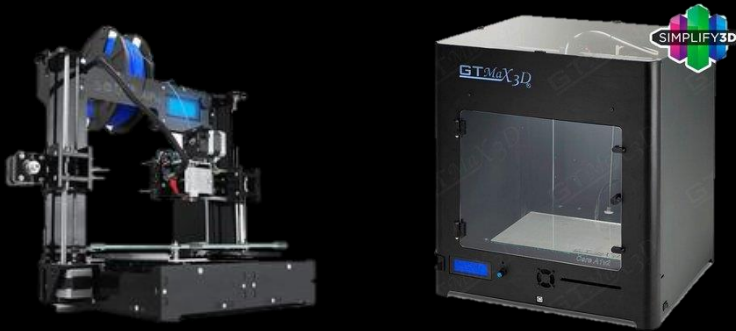


# Técnicas Aditivas

FFF (Fused Filament Fabrication) – FDM®

linha “maker”

~ R\$ 5k

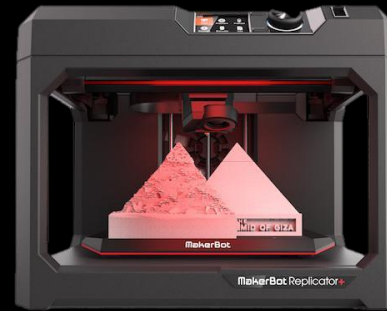


<https://www.sethi3d.com.br/>

[www.gtmax3d.com.br/](http://www.gtmax3d.com.br/)

“semi-profissional”

~ R\$ 15k



[www.makerbot.com/](http://www.makerbot.com/)

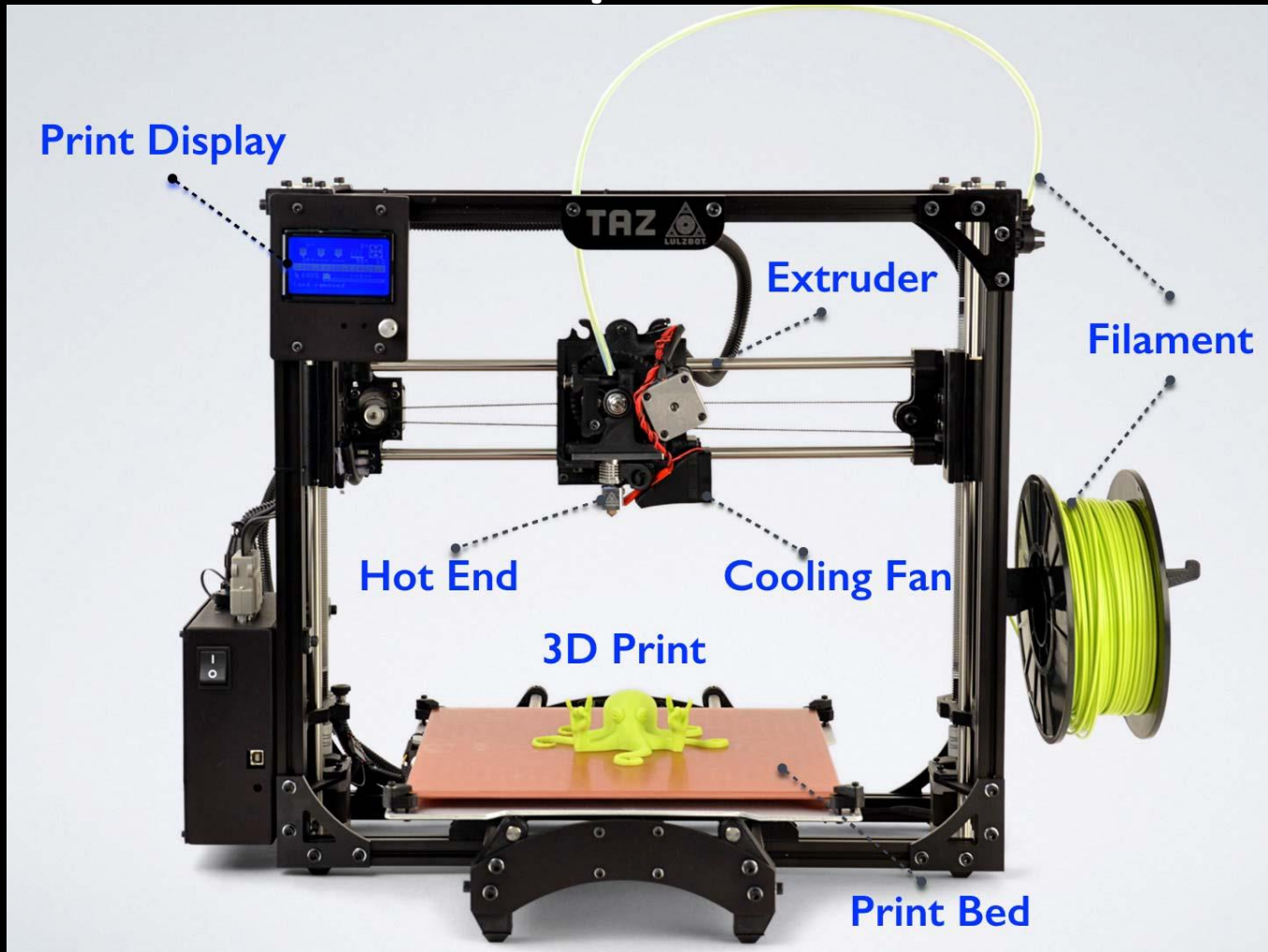
“profissional”

> R\$ 400k



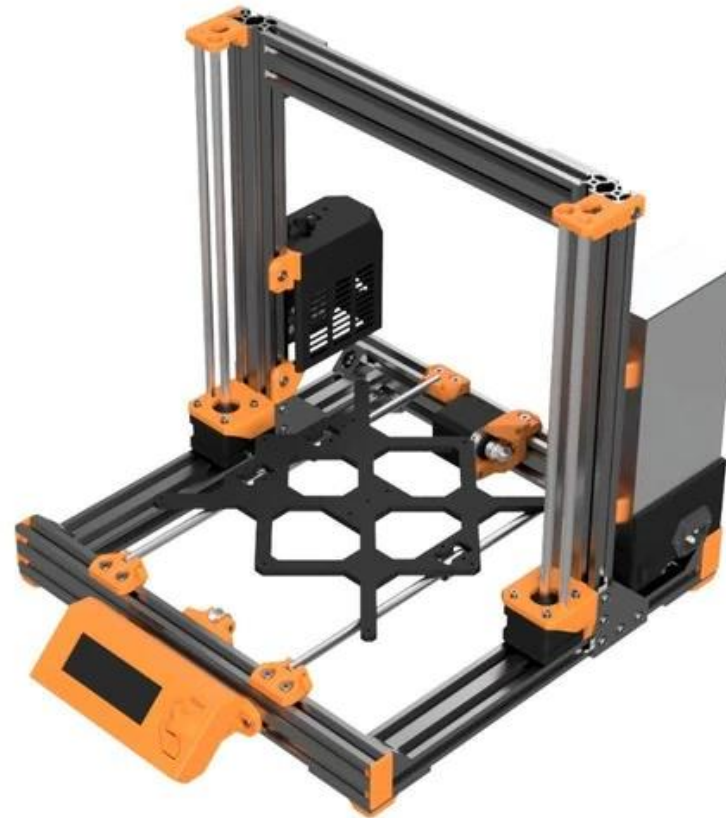
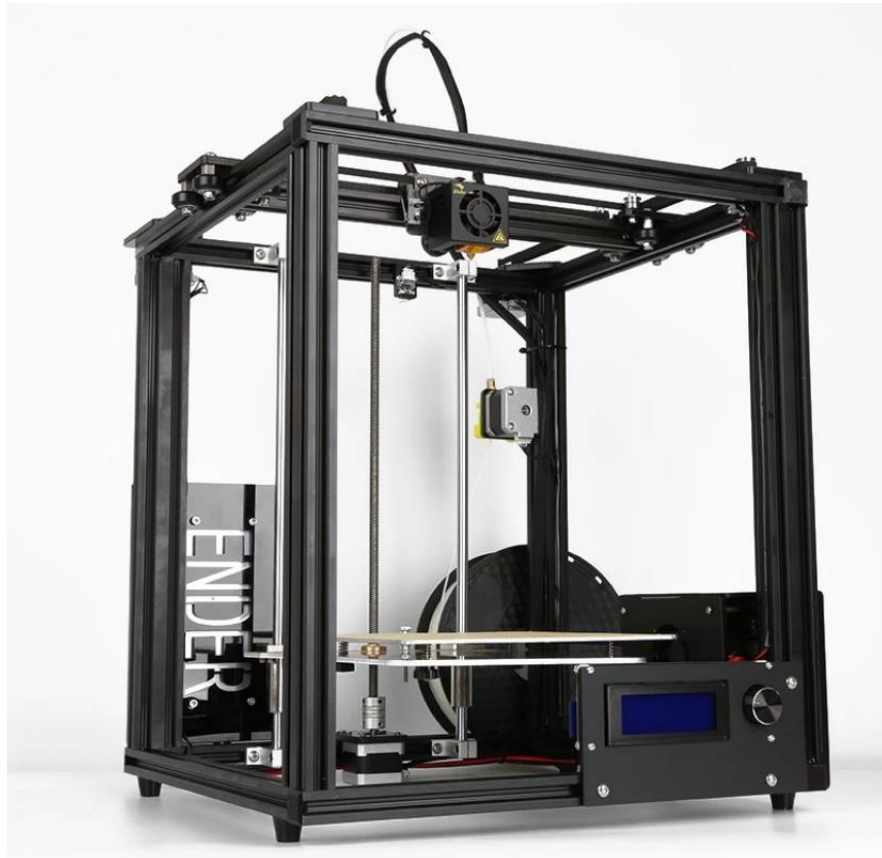
<https://www.stratasys.com>

# Elementos de uma impressora 3D FDM



# Processo de Fabricação (*topologias*)

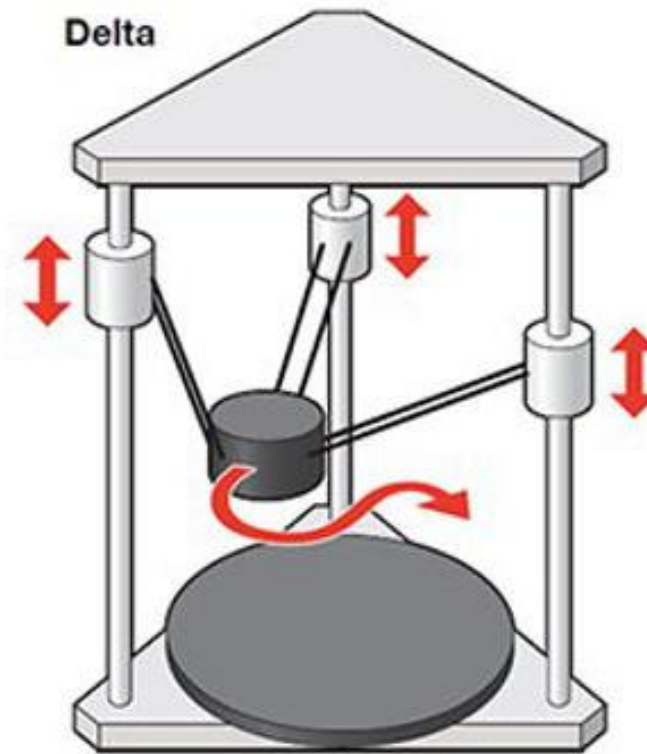
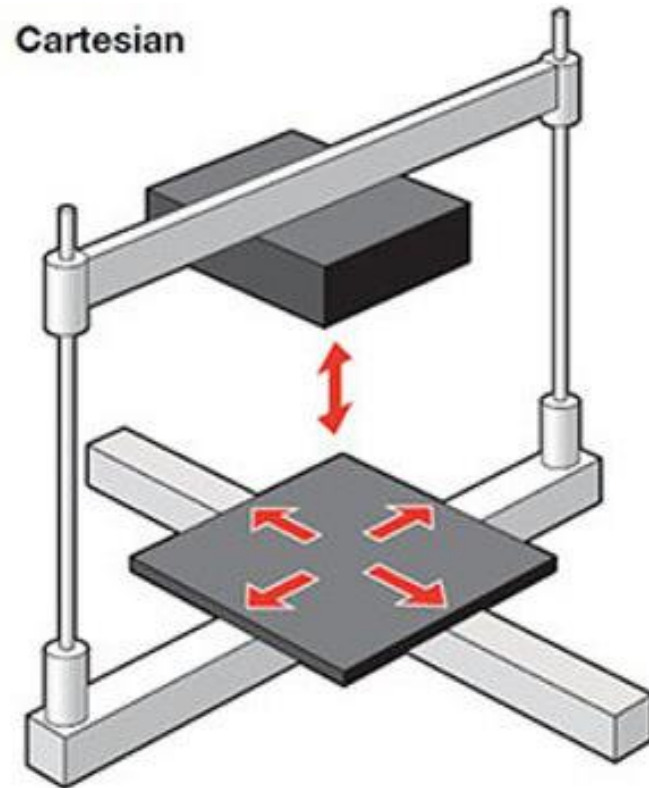
cartesianas



delta

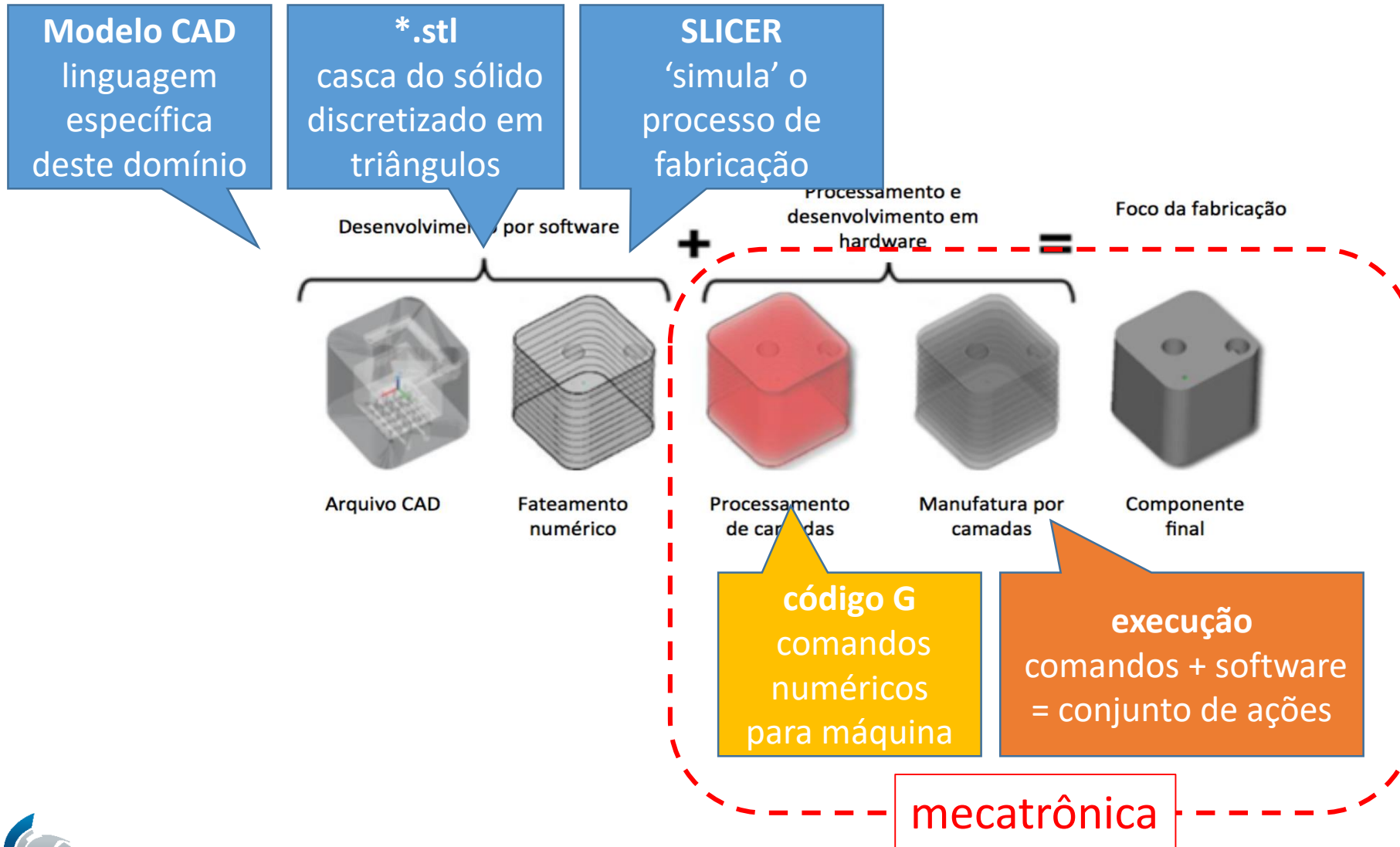


# Processo de Fabricação (*topologias*)

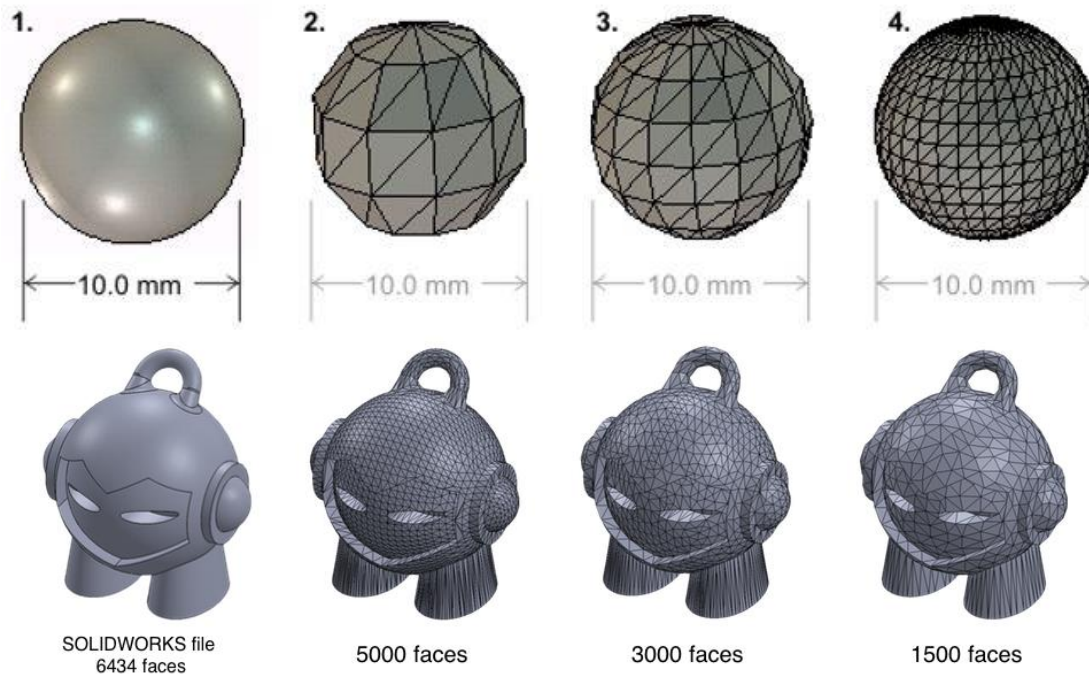


# Próxima Aula – Processo – *do CAD ao protótipo*

# Processo de Fabricação *(do CAD ao protótipo)*



# Processo de Fabricação *(do CAD ao protótipo)*



Exemplo de código G:

```
11 G1 F900 X197.600 Y29.900 E19.82400
```

11 → Indica a linha do código

G ou M → (azul) comando G- or M- (ação)

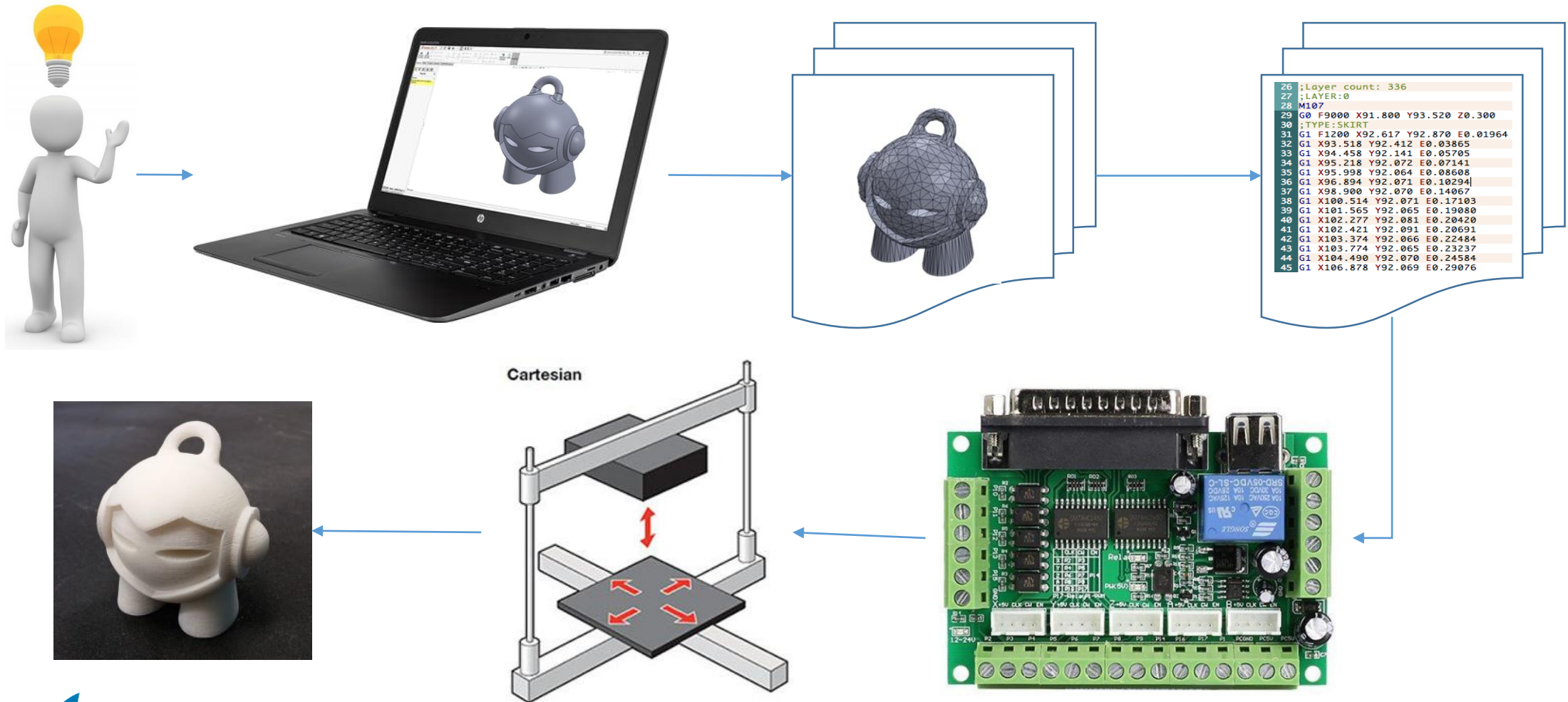
→ (vermelho) define parâmetros

F → velocidade

X / Y / Z → coordenadas

E → movimento do extrusor

# Próxima Aula





# Atividades

## Assitam vídeos no youtube sobre impressão 3D

- alguns canais sugeridos (não precisam se limitar a estes)

[Makers Muse](#) / [3D Print Nerd](#) / [Prusa](#) / [CNC Kitchen](#) / [Thomas](#) ...

- Pesquise sobre algum desses assuntos e envie um resumo dessa pesquisa pelo e-disciplinas – *mais detalhes na plataforma.*

- elementos: motor de passo, sensor de temperatura ou sensor de posição

- materiais: vantagens e desvantagens, resistência mecânica

- cinemática: cartesiana, core XY e Delta

# Atividades

## Instalação/Verificação de softwares

1- CAD: pode ser o mesmo que estão usando em Desenho Técnico II ou algum outro de sua preferência

2 - Fatiador: se não tiverem um instalado, sugiro fortemente o Cura

<https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>