



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**PMR 3203**

**Selective Laser Sintering (SLS) e  
Selective Laser Melting (SLM)**

**GRUPO - 13**

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| Allan Machado Barbosa                | NUSP: 10685431 |
| André Luiz Tiago Soares              | NUSP: 9346875  |
| Everton Alves do Nascimento Linhares | NUSP: 10432428 |
| Gabriel Boaventura Scholl            | NUSP: 10771218 |
| Guilherme Lima Rodrigues             | NUSP: 10771462 |
| William Simões Barbosa               | NUSP: 9837646  |

**2020.1**



## Introdução

Qual a importância do tema?

- Tecnologias que eram consideradas impossíveis
- Impressão 3D abrindo portas para novos projetos
- Estruturas ocas complicadas agora são possíveis
- Permitindo maior flexibilidade/complexidade para os designers
- Maiores vantagens na produção de peças



## Introdução

Exemplos de aplicações:

- Integração dutos de refrigeração diretamente em peças, útil para peças de alta temperatura.
  - Pás de turbinas
  - Bico de foguetes
- Peças mais leves
  - Utilizar peças leves para montar veículos com maior desempenho.



## Introdução

Exemplos de processos:

- Executar a otimização da topologia
  - Análise de elementos finitos, simulador de tensão, informa onde o material é necessário.
- Economia de peso
  - criando peças ocas.
- Economia financeira
  - Evitar descarte de materia-prima



## Introdução

Exemplo aviação:

- Como medir o desperdício:
  - taxa de compra para voar (t)
  - peso da peça final (pf)
  - peso da matéria-prima (pmp)

$$t = pf/pmp$$



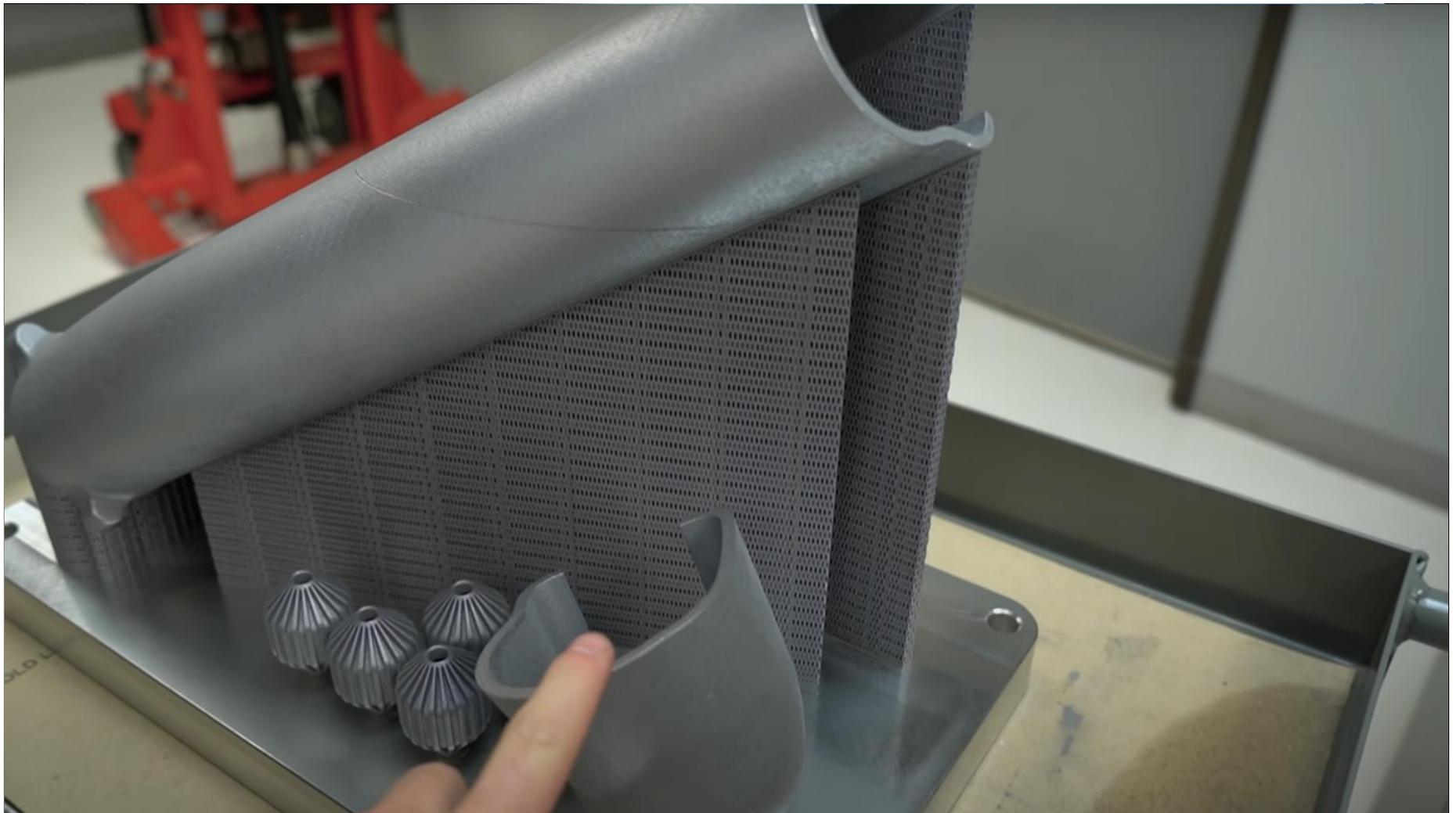
## Objetivos

- Compreender o que é e onde é utilizado o SLS e SLM.
- Quais processos e quais as características dos processos empregados



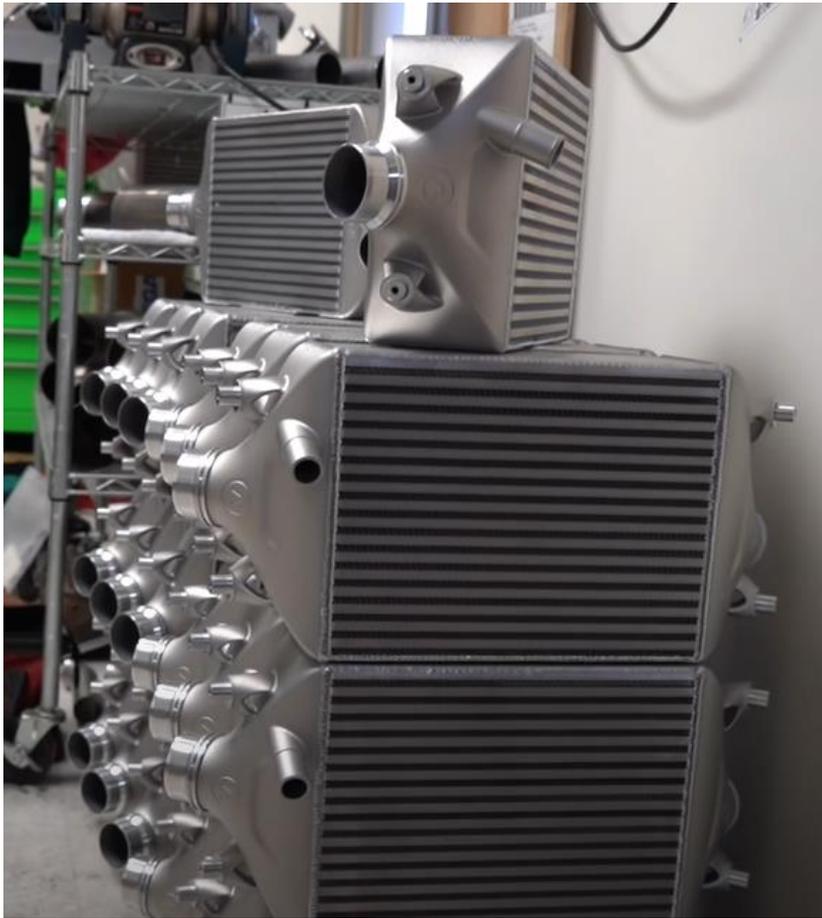
# Selective Laser Melting (SLM) e Sintering (SLS)

## O processo



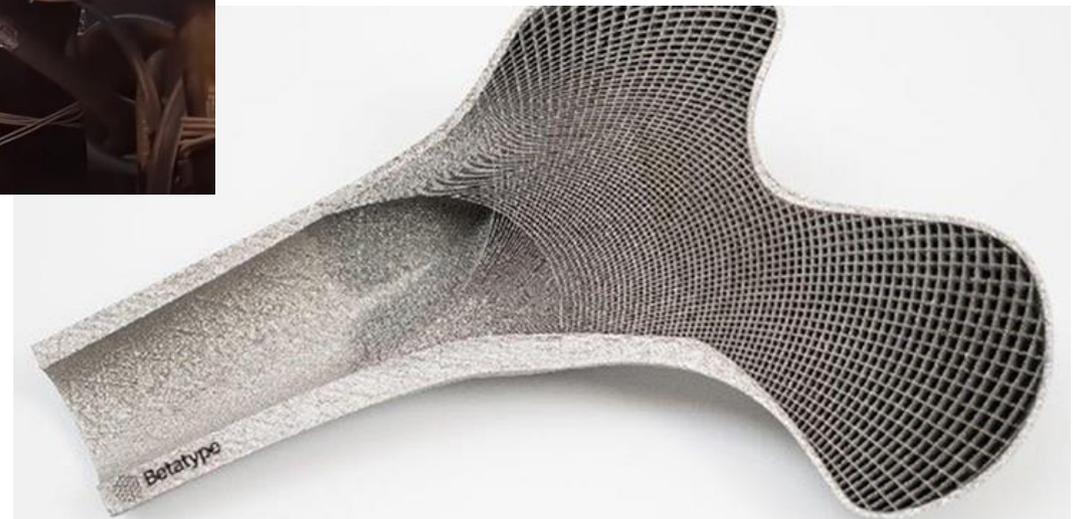


## Casos de uso SLS e SLM





## Casos de uso SLS e SLM





## Casos de uso SLS e SLM

Outros casos de uso:

- Aeroespacial: dutos, dispositivos elétricos, geometrias complexas
- Indústria: baixo volume de produção, peças automotivas de corrida muito específicas
- Médico: equipamentos médicos com detalhes de cada aplicação, próteses, produtos ortodônticos
- Protótipos: pode usar materiais distintos (plástico, vidro, cerâmica, metais, se usar SLS) para cada aplicação de prototipagem em áreas da engenharia



## Vantagens SLS e SLM

### 1. Controle das Propriedades Mecânicas dos Componentes (SLM)

Exposições a diferentes potências de laser e variadas estratégias de SCAN do laser permitem o controle da densidade, qualidade da superfície e da estrutura de grãos dos componentes

### 2. Liberdade Geométrica (SLM e SLS)

Produção de estruturas complexas, poucas restrições no formato das peças e estruturas como cavidades e grades tridimensionais podem ser produzidas

### 3. Tempo reduzido de comercialização (SLM e SLS)

Processo de produção flexível e sem ferramentas ou moldes facilita a venda de peças



## Vantagens SLS e SLM

### 4. Redução no custo de armazenamento (SLM e SLS)

A inutilização de ferramentas e moldes permite reduzir gastos com materiais e peças

### 5. Construção Leve (SLM e SLS)

Permite que componentes leves sejam produzidos mantendo a resistência do material

### 6. Abordagem One Shot (SLM e SLS)

Possibilidade de produzir montagens completas de uma vez, reduzindo o número de peças de uma montagem



## Vantagens SLS e SLM

### **7. Construção Mista (SLM)**

A alternância entre construção de geometrias de maneira convencional com SLM permite a redução do volume construído por SLM

### **8. Conservação e Reutilização de Material (SLM)**

Não há formação de cavaco e a parte do metal que não é derretida em cada camada é re-utilizada, acarretando em níveis de desperdício muito baixos

### **9. Exclusividade de itens (SLM e SLS)**

Devido ao baixo tempo de preparo para fabricação é possível fabricar componentes individualizados



## Vantagens SLS e SLM

### **10. Construção sem Suportes (SLS)**

Peças construídas pelo processo SLS não necessitam de suportes, oferecendo maior liberdade de projeto.

### **11. Componentes com altas propriedades mecânicas (SLS)**

As características desse processo aditivo permitem a produção de peças isotrópicas

### **12. Alto nível de precisão e qualidade de peças (SLS)**

Componentes apresentam superfícies bem acabadas e sem camadas visíveis, podendo ser usados como protótipos



## Desvantagens

### 1. Tempo de manufatura

Manufatura aditiva tem um tempo de produção por peça muito maior do que métodos tradicionais

#### Exemplo:

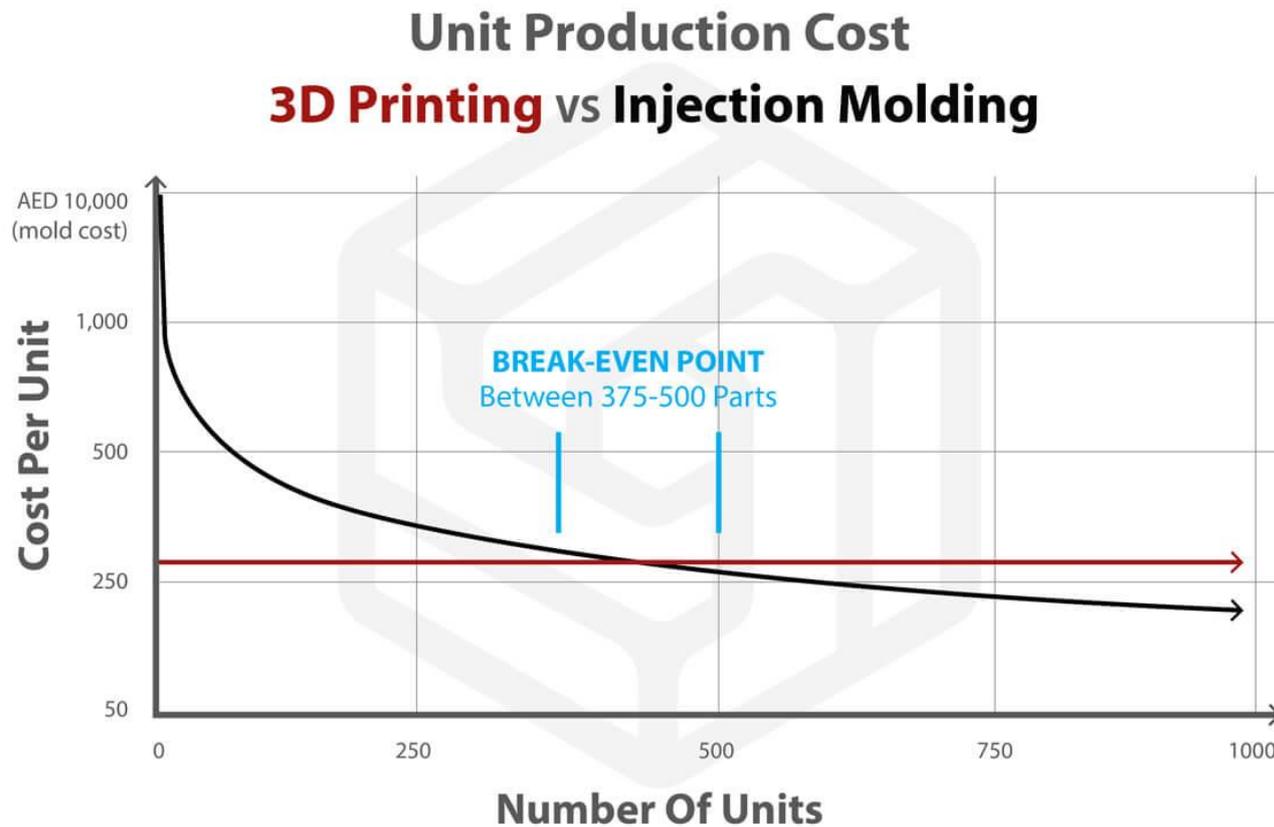
Uma peça que pode ser feita em questão de segundos por injeção poderia demorar horas se fosse feita em impressão 3D





## Desvantagens

### 2. Custo unitário & ordem de produção



FONTE: 3D printing VS Injection Molding. Proto 21. Disponível em:  
<<https://www.proto21.ae/3d-printing-vs-injection-molding/>>



## Desvantagens

### 3. Porosidade

O pó expelido durante o processo de avanço do laser causa uma irregularidade na trilha de metal, gerando esferas de metal. A união entre a trilha e a esfera leva a criação de poros na peça



FONTE: **Real Engineering** . The Material Science of Metal 3D Printing  
. Disponível em:

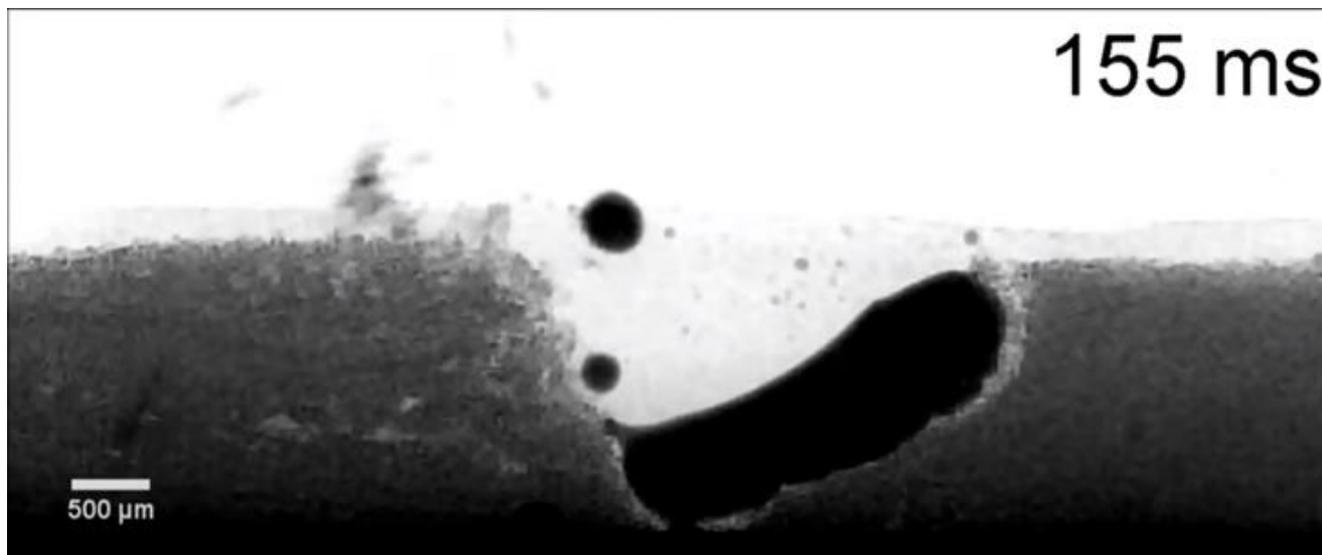
<https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYSiyxjl&feature=youtu.be&t>



## Desvantagens

### 4. Rugosidade superficial

Ocorre devido ao preenchimento irregular do metal sinterizado ou fundido na camada.



FONTE: Real Engineering . The Material Science of Metal 3D Printing

. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjl&feature=youtu.be&t>>



## Desvantagens

### 5. **Propriedades Anisotrópicas**

- Características que variam conforme a direção

### 6. **Tratamentos pós-processamento**

- Correção das imperfeições

### 7. **Habilidades especializadas em design e novos conhecimentos**

- Limitação do conhecimento profundo do processos devido a ser um assunto relativamente recente.



## Comentários Finais

**Manufatura Aditiva**



**Manufatura Tradicional**



## Comentários Finais

Está claro que a impressão 3D pode levar a manufatura para sua próxima evolução, mas o que está impedindo?



## Comentários Finais

Os dois principais empecilhos são:

- Custos
- Imperfeições



## Comentários Finais





## Referências

**The Material Science of Metal 3D Printing, 2019** Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=fzBRYsiyxjl&feature=youtu.be&t=31> Acesso em 14 de Junho de 2020.

**SLM® - Selective Laser Melting Technology - The Elements (english), 2017** Disponível em:

<https://youtu.be/R5WCyafMPLs> Acesso em 14 de Junho de 2020.

**3D Printed Aluminum Intake Manifold - Laser Melting Process, 2019** Disponível em:

<https://youtu.be/IUp3oCGZOzk> Acesso em 14 de Junho de 2020.

**Fusão a Laser Seletiva, Disponível em:**

<https://www.hisour.com/pt/selective-laser-melting-40644/> Acesso em 14 de Junho de 2020.

**Sinterização Seletiva a Laser, Disponível em:**

<https://www.hisour.com/pt/selective-laser-sintering-40650/> Acesso em 14 de Junho de 2020.

**Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing, Disponível em:**

<https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering/> Acesso em 14 de Junho de 2020.

**Additive manufacturing orthopedic implants, 2018** Disponível em:

<https://www.todaysmedicaldevelopments.com/article/renishaw-additive-manufacturing-orthopedic-implants/> Acesso em 14 de Junho de 2020



**- Fim -**