



AMable

BOOKLET

MATERIAIS DE FORMAÇÃO



WWW.AMABLE.EU

Índice

01

Descrição Geral dos Processos de Manufatura Aditiva (MA)

INTRODUÇÃO	4
PROCESSOS DEFINIDOS POR NORMAS	5
DEFINIÇÕES	7
PROCESSOS PARA METAIS	7
DEPOSIÇÃO DIRECCIONADA COM ENERGIA	8
FEIXE DE ELECTRÕES	9
FEIXE LASER	10
ARCO ELÉTRICO	12
FUSÃO EM CAMA DE PÓS	14
COMPARAÇÃO DE PROCESSOS DE MA PARA METAIS	17
FOTOPOLIMERIZAÇÃO	18
LAMINAÇÃO DE FOLHAS	22
PROJEÇÃO DE MATERIAL	24
PROJEÇÃO DE ADESIVO	25
EXTRUSÃO DE MATERIAL	27

02

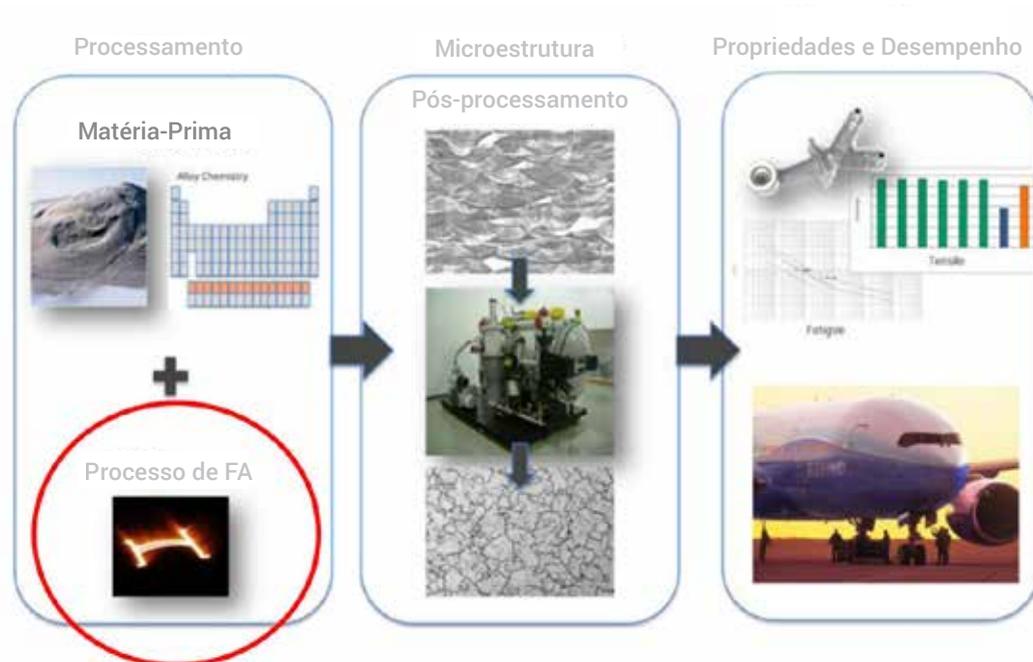
Cadeia de Valor em Manufatura Aditiva

VALOR DA MANUFATURA ADITIVA	28
QUAL O MELHOR PROCESSO DE MA PARA O MEU PRODUTO?	29

01 Descrição Geral dos Processos de Manufatura Aditiva

Introdução

A **Manufatura Aditiva (MA)** é um processo de fabrico que permite a construção de peças em 3 Dimensões através do processamento de matéria-prima em várias formas (como pós, fios,...).



Porém, em muitos casos, para se obter uma microestrutura específica, que permita atingir certo desempenho e propriedades desejadas, é necessário aplicar pós-processamento.

Conhecimentos:

Conhecimento actual e amplo de teoria, princípios e aplicabilidade de:

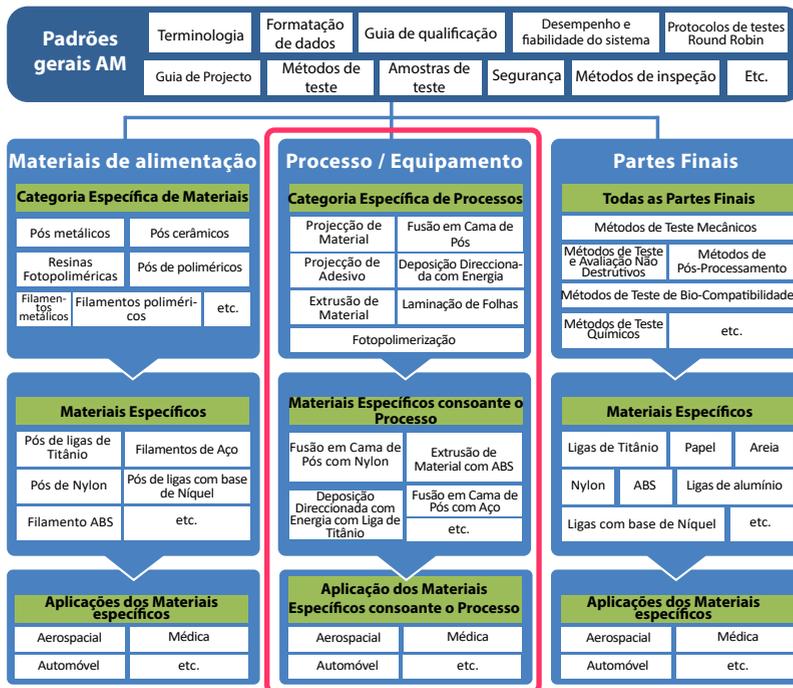
- Deposição Direcçãoada com Energia - *Directed energy deposition (DED)*
- Fusão em Cama de Pós - *Powder bed fusion (PBF)*
- Fotopolimerização - *Vat photopolymerization (VPP)*
- Projecção de Material - *Material jetting (MJT)*
- Projecção de Adesivo - *Binder jetting (BJT)*
- Extrusão de Material - *Material extrusion (MEX)*
- Laminação de Folhas - *Sheet lamination (SHL)*

Objetivos:

- Distinguir peças produzidas por diferentes processos de MA
- Reconhecer as vantagens e limitações dos processos de MA
- Identificar a aplicabilidade dos diferentes processos de MA
- Reconhecer que pode ser aplicado pós-processamento para atingir a qualidade superficial necessária.

Processos Definidos por Normas

Estrutura das Normas em Manufatura Aditiva



Normas Gerais de MA

- Conceitos gerais
- Requerimentos comuns
- Aplicabilidade Genérica

Categoria das Normas de MA

Específicas à categoria dos materiais ou à categoria dos processos

Normas de MA especializadas

Específicas ao material, processo ou aplicação



Nota: Esquema traduzido a partir do Inglês, da ISO.

Tecnologias de Manufatura Aditiva

	TECNOLOGIA	MATERIAIS	MERCADO	RELEVÂNCIA PARA METAIS
Fusão	Fusão em Cama de Pós – Energia térmica funde seletivamente zonas de uma cama de pós	Metais, polímeros	Prototipagem, parte final	●
	Deposição Direcção-na com Energia - Energia térmica é focalizada para fundir materiais à medida que são depositados	Metais	Parte final, reparações	◐
	Laminação de Folhas - Folhas de material são unidas de modo a formar um objecto	Metais, papel	Prototipagem, parte final, moldes de fundição	◑
Sinterização	Projectão de Adesivo - Um adesivo líquido é depositado seletivamente para unir materiais em forma de pó	Metais, polímeros, Areia de fundição	Prototipagem, réplicas-padrão para fundição	◑
	Projectão de Material - Gotas de matéria-prima são seletivamente depositadas	Polímeros, Ceras	Prototipagem, réplicas-padrão para fundição	○
	Extrusão de Material - Material é dispensado seletivamente através de um orifício ou bocal	Polímeros	Prototipagem	○
	Fotopolimerização - Um fotopolímero líquido dentro de uma cuba é seletivamente curado através de polimerização ativada por luz	Fotopolímeros	Prototipagem	○

AM technologies voor metalen objecten.



Foto: GE Aviation

Definições

A norma ISO/ASTM 52900-18: Additive manufacturing - General principles – Terminology define a terminologia básica relacionada com manufatura aditiva. Esta norma enuncia:

Manufatura Aditiva (MA)

“Processo de ligação de materiais com o objetivo de construir peças a partir do que é modelado a 3 dimensões, geralmente camada sobre camada. É por isso um processo contrário aos processos subtrativos.”

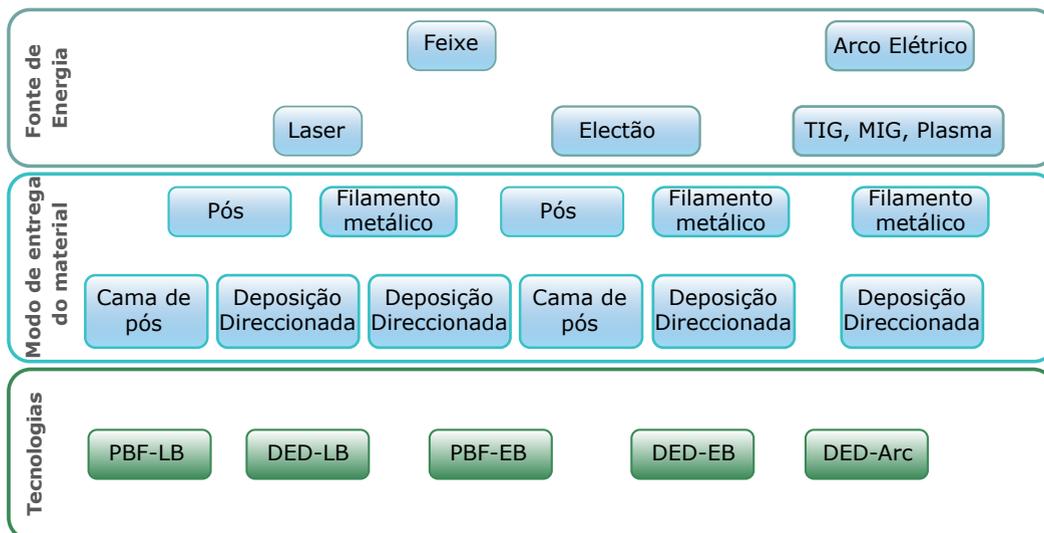
Termos históricos: fabrico aditivo, processos aditivos, técnicas aditivas, fabrico através de adição de camadas, fabrico por camadas, fabrico livre de peças sólidas, fabrico sem constrangimentos.

Impressão 3D

“Fabrico de objetos através da deposição de material utilizando-se uma cabeça de impressão, uma tocha, ou outra tecnologia de impressão”. Este termo é normalmente utilizado num contexto coloquial, referindo-se à Manufatura Aditiva; até ao momento, este termo tem sido particularmente associado a máquinas de baixo custo ou baixa capacidade global.

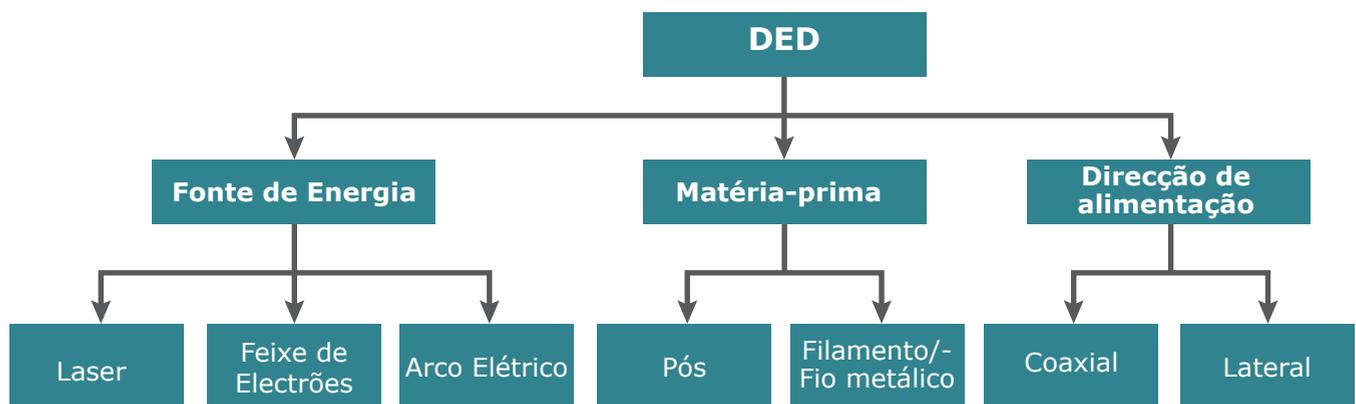
Processos para Metais

Classificação de tecnologias de Deposição Direccionada com Energia e Fusão em Cama de Pós



Deposição Direccionada com Energia (DED)

“Processo de Manufatura Aditiva no qual energia térmica é focalizada para fundir materiais à medida que são depositados”, de acordo com a norma ISO/ASTM 52900-18. “Energia térmica focalizada” significa que a fonte de energia (exemplo: laser, feixe de electrões ou arco eléctrico) é focalizado (concentrado e direccionado) para fundir os materiais a serem depositados.



Matéria-prima

FIO	PÓ
-----	----

Fonte de Energia

FEIXE DE ELECTRÕES	ARCO/ PLASMA	LASER	

Nomenclatura da Tecnologia

DED-EB	DED-ARC / DED-PB	DED-LB	DED-LB
--------	------------------	--------	--------

Feixe de Electrões

Vantagens

- Taxas de deposição mais elevadas
- Peças de grandes dimensões
- Materiais difíceis de soldar
- Metais reativos (Ti, Al, TiAl)
- Material em forma de fio (+ barato, - inflamável)
- Alta eficiência energética (>95%, x5-10 SLM)
- Menores tensões residuais
- Menores requisitos de suportes

Foto: Arevo Labs



Desvantagens

- Dimensão e complexidade do equipamento
- Grande investimento inicial
- Elevado custo de manutenção dos equipamentos
- Necessidade de câmara de vácuo (+tempo, -acesso)
- Maior rugosidade em relação a peças fabricadas em cama de pó



Foto: Lockheed Martin

Aplicações e Sectores

- Lâminas de turbina para produção de energia
- Componentes nucleares
- Componentes metálicos refratários
- Materiais balísticos
- Componentes para bombas industriais
- Equipamento de fabrico de semicondutores
- Reparação e Recondicionamento de Ferramentas
- Componentes aeronáuticos e aeroespaciais

Foto: Forgemasters



Materiais

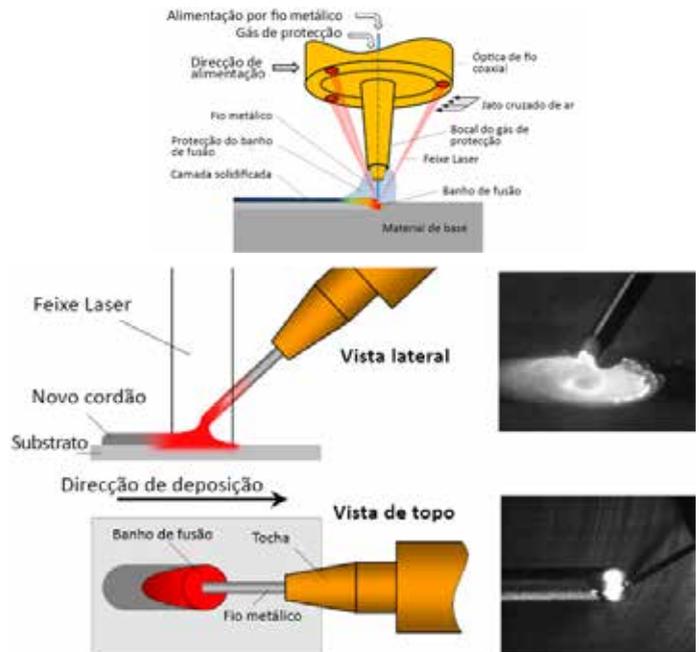
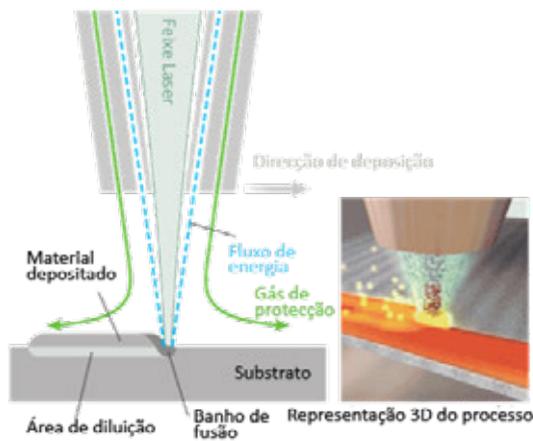
- Aço 4340
- Aço inoxidável
- Titânio e ligas de titânio, Ti64
- Alumínio 2319, 4043
- Tântalo
- Tungsténio
- Nióbio
- Inconel 718, 625
- Cobalto-cromado ASTM F75
- TiAl
- Cobre puro



Foto: GE Additive

Deposição Direccionada com Energia (DED)

Feixe laser



Vantagens

- Taxa de deposição média a alta
- Peças de tamanho médio
- Componentes com formato quase final
- Ampla gama de materiais
- Multi-materiais e materiais de gradiente funcionais
- Reparação e re-fabrico

Desvantagens

- Custo do equipamento
- Baixa resolução
- Necessidade de pós-processamento



Foto: Arcam

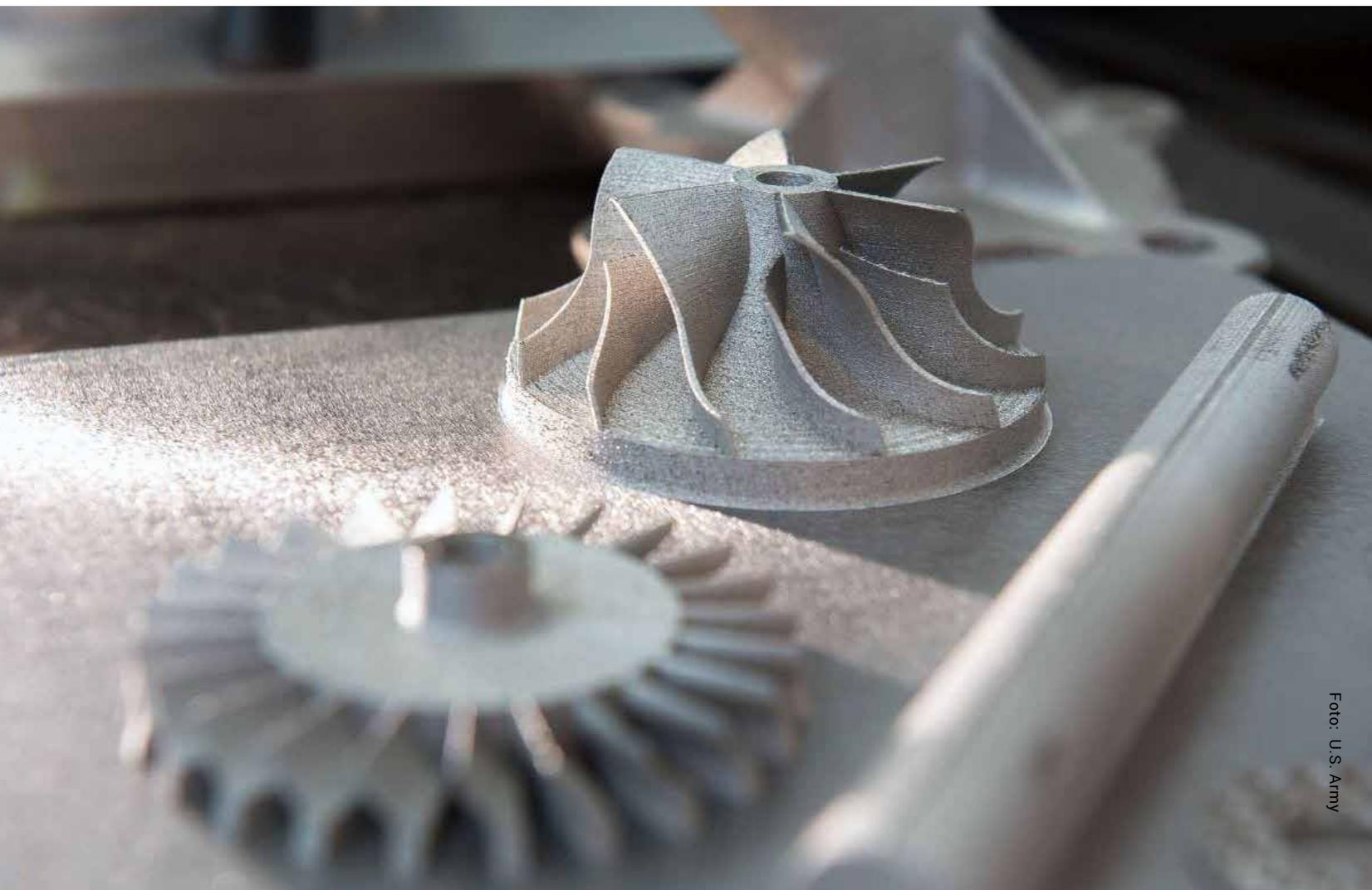


Aplicações e sectores

- Turbomáquinas
- Componentes aéreos
- Moldes e ferramentas
- Automóvel
- Naval e offshore

Materiais

- Aços
- Ligas de Ni
- Ligas de Co
- Titânio
- Carbonetos



Deposição Direccionalada com Energia (DED)

Arco



DED - Arco

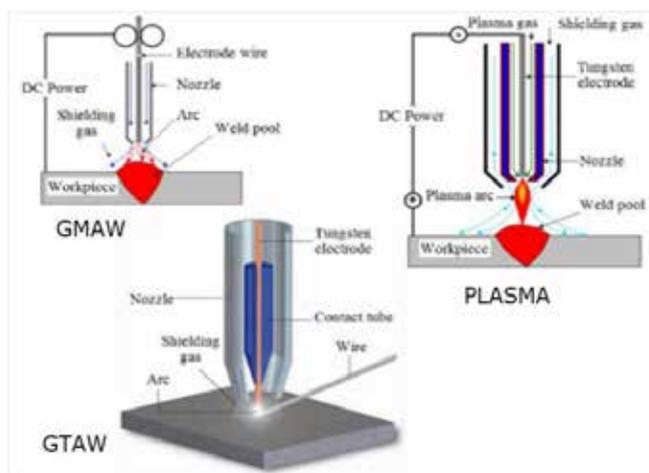
- Processos MIG-MAG (GMAW) e TIG (GTAW)
- Alimentação por fio
- Equipamento de custo reduzido
- Taxas de deposição até 5 kg/h ou mais
- Perdas de material reduzidas em comparação com tecnologias de pó



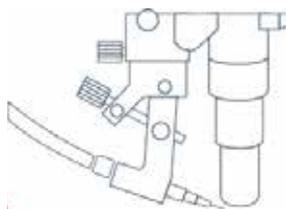
DED - Feixe de Plasma

- Processos de plasma e μ -plasma
- Alimentação por fio ou pó
- Taxas de deposição até 10 kg/h
- Disponibilidade de pós e modo spray

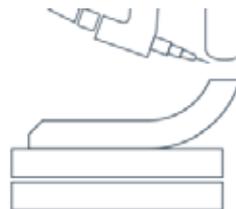
Variantes DED



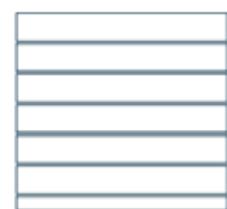
Passos:



1. Fusão



2. Deposição de camada



3. Deposição de partes sólidas

Vantagens

- Taxa de deposição elevada
- Peças de grandes dimensões
- Boa relação de compra por material usado
- Equipamentos de custo reduzido
- Ampla gama de materiais
- Custo reduzido para fios



Foto: RamnLab

Desvantagens

- Resolução inferior
- Distorções geométricas
- Necessidade de pós-processamento



Foto: Norsk Titanium

Aplicações e sectores

- Naval
- Componentes aeroespaciais
- Energia
- Moldes e ferramentas

Materiais

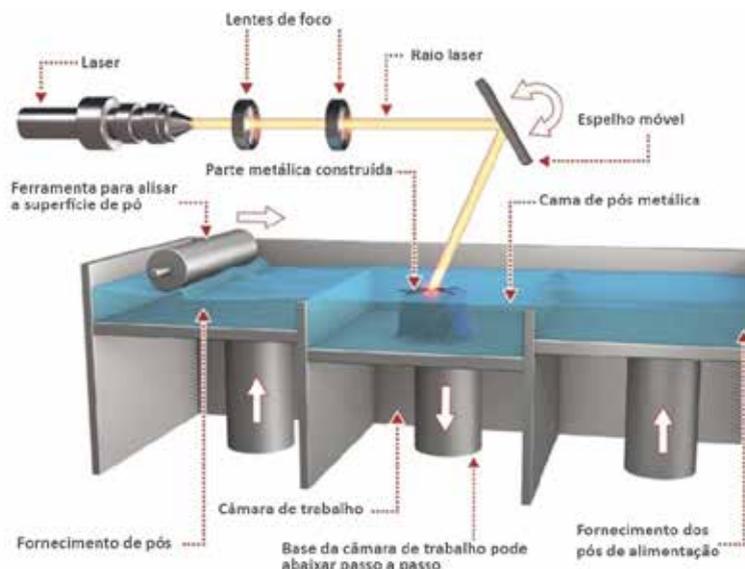
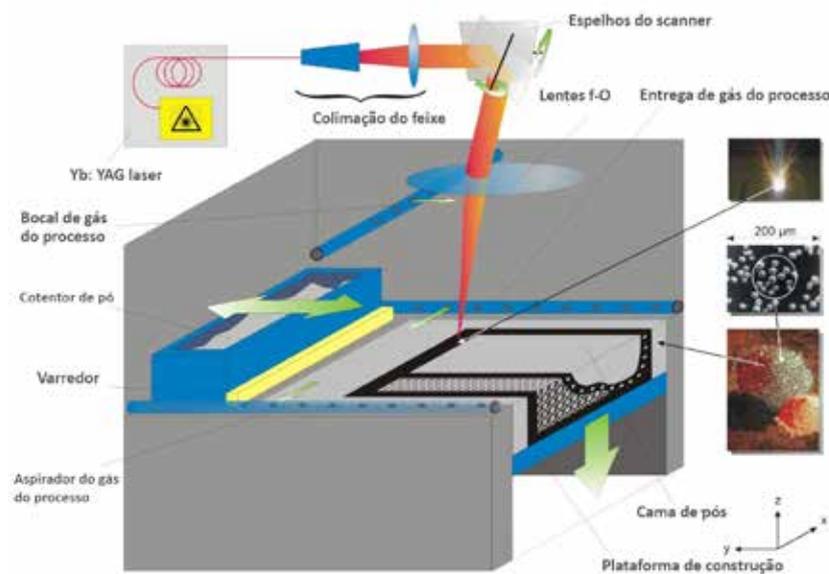
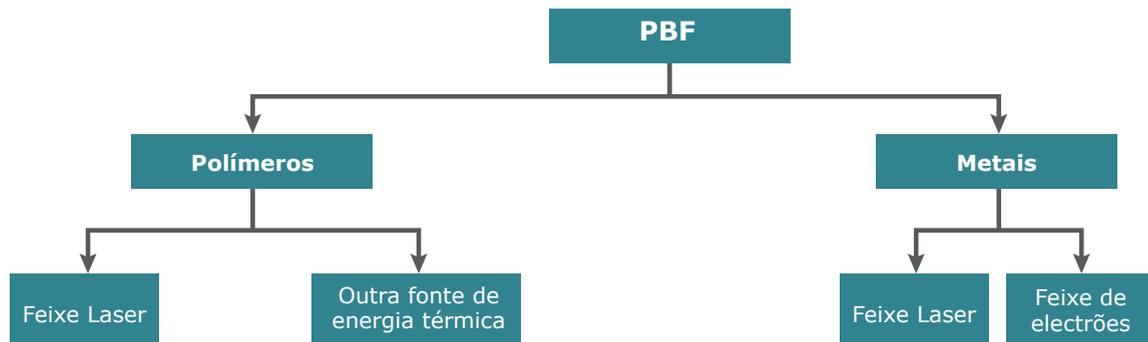
- Aços
- Ligas de NI
- Titânio
- Alumínio



Foto: RamnLab

Fusão em Cama de Pó (PBF)

“Processo de manufatura aditiva no qual energia térmica funde seletivamente regiões na cama de pó”, de acordo com a ISO/ASTM 52900-18.



Vantagens

- Inovação em desenho e melhores funcionalidades aeroespaciais
- Integração de várias peças numa só
- Redução de peso, menor utilização de matérias-primas, menos resíduos (tecnologia verde)
- Individualização e complexidade sem custos adicionais
- Gama variada de materiais (materiais de soldadura)

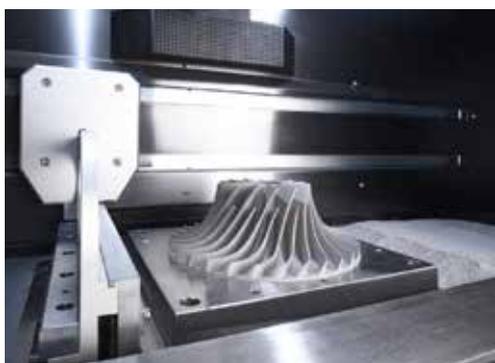


Foto: Monni Pierandrea

Desvantagens

- Rugosidade média ($R_a > 10\mu\text{m}$)
- Tamanho de peças limitadas ($< 400 \times 400 \times 500\text{mm}$)
- Custo do equipamento
- Tensões residuais e distorções em alguns casos
- Produtividade baixa a média: atualmente, séries de pequenas peças (até 25000 partes/ano)



Aplicações e sectores

- Componentes aeroespaciais
- Implantes ortopédicos
- Automóvel
- Ferramentas (Moldes e matrizes)
- Dentário
- Bens no geral

Materiais

- Ligas de Alumínio (AlSi7Mg, AlSi10, AlSi9Cu3)
- Ligas baseadas em Ni (IN718, IN 7 2 5, IN939, HX)
- Titânio (grau 2, grau 23, quase-alfa)
- Cobalto-cromado (F75, CoCr28Mo6)
- Aços (316L, 17-4PH, 1.2709, H13, Invar36)
- Liga de Cu (CuSn10)



Foto: ExOne

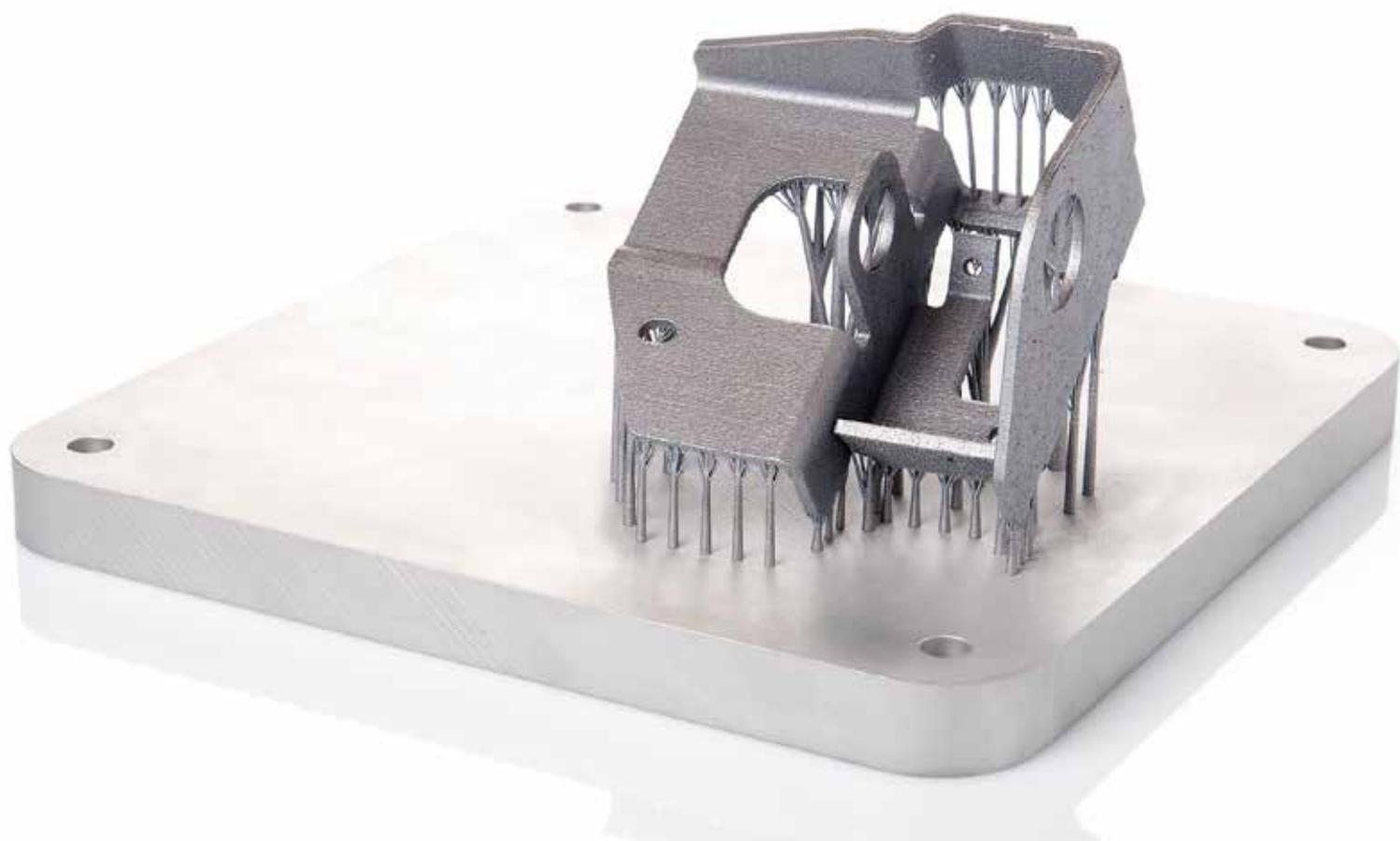
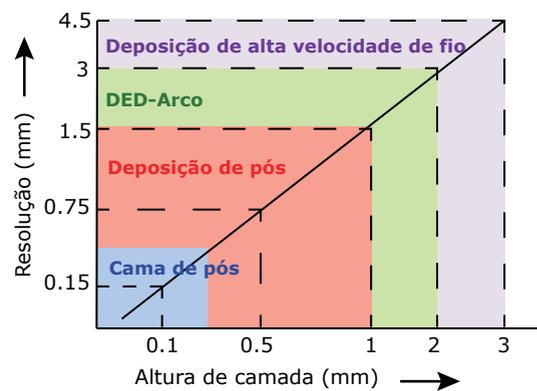
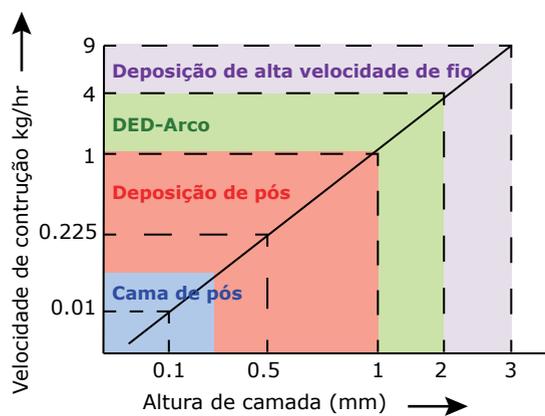
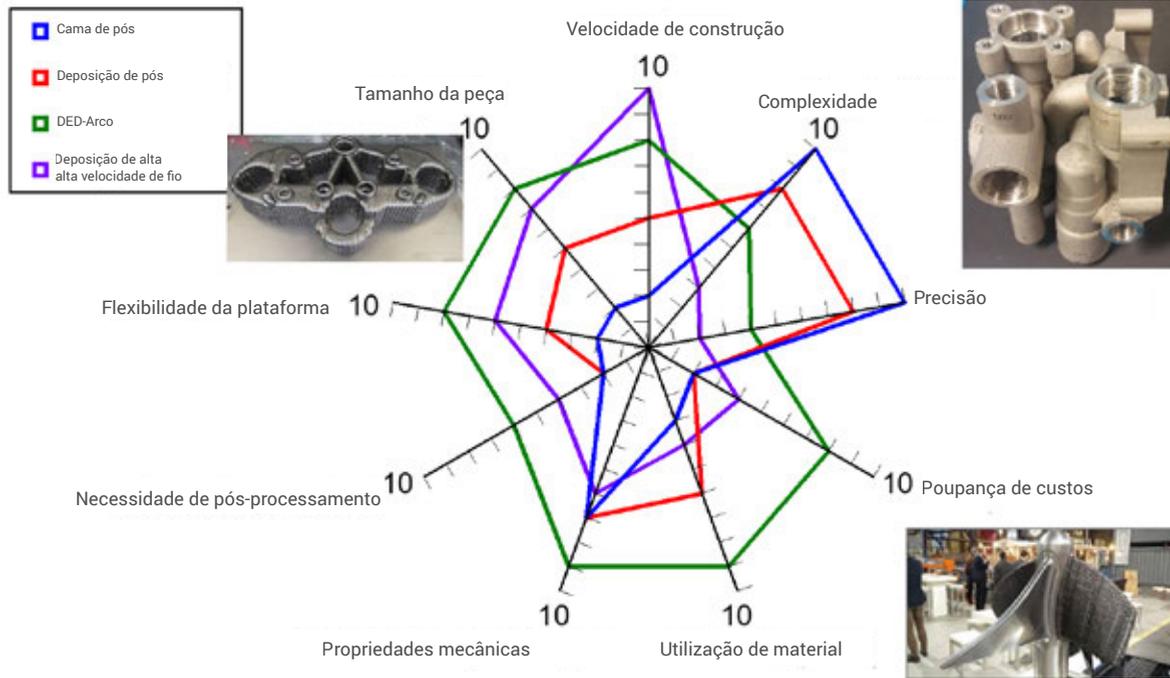


Foto: Materialise

Metais em Manufatura Aditiva

Comparação de processos

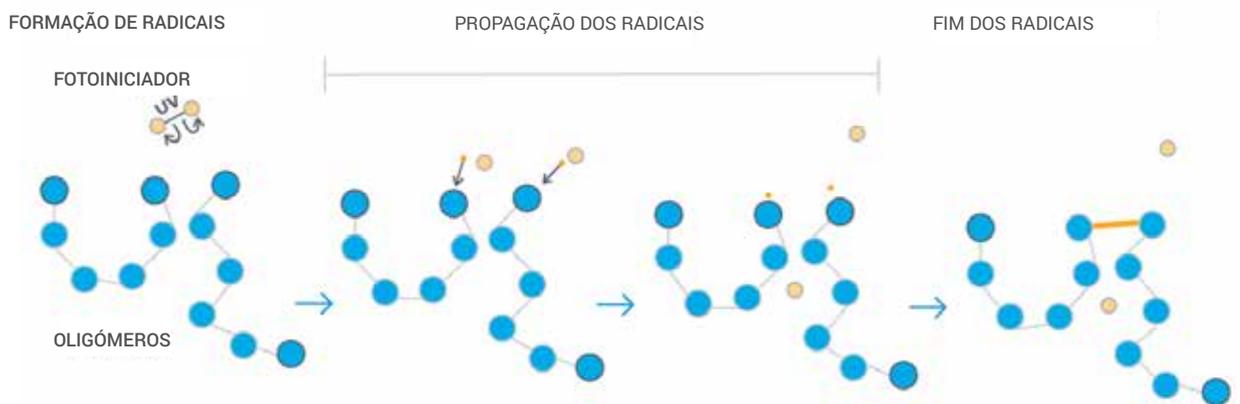


Fotopolimerização (VPP)

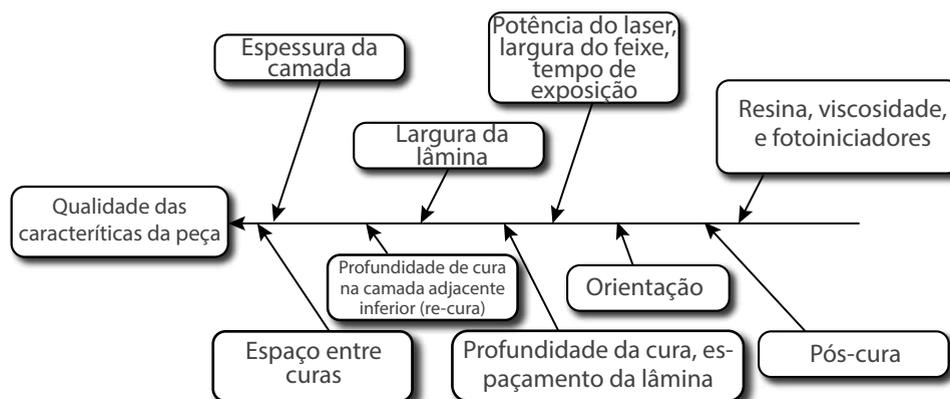
“Processo de manufatura aditiva no qual um fotopolímero líquido dentro de uma cuba é seletivamente curado através de polimerização ativada por luz”, conforme indicado na norma ISO/ASTM 52900-18.

Processo

- As cadeias de monómeros e oligómeros possuem grupos ativos nas suas extremidades
- Quando a resina é exposta a raios UV, a molécula Fotoiniciadora divide-se em dois radicais muito reativos
- Os radicais reativos são transferidos para grupos ativos que depois reagem com outros grupos



Parâmetros



Precisão

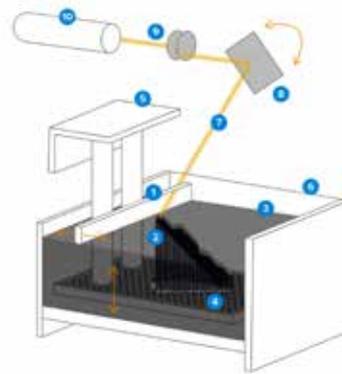
A precisão geral das impressões VPP é de 50 a 200 microns dependendo do tamanho da peça, da resina, da geometria do modelo e da geração de suporte.



Tipos de Máquinas

De cima para baixo (*Top-down*):

- Fonte de calor acima da cuba
- Plataforma é progressivamente mergulhada na cuba
- Grandes aplicações industriais
- Volume de construção até 1500x750x550mm³

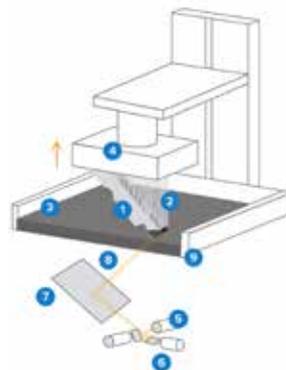


VPP de cura superior

- 1 Varredor
- 2 Parte impressa
- 3 Resina
- 4 Plataforma de construção
- 5 Elevador
- 6 Tanque de resina
- 7 Feixe laser
- 8 Espelho X-Y
- 9 Lentes
- 10 Laser UV

De baixo para cima (*Bottom-up*):

- Fonte de calor é colocada abaixo da cura
- A plataforma é levantada progressivamente
- O raio UV é reflectido em dois espelhos galvanométricos, que direcionam a luz para as coordenadas correctas em uma série de espelhos
- A parte final é construída de cabeça para baixo
- Volume de construção até 1500x750x550mm³



VPP de cura inferior

- 1 Parte impressa
- 2 Suportes
- 3 Resina
- 4 Plataforma de construção
- 5 Laser UV
- 6 Galvanómetros
- 7 Espelho X-Y
- 8 Feixe laser
- 9 Tanque de resina

Exemplos de máquinas

Formlabs



145 x 145 x 175 mm (xyz)

Envisiontec



400 x 400 x 400 mm

3D Systems



1500 x 750 x 550 mm

Materialise



2100 x 700 x 800 mm

Comparação de custos das máquinas

A precisão geral das impressões VPP é de 50 a 200 microns, dependendo do tamanho, resina, geometria do modelo e geração de suporte.

	VPP de secretária: De baixo para cima	VPP Industrial: De cima para baixo
Preço	Desde \$3500	\$80,000-\$1,000,000+
Volume de impressão	Até 145 x 145 x 175 mm	Até 1500 x 750 x 550 mm
Prós	<ul style="list-style-type: none"> • Acessível • Fácil de usar • Baixa manutenção • Espaço necessário reduzido • Troca fácil de materiais 	<ul style="list-style-type: none"> • Grande volume de construção • Taxa de produção elevada • Inúmeras opções de materiais
Contras	<ul style="list-style-type: none"> • Volume de construção médio 	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas de custo elevado • Elevada manutenção • É necessário um operador

Vantagens

- Liberdade de Design
- Modelos geométricos com grande qualidade superficial
- Processo rápido
- Equipamento de custo reduzido
- É possível produzir partes isotrópicas

Aplicações e sectores

- Prototipagem rápida
- Dentário
- Cuidados de saúde
- Impulsores e dispositivos de rotação
- Componentes e recipientes fechados
- Fundição em cera perdida ou microfusão.

Operações de procesamento (De cima para baixo, VPP Industrial):

1. A plataforma de construção é primeiro posicionada no tanque do fotopolímero líquido, a uma distância equivalente à altura de uma camada, desde a superfície do líquido
2. De seguida, um laser UV cria a próxima camada, curando seletivamente e solidificando a resina de fotopolimérica
3. Toda a área da seção transversal do modelo é curada, de modo a que a peça produzida seja totalmente sólida
4. Quando uma camada é finalizada, a plataforma move-se para uma distância de segurança e o varredor volta a cobrir a superfície. O processo repete-se continuamente até que a peça esteja concluída
5. Após a impressão, a peça não está completamente curada e requer pós-processamento adicional, através de luz UV, caso sejam necessárias determinadas propriedades térmicas ou mecânicas

Desvantagens

- Baixa gama de materiais disponíveis (resinas curáveis por UV)
- Estruturas de apoio necessárias
- Degradação dos materiais com exposição contínua à luz
- Temperaturas de trabalho baixas para componentes
- Algumas resinas são tóxicas

Materiais

- A resina, tipicamente composta por épxi ou por acrílicos e monómeros meta-acrílicos, polimerizará e endurecerá quando exposta à luz

Forma da matéria-prima

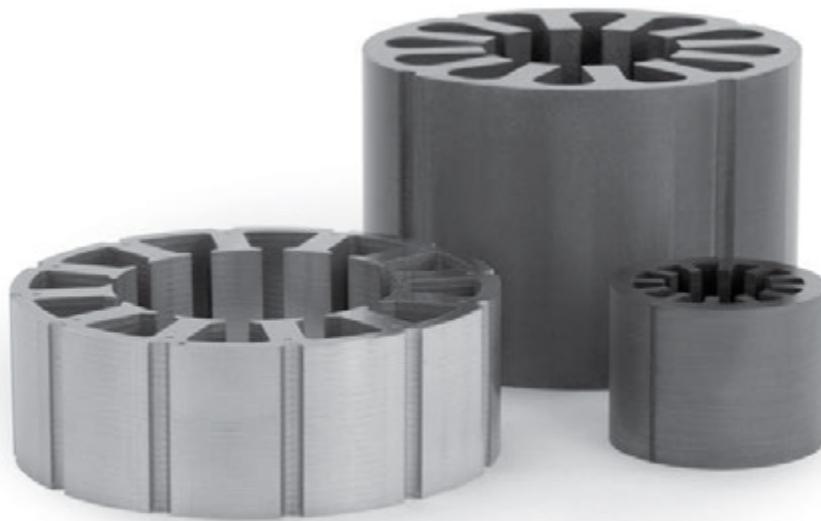
- Líquida ou pasta (resina fotorreactiva com ou sem material de enchimento)

Laminação de Folhas

“Processo de manufatura aditiva em que se unem folhas de material de modo a formar um objecto”, de acordo com a norma ISO/ASTM 52900-18

Materiais processáveis:

- Polímeros
- Metais
- Compósitos
- Cerâmicos
- Papel



Polímeros

- Adesão entre camadas através de calor/cola
- Corte realizado por laser ou lâmina
- É possível criar peças coloridas
- Normalmente utilizado para prototipagem

Consolidação Metálica-Ultrassónica

- Soldadura de estado sólido entre folhas metálicas
- Capacidade multi-material
- Capacidade de incorporar peças (baixa temperatura)

Vantagens

- Alta velocidade
- Inexistência de tensões residuais
- Ampla gama de materiais

Desvantagens

- É necessário pós-processamento para obter o efeito pretendido
- Os acabamentos podem variar dependendo do material utilizado, papel ou metal, mas também podem requerer pós-processamento para se alcançar o efeito desejado

Aplicações e sectores

- Modelos de arquitetura
- Visualização de topografia
- Indústrias aeroespacial e automóvel

Forma Matéria-prima

- Materiais em forma de folha, papel, folhas/lâminas metálicas, polímeros ou compósitos (pó metálico ou cerâmico aglutinados)

Operações de processamento (plástico):

1.

O material é posicionado na mesa de corte

2.

O material é colado à camada anterior, usando um adesivo ou cola

3.

A forma pretendida é então cortada na camada, por laser ou com uma lâmina, e a próxima camada é adicionada

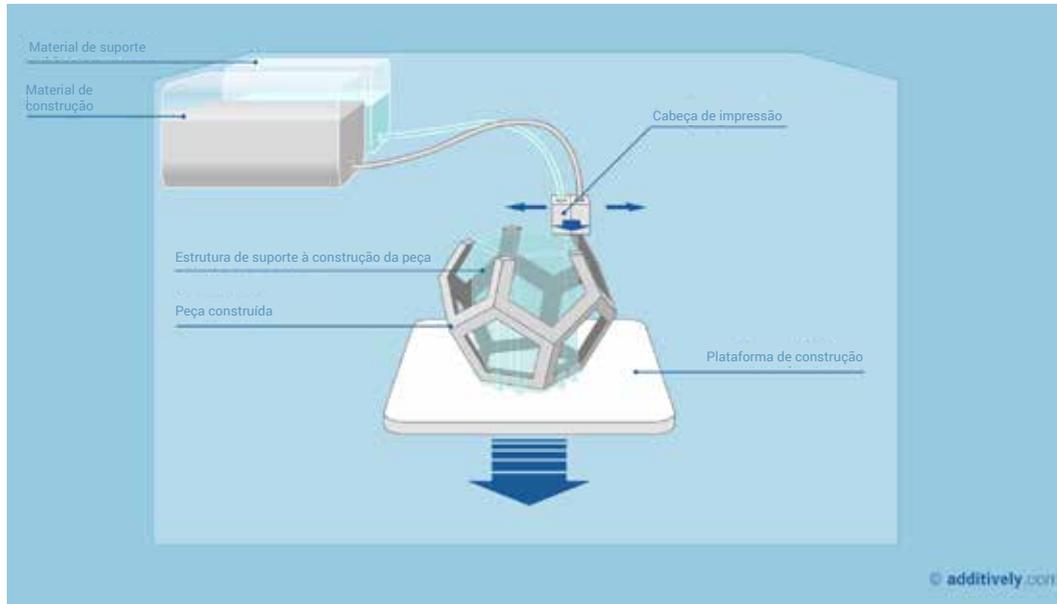
4.

Os passos dois e três podem ser invertidos e, alternativamente, o material pode ser cortado antes de ser posicionado e colado



Projeção de Material

“Processo de manufatura aditiva no qual se depositam selectivamente gotas de matéria-prima”, conforme a ISO/ASTM 52900-18



Vantagens

- Processo rápido
- Peças pequenas e médias
- Boa precisão (tipicamente $\pm 0,1\%$)
- Permite a mistura de cores e propriedades
- Materiais macios e duros
- Não é necessário pós-processamento
- Equipamento de custo reduzido

Aplicações e sectores

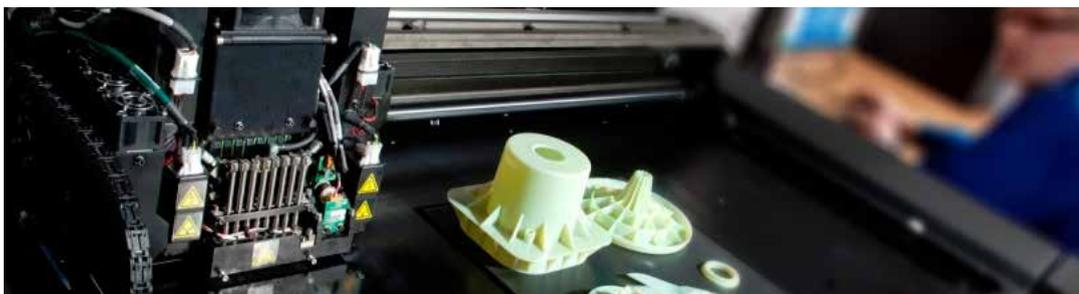
- Prototipagem rápida
- Dentário
- Cuidados de saúde
- Próteses

Desvantagens

- Resistência mecânica reduzida

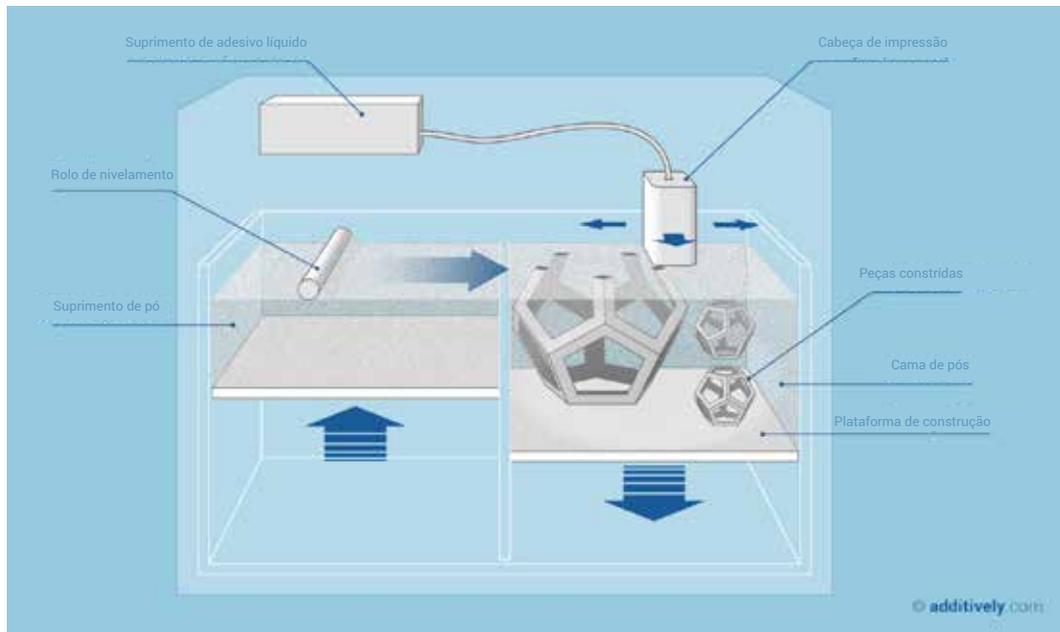
Materiais

- Resinas fotossensíveis a raios UV
- Fotopolímeros acrílicos (termoendurecíveis)



Projeção de Adesivo

“Processo de manufatura aditiva no qual se deposita selectivamente um adesivo líquido para unir materiais em forma de pó.”, de acordo com a ISO/ASTM 52900-18.



Vantagens

- X50-100 mais rápido que PBF
- X20 custo menor que PBF
- Não são necessários suportes
- Adequado para peças de grande complexidade e grandes séries
- Boa resolução

Desvantagens

- Tamanho limitado (<400x300x200 mm)
- Vários processos até se obter a peça final (imprimir, eliminação de aglutinante, sinterizar)
- Manipulação complexa de partes verdes
- Controlo da contração durante a sinterização
- Espessura da parede limitada (5-10 mm)

Aplicações e setores

- Engenharia de precisão
- Automóvel
- Prototipagem
- Médico

Materiais

- Aços
- Ligas de base Ni
- Liga de CoCr
- W, WC

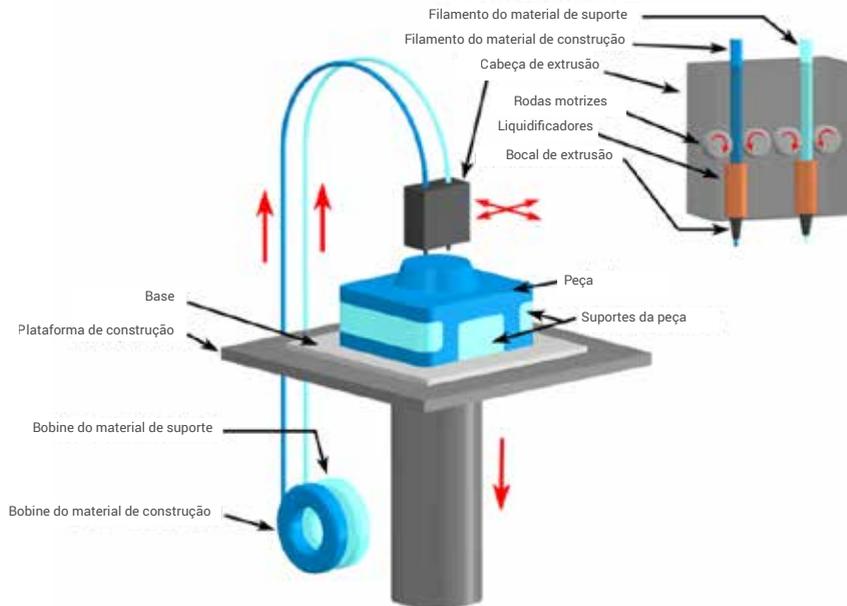




Foto: Michal Kamaryt / CTK / Alamy

Extrusão de Material (FDM)

“Processo de manufatura aditiva no qual o material é dispensado seletivamente através de um orifício ou bocal”, segundo a norma ISO/ASTM 52900-18. Também conhecido como FDM.



Vantagens

- Selecção ampla de materiais de impressão (plásticos)
- Processo de fácil utilização
- Custos iniciais e de funcionamento reduzidos
- O tamanho do equipamento é pequeno em comparação com outros processos de MA
- Custos de produção mais baixos (em metais)
- Adequado para peças pequenas e altamente complexas (50 mm)
- Adequado para pequenas séries de peças pequenas

Aplicações e sectores

- Prototipagem rápida
- Automóvel
- Cuidados de saúde

Desvantagens

- Materiais de impressão tóxicos (alguns termoplásticos)
- Encolhimento sinterizado (em metais)
- Espessura da parede limitada (em metais: 5-10 mm)

Materiais

- Termoplásticos (PLA, ABS, PC)
- Materiais compósitos (plástico reforçado)
- Metais (Aço, Cu, Inco625)

02 Cadeia de Valor em MA

A cadeia de valor é definida como o conjunto de atividades, desde investigação até ao mercado, ao longo de um processo para gerar e acrescentar valor.



Notas: MEF = Método dos Elementos Finitos; CPD = projecto de peças com materiais compósitos; MBD = Definição do modelo-base; EDM = Maquinagem por electroerosão; HIP = Prensagem isostática a quente

Source: L.E.K. analysis

Valor da Manufatura Aditiva

Valor acrescentado: conjunto de características adicionais de um produto ou serviço que os tornam mais atraentes para o cliente em relação à concorrência.

- Personalização
- Produção no local ou conforme necessário (sem ser necessário ter stock)
- Tempo reduzido para chegar ao mercado
- Sustentabilidade e eficiência energética
- Desenho diferencial
- Melhoria do design:
 - Integração de peças
 - Peças mais leve
- Melhoria de custos:
 - Lotes pequenos
 - Materiais de alto custo

Qual o melhor processo de MA para o meu produto?

	TECNOLOGIA	MATERIAIS	MERCADO	RELEVÂNCIA PARA METAIS
Fusão	Fusão em Cama de Pós – Energia térmica funde seletivamente zonas de uma cama de pós	Metais, polímeros	Prototipagem, parte final	●
	Deposição Direccionada com Energia - Energia térmica é focalizada para fundir materiais à medida que são depositados	Metais	Parte final, reparações	◐
	Laminação de Folhas - Folhas de material são unidas de modo a formar um objecto	Metais, papel	Prototipagem, parte final, moldes de fundição	◑
Sinterização	Projeção de Adesivo - Um adesivo líquido é depositado seletivamente para unir materiais em forma de pó	Metais, polímeros, Areia de fundição	Prototipagem, réplicas-padrão para fundição	◑
	Projeção de Material - Gotas de matéria-prima são seletivamente depositadas	Polímeros, Ceras	Prototipagem, réplicas-padrão para fundição	○
	Extrusão de Material - Material é dispensado seletivamente através de um orifício ou bocal	Polímeros	Prototipagem	○
	Fotopolimerização - Um fotopolímero líquido dentro de uma cuba é seletivamente curado através de polimerização ativada por luz	Fotopolímeros	Prototipagem	○

AM technologies for metal objects.

Source: ASTM international Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies; Roland Berger

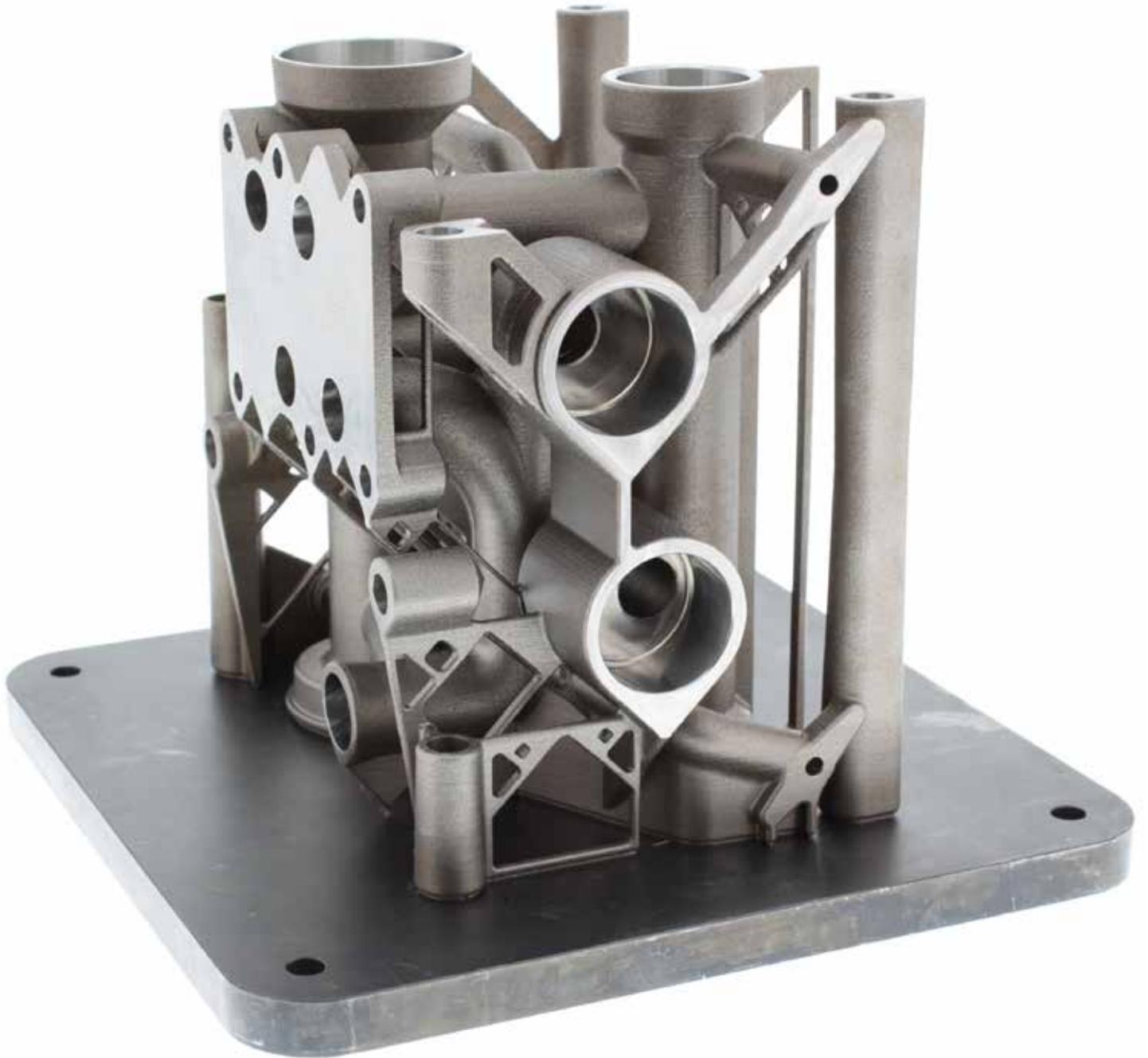
Established and challenger technologies for metal AM

Several new metal AM technologies are emerging alongside powder bed fusion or direct energy deposition – Simplified overview (schematic)

	POWDER BED FUSION		DIRECT ENERGY DEPOSITION	WIRE BY LASER / PLASMA / EB	MATERIAL JETTING	MATERIAL EXTRUSION	BINDER JETTING
	BY LASER	BY ELECTRON BEAM	POWDER BY LASER				
BUILD PRINCIPLE	Thermal energy by laser fuses regions of a powder bed	Thermal energy by electron beam fuses regions of a powder bed	Fusion of powdered material by melting during deposition	Fusion of wire fed material by melting during deposition	Deposition of droplets of molten metal	Dispensing of material through nozzle to form a green part	Joining powder with binding agent to form a green part
MANUFACTURING READINESS FOR AM	Manufacturing readiness reached for selected industries	Manufacturing readiness reached for selected industries	So far mainly used for coating, AM only in niche applications	So far mainly used for coating, AM only in niche applications	Production capabilities shown	Production capabilities shown for prototyping	Manufacturing readiness reached for niche applications
KEY MATERIALS	Al, Ti, Ni-alloys, CoCr, steel	Ti, Ni-alloys, CoCr	Ti, Ni-alloys, steel, Co, Al	Ti, Ni, steel, Co, Al, W, Zr-alloy, CuNi	Al, steel	Cu, Inco, steel, (others incl. Ti in development)	WC, W, CoCr, steel/bronze, steel, Inco, non-metal molds
MECHANICAL PROPERTIES	High strength, high stiffness	High strength, high stiffness	High strength, high stiffness	High strength, high stiffness	High strength, high stiffness	High strength, high stiffness	High strength, high stiffness
POST-PROCESSING REQUIRED	HT ¹⁾ /HIP ²⁾ , machining, surface treatment	Machining, surface treatment	HT ¹⁾ , machining, surface treatment	HT ¹⁾ , machining, surface treatment	HT ¹⁾ (/HIP ²⁾ , machining, surface treatment	HT ¹⁾ (/HIP ²⁾ , machining, surface treatment	HT ¹⁾ (/HIP ²⁾ , machining, surface treatment
BUILD COSTS	High	High	High	High	Low	Low	Low
CORE APPLICATION INDUSTRIES	Aerospace, turbines, med-tech, dental, automotive	Aerospace, turbines, med-tech	Aerospace, general MRO-related business	Aerospace, general MRO-related business	Precision engineering, automotive, prototyping	Precision engineering, automotive, prototyping	Precision engineering, automotive, prototyping, med-tech, arts and design
EQUIPMENT SUPPLIERS (SELECTION)	Concept Laser, Trumpf, EOS, Renishaw, DMG MORI, SLM Solutions, Additive Industries	Arcam	DMG MORI, Mazak, BeAM, PM Innovations, Trumpf, Optomec	Sciaky, OR Laser, Trumpf, Norsk Titanium	Vader Systems, XJet	Desktop Metal, Markforged, BASF	ExOne, Digital Metal, Desktop Metal

¹⁾ Heat treatment ²⁾ Hot isostatic pressing
Source: Company information; expert interviews; Roland Berger

● Low degree required ● High degree required Low High Proof of concept Full rate production



AMable

Sobre

O **AMable** consiste num grupo de pessoas provenientes de diferentes organizações que visam criar um novo ecossistema para a adoção da manufatura aditiva. Este grupo de pessoas conta com uma vasta experiência em tecnologia, negócios e formação. A Comissão Europeia apoia este consórcio no âmbito do I4MS, com financiamento através do programa H2020, com vista a uma plataforma aberta para empresas europeias.

O principal grupo-alvo são pequenas e médias empresas (PMEs) que necessitem de apoio para adoptar as tecnologias de manufatura aditiva. O AMable visa capacitar as pessoas nessas empresas de modo a aprimorar as suas habilidades, em vez de fazer o trabalho por elas. Ao mesmo tempo, desenvolveu-se um ecossistema que oferece apoio científico, técnico, educacional e ainda serviços comerciais específicos de manufatura aditiva.



Contacto

projectoffice@amable.eu

www.amable.eu

Coordenação

Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT
c/o Ulrich Thombansen

+49/241/8906-320

ulrich.thombansen@ilt.fraunhofer.de

Contacta-nos!

Contacto
projectoffice@amable.eu
www.amable.eu

Coordenação
Fraunhofer Institute for Laser Technology ILT
c/o Ulrich Thombansen
+49/241/8906-320
ulrich.thombansen@ilt.fraunhofer.de

© AMable Project Consortium 2020, v1.0
Editores Ana Cardoso (EWF), Pedro Alvarez (LORTEK)



Este projeto é co-financiado pela União Europeia através do programa Horizon 2020, ao abrigo do acordo de subvenção 768775

www.amable.eu

