



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

O papel da Manufatura Aditiva na competitividade das PME da indústria da manufatura num contexto de mudança

Nuno Humberto Carvalho Araújo
Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia

Proposta de Plano de Tese

Agenda:

A Indústria da Manufatura

A Manufatura Aditiva no processo de manufatura

Processo de Manufatura Aditiva

Principais aplicações da Manufatura Aditiva

Manufatura aditiva – Pontos Fortes

Manufatura aditiva – Pontos Fracos

Principais processos de Manufatura Aditiva

Apresentação do problema

Questões centrais de investigação

Metodologia



**Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese**

A Indústria da Manufatura

O processo de manufatura (do latim manu-mão e factura-feitura), consiste na transformação de matérias-primas em produtos terminados para posterior comercialização.

Antes da Revolução Industrial, a manufatura consistia no trabalho dos artesãos para produzir um produto. Com a revolução industrial, com a definição de novos processos e materiais, a manufatura fica basicamente ligada ao ramo industrial que produz componentes ou bens de consumo em grande quantidade

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

A Indústria da Manufatura

Na indústria da manufatura três tecnologias dominam:

O **processo subtrativo** tem início num “bloco” de matéria-prima que será desgastado até chegar ao produto final

O **processo por adição** está vocacionado para o fabrico de protótipos, pequenas séries ou até peças únicas, que exigem uma grande flexibilidade estrutural.

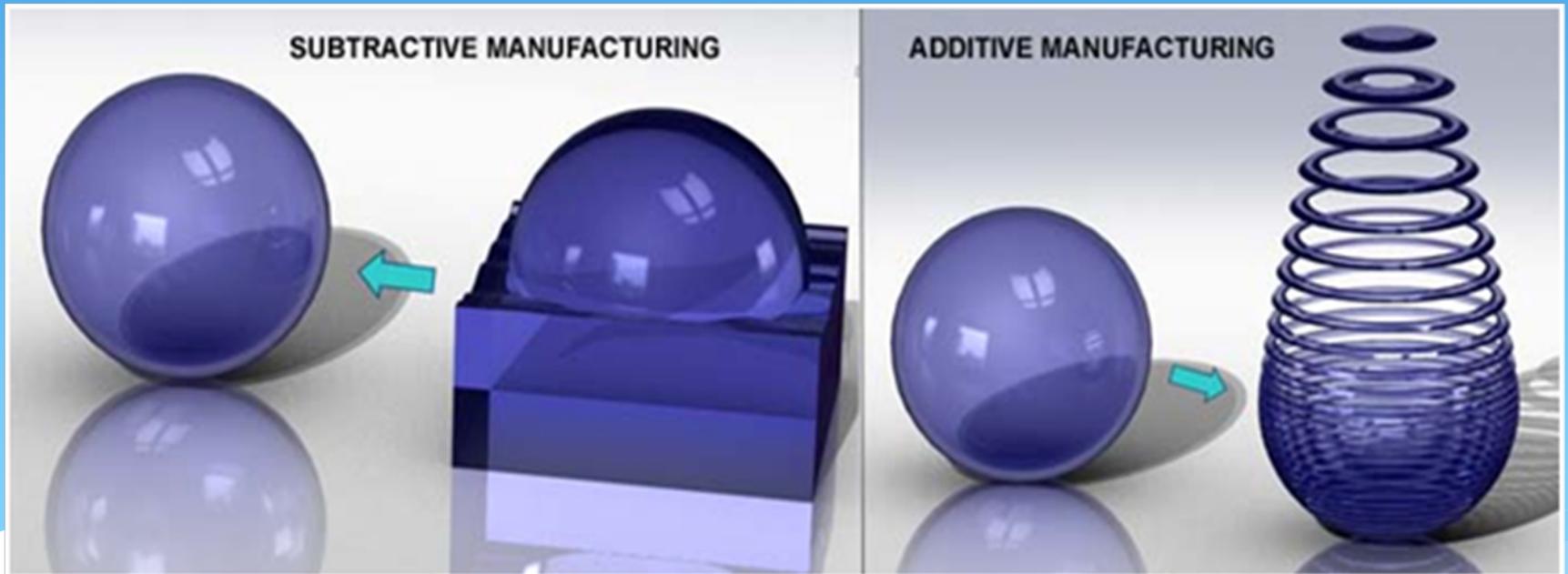
Processo formativo utiliza tecnologias de fabrico, envolvendo processos como a fundição, moldação por injeção ou moldação por compressão.

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Processo subtrativo versus Processo por adição



Nuno Humberto Carvalho Araújo
Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

A Manufatura Aditiva no processo de manufatura

A manufatura aditiva é um processo de fabrico com base na adição de material em camadas planas.

Esta tecnologia surgiu no final dos anos 80, em resposta à crescente necessidade da indústria em reduzir custos no processo de desenvolvimento de produto.

Ao contrário do processo subtrativo, as tecnologias de manufatura aditiva são mais limpas, pois recorrem a tecnologias aditivas, cujo princípio está centrado na deposição camada a camada de matéria-prima.

Este processo e a tecnologia subjacente não produzem subprodutos ou resíduos, o que aliado à redução dos ciclos produtivos leva a poupanças energéticas, tornando o processo e a tecnologia mais limpas.

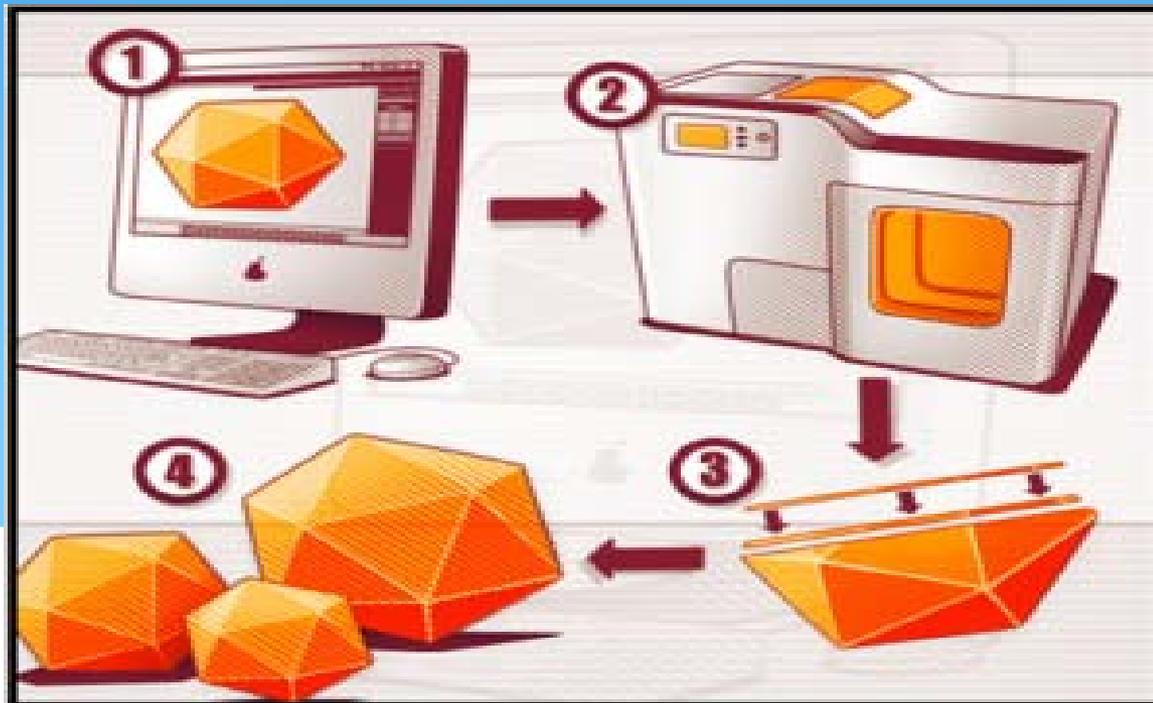
Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Processo de Manufatura Aditiva

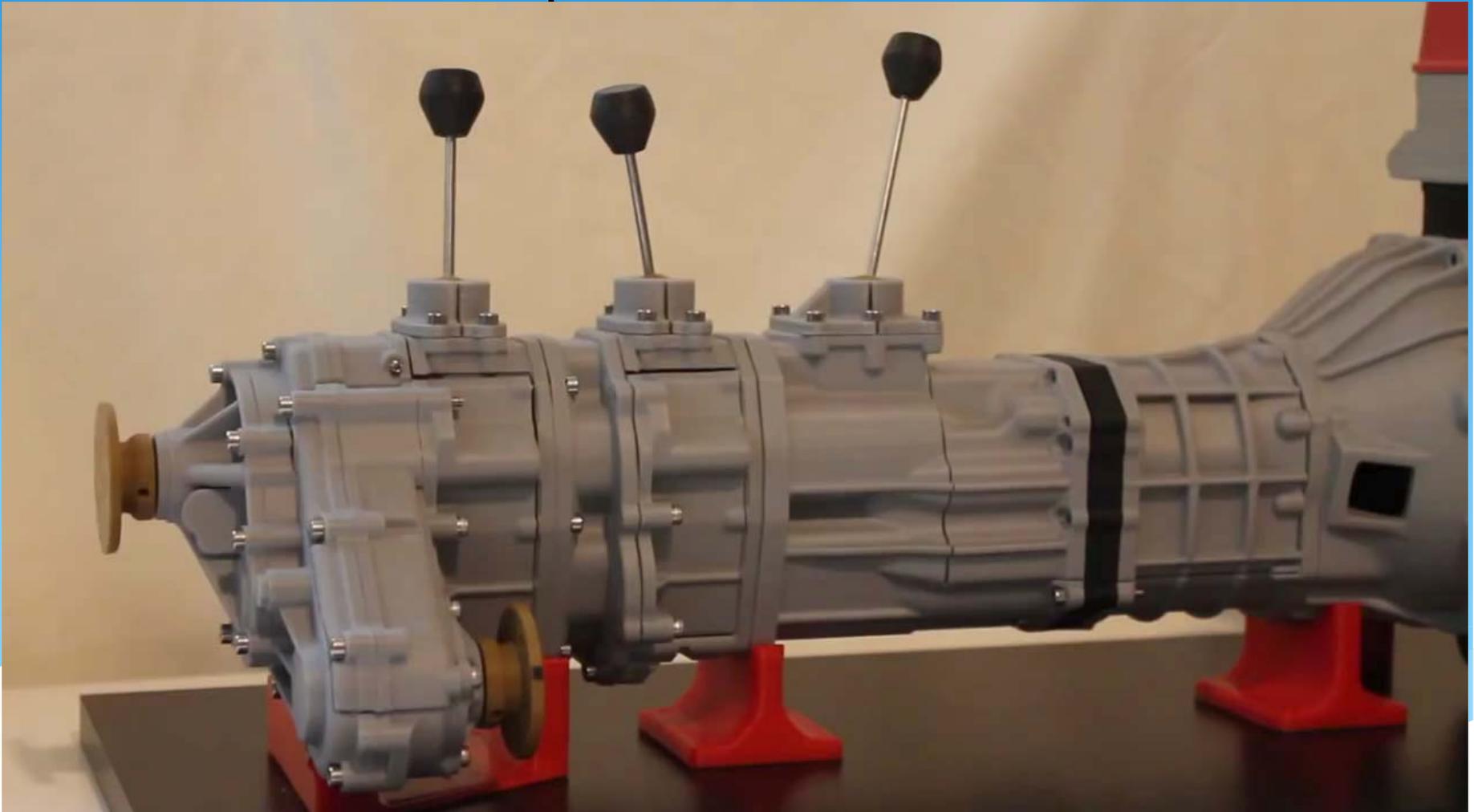
O processo de manufatura aditiva inicia com um modelo 3D, este modelo é seccionado em camadas horizontais e é iniciado o processo de impressão.





FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

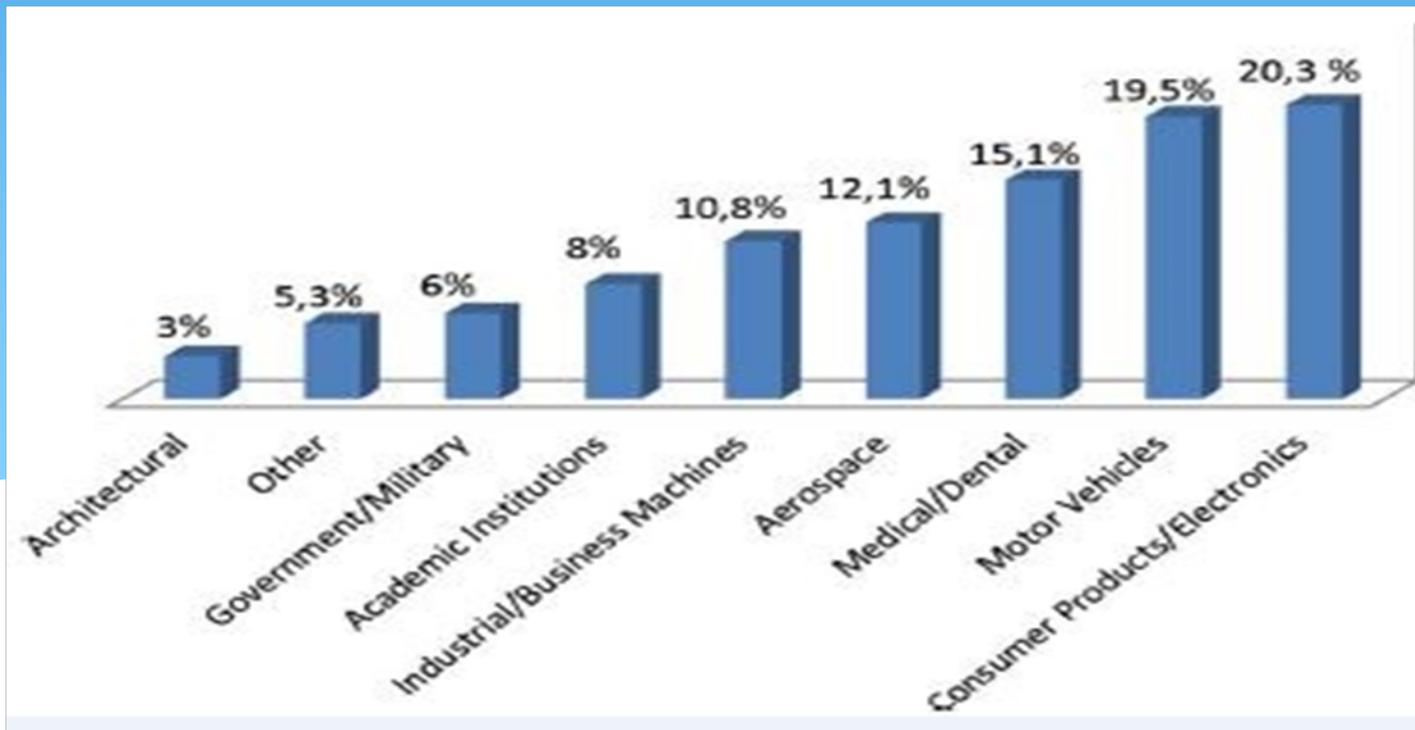
Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Principais aplicações da MA

Os processos de manufatura aditiva são utilizados em setores específicos como na indústria automóvel, aeroespacial, metalomecânica, na medicina, na eletrónica, ou na arquitetura.



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Principais aplicações da MA

Medicina

A utilização da manufatura aditiva tem uma forte aplicabilidade na área das próteses e no design e desenvolvimento de aparelhos, instrumentos e ferramentas cirúrgicas para a área médica.



Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



**Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese**

Principais aplicações da MA

Automóvel e aeronáutica

É conhecido o elevado custo de investigação e desenvolvimento nas indústrias aeronáuticas e automóvel, a manufatura aditiva tem um contributo importante não só no processo de redução de custos, como na redução de tempo de construção de modelos.

No setor automóvel principalmente na criação de modelos em escala para testes funcionais, e no setor aeronáutico na criação de partes de avião, em escala, para testes em túnel de vento.

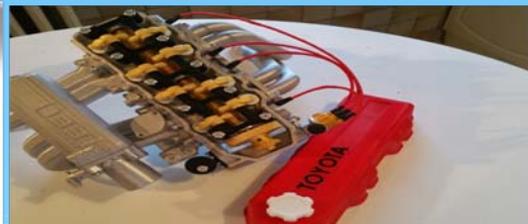
Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Principais aplicações da MA

Automóvel e aeronáutica





Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Manufatura aditiva – Pontos Fortes

- Capacidade de produzir formas tridimensionais complexas;
- Redução de prazos de entrega para peças únicas;
- Possibilidade de instalação em ambientes não industriais, dado que é uma tecnologia que não produz poluição sonora ou desperdícios.

(Modeen,2005)

- Redução substancial do tempo de lançamento do novo produto no mercado, em virtude da diminuição da necessidade de testes.
- Melhoria no fabrico e redução de custos no projeto de produtos, pelo fato do protótipo rápido auxiliar e evidenciar as deficiências e lacunas existentes nos processos de manufatura.

Gondak, Gondak e Zluhan (2005)



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Manufatura aditiva – Pontos Fracos

- Em tempo real, a velocidade de produção do protótipo é muito lenta. Dependendo do nível de precisão requerido e do tamanho do objeto, o processo pode levar algumas horas ou alguns dias;
- A maioria dos equipamentos apenas pode fabricar produtos ou peças de pequeno volume;
- O número de materiais disponíveis para a manufatura aditiva é ainda limitado.
- A qualidade final da superfície do produto gerado, normalmente necessita de um acabamento adicional secundário

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Principais processos de Manufatura Aditiva

Existem atualmente mais de uma dezena de processos (tecnologias) de MA, estes processos diferem essencialmente **nos materiais** que podem usar (plásticos, cerâmicas, metais ou papel), **na forma** de como as camadas são depositadas ou **no princípio subjacente**.

Cada método apresenta vantagens e desvantagens, e delas depende a escolha que as empresas fazem.

Os principais fatores que influenciam a escolha do tipo de máquina e consequentemente do processo, é a **velocidade de impressão, o custo do produto/peça acabado, o custo das matérias-primas e a capacidade de imprimir a uma ou várias cores**.



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Principais processos de Manufatura Aditiva

Processos baseados em laser

O processo de MA à base de laser, usa um laser de média a baixa potência, como forma de derreter, solidificar ou curar o material. Os processos à base de laser dividem-se em duas subcategorias:

Fusão a laser e a polimerização a laser.

Nos processos de fusão a laser, o material é fornecido sob a forma de pó, um feixe de laser é usado de modo a derreter o material, que em seguida arrefece e solidifica.

Na polimerização a laser, o material usado é geralmente uma resina fotossensível, que vai endurecendo mediante a exposição à radiação UV, fornecida por um laser de baixa potência.

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Principais processos de Manufatura Aditiva

Processo baseados na extrusão

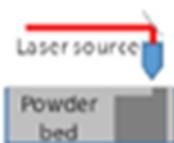
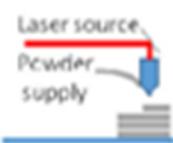
A extrusão de material é um processo térmico e usa um bocal de extrusão aquecido de forma a amaciar e fundir o material, por norma plástico, fornecido sob a forma de filamento. Após ter sido fundido, esse material passa através do bocal e é depositado, o qual após ter arrefecido e solidificado formará a geometria final da peça.

Electron beam (Derretimento por feixe de eletrões)

Electron beam é um processo idêntico ao processo baseado em laser, mas em vez de ser usado um feixe laser, é utilizado um feixe de eletrões como fonte de energia para fundir ou sinterizar o material.

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Table 1 Additive manufacturing process categorization

Additive Manufacturing (AM) Processes															
Process	Laser Based AM Processes					Extrusion Thermal	Material Jetting	Material Adhesion	Electron Beam						
	Laser Melting		Laser Polymerization												
Process Schematic															
Name Material	SLS	Green	DMD	Green	SLA	Blue	FDM	Red	3DP	Green	Blue	LOM	Red	EBM	Green
	SLM	Green	LENS	Green	SGC	Blue	Robocasting	Red	IJP	Blue	SFP	Red			
	DMLS	Green	SLC	Green	LTP	Blue			MJM	Blue					
			LPD	Green	BIS	Blue			BPM	Blue					
					HIS	Blue			Thermojet	Blue					
Bulk Material Type		Powder	Green	Liquid	Blue	Solid	Red								



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Apresentação do problema

Segundo dados da Comissão Europeia, em 2012, a indústria representava:

- 16% do PIB da EU,
- 80% das exportações,
- 80% da investigação privada e inovação,
- 1 em cada 4 postos de trabalho do sector privado são na indústria.



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese

Apresentação do problema

Fatores como a fraca procura interna, a rigidez dos processos regulamentares e administrativos, e de mercados de trabalho, o baixo investimento em I&D e inovação, aliados a preços de energia mais elevados para as empresas da EU, estrangimentos ao acesso a matérias-primas e mão-de-obra qualificada, dificultam o crescimento das empresas, em especial das PME.

Aumentar a competitividade da indústria da manufatura é pois um desígnio de importância relevante.



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Apresentação do problema

Num contexto onde a produção industrial foi deslocalizada para países em desenvolvimento, as empresas ocidentais, principalmente Europeias e Norte Americanas, têm de se virar para a produção em pequenas séries, produtos altamente inovadores, customizados e com alto valor acrescentado (Mellor et al., 2014).

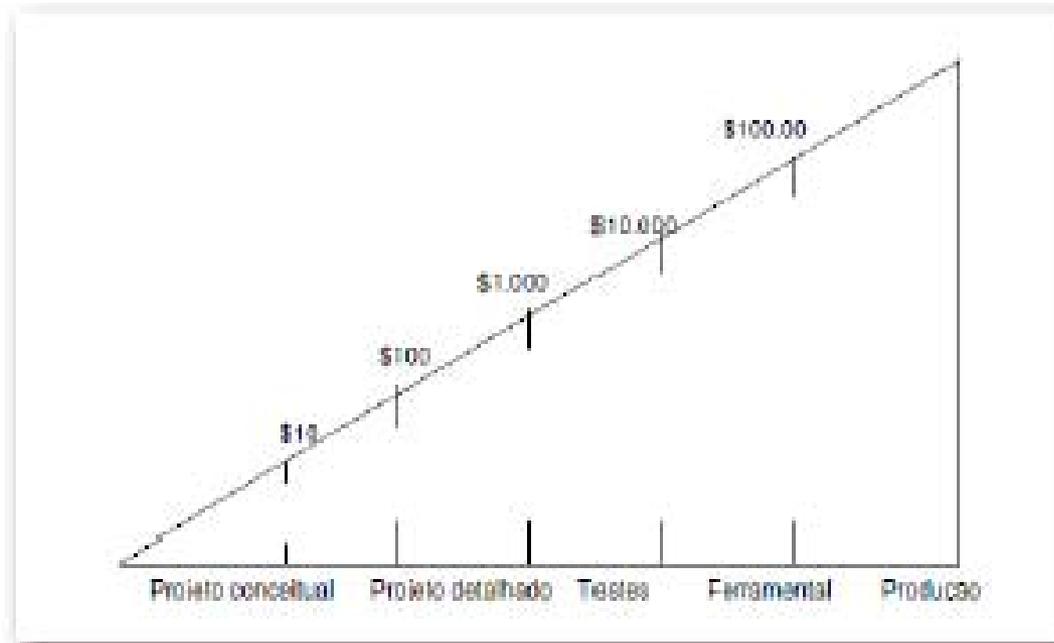
O paradigma atual exige que o tempo de resposta às necessidades do mercado seja mais célere, e mais barato. As técnicas tradicionais de manufatura principalmente em fase de projeto são lentas e exigem investimentos avultados. A utilização da manufatura aditiva potencia a redução destes fatores, pois permite o fabrico diretamente de modelos digitais 3D (CAD), não sendo necessário recorrer a ferramentas ou moldes (Gibson et al., 2010).

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Uma alteração realizada na fase de produção, terá um custo médio cem vezes superior ao que teria se o design do produto fosse corrigido na fase de prototipagem e ensaios.



Custo de alteração de projeto ao longo do ciclo de desenvolvimento do produto
(Wohlers, 2008).

Nuno Humberto Carvalho Araújo
Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Apresentação do problema

É de considerar portanto a manufatura aditiva como uma tecnologia de **produção mais flexível**, uma vez que permite apenas recorrendo a um desenho em CAD obter um leque maior de resultados e redefinir o projeto muito mais rápido, que usando tecnologias tradicionais.

Esta tecnologia também requer muito menos recursos, necessitando apenas do material de fabrico e de uma máquina de MA, e do modelo em CAD para o fabrico do produto ou peça (Gebhardt, 2003).

Também os custos de instalação e de alteração são inferiores quando comparados com as tecnologias tradicionais.



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Questões centrais de investigação

Tendo em conta que a manufatura aditiva ainda é uma tecnologia emergente, mas tendo em consideração o crescente recurso a esta tecnologia e as projeções para o futuro, procurarei no trabalho a que me proponho, estudar quais as implicações da manufatura aditiva na competitividade das PME da indústria da manufatura, tendo em conta a flexibilidade de projeto e processo que proporciona, a redução de desperdícios, capacidade de fabricar de uma só vez produtos complexos e funcionais, liberdade de fabricação de produtos, e ainda a possibilidade de customização e fabrico de pequenas séries, procurando reduzir custos de produção e melhorar a eficiência na indústria.



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Metodologia

Para responder às diversas questões atrás referidas, a metodologia a utilizar para a realização da tese será, para uma primeira fase a revisão de literatura sobre o que está a ser feito em matéria de análise de aplicabilidade de tecnologia aditiva na indústria manufatureira. Posteriormente será realizada uma seleção e organização de todo o material, será iniciada uma análise do mesmo, em jeito de revisão literária, com o objetivo de enquadramento na busca da resposta às questões focadas.

A análise empírica da tese será feita com base num estudo que incidirá sobre 10 empresas que integraram um projeto apoiado pelo programa Portugal 2020, com o acrónimo de MACpme - Additive Manufacturing for SME's Competitiveness.

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015



Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia
Proposta de Plano de Tese
RESEARCH METHODOLOGY

O processo passa por elaborar um guião de entrevista, para ser testado em 3 destas empresas. Do feedback dado por estas entrevistas nas empresas consideradas, o guião pode ser alterado, e posteriormente será aplicado às restantes empresas objeto de estudo de caso, e ainda a especialistas nesta área.

Com os dados recolhidos será feita uma análise quantitativa. Esta análise será feita com a aplicação de um questionário aplicado a vários membros das empresas a estudar (operadores, engenheiros, responsáveis de setor, gestores, etc.) e a empresas que forneceram conhecimento e equipamentos às que fazem parte do conjunto considerado.

Após concluída a recolha e análise de informação baseada em dados primários, será elaborada a redação final da tese.

Nuno Humberto Carvalho Araújo

Monte da Caparica, 09 de Dezembro de 2015

Programa de Doutoramento em Avaliação de Tecnologia Proposta de Plano de Tese

Muito obrigado

