INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SERVIÇOS DE PRODUÇÃO URBANA ASSENTE NA IMPRESSÃO ADITIVA EM PROJETO ABERTO (OPEN DESIGN)

PAULO DUARTE VALENTE DE OLIVEIRA GOULÃO

dezembro de 2021

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SERVIÇOS DE PRODUÇÃO URBANA ASSENTE NA IMPRESSÃO ADITIVA EM PROJETO ABERTO (*OPEN DESIGN*)

Paulo Duarte Valente de Oliveira Goulão
1100763

2021
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE SERVIÇOS DE PRODUÇÃO URBANA ASSENTE NA IMPRESSÃO ADITIVA EM PROJECTO ABERTO (*OPEN DESIGN*)

Paulo Duarte Valente de Oliveira Goulão
1100763

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Doutor Hélio Cristiano Gomes Alves de Castro, Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto e coorientação do Professor Doutor Paulo António da Silva Ávila, Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Mecanica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2021
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

POLITÉCNICO
DO PORTO

JÚRI

Presidente
Arnaldo Manuel Guedes Pinto
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Orientador
Hélio Cristiano Gomes Alves de Castro
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Coordenador
Paulo António da Silva Ávila
Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto
Arguente
Roberto Farias de Toledo
Investigador Associado, Universidade Federal Fluminense

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo o apoio que me prestaram e todas as oportunidades que me deram para hoje poder traçar o meu próprio caminho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Hélio Cristiano Gomes Alves de Castro pela disponibilidade, interesse e espírito positivo demonstrados para a conclusão deste trabalho, assim como pela enorme compreensão demonstrada durante o período de elaboração desta dissertação.

A todos os amigos que sempre me acompanharam e àqueles que fiz durante o meu percurso académico, com os quais partilhei os bons e os maus momentos.

A todos o meu obrigado!

PALAVRAS-CHAVE

Produção urbana; fábrica urbana, micro fábrica, impressão aditiva, manufatura aditiva, projeto aberto.

RESUMO

Numa época em que a produção em massa e a inovação são monopolizadas pelas grandes corporações, o modelo aqui exposto pretende ser uma alternativa ao paradigma atual do consumo.

Para o efeito, propõe-se o desenvolvimento de um modelo de serviços que alie um repositório digital de ficheiros gratuitos para impressão aditiva, a uma rede de produtores individuais e/ou micro-fábricas, centralizando a criação de valor em centros urbanos, estimulando a economia local, em detrimento de grandes fábricas periféricas.

A produção urbana estreita a relação entre cliente e produtor, oferecendo um serviço mais personalizado e adequado à visão do consumidor atual, garantindo assim uma redução de custos e fomentando um modelo mais sustentável e mais responsável ecológica e socialmente.

KEYWORDS

Urban production, urban factories, micro factories, 3D printing, additive manufacturing, open design.

ABSTRACT

At a time when mass production and innovation are monopolized by large corporations, the concept presented here intends to be an alternative to the current consumption paradigm.

For this purpose, it is proposed the development of a service model that combines a digital repository of free files for additive printing, with a network of individual producers and/or micro-factories, centralizing the creation of value in urban centers, stimulating the local economy, to the detriment of large peripheral factories.

Urban production strengthens the relationship between customer and producer, offering a more personalized service, suited to the vision of today's consumer, thus ensuring a reduction in costs and promoting a more sustainable, ecologically and socially responsible model.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

CAD	Computer Assisted Design
IA	Impressão Aditiva
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	International Organization for Standardization
MF	Micro-Fábrica
UV	Luz ultravioleta
I&D	Investigação e Desenvolvimento

Lista de Unidades

µm	Micrómetro

Lista de Símbolos

%	Percentagem
®	Marca Registada

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Open Source (Código aberto)	Modelo de desenvolvimento que promove o licenciamento livre para o design ou esquematização de um produto, e a redistribuição universal desses, com a possibilidade de livre consulta, examinação ou modificação do produto, sem a necessidade de pagar uma licença comercial, promovendo um modelo colaborativo de produção intelectual.
Software	Sequência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, redireccionamento ou modificação de um dado (informação) ou acontecimento.
Print Farm	Armazém com inúmeros equipamentos de impressão aditiva
Repositório digital	Espaço centralizado onde se guarda, organiza, e difunde informação digital, geralmente ficheiros informáticos.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - DESENVOLVIMENTO DOS PARADIGMAS DE PRODUÇÃO.(HERRMANN ET AL., 2020) 34
FIGURA 2 - MÉTODO DE INOVAÇÃO ABERTA VS INOVAÇÃO FECHADA (WILLIAM CHESBROUGH, 2008) . 36
FIGURA 3 - TIPOLOGIAS DE INOVAÇÃO. (HUIZINGH, 2011) 38
FIGURA 4 – PROCESSO DE CRIAÇÃO DE UM PRODUTO (BASMER ET AL., 2015) 39
FIGURA 5 - COMPARAÇÃO ENTRE O CICLO DE PROCURA ENTRE UM CONSUMIDOR E UM PROSUMER .. 40
FIGURA 6 - "SLA-1", A PRIMEIRA IMPRESSORA ADITIVA (THEFABRICATOR, 2020) 42
FIGURA 7 - REPRAP "DARWIN" – A PRIMEIRA IMPRESSORA 3D OPEN-SOURCE (REPRAP, 2007) 42
FIGURA 8 – PERCENTAGEM DE UTILIZAÇÃO DE CADA PROCESSO DE IMPRESSÃO 3D (3DHUBS, 2018) 43
FIGURA 9 – ESQUEMATIZAÇÃO DO PROCESSO FDM (ALL3DP, 2020) 44
FIGURA 10 – ESQUEMATIZAÇÃO DO PROCESSO SLA (ALL3DP, 2020) 44
FIGURA 11 – ESQUEMATIZAÇÃO DO PROCESSO SLS (ALL3DP, 2020) 45
FIGURA 12 – GRÁFICO COMPARATIVO DA IA VS INJEÇÃO DE PLÁSTICO QUANTO AO CUSTO/VOLUME DE PRODUÇÃO (3SPACE, 2018) 47
FIGURA 13 – PLATAFORMA IMPRESSA SEM NECESSIDADE DE MONTAGEM (THINGVERSE, 2015) 48
FIGURA 14 – GRÁFICO DE AVALIAÇÃO DO MERCADO DA MANUFATURA ADITIVA (3DHUBS, 2021) 52
FIGURA 15 – GRÁFICO DEMONSTRATIVO DA QUANTIDADE ANUAL DE IMPRESSORAS ADQUIRIDAS DE 2007 A 2018 (WOHLERS REPORT, 2019) 53
FIGURA 16 – GRÁFICO DE VISITAS DIÁRIAS DO REPOSITÓRIO THINGIVERSE (SIMILAR WEB, 2021) 54
FIGURA 17 - PREVISÃO DE CRESCIMENTO DO MERCADO DE FILAMENTO DE IMPRESSÃO (MARKETSANDMARKETS, 2020) 54
FIGURA 18 – CICLO DE HYPE DE GARTNER RELATIVO ÀS VÁRIAS VERTENTES DA MANUFATURA ADITIVA (GARTNER REPORT, 2019) 55
FIGURA 19 – GRÁFICO DE DIFUSÃO DE INOVAÇÃO COM O ACRÉSCIMO DO ABISMO DE MOORE (BUSINESS TO YOU, 2020) 57
FIGURA 20 – RELAÇÃO ENTRE O CICLO DE HYPE DE GARTNER E O GRÁFICO DE DIFUSÃO DE INOVAÇÃO COM O ACRÉSCIMO DO ABISMO DE MOORE (JIANG ET AL., 2017) 59
FIGURA 21 - DIAGRAMA DE OPERAÇÃO DO REPOSITÓRIO PROPOSTO 63
FIGURA 22 – VISUALIZAÇÃO GRÁFICA DA ANÁLISE SWOT (ANÁLISE SWOT DO ENSINO SUPERIOR PORTUGUÊS, 2014) 65
FIGURA 23 - CINCO FORÇAS DE PORTER (RESEARCH GATE, 2018) 68

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - COMPARAÇÃO DO PARADIGMA DE INOVAÇÃO FECHADA VS ABERTA, ADAPTADO DE (GRECO ET AL., 2017). 37
TABELA 2 – TIPOLOGIAS DE INOVAÇÃO, ADAPTADO DE (HUIZINGH, 2011) E (DAHLANDER & GANN, 2010) 38
TABELA 3 – COMPARATIVO DOS PROCESSOS DE IMPRESSÃO 3D 45
TABELA 4 – FASES DO CICLO DE HYPE DE GARTNER ((LI ET AL., 2014)) 56
TABELA 5 – TEORIA DO ABISMO DE G. A. MOORE (KARDONG-EDGREN, 2008) 58
TABELA 6 – ANÁLISE PESTAL 67

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 27
1.1 Contextualização 27
1.2 Objetivos 27
1.3 Metodologia 28
1.4 Estrutura da dissertação 28
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 33
2.1 Produção Urbana 33
2.1.1 Definição e aplicação 33
2.1.2 Vantagens e desafios 34
2.2 Open Design (Projeto Aberto) 36
2.2.1 Inovação Aberta 36
2.2.2 Produção Aberta 39
2.2.3 Prós e Contras 40
2.3 Impressão Aditiva 41
2.3.1 Origem e evolução 41
2.3.2 Métodos de impressão e áreas de aplicação 43
2.3.3 Impressão aditiva em comparação com métodos tradicionais de fabrico 46
3 DESENVOLVIMENTO 51
3.1 Adesão social à fabricação aditiva 51
3.1.1 Génese do Mercado Pessoal de Impressão Aditiva 51
3.1.2 Crescimento da adesão à impressão aditiva 52
3.2 Modelo de produção urbana assente na fabricação aditiva 60
3.2.1 Modelos de negócio pré-existentes em estudo 61
3.2.2 Repositório digital aliado a uma rede de impressoras descentralizadas 62

3.3 Análise crítica ao modelo 64

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS 73

4.1 CONCLUSÕES 73

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS 74

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO..... 77

5.1 Artigos 77

5.2 Outras fontes de informação 80

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A criação do modelo do repositório digital de ficheiros gratuitos para impressão aditiva, aliado a uma rede de produtores individuais e/ou micro-fábricas surge no âmbito da dissertação de mestrado de Engenharia Mecânica, no ramo de Gestão Industrial.

Serão abordados três temas:

- Produção Urbana
    - Será discutida a sua definição e de que forma é que ela difere da produção convencional e quais são as suas vantagens e desafios de futuro
- Open Design
    - Na discussão desta temática, será abordado em que consiste "inovação" e de que forma é que a mesma flui entre empresas e terceiros, de que forma é que esta inovação aberta por sua vez pode gerar um processo de produção aberta e quais são benefícios e detrimentos da sua adoção.
- Impressão Aditiva
    - Falar-se-á das suas origens, como evoluiu até aos dias de hoje, que tecnologias são mais recorrentes e de que forma é que se equipara com métodos mais tradicionais de produção.

1.2 Objetivos

Nesta dissertação procura-se discernir o máximo de informação útil possível sobre as áreas da produção urbana, *open design* e impressão aditiva, para em seguida demonstrar como é que elas se podem relacionar, com o intuito de criar um modelo de serviços.

1.3 Metodologia

Para esta dissertação, foi adotada uma análise descritiva, com recolha de artigos científicos relacionados com as temáticas a abordar, com o intuito de aprofundar o estado da arte das mesmas, para então com esse conhecimento adquirido, ser desenvolvido o modelo de serviços. Após o desenvolvimento do modelo, o mesmo foi analisado através da análise SWOT, análise PESTAL e com o modelo das Cinco Forças de Porter.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação está estruturada em 5 capítulos, sendo eles:

- Introdução: Neste capítulo serão apresentados os temas abordados na dissertação, fazendo um breve enquadramento de como é que eles se interconectam. Em seguida, falar-se-á dos objetivos da realização da dissertação, que metodologia será utilizada, e como é que o relatório estará estruturado.

- Revisão Bibliográfica: Este capítulo destina-se à demonstração do estado da arte sobre as temáticas em questão, usando para tal artigos científicos publicados e outras fontes, com o intuito de fundamentar o conhecimento na área e para fornecer informação ao leitor do que se irá abordar.

- Desenvolvimento: Relaciona-se a impressão aditiva, o *open-source* e o *open design*, para em seguida se demonstrar a aplicação que a tecnologia poderá ter num meio de produção urbana, com o intuito de criar um modelo de negócios que possa competir com os hábitos atuais de produção e consumo.

- Conclusões: Por fim, este capítulo serve para abordar as conclusões retiradas da elaboração do modelo de serviços e também para determinar que mais poderá ter de ser investigado para solidificar o conhecimento adquirido e reduzir possíveis falhas no modelo.

- Bibliografia: Serve de listagem de todos os artigos consultados e outras fontes de informação, que permitiram realizar a dissertação.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção Urbana

2.2 Open Design (Projeto Aberto)

2.3 Impressão Aditiva

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção Urbana

2.1.1 Definição e aplicação

Fábricas são locais nos quais ocorre criação de valor através da produção de produtos.

As mesmas podem ser encontradas em cidades ou em zonas rurais. A vantagem da sua localização em meio urbano centra-se maioritariamente na possibilidade da utilização das infraestruturas presentes na cidade e na sua proximidade com o cliente. Contudo, a nível de fábricas de grande dimensão, para produção massificada, as mesmas costumam existir na periferia ou em zonas rurais. (Abdoli et al., 2019)

No entanto, a perceção geral que a população tem do conceito de fábrica é a de uma infraestrutura ampla, com maquinaria de grande dimensão e vários operários.

Mas tal não é obrigatório ser sempre assim. Uma nova perspetiva do que pode ser uma fábrica poderá antes ser um espaço compacto, com pouca maquinaria, mas com uma produção altamente especializada e tecnologicamente avançada. E o que lhe possa faltar em espaço para ter uma grande quantidade de produção e armazenamento, compensa com a capacidade de oferecer mais flexibilidade para a produção de *items* únicos e adaptados a uma procura específica. Esta tipologia de fábrica identificamos como micro-fábrica (MF).(Barni et al., 2017)

A MF, no contexto da produção urbana que se pretende estudar nesta dissertação, pode ir desde um estabelecimento de pequena dimensão com poucos operários, até um anexo ou divisão duma casa particular, operada apenas pelo seu residente.

Este género de fábrica, devido à sua operação em meio urbano e em grande proximidade com o cliente final, consegue melhor e numa janela temporal menor, responder aos pedidos que lhe são solicitados. Em virtude de o consumidor ter evoluído na sua maneira de consumir, também o mercado teve de reajustar o seu conceito de produção. Enquanto que até meados do séc. XX, a maior parte dos clientes contentava-se com os produtos que eram produzidos em massa, perto do fim do séc. XX e na atualidade do séc. XXI, o consumidor não só tem necessidades mais específicas, como é mais exigente, tem uma motivação reduzida para esperar por resultados e tem também ainda mais preocupações ecológicas e sociais. (Juraschek, Bucherer, et al., 2018)

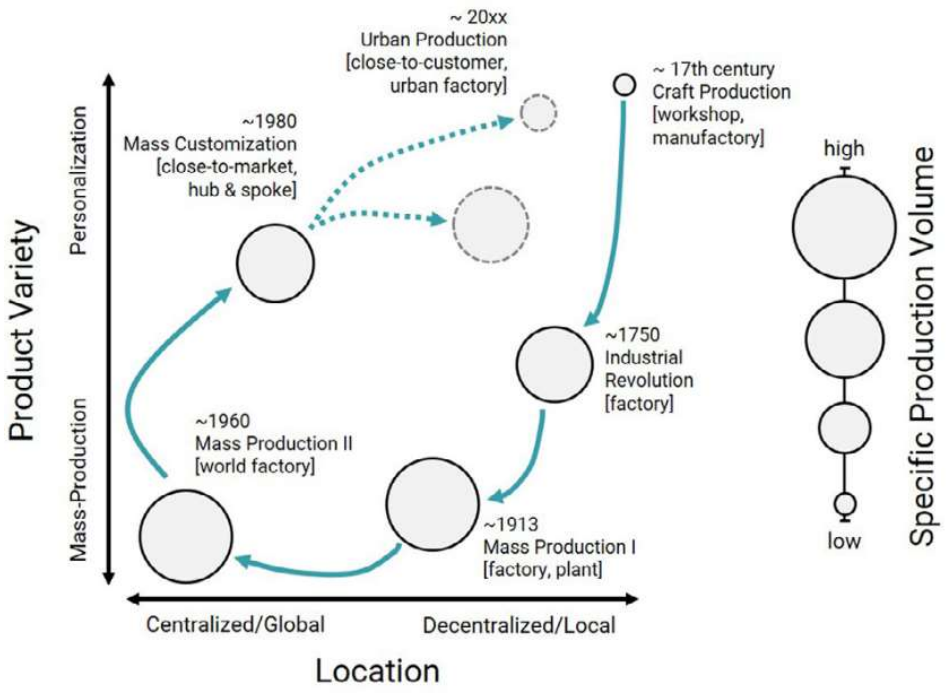

Figura 1 - Desenvolvimento dos paradigmas de produção.(Herrmann et al., 2020)

2.1.2 Vantagens e desafios

A produção urbana em MF tem um grande potencial, baseado no facto de estarem localizadas em zonas de alta densidade populacional, e por sua vez, estarem próximas de infraestruturas urbanas que lhes podem ser benéficas. (Herrmann et al., 2014)

As áreas nas quais as MF podem ter um impacto positivo em comparação com grandes fábricas descentralizadas, são as seguintes:

- Crescimento económico local e criação de postos de trabalho

  A criação de MF cria postos de trabalho de duas formas. A primeira é através da contratação de colaboradores pela parte da fábrica, processo também comum às fábricas convencionais. Mas uma segunda oportunidade mais interessante é através do empreendedorismo individual, em que um consumidor, vendo que o mercado não responde às suas exigências, torna-se também ele produtor.
  Tal é possível, visto que mais para a frente no relatório será possível perceber que o custo de aquisição de conhecimento pode ser baixo ou nulo, através da inovação aberta, e existem tecnologias de produção, que apesar de serem bastante avançadas tecnologicamente, são também acessíveis para o publico geral. (Juraschek et al., 2020) (Douglas & Shepherd, 2014)

- Sustentabilidade ecológica e social

  Devido à sua menor dimensão e produção mais especializada, as MF ocupam menos espaço, consomem menos matéria-prima e gastam menos energia.
  Se estiverem dotadas de equipamentos que utilizem energias renováveis, podem até ter a possibilidade de disponibilizar energia à rede da cidade.
  Outra maneira que aumenta a sustentabilidade destas empresas é o facto de elas coexistirem nos mesmo espaços em que os seus colaboradores vivem.
  Tal circunstância prevê menos gastos para os trabalhadores e um menor impacto ecológico com deslocações. (Burggräf et al., 2019) (Juraschek, Bucherer, et al., 2018) (Rappaport, 2017)

- Custo para o cliente

  Uma vez que as MF produzem em menores quantidades, mas produtos talhados pela ótica do cliente, há um gasto inferior em produções massificadas, que podem não corresponder à expectativa do cliente. Há também um gasto inferior em deslocações, visto que se assume que as MF são criadas para ocupar nichos de mercado locais em falta, daí a proximidade ao cliente. (Juraschek, Becht, et al., 2018) (Herrmann et al., 2019)

Inversamente, as MF têm também desafios na sua competição com fábricas descentralizadas e de grandes dimensões, que são as seguintes:

- Falta de capacidade de produção em massa

  Embora as MF têm a possibilidade de mitigar a sua baixa quantidade e cadência de produção, distribuindo e cooperando entre si, para produções em série, nem a tecnologia nem a dimensão se adequam a tal. (Freeman et al., 2017)

- Dificuldade em quebrar os moldes normais de consumo

  O conceito da produção urbana em MF, apesar de ser inovador e ter grandes vantagens, ainda é um conceito numa fase mais inicial de desenvolvimento, que por sua vez necessitará de maturar para ganhar mais tração de mercado, uma vez que de momento não ocupa os mesmos canais de produção e consumo que as fábricas mais tradicionais, mas sim os nichos por elas deixados. (Hatuka et al., 2017)

Em conclusão, as MF têm a capacidade de produzir e providenciar produtos melhores, personalizados, ajustados às necessidades, a um custo mais baixo, com um lead time menor e com um impacto ambiental mais baixo. (Herrmann et al., 2020)

2.2 Open Design (Projeto Aberto)

2.2.1 Inovação Aberta

A inovação pode ser definida como o desenvolvimento e uso de novos produtos, serviços e conceitos. Contudo, o método como se tem vindo atingir essa inovação tem sofrido adaptações. (Allen, 1983) (Van Holm, 2015)
Enquanto que previamente as empresas optavam por criar produtos e soluções apenas com o seu conhecimento interno, desenvolvendo toda a sua propriedade intelectual sem conhecimento ou influência de terceiros, atualmente algumas empresas utilizam um modelo de inovação aberta, em que a sua propriedade intelectual é construída não só com conhecimento interno, mas também com *feedback* externo. Essa mesma propriedade intelectual, por sua vez, também é incrementada ao conhecimento externo. (William Chesbrough, 2008) (Helfat, 2011)

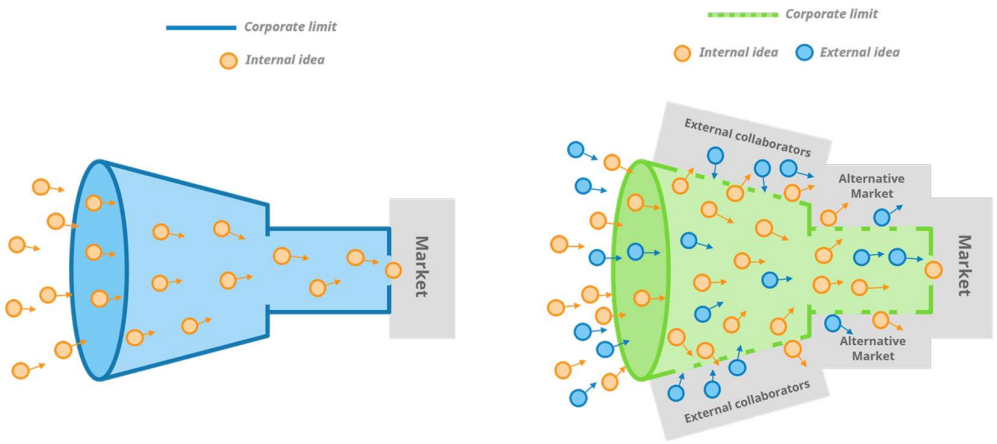

Figura 2 - Método de inovação aberta Vs inovação fechada (William Chesbrough, 2008)

Analisando na figura 2, pode-se observar como funcionam os diferentes tipos de inovação. À direita observa-se a inovação fechada, em que os projetos e ideias, representados por círculos, fluem dentro das barreiras que delimitam a empresa. Não existe comunicação com o exterior, existe uma ideia ou conjunto de ideias que são estudadas e desenvolvidas internamente até atingirem o mercado projetado. Em contraste, à esquerda, essas mesmas ideias, não só partem do interior da empresa como são também absorvidas do exterior. Um fenómeno que também ocorre é que essas mesmas ideias internas pode sair das delimitações da empresa e ser desenvolvidas externamente para responder a outros mercados que não os originalmente pretendidos.(Tooze et al., 2014)

Imediatamente abaixo temos uma tabela que serve para demonstrar a diferença de abordagem ao mercado que ambos tipos de inovação geram.

Tabela 1 - Comparação do paradigma de inovação fechada Vs aberta, adaptado de (Greco et al., 2017).

Inovação Fechada	Inovação aberta
"As pessoas qualificadas já trabalham dentro da empresa."	"Algumas pessoas qualificadas trabalham dentro da empresa, mas existem outras pessoas fora do círculo interno da empresa que têm conhecimentos e especializações às quais será benéfico recorrer."
"Para se gerar lucro com I&D, temos que ser nós a descobrir, desenvolver e distribuir."	I&D externo tem imenso valor. O I&D interno tem a ganhar com a absorção desse valor.
"Se fomos nós a descobrir, temos que ser os primeiros a levar para o mercado."	"Não precisamos de ser o ponto de origem da descoberta para pudermos lucrar com ela."
"A primeira empresa a levar a inovação ao mercado, é a que o conquista."	"Construir um modelo de negócio melhor é preferível que chegar primeiro ao mercado."
"Se criarmos o maior número e as melhores ideias da indústria, seremos os melhores do mercado."	"Se fizermos o melhor uso de ideias internas e externas, seremos os melhores do mercado."
"Devemos controlar a nossa propriedade intelectual de forma a que os nossos concorrentes não possam lucrar com as nossas ideias."	"Se fizermos o melhor uso de ideias internas e externas seremos o mais competitivos possível."

Pode-se ainda, além de classificar o processo de inovação como aberta ou fechada, subdividir a inovação consoante o seu grau de abertura ao exterior, fazendo alusão à figura seguinte.

Processo de Inovação:	Produto da Inovação	
	Fechado	Aberto
Fechado	Inovação Fechada	Inovação Pública
Aberto	Inovação Privada	Inovação de Fonte Aberta

Figura 3 - Tipologias de inovação. (Huizingh, 2011)

Utilizando a figura anterior como referência, em seguida será apresentada uma tabela com uma explicação sucinta de cada uma das tipologias.

Tabela 2 – Tipologias de inovação, adaptado de (Huizingh, 2011) e (Dahlander & Gann, 2010)

Tipologia	
Inovação Fechada	Género de inovação puramente interna, sem feedback de especialistas externos, fornecedores e clientes. Não existe partilha de conhecimento nem informação com o exterior da empresa.
Inovação Privada	Neste caso, existe a utilização de inovação interna e externa, contudo não existe uma partilha dos resultados desses mesmos novos conhecimentos atingidos internamente.
Inovação Pública	Na inovação pública, além do uso de inovação interna e/ou externa, existe a publicação dos resultados atingidos internamente, contudo essas novas inovações são proprietárias, logo barradas do uso livre por terceiros.
Inovação de Fonte Aberta	A tipologia de inovação em que o conhecimento adquirido pode ser interno e/ou externo e em que os resultados finais são distribuídos sob licenças de fonte aberta, permitindo o uso pela parte de outros dessa mesma inovação.

2.2.2 Produção Aberta

No processo de criação de um produto existem três etapas: a do design e desenvolvimento; a da produção; e a do marketing e vendas. (Basmer et al., 2015)

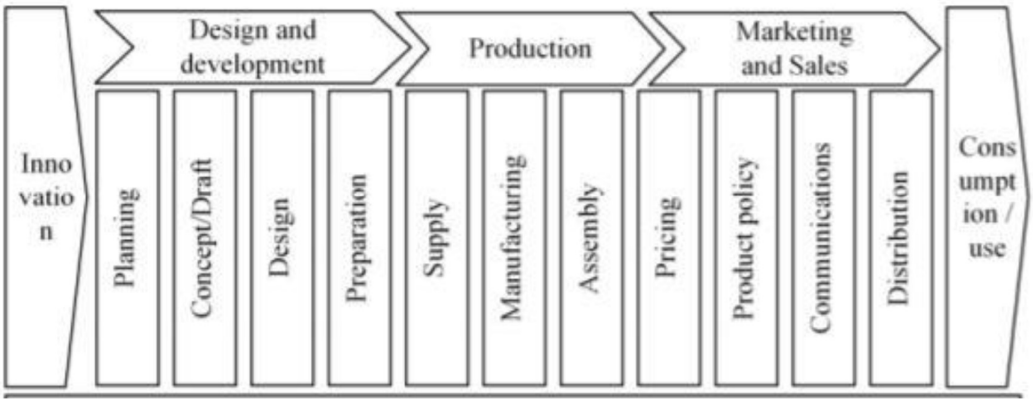

Figura 4 – Processo de criação de um produto (Basmer et al., 2015)

A produção aberta pode ser entendida como a associação entre o modelo de inovação aberta e um sistema produtivo. (Castro et al., 2019)

Dentro da inovação aberta, é a etapa da produção, mais propriamente, da produção aberta, que se irá tratar principalmente nesta dissertação. À semelhança da inovação aberta, a produção aberta rege-se pela relação que o produtor e consumidor final estabelecem entre si, e da forma que essa mesma relação afeta o produto final. (Wulfsberg et al., 2011)

Este método de encarar a produção, contudo, não é indicada para todas as peças ou projetos. Quando falamos da produção de peças estandardizadas e em grandes quantidades, esta metodologia não será a mais indicada, uma vez que a produção em massa oferece uma maior cadência e eficácia de produção.

Contudo, na produção de *items,* em que existe feedback do cliente, no sentido de criar um produto adequado ao seu interesse e que não existe ou há vontade de adquirir uma alternativa produzida em massa, aí é possível vislumbrar os benefícios da produção aberta. Observa-se essa dinâmica na figura 5 abaixo. (Bogers et al., 2015)

É também possível observar que a existência da produção aberta, permite que consumidor operem entre eles como clientes e fornecedores.

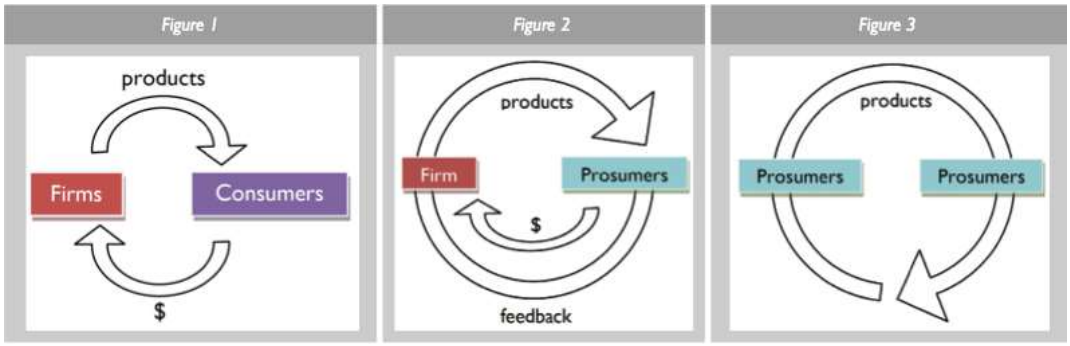

Figura 5 - Comparação entre o ciclo de procura entre um consumidor e um prosumer

A maneira como um consumidor pode tornar-se o fornecedor de outro, está relacionado com o seu acesso a licenças lhe que concedem os direitos de gratuitamente produzir e distribuir, e com esse acesso, pode também estudar e desenvolver novas soluções, que por sua vez podem ser benéficas para quem concede a licença *Open Source*, como para novos consumidores e novas áreas de mercado. Denota-se assim que a inovação aberta opera de forma circular. Apesar de quem concede a licença, não tem um retorno monetário imediato, pode vir a lucrar com os desenvolvimentos que são feitos por outros, com base nas suas inovações. (Bogers et al., 2010)

2.2.3 Prós e Contras

Embora a produção aberta aparente ser uma fonte de inovação e de disseminação de conhecimento, a mesma não existe sem desvantagens. Em seguida, serão apontados prós e contras da sua adoção.

- Vantagens

  Custo de aquisição de conhecimento gratuito ou muito baixo. (Benkler, 2002)

  Promoção de soluções adequadas às necessidades e vontades efetivas dos consumidores, devido à sua inclusão no processo de inovação e/ou produção. (Rebensdorf et al., 2015)

  Geração de cadeias de suporte entre consumidores, devido à natureza comunitária de algumas inovações. (Mourtzis et al., 2016) (Zhang et al., 2017)

  Abertura de canais de comunicação entre profissionais e amadores, levando à promoção da partilha de informação e até à descoberta de possíveis alvos de recrutamento. (Bogers et al., 2015)

- Desvantagens

  A produção aberta não é a mais adequada para grandes indústrias produtivas, estando antes mais vocacionada para produções customizadas e de menor escala. (Đurković et al., 2008)

  Embora a mentalidade da produção aberta preveja a partilha intelectual nos dois sentidos, muitas empresas, por receio de perda de competitividade ou por vontade de conter informação, focam-se mais na aquisição de inovação aberta do que na partilha e abertura das suas próprias inovações. (Chiaroni et al., 2011)

2.3 Impressão Aditiva

2.3.1 Origem e evolução

A impressão aditiva (IA), também chamada de impressão 3D ou prototipagem rápida, é um método de fabrico que produz objetos por adição de material em camadas, correspondentes a seções transversais sucessivas de um modelo tridimensional. Contrariamente aos métodos mais convencionais de produção como a maquinagem ou estampagem, que requerem a remoção de material para a obtenção do produto final, a IA cria a peça final através da adição de material, reduzindo os desperdícios. (Berman, 2012) (Huang et al., 2015)

A primeira máquina capaz de IA, denominada de "SLA-1", sigla correspondente ao primeiro protótipo do "*Sterolithgraphy Apparatus",* foi criada por Charles Hull em 1984. Contudo, a tecnologia, para a época, tinha um custo demasiado elevado para ter viabilidade comercial. Com a evolução tecnológica do séc. XXI, a queda de algumas patentes relativas à IA e devido a projetos como o RepRap, a IA foi se tornando cada vez mais acessível, tanto para uso industrial como para uso pessoal. (Ngo et al., 2018)

Figura 6 - "SLA-1", a primeira impressora aditiva (Thefabricator, 2020)

Em particular, o projeto RepRap, uma iniciativa encetada pelo Dr. Adrian Bowyer da Universidade de *Bath*, em Inglaterra, que consistia na criação uma máquina que fosse capaz de produzir as suas próprias peças em plástico, devido à sua natureza de fonte aberta (*Open Source*), aumentou a exposição da IA e da possibilidade de qualquer pessoa criar a sua própria impressora 3D. (Jones et al., 2011)

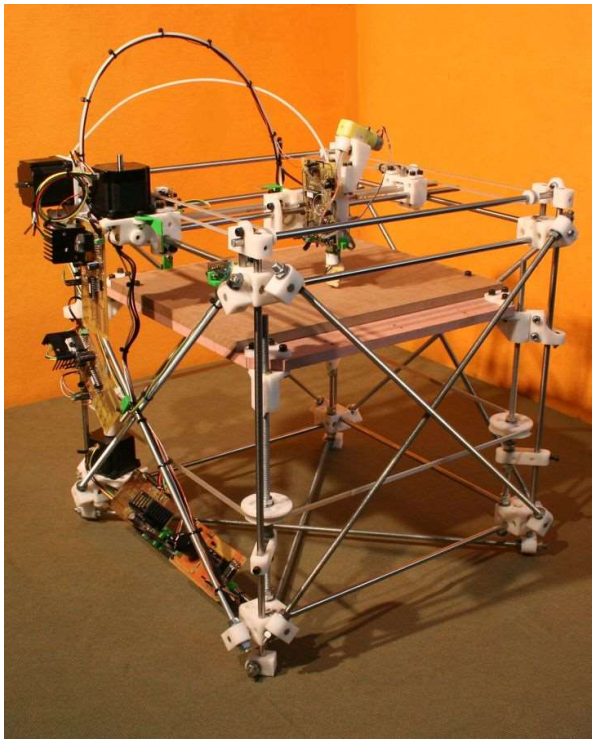

Figura 7 - RepRap "Darwin" – a primeira impressora 3D Open-Source (RepRap, 2007)

2.3.2 Métodos de impressão e áreas de aplicação

Com o passar do tempo após a criação da primeira impressora aditiva, vários métodos de impressão diferentes foram sendo desenvolvidos. (D. L. Bourell et al., 2014)
A norma "ISO/ASTM 52900 *Additive manufacturing — General principles — Terminology*" reconhece diverso métodos claramente distintos, contudo a revisão bibliográfica vai incidir nos três métodos mais comuns, que são o método por deposição de material fundido (FDM), a estereolitografia (SLA), e o método de sinterização seletiva a laser (SLS), como se pode verificar na figura 8.

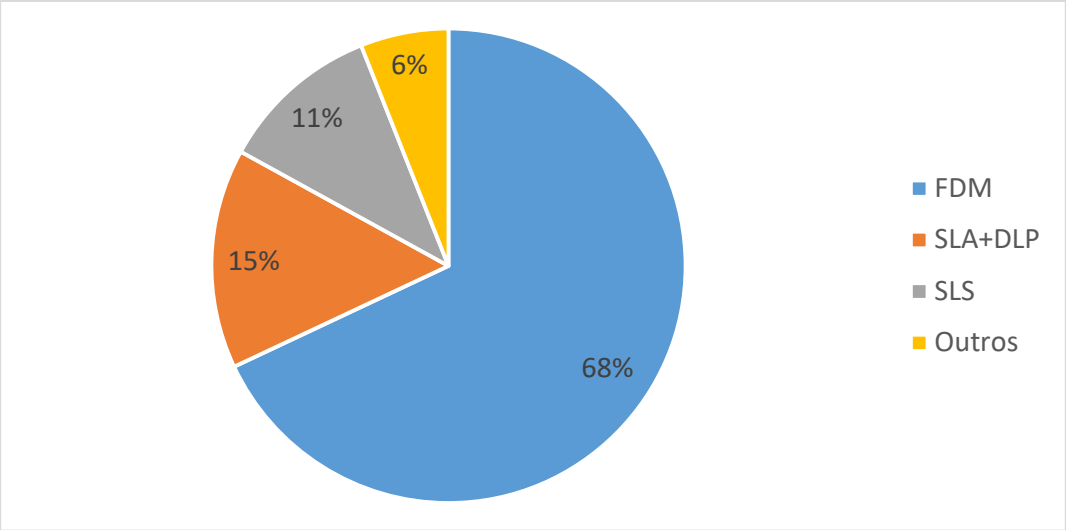

Figura 8 – Percentagem de utilização de cada processo de impressão 3D (3DHUBS, 2018)

FDM é o processo mais popular de impressão 3D, que utiliza um filamento termoplástico para a criação dos objetos. Este filamento é aquecido até ficar maleável, através do uso de um extrusor aquecido, que se move ao longo de uma plataforma desenhada para garantir a adesão da impressão, e vai depositando camada-a-camada o filamento, seguindo um conjunto de coordenadas determinados pelo slicer (programa que divide um modelo tridimensional em camadas consecutivas). Quando uma camada é concluída, a máquina começa a impressão da camada imediatamente acima e assim sucessivamente, até concluir todas as camadas correspondentes a uma peça final Dependendo da geometria da peça, poderá ser necessário recorrer a estruturas de suporte, caso alguma parte da peça não esteja em contacto com a superfície de impressão ou se estiver num ângulo que não permita o filamento solidificar na posição correta. A peça final requere pouco ou nenhum processamento, a não ser que seja necessário retirar suportes ou melhorar o seu acabamento superficial. (Guo & Leu, 2013)

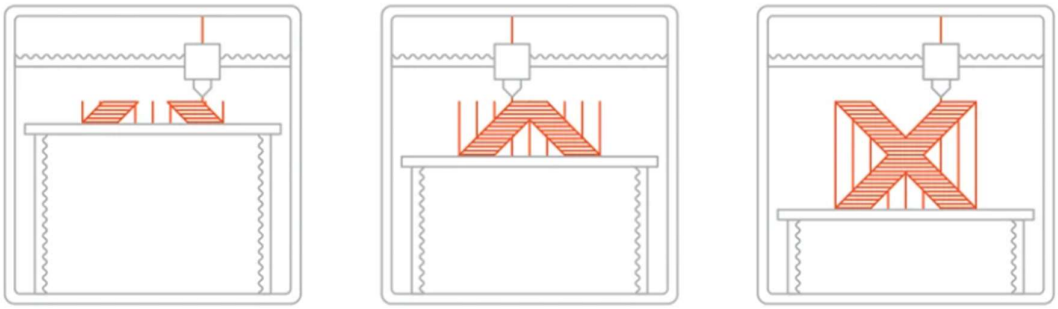

Figura 9 – Esquematização do processo FDM (ALL3DP, 2020)

Já o método de SLA é um processo que utiliza fotopolímeros (polímeros que alteram as suas propriedades quando expostos a luz ultravioleta (UV)) para impressão. O fotopolímero é colocado num reservatório transparente e este é atingido por uma fonte de luz UV, que cura e solidifica a resina. Após a conclusão do processo de impressão, é preciso remover a resina não endurecida da peça, que só é dada como finalizada após ser novamente curada com uma fonte de luz UV.

Apesar do processo de DLP (*Direct Light Processing*) também ser referido na figura 10, para os efeitos desta revisão bibliográfica, será agregado e referido como SLA para facilidade de referência, uma vez que ambas as tecnologias obtêm o mesmo género de peças finais, sendo que o que as diferencia é a fonte de luz utilizada. Enquanto que o SLA utiliza um feixe de laser, o processo DLP utiliza um projetor de luz, como por exemplo, um ecrã LCD. (Guo & Leu, 2013) (Lopes et al., 2020)

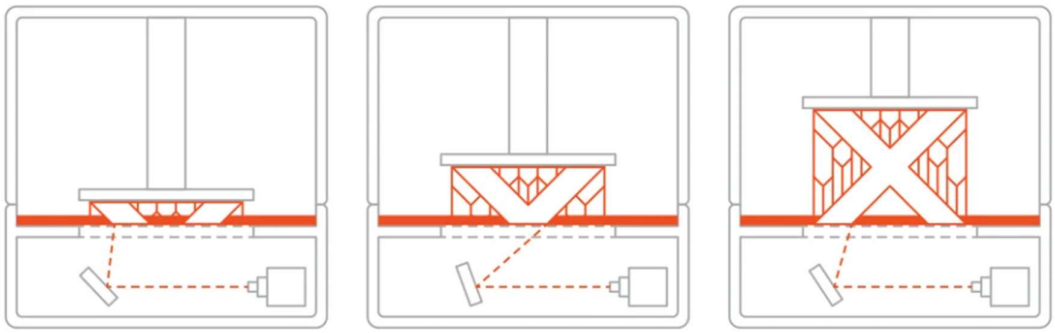

Figura 10 – Esquematização do processo SLA (ALL3DP, 2020)

Quanto à tecnologia SLS, a produção consiste em utilizar um polímero em pó que é colocado e alisado numa camada, que é em seguida atingida por um feixe laser que aquece de forma localizada esse pó até ao ponto de sinterização. Após a conclusão da camada, um rolo ou uma lâmina cobre a camada concluída com uma nova camada de pó. Por fim é removido o depósito que contem a peça concluída junto com todo o pó não sinterizado. Para obter a peça final, é só preciso retirá-la do pó e proceder à limpeza

da peça. Uma vantagem do SLS é a possibilidade de utilizar geometrias mais complexas que dificultariam a colocação de suportes, uma vez que o pó atua como agente de suporte. (Guo & Leu, 2013)

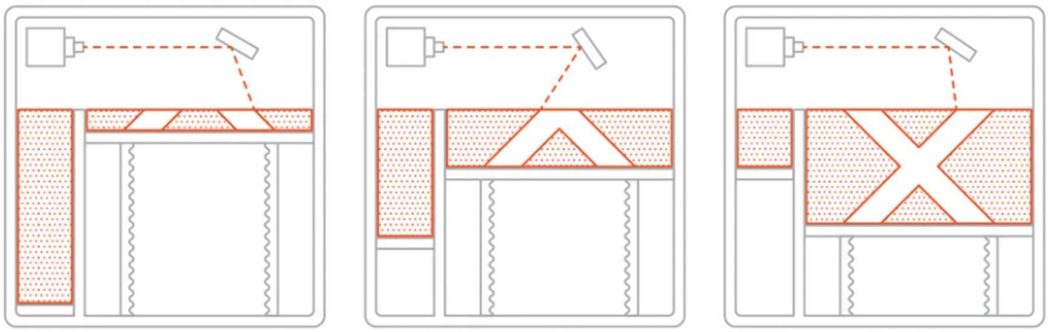

Figura 11 – Esquematização do processo SLS (ALL3DP, 2020)

Tabela 3 – Comparativo dos processos de impressão 3D

	FDM	SLA	SLS
Materiais utilizados: (D. Bourell et al., 2017)	Filamento termoplástico	Fotopolímero em resina	Polímero em pó
Aplicações:	Peças funcionais; prototipagem rápida	Peças que requeiram uma boa qualidade superficial ou com superfícies muito detalhadas	Peças funcionais; peças ocas, como por exemplo tubagens; produções de pequena escala
Pontos fortes	Baixo custo; velocidade de produção alta; simplicidade de utilização do método.	Possibilidade de utilizar geometrias mais detalhas na superfície da peça; elevada qualidade superficial	Boas propriedades mecânicas; possibilidade do uso de geometrias mais complexas
Pontos fracos	As camadas que formam a peça são perfeitamente visíveis, logo a qualidade superficial não é muito elevada.	Frágil, não adequado para peças que sofram esforços mecânicos; requer limpeza e cura da peça após a impressão	Tempo de produção elevado; custo mais elevado que o FDM para aplicações funcionais; requer a limpeza do pó não sinterizado acumulado na peça
Toleranciamento dimensional (Ligon et al., 2017)	+/- 100-150 µm	+/-25-100 µm	+/- 50-100 µm

2.3.3 Impressão aditiva em comparação com métodos tradicionais de fabrico

A impressão aditiva, apesar de ser muito versátil, tem algumas diferenças em relação aos métodos tradicionais de produção. Em seguida iremos explorar as diferenças entre a IA e os restantes métodos convencionais.

- **Sustentabilidade**

Um ponto onde se verifica uma das maiores vantagens da IA é na sua sustentabilidade. Ao contrário da maior parte dos métodos de produção tradicionais, em que ocorre a subtração de matéria prima de um bloco ou chapa inicial para a criação da peça final, gerando desperdícios, na IA, geralmente apenas é necessária a matéria prima correspondente à peça final. Isto apenas não se verifica quando a peça requer material de suporte para ser impressa. Contudo, uma vez que o material de suporte é o mesmo da peça final e não sofreu nenhuma alteração às suas propriedades, pode ser reciclado e novamente utilizado no processo de novas impressões. (Attaran, 2017)(Beltagui et al., 2020)

- **Velocidade de Produção**

A velocidade de produção por IA pode ser avaliada segundo duas perspetivas. O tempo necessário para obter uma peça desde a sua conceção até à sua fase de produção é consideravelmente mais curto, uma vez que contrariamente aos métodos tradicionais, não há necessidade de criação de moldes ou gabaritos ou qualquer ferramenta auxiliar, não é também necessária uma linha de produção nem de uma infraestrutura específica, é só necessário criar o modelo tridimensional e imprimi-lo. Portanto tanto para a produção de protótipos ou para produções em pequena escala, a IA é um método mais rápido de produção. Quanto ao tempo de produção de um modelo em larga escala, aí já a IA, devido a demorar mais tempo a produzir cada peça individualmente, é um método mais lento de obter grandes quantidades de peças finais. (Attaran, 2017) (Thomas-Seale et al., 2018)

- **Custo**
  Semelhante à comparação que se pode fazer quanto à velocidade de produção, os custos da IA e a sua rentabilidade estão diretamente ligados às quantidades a produzir, como se exemplifica na figura 12 abaixo.

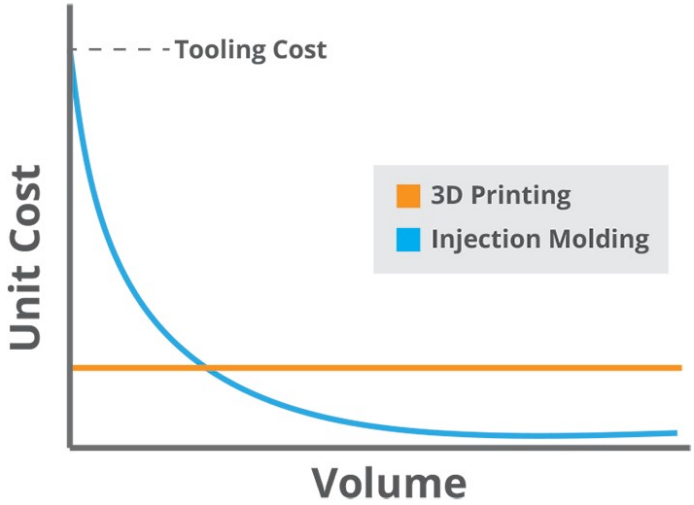

Figura 12 – Gráfico comparativo da IA VS Injeção de plástico quanto ao custo/volume de produção (3SPACE, 2018)

Os custos e o tempo de produção de cada peça individual por IA mantêm-se constantes, enquanto que a injeção plástica, à medida que se vão recuperando os custos iniciais, torna-se mais rentável, quanto maior for a quantidade produzida. (Thomas & Gilbert, 2015) (Chekurov & Salmi, 2017) (Khajavi et al., 2014)

- **Customização**

Pode-se verificar que devido à necessidade da criação de ferramentas de apoio, moldes, matrizes e gabaritos para a produção de peças específicas, os métodos tradicionais são menos flexíveis quanto à customização de peças.
Este género de alterações à produção não afeta consideravelmente a IA, uma vez que qualquer peça ou parte adicional que seja preciso modificar para apoiar a produção da peça final, será impressa juntamente. (Attaran, 2017)
Outra característica que a IA tem como vantagem em relação aos métodos convencionais é a capacidade de imprimir conjuntos de peças pré-assemblados ou com mecanismo internos, algo que outros métodos não permitem, como por exemplo, a plataforma demonstrada na figura 13. (Huang et al., 2015)

Figura 13 – Plataforma impressa sem necessidade de montagem (THINGVERSE, 2015)

Algo que também facilita a customização, é o acesso que o publico em geral tem de *softwares* CAD gratuitos que permitem modificar e criar *designs* alternativos dos modelos tridimensionais e com isso alterar o produto final para estar mais de acordo com as suas pretensões. (Prakash et al., 2018)

- Acessibilidade

Devido ao crescimento do mercado da impressão aditiva, existe uma maior facilidade na aquisição de impressoras 3D, tanto por a tecnologia estar mais divulgada e também pelo custo de aquisição das impressoras ter decrescido à medida que se torna um produto mais comum. Como tal, a barreira de entrada na IA é cada vez mais baixa. Enquanto que para uma empresa de grande dimensão, uma tecnologia com um custo de aquisição superior pode não ser um entrave, o mesmo não se coloca em pequenas empresas ou para aquisição pessoal. (Schniederjans, 2017) (Mellor et al., 2014)

DESENVOLVIMENTO

3.1 Adesão social à fabricação aditiva

3.2 Modelo de produção urbana assente na fabricação aditiva

3.3 Análise Crítica ao modelo e sua implementação

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Adesão social à fabricação aditiva

3.1.1 Génese do Mercado Pessoal de Impressão Aditiva

Com a queda, em 2009, da patente US5121329A "*Apparatus and method for creating three-dimensional objects*", detida pela *Stratasys*, a tecnologia FDM foi tornada acessível ao público em geral. Contudo, quatro anos antes, na Universidade de *Bath*, o projeto *RepRap* já estava a estudar, a nível académico e sem propósitos comerciais, a possibilidade de criar uma máquina capaz de se replicar a ela própria ("*replicating rapid prototyper*). A máquina desenvolvida foi uma impressora aditiva de baixo custo. (Jones et al., 2011)

No entanto, o professor Adrian Bowyer, fundador do projeto, constatando que se uma máquina protegida por uma patente fizesse uma cópia dela própria (devido à sua natureza auto-replicadora), estaria a infringir a patente da máquina original, decidiu tornar o projecto RepRap num projeto *Open Source*. (RepRap, 2007)

Essa decisão, aliada à disponibilização da informação do projeto, por parte da universidade, levou à adesão de vários interessados de todo o mundo, tanto a nível académico, empresarial ou pessoal . Seria o primeiro passo para o aumento do conhecimento e disseminação da impressão aditiva a nível não-industrial. (Rayna & Striukova, 2016)

Assim, e por causa da queda da patente do FDM, abriu-se a possibilidade de empresas venderem impressoras aditivas de baixo custo, facilitando a adesão do consumidor final, que deixaria de ter que construir a sua própria impressora, de raiz, podendo adquiri-la como um produto finalizado, e a partir daí desenvolver os seus próprios projetos, com base na tecnologia de manufatura aditiva.(Li et al., 2014)

3.1.2 Crescimento da adesão à impressão aditiva

Apesar de não ser ainda uma tecnologia presente em todas as casas e indústrias, a mesma tem registado um crescimento elevado, com um valor de mercado cuja avaliação tem subido de forma constante desde 1988, na ordem dos 21,6% e 26,9% ao ano. (Wohlers Report, 2019) (Statista, 2021)
E de acordo com as projeções evidenciadas na figura 14, e comparando com o valor atual de 15 biliões de dólares, à data de 2021, o seu valor pode inflacionar para cerca de 37.2 a 75 biliões até 2026. (3DHUBS, 2021)

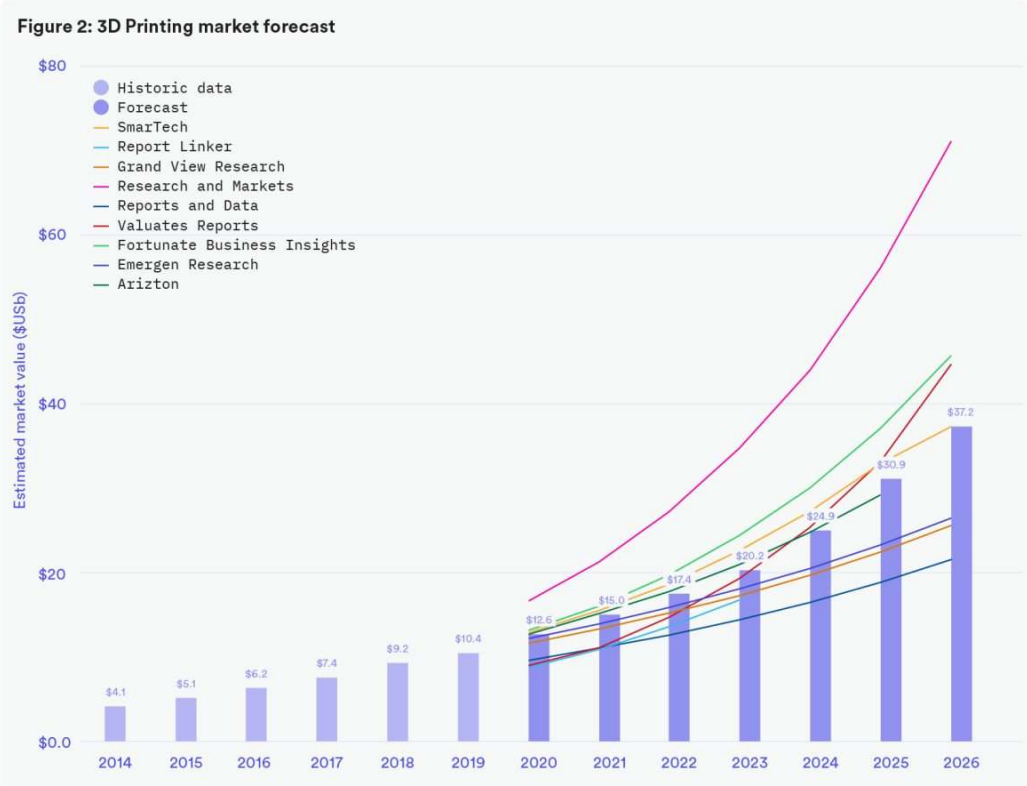

Figura 14 – Gráfico de avaliação do mercado da manufatura aditiva (3DHUBS, 2021)

Também podemos verificar este crescimento pelo consecutivo aumento do número de vendas de equipamentos de impressão aditiva. Até 2018, foram vendidas cerca de 40000 impressoras industriais e 2 milhões de impressoras de baixo custo.

Atendendo aos dados, representados na figura 14, e tendo em conta o crescimento demonstrado pelo gráfico da figura 15, é possível extrapolar que o número de impressoras vendidas até finais de 2021 esteja próximo de duplicar o número de equipamentos existentes em 2018, passando de 2 milhões de impressoras para cerca de 4 milhões.
E acredita-se que esse valor possa atingir os 15,3 milhões de unidades vendidas até 2028.
(Grandview Research, 2021) (3DHUBS, 2021)

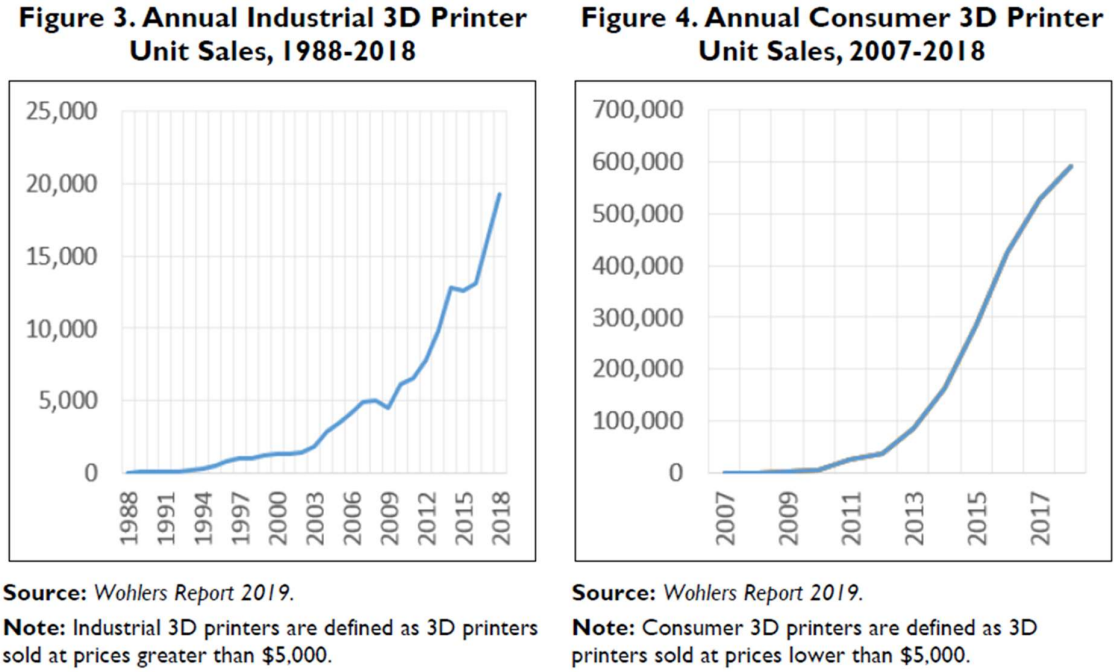

Figura 15 – Gráfico demonstrativo da quantidade anual de impressoras adquiridas de 2007 a 2018 (WOHLERS REPORT, 2019)

Onde também se pode verificar esse crescimento da manufatura aditiva é nos seus serviços e materiais associados, tais como os repositórios de ficheiros 3D e no mercado de filamentos de impressão.

Dando o exemplo do *Thingiverse*, o maior repositório de ficheiros na área da manufatura aditiva, no ano de 2015, recebeu uma média de 2 milhões de visitas diárias, em comparação com uma média de 20 milhões de visitas diárias em 2021 (ALL3DP, 2015)(SIMILAR WEB, 2021)

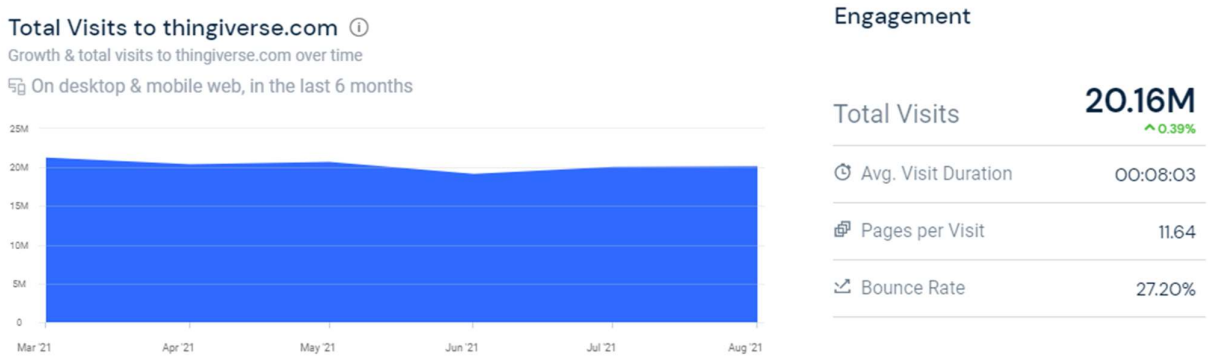

Figura 16 – Gráfico de visitas diárias do repositório Thingiverse (SIMILAR WEB, 2021)

A mesma tendência de crescimento é esperada no mercado de filamento de impressão, atualmente avaliado em cerca de 739 milhões, prevendo-se que atinja cerca de 2,5 biliões de dólares até 2025, tanto devido ao aumento do seu consumo para produção, como pela implementação de novos polímeros. (MarketsAndMarkets, 2020)

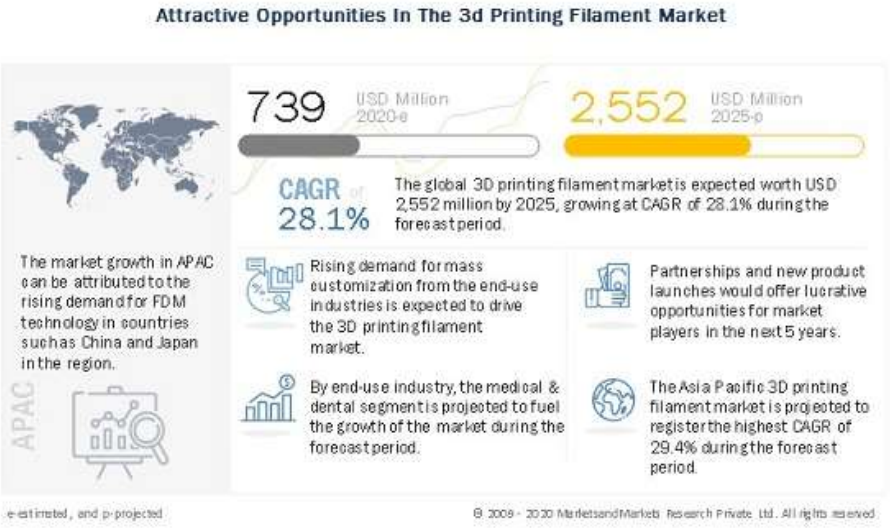

Figura 17 - Previsão de crescimento do mercado de filamento de impressão (MarketsAndMarkets, 2020)

Apesar de todos os indicadores demonstrarem um crescimento da impressão aditiva, é preciso entender que a sua implementação atual, em comparação com outros métodos de fabricação, é em muitos casos, embrionária e ainda muito motivada por inovadores, entusiastas e adotantes iniciais, não tendo ainda atingido uma difusão generalizada.

Para melhor demonstrar este facto, utilizar-se-ão duas ferramentas, o ciclo de *hype* de *Gartner* e a teoria do abismo de Geoffrey A. Moore, e por fim, estabelecer uma relação entre ambas.

O ciclo de *hype* de *Gartner* é uma representação gráfica da maturidade e da adoção de tecnologias e serviços, oferecendo uma visão de como as expectativas destes mesmos negócios em análise tendem a evoluir ao longo do tempo.(Li et al., 2014)

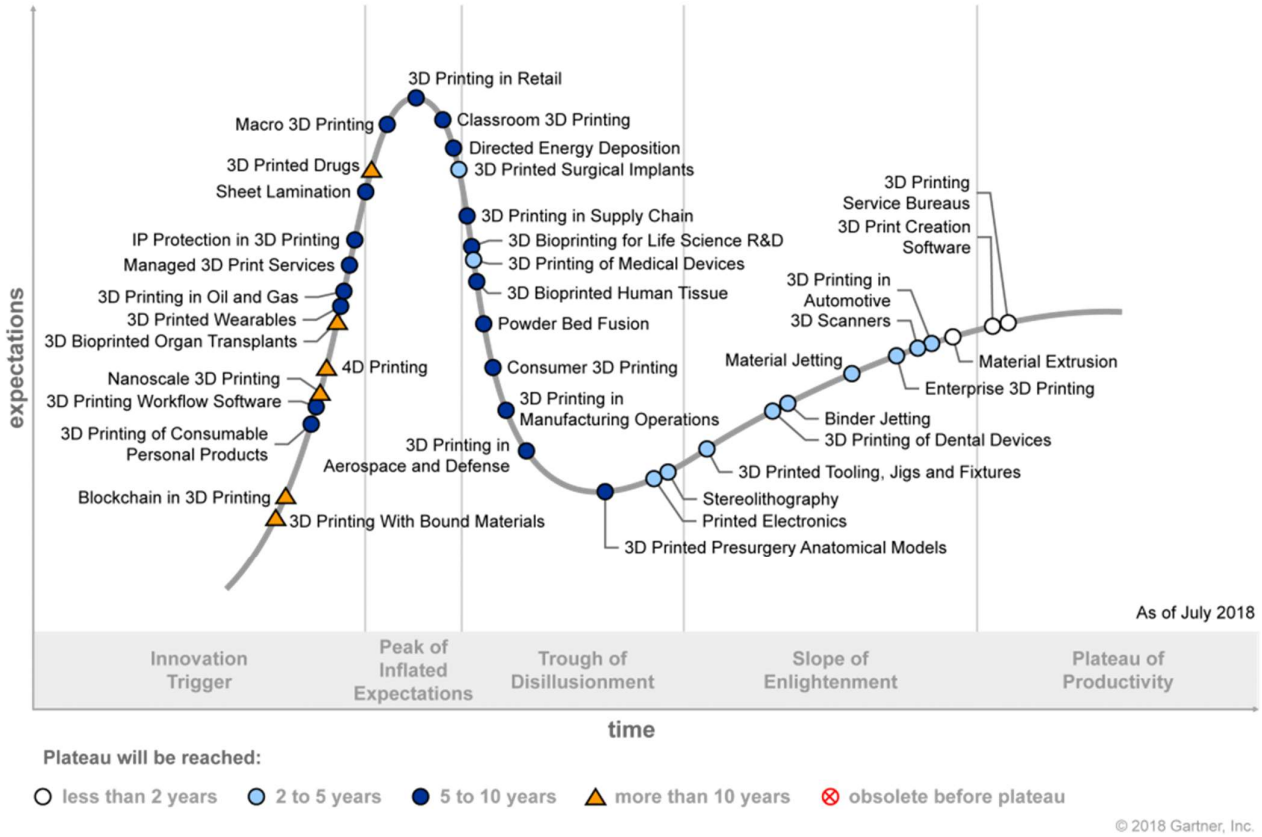

Figura 18 – Ciclo de Hype de Gartner relativo às várias vertentes da manufatura aditiva (Gartner Report, 2019)

Tabela 5 – Fases do ciclo de Hype de Gartner ((Li et al., 2014))

Acionador Tecnológico	Um potencial avanço tecnológico gera uma curiosidade inicial. Existem as primeiras provas de conceito e protótipos, cuja viabilidade comercial pode ainda não ter sido comprovada. É gerada uma expectativa elevada em torno da novidade, possivelmente exagerada em relação às suas capacidades reais, que leva investidores de risco e entusiastas a apostarem na tecnologia, com o intuito de ganharem vantagem sobre outros adotantes mais tardios.
Pico de expetativas inflacionadas	Essa publicidade inicial produz algumas histórias de sucesso e de várias de fracassos, à medida que a tecnologia é posta à prova. Essas mesmas expectativas, anteriormente elevadas e exageradas, são confrontadas com a realidade. É também nesta fase que surgem os primeiros produtos comerciais com um custo elevado, para amortizar os custos de I&D e de início de produção.
Vale de desilusão	O interesse diminui à medida que as experiências falham e a I&D não consegue atingir as expectativas anteriormente delineadas. Alguns investidores iniciais da tecnologia tornam-se céticos e abandonam ou diminuem os seus investimentos. Os responsáveis pelo desenvolvimento sobrevivem, apenas, se melhorarem os seus produtos e delinearem expetativas mais realistas e mais de acordo com o valor e capacidade do seu produto ou tecnologia, de forma a não estagnarem e, além disso, manterem o fluxo de investimento.
Rampa de esclarecimento	O I&D começa a dar respostas, implementando soluções para problemas prévios. Mais exemplos de como a tecnologia pode beneficiar as empresas e consumidores começam a tornar-se mais amplamente compreendidos. Produtos de segunda e terceira geração são fornecidos por fornecedores de tecnologia. Mais investidores financiam o desenvolvimento, enquanto empresas mais conservadoras permanecem cautelosas.
Planalto de Produtividade	Começa a ocorrer a adoção *mainstream,* com uma aceitação generalizada. As correções e a evolução da tecnologia servem para aumentar a sua viabilidade. O produto ou tecnologia entra num processo de melhoria contínua. Os investidores e primeiros adotantes começam a obter retornos do investimento.

Para o modelo de serviços desta tese, vamos analisar, em particular, o ponto do gráfico "*Consumer 3D Printing*", que é alusivo à impressão 3D ao nível do consumidor pessoal, que, atualmente acredita-se que estará na fase do vale de desilusão, podendo no espaço de 5 a 10 anos entrar no planalto de produtividade e como tal, ter uma aceitação generalizada e com capacidades e expetativas em grande parte balizadas.

Já a teoria do abismo de Geoffrey A. Moore é um acréscimo à teoria de Everett Rogers sobre a difusão da inovação. Moore considera que entre as fases do "*early market*" e do "*mainstream market*", existe um "chasm" ou um abismo, que é um momento crucial no qual um produto pode não ganhar tração com o público em geral e acabar por fracassar. (Kardong-Edgren, 2008)

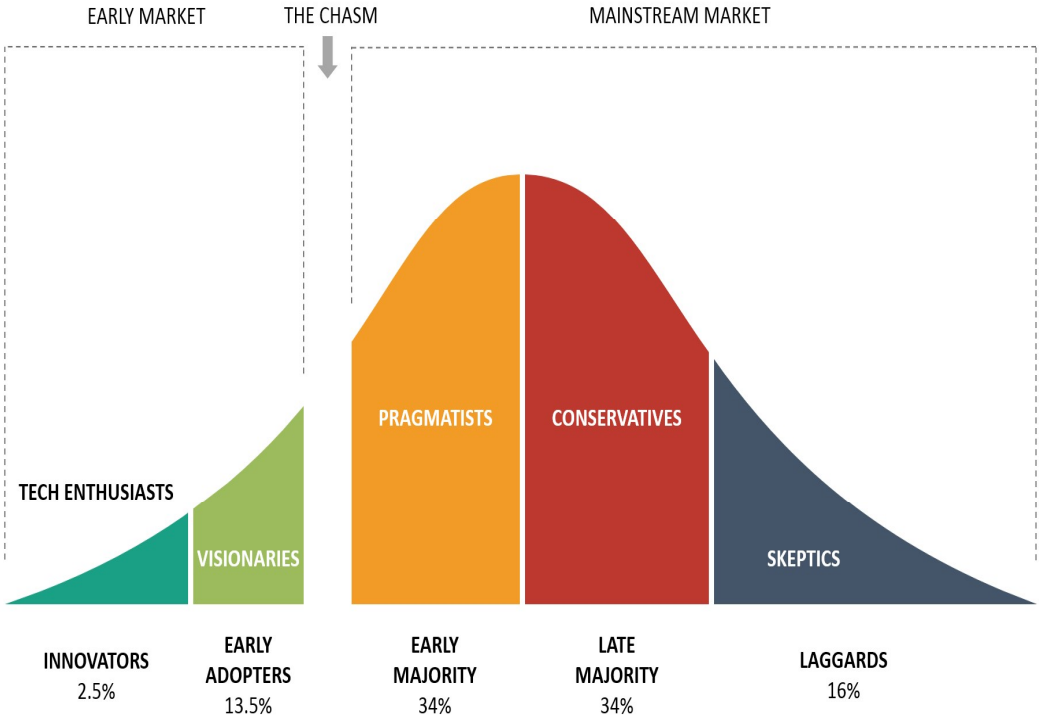

Figura 19 – Gráfico de difusão de inovação com o acréscimo do abismo de Moore (Business to You, 2020)

Tabela 6 – Teoria do Abismo de G. A. Moore (Kardong-Edgren, 2008)

Inovadores	São os primeiros a utilizar o produto. Aptos a testar e dar uma hipótese a uma tecnologia simplesmente porque é nova. Não se importam de utilizar a tecnologia mesmo que incompleta e com falhas. Correspondem a cerca de 2,5% do mercado.
Adotantes Iniciais	Criadores de tendências, mais lentos a adotar a tecnologia, mas mantendo igualmente uma curiosidade pelo que é novo. São os principais influenciadores de mercado. A conquista deste segmento do mercado pode ser a diferença entre o fracasso e o sucesso dum produto. Correspondem a cerca de 13,5% do mercado.
Mercado Precoce	Mercado inicial, constituído pelos inovadores e adotantes iniciais. É o conjunto de compradores que não terá problema em comprar um produto não comprovado no mercado geral, que gosta de experimentar e tentar algo novo, meramente porque é interessante. O somatório de ambos os grupos é de 16% da cota de mercado total.
Abismo	Momento do ciclo de vida do produto em que ele ou se afirma como uma solução para algum problema que não tinha resolução prévia, ou se apresenta como uma alternativa a algo já existente. Incapacidade em tornar o produto ou tecnologia mais competitiva, melhor, mais acessível ou mais barata pode impedi-lo de prosseguir para um mercado mais abrangente. É nesta fase, que com a devida validação social, um produto evolui de um nicho de mercado, para um produto para as massas.
Maioria Inicial	Adotam rapidamente o novo produto, uma vez que esteja validado pelo mercado precoce. São pragmáticos e embora não sejam contrários à inovação, não apostam em produtos que não tenham já um grau elevado de desenvolvimento. Correspondem a cerca de 34% do mercado.
Maioria Tardia	População um pouco mais conservadora, que tende a confiar mais no seu conhecimento prévio, só adotando uma nova tecnologia ou produto após estar bastante consolidado, ser fácil de integrar no seu dia-a-dia e não apresentar compromissos. São também mais sensíveis ao preço. Correspondem a cerca de 34% do mercado
Retardatários	Total resistência à inovação, só adquirem novos produtos ou tecnologias por falta de opção. Correspondem a cerca de 16% do mercado

Mercado Geral	Mercado composto pelas maiorias e os retardatários, que investe apenas na nova tecnologia por necessidade ou com objetivos específicos.

A impressão 3D ao nível do consumidor, como previamente observado, está, segundo o ciclo de *hype* de *Gartner*, na fase do vale da desilusão, contudo é possível relacionar essa posição no gráfico de difusão de inovação, como demonstrado na figura 20

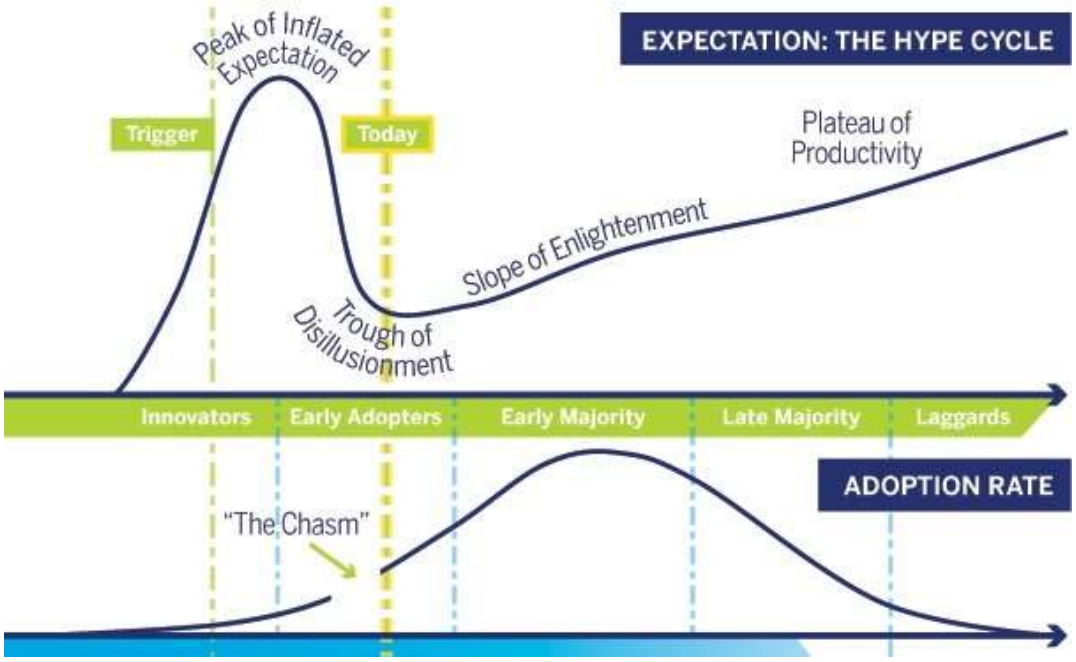

Figura 20 – Relação entre o ciclo de hype de Gartner e o gráfico de difusão de inovação com o acréscimo do abismo de Moore (Jiang et al., 2017)

Pelo que é possível inferir do gráfico acima, a impressão aditiva, ao nível do consumidor pessoal, estará algures no meio do processo de adoção inicial e no limiar de ultrapassar o abismo de Moore. Tal pode ser explicado pela redução de preço dos equipamentos e da sua melhoria, tanto a nível da qualidade das impressoras e das respetivas impressões, como da facilidade da sua utilização. Para se tornar mais competitiva e evoluir de um nicho de mercado para um mercado de massas, a tecnologia terá que ser ainda mais intuitiva, não necessitando de tanto conhecimento técnico e especializado para operar e de oferecer mais funcionalidades e opções a um preço acessível.

Toda esta análise serve para demonstrar a viabilidade da impressão aditiva a longo prazo, como tecnologia a utilizar num modelo de serviços em meio urbano, uma vez que as previsões indicam que se torne mais prevalente, vindo a tornar-se uma tecnologia altamente generalizada e aceite, com um mercado crescente, acrescentando à facilidade da sua implementação quando comparada com outros meios de produção já amplamente estabelecidos.

3.2 Modelo de produção urbana assente na fabricação aditiva

Para se considerar um modelo de serviços de produção urbana, assente em impressão aditiva, é necessário, primeiro, perceber o que é que o modelo pretende atingir e o que é que oferece de vantajoso em relação ao paradigma atual de produção e compra.

Hoje em dia, a maior parte dos bens de consumo são produzidos em massa, em fábricas com grandes infraestruturas, geralmente longe do consumidor final. Logo, terão de passar por vários processos de transporte para chegarem ao destino. E, além disso, devido à sua natureza de produção em série, é possível que o produto final não seja o ideal, nem esteja otimizado para o cliente.

Como tal, um modelo alternativo teria os seguintes objetivos:

- Operar a partir de infraestruturas mais pequenas, tais como casas particulares ou micro-fábricas
- Reduzir o número e as distâncias de transporte entre o local de produção e o cliente final.
- Oferecer o produto efetivamente desejado e não uma aproximação

Operar em pequenos locais de fabricação permite que esses mesmos existam em meio urbano e não em zonas periféricas, geralmente direcionadas para estruturas industriais de grande escala. Essa mesma operação, já em meio urbano, aproxima o produtor do cliente final, não só permitindo utilizar as infraestruturas já existentes numa cidade, como reduzindo os custos ambientais e monetários do transporte de bens.
Além desses benefícios, colocar produtores e clientes no mesmo ecossistema permite capitalizar e movimentar a economia local e reduzir a dependência da grande produção em massa.

3.2.1 Modelos de negócio pré-existentes em estudo

Para melhor situar o modelo pretendido, serão analisados três modelos já existentes noutras áreas, com características diferentes entre si, mas a partir dos quais se pode desenhar aquele que é o objeto desta dissertação.

O primeiro modelo é o da UBER®.
A UBER®, aquando da sua criação, foi uma tecnologia disruptiva do mercado.
Embora a mesma neste momento já se tenha tornado numa meta-organização com negócios em várias áreas, vamos focar-nos, apenas, no intuito original da sua operação, que é de ligar pessoas que precisam de um transporte e condutores que pretendem rentabilizar os seus veículos.
A articulação destes dois elementos é feita através de uma aplicação, que procura os condutores mais próximos do cliente e que estejam disponíveis para o serviço.
O público-alvo, que procura o transporte de um UBER® e não de um transporte público, fá-lo porque não pretende parar num local pré-determinado por outros, mas sim num local definido por si. Por outro lado, o condutor desse mesmo UBER® utiliza um recurso já existente e comum, o automóvel. Podemos também fazer a observação que nem todos os condutores procuraram rentabilizar os seus veículos utilizando-os como um UBER®.(Cramer & Krueger, 2016)
Se formos analisar as semelhanças com um modelo que, em vez de oferecer soluções de mobilidade, disponibilize formas de obter impressões 3D, nele, o cliente que necessita de um produto específico, pode optar por comprar um produto impresso perfeitamente adequado às suas necessidades, em vez dum produto massificado que não corresponde exatamente às expectativas. De forma semelhante, os detentores de impressoras 3D já existem, com tendência a que o seu número aumente, e alguns desses podem vir a tornar-se produtores desses bens personalizados.
A nível de monetização, no modelo UBER®, após o cliente definir o seu destino, a aplicação calcula o valor da viagem que, se o cliente aceitar, a aplicação em seguida localiza os condutores que estão mais próximos do ponto de partida. Do valor cobrado ao cliente, a UBER® detém a totalidade, controlando assim a sua posterior distribuição.

Em seguida, temos o modelo *OpenDesk*.
OpenDesk é uma plataforma digital que conecta clientes, designers e fabricantes de mobiliário. Um cliente escolhe entre os móveis disponíveis na *OpenDesk* e pode optar por fazer o download dos ficheiros necessários à sua construção e construir ele próprio, ou pagar à *OpenDesk* para eles, por sua vez, mandarem fabricar. (Cerdas et al., 2017)
Segundo os seus termos de serviço, um cliente que faça o download dos ficheiros, não pode em seguida mandar fabricar num local à sua escolha, ficando limitado a comprar o móvel já produzido à *OpenDesk* e aos seus fabricantes selecionados. As opções também são limitadas, contando com poucas dezenas de produtos.

Por fim, temos o modelo do Thingiverse, que é um repositório digital de ficheiros para impressão 3D. O *Thingiverse* permite que os seus membros coloquem *designs* de forma gratuita no seu site, para outros utilizadores fazerem o seu *download* também de forma gratuita ou pagando um donativo, sem nenhum valor estipulado. A *Thingiverse* não retira nenhuma percentagem deste valor. A totalidade dos recursos monetários da *Thingiverse* são gerados através da publicidade presente no site.

3.2.2 Repositório digital aliado a uma rede de impressoras descentralizadas

Aproveitando algumas das ideias já exploradas por outros modelos de negócio, o modelo proposto é um repositório digital aliado a uma rede de impressoras descentralizadas.

A operação do repositório seria em tudo parecido com o modelo do *Thingiverse* e outros repositórios digitais na área da impressão 3D.
Utilizadores poderiam colocar designs no site e outros utilizadores fariam o download gratuitamente ou pagando um donativo. Contudo, para abranger uma nova faixa de mercado, aqueles que gostam dos ficheiros disponibilizados, mas que não têm como imprimir esses ficheiros, o modelo propõe se a criar uma rede de "impressores"
Por definição, um "impressor" consiste num consumidor, detentor dum equipamento de impressão, que está disponível para receber da parte do repositório, propostas de impressões para outros consumidores.
Além da inovação de aliar a rede de impressores ao repositório, a outra particularidade diferenciadora seria a de os consumidores que colocam os seus designs no repositório, aos quais iremos chamar por simplificação "*designers*", obterem ganhos passivos através dos seus designs, o que serviria como incentivo a colocar os seus ficheiros no repositório proposto em detrimento dos já existentes. Esse ganho seria uma percentagem do valor de venda de um produto impresso pela rede de impressores, cuja operação será explicada mais de seguida.

Quando um consumidor estivesse perante um ficheiro do seu interesse, teria duas hipóteses, fazer o download de forma gratuita ou pagando um donativo, finalizando a sua interação com o site, e uma vez na posse do ficheiro desejado, seria livre de fazer com ele o que entendesse, dentro dos limites da licença de publicação imposta pelo designer.
Em alternativa, poderia pedir, no próprio site do repositório, que o ficheiro fosse impresso segundo as suas especificações, tais como cor, tamanho, material, etc.
O repositório geraria um valor, que seria calculado com base nesse pedido, e faria uma proposta ao cliente. Se o cliente concordasse em pagar o valor calculado, em seguida, o repositório abriria aos impressores mais próximos do consumidor final, a possibilidade

de imprimirem o respetivo ficheiro. O valor oferecido aos impressores seria uma grande percentagem do angariado, sendo o valor sobrante dividido entre a plataforma e o designer do ficheiro.

Ex: o cliente quer uma impressão do ficheiro A, com a cor Y, material Z e à escala original. O repositório faz-lhe uma proposta de valor X. Uma vez aceite, o repositório em seguida oferece a possibilidade a vários impressores de produzirem a peça a troco de 75% de X, que será um valor que cobre facilmente a despesa de produção, de forma a ser aliciante aceitar o pedido. Os 25% de X sobrantes são repartidos entre a plataforma e designer do ficheiro.

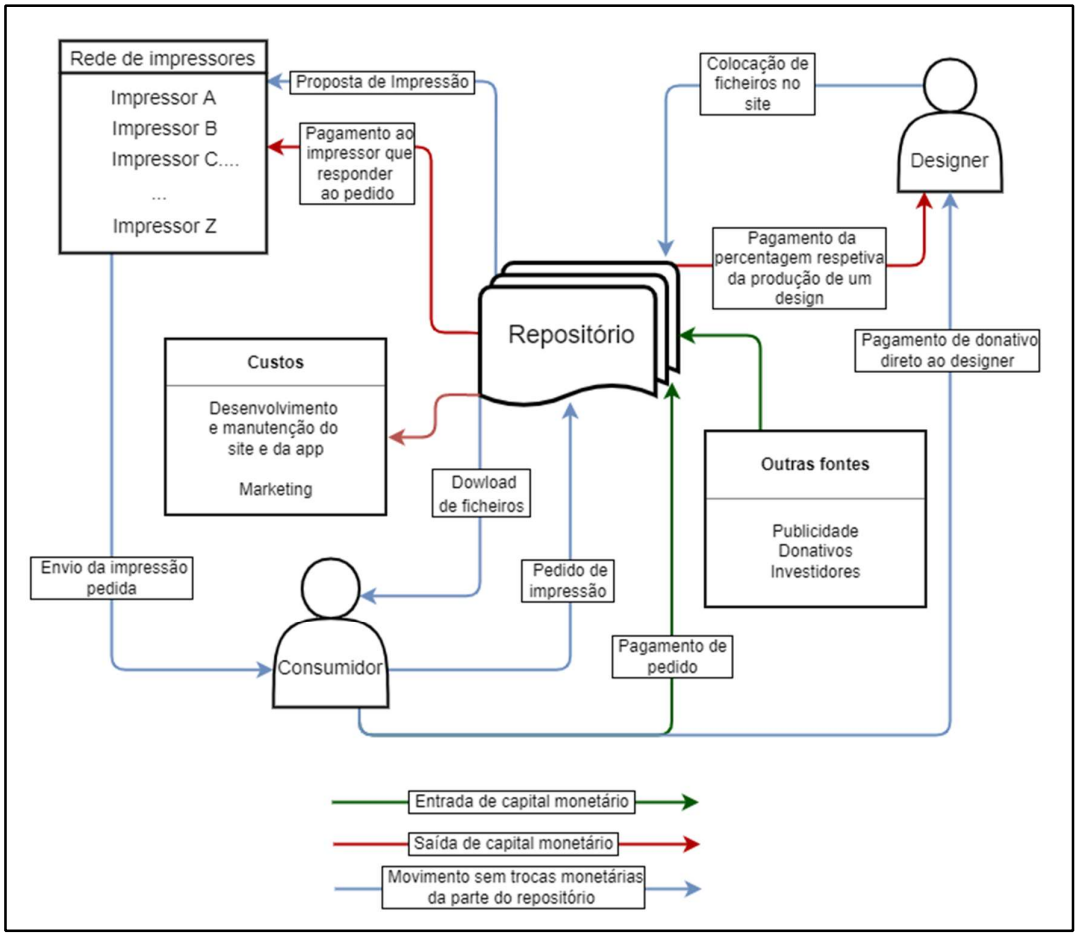

Figura 21 - Diagrama de Operação do repositório proposto

À exceção da rede de impressores, todos os outros intervenientes e tecnologias, tais como consumidores, designers e repositórios digitais preexistem ao modelo proposto.

Focando na rede de impressores, apesar de, atualmente, ela não ser uma realidade, a infraestrutura para a sua criação já existe. Como foi discutido previamente, já existem mais de 2 milhões de impressoras na mão de consumidores pessoais e esse número terá tendência a aumentar drasticamente. Embora grande parte deles não pretenda ou não tivesse ponderado rentabilizar essa compra, a verdade é que tal é possível, se houver potenciais compradores dos produtos impressos por esses equipamentos.
Utilizando o repositório digital, que pode ser alojado em qualquer parte do mundo, o mesmo pode gerir a que impressores, localizados na zona geográfica do cliente final, pode propor a produção dos seus pedidos, de forma a minimizar as despesas de transporte e reduzir a pegada ecológica de todo o processo.
Para demonstrar a possibilidade de uma rede de impressores poder aumentar exponencialmente se o modelo de negócio mostrar viabilidade, dá-se como exemplo o paradigma da UBER®. A mesma, nos seus primórdios, operava numa única cidade com uma frota de três viaturas. Atualmente, passados doze anos, e fruto do seu sucesso como uma tecnologia disruptiva, a mesma opera em 10000 cidades com uma frota de 3.9 milhões de viaturas.

3.3 Análise crítica ao modelo

O modelo será analisado através de três ferramentas, a análise SWOT, a análise PESTAL e o modelo das Cinco Forças de Porter.

A análise SWOT (*Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*)(Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameças) foi desenvolvida em Harvard, nos anos 60 do século XX, focada na análise interna para identificação das competências que distinguem uma empresa ou serviço (os seus pontos fortes e os seus pontos fracos) e a sua posterior confrontação numa base temporal com as ameaças e oportunidades do ambiente externo, com o intuito de identificar as melhores alternativas e combinações de oportunidades e recursos para definição e/ou aprimoramento da estratégia do modelo em causa.(*ANÁLISE SWOT DO ENSINO SUPERIOR PORTUGUÊS*, 2014)
Deste modo, foi realizada uma análise SWOT, com o intuito de analisar as principais forças, fraquezas, oportunidades e ameaças que o modelo enfrenta.

Figura 22 – Visualização gráfica da análise SWOT (ANÁLISE SWOT DO ENSINO SUPERIOR PORTUGUÊS, 2014)

Forças

• Produção com bastante qualidade;
• Facilidade em obter diferentes tipos de peças;
• Custo relativamente baixo;
• Processo de manufatura eficiente;
• Redução do custo de construção, por não necessitar de infraestruturas especializadas;
• Facilidade que proporcionará ao consumidor na obtenção das peças desejadas;
• Qualquer pessoa com uma impressora e experiência poderá participar
• Aposta num mercado em crescimento;
• Permite que os indivíduos rentabilizem as suas impressoras;
• Tecnologia subjacente já disponível e de baixo custo comparado à produção industrial.

Fraquezas

• Possível resistência individual à entrada no mercado (pessoas que têm as impressoras, mas não se sentem à vontade para participar no serviço);
• Necessidade de experiência por parte das pessoas que imprimem;
• Tempo de produção;
• Possível necessidade de pós-processamento dos produtos obtidos;

• Qualidade final varia em função do tipo de impressora/material utilizado;
• Possível limitação na escolha dos materiais;
• Dificuldade em obter peças muito grandes ou bastante detalhadas.
• Dificuldade em produzir peças em massa.

Oportunidades
• Mercado em ascensão;
• Oportunidade para pessoas que pensam comprar uma impressora 3D e pessoas que já têm impressoras que pretendem rentabilizar (mas que não pretendem abrir um negócio na área), vendo assim uma forma de terem retorno do valor investido;
• Inovações de grande dimensão são esperadas na área da impressão 3D, permitindo assim imprimir com mais facilidade e a menor custo;
• Área ainda não explorada;
• Potencialidade de usar material reciclado (sustentabilidade);
• Customização de *designs* já existentes;
• Potencialidade de usar novos materiais;
• Utilizar uma rede de pessoas com impressoras disponíveis, torna-se mais competitivo que empresas individuais que se especializam em impressão 3D;

Ameaças
• Problemas de software/hardware;
• Dificuldades em identificar e proteger propriedade intelectual protegida.

A análise SWOT, como foi possível ver anteriormente, permite a avaliação dos fatores internos e externos do modelo em análise. Podemos salientar que o modelo apresenta variadas forças que o distinguem, tais como a qualidade do produto que oferece, a sua acessibilidade, inovação e versatilidade. Quanto às suas fraquezas, as mesmas estão fortemente relacionadas com a própria construção do produto desejado, tal como a duração da produção, uma possível limitação na escolha de materiais e a qualidade, que poderá variar conforme a impressora utilizada. Contudo, dado o constante desenvolvimento da impressão aditiva, a longo prazo há uma enorme probabilidade que parte das fraquezas atuais passem a ter uma influência bastante reduzida, ou até mesmo nula.

A análise PESTAL (Político, Económico, Social, Tecnológico, Ambiental e Legal) apenas tem em conta os aspetos exteriores ao modelo, mas de uma forma abrangente.
Assim, de seguida é apresentada a análise realizada para o ambiente externo do modelo.

Tabela 7 – Análise PESTAL

Político	Proteção ao consumidor; Instabilidade política; Leis e regulamentação técnica do setor; Acordos de comércio internacional em vigor.
Económico	Redução da força de trabalho na manufatura tradicional; Preços mais acessíveis para produtos personalizados comparativamente com outros métodos de produção; Oferta de oportunidades de rendimento; Grande potencial de crescimento de mercado; Efeitos da inflação.
Social	Oferta de emprego; Padrões de compra do consumidor; Tendência de mercado; Rentabilização das impressoras individuais.
Tecnológico	Tecnologia acessível; Utilização das redes sociais para publicitar o modelo; Inovador.
Ambiental	Redução do impacto ambiental; Sustentável; Redução de deslocações; Pegada ecológica reduzida.
Legal	Propriedade intelectual e/ou violação de patente; Cumprimento da legislação

Dado que o modelo depende do meio exterior em que se encontra é importante analisar o mesmo, resultando assim uma análise cuidada dos fatores externos a que o modelo poderá estar sujeito.

Por fim, o modelo das Cinco Forças de Porter, concebido por Michael Porter, é utilizado para analisar a competição já existente no mercado.

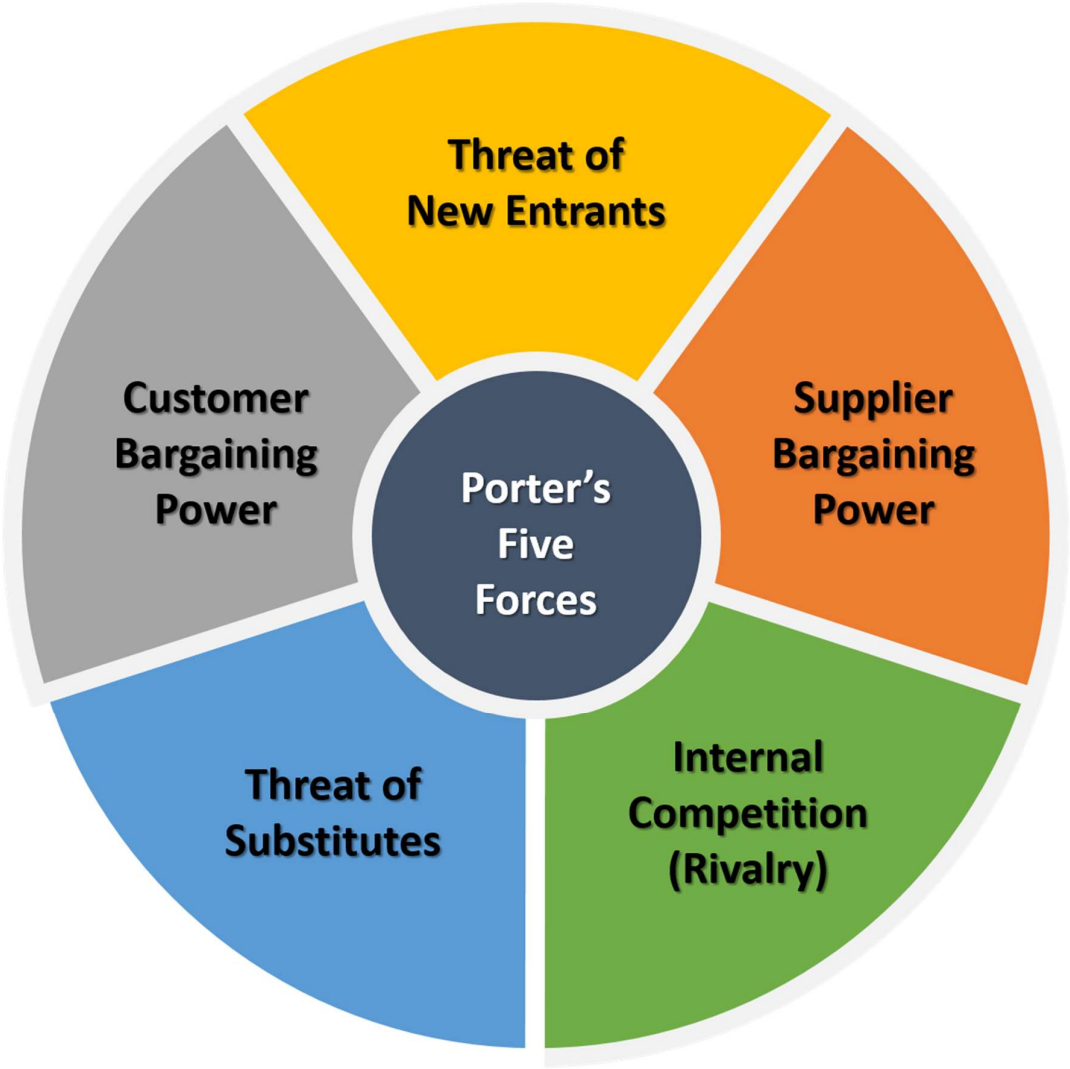

Figura 23 - Cinco Forças de Porter (Research Gate, 2018)

Ameaças de Novos Concorrentes (*Threat of New Entrants*)

O negócio da impressão 3D é um nicho de mercado no qual não é caro entrar. Isto deve-se, não só à diminuição do preço da matéria-prima, mas também ao baixo custo de aquisição de tecnologia 3D. Pelo que é possível que outros modelos, *open-source* ou proprietários, tentem replicar e, mediante o capital disponível, poderão adquirir uma quota superior de mercado.

Poder Negocial dos Fornecedores (*Supplier Bargaining Power*)
Os impressores podem vender diretamente ao cliente.
Preços impostos pelo modelo, seja por taxa fixa ou por percentagem do negócio, podem não ser aliciantes à adesão ao modelo.

Ameaça de Novos Produtos (*Threat of Substitutes*)
Impressores individuais podem substituir o negócio em questão.
Aparecimento de modelos semelhantes dedicadas à impressão 3D.

Poder Negocial dos clientes (Customer Bargaining Power)
Custo de produção superior ao de aquisição de peças fabricadas através de outros processos.
Tempo de produção elevado.

Rivalidade entre Concorrentes (*Internal Competition*)
Possibilidade de empresas com *print farms* (armazéns com vários equipamentos de impressão aditiva) conseguirem dar mais resposta que os impressores individuais reunidos pelo modelo.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

Sendo a impressão aditiva, atualmente, um nicho de mercado, a mesma ainda se encontra a alguns anos de estar estabelecida como uma alternativa viável para substituir outros métodos de produção mais recorrentes. O mesmo ocorre quanto à produção urbana, que não fará desaparecer, por completo, a necessidade de grandes fábricas afastadas dos centros urbanos, para desenvolver certos produtos que não são possíveis de ser produzidos tanto em infraestruturas pequenas, nem em pequena escala.
Na mesma perspetiva, nem todos os consumidores estão sensibilizados para a alternativa que a impressão aditiva representa, tanto a nível de personalização como a nível da sua maior sustentabilidade.

Contudo, é possível que um modelo como o proposto, utilizando as vantagens trazidas pela impressão aditiva e o livre acesso a uma grande biblioteca de ficheiros *online*, seja capaz de gerar uma restruturação do mercado, no qual os consumidores, seja por necessidade de aquisição de um produto mais ao seu gosto, seja por uma vontade de apostar num processo de produção mais sustentável e ecológico, optem por recorrer a detentores de impressoras aditivas, em vez de adquirirem em grandes corporações, diminuindo o impacto ecológico a nível mundial devido à redução de transportes de longas distâncias e à criação de grandes e dispendiosas infraestruturas para produções em série.
Essa restruturação permitiria a maior capitalização dos centros urbanos, aproximando clientes e produtores, e criando produtos em menores quantidades, mas mais focados e direcionados ao seu consumidor final.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Uma vez que uma das versatilidades do modelo é a sua capacidade de produzir peças com base em modelos digitais, obtidos a partir de repositórios de ficheiros, podem estar em causa questões de propriedade intelectual e patentes, que o detentor da impressora não terá forma de avaliar, uma vez recebido o pedido do cliente.

Como tal, propõe-se o seguinte:

- Estudo da relação entre a propriedade intelectual e a manufatura aditiva.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Artigos

5.2 Outras fontes

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Artigos

Abdoli, S., Juraschek, M., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2019). An investigation into holistic planning of urban factories. *Procedia CIRP*, *80*, 649–654. https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.100

Allen, R. C. (1983). Collective invention. *Journal of Economic Behavior and Organization*, *4*(1), 1–24. https://doi.org/10.1016/0167-2681(83)90023-9

ANÁLISE SWOT DO ENSINO SUPERIOR PORTUGUÊS. (2014). https://doi.org/10.14195/978-989-26-0830-3

Attaran, M. (2017). The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horizons*, *60*(5), 677–688. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011

Barni, A., Corti, D., Pedrazzoli, P., Rovere, D., & Lucisano, G. (2017). Mini-factories for Close-to-customer Manufacturing of Customized Furniture: From Concept to Real Demo. *Procedia Manufacturing*, *11*, 854–862. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.188

Basmer, S., Buxbaum-Conradi, S., Krenz, P., Redlich, T., Wulfsberg, J. P., & Bruhns, F. L. (2015). Open production: Chances for social sustainability in manufacturing. *Procedia CIRP*, *26*, 46–51. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.102

Beltagui, A., Kunz, N., & Gold, S. (2020). The role of 3D printing and open design on adoption of socially sustainable supply chain innovation. *International Journal of Production Economics*, *221*, 107462. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.035

Benkler, Y. (2002). Coase's penguin, or, linux and the nature of the firm. In *Yale Law Journal* (Vol. 112, Issue 3, pp. 369–446). Yale Law Journal. https://doi.org/10.2307/1562247

Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, *55*(2), 155–162. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003

Bogers, M., Afuah, A., & Bastian, B. (2010). Users as Innovators: A Review, Critique, and Future Research Directions. *Journal of Management*, *36*(4), 857–875. https://doi.org/10.1177/0149206309353944

Bogers, M., McCarthy, I. P., & Pitt, L. (2015). Leveraging users as innovators: Managing the creative potential of individual consumers. In *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M* (Vol. 37, pp. 3–5). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2015.09.001

Bourell, D., Kruth, J. P., Leu, M., Levy, G., Rosen, D., Beese, A. M., & Clare, A. (2017). Materials for additive manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *66*(2), 659–681. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.05.009

Bourell, D. L., Rosen, D. W., & Leu, M. C. (2014). The roadmap for additive manufacturing and its impact. In *3D Printing and Additive Manufacturing* (Vol. 1, Issue 1, pp. 6–9). Mary Ann Liebert Inc. https://doi.org/10.1089/3dp.2013.0002

Burggräf, P., Dannapfel, M., Uelpenich, J., & Kasalo, M. (2019). Urban factories: Industry insights and empirical evidence within manufacturing companies in German-speaking countries. *Procedia Manufacturing*, *28*, 83–89. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.014

Castro, H., Putnik, G., Castro, A., & Bosco Fontana, R. D. (2019). Open Design initiatives: an evaluation of CAD Open Source Software. *Procedia CIRP*, *84*, 1116–1119. https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.08.001

Cerdas, F., Juraschek, M., Thiede, S., & Herrmann, C. (2017). Life Cycle Assessment of

3D Printed Products in a Distributed Manufacturing System. *Journal of Industrial Ecology*, *21*(S1), S80–S93. https://doi.org/10.1111/jiec.12618

Chekurov, S., & Salmi, M. (2017). Additive Manufacturing in Offsite Repair of Consumer Electronics. *Physics Procedia*, *89*, 23–30. https://doi.org/10.1016/j.phpro.2017.08.009

Chiaroni, D., Chiesa, V., & Frattini, F. (2011). The Open Innovation Journey: How firms dynamically implement the emerging innovation management paradigm. *Technovation*, *31*(1), 34–43. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.08.007

Cramer, J., & Krueger, A. B. (2016). Disruptive Change in the Taxi Business: The Case of Uber. *American Economic Review*, *106*(5), 177–182. https://doi.org/10.1257/aer.p20161002

Douglas, E. J., & Shepherd, D. A. (2014). Self-employment as a career choice: attitudes, entrepreneurial intentions, and utility maximization. In *A Psychological Approach to Entrepreneurship: Selected Essays of Dean A. Shepherd* (pp. 307–316). Edward Elgar Publishing Ltd. https://doi.org/10.4337/9781783479801.00025

Đurković, J., Vuković, V., & Raković, L. (2008). Open Source Approach in Software Development-Advantages and Disadvantages. In *Management Information Systems* (Vol. 3, Issue 2).

Freeman, R., McMahon, C., & Godfrey, P. (2017). An exploration of the potential for re-distributed manufacturing to contribute to a sustainable, resilient city*. *International Journal of Sustainable Engineering*, *10*(4–5), 260–271. https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1318969

Guo, N., & Leu, M. C. (2013). Additive manufacturing: Technology, applications and research needs. In *Frontiers of Mechanical Engineering* (Vol. 8, Issue 3, pp. 215–243). https://doi.org/10.1007/s11465-013-0248-8

Hatuka, T., Ben-Joseph, E., & Peterson, S. M. (2017). Facing forward: Trends and Challenges in the development of industry in cities. *Built Environment*, *43*(1), 145–155. https://doi.org/10.2148/benv.63.3.145

Helfat, C. E. (2011). Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology. *Academy of Management Perspectives*, *20*(2), 86–88. https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591014

Herrmann, C., Juraschek, M., Burggräf, P., & Kara, S. (2020). Urban production: State of the art and future trends for urban factories. *CIRP Annals*, *69*(2), 764–787. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.05.003

Herrmann, C., Juraschek, M., Kara, S., & Thiede, S. (2019). Urban Factories: Identifying Products for Production in Cities. In *Technologies and Eco-innovation towards Sustainability I* (pp. 185–198). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1181-9_15

Herrmann, C., Schmidt, C., Kurle, D., Blume, S., & Thiede, S. (2014). Sustainability in manufacturing and factories of the future. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, *1*(4), 283–292. https://doi.org/10.1007/s40684-014-0034-z

Huang, Y., Leu, M. C., Mazumder, J., & Donmez, A. (2015). Additive manufacturing: Current state, future potential, gaps and needs, and recommendations. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, *137*(1). https://doi.org/10.1115/1.4028725

Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C., & Bowyer, A. (2011). Reprap - The replicating rapid prototyper. *Robotica*, *29*(1 SPEC. ISSUE), 177–191. https://doi.org/10.1017/S026357471000069X

Juraschek, M., Becht, E. J., Büth, L., Thiede, S., Kara, S., & Herrmann, C. (2018). Life Cycle Oriented Industrial Value Creation in Cities. *Procedia CIRP*, *69*, 94–99. https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.069

Juraschek, M., Bucherer, M., Schnabel, F., Hoffschröer, H., Vossen, B., Kreuz, F., Thiede, S., & Herrmann, C. (2018). Urban Factories and Their Potential Contribution to the Sustainable Development of Cities. *Procedia CIRP*, *69*, 72–77. https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.067

Juraschek, M., Kreuz, F., Bucherer, M., Sonntag, R., Schnabel, F., Hoffschröer, H., Vossen, B., Söfker-Rieniets, A., Thiede, S., & Herrmann, C. (2020). *Resources of the*

urban factory: Definitions and findings from the Urban Factory research project. https://doi.org/10.24355/DBBS.084-202001240843-0

Kardong-Edgren, S. (2008). You may have heard of diffusion of innovation...but did you know about Moore's Chasm? *Clinical Simulation in Nursing*, *4*(1), e1. https://doi.org/10.1016/J.ECNS.2009.05.057

Khajavi, S. H., Partanen, J., & Holmström, J. (2014). Additive manufacturing in the spare parts supply chain. *Computers in Industry*, *65*(1), 50–63. https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.07.008

Li, P., Mellor, S., Griffin, J., Waelde, C., Hao, L., & Everson, R. (2014). Intellectual property and 3D printing: A case study on 3D chocolate printing. *Journal of Intellectual Property Law and Practice*, *9*(4), 322–332. https://doi.org/10.1093/JIPLP/JPT217

Ligon, S. C., Liska, R., Stampfl, J., Gurr, M., & Mülhaupt, R. (2017). Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing. In *Chemical Reviews* (Vol. 117, Issue 15, pp. 10212–10290). American Chemical Society. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.7b00074

Lopes, A. J., Perez, M. A., Espalin, D., & Wicker, R. B. (2020). Comparison of ranking models to evaluate desktop 3D printers in a growing market. *Additive Manufacturing*, *35*, 101291. https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101291

Mellor, S., Hao, L., & Zhang, D. (2014). Additive manufacturing: A framework for implementation. *International Journal of Production Economics*, *149*, 194–201. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.07.008

Mourtzis, D., Doukas, M., & Milas, N. (2016). A knowledge-based social networking app for collaborative problem-solving in manufacturing. *Manufacturing Letters*, *10*, 1–5. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2016.08.001

Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. In *Composites Part B: Engineering* (Vol. 143, pp. 172–196). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012

Prakash, K. S., Nancharaih, T., & Rao, V. V. S. (2018). Additive Manufacturing Techniques in Manufacturing -An Overview. *Materials Today: Proceedings*, *5*(2), 3873–3882. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.642

Rappaport, N. (2017). Hybrid factory π Hybrid city. *Built Environment*, *43*(1), 72–86. https://doi.org/10.2148/benv.63.3.72

Rayna, T., & Striukova, L. (2016). From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, *102*, 214–224. https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2015.07.023

Rebensdorf, A., Gergert, A., Oosthuizen, G. A., & Böhm, S. (2015). Open community manufacturing - Development Challenge as a concept for value creation for sustainable manufacturing in South Africa. *Procedia CIRP*, *26*, 167–172. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.01.012

Schniederjans, D. G. (2017). Adoption of 3D-printing technologies in manufacturing: A survey analysis. *International Journal of Production Economics*, *183*, 287–298. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.11.008

Thomas-Seale, L. E. J., Kirkman-Brown, J. C., Attallah, M. M., Espino, D. M., & Shepherd, D. E. T. (2018). The barriers to the progression of additive manufacture: Perspectives from UK industry. *International Journal of Production Economics*, *198*, 104–118. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.02.003

Thomas, D. S., & Gilbert, S. W. (2015). *Costs and Cost Effectiveness of Additive Manufacturing A Literature Review and Discussion*. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.1176

Tooze, J., Baurley, S., Phillips, R., Smith, P., Foote, E., & Silve, S. (2014). Open design: Contributions, solutions, processes and projects. *Design Journal*, *17*(4), 538–559. https://doi.org/10.2752/175630614X14056185480069

Van Holm, E. J. (2015). What are Makerspaces, Hackerspaces, and Fab Labs? *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.2548211

William Chesbrough, H. (2008). *Open Innovation: Researching A New Paradigm Open Innovation through R&D Partnerships: Implementation Challenges and Routes to*

Success View project MOOI-Managing and Organising open innovation View project. https://www.researchgate.net/publication/232957368
Wulfsberg, J. P., Redlich, T., & Bruhns, F. L. (2011). Open production: Scientific foundation for co-creative product realization. *Production Engineering*, *5*(2), 127–139. https://doi.org/10.1007/s11740-010-0286-6
Zhang, J., Gu, P., Peng, Q., & Hu, S. J. (2017). Open interface design for product personalization. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, *66*(1), 173–176. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.036

5.2 Outras fontes de informação

3DHubs (2018). Online Manufacturing Trends Q4/2018
Disponível em: https://www.3dhubs.com/get/trends/past-reports/

3SPACE (2018). 3D Printing Vs. Injection Molding
Disponível em: https://3space.com/blog/3d-printing-vs-injection-molding

ALL3DP (2020). The Types of 3D Printing Technology in 2020
Disponível em: https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology/

Open Innovation (2021). Open Innovation
Disponível em - https://www.openinnovation.eu/

RepRap (2007). RepRap Project
Disponível em https://reprap.org/

The Fabricator (2020). Who invented 3D printing?
Disponível em: https://www.thefabricator.com/additivereport/blog/additive/who-invented-3d-printing

Thingverse (2015). Platform Jack [Fully Assembled, No Supports]
Disponível em: https://www.thingiverse.com/thing:925556

Unikey Word (2015) Prosumer
Disponível em: https://unikeyword.wordpress.com/tag/prosumer/

Wohlers Report (2019)
Disponível em: https://wohlersassociates.com/2019report.htm

Gráficos Statista (2021)
Disponível em: https://www.statista.com/statistics/315386/global-market-for-3d-printers/