



Fabricação Aditiva no Design de Moda

Andresa Raquel Faustino Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Design de Moda
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Profa. Doutora Rafaela Norogrande
Coorientador: Designer Ms. Raul Pereira Pinto

outubro de 2020

Agradecimentos

A concretização desta dissertação não seria possível sem o apoio de algumas pessoas, que foram muito importantes neste percurso, quer a nível académico quer a nível pessoal.

Em lugar de destaque quero agradecer aos meus pais, por me darem esta oportunidade, pois sem o apoio deles nada seria possível. Quero agradecer também ao meu namorado e aos meus amigos, pelo apoio incondicional nos piores momentos, pelos desabafos, conselhos e pela força que me deram para seguir em frente.

Agradeço à Professora Doutora Rafaela Norogrande, por aceitar orientar esta dissertação, e pelo apoio prestado durante este processo. Agradeço também ao Designer Raul Pinto que coorientou esta dissertação e que me auxiliou na parte de impressão 3D.

Um agradecimento muito especial à Susana Marques, que durante este processo me auxiliou e elucidou bastante, agradeço por toda a disponibilidade e empenho que sempre demonstrou para me ajudar.

O meu muito obrigado a todas estas pessoas que fizeram com que esta dissertação fosse possível.

Resumo

Esta dissertação é um estudo sobre uma evolução tecnológica, a manufatura aditiva, mais conhecida como a Impressão 3D, com abordagem centrada para a indústria da moda.

A utilização da tecnologia de impressão 3D é um processo de fabricação relativamente recente quando comparado com os métodos tradicionais, contudo tem vindo a ter um crescimento nos últimos anos, cerca de 20% na área da moda, joalheria e arte, além disso está a revolucionar todas as áreas de fabricação. Assim sendo, pode dar um outro viés à indústria da moda, alterando os cânones relacionados. Todos os aspetos tradicionais de produção de vestuário podem ser drasticamente alterados com esta tecnologia, para além de que, esta inovação tem potencial para fazer da indústria da moda uma indústria mais sustentável. Porém, existem alguns problemas que tornam esta tecnologia disfuncional. Problemas esses relacionados como a rigidez dos materiais, a usabilidade, o conforto e questões ergonómicas são alguns parâmetros que por vezes a impressão 3D ainda não consegue resolver.

Esta dissertação, estruturada por pesquisa bibliográfica, entrevistas e estudo prático, apresenta uma linha histórica sobre a tecnologia de fabricação aditiva, bem como a sua aplicabilidade e experimentação ao longo dos anos. O documento traz como destaques os benefícios e utilizações efetivas para o mundo da moda na atualidade e perspectivas no cenário da alta costura. Para além disso, foi feito um ensaio prático onde é analisada a potencialidade da produção de vestuário, os aspetos positivos, negativos e controvérsias existentes relativas ao processo de produção desta tecnologia para a moda.

Palavras-chave

Experimentação; Impressão 3D; Inovação; Moda; Sustentabilidade; Tecnologia;

Abstract

This dissertation is a study on technological evolution, additive manufacturing, better known as 3D printing, with a centered approach to the fashion industry.

The use of 3D printing technology is a relatively recent manufacturing process when compared to traditional methods, however, it has been growing in recent years, around 20% in the area of fashion, jewelry, and art, also, it is revolutionizing all manufacturing areas. Therefore, the fashion industry can give another bias to the fashion industry, changing the canons currently related. All traditional aspects of clothing production can be drastically changed with this technology, in addition to that, this innovation has the potential to make the fashion industry a more sustainable industry. However, some problems make this technology dysfunctional. Problems related to the rigidity of materials, usability, comfort, and ergonomic issues are some parameters that sometimes 3D printing still cannot solve.

This dissertation, structured by bibliographic research, interviews, and practical study, presents a historical line on active manufacturing technology, as well as its applicability and experimentation over the years. The document highlights the benefits and effective uses for the fashion world today and perspectives in the haute couture scenario. Also, a practical test was carried out in which the potential of clothing production is analyzed, as well as the positive, negative aspects and existing controversies related to the production process of this technology for fashion.

Keywords

Experimentation; 3D Printing; Innovation; Fashion; Sustainability; Technology;

Índice

PARTE I	1
Introdução	3
Objetivos	5
Metodologia	5
Capítulo I – Impressão 3D	7
1.1 Contextualização histórica e tecnológica	7
1.2 Campo de aplicação	11
Capítulo II – A Indústria 4.0 e a impressão 3D	13
2.1 Indústria 4.0	13
2.2 Programação	15
2.3 Scanners	17
2.4 Impressão 3D	19
2.4.1 Métodos e materiais utilizados	21
Capítulo III – Campo de atuação na moda	28
3.1 Vestuário	28
3.2 Acessórios	41
3.3 Calçado	44
Capítulo IV – Perspetiva empresarial	47
4.1 Perspetiva das empresas/designers a esta nova tecnologia	47
4.2 Análise de questionários	48
Parte II	52
Capítulo V – Ensaio Prático	54
5.1 Descrição	54
5.2 Processo de Design em Impressão 3D	56
5.3 Impressão	61
5.4 Observações	63
Conclusão	66

Referências

68

Anexos

73

Lista de Figuras

<i>Gráfico 1: Linha do tempo do desenvolvimento da tecnologia impressão 3D.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 1: Componentes da Indústria 4.0</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2: Avatar do programa Clo3D</i>	<i>17</i>
<i>Figura 3: Método FDM (Fused Deposition Modeling)</i>	<i>25</i>
<i>Figura 4: Método SLA ou SL (Stereolithography).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 5: Método SLS (Selective Laser Sintering)</i>	<i>25</i>
<i>Figura 6: Figura exemplificativa da técnica da Tecelagem 3D.</i>	<i>25</i>
<i>Gráfico 2: Linha do tempo do desenvolvimento de vestuário em impressão 3D. .</i>	<i>29</i>
<i>Figura 7: Coleção “Crystallization” de Iris Van Herpen</i>	<i>31</i>
<i>Figura 8: Coleção “Escapism” de Iris Van Herpen.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9: Coleção “Capriole” de Iris Van Herpen</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10: Coleção “Micro” de Iris Van Herpen</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11: Coleção “Hybrid Holism” de Iris Van Herpen.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12: Coleção “Biopiracy” de Iris Van Herpen.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13: Vestido Dita Von Teese</i>	<i>35</i>
<i>Figura 14: Vestido Kinematics</i>	<i>35</i>
<i>Figura 15: Coleção de graduação do curso de Design de Moda de Danit Peleg.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 16: Gems of the Ocean</i>	<i>36</i>
<i>Figura 17: Vestido Vortex.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 18: 1ª imagem “The Lace Mini Skirt”: a primeira saia de renda impressa em 3D no mundo. 2ª imagem “The Parametric Skin Suit”: padrões tridimensionais semelhantes a pele de cobra, inspirado nas peles de animais marinhos.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 19: Mala "Think outside the Box" e tecidos desenvolvidos por Susana Marques</i>	<i>39</i>
<i>Figura 20: Brincos “Folha Earrings” de Stéphanie Santos.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 21: Mala “Hymenium” de Julia Körner.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 22: Mala “Avital” de Julia Daviy</i>	<i>43</i>
<i>Figura 23: Mala "Folha On Chain" de Stéphanie Santos.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 24: Botas Iris Van Herpen em colaboração com a empresa Stratasys.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 25: Tênis da Nike “Vapor HyperAgility Cleat”.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 26: Sapatos desenvolvidos por Francis Bitonti em parceria com a United Nude.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 27: Sapatilha, "Futurecraft 4D" da Adidas.....</i>	<i>46</i>

<i>Figura 28: Moodboard da peça desenvolvida</i>	<i>57</i>
<i>Figura 29: Ilustração da peça (vestido) desenvolvida</i>	<i>57</i>
<i>Figura 30: Processo de configuração em programa de impressão 3D.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 31: Desenvolvimento do tecido no programa "Cura"</i>	<i>61</i>
<i>Figura 32: Amostra do tecido impresso em 3D / Zoom da Amostra</i>	<i>62</i>

Lista de Acrónimos

ABS	<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (Acrilonitrila Butadieno Estireno)
AM	<i>Additive Manufacturing</i> (Fabricação Aditiva)
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (Design Assistido por Computador)
CAD-CAM	<i>Computer-Aided Design-Computer-Aided Manufacturing</i> (Design Assistido por Computador-Produção Auxiliada por Computador)
DLP	<i>Digital Light Processing</i> (Processamento de Luz Direta)
DIY	<i>Do It Yourself</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> (Modelagem de Deposição Fundida)
FFF	<i>Fused Filament Fabrication</i> (Fabricação com Filamento Fundido)
IOT	<i>Internet of Things</i> (Internet das coisas)
LOM	<i>Laminated Object Manufacturing</i> (Fabricação de Objetos Laminados)
PLA	<i>Polylactic acid</i> (Poliácido Láctico)
RC	<i>Rapid Casting</i>
RM	<i>Rapid Manufacturing</i>
RT	<i>Rapid Tooling</i>
SLA ou SL	<i>Stereolithography</i> (Estereolitografia)
SLM	<i>Selective Laser Melting</i> (Derretimento Seletivo a Laser)
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i> (Sintetização Seletiva de Laser)
TPU	<i>Thermoplastic Polyurethane</i> Poliuretano
UV	Ultra Violeta

PARTE I

Introdução

Esta dissertação apresenta o uso da fabricação aditiva no âmbito da moda. Traz exemplos do que já foi desenvolvido e procura analisar a sua contribuição em futuros cenários para o sector.

A temática é relevante, uma vez que esta tecnologia está em rápido desenvolvimento (Moreau, 2020), gerando novas potencialidades e perspectivas na conceção e produção de produtos (Kuhn & Minuzzi, 2015). A abordagem teórica e registo de atuações ainda é pouco referenciada. É um tema atual e demonstra também parte de um futuro que pode trazer resoluções no mundo da moda, tal como, uma mudança no processo de produção de vestuário bem como no consumo de moda, ou ainda no processo de criação, conceção e interação entre prosumidores e o aumento exponencial do seu papel na indústria 4.0. Além disso, esta nova tecnologia pode contribuir para a solução de problemáticas existentes na indústria da moda, tal como a logística, os custos envolvidos no processo de produção e principalmente na redução de desperdício.

Para ter uma maior informação do que é a impressão 3D na moda e em que ponto esta tecnologia se encontra, o estudo aqui apresentado tem início na análise histórica da impressão 3D, pelas várias transformações e evoluções que sofreu ao longo dos anos desde que foi criada e em que ponto se encontra atualmente. Esta tecnologia pode alterar em muitos aspetos a fabricação de produtos quando comparada com o processo de produção tradicional.

Para esta dissertação foi necessário investigar em que perspetiva esta tecnologia pode interferir na moda, principalmente na viabilidade de um contributo para a sustentabilidade e para questões éticas intrínsecas ao sistema de moda (vestuário, acessórios e outros) e em que ponto evolutivo se encontra. Neste sentido, foi feito um levantamento de dados acerca de vestuário já criado recorrendo à impressão 3D e também qual a perspetiva de utilização por parte das empresas e das marcas de vestuário.

Atualmente uma das preferências da grande parte dos consumidores é adquirir produtos de alta qualidade a preços baixos, o que não é possível de encontrar no mercado atual, e muitas vezes as empresas para baixarem o preço de custo de produção recorrem a soluções pouco éticas (Scott, 2006).

A fabricação tradicional ainda é uma forma de produção de vestuário que utiliza mão de obra barata, utiliza materiais de má qualidade e por fim, a indústria da moda tem um grande impacto no meio ambiente, no meio social e económico, assim sendo, a impressão 3D responde de forma mais sustentável nesse sentido (Xiao-Hua Lin, 2017).

Apesar de ser uma necessidade, atualmente a indústria da moda prejudica drasticamente o meio-ambiente, sendo que é uma das indústrias mais poluentes do mundo, desde a produção, o fabrico e o transporte (Moutinho & Robalo Rosa, 2019).

Porém, a impressão 3D ainda tem um longo caminho a ser feito até que esta tecnologia possa contribuir efetivamente e de maneira alargada a uma mudança na forma de produzir e comercializar vestuário. Até porque se por um lado esta é uma tecnologia sustentável e mais eficiente, por outro, com a produção em impressoras 3D estamos a virtualizar e robotizar uma indústria que emprega milhões de pessoas, que poderão ver os seus postos de emprego e fonte de rendimentos cortados. Contudo ainda não é perceptível o impacto deste problema devido à necessidade futura da criação de novas empresas para darem resposta às necessidades desta tecnologia, e com isso também vão ser criados novos postos de trabalho.

Seria de esperar que uma peça de vestuário impressa em 3D fosse rígida porque geralmente o material utilizado nesta tecnologia é à base de polímeros, mas já se consegue criar materiais e texturas que permitem produzir vestuário fluido, o que já é um avanço positivo. Assim sendo, deixa uma prospeção de que a impressão 3D cada vez mais possa ser considerada para aplicações futuras.

O uso desta tecnologia abre possibilidades importantes para o mundo da moda, revolucionando todo o formato de fabricação de vestuário, eliminando problemáticas existentes atualmente, mas também potencialmente criando outras.

Esta dissertação está organizada em duas partes, uma teórica, com levantamento e análise de dados e outra prática-experimental. Esta estrutura está dividida em cinco capítulos. O último capítulo apresenta-se um ensaio prático, e algumas considerações finais relativas ao tema.

Objetivos

Esta dissertação aborda a utilização da fabricação aditiva no design e produção de moda, principalmente no vestuário. Os objetivos da investigação foram:

- Compreender a tecnologia de impressão 3D;
- Identificar os métodos e materiais apropriados para uma fabricação em impressão 3D;
- Detetar e analisar quais as vantagens e desvantagem na utilização da impressão 3D;
- Detetar e analisar se a impressão 3D é um método de fabricação sustentável;
- Descobrir se a impressão 3D permite a produção de vestuário impresso em 3D com propriedades/características semelhantes à produção tradicional;

Metodologia

Neste processo de investigação optou-se por fazer uma coleta de dados baseada em várias fontes de informação. Esta opção permite uma análise de cruzamento de informação para uma maior compreensão e uma maior resolução de problemas existentes na pesquisa.

Numa primeira parte de recolha de dados pretende-se uma pesquisa bibliográfica, baseada numa revisão de literatura em livros e artigos científicos.

Na segunda parte desta recolha e relativamente aos casos exemplificativos, por vezes utilizou-se uma pesquisa em blogs, páginas oficiais de designers e revistas. Devido à falta de informação científica existente, acabou por tornar a pesquisa exaustiva porque a informação encontra-se muito dispersa.

Na última parte de recolha de dados, foi feito um questionário a ser enviado a vários designers. A questão é que como estamos a abordar um tema que ainda é um nicho de mercado, foram enviados 20 questionários, em que um questionário demora cerca de 20 minutos a ser respondido, esse questionário contém 5 perguntas a serem respondidas. Dos 20 questionário enviados só se obteve resposta de 5 designers (respostas em anexo), que foram Burcin Nalinci, Danit Peleg, Melinda Looi, Stéphanie Santos e Susana Marques. Para além disso, optou-se por fazer um ensaio prático com a colaboração de Susana Marques, uma designer experiente na área de impressão 3D no design de moda.

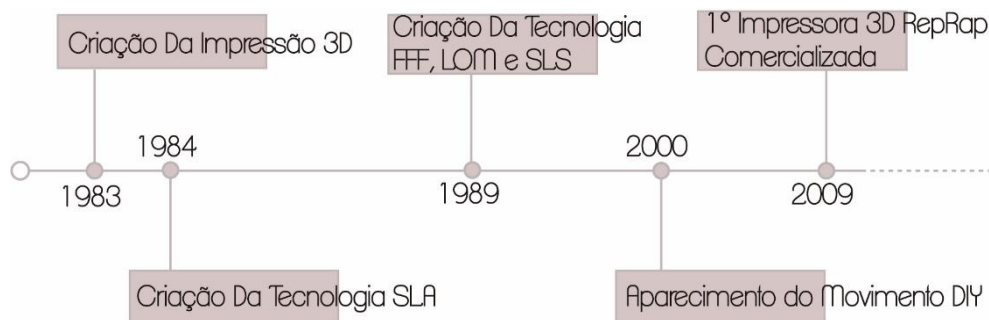
A utilização destes métodos de coleta de dados permitiu fazer um cruzamento de dados com o objetivo de obter mais informação e/ou consolidar a informação restante.

Capítulo I – Impressão 3D

1.1 Contextualização histórica e tecnológica

A impressão 3D, também conhecida como fabricação aditiva, é um processo de fabricação a partir de um modelo tridimensional digital segundo um ficheiro digital *Computer-Aided Design* (CAD). Este ficheiro pode ser gerado utilizando programas de modelação onde é desenvolvido um modelo tridimensional ou através de uma digitalização 3D de uma geometria existente. Posteriormente a isso é utilizada a tecnologia *Computer-Aided Design-Computer-Aided Manufacturing* (CAD-CAM) que o transforma em superfícies que serão lidas pelo software por camadas horizontais. Posto isto, o ficheiro é enviado para uma impressora 3D que contém o material a ser utilizado para a sua fabricação, sendo a sua produção feita por consecutivas camadas horizontais de material depositado pela impressora 3D (Savini & Savini, 2015).

Gráfico 1: Linha do tempo do desenvolvimento da tecnologia impressão 3D.
Fonte: Autoria própria



A criação da impressão 3D pode ser verificada desde 1983, com o surgimento do primeiro objeto impresso em três dimensões: um copo de plástico preto e rudimentar, inventado e produzido pelo engenheiro físico norte-americano, Chuck Hull.

Entretanto, Chuck Hull foi desenvolvendo esta tecnologia até que em 1984 inventou a estereolitografia, este método utiliza a luz UV para sintetizar o material na criação dos objetos impressos em 3D camada por camada. Um ano depois, Hull desenvolveu outro sistema que usava fotopolímero, esse método consistia em transformar um material líquido em sólido quando a luz de um raio UV reflete sobre o mesmo.

Chuck Hull em 1986 patenteou a sua invenção a estereolitografia (SLA) e ainda no mesmo ano fundou a empresa 3D Systems, que atualmente ainda é considerada uma das maiores empresas no âmbito da manufatura aditiva (Savini & Savini, 2015).

Em 1989 uma das primeiras tecnologias de manufatura aditiva, ainda bastante utilizada atualmente, mais conhecida por fabricação com filamento fundido (FFF), foi desenvolvida por S.Scott Crump. As impressoras 3D FFF têm como método a deposição de material termoplástico, camada sobre camada, sobre uma plataforma com 3 eixos (x, y e z) (Tahnee Marquardt & Emmi Zheng, 2016), foi ainda nesse ano que S.Scott Crump e a sua esposa Lisa Crump patentearam esta tecnologia de impressão 3D denominada de modelagem de deposição fundida (FDM) (termo patenteado pelo casal mas a tecnologia é a mesma que a FFF) e fundaram a empresa Stratasys, considerada também atualmente uma das maiores empresas do mundo em impressão 3D.

No final da década de 1980 foi desenvolvida a tecnologia de fabricação de objetos laminados (LOM) que foi desenvolvida por Helisys (EUA). Este método consiste no empilhamento de camadas de materiais definidos em folhas, onde posteriormente vai se retirando o excesso com um laser (Harsha Vardhan, Charan, Reddy, & Sampath Kumar, 2014).

Em 1989 na Universidade do Texas, foi desenvolvida a tecnologia de sinterização seletiva de laser (SLS) que consiste na fusão por um laser de partículas de pó ou líquido. Esta tecnologia foi desenvolvida pelo Carl Deckard, ainda estudante da Universidade do Texas e patenteada no mesmo ano (Plate, 2017). Entretanto Carl Deckard fundou a empresa *Desktop Manufacturing Corporation* (DTM Corp.) onde produziu as primeiras impressoras SLS em 1992, mais tarde, em 2001 a empresa *Desktop Manufacturing Corporation* (DTM Corp.) foi adquirida pela empresa *3D Systems* (James et al., 2018).

Posto isto, foi ao longo dos anos 90 até ao início dos anos 2000 que foram introduzidas tecnologias para auxiliar a prototipagem em aplicações industriais que pretendiam mais tipos de métodos para ferramentas, fundição e aplicações de fabricação direta. Consequentemente, a impressão 3D começou a ter novas aplicações industriais, como o *Rapid Manufacturing* (RM), *Rapid Tooling* (RT) e a *Rapid Casting* (RC).

Entretanto, com o início do novo modelo de fabrico houve um crescimento abundante de novas empresas, tais como: *Sanders Prototype*, fundada em 1994 renomeada mais tarde como *SolidScape*; *Z Corporation* (1994); *Arcam* (1997); *Objet Geometries* (1998); *MCP Technologies*, que introduziu a tecnologia SLM (2000); *EnvisionTec* (2002); *ExOne* (2005), fundada com o objetivo de produzir para as empresas *Extrude Hone Corporation* e para a *Sciaky Inc*, foi pioneira no seu próprio processo aditivo que tinha como base a tecnologia proprietária de soldagem por feixes de elétrons. A criação destas empresas fez aumentar o monopólio das empresas ocidentais que atuavam no mercado

global, pois, apesar desses desenvolvimentos tecnológicos desta área em países do oriente, estas não impactaram significativamente no mercado global naquela altura.

Relativamente a estas tecnologias e devido à proliferação de aplicações, foi criada uma terminologia, assim a forma como se começou a caracterizar estes processos foi denominada de Fabricação Aditiva (AM).

Em meados da década de 2000 apareceram sinais de diversificação, com duas áreas diferentes em destaque. Por um lado, existia a alta qualidade na impressão 3D, todo o sistema ainda era muito caro, as produções eram voltadas para peças muito complexas de valor elevado. Por outro lado, algumas empresas que produzem programação para impressoras 3D estavam a desenvolver alguns conceitos e protótipos funcionais para impressoras 3D para uso em sistemas de escritório de utilização fácil e económica. Embora os sistemas fossem para utilização industrial, estas são as primeiras referências para as impressoras de mesa atuais.

Foi nessa altura que houve um grande avanço no desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D, grande parte desse desenvolvimento deve-se ao aparecimento do movimento DIY (*Do it yourself*), que consiste em comunidades (constituída essencialmente por pessoas individuais), que tendem em crescer cada vez mais. Essas comunidades fazem as suas próprias experiências, tentativas e estudos nas suas impressoras 3D, e partilham esses resultados nas comunidades em que estão inseridas. Já é possível encontrar inovações bastante úteis que foram criadas pelos usuários, como por exemplo próteses mais baratas e adaptáveis para crianças que tenham algum tipo de deficiência.

Atualmente, os resultados estão a ser evidente nas áreas de produção de automóveis, medicina, aeroespacial e de joalharia, porém ainda existe muita investigação a ser feita que está sobre acordo de não divulgação.

Não tardou muito para que fosse inserido no mercado o primeiro sistema com um preço inferior aos restantes. Foi em 2007 que a *3D Systems* lançou uma impressora 3D com um preço inferior a US \$10.000. Contudo, nesse mesmo ano existiu uma mudança radical relativamente à impressão 3D, tornando-a numa tecnologia mais acessível, isto devido ao aparecimento do conceito *RepRap*. Este conceito traduz-se num software de código aberto de uma impressora 3D, originado desde 2004, este software foi criado pelo DR. Bowyer e com a colaboração da sua equipa em Bath, sobretudo Vik Oliver e Rhys Jones, que desenvolveram o protótipo e o conceito de uma impressora 3D utilizando o

processo de deposição, e foi assim que deram início às impressoras 3D de código aberto que resultaram na visibilidade mundial da mesma.

Somente em janeiro de 2009 foi comercializada a primeira impressora com o conceito *RepRap*, denominada de Impressora 3D *BFB RapMan* entrou no mercado em formato de kit. A partir de 2009 surgiram diversas impressoras de deposição idênticas a anterior com pontos de venda restritos.

Em 2012 foram introduzidos no mercado processos diferentes de impressão 3D, como a impressora *B9Creator* que utiliza o método *directing printing by light* (DLP), que foi colocada no mercado em junho, outro exemplo é o *Form1* que utiliza a estereolitografia, e foi lançado no mercado em dezembro. Ambas as tecnologias foram lançadas pelo site de financiamento Kickstarter e tiveram imenso sucesso (3D Printing Industry, 2017).

As tecnologias de fabricação digital têm uma grande capacidade de possibilitar a inovação orientada ao usuário, e conseqüentemente incrementar uma economia alternativa. Assim sendo, o movimento DIY impulsiona o desenvolvimento da impressão 3D (Ludwig, Stickel, Boden, Pipek, & Wulf, 2015)

A impressão 3D está a ter um impacto no setor industrial que não pode ser negado, sendo que demonstra que tem um enorme potencial para o futuro (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017). Com o aparecimento da pandemia mundial COVID-19 provocada pelo novo Coronavírus, um hospital em Lombardia, Itália, esgotou o stock de válvulas para ventiladores. Devido ao enorme número de pacientes infetados com COVID-19, o caos e a necessidade de tratar de pacientes não só deste hospital, mas do mundo, fez com que os fornecedores de válvulas ficassem sem stock e declararam que não conseguiam produzir válvulas a tempo de tratar dos pacientes que estavam infetados e precisavam de ventiladores. Assim sendo, para tentar dar resposta a este problema que ia causar a morte de inúmeras pessoas, um grupo de voluntários deste mesmo hospital utilizou impressoras 3D para desenvolver as válvulas em falta e com isso tratar de doentes em risco de vida. Para além de terem desenvolvido as válvulas de uma forma muito mais rápida o que permite salvar mais vidas, também saiu a um preço muito mais económico, cada válvula impressa custou cerca de 1€ a unidade, enquanto as válvulas habitais tinham um preço de 10.000€ cada unidade (MAGNO, 2020).

Isto revela uma enorme potencialidade para a impressão 3D, esta tecnologia é capaz de responder de forma rápida e mais barata às necessidades de mercado, dos consumidores, bem como apresenta várias vantagens, como por exemplo um processo de design

acelerado, custos menores relativamente ao stock, armazenagem, e transporte, para além disso reduz consideravelmente a utilização de matéria prima necessária para produzir produtos, tornando o método de impressão 3D mais sustentável que os métodos tradicionais (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

1.2 Campo de aplicação

A impressão 3D atualmente já é utilizada em vários segmentos de mercado, que pode ser em pequenas produções ou em grandes produções, consoante o produto e a necessidade da empresa.

O âmbito dessas áreas são, pequenas esculturas (como as *action figures*), indústria automóvel, indústria alimentícia, na medicina, na construção civil, educação e na utilização doméstica.

Por exemplo, as *action figures* que servem para decoração ou coleção já estão a ser produzidas em impressão 3D. Já na indústria automóvel a impressão 3D é bastante utilizada para produzir as peças de plástico que se situam no interior de um carro.

Na indústria alimentícia, algumas empresas já imprimem chocolate em variados formatos. Também já é possível criar massas, bolos, biscoitos e até criar hambúrgueres devido a ser possível colocar materiais orgânicos na impressora.

Relativamente á medicina já é possível criar próteses dentárias, de pernas e de mãos para os pacientes. Atualmente está-se a desenvolver órgãos impressos em 3D para poder diminuir o tempo de espera dos transplantes. A impressão de órgão é feita através do método de bioimpressão 3D, no qual as camadas de células são depositadas numa superfície de gel camada a camada. Os órgãos podem ser criados através de células-estaminais da própria pessoa, evitando a rejeição do órgão ao corpo. Ainda existe muitos testes a serem feitos até que se torne normal transplantar um órgão impresso numa impressora 3D, mas o caminho está a ser feito nesse sentido. Um grupo de pesquisadores britânicos do Instituto de Medicina Genética de Newcastle criou uma “Biotinta” capaz de ser usada numa impressora 3D e que reproduz a forma de uma córnea humana em cerca de 10 minutos. Esta córnea ainda necessita de passar por alguns testes, mas é representativa de uma tendência a impressão 3D na medicina (Dilberoglu, Gharehpapagh, Yaman, & Dolen, 2017).

Relativamente à construção civil já é possível construir uma casa com uma impressora 3D. O material utilizado é um cimento especial próprio para ser impresso numa impressora 3D e de secagem rápida. A capacidade dimensional da impressora para construir casas em impressão 3D é relativamente pequena, sendo que só é possível imprimir uma pequena habitação. Ainda assim a impressora identifica as paredes e o chão da casa, e vai construindo camadas por camadas desde o chão até ao teto, e posteriormente constrói o telhado, assim sendo é só necessário colocar janelas e portas que terão de ser colocadas manualmente (Viegas, 2019).

Outra área que a impressão 3D também atua é na educação, a ideia é criar itens que facilitam a aprendizagem de áreas mais complicadas, como a física e biologia. O que se pretende é por exemplo, o professor poder montar uma galáxia criada numa impressora 3D com todos os pormenores e detalhes que esta contém e posteriormente mostrar aos seu alunos e ensinar todos os detalhes de uma forma bem mais didática.

Por fim temos a utilização de um impressora 3D no uso doméstico, o objetivo desta utilização é o consumidor poder imprimir grande parte das coisas que lhe sejam favoráveis ao seu dia-a-dia, como por exemplo um porta-chaves ou até um item maior como uma cadeira. Poderá também arranjar algum objeto que se tenha danificado em alguma parte, e em vez de ir para o lixo o consumidor pode dar uma segunda vida aos objetos, como por exemplo um porta-chaves que se tenha danificado na argola ou uma alça de uma mala (Dilberoglu et al., 2017).

Capítulo II – Indústria 4.0 e a impressão 3D

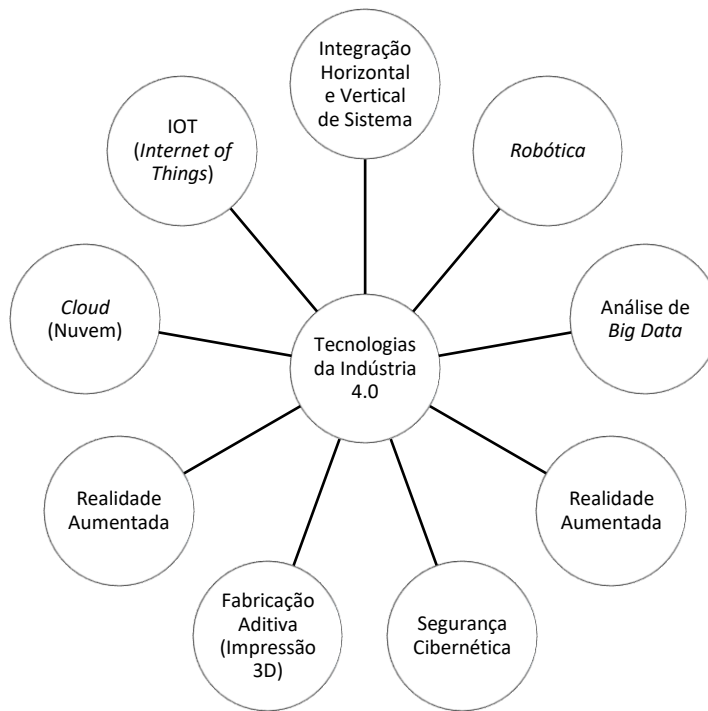
2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 é a quarta revolução industrial, caracterizada pela nova forma de fabricação industrial, que utiliza a automação inteligente para esse fim.

Os avanços da tecnologia robótica e a automação da produção, são a base para uma fabricação industrial e uma parte muito importante para a Indústria 4.0.

O conceito da Indústria 4.0 permitirá o acesso fácil de modelagem e tecnologias que podem ser personalizadas para atender melhor às necessidades das empresas de manufatura (Dilberoglu, et al, 2017).

A Indústria 4.0 é definida pelo conceito de “fábrica inteligente”, devido à forma como esta nova indústria aborda a produção, interligando o mundo digital através de sistemas ciber-físicos que são sistemas computacionais e colaborativos, que têm como intuito controlar entidades físicas. (Bahrin et al., 2016). As interconexões dos seres humanos, sistemas e objetos direcionam uma dinâmica interempresa, que otimiza o tempo e a organização, criando sistemas otimizados, com base nos critérios de custo, disponibilidade e eficiência de recursos. A Indústria 4.0 destaca o conceito de digitalização, propondo um cenário futuro onde a produção em massa é completamente transformada para uma produção com possibilidade de personalização total, assim sendo a impressão 3D é uma grande ferramenta para esta mudança e altera completamente os paradigmas da fabricação atual (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017). Existem vários alicerces que compõem a Indústria 4.0 que são: a “Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas”; a “Internet das Coisas (IOT)”; a “Segurança Cibernética”; a “Cloud”; a “Análise de *Big Data*”; a “Manufatura Aditiva (Impressão 3D)”; a “Realidade Aumentada” e a “Robótica” (Bahrin, et al, 2016).



*Figura 1: Componentes da Indústria 4.0
Fonte: Autoria própria*

A Indústria 4.0, que tem como alicerce a Integração Horizontal e Vertical dos Sistemas, entre empresas, funções, capacidades e departamentos originando assim uma coesão maior entre as redes universais de dados entre empresas, o que permite a evolução de redes automatizadas.

Outro dos alicerces desta indústria é a Internet das Coisas (IOT), que interconecta os dispositivos de computação tornando-os mais enriquecedores e úteis, isto permite aos dispositivos comunicarem e interagirem entre eles com um controlador centralizado usado quando necessário, permite ainda respostas e tomadas de decisões em tempo real.

A Segurança Cibernética também é uma questão importante, fazendo parte dos alicerces da indústria 4.0. É necessária uma comunicação sofisticada e confiável devido ao aumento do uso da computação, assim sendo gerir a identidade dos usuários e os acessos as máquinas, torna-se essencial para esta indústria evitar questões de ameaças à segurança cibernética, que nesta indústria tende a aumentar devido ao fácil acesso ao conteúdo de um computador.

A *Cloud* como parte da indústria 4.0 serve para facilitar que ficheiros sejam colocados de forma a serem partilhados por toda a empresa, à medida que se cria documentos relacionados nomeadamente com os produtos a imprimir em 3D, dados e

funcionalidades é necessário implementá-los na *cloud*, para que seja possível a partilha de informações e dados de serviço para os sistemas de produção.

A análise de *Big Data* através da sua capacidade de armazenamento da informações dos clientes, avaliação de dados dos clientes e informações sobre o funcionamento da produção, permite que se torne mais fácil a tomada de decisões acerca de um cliente em específico em tempo real, otimiza a qualidade de produção, melhorar os serviços de equipamento e economiza energia.

Relativamente à Manufatura Aditiva, conhecida como impressão 3D, também é bastante recorrente na indústria 4.0, geralmente utilizada para produtos personalizados, produtos leves e complexos. Embora esta tecnologia ainda esteja em desenvolvimento, as empresas farão um uso muito maior e mais amplo para a indústria 4.0.

Os sistemas de Realidade Aumentada contém uma diversidade de serviços, tais como a verificação e recolha de peças em armazém e quando alguma máquina está avariada é feito o envio automático das instruções de reparação pelos dispositivos telefónicos dos técnicos.

A Robótica na indústria 4.0 tornam-se mais autônomos, cooperativos e flexíveis. Eventualmente irá existir a interação entre robôs e também o trabalho e aprendizagem dos mesmos com o ser humano. Estes robôs têm uma variedade de recursos maior que os utilizados na fabricação tradicional (Bahrin, Othman, Azli, & Talib, 2016).

2.2 Programação

A transformação de desenhos 2D para um objeto 3D acontece a partir da programação computacional de softwares CAD, que são utilizados para desenvolver esboços de projetos, quando o projeto está finalizado digitalmente, o software virtualmente secciona o objeto em camadas horizontais com quantidades adequadas para cada camada de forma a que o arquivo do produto possa ser enviado para a impressora 3D e a partir daí ser produzido (Vanderploeg et al., 2017).

A utilização dos arquivos de CAD facilita o ajuste dos projetos para que sejam mais eficazes. Isto permite também às empresas a possibilidade de desenvolverem vários tipos de produtos rapidamente com a possibilidade de criar produtos personalizados

consoante as necessidades de design para cada produto (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

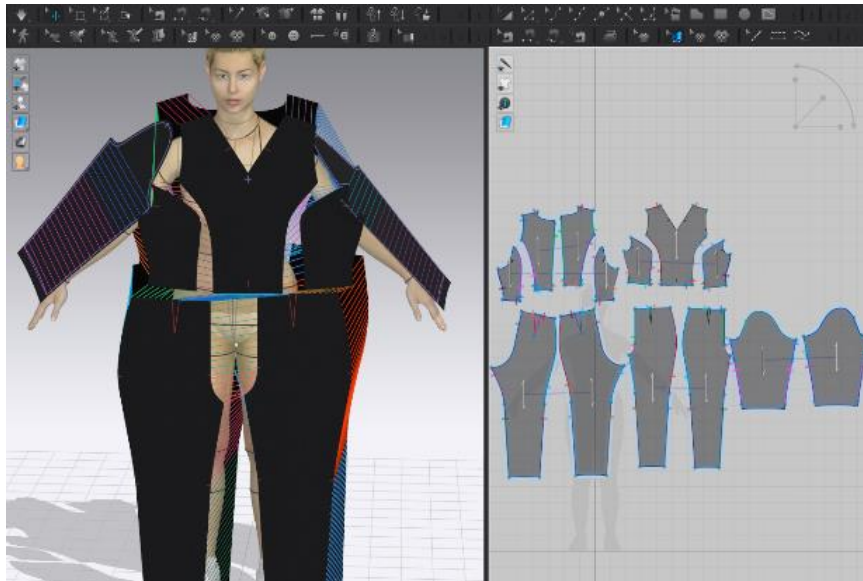
Assim sendo, a fabricação de produtos de moda por impressão 3D começa pela programação dos ficheiros em CAD, geralmente por um programa de modelação 3D de simulação, para desenvolver protótipos de objetos virtuais utilizando parâmetros reais. Presentemente a integração de CAD/CAM 3D está disponível em programas relativos à moda. Em alguns programas é possível também a simulação automática de um avatar e de vestuário. Posto isto um designer pode adaptar a lógica dos programas CAD 3D para visualizar um modelo, conseqüentemente resolver problemas de design e criar estratégias de forma a aplicar as variadas ferramentas dos programas de modelagem 3D (Sun & Zhao, 2017).

Com o ajuste de informação do produto os projetos podem ser modificados para que fiquem melhores ou para incluir parâmetros específicos de tamanhos para cada cliente específico e individual caso necessário. Este tipo de programas contém ferramentas de projeto de forma a que o utilizador possa desenvolver e desenhar o seu próprio produto (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Na elaboração dos produtos em arquivos, é possível desenvolver imensas estruturas de tecido que podem estar interligadas ou articuladas, isto permite que essa estrutura venha a ter movimento e volume, com a utilização de um simulador 3D é possível avaliar o material e visualizar se existe esse movimento ou não e se é exatamente o resultado desejado, é também possível que as propriedades dos materiais possam ser alteradas através da programação em modelagem 3D, isso permite mais conforto e flexibilidade no resultado final (Sun & Zhao, 2017).

Estes tipos de tecnologias em programação permitem eliminar ou reduzir os procedimentos de pós-impressão, como por exemplo a prototipagem e a montagem, assim sendo permite a redução de tempo deste processo comparativamente à forma atual de fabricação de vestuário, devido à programação conseguir fazer vários processos num só. Na programação para impressão 3D na moda também é muito frequente a utilização de um avatar nos programas de desenvolvimento de vestuário. Esse avatar pode ser completamente personalizado e detalhado, assim sendo é possível criar um avatar em computação que seja idêntico ao verdadeiro corpo da pessoa. Numa abordagem mais tradicional seria necessário fazer vários ajustes usando modelos ou a própria pessoa em vários momentos de desenvolvimento do vestuário, ou então criar um modelo padrão onde existe a problemática de que para cada pessoa o mesmo molde pode ou não se

ajustar tão bem. Assim sendo, para além da impressão 3D eliminar alguns processos no desenvolvimento de vestuário, tais como, o desenvolvimento da modelagem, protótipos e provas finais. Isto resulta numa redução de processos em um só processo, que é a programação dos arquivos, onde é possível verificar estas condições em uma só etapa de programação. De imediato é possível verificar se o vestuário tem a fluidez certa do tecido, se a aparência do produto é a desejada e se é necessário fazer algum ajuste para aquele tipo de corpo, ou seja é possível ter uma maior noção relativamente ao produto final e também uma personalização muito maior para cada cliente (Sun & Zhao, 2017).



*Figura 2: Avatar do programa Clo3D
Fonte: Autoria própria*

Em geral, a impressão 3D está também a influenciar as restantes áreas para além da moda, contudo relativamente ao desenvolvimento do produto em programação de arquivos para impressoras 3D na moda está a ir muito além, e cada vez mais é possível criar, desenvolver, etc., coisas diferentes e novas devido à fácil execução e diversidade, é possível manipular vários tipos de funções até obter o produto desejado num só processo (Xiao-Hua Lin, 2017).

2.3 Scanners

A tecnologia de impressão 3D contém outras tecnologias que permitem um perfeito ajuste relativamente ao produto. A tecnologia de scanners (digitalização) e de modelagem 3D consegue contribuir para o design de um produto consoante as exigências de cada cliente. No que diz respeito à moda, o objetivo da digitalização é desenvolver o

corpo de um cliente fiel à realidade, assim como a modelagem 3D. Porém no ponto de vista da digitalização simplesmente é necessário fotografar ou digitalizar o corpo ou produto do cliente para que seja possível elaborar um avatar ou produto virtual fiel à realidade. Este processo reduz o tempo de elaboração de um avatar virtual comparativamente ao processo de modelagem 3D. Ainda assim, os sistemas de digitalização não são precisos em alguns casos, fazendo que seja necessário um ajuste manual em software. Contudo, permite um ajuste de vestuário para cada indivíduo, para além de que melhora consideravelmente as especificações dos produtos relativamente ao conforto e à funcionalidade. Estas tecnologias garantem que o produto final seja o desejado (Xiao-Hua Lin, 2017).

A principal vantagem da digitalização é a existência da possibilidade de desenvolver geometria em 3D de diferentes produtos com uma estratégia de digitalização adequada, para isso é necessário imagens de grande qualidade (fotogrametria) tiradas de ângulos diferentes aos objetos a serem digitalizados, a partir daí as imagens são utilizadas para produzir produtos físicos a partir da impressora 3D (Spahiu et al., 2016).

A digitalização por um scanner 3D ótico é constituído por uma fonte e um recetor, a partir daí é processada uma onda ótica refletida, capaz de identificar a superfície em 3D e identificar as medidas reais do objeto ou corpo bem como uma série de pontos que são capturados. É com essa informação que, posteriormente, é possível criar o produto ou corpo virtualmente. Contudo, existem algumas dificuldades na precisão da superfície, principalmente em objetos de pequena escala, superfícies transparentes onde a onda ótica passa através do objeto e faz com que não exista a reflexão ótica do objeto, superfícies translúcidas que faz com que a onda ótica se desvie. Isso resulta numa alteração do volume do objeto, superfícies reflexivas, na pouca captura de reflexão, mau alcance à superfície. Por isso o scanner não consegue digitalizar a superfície com rigor. Por fim, em superfícies de cor preta ou escura também é difícil captar a precisão do objeto, porque a superfície do objeto absorve a onda ótica em vez de a refletir, assim sendo não é possível calcular as medidas da superfície com rigor. Geralmente o arquivo da maior parte das digitalizações de produtos ou corpos, precisa de ser modificado em software devido às medidas tiradas pelo scanner poderem não corresponderem à realidade. Em alguns casos a digitalização 3D ainda não é uma tecnologia precisa, tem limitações e pode induzir a erros.

Existem vários tipos de scanners, cada tipologia é mais apropriada para cada tipo de objetos, cada scanner tem as suas propriedades a pensar no tipo de objetos que é indicado para digitalizar, assim sendo, é necessário escolher o scanner mais adequado para o fim

desejado, isso pode influenciar na altura da digitalização, fazendo com que existam menos erros e que o resultado final seja o desejado (Nguyen et al., 2018).

2.4 Impressão 3D

A impressão 3D é uma tecnologia de fabricação aditiva automatizada, que cria objetos por meio de deposição de material em camadas sucessivas, assim sendo o objeto é construído dentro da impressora 3D utilizando apenas o material necessário para construir o produto e o suporte que serve de auxílio à medida que a impressora 3D vai imprimindo (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017). Para além disso, quando se compara a fabricação da indústria tradicional com a produção em impressão 3D, um produto feito em impressão 3D tem 20% menos de trabalho comparativamente ao mesmo produto feito pelo método tradicional, que implicaria ser feita modelagem e prototipagem da peça que com a impressão 3D deixa de ser necessário e assim sendo reduz o tempo de trabalho. (Xiao-Hua Lin, 2017).

A impressão 3D na indústria da moda é usada para desenvolver protótipos, produtos personalizados, vestuário de alta costura e permite uma maior interação com os consumidores.

O processo de design recorrendo à impressão 3D inicia-se pela modelação da criação do produto, onde é desenvolvido num software CAD, geralmente em programas de modelagem 3D, a partir daí o produto sofrerá ajustes em software para que possa ser melhorado, ajustado a cada cliente ou para resolver problemas de design. Após este processo estar concluído o objeto é virtualmente dividido em camadas por um software. Posto isto, os dados do arquivo são enviados para a impressora 3D, onde este por sua vez começa a desenvolver o produto real camada por camada (essas foram definidas anteriormente em software). Depois deste processo estar finalizado e o objeto ter passado do virtual ao real, por vezes é necessário um ajuste manual ao objeto, para melhorar a aparência do mesmo, como por exemplo lixar ou polir o objeto, assim melhora a aparência e atenua as marcas de linhas que ficam da impressão, na finalização do objeto também é possível modificar a cor do objeto por exemplo com pintura.

Os pós-processamentos são essenciais para que o produto tenha uma melhor aparência. Por vezes as peças impressas com matéria em pó necessitam de tratamento químico e eventualmente se uma peça conter várias partes que foram impressas separadamente é

necessário fazer uma colagem de peças e dar um banho endurecedor à superfície da peça para que esta se torne mais resistente. Por outro lado, peças impressas numa impressora 3D que exigem um suporte de impressão, no fim da impressão esse suporte tem de ser retirado, existe duas maneiras para retirar esse suporte. Uma onde o suporte é retirado manualmente seguindo de polimento à peça nos sítios onde ficou algum pedaço de material do suporte agarrado à peça, a segunda maneira de retirar o suporte de construção da impressão é colocar a peça em uma solução química até que as partes do suporte de impressão se dissolvam, até porque o suporte de impressão é impresso anteriormente à peça num material adequado para esse fim de remoção. A maioria das impressões em 3D necessitam de um pós-processamento, que consoante o método de impressão utilizado e a necessidade de utilização de suporte, todas essas variantes fazem com que seja necessária uma escolha mais adequada para o pós-processamento, que pode ser escolhido entre acabamentos intensivos, técnica de sopro, polimento, dissolução de material, pintura na superfície da peça, colagem e secagem, e vedação da peça (Taylor & Unver, 2014).

Na moda é necessário que o produto final tenha qualidades estética e uma boa aparência seja para vestuário, acessórios ou calçado, estas características tem um significado muito impactante para os consumidores (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Relativamente à impressão 3D na moda existem 5 métodos de impressão mais utilizados tais como o método SLA, SLS, FFF, PolyJet e Binder Jetting. Cada método deve de ser escolhido tendo em conta o material que vai ser utilizado e tendo em consideração qual o método que se enquadra melhor para obter o resultado mais desejado do produto em questão. É necessário existir uma ponderação acerca da escolha do método, porque assim como o que acontece na altura de escolher um scanner para digitalizar, um produto nos métodos de impressão 3D acontece o mesmo. Existem métodos mais apropriados para designs diferentes, consoante o que é definido no design do produto. Existem métodos que tornam a criação do produto mais ajustada a esse tipo de requisitos, que faz com que seja o método mais indicado para imprimir o produto em questão para que o resultado final seja o desejado (Kuhn & Minuzzi, 2015). Para além disso também é necessário perceber como funciona a construção da peça em impressão 3D, muitas impressoras 3D tem uma capacidade de construção pequena devido ao pouco volume que a impressora 3D tem, assim sendo existe a dificuldade e limitação para criar peças de vestuário inteiras ou acessórios grandes, alguns métodos de impressão também facilitam quando é possível imprimir uma peça inteira, contudo o que acontece muitas vezes é a peça ser dividida em várias partes e impressa parte por parte, e posteriormente a isso seguem-se as técnicas de montagem, que variam em relação a cada peça consoante o material, o tipo de método

utilizado e o propósito da peça. É necessário perceber em quantas peças pode a peça ser dividida para que o produto final tenha uma movimentação adequada e que seja flexível, caso se aplique (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Assim sendo tendo tudo em consideração a tecnologia impressão 3D ainda está em desenvolvimento no design de moda, contudo aparenta fornecer resultados melhores relativamente aos métodos tradicionais. Os produtos desenvolvidos em impressão 3D, como são criados camada por camada e utilizam apenas o material necessário sem desperdícios, torna o processo muito mais sustentável (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017). Para além disso, consoante o crescimento desta tecnologia, a sua utilização também tende a aumentar ao longo dos anos, com a possibilidade de reduzir custos, tempo de produção e ter mais variedade de tecnologias envolventes, assim sendo é mais uma ferramenta para os designers desenvolverem peças inovadoras (Kuhn & Minuzzi, 2015).

2.4.1 Métodos e materiais utilizados

A impressão 3D é um processo de fabricação aditiva, que cria um objeto físico a partir de um ficheiro que contém o objeto desenhado em 3D. O produto é transformado em objeto físico passando pelo processo de impressão, onde o material se forma camada por camada, para isso é preciso um ficheiro onde contém toda a informação necessária para a impressora imprimir, esse arquivo após ser concluído é transformado em *Standart Tessalation Language* (STL), que converte o objeto em “superfícies triangulares e vértices”, depois disso o arquivo é dividido em camadas muito finas e enviado para a impressora 3D (Bitonti, 2019).

Atualmente existem 5 métodos de impressão mais utilizados nesta tecnologia em impressão 3D, que são: FFF, SLA, SLS, PolyJet e Binder Jetting. Esta tecnologia contém benefícios e desafios agregados a cada método, que devem ser considerados na hora de imprimir um produto (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Fabricação com Filamento Fundido (FFF): Este processo é o método mais comum, devido a ser mais acessível e o mercado oferece mais variedade de impressoras de mesa mais baratas. Esta tecnologia é geralmente utilizada para imprimir materiais como cera, cerâmicas, plásticos de ácido poliláctico (PLA) e metal. O método é feito por deposição e fusão (Bitonti, 2019), durante a impressão o material é aquecido a uma

temperatura (C°) acima do seu ponto de fusão, só depois é que é depositado em camadas finas, assim sendo o material endurece quase de seguida á sua disposição, fixando-se de imediato à camada de baixo (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

A maioria destes processos deposita o material numa placa de construção. A primeira camada a ser impressa deste processo é muito importante, pois garante a boa adesão à placa de construção e cria uma base estável. Essa placa de construção é impressa antes do objeto projetado, e serve para garantir uma boa impressão e estabilidade ao imprimir. Como este método de impressão é feito camada por camada, as geometrias da peça projetada devem de ser autossustentáveis (Bitonti, 2019).

Contudo as desvantagens do método FFF são, a existência de linhas de impressão entre as camadas, com a mudança de temperatura do material, as diferentes camadas horizontais de deposição do material podem ser visíveis, assim sendo a peça pode ficar com mau acabamento, por isso necessita de intervenção manual para que seja possível dar o melhor acabamento possível (imagem do método FFF em Figura 3, página 25) (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Estereolitografia (SLA ou SL): Este método utiliza resina fotopolimérica que consiste na utilização de um polímero líquido que endurece com um laser ultravioleta (UV) e forma o produto camada a camada. O método SLA tem quatro principais componentes, tais como, um laser UV, uma plataforma de construção, um computador para controlar o laser e a plataforma e um tanque de fotoresina de polímero. Com isso o processo inicia-se quando a primeira camada de resina é exposta na plataforma, conforme as camadas são aplicadas a plataforma de construção sobe. Este é um método de impressão consideravelmente rápido, dependendo do tamanho e da complexidade do objeto. Além disso, este método é relativamente simples de utilizar, permitindo a pessoas menos experientes desenvolverem produtos.

Contudo as desvantagem deste método são, a necessidade de um suporte que protege a peça na plataforma de construção para que a peça fique estável, este suporte é feito juntamente com a peça e depois é retirado manualmente, para além disto requer mais tempo a peça no local onde o suporte foi retirado fica mal acabada e é necessário lixar o produto para que a superfície fique uniforme. Para além disso, outra desvantagem é o custo do material e a falta variedade de cores (imagem do método SLA ou SL em Figura 4, página 25) (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Sinterização Seletiva a Laser (SLS): Este método utiliza um laser de alta potência para poder fundir líquidos e partículas de pó de polímeros, em materiais como metais, vidro, plástico, nylon e cerâmicas. O processo inicia-se com a deposição de uma camada fina de material na plataforma de construção, onde o laser controlado por um computador aquece a camada até ao ponto de fundição para fundir líquidos e as partículas de pó (Bitonti, 2019). Após a primeira camada do objeto ser feita a plataforma de construção desce para poder receber a nova camada, e assim sucessivamente vai construindo o objeto.

Uma das vantagens do método SLS é que este permite a criação de pormenores delicados, que são funcionais e duráveis, para além disso este método não necessita de suporte e assim sendo não precisa de tantos cuidados de acabamento.

Contudo uma desvantagem deste método é que não tem uma alta qualidade de acabamento superficial, como por exemplo brilho, ou seja, depois dos acabamentos manuais como lixar ou polir, ainda assim o objeto não fica esteticamente apelativo como em outros métodos (imagem do método SLS em Figura 5, página 25) (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

PolyJet: Este processo utiliza um jato de tinta para depositar resina de fotopolímero líquida na plataforma de construção, esta resina por sua vez solidifica com a ajuda de duas luzes UV, que estão posicionadas uma a seguir à outra. Conforme a plataforma vai recebendo o material para formar a peça, esta por sua vez desce. Para que seja possível a deposição de vários materiais em uma só camada é necessário adicionar mais uma cabeça (geralmente de onde sai o material) à impressora com o material em separado, posto isto as duas cabeças vão depositando o material conforme foi definido.

Este método pode combinar materiais rígidos e maleáveis, assim sendo um material que seria rígido pode agora tomar-se em algumas partes maleável, ou ter movimento. Este método tem como benefícios a possibilidade de imprimir produtos com vários materiais, possibilitando mais movimento, textura e flexibilidade ao produto. Também é possível conseguir um acabamento de alta-qualidade e é um dos métodos mais rápidos da impressão 3D. Contudo a desvantagem deste método é que necessita material de suporte para a impressão. Este material deve ser mecanicamente removido, para além disso quando a peça está sob exposição ao calor ambiente, luz solar e humidade podem existir alterações dimensionais da peça (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Binder Jetting: Este método utiliza cola ou um ligante para unir as várias camadas de material que é depositado em pó para criar a peça. Este processo inicia-se na deposição do material em pó sobre a plataforma de construção, de seguida uma cabeça deposita a cola nessa camada, a cada camada o pó que não foi utilizado é retirado e assim sucessivamente até finalizar a impressão da peça. Este método liga as camadas em segundo e não necessita de suporte. O benefício deste método é que este é o único capaz de imprimir com várias cores ao mesmo tempo, porque a cabeça deste método pode conter quatro ou cinco cores.

Contudo este método cria produtos menos resistentes e contém um acabamento na superfície irregular (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Tecelagem 3D: A tecelagem 3D nem sempre pode ser feita nas impressoras 3D atuais, devido ao método de construção ser diferente. Este método consiste em 3 partes, a existência de uma base (que pode ser retirada no final da impressão), na construção antecipada de pilares, e na fibra. A base é o que suporta a estrutura em quando o tecido é impresso, os pilares servem para a cabeça da impressora se mover com a fibra para criar o entrelaçado, a extrusão da fibra ao longo dos pilares corresponde à trama. Os dois pilares que se situam nas extremidades foram previamente impressos mais grossos para fixar bem o ponto final da fibra.

Para iniciar o processo de tecelagem 3D é preciso controlar a ordem de impressão dos fios em vez de camada por camada como é nos outros métodos. Inicialmente é impresso todos os pilares, só depois é que a fibra é impressa em fileiras alternando os pilares, após uma fibra ser impressão, os pilares que ficam nas extremidades são primeiramente estendidos e os outros pilares que se situam entre eles são estendidos posteriormente aos laterais (não ao mesmo tempo porque os pilares nas extremidades são menores), só depois é que é impressa mais uma fileira de fibra novamente numa direção contrária, e assim sucessivamente até o processo estar concluído (imagem da Tecelagem 3D em Figura 6, página 25) (Takahashi & Kim, 2019).

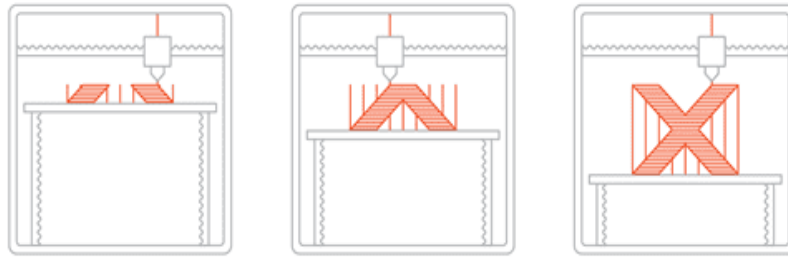


Figura 3: Método FFF (Fabricação com Filamento Fundido)
 Fonte: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios/>

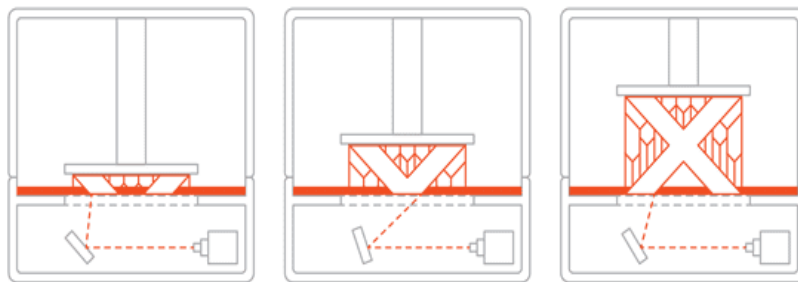


Figura 4: Método SLA ou SL (Stereolithography)
 Fonte: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios/>

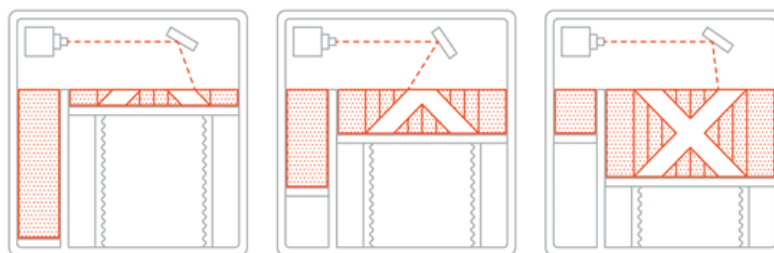


Figura 5: Método SLS (Selective Laser Sintering)
 Fonte: <https://3dlab.com.br/tipos-de-impressao-3d-e-beneficios/>

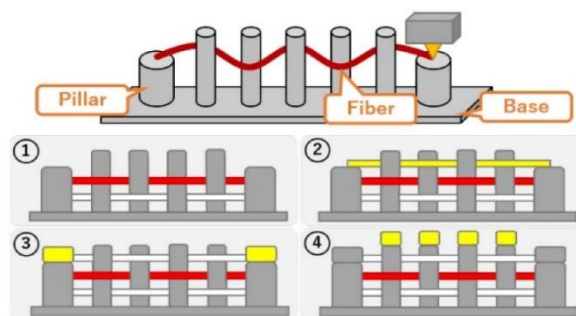


Figura 6: Figura exemplificativa da técnica da Tecelagem 3D.
 Fonte: Takahashi, H., & Kim, J. (2019). 3D printed fabric: Techniques for design and 3D weaving programmable textiles. *UIST 2019 - Proceedings of the 32nd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, 43–51.
<https://doi.org/10.1145/3332165.3347896>

Cada método pode utilizar diferentes materiais entre eles, a forma de fabricação de novos materiais está a expandir-se, a capacidade humana para projetar novos materiais por processos computacionais, mais compostos e diferenciados aumenta.

A impressão 3D é uma plataforma de formação de materiais onde os controla e manipula por uma linguagem computacional e é capaz de produzir bastante variedade de materiais.

Com a ajuda dos métodos de impressão 3D é possível criar materiais com propriedades estéticas muito semelhantes às estruturas tecidas, contudo podem variar a densidade ou a tensão na superfície do material para produzir uma variável de rigidez, flexibilidade, estrutura do material e sensação ao toque (Bitonti, 2019).

Os materiais mais comuns na impressão 3D na moda são:

- PLA (poliácido láctico) - Este material é derivado do amido de milho, não é tóxico e quando se derrete não tem qualquer odor, muito utilizado na produção de calçado, e na produção de vestuário de alta costura. É um material de alta qualidade superficial, fácil de imprimir e também é biodegradável;
- Nylons – Este é material sintético é a base poliamidas;
- Resina - A resina pode conter plástico ou outros tipos de materiais líquidos, inicialmente é líquida e solidifica quando está em contacto com um raio UV ou com luz. É um material com uma técnica muito precisa na impressão 3D, tem boa aplicação em peças pequenas com formas detalhadas e tem um acabamento superficial suave;
- Pós – Algumas impressoras 3D utilizam vários materiais em pó para criar objetos, tais como, a poliamida, que é um material flexível e forte que permite um elevado desempenho de detalhe no produto (Plate, 2017).
- Poliuretano (TPU) – Este material é resistente ao desgaste, a riscos e tem uma grande durabilidade.
- ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) - Este plástico é produzido através de derivados de óleo e precisa de uma temperatura de fusão elevada. Este material é mais durável e resistente;
- Cera;
- Metais;
- Cerâmica;
- Bronze, alumínio e ouro;

Consoante o método a utilizar, os materiais podem ser utilizados em forma de pó, sólida e líquida (Vanderploeg, Lee, & Mamp, 2017).

Capítulo III – Campo de atuação na moda

3.1 Vestuário

Os avanços tecnológicos proporcionaram algumas novas perspectivas de aplicação na moda, bem como de acessórios, sapatos, relógios e óculos de sol (Kuhn & Minuzzi, 2015).

A impressão 3D tem o objetivo de simplificar os seus processos, oferecer produtos personalizados e exclusivos para os consumidores. Mesmo que os produtos tenham formas complexas é possível produzi-los em impressão 3D.

Esta tecnologia tem um grande potencial, e traz vantagens para a indústria, como, alta precisão, alta eficiência e redução do impacto ambiental.

A impressão 3D pode impulsionar a imaginação dos designers para fazerem trabalhos mais criativos e inovadores, esta tecnologia permite superar barreiras que foram criadas pela produção tradicional devido a ser difícil ou até mesmo impossível reproduzir certas formas e aspetos que o designer gostaria de introduzir nas suas coleções, assim sendo esta tecnologia permite de forma mais acessível fazê-lo (Xiao-Hua Lin, 2017).

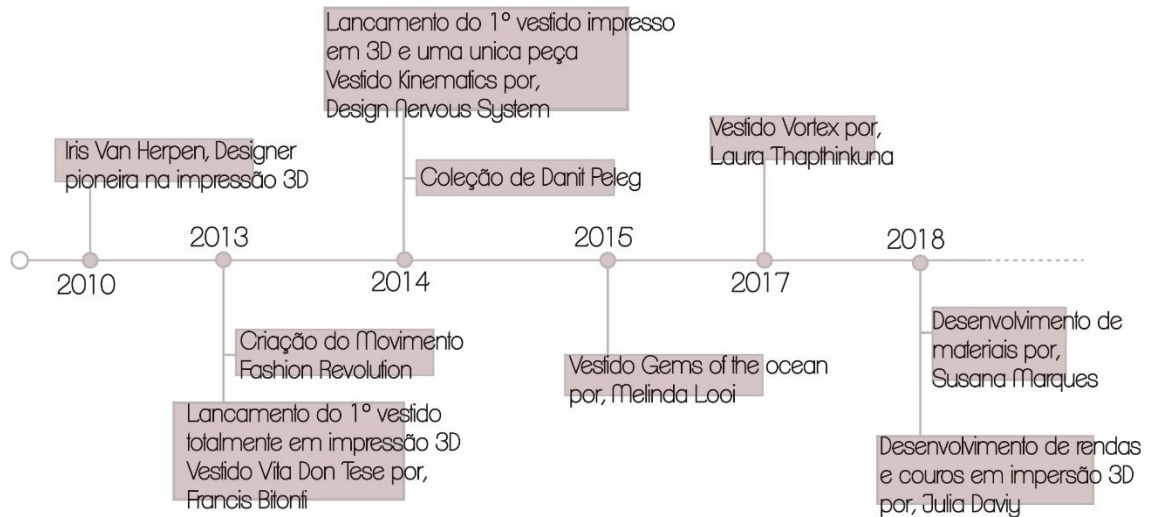
Cada vez mais os designers estão a adotar esta tecnologia para produzir vestuário, calçado, acessórios, e estampados e estão a obter ótimos resultados. Contudo atualmente a impressão 3D está mais presente na produção de acessórios e de calçado, porém a sua aplicação no vestuário tem vindo a crescer com grande êxito (Plate, 2017).

Para se compreender a aplicabilidade desta tecnologia apresenta-se uma sequência de projetos que foram destaque nos últimos anos. Com base nestes exemplos é possível perceber parte do processo de adaptação do design frente a uma nova tecnologia, nomeadamente a adaptação conceptual e compreensão do processo tecnológico e os critérios básicos de ergonomia e conforto relacionados com o corpo e a usabilidade de uma peça de roupa.

Desta maneira, apresenta-se sete exemplos de peças/designers de vestuário produzidas em impressão 3D, estas peças/designers foram escolhidos pela nossa percepção de impacto no panorama de desenvolvimentos de impressão 3D na moda. Para além disso os exemplos foram organizados em ordem cronológica de forma a ser mais fácil compreender a evolução desta tecnologia ao longo do tempo, para esse efeito foram

elegidos os trabalhos de: Iris Van Herpen (2010), Michael Schmidl e Francis Bitonti (2013), Design Nervous System (2014), Danit Peleg (2014), Melinda Looi (2015), Laura Thapthimkuna (2017), Julia Daviy (2018) e Susana Marques (2018).

Gráfico 2: Linha do tempo do desenvolvimento de vestuário em impressão 3D.
Fonte: Autoria própria



Iris Van Herpen

Iris Van Herpen é uma designer holandesa e pioneira na aplicação da impressão 3D na moda. A designer estudou design de moda no Instituto de Artes de Arnhem e iniciou um estágio com Alexander McQueen, com isso, em 2007 a designer decidiu criar a sua própria marca.

Em 2010 Iris Van Herpen apresentou a sua primeira peça impressa em 3D nas passarelas em Amsterdam Fashion Week com a sua coleção “Crystallization”, foi a primeira designer a fazê-lo, e fê-lo com a parceria do arquiteto Daniel Widrig (imagem da peça em Figura 7, página 31).

Iris Van Herpen em janeiro de 2011 apresentou a sua coleção “Escapism” na Haute Couture Week em Paris composta por doze coordenados, entre quatro dos quais feitos em impressão 3D, esta coleção continha uma variedade de materiais maior comparativamente à coleção anterior, era composta por superfícies que continham fios finos, idealizando a sensação de leveza e proporcionar flexibilidade nas peças (imagem da peça em Figura 8, página 31).

Em julho de 2011 a designer apresentou a sua coleção “Capriole” na Haute Couture Week em Paris, com a sua peça de destaque impressa em 3D, o vestido Skeleton, este vestido não tem muitos tipos de materiais, mas tem bastantes detalhes e a forma estrutural de um esqueleto (imagem da peça em Figura 9, página 31).

Em janeiro de 2012, Iris van Herpen volta a apresentar a sua coleção na Paris Haute Couture Week, desta vez com a coleção “Micro”, onde apresentou o vestido “Cathedral” impresso em 3D com o método SLS, o material utilizado foi poliamida e o vestido continha detalhes esculturais (imagem da peça em Figura 10, página 31).

Ainda no mesmo ano em julho, a designer apresentou na Paris Haute Couture Week a sua coleção “Hybrid Holism”, esta coleção foi apresentada com peças que utilizam a técnica estereolitografia de Mammoth, este método consiste na construção camada por camada, utilizando um recipiente com polímeros que endurece ao ser atingido por um raio laser, a combinação desta técnica com o material deu origem à criação da peça em 3D, que tinha uma aparência líquida e transparente, idêntico com a aparência do mel (imagem da peça em Figura 11, página 32) (Kuhn & Minuzzi, 2015).

A sua coleção “Biopiracy” impressa em 3D e lançada em março de 2014, contém ainda mais movimento e flexibilidade, devido a introdução de novos materiais, com isso é desenvolvido o primeiro vestido estampado em material flexível (imagem da peça em Figura 12, página 32).

Iris Van Herpen é conhecida pela utilização de artesanato, inovações técnicas e inovações de materiais nas suas criações, é uma designer com uma visão moderna sobre a alta-costura, utilizando técnicas de trabalhos manuais bem como tecnologias digitais como a impressão 3D. Esta designer destaca-se por ser a primeira designer a apresentar roupas em impressão 3D nas passarelas, mas também pela sua pesquisa constante que contribui bastante para o desenvolvimento da utilização de impressão 3D na moda, e com isso leva toda a sua criatividade e inovação que apresenta em cada coleção que lança (Kuhn & Minuzzi, 2015).



Figura 7: Coleção
"Crystallization" de Iris Van
Herpen
Fotografia: Michel Zoeter
Fonte:
<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/crystallization>



Figura 8: Coleção
"Escapism" de Iris Van
Herpen
Fotografia: Michel Zoeter
Fonte:
<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/escapism>



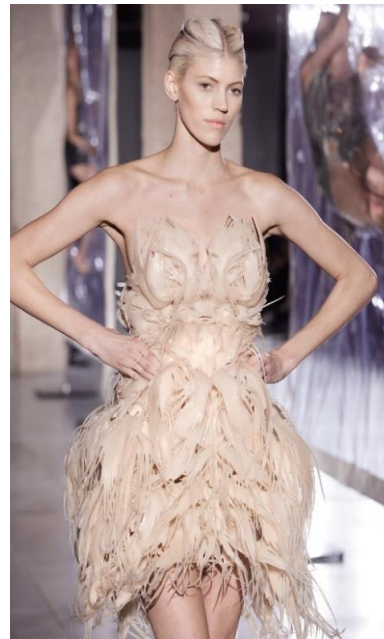
Figura 9: Coleção
"Capriole" de Iris Van
Herpen
Fotografia: Michel Zoeter
Fonte:<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/capriole>



Figura 10: Coleção "Micro"
de Iris Van Herpen
Fotografia: Yannis Vlamos
Fonte:
<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/micro>



*Figura 11: Coleção “Hybrid Holism” de Iris Van Herpen
Fotografia: Michel Zoeter
Fonte:
[https://www.irisvanherpen.com,
haute-couture/hybrid-holism](https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/hybrid-holism)*



*Figura 12: Coleção “Biopiracy” de Iris Van Herpen
Fotografia: Michel Zoeter
Fonte:
[https://www.irisvanherpen.c
m/haute-couture/biopiracy](https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/biopiracy)*

Vestido Dita Von Teese

No dia 4 março de 2013, foi lançado um vestido impresso em 3D “Vestido Dita Von Teese” criado pelo designer Michael Schmidl e pelo arquiteto Francis Bitonti, um vestido completo que foi usado por uma artistas burlesca Dita Von Teese, o vestido tinha uma estrutura baseada na sequência de Fibonacci (é uma sequência de números inteiros, que se inicia geralmente com os números 0 e 1, na qual, cada termo subsequente corresponde à soma dos dois anteriores) e foi impresso em 17 peças, com o material Nylon, as peças foram tingidas de preto e adornadas com 50.000 cristais Swarovski. O vestido surpreendeu as pessoas por ser adaptado à artista Dita Von Teese, mas também porque ninguém estava à espera de um vestido destes em impressão 3D, principalmente porque era um vestido que fluía o que normalmente não acontece, visto que a maior parte dos objetos impressos em 3D são rígidos. Este vestido foi das primeiras peças impressas em 3D produzido em material articulado e diferenciado do restante. O vestido completo com o espartilho e os cristais pesava cerca de 5kg, o que era sensivelmente 70% mais leve do que Dita usava normalmente no palco (imagem da peça em Figura 12, página 35) (Plate, 2017).

Vestido Kinematics

O vestido Kinematics foi criado em 2014 pelo estúdio de *Design Nervous System*, este vestido foi impresso em 3D na fábrica *Shapeways*, em Nova York. Este vestido também introduz a tecnologia de impressão 4D, esta tecnologia consiste em imprimir objetos em impressão 3D que posteriormente mudam a sua forma, como se o produto sofresse um processo evolutivo. É composto por milhares de componentes exclusivos interligados. O vestido Kinematics teve imensa importância na impressão 3D por ser o primeiro vestido impresso em 3D constituído apenas por uma única peça. Para isso foi necessário ser dobrado virtualmente por um software para posteriormente ser impresso numa peça só e não exigiu montagem final, só contém um pós processamento, que foi a pintura a preto. Este vestido contém 2.279 peças triangulares, interconectadas por 3.316 dobradiças, tudo impresso em 3D com o material nylon e com o método de impressão SLS. Apesar de cada componente ser rígido, o vestido adapta-se bem ao corpo, é flexível, tem uma boa fluidez e movimento.

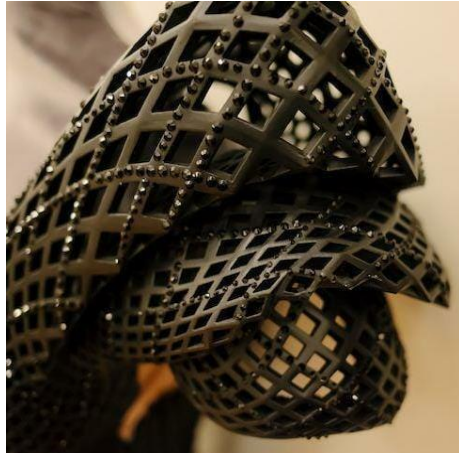
Por fim, este vestido acabou por ser adquirido pelo Museu de Arte Moderna em Nova York. (imagem da peça em Figura 14, página 35)

Danit Peleg

Em setembro de 2014 Danit Peleg começou a trabalhar para a sua coleção de graduação do curso de Design de Moda em Shenkar. Coleção composta por 5 looks, incluindo calçado, que foi feita em impressão 3D, a sua inspiração foi a pintura *Liberty Leading the People*, de Eugène Delacroix. Inicialmente Danit Peleg começou por modelar as suas peças no programa Blender para produzir os arquivos para a impressora 3D, esse programa também lhe permitiu experimentar diferentes materiais. Danit passou um mês a experimentar o material PLA, que é um material rígido e quebradiço, contudo, com a colaboração da equipa responsável da empresa Tech Factory Plus, Danit descobriu o material FilaFlex, que é um novo tipo de filamento forte e muito flexível. Depois de ter encontrado o material certo, Danit começou a experimentar vários tipos de padrões, estruturas e cores que deram início ao desenvolvimento da sua coleção. Posto isto Danit percebeu que levaria mais de 2000 horas para imprimir a sua coleção, assim sendo colocou seis impressoras em sua casa para que as impressoras pudessem trabalhar dia e noite, ao mesmo tempo Danit podia ir vendo se estava tudo bem com o processo. Cada peça foi impressa em várias partes e posteriormente unidas de forma manual (imagem da peça em Figura 15, página 36) (Plate, 2017).

Vestido Gems of the Ocean

Em 2015 Melinda Looi e Samuel Canning apresentaram um vestido de corpo inteiro, sapatos e acessórios impressos em 3D. A maioria das peças imprimidas em 3D são impressas em várias partes e depois são montadas. Para este vestido ser impresso numa só peça, Melinda teve de dobrar o vestido digitalmente para caber numa impressora 3D para que pudesse ser impresso numa só peça. O vestido foi adornado posteriormente com mais de 5.000 cristais Swarovski. Este vestido tem uma infinidade de desafios técnicos, como por exemplo: relativamente à parte de computação onde foi preciso desenvolver o arquivo de um vestido em uma única peça (geralmente o vestuário é dividido em várias peças e impressas uma a uma) fazer o vestido em uma única peça é um processo mais complicado, foi necessário também em computação dobrar o vestido de forma a que seja possível imprimir em uma só peça, outro desafio foi a colocação de tantos cristais Swarovski (imagem da peça em Figura 16, página 36) (Plate, 2017).



*Figura 13: Vestido Dita Von Teese
Fotografias: Albert Sanchez
Fonte: Google Imagens*



*Figura 14: Vestido
Kinematics
Fonte: <https://n-e-r-v-o-u-s.com/blog/?p=6280>*



Figura 15: Coleção de graduação do curso de Design de Moda de Danit Peleg
 Fotografia: Daria Ratiner
 Fonte: <https://danitpeleg.com/the-process/>



Figura 16: Gems of the Ocean
 Fonte: Google imagens



Figura 17: Vestido Vortex
 Fonte: Google imagens

Vestido Vortex

O vestido Vortex foi inspirado no espaço, mais propriamente nos buracos negros, a designer Laura Thapthimkuna procurou criar um vestido em impressão 3D que fosse delicado. O design do vestido continha uma estrutura com forma de costelas, com estruturas circulares e um acabamento em preto brilhante. Como o vestido era grande e pesado ela teve de fazer a distribuição do peso e descobriu o centro de gravidade para que o vestido assenta na perfeição. Para além disso Laura Thapthimkuna, teve de ter em consideração o material para a impressora 3D pois ela queria uma superfície lisa com capacidade de ser pintada, sendo assim Laura Thapthimkuna escolheu o material Mannoht Resin para a impressora 3D. O vestido Vortex foi apresentado em 2017 no Put Together no Austin Convention Center (imagem da peça em Figura 17, página 36) (Plate, 2017).

Julia Daviy

As coleções desenvolvidas por Julia Daviy são compostas por peças muito delicadas e com alto nível de qualidade. Julia tem um processo criativo composto por 3 fases e tenta utilizar o mínimo possível de trabalho manual. A primeira fase do seu processo criativo consiste na criação do design da peça num software, o segundo passo é quando o ficheiro é enviado para a impressora 3D e esta por sua vez o possa ler e reproduzir e por fim o terceiro passo é a montagem final das peças. A montagem das peças é feita sem fios ou colas, simplesmente só com a impressão 3D manual. As roupas de Julia Daviy são flexíveis, fáceis de usar, compostas por diferentes filamentos com espessuras diferentes, tem variadas formas, padrões e cores. Julia Daviy destaca-se pela utilização de renda impressa em 3D, a substituição de pele de animal por o material PLA, material esse que é biodegradável e elástico (imagem da peça em Figura 18, página 39) (Divaholic, 2018).

Susana Marques

Susana Marques é uma designer de moda portuguesa e fundadora do projeto “*Sarque*”, faz desenvolvimentos desde 2017 na impressão 3D na moda e trabalha diariamente com esta tecnologia.

A designer trabalha com designers e empresas de todo mundo para o desenvolvimento de impressão 3D na área da moda, quer a nível do desenvolvimento de novos tecidos, quanto de novos materiais para filamentos e ainda várias parcerias para coleções de acessórios (Garcia, 2020).

Estes “tecidos” possuem espessuras particularmente semelhantes aos convencionais, variando entre “membranas” de 20 microns a 1mm, estruturas inspiradas nos princípios dos tecidos e malhas comuns e ainda a possibilidade de tingimento, capsulação e entre meios para aprimorar o têxtil final, que pode ainda ser lavado numa máquina de roupa comum (imagem da peça em Figura 19, página 39) (Marques, 2019).



Figura 18: 1ª imagem "The Lace Mini Skirt": a primeira saia de renda impressa em 3D no mundo. 2ª imagem "The Parametric Skin Suit": padrões tridimensionais semelhantes a pele de cobra, inspirado nas peles de animais marinhos.
 Fotografia: Olya Helga
 Fonte: <https://www.divaholic.com.br/design/2018-09-as-fabulosas-roupas-impresas-em-3d-de-julia-daviy/>

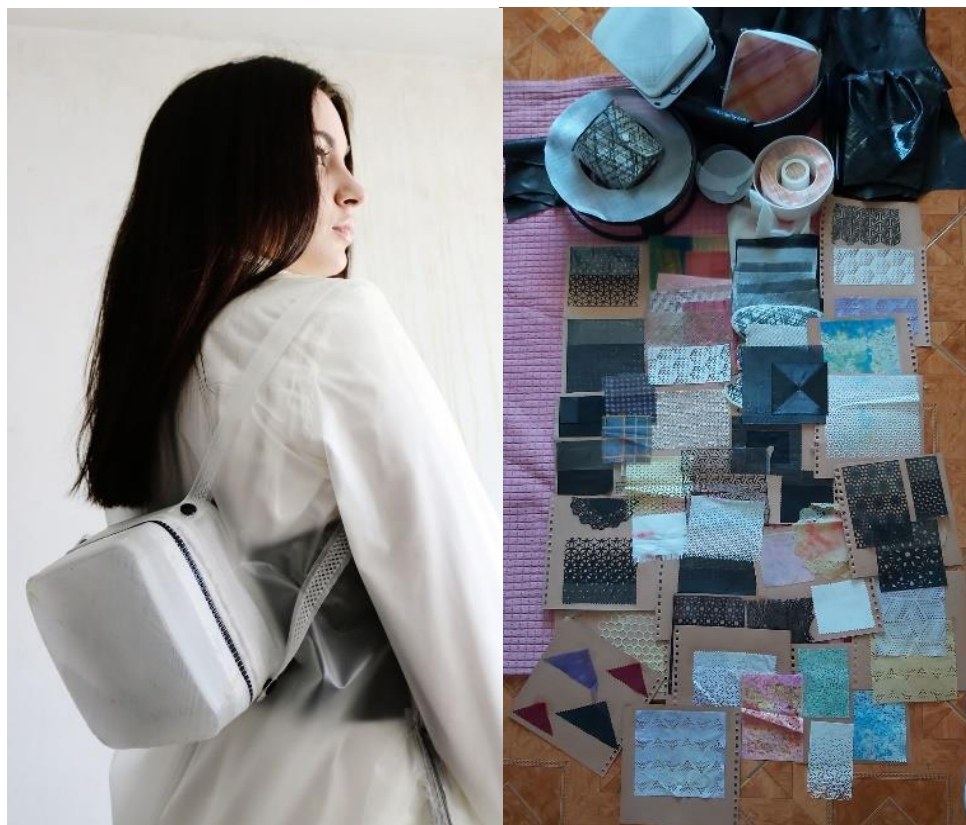


Figura 19: Mala "Think outside the Box" e tecidos desenvolvidos por Susana Marques
 Fonte: Imagens fornecidas por Susana Marques

Os exemplos de vestuário aqui apresentados foram escolhidos devido à exemplificação e impacto que consideramos terem tido no panorama de desenvolvimentos de impressão 3D na moda.

Esses exemplos têm uma aparência complexa e com isso é perceptível que a impressão 3D também proporciona o desenvolvimento de formas e texturas diferenciadas aos que estamos habitualmente acostumados. Para além disso, com estes exemplos foi possível explorar vários procedimentos de fabricação por impressão 3D e identificar diferenças entre os vestuários produzidos, como por exemplo, diferentes tipos de materiais, diferentes técnicas, fluidez diferente e rigidez diferente entre peças.

Ao visualizarmos a sequência de exemplos apresentados fica perceptível a evolução que esta tecnologia sofreu ao longo dos anos e a relação disto com os desenvolvimentos conceituais dos produtos. Um primeiro vestuário desenvolvido em 2013 era rígido, e foi produzido em várias partes para que as dobradiças existentes que ligam a estrutura do tecido o tornassem um pouco fluido. Um ano depois, em 2014, já foi possível desenvolver um vestido com estas características mais acentuadas, mas ainda com dobradiças que ligam a estrutura do tecido, é leve, confortável e produzido com uma só peça isso demonstra uma evolução relevante na impressão 3D. Ainda no mesmo ano foi possível observar tecidos muito mais finos, maleáveis sem existência de dobradiças, mais flexíveis e confortáveis do que os que existiam até então, foi das primeiras vezes que foram criados tecidos com maior semelhança com o que em termos de tecnologia têxtil se faz uso atualmente em peças de vestuário. Esta prosperação chega em 2018 com exemplo onde é possível identificar tecidos por fabricação aditiva com semelhanças aos atuais utilizado na fabricação tradicional, como por exemplo, o aparecimento de couro e a utilização de renda impressos em 3D, isso demonstra que esta tecnologia tem tido um grande desenvolvimento, isso fica perceptível nos exemplo acima descritos.

Estes exemplos foram relevantes para que se pudesse fazer uma análise visual de como a impressão 3D tem vindo a crescer na indústria da moda, sendo que é uma tecnologia recente nesta área, assim sendo, demonstra um grande potencial e uma grande perspectiva de futuro.

3.2 Acessórios

Os acessórios como óculos, bijuteria, relógios e malas, podem ser criados em sistema CAD de modelagem, da mesma forma que o vestuário, e com isso ser impresso nos mais variados materiais (Kuhn & Minuzzi, 2015). O desenvolvimento de acessórios em impressão 3D tem sido cada vez maior. A impressão 3D permite introduzir características de alta precisão, repetição e sem a utilização da soldagem, e tornar a fabricação de acessórios muito mais simples, para além disso a impressão 3D pode imprimir acessórios com uma vasta variedade de materiais, sejam em pó, líquido ou em filamentos, para além disso é possível misturar diferentes materiais para produzir materiais novos.

Assim sendo, a impressão 3D de acessórios torna-se mais simples e obtém um excelente êxito na produção de acessórios (Xiao-Hua Lin, 2017).

Stéphanie Santos

Stéphanie Santos é uma designer luxemburguesa, que utiliza técnicas modernas no desenvolvimento dos seus produtos, para além disso o seu trabalho pretende mostrar a sua interpretação da natureza e da arte nos produtos que desenvolve. O seu trabalho baseia-se no desenvolvimento de roupas, malas e joalharia utilizando técnicas digitais de produção, assim sendo os seus produtos são criados á mão (com a utilização de uma caneta de impressão 3D) e/ou impresso em 3D (“About | Stephanie Santos 3D Couture,” 2019).

Posto isto, em 2019 Stéphanie Santos desenvolveu uns brincos artesanais “Folha Earrings”, inspirados nas folhas de carvalho, que posteriormente foram impressos em 3D. Os brincos têm um aro banhado a prata e são peças únicas devido a serem feitos à mão (imagem da peça em Figura 20, página 43) (“Folha Earrings | stephaniesantos,” - Stephanie Santos, 2019).

Julia Körner

Julia Körner é uma designer austríaca que trabalha na área de produto, arquitetura, e design de moda. Julia é reconhecida internacionalmente por ser inovadora e pelo seu

grande contributo no desenvolvimento na área de impressão 3D. Além disso, a designer ganhou um óscar de melhor figurino pelo filme “Black Panther”, o que trouxe a moda impressa para outro panorama.

Julia Körner em 2018 lançou a mala “Hymenium” feita em impressão 3D. Cada peça tem a possibilidade de ser personalizada. A produção das malas utiliza a tecnologia FFF e foi utilizado um material semirrígido. Posteriormente à impressão, a parte impressa em 3D foi aplicada à mão sobre um couro macio (imagem da peça em Figura 21, página 43) (“Hymenium Bag,” 2018).

Julia Daviy

Julia Daviy é uma designer pioneira e premiada na tecnologia de impressão 3D, que cria vestuário, malas e acessórios estampados em 3D. A designer tem como princípios uma produção sustentável.

Em 2020 Julia Daviy lançou a mala “Avital”. Esta mala é totalmente em impressão 3D e feita com o material Nylon. O design deste produto aborda uma temática de design arquitetônico paramétrico. O design desta mala é dimensionado para uma utilização de bens essenciais como por exemplo o telemóvel, as chaves de casa, um batom e alguns cartões (imagem da peça em Figura 22, página 43) (“Avital Bag,” 2020).

Stéphanie Santos

Em 2020 Stéphanie Santos desenvolveu uma mala “Folha Bag On Chain” com uma estética minimalista, que contém elementos botânicos desenhados à mão com uma caneta de impressão 3D, exclusivos em cada peça (imagem da peça em Figura 23, página 43) (“Folha Bag On Chain | stephaniesantos,” - Stephanie Santos 2020)



Figura 20: Brincos “Folha Earrings” de Stéphanie Santos

Fonte:

<https://www.stephaniesantos.store/product-page/folha-earrings>

Fonte:

<https://www.stephaniesantos.store/product-page/folha-earrings>



Figura 21: Mala “Hymenium” de Julia Körner.

Fonte: <https://www.juliakoerner.com/product-page/hymenium-bag>



Figura 22: Mala “Avital” de Julia Daviy

Fonte:

<https://Daviy.us%20or%20@daviy.us/products/avital-bag-blue-s-size>



Figura 23: Mala “Folha On Chain” de Stéphanie Santos

Fonte:

<https://www.stephaniesantos.store/product-page/folha-bag-on-chain>

3.3 Calçado

Cada pessoa tem o seu tamanho, e isto vale também para o calçado, a customização de produtos torna-se um processo mais simples utilizando a tecnologia de impressão 3D. As impressoras 3D atualmente já estão a ajudar os designers na produção de calçado. Com a impressora 3D é possível produzir um sapato absolutamente perfeito para cada cliente consoante a sua preferência e gosto, pois, o calçado é projetado e fabricado conforme as necessidades, preferências e hábitos de cada cliente (Bitonti, 2019).

O processo é semelhante ao processo de vestuário, é necessário fazer um ficheiro CAD correspondente as medidas dos pés do consumidor de forma a obter uma versão em 3D dos pés e conseqüentemente fazer outro ficheiro CAD de um par de sapatos, que no caso pode ser completamente adaptado a cada um dos pés do consumidor. Posto isto, o calçado pode mais facilmente atingir níveis mais altos de conforto do que os que são produzidos atualmente, uma vez que são produzidos exatamente para aquele formato de pés (Xiao-Hua Lin, 2017).

Iris Van Herpen

Em 2013 a designer Iris Van Herpen em colaboração com a empresa Stratasys produziu estes sapatos inteiramente em impressão 3D. O método utilizado para a produção dos mesmos foi a Polyjet, o material utilizado para a produção dos sapatos foi Rigid Opaque (registado pela Stratasys), este material é um polímero rígido com um acabamento opaco. Este design deriva de uma bota com salto plataforma, no entanto tem bastantes diferenças entre as botas com salto plataforma convencionais (imagem da peça em Figura 24, página 46) (Vicente, 2016).

Nike

Em 2014 Nike também produziu uns ténis em impressão 3D, chamados de Nike Vapor HyperAgility Cleat. Isto porque a empresa reconhece que a utilização desta nova tecnologia gera rapidez no processo de produção e apresenta resultados mais interessantes. Este modelo de ténis foi desenvolvido pelo método SLS e é feito para jogadores de futebol e foi desenvolvida com o intuito de permitir maior velocidade em campo, cria uma tração ideal para permitir o jogador de desacelerar ou mudar de direção

mais facilmente e também reforçar a estrutura do ténis para suportar melhor o impacto que o corpo do jogador exerce durante o jogo (imagem da peça em Figura 25, página 46) (“Nike Football Accelerates Innovation with 3D printed ‘Concept Cleat’ for Shuttle - Nike News,” 2014).

Francis Bitonti

Em 2015 Francis Bitonti em parceria com a United Nude desenvolveu uns sapatos com salto em plataforma, em que a parte superior é de couro tradicional e o salto foi impresso em 3D, em que o método utilizado foi o SLS e posteriormente revestido a ouro.

Os sapatos foram desenvolvidos de forma personalizada, em que o designer gerou um produto com um algoritmo computacional que controla o formato do modelo digital, alterando as entradas do modelo do sapato para uma aplicação criada por Bitonti de forma a produzir as formas sob medida que podiam impressas por uma impressora 3D (imagem da peça em Figura 26, página 46) (Bitonti, 2019).

Adidas

Em abril de 2017 a Adidas lançou uma sapatilha, "Futurecraft 4D", com a sola impressa em 3D, essa sola é flexível e maleável devido a ser produzida por um laser UV que transforma um líquido em uma entressola sólida. O tempo de produção desta sola é de cerca de 20 minutos, sendo que uma sola produzida tradicionalmente demora cerca de uma hora e meia a ser produzida, isto resulta numa redução de tempo impressionante com a utilização desta nova tecnologia. A longo prazo a marca pretende oferecer a cada cliente um produto sob medida, adaptando os dados fisiológicos e necessidades de cada cliente (imagem da peça em Figura 27, página 46) (“As batalhas do 3D,” 2017).



Figura 24: Botas Iris Van Herpen em colaboração com a empresa Stratasys.
 Fonte: <http://blog.stratasys.com/2013/07/02/paris-fashion-week-3d-printed-shoes/>



Figura 25: Tênis da Nike "Vapor HyperAgility Cleat".
 Fonte: <https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle>



Figura 26: Sapatos desenvolvidos por Francis Bitonti em parceria com a United Nude.
 Fonte: <https://www.dezeen.com/2015/09/08/francis-bitonti-3d-printed-gold-plated-mutatio-shoes-united-nude-3d-systems/>



Figura 27: Sapatilha, "Futurecraft 4D" da Adidas.
 Fonte: <https://www.portugaltextil.com/as-batalhas-do-3d/>

Capítulo IV – Perspetiva empresarial

4.1 Perspetiva das empresas/designers a esta nova tecnologia

A tecnologia de impressão 3D na área da moda vem revolucionar a forma como as cadeias de abastecimento de vestuário tradicionais se procedem, revolucionando para um abastecimento local e por vezes doméstico. Para além disso, esta tecnologia também proporciona uma produção mais sustentável, de uma perspetiva ambiental, social e económica.

Com a exigência do mercado, a indústria da moda necessita de uma nova abordagem de design, personalização de produtos e inovação, e a impressão 3D responde bem a esses parâmetros, devido a ser possível personalizar as peças de vestuário e tem uma boa capacidade de inovar e diferenciar o design comparativamente com a produção feita atualmente na indústria tradicional.

Como foi referido anteriormente, esta tecnologia pode redefinir novos padrões para a produção na indústria da moda. Nesse sentido, existem três principais impactos, o primeiro é a mudança para uma fabricação local, que parece ser uma opção viável para algumas empresas. Além disso deixa de ser necessário existir tanta quantidade de stock, conseqüentemente não é necessário encontrar um sítio de produção que tenha de ter um grande armazém para reserva de produtos, isso conseqüentemente evita o desperdício e perda de dinheiro em peças que não se venderam. O segundo impacto é relativo à *offshoring* de produção de vestuário, onde deixa de ser necessária a transferência de produção para outras empresas em países com custos de produção significativamente mais reduzidos. O terceiro impacto é o tempo de espera que nesta indústria é um fator crítico, tanto para as empresas como para os consumidores finais (Sun & Zhao, 2017). Atualmente em algumas empresas as matérias-primas são provenientes de outros países e é necessário um tempo de espera até à chegada de todos os materiais para dar início ao processo de fabricação (R.Ishengoma & B. Mtaho, 2014). A tecnologia de impressão 3D pode encurtar esses prazos de entrega devido à disponibilidade de produtos em fabricação local e cria-se a possibilidade de reduzir ou eliminar processos de fabricação comparativamente com a fabricação tradicional de vestuário. Este conjunto de impactos fazem com que os prazos de entrega diminuam e exista um maior controle de *stock*.

Assim sendo, todo o formato que as empresas e designers adotam para uma produção de vestuário tradicional é completamente repensado e modificado. Esta tecnologia ainda tem as suas limitações principalmente no desenvolvimento das peças de vestuário, porém a perspectiva de futuro é positiva e já alcançou grandes avanços na indústria da moda (Sun & Zhao, 2017).

4.2 Análise dos questionários

Foi feito um questionário com o tema “Questões sobre a impressão 3D no design de moda” e enviado a designers que trabalham com impressão 3D na moda. O objetivo deste questionário é abordar questões de forma a perceber qual a perspectiva de futuro da impressão 3D na moda, quais os seus benefícios, e algumas diferenças entre a impressão 3D e a fabricação tradicional, de forma a recolher dados que me esclarecessem nessa perspectiva. Considera-se essencial um testemunho de designers que trabalham com impressão 3D no design de moda, devido a ser uma informação mais realista do que é a tecnologia de impressão 3D, que muitas vezes não está escrita em artigos científicos nem revistas. Com esta informação é possível complementar o conhecimento sobre as possibilidades e dificuldades que ainda existem na produção de vestuário em impressão 3D. Este tema ainda é restrito a um nicho de mercado, para obter-se uma informação qualitativa foi desenvolvido um questionário, em que um questionário demora cerca de 20 minutos a ser respondido. Este questionário contém 5 perguntas abertas que possibilitassem uma autonomia e autoria na conduta das respostas por parte dos entrevistados. Desta maneira, em uma entrevista semi-estruturada o intuito foi pontuar questões pertinentes ao desenvolvimento desta investigação, bem como deixar em aberto a explanação sobre a experiência de cada designer nos seus processos com a impressão 3D (questionário encontra-se em anexo).

Dos 20 contactos efetuados foram obtidas respostas por parte de 5 designers, que foram Burcin Nalinci, Danit Peleg, Melinda Looi, Stéphanie Santos e Susana Marques. Das 5 respostas, 4 foram via e-mail pelas designers internacionais Burcin Nalinci, Melinda Looi, Stéphanie Santos e pela designer portuguesa Susana Marques. Com a designer internacional Danit Peleg a resposta foi via *Zoom*.

O contacto com estes profissionais revelou que, como já havia sido dito, a impressão 3D elimina muitas etapas de produção quando comparado à fabricação tradicional “*Muitas etapas seriam canceladas: criar fios, tecer tecidos, comprar tecidos para as roupas,*

cortar padrões e costurar as peças com acabamentos complicados.” (Stéphanie Santos). Para além disso, esta tecnologia torna as peças de vestuário altamente customizadas e não necessita do suporte de uma grande fábrica. Uma das características muito positivas é a possibilidade de qualquer pessoa ter uma impressora 3D em casa, com isso tem a facilidade de poder reparar qualquer coisa em suas próprias casas. Na moda acontece o mesmo, *“Na moda funciona igual, tanto podemos estar a imprimir botões, ilhós e outros aviamentos, como a seguir temos uma mala, um par de sapatos ou uma camisola a fazer. É como se o guarda-roupa inteiro pudesse vir dali.*” (Susana Marques). Aparentemente a perspetiva de futuro é colocar uma impressora 3D a imprimir um *outfit*, enquanto se toma o pequeno almoço, e quando voltamos temos o *outfit* terminado e pronto a vestir. Para além disso, a designer Susana Marques coloca uma questão muito pertinente: *“A impressão 3D é um dos componentes chave da indústria 4.0, um mercado que já movimentava bilhões anualmente e que não pára de crescer, está a revolucionar todas as áreas, porque havia a moda de ficar de fora desta revolução?”* (Susana Marques). Esta questão dá que pensar e ter a perceção de que realmente a moda não pode ficar fora deste panorama. Além disso, a impressão 3D permite imprimir qualquer coisa a partir de qualquer sítio *“Simplesmente é necessário um computador e uma impressora 3D para imprimir uma t-shirt ou sapatos, porque é possível imprimir qualquer coisa que imagines, qualquer estrutura, design etc.”* (Danit Peleg). Para Danit Peleg como designer a impressão 3D dá-lhe muita liberdade, visão e realidade.

Numa perspetiva de futuro, esta tecnologia necessita do desenvolvimento de novos têxteis, *“Novas propriedades têxteis (propriedades mecânicas e estéticas).”* (Stéphanie Santos) e com isso pode ser mais fácil desenvolver projetos mais complexos. Para além disso, esta tecnologia simplifica o processo de design e é uma tecnologia sustentável. Atualmente esta tecnologia ainda é muito lenta, mas no futuro a pretensão é que venha a tornar-se mais rápida e utilizar muitos tipos de materiais. Existe ainda a necessidade de desenvolver plataformas de download de peças para ser impressas em 3D *“É necessário a existência de plataformas para descarregar ficheiros e imprimir, como por exemplo o iTunes mas aplicado à impressão 3D na moda, para ser possível fazer o download de uma t-shirt e imprimir em casa.”* (Danit Peleg). Ainda é possível personalizar peças *“Acessórios de vestuário personalizados e componentes de fabricação em pequenas séries de produção. Por exemplo, normalmente, se você quiser um fecho, botão, etc. da sua marca, você precisa produzir MOQs na casa dos milhares... agora você pode personalizar esses itens uma peça por vez.”* (Melinda Looi).

A implementação da tecnologia de impressão 3D no mercado vai ser lenta e gradual, devido à sociedade ser muito reticente às mudanças. Apesar de tudo cada vez mais vemos produtos fabricados em impressão 3D, a maior parte são em acessórios e calçado, mas acreditamos que é uma questão de tempo para que as pessoas comecem a quebrar o preconceito e adquirir produtos impressos em 3D. Cada vez mais se vê as indústrias adotarem a fabricação em impressão 3D. Se isso acontecer a perspectiva é que comecem a surgir as primeiras impressoras e materiais projetados para a indústria da moda. Atualmente ainda não existe muita pesquisa nos materiais a utilizar para a impressão 3D na moda, porém, pressupõe-se que um material que seja flexível e durável pode ser bom para essa aplicabilidade *“A beleza da manufatura aditiva é a capacidade de escolher o local, a função e o tipo de qualidade do material que melhor se ajusta a isso. Se uma parte da roupa precisa ser flexível e resiliente ao movimento, talvez filamentos de náilon (à base de silicone) sejam os mais adequados.”* (Burcin Nalinci). Tecnologias como a FFF, RLP e Desktop, são as mais apropriadas para a área da moda. Essa escolha de tecnologias é importante, porque também influenciam nas características do tecido e também são tecnologias com impressoras e materiais mais baratos, com maior facilidade de acesso, *“Imprimir em tecnologias industriais como SLS e Powder custam cerca de 13.000\$, o que é muito caro. Eu acho que o método FDM é a melhor tecnologia para imprimir vestuário, por ser uma tecnologia barata, uma impressora custa cerca de 5.000\$ e o material custa cerca de 20\$ para imprimir uma t-shirt, muito mais barato que por exemplo a tecnologia SLS.”* (Danit Peleg).

Segundo os designers, esta tecnologia não precisa de reproduzir roupas iguais as que são produzidas tradicionalmente, mas sim trazer valores maiores, ser mais sustentável, e ter mais funcionalidade do que a fabricação tradicional. Ainda assim, imitar os tecidos tradicionais é um caminho a percorrer, desde que proporcione resultados melhores, *“Se for melhor, precisamos descobrir e provar. Que hoje ainda estamos em fase de pesquisa.”* (Stéphanie Santos). Ainda assim, a perspectiva em que é possível desenvolver roupas com características semelhantes às fabricadas tradicionalmente é positiva, não é preciso ser igual, mas contém propriedades de conforto semelhantes *“Ainda não será 100% possível atualmente, mas estamos muito perto. As pessoas são 8 ou 80, e assumem que por mudarmos a forma de fabricação vamos ter roupas absurdamente diferentes, divagam logo para roupas altamente conceituais quando na verdade, serão possivelmente muito semelhantes às atuais.”* (Susana Marques), mas para isso também é possível que se proporcione tecnologias aplicadas à indústria da moda, *“...métodos e materiais, rever as máquinas para hospedar materiais e processos de montagem mais semelhantes aos métodos tradicionais.”* (Burcin Nalinci).

Hoje em dia ainda não é comparável a fabricação tradicional com a fabricação em impressão 3D, devido a esta tecnologia ser um processo digital, até porque ainda não existe produção em massa na fabricação aditiva para que seja possível comparar, ainda só é possível realizar processos de produção com a impressão 3D, *“O que significa que atualmente a produção de impressão 3D ainda não é tão eficaz em tempo e dinheiro quanto nas formas tradicionais. Embora tenha potencial para se tornar o melhor jogador.”* (Stéphanie Santos).

Concluo que este questionário teve respostas essencialmente harmoniosas. Existe algumas opiniões que se repetem por designers diferentes, isso só revela a coerência que existe nas respostas e experiência a esta tecnologia, além de reforçar as ideias existentes. Estas respostas foram muito enriquecedoras e explícitas para o que se pretendia, e trouxeram grandes esclarecimentos acerca de alguns aspetos relacionados com a impressão 3D. Foram abordados assuntos que trouxeram a realidade da impressão 3D na sua aplicabilidade, foram identificados mais problemas dos que havíamos identificado até então. Isso traz uma perspetiva diferente daquela que foi referida anteriormente. Considera-se que estes questionários tiveram um grande contributo para o desenvolvimento do ensaio prático.

PARTE II

Capítulo V - Ensaio Prático

5.1 Descrição

Para entender o processo da aplicação da tecnologia de impressão 3D na indústria da moda, realizou-se um ensaio prático, com a intenção de desenvolver uma amostra de tecido baseada em uma peça de vestuário em impressão 3D.

Esta abordagem tem o intuito de clarificar a informação pesquisada e ter um dado prático para ponderar as divergências que existem quando se produz em impressão 3D, que por vezes não são claras nos artigos científicos ou na simples visualização de trabalhos já realizados.

Para o desenvolvimento projetual seguiu-se por algumas normativas metodológicas do desenvolvimento de produto de design, no entanto a abordagem foi muito mais simplificada e deteve-se na apreciação tecnológica e critérios relevantes de um produto de vestuário, tal como: maleabilidade, ergonomia, conforto e usabilidade.

Neste caso de ensaio prático, foi pedida a participação da designer Susana Marques, responsável pela marca “Sarque” (www.sarque.pt), que faz desenvolvimentos na impressão 3D na moda e trabalha diariamente com esta tecnologia. Trabalhando com designers e empresas de todo mundo para o desenvolvimento de uma nova era de têxteis de vestuário impresso em 3D.

O processo inicia-se com uma pesquisa de vestuário que está a ser feita por designers, de seguida, foi desenvolvido um tema e um conceito, e assim deu-se início ao desenvolvimento da peça. Posto isto, o caso de ensaio prático passa para a fase da produção onde essencialmente se descreve o processo feito para aquela que seria a peça destinada em impressão 3D. De seguida é abordado o processo de impressão onde vai ser descrito o processo que é necessário fazer para o design projetado. Por fim, vai-se analisar o processo de pós-processamento, perceber qual o método de pós-processamento mais indicado para a peça projetada que seria impressa em 3D e clarificar outros processos que poderiam ser aplicados também, mas que o seu uso não é tão adequado neste caso.

Concluído o ensaio prático, fez-se uma análise daquilo que é a teoria do processo de impressão 3D e a prática, para dar a conhecer quais os problemas que existem quando se produz vestuário em impressão 3D e que não ficam claros nos artigos científicos. Com

isso obter conclusões daquilo que é a impressão 3D aplicada na indústria da moda, com conhecimento de causa devido à experiência realizada.

5.2 Processo de Design em Impressão 3D

O processo de design quando feito para impressão 3D inicia-se de forma semelhante ao processo tradicional, iniciando-se com a criação de um tema, um conceito, em painel *moodboard* e a ilustração da peça. A única diferença é que quando se cria um design para ser fabricado em impressão 3D existem certas barreiras de criação que podem ser ultrapassadas com a utilização desta tecnologia. Por vezes a modelagem de uma peça em produção tradicional pode ser restringida em certos aspetos, como volumes, consistência e formas, nesse aspeto a produção em impressão 3D dá uma melhor resposta, e assim sendo, pode resultar em designs diferentes com características novas.

Posteriormente a esse processo, com a utilização de ferramentas de desenho direto desenvolve-se o avatar que contém a peça idealizada. Posto isto, este processo, diferente do processo tradicional, pode ser diferenciado no aspeto em que quando o vestuário é feito para uma impressora 3D é possível desenvolver a ilustração e a modelagem ao mesmo tempo no avatar. Só que existe um senão, os programas em 3D são programas que não são projetados para a área de moda, assim sendo os designers utilizam esses programas sendo necessário uma investigação para que cada um o utilize com base na área na moda, visto que atualmente é a única forma de fazer vestuário em impressão 3D.

Por experiência própria instalei o programa 3D, “Blender”, abri o programa e a interface foi-me completamente desconhecida e de difícil interação. Notoriamente projetado para áreas industriais que nada tem haver com a moda. A seguir tentei aprender a utilizar o software e reparei que nada daquelas ferramentas faziam sentido para o fim que se pretendia, que seria desenhar em 3D a peça de vestuário. Posteriormente fez-se uma busca de informação, e tudo o que era demonstrado era para uma vertente industrial, sem relação nenhuma a vestuário. Aí concluiu-se que era preciso uma grande investigação para poder ser desenhada uma ilustração para o fim desejado.

Para além dessa problemática a Susana informou que aquando da realização da peça diretamente sobre um avatar verificou no decorrer dos seus trabalhos e pesquisa, graves erros ergonômicos. Embora o simulador 3D apresente um *fitting* adequado e todos os parâmetros fiquem corretos, quando impressos e montadas as peças, obtêm-se peças de

vestuário desproporcionais. Este erro ainda está em análise pela mesma juntamente com os softwares envolvidos. Para esse efeito o melhor caminho seria fazer a modelagem à mão e posteriormente digitalizá-la para o programa ou simplesmente fazer os moldes digitalmente no mesmo programa, como por exemplo no “Modaris”, “Clo3D”, “Marvelous Designer” ou “Tailornova”. Contudo, proceder à modelagem 2D em primeiro lugar baseada nos princípios de modelagem tradicionais. Este problema pode ser gerado pelo facto destes programas não serem projetados para produzir peças de vestuário em impressão 3D, assim sendo, podem criar erros quando isso é feito.

Esta informação mete em causa o que foi dito acima pelo autor “(Sun & Zhao, 2017)”, quando comparamos com o processo na realidade vimos que nem sempre as coisas funcionam assim. Contudo, como esta tecnologia é recente na área da moda, é expectável que em pouco tempo comecem a existir programas para impressão 3D aplicados à moda, ainda mais porque tem vindo a existir um crescimento de uso desta tecnologia na indústria da moda.

Assim sendo, já com alguns pormenores esclarecidos e tendo em conta as técnicas desta tecnologia e a ergonomia da peça, foi então desenvolvido um *moodboard* com o tema e inspiração que deu origem à peça desenvolvida.



Figura 28: Moodboard da peça desenvolvida
Fonte: Autoria própria

Este *moodboard* tem como inspiração formas fluidas, onduladas e texturas de tecido, com base na cor vermelha. Esta escolha foi feita devido ao tema escolhido (Classic Hell) e consoante alguns pormenores que são intencionais na peça.

Relativamente à ilustração, a intenção é que a peça fique fluida, confortável e que tenha uma boa ergonomia. Para esse efeito, a ilustração desenhado foi a que se encontra abaixo.



Figura 29: Ilustração da peça (vestido)
desenvolvida
Fonte: Autoria própria

É preciso deixar claro que a escolha de materiais e de métodos de produção que foram elegidas para este ensaio prático, estão de acordo com a peça projetada, neste caso o vestido. Caso fosse criada outra peça teriam de ser feitas novas escolhas consoante as propriedades da peça e assim sucessivamente para cada produto que seja projetado em impressão 3D, tal como é pensado na indústria tradicional.

Posto isto, foi então desenvolvido um design de um vestido, para que pudéssemos tomar decisões de desenvolvimento/produção consoante o design elegido. Este vestido está projetado com características como uma cintura marcada, com uma boa fluidez, flexibilidade, um bom caimento.

Assim sendo, depois de conversar com a Susana de qual seria o design do meu vestido e as suas características, ela aconselhou-me a utilizar o material TPU 70A, projetado com uma espessura de 200 microns em uma amostra de 75mm x 150mm. Foram elegidas para desenvolver a amostra as cores Pantone 15-1624 Conch Shell, 17-1937 Hot Pink, 15-2217 Aurora Pink, 18-2525 Magenta Haze, 16-1546 Living Coral, 15-1058 Radiant yellow, 16-1350 Amberglow, 15-1234 Papaya, 19-1664 TCX True Red, 17-1563 TCX Cherry Tomato, 17-1553 TCX Paprika, Chili Pepper 485 C e Baked Clay 18-1441, estas cores são possíveis devido à manipulação que a Susana fez para tingir os filamentos.

O matéria elegido (TPU 70A) é um poliuretano, classificado na escala de Shore em 70A. Esta escala define a dureza do material, está definida em numeração numérica e alfabética, primeiramente é elegido uma letra que classifica a dureza entre A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S e R, onde a letra A é a escala mais maleável e a letra R e a mais rígida. Dentro dessa classificação ainda existe a classificação numérica que vai de 0 a 100 onde 0 é mais maleável e 100 é mais rígido, e daí resulta a definição de rigidez de um material pela escala Shore (“ASTM D2240 - Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness | Engineering360,” 2015).

Elegido o material TPU 70A e as suas respetivas cores, passa-se então à fase de modelagem. Como já foi explicado anteriormente, existem problemáticas no processo de modelagem, se fossemos projetar este design o mais indicado seria desenvolver os moldes em papel e de seguida digitalizá-los ou então, desenvolvê-los em programa de modelagem, por exemplo “Modaris”. Posteriormente a este processo é necessário converter o ficheiro em extensão de ficheiro “.JPEG”, no caso aplica-se este último processo da mesma forma para ambas as situações. Posto isto, é necessário abrir a extensão de ficheiro “.JPEG” que foi feita anteriormente, no programa “Illustrator” para vetorizar os moldes e depois exportá-los. Neste passo existe 3 extensões de ficheiro que

podem ser utilizadas, e dois processos para desenvolver a modelagem já com o tecido definido e desenvolvido num programa de impressão 3D, para depois ser enviado para a impressora 3D e daí ser impresso, assim sendo esses processos são,

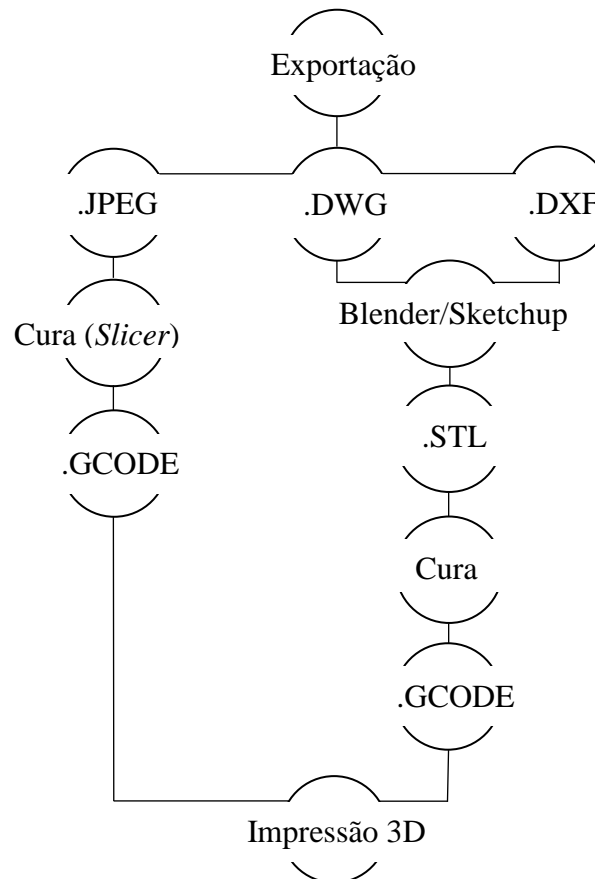


Figura 30: Processo de configuração em programa de impressão 3D
Fonte: Autoria própria

Como disse anteriormente e como a imagem explícita, existem duas formas para fazer o processo de desenvolvimento de modelagem e têxtil. Para este ensaio prático, se a modelagem fosse feita, a escolha seria optar pelo processo do lado esquerdo da imagem. Depois de exportar para extensão de ficheiro “.JPEG” (ficheiro dos moldes), abrir essa extensão no programa de impressão 3D “Cura”, fazer o desenvolvimento do tecido diretamente nos moldes. Definir todos os parâmetros de impressão e de seguida gerar a extensão de ficheiro “.GCODE”, esta extensão é convertida do arquivo feito pelo programa “Cura” para linguagem da impressora 3D de forma a esta conseguir ler as informações do ficheiro e por fim enviar para a impressora 3D para dar início à impressão.

“Embora esta abordagem pareça muito simples, o objetivo é mesmo servir-nos dos recursos e simplificar de modo a que mais designers de moda percam o medo de entrar

neste meio. O segredo aqui vai estar dentro do software de fatiamento, a manipulação dos shaders personalizados para infill e parâmetros importantíssimos como densidades, fluxos, estrutura, velocidade...” (conversa com a Susana Marques)

Outra forma de desenvolvimento (processo do lado direito da figura) é exportar do “Illustrator” em extensão de ficheiro “.DWG” ou “.DXF”, abrir essa extensão de ficheiro dos moldes no programa de modelagem 3D “Blender” ou “Sketchup”, depois exportar esse ficheiro para extensão de ficheiro “.STL”, abrir essa extensão no programa “Cura” e fazer o mesmo processo que o anterior, desenvolver o tecido a usar já nos moldes, definir todos os parâmetros de impressão e guardar em extensão de ficheiro “.GCODE”. Posto isto, o documento está pronto para a impressora 3D para ser impresso.

É preciso deixar claro que existem vários outros programas para configurar produtos para impressão 3D em todas as fases de processo. Em conversa com a Susana decidimos eleger estes para ambas as formas de desenvolvimento, por parecer mais indicado para este projeto e pela simplicidade que representa para um designer que está a introduzir-se no mundo da impressão 3D.

Como disse anteriormente para este ensaio prático vou utilizar o método do lado esquerdo da figura, com o objetivo de imprimir uma amostra de tecido do que seria o vestido, para perceber a capacidade deste tecido, em que ponto evolutivo os tecidos para impressão 3D se encontram, e as suas características.

Com a ajuda de Susana Marques, como não vamos fazer realmente a modelagem, vamos importar uma imagem “.JPEG” de um retângulo de 75mmx150mm para o programa “Cura”, para proceder ao desenvolvimento técnico do tecido em cima de um retângulo que corresponderia a um dos nossos moldes. Este desenvolvimento do tecido é feito através de definições de parâmetros como espessura, largura, comprimento, estrutura e a dureza. O desenvolvimento do tecido no programa “Cura” foi feito pelo Susana segundo as diretrizes que tínhamos definido.

O jogo de cores da amostra foi definido posteriormente ao .GCODE, através de manipulação manual, uma técnica criada especificamente pela designer para criar efeitos de cores e padrões.

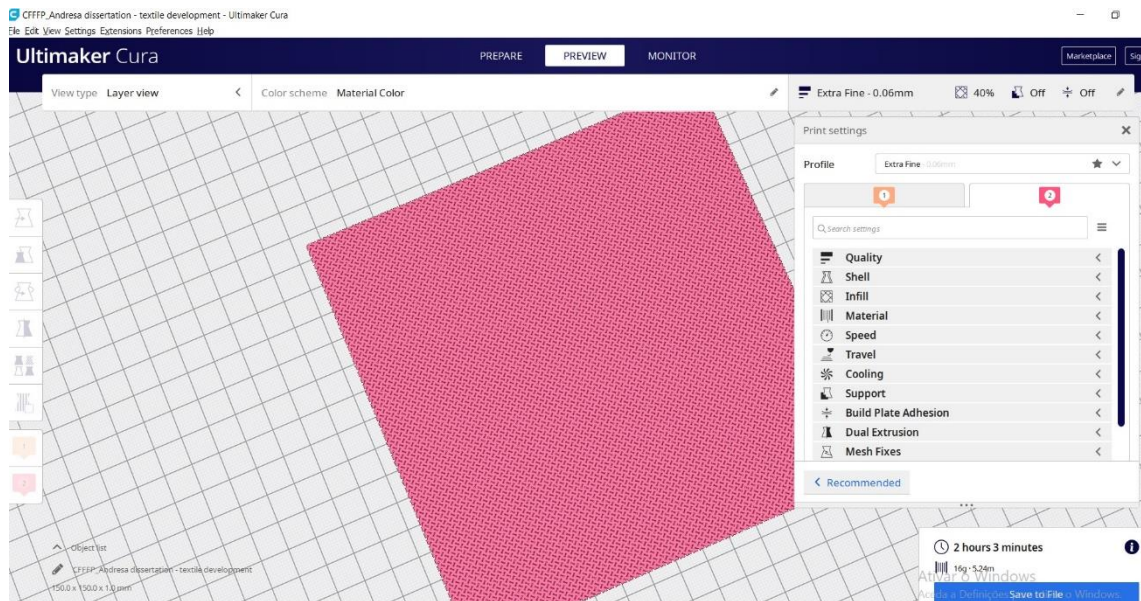
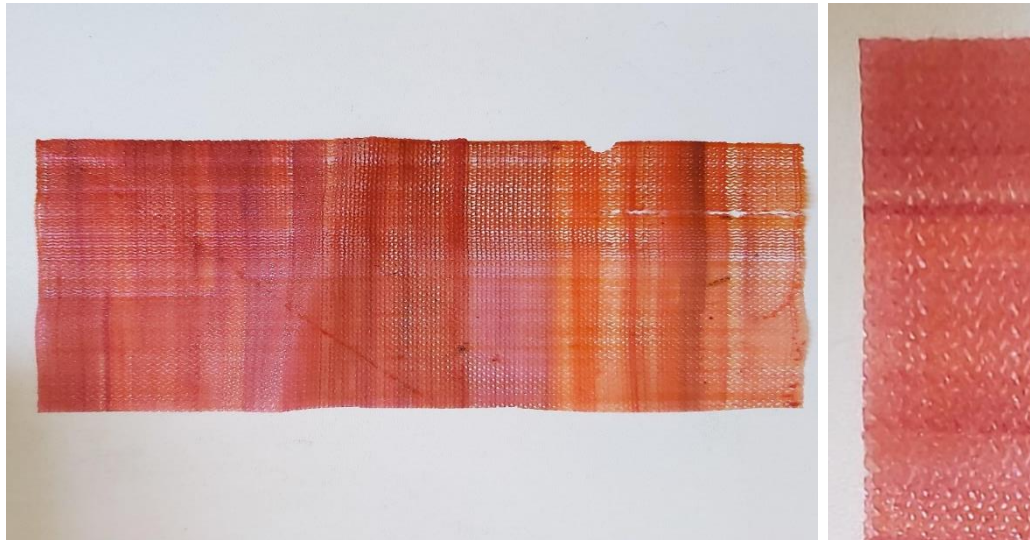


Figura 31: Desenvolvimento do tecido no programa "Cura"
Fonte: Autoria própria

5.3 Impressão

Com a finalização do desenvolvimento deste tecido, decidimos utilizar a impressora Anet A8, um modelo desktop dos mais básicos que existem, do tipo FFF, com uma área de impressão de 20x20cm (inferior ao padrão dadas as alterações que já foram efetuadas na mesma). Com um extrusor direto (criado especificamente para impressão de filamentos altamente flexíveis, que possibilita ainda o uso de filamentos 1,75mm e 2,85mm). Este método (FFF) contém uma variedade maior de materiais para a impressão 3D em vestuário, os próprios materiais são mais baratos e de maior acesso para este método do que para os outros. Este método reúne todas as qualidades de impressão desejadas para o design projetado que seria o vestido. Posto isto iniciamos a conversão do arquivo no programa "Cura" em ".GCODE", e de seguida enviamos para a impressora 3D imprimir a amostra daquilo que seria o vestido, esta amostra demorou cerca de 1h24m a ser impressa. Antes do envio do ficheiro tivemos de ajustar a mesa de construção da impressora, aquecer, colocar o filamento de material que usamos (TPU 70A) e aí então demos início à impressão.



*Figura 32: Amostra do tecido impresso em 3D / Zoom da Amostra
Fonte: Autoria própria*

Pela experiência nesta área e com todos os desenvolvimentos que a Susana tem feito com a impressão 3D, foi dito que a amostra que desenvolvemos tem uma boa resistência à lavagem em máquinas de lavar comuns com produtos de lavagem de roupa comuns. Pelos testes que vem fazendo ao longo do tempo, as amostras de tecido impressas em 3D potencializam uma durabilidade e resistência maior comparativamente à fabricação tradicional.

A amostra tem um bom toque, é bastante flexível e surpreendentemente resistente. Apesar de ter ficado com alguns defeitos considero que foi uma boa experiência e que obtive as características que foram projetadas no início deste projeto.

Caso tivéssemos impresso os moldes do vestido, teríamos ainda de fazer a montagem da peça. Para essa montagem, iremos escolher utilizar o pós-processamento de costura por fusão. Este processo consiste em adicionar o mesmo material aquecido para unir e fundir as partes do molde entre si. Este método é o que tem um melhor resultado e aparência e dá mais resistência, para além disso, dá a sensação de que a peça foi impressa em uma só parte. Existem outros dois métodos para fazer este tipo de pós-processamento no vestido projetado, que são: costura ultrassônica e colagem. A questão é que a costura ultrassônica é um método muito dispendioso e quando se utiliza as colas para um processo de montagem de vestuário, acontece que as peças podem descolar com facilidade. Nesta parte de pós-processamento foi interessante a abordagem deste tópico com a Susana, porque de facto na coleta de dados feita anteriormente na Parte I desta dissertação, apenas se tinha referenciado como pós-processamento de montagem de moldes o método de colagem. Com este ensaio prático, em conversa com a Susana,

percebeu-se que realmente existem outros métodos mais adequados à montagem de vestuário. Enquanto os autores “(Taylor & Unver, 2014)” não apontaram nenhum problema com o processo de colagem, de fato para produção de vestuário não é de todo o mais indicado, o risco da peça começar a desmanchar e cair é grande.

5.4 Observações

Devido à falta de experiência na parte prática da tecnologia de impressão 3D, este caso prático teve muita importância, para se poder perceber melhor o funcionamento desta tecnologia e retirar conclusões.

Neste ensaio prático pude observar as diferenças de informação que existem entre a coleta de dados e o ensaio prático.

Acontece que realmente a parte de desenvolvimento de design altera comparativamente ao processo de design feito na fabricação tradicional, só que em controvérsia com a Parte I desta dissertação, ainda não é tão fácil de desenvolver designs diferentes e sem limitações. Existem ainda muitas limitações devido a ser uma tecnologia recente na indústria da moda. Na maior parte das indústrias que a tecnologia de impressão 3D é aplicada, não existem questões ergonômicas que têm de ser levadas em conta. Nesse sentido, então é preciso ter a precisão dos atuais limites da impressão 3D para que se consiga produzir vestuário adequado nesta tecnologia.

Quando se procedeu à parte de desenvolvimento de croqui/ilustração e modelagem, com a informação que já se tinha adquirido da Parte I desta dissertação, era de esperar conseguir fazer a modelagem em simultâneo com o croqui/ilustração em programas 3D. Contudo, como foi referido anteriormente tal coisa não acontece, como os programas de modelagem 3D não são projetados para a área da moda, existem deformações de modelagem quando os moldes são impressos. Assim sendo, esses moldes são inúteis, acabando por serem triturados e reciclados para serem reutilizados. A reciclagem dos materiais é uma vantagem que a impressão 3D tem, a impressora necessita somente do material necessário para a peça em si. Por motivos de aparência da peça, esta por vezes necessita de suportes de construção para ser impressa, esses suportes são feitos quando a peça está a ser construída e retirados quando a impressão termina. Os suportes podem ser reciclados, gerando pouquíssimo desperdício. Assim sendo, este método de fabricação torna-se muito mais sustentável nesse sentido.

O desenvolvimento da modelagem contém mais problemas do que seria esperado, não é exequível fazer a modelagem de uma peça diretamente no programa de modelagem 3D, como havia sido referido na Parte I desta dissertação. Aqui está mais uma controvérsia dos artigos científicos e mais uma limitação da impressão 3D na moda, devido à falta de desenvolvimentos de softwares para esta indústria.

A partir deste ponto o processo é relativamente o esperado consoante a coleta de dados da Parte I desta dissertação, o desenvolvimento do tecido é feito em um programa de modelagem 3D, e agora com os moldes corretos, o tecido é colocado automaticamente nas formas dos moldes. Assim sendo, com o desenvolvimento do tecido é possível conseguir o croqui/ilustração com o tecido final aplicado e a extensão de ficheiro “.GCODE” pronta para ser enviada para a impressora.

Devido ao aumento de desenvolvimentos da utilização da impressão 3D na moda, é de esperar num futuro próximo que comecem a ser desenvolvidos programas de modelagem 3D projetados para o design de moda. Sendo possível fazer quatro processos em um só como a modelagem ajustada, croqui/ilustração, prototipagem e desenvolvimento de tecido, o processo que seria de esperar descrito em alguns artigos.

O restante processo também é o esperado, só que o processo de programação neste caso da amostra de tecido que seria aplicada em um vestido, é de difícil compreensão à primeira vista. A programação da impressão é um pouco complicada, é necessário desenvolver o tecido numa linguagem de programação, o que torna o processo difícil para quem está a vivenciar esta tecnologia pela primeira vez, é necessário muito tempo de investigação e aprendizagem para ser possível trabalhar com uma impressora 3D. Talvez por isso existam poucos designers e profissionais a trabalhar com essa tecnologia aplicada à moda, porque para além de todas as questões ergonómicas que têm de ser tidas em conta todo o seu processo até chegar a um produto final. Este processo é difícil, na medida em que a pessoa que está a desenvolver um produto em impressão 3D necessita de um grande *background*, como esta tecnologia é recente na área da moda à existência de mais profissionais a trabalhar neste sentido.

Depois da amostra ser impressa, procedeu-se então ao pós-processamento da amostra. Neste caso, se tivéssemos feito o vestido completo era necessário proceder à fase de pós-processamento da montagem da peça. Como foi referido anteriormente, com a coleta de dados da Parte I desta dissertação, pensava-se que a utilização de colas para o fazer a montagem da peça era o mais indicado, mas a colagem não é uma boa opção para montar uma peça de vestuário, porque descola facilmente e a peça começa a desfazer-se.

Por fim, com o resultado obtido neste ensaio prático, notoriamente a tecnologia de impressão 3D atualmente tem algumas desvantagens devido a ser uma tecnologia recente na área da moda. Contudo se forem projetados programas, materiais e tecnologias para a área da moda, se cada vez mais pessoas começarem a ter experiência nesta tecnologia é expectável que seja uma tecnologia com muito potencial. No futuro, à medida que esta tecnologia vai sendo desenvolvida, torne-se algo muito positivo para a área da moda, pelos motivos de que é uma tecnologia sustentável, não gera quase desperdício nenhum de material, o material necessário é somente o da peça final. Não será necessário prototipagem e ainda que possa ser feita o material pode ser reciclado. O único acabamento que o material precisa é no fim da peça ser impressa, ou seja, no pós-processamento, seja um tratamento de fusão, colagem, pintura etc., são métodos mais sustentáveis que os atuais, com redução em químicos e redução de utilização de água. Tornando o processo em si mais sustentável que o processo de fabricação tradicional.

É preciso deixar claro que alguns passos desta experiência foram descritos de forma teórica, e por isso as conclusões tiradas foram conclusões que resultaram de partilha de informação por parte de Susana Marques, devido a ela própria já ter experienciado todas as fases de processo de impressão 3D na moda, e assim sendo pode transmitir um conhecimento de causa que era o pretendido para este ensaio prático.

Foi muito desafiante fazer este ensaio prático, considero que foi uma experiência enriquecedora devido a ter adquirido outro conhecimento e ponto de vista do que é a realidade da impressão 3D e perceber melhor quais os aspetos positivos e negativos. Foi interessante perceber a potencialidade desta tecnologia e os desafios que acarreta no desenvolvimento de vestuário. No entanto, ainda existe um longo caminho de desenvolvimento a ser feito.

Conclusão

Para esta dissertação, foi desenvolvida uma temática no âmbito da impressão 3D na moda.

A coleta de dados para esta dissertação foi um processo difícil, a informação é escassa e por vezes não traduz a realidade, tornando este processo exaustivo, com a necessidade de recorrer a outros meios para verificar a veracidade da informação.

Esta pesquisa foi elaborada para perceber de forma clara a aplicabilidade da mesma na indústria da moda, com o objetivo de compreender como funciona esta tecnologia, de identificar quais os métodos e materiais utilizados na produção de vestuário, analisar as vantagens e desvantagens desta tecnologia, analisar se esta tecnologia tem um método de fabricação sustentável e o mais importante se é possível a produção de vestuário impresso em 3D com propriedades/características semelhantes à produção tradicional.

Com base na recolha de dados conseguimos perceber que as vantagens da utilização da impressão 3D são consideráveis, primeiramente como foi analisado é um método mais sustentável que o método de fabricação tradicional, esta tecnologia tem uma boa capacidade de resposta a desenhos complexos e a capacidade de criar novos têxteis com propriedades diferentes, e que reduz as fases de trabalho de produção de vestuário. Sabe-se também que existem algumas desvantagens que tornam este método mais difícil de ser utilizado pois ainda será necessário algum avanço tecnológico a nível da programação para projetos de moda (vestuário), materiais e tecnologias, para além da necessidade de formar mais profissionais familiarizados com essa tecnologia. Relativamente à possibilidade de produção de vestuário impresso em 3D com propriedades/características semelhantes à produção tradicional, atualmente não é possível. Verifica-se algumas coisas nesse sentido, mas ainda existem muitas questões ergonómicas que a impressão 3D não consegue resolver. A perspetiva de futuro é positiva, principalmente se começarem a ser desenvolvidas ferramentas de fabricação em impressão 3D projetadas para a moda, contudo ainda vai demorar alguns anos até esse objetivo vir a ser eventualmente atingido, para uma situação mercadológica mais atuante, qualquer das formas todo o tipo de tecnologia desenvolvida até à atualidade passou por várias fases de evolução, e se tivermos em conta que a impressão 3D é uma tecnologia recente na área da moda e ainda assim já tem um processo evolutivo bastante vasto, é fácil de perceber que tem bastantes potencialidades de vir a resultar bem no futuro.

É possível perceber que existe uma controvérsia dos pressupostos adquiridos inicialmente com aqueles que foram postos em prática.

Um dos maiores problemas a meu ver, é um dos motivos para que a impressão 3D não se desenvolva mais rapidamente é a constante necessidade de adaptar uma tecnologia que foi projetada para uma vertente diferente, para a área da moda. Acredito que por esse motivo não existem mais pessoas especializadas em impressão 3D na moda, porque de fato por experiência própria é um processo difícil, para além disso necessita de muito tempo de investigação e tentativa/erro para que se consiga começar a projetar alguma coisa. Por esses motivos acredito que um designer ou empresa que já esteja implementado no mercado tradicional, ao perceber a complexidade que esta tecnologia acarreta atualmente, ainda mais com todas as questões ergonômicas que ainda são difíceis de contornar, fique suscetível a implementar essa tecnologia para a sua empresa ou marca de vestuário.

Acredito que como a área do calçado e do vestuário exigem questões ergonômicas, a dificuldade em desenvolver esse tipo de produtos seja maior, com isso os resultados em fabricação em impressão 3D no calçado e no vestuário não sejam tão animadores como a produção em impressão 3D de acessórios, ou ainda componentes para estes. E com isso ainda não ser possível a produção de vestuário e têxteis impresso em 3D com propriedades/características semelhantes à produção tradicional.

Referências

- 3D Printing Industry. (2017). The Free Beginner's Guide - 3D Printing Industry. Retrieved August 3, 2020, from 3D Printing Industry website: <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide#02-history>
- About | Stephanie Santos 3D Couture. (2019). Retrieved July 22, 2020, from Stephanie Santos website: <https://www.stephaniesantos.store/about>
- As batalhas do 3D. (2017). *Portugal Têxtil*. Retrieved from <https://www.portugaltexil.com/as-batalhas-do-3d/>
- ASTM D2240 - Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness | Engineering360. (2015). Retrieved August 24, 2020, from <https://standards.globalspec.com/std/10195138/ASTMD2240>
- Avital Bag. (2020). Retrieved July 22, 2020, from Julia Daviy website: <https://daviy.us/products/avital-bag-red-m-size>
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, Vol. 78, pp. 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Bitonti, F. (2019). *3D Printing Design*.
- Dilberoglu, U. M., Gharehpapagh, B., Yaman, U., & Dolen, M. (2017). The Role of Additive Manufacturing in the Era of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 545–554. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.148>
- Divaholic, R. (2018). AS FABULOSAS ROUPAS IMPRESSAS EM 3D DE JULIA DAVIY • D I V A H O L I C ®. Retrieved May 15, 2020, from <https://www.divaholic.com.br/design/2018-09-as-fabulosas-roupas-impresas-em-3d-de-julia-daviy/>
- Folha Bag On Chain | stephaniesantos. (2020). Retrieved July 22, 2020, from Stephanie Santos website: <https://www.stephaniesantos.store/product-page/folha-bag-on-chain>

- Folha Earrings | stephaniesantos. (2019). Retrieved July 22, 2020, from Stephanie Santos website: <https://www.stephaniesantos.store/product-page/folha-earrings>
- Garcia, D. S. (2020). Roupas em impressão 3D com materiais reciclados. *Jornal de Notícias*, 5.
- Harsha Vardhan, G., Charan, G. H., Reddy, P. V. S., & Sampath Kumar, K. (2014). *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication 3D Printing: The Dawn of a New Era in Manufacturing*. (August), 2373–2376. Retrieved from <http://www.ijritcc.org>
- Hymenium Bag. (2018). Retrieved July 20, 2020, from JULIA KÖRNER website: <https://www.juliakoerner.com/product-page/hymenium-bag>
- James K Min, Bobak Mosadegh, Simon Dunham, S. J. A. (2018). 3D Printing Applications in Cardiovascular Medicine. In *3D Printing Applications in Cardiovascular Medicine*. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-00622-0>
- Kuhn, R., & Minuzzi, R. F. B. (2015). The 3D printing's panorama in fashion design. *Moda Documenta: Museu, Memoria e Design*, 11(1), 1–12. Retrieved from <http://www.shapeways.com/materials/gold>
- Ludwig, T., Stickel, O., Boden, A., Pipek, V., & Wulf, V. (2015). Appropriating Digital Fabrication Technologies — A comparative study of two 3D Printing Communities. *IConference 2015 Proceedings*. Retrieved from <http://hclilab.wineme.fb5.uni-siegen.de/>
- MAGNO, S. (2020). Voluntários imprimiram válvulas para tratamentos à COVID-19 (atualização). Retrieved August 8, 2020, from Visão Sapo website: <https://visao.sapo.pt/exameinformatica/noticias-ei/ciencia-ei/2020-03-18-voluntarios-que-imprimiram-valvulas-para-tratamentos-a-covid-19-podem-ser-processados/>
- Marques, S. (2019). *The application of new technologies in fashion and implementation of additive manufacturing in the apparel industry*.
- Moreau, C. (2020). The State of 3D Printing. *Sculpteo*, 23. Retrieved from http://www.sculpteo.com/static/o.30.0-62/download/report/Sculpteo_State_of_3D_Printing.pdf

- Moutinho, V., & Robalo Rosa, R. (2019). A pegada da nossa roupa. *Público*, 1–24. Retrieved from <https://www.publico.pt/2019/11/29/infografia/pegada-roupa-391>
- Nike Football Accelerates Innovation with 3D printed “Concept Cleat” for Shuttle - Nike News. (2014). Retrieved July 12, 2020, from Nike News website: <https://news.nike.com/news/nike-football-accelerates-innovation-with-3d-printed-concept-cleat-for-shuttle>
- Plate, K. (2017). *Printed to the Nines: Why 3D-Printing Will Transform the Fashion Industry*.
- R.Ishengoma, F., & B. Mtaho, A. (2014). 3D Printing: Developing Countries Perspectives. *International Journal of Computer Applications*, 104(11), 30–34. <https://doi.org/10.5120/18249-9329>
- Savini, A., & Savini, G. G. (2015). A short history of 3D printing, a technological revolution just started. *Proceedings of the 2015 ICOHTEC/IEEE International History of High-Technologies and Their Socio-Cultural Contexts Conference, HISTELCON 2015: The 4th IEEE Region 8 Conference on the History of Electrotechnologies*. <https://doi.org/10.1109/HISTELCON.2015.7307314>
- Scott, A. J. (2006). The Changing Global Geography of Low-Technology, Labor-Intensive Industry: Clothing, Footwear, and Furniture. *World Development*, 34(9), 1517–1536. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2006.01.003>
- Spahiu, T., Grimmelsmann, N., Ehrmann, A., Shehi, E., & Piperi, E. (2016). On the possible use of 3D printing for clothing and shoe manufacture. *Proceedings of the 7th International Conference of Textile, 10-11 November*, (10-11 November), 1–7.
- Sun, L., & Zhao, L. (2017). Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry. *Fashion and Textiles*, 4(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40691-017-0110-4>
- Tahnee Marquardt, & Emmi Zheng. (2016). History of 3D Printing | Makerspace. Retrieved February 18, 2020, from <https://blogs.lawrence.edu/makerspace/history/>
- Takahashi, H., & Kim, J. (2019). 3D printed fabric: Techniques for design and 3D weaving programmable textiles. *UIST 2019 - Proceedings of the 32nd Annual ACM*

- Symposium on User Interface Software and Technology*, 43–51.
<https://doi.org/10.1145/3332165.3347896>
- Taylor, A., & Unver, E. (2014). *3D PRINTING: Media Hype or Manufacturing Reality?*
Retrieved from www.shapeways.com
- Vanderploeg, A., Lee, S. E., & Mamp, M. (2017). The application of 3D printing technology in the fashion industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(2), 170–179.
<https://doi.org/10.1080/17543266.2016.1223355>
- Vicente, C. L. (2016). *O design de calçado e a impressão 3D*.
https://doi.org/10.5151/ped2018-4.2_aco_23
- Viegas, N. (2019). Vulcan II. A impressora 3D que constrói casas num dia a 6 mil euros.
Retrieved August 8, 2020, from <https://observador.pt/2019/05/12/vulcan-ii-a-impressora-3d-que-constroi-casas-num-dia-a-6-mil-euros/>
- Xiao-Hua Lin. (2017). Humanity and. In *Humanity and Social Science*.
- Zaparolli, D. (2019). impressão 3D. Retrieved October 28, 2019, from Wikipédia website:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Impressão_3D

Anexos

Questionário

Questions about 3D Printing on Fashion

These questions aims to address three fundamental topics which are, the perspective in the future, the benefits of 3D printing and the differences that exist between traditional manufacturing and 3D printing.

1. What do you find most fascinating about 3D printing, and what is your perspective on the use of 3D printing in fashion in the future?
2. What do you consider to be the next step that 3D printing will take regarding fashion and what are the main benefits of 3D printing in fashion industry?
3. Which 3D printing technologies and materials you think are most appropriate for the production of clothing?
4. Do you think it is possible to develop clothing in 3D printing that contains the same properties as traditionally produced clothing?
-If yes, how do you imagine this will be done?
5. What differences do you identify concerning the production of clothes, accessories, and shoes produced in 3D printing compared to production using the traditional method?

Your contribution is very important. Thank you very much.

Resposta de Burcin Nalinci

1. What do you find most fascinating about 3D printing, and what is your perspective on the use of 3D printing in fashion in the future?

3D printing like any other CNC machine is magical because it connects digital ideas back into physical space. Design objects in digital space have no material identity, they have the potential to be anything. Perhaps 3D printing technology is the more successful methods to materialize these ideas into physical states. It is one of the more successful digital fabrication technologies we have because it has a rapid fabrication time and have the ability to manifest a digital object in physical space with almost any material possible.

2. What do you consider to be the next step that 3D printing will take regarding fashion and what are the main benefits of 3D printing in fashion industry?

I can imagine a real time scan and customization per person, and extruding materials in 3 dimensions directly onto people, perhaps a 6-axis robot approach.

Expanding materials and methods - Clothing can become not only an aesthetic thing but perhaps a way we can feed our body!

3. Which 3D printing technologies and materials you think are most appropriate for the production of clothing?

There is definitely a place for the ability of this technology in the use of varying materials. The beauty of additive manufacturing is the ability to choose location, function and the type of material quality that best fit that. If a part of the clothing need to be flexible and resilient to motion, perhaps nylon(silicone based) filaments might be best for it. However if the part of clothing needs to be rigid, as a structure for the building, then the use of carbon fiber? Might be best.

4. Do you think it is possible to develop clothing in 3D printing that contains the same properties as traditionally produced clothing?

-If yes, how do you imagine this will be done?

I definitely believe that it is possible to produce similar qualities with 3D printed wearables and clothing produced with traditional methods and materials. I don't believe an off-the-shelf machine is the solution towards this. Instead this might require some "maker approach" to work with existing machines, methods and materials and revise the machines to host materials and assembly processes more similar to the traditional methods. Perhaps a new kind of an extruder needs to be made for depositing a new set of materials, or a 6-axis robotics approach is deployed to do "interlaced, woven, layered" fabric.

5. What differences do you identify concerning the production of clothes, accessories, and shoes produced in 3D printing compared to production using the traditional method?

Environmentally conscious production methods and materials.

Environmentally conscious life cycle.

Resposta de Melinda Looi

1. What do you find most fascinating about 3D printing, and what is your perspective on the use of 3D printing in fashion in the future?

The idea of turning an highly customized design into reality without the need and support from a big factory.

2. What do you consider to be the next step that 3D printing will take regarding fashion and what are the main benefits of 3D printing in fashion industry?

Customized garment accessories and manufacturing components in small production run. E.g. Normally if you want your branded zipper, button, etc. you need to produce MOQs in the thousands...now you can customize these items 1 piece at a time.

3. Which 3D printing technologies and materials you think are most appropriate for the production of clothing?

Current material are suitable for componentes but not yet suitable to replace actual fabric/cloth.

4. Do you think it is possible to develop clothing in 3D printing that contains the same properties as traditionally produced clothing?

-If yes, how do you imagine this will be done?

It boils down to developing materials for 3D printing which have the characteristics of real fabrics...think of tissue like materials.

5. What differences do you identify concerning the production of clothes, accessories, and shoes produced in 3D printing compared to production using the traditional method?

Customization & small production runs are the main point at this time. Long time the idea of selling the IP of a design and letting the customer print it themselves, is very interesting.

Resposta de Danit Peleg

A resposta desta designer foi obtida através de videochamada via *Zoom*, como é uma designer internacional a videochamada foi feita é língua inglesa e por esse motivo foi feita uma transcrição para a língua portuguesa. A transcrição não é literal devido às respostas desta designer terem sido mais em teor de conversa interativa do que entrevista. Assim sendo, foram realizadas todas as perguntas e transcritas todas as respostas da designer à pergunta em si.

1. O que você acha mais fascinante na impressão 3D e qual a sua perspectiva sobre o uso da impressão 3D na moda no futuro?

O mais fascinante é a ideia de conseguir imprimir a partir de qualquer sítio. Simplesmente é necessário um computador e uma impressora 3D para imprimir uma t-shirt ou sapatos, porque é possível imprimir qualquer coisa que imagines, qualquer estrutura, design etc. Como designer a impressão 3D dá-me muita liberdade, visão e realidade.

2. Qual o próximo passo você considera que a impressão 3D dará em relação à moda e quais são os principais benefícios da impressão 3D na indústria da moda?

Atualmente a impressão 3D é muito lenta. No futuro será muito mais rápida vai ser possível imprimir com muitos tipos de materiais. É necessário a existência de plataformas para descarregar ficheiros e imprimir, como por exemplo o *iTunes* mas aplicado à impressão 3D na moda, para ser possível fazer o download de uma t-shirt e imprimir em casa. Hoje o mais semelhante que existe para ser descarregar ficheiros e imprimir em casa é enviar um email com o ficheiro, descarregá-lo e imprimir em casa ou onde quer que estejamos.

3. Que tecnologias e materiais de impressão 3D você considera mais adequados para a produção de roupas?

Existem tecnologias industriais de impressão 3D e tecnologias de impressão 3D que podem ser utilizadas em nossas casas, como por exemplo para o uso em casa o mais indicado é utilizar a tecnologia RLP e FDM, máquinas Desktop, que facilmente podem ser colocadas numa sala em nossas casas e imprimir. Imprimir em tecnologias industriais como SLS e Powder custam cerca de 13.000\$, o que é muito caro. Eu acho que a o método FDM é a melhor tecnologia para imprimir vestuário, por ser uma tecnologia barata, uma impressora custa cerca de 5.000\$ e o material custa cerca de 20\$ para imprimir uma t-shirt, muito mais barato que por exemplo a tecnologia SLS. Para além disso esta tecnologia dá-me liberdade para imprimir e fazer designs complexos. A limitação da impressão 3D é que não dá para imprimir coisas como uma t-shirt de algodão comum.

4. Você acha que é possível desenvolver roupas na impressão 3D que contenham as mesmas propriedades das roupas produzidas tradicionalmente?

-Se sim, como é que acha que isso será feito?

Hoje quando produzimos uma t-shirt pela fabricação tradicional, esta tem uma estrutura que quando vista em microscópio é possível ver a estrutura da tecelagem, bem diferente do que a impressão 3D produz. A técnica mais aproximada em impressão 3D para fazer uma estrutura semelhante à uma camisola tradicional é a utilização de tecelagem 3D e depende muito do tecido e do material também, mas é desafiante porque esta tecnologia imprime camada por camada e existe muita complexidade para conseguir produzir essa estrutura utilizando a tecelagem 3D.

5. Que diferenças você identifica em relação à produção de roupas, acessórios e sapatos produzidos em impressão 3D em comparação à produção pelo método tradicional?

Customização, personalização, democratização da moda, zero-desperdício, digitalização, reciclagem e sem custos de transporte, são as grandes diferenças que existem entre a impressão 3D e o processo tradicional.

Resposta de Stéphanie Santos

1. What do you find most fascinating about 3D printing, and what is your perspective on the use of 3D printing in fashion in the future?

3D printing clothes can bring a lot of value and save time as compared to traditional methods. A lot of steps would be cancelled: creating yarns, weave fabrics, buy fabrics for clothes, cut patterns, and sew the pieces with complicated finishings.

2. What do you consider to be the next step that 3D printing will take regarding fashion and what are the main benefits of 3D printing in fashion industry?

Recyclability might become easier. More complex designs will be more doable and easy to create. New textile properties (mechanical and aesthetical properties).

3. Which 3D printing technologies and materials you think are most appropriate for the production of clothing?

Still alot of research to be done in order to have valuable conclusions. But for the time being the most feasible 3DP material is anything flexible and durable enough. Other than additive manufacturing, 3D knitting is another great 3D 'print' technology for clothing.

4. Do you think it is possible to develop clothing in 3D printing that contains the same properties as traditionally produced clothing?

-If yes, how do you imagine this will be done?

3DP doesn't need to replace the exact same than the traditional ways. Else, there is no means for replacing the old. In my opinion 3DP has to bring greater values like, recyclability/ least amount of waste/ and maybe greater functionality than traditional fabrics. Of course, imitating traditional fabrics is a way to go as long as it provides greater results. If it is better, we need to find and prove it. Which nowadays we are still in the research phase.

5. What differences do you identify concerning the production of clothes, accessories, and shoes produced in 3D printing compared to production using the traditional method?

It is not comparable yet. Nobody has tried mass production and scaled additive manufacturing in 3D printed cltohing to the extend of fast fashion for example. Which means that 3D printing production are currently still not as effective in time and money than traditional ways. Although it has potential to become the better player.

Resposta de Susana Marques

1. O que você acha mais fascinante na impressão 3D e qual a sua perspetiva sobre o uso da impressão 3D na moda no futuro?

Para mim o mais fascinante é a multiplicidade de usos que podemos fazer até das mais simples das impressoras, como se tivéssemos para poder reparar qualquer coisa em nossa casa em questão de horas, é só criar uma peça, imprimir e substituir. Na moda funciona igual, tanto podemos estar a imprimir botões, ilhós e outros aviamentos, como a seguir temos uma mala, um par de sapatos ou uma camisola a fazer. É como se o guarda-roupa inteiro pudesse vir dali. Acredito que com o desenvolvimento de mais materiais e das impressoras em si, futuramente todos teremos uma impressora em casa, talvez várias até, uma fará a comida, outra a nossa roupa e assim por diante. Especificamente na área da moda acredito que pode substituir todo o nosso guarda-roupa atual dentro de alguns anos, abrir uma plataforma virtual, escolhemos a roupa, os acessórios... vamos tomar o pequeno almoço e quando voltarmos temos o outfit pronto a vestir, pode Parecer muito científica, mas vejo-nos cada vez mais próximos disso. A impressão 3D é um dos componentes chave da indústria 4.0, um mercado que já movimenta biliões anualmente e que não pára de crescer, está a revolucionar todas as áreas, porque havia a moda de ficar de fora desta revolução?

2. Qual o próximo passo você considera que a impressão 3D dará em relação à moda e quais são os principais benefícios da impressão 3D na indústria da moda?

A implementação será gradual e lenta, uma sociedade embora seja voraz quanto ao novo, é também muito reticente quanto às mudanças. Acredito que os principais avanços da moda impressa em 3D para os nossos guarda-roupas seja os primeiros acessórios e calçado. Aliás, essa introdução até já começou, cada vez mais vemos malas, joalheria e calçado que utiliza uma impressão 3D, é uma questão de tempo até as pessoas quebrarem ou preconceito e adotarem em larga escala. Assim que isso acontecer veremos como indústrias apostar mais na impressão e surgirem como primeiras impressoras e materiais específicos para a indústria têxtil. Aí talvez haja essa introdução nos aviamentos e estampados e só depois evoluirá para um vestuário totalmente impresso. Toda essa adaptação e aceitação leva tempo tanto para o consumidor quanto para a indústria e é preciso primeiro quebrar essa aversão que tenho visto face à moda impressa.

Quanto aos benefícios será a simplificação do processo de design, uma customização pensada cada vez mais para os presumidores, e a sustentabilidade claro, devido à redução de desperdícios de material e vários outros fatores.

3. Que tecnologias e materiais de impressão 3D você considera mais adequados para a produção de roupas?

Das tecnologias atuais diria FFF ou ACEO, mas a verdade é que acho mesmo necessário desenvolver uma direcionada para as especificidades da moda e até já imagino como poderia ser.

4. Você acha que é possível desenvolver roupas na impressão 3D que contenham as mesmas propriedades das roupas produzidas tradicionalmente?

-Se sim, como é que acha que isso será feito?

Acho que é totalmente possível! Ainda não será 100% possível atualmente, mas estamos muito perto. As pessoas são 8 ou 80, e assumem que por mudarmos a forma de fabricação vamos ter roupas absurdamente diferentes, divagam logo para roupas altamente conceituais quando na verdade, serão possivelmente muito semelhantes às atuais. Claro que teremos a possibilidade de elevar o extravagante e conceitual e irá proporcionar-nos criar grandes loucuras, mas o cotidiano envolve-se ao conforto e praticidade sempre.

5. Que diferenças você identifica em relação à produção de roupas, acessórios e sapatos produzidos em impressão 3D em comparação à produção pelo método tradicional?

É um processo essencialmente mais digital.