



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# A Indústria 4.0 aplicada aos Setores da Moda

**Mariana Casimiro Carlota**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia e Gestão Industrial**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos

Covilhã, outubro de 2018



# Dedicatória

Ao Francisco, à Margarida e à Inês.



# Agradecimentos

A realização deste trabalho contou com a intervenção de algumas pessoas, as quais gostaria de deixar aqui o meu agradecimento.

Em primeiro lugar, ao professor Fernando Santos pelo acompanhamento enquanto professor orientador e que muito contribuiu para elaboração da presente dissertação.

À empresa Twintex - Indústria de Confeções, Lda. que me acolheu para estágio profissional durante a elaboração deste trabalho e que se mostrou sempre disponível e compreensiva para apoiar na conclusão dos meus estudos.

Um agradecimento especial aos meus pais e à minha irmã pelo apoio emocional e motivacional durante esta jornada.

À Beatrice Santos, aluna de doutoramento em EGI da UBI, pelo apoio prestado durante a pesquisa bibliográfica e à Rosário Parente pela revisão gramatical do trabalho.

Por último, um agradecimento à Ludmila Diniz e Mariana Lourenço pelo apoio na fase final do trabalho.

A todos, Obrigada.



# Resumo

Os desafios impostos pelo mercado de moda são cada vez mais exigentes, procurando *lead times* cada vez mais curtos, preços mais baixos, mais qualidade e produtos cada vez mais personalizados. Isto impõe às empresas o desafio de se tornarem mais flexíveis e eficientes. O consumidor de moda também está cada vez mais consciente e tem aumentado a procura por produtos mais sustentáveis e que os valores da marca vão ao encontro dos seus. A solução poderá passar pela implementação de ferramentas ligadas a uma nova era digital designada de Indústria 4.0.

Ferramentas como o *Big Data*, a *Additive Manufacturing* (Impressão 3D), *tags RFID* e Inteligência Artificial demonstram um grande potencial para lidar com as dificuldades impostas às empresas de moda por consumidores mais exigentes que estão cada vez mais habituados a serem bem servidos de forma rápida, sem falhas, com qualidade e ao menor preço possível.

Já são vários os setores da Indústria que estão a adotar tecnologias I4.0 nas suas cadeias de valor, no entanto na Indústria da Moda ainda não se verificam grandes mudanças a este nível. Nos últimos anos tem-se verificado o aparecimento de inovações tecnológicas que podem vir a revolucionar toda a cadeia de valor da Indústria na Moda. O grande desafio passa por replicar estas tecnologias, já existentes noutros setores industriais, e adaptá-las às necessidades impostas pelo setor. É também necessário derrubar as barreiras que tornam os empresários reticentes ao investimento neste sentido.

## Palavras-chave

Indústria 4.0, Setor do vestuário e do têxtil, Indústria da Moda.





# Abstract

The challenges imposed by the fashion Market are getting increasingly more demanding, with shorter lead times, low prices, better quality and more customized products. This way companies are facing the challenge of becoming more flexible and efficient. The fashion consumers are also becoming more aware, searching for more sustainable products and for brands which their values are aligned with theirs. The solution might be the implementation of tools from a new digital era that we are facing, named Industry 4.0.

Tools like Big Data, Additive Manufacturing (3D printing), tags RFID and Artificial Intelligence have shown a great potential to deal with the difficulties imposed to the fashion companies by demanding consumers used to a great and fast service, flawless, with quality and at the lower price possible.

Many sectors from Industry are already adopting I40 technologies in their value chains, however in Fashion Industry the changes are not so visible yet. In the last few years have appeared new technologies innovations that might revolutionize the entire supply chain of Fashion Industry. The biggest challenge is to replicate this technologies on an industrial scale and adapt them to the needs of the Fashion Industry. It's also required to breakdown the barriers that are holding back the businessmen to invest in this sense.

# Keywords

Industry 4.0, Textile and Apparel sectors, Fashion Industry.



# Índice

Dedicatória.....	iii
Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Palavras-chave .....	vii
Abstract.....	ix
Keywords.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura da Dissertação .....	3
2. Indústria 4.0 .....	5
2.1 Vantagens da Indústria 4.0.....	7
2.2 Indústria 4.0 em Portugal .....	9
2.3 Ferramentas da Indústria 4.0.....	10
2.3.1 Sistemas Verticais e Horizontais Integrados .....	10
2.3.2 Sistemas Ciber-Físicos .....	11
2.3.3 <i>Smart Factory</i> .....	13
2.3.4 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	14
2.3.5 <i>Robots</i> .....	15
2.3.6 <i>Additive Manufacturing</i> .....	16
2.3.7 <i>Cloud Computing</i> .....	16
2.3.8 Realidade Aumentada .....	17
2.3.9 <i>Big Data</i> .....	18
3. Indústria da Moda.....	21
3.1 Caracterização da Indústria da Moda .....	21
3.2 Evolução Histórica .....	26
3.3 Indústria da Moda em Portugal.....	29
4. Aplicação I4.0 ao Setor do Vestuário .....	31
4.1 Tecnologias .....	34
4.1.1 <i>Design</i> e Desenvolvimento de Produto.....	35

4.1.2 Matérias-Primas.....	37
4.1.3 Planeamento e Processamento .....	38
4.1.4 Produção .....	39
4.1.5 Transportes e Logística.....	42
4.1.6 Vendas.....	43
4.1.7 Utilização .....	46
4.1.8 Fim de Vida.....	47
4.2 Responsabilidade Social e Ambiental .....	47
5. Discussão e Conclusão .....	51
Referências Bibliográficas.....	53

# Lista de Figuras

Figura 1 - Tecnologias relacionadas com a I4.0 .....	6
Figura 2 - Interação entre os paradigmas chave da Indústria 4.0 .....	13
Figura 3 - Principais características da Indústria de Moda moderna.....	22
Figura 4 - Etapas da cadeia de abastecimento tradicional na Indústria da Moda .....	42



# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Tabela comparativa entre os desafios do Sector da Moda e os Benefícios da Indústria 4.0 .....	31
Tabela 2 - Etapas da cadeia de valor da Moda e Ferramentas da Indústria 4.0 .....	35
Tabela 3 - Ferramenta I4.0 mais evidentes em cada etapa da cadeia de valor da Moda .....	35





# Lista de Acrónimos

AM	Additive Manufacturing
AR	Augmented Reality
ATP	Associação do Têxtil e Vestuário de Portugal
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
DIY	Do It Yourself
EUA	Estados Unidos da América
GRP	Gabinete de Relações Públicas
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT	Internet of Things
I4.0	Indústria 4.0
I&D	Investigação e Desenvolvimento
PIB	Produto Interno Bruto
PwC	PricewaterhouseCoopers
RFID	Radio Frequency Identification
SCF	Sistemas Ciber-físicos
TIC	Tecnologias da Informação e da Comunicação
UBI	Universidade da Beira Interior
UCF	University of Central Florida



# 1. Introdução

## 1.1 Enquadramento

A Indústria 4.0 (I4.0) é uma expressão que nasceu na Alemanha como resultado do plano de desenvolvimento deste país. A I4.0 incorpora um conjunto de tecnologia que promete revolucionar os modelos de negócios atuais, no entanto ainda não é claro de que forma os diferentes setores industriais vão ser influenciados pela introdução destas novas tecnologias. No âmbito deste trabalho procura-se identificar a influência desta revolução industrial sobre os setores da moda.

Na Indústria 4.0 existe uma predominância do conceito *Smart* em que a Inteligência artificial é cada vez mais uma realidade. Esta inteligência é transferida dos humanos para as coisas. Os telemóveis transformam-se em *smartphones*, os relógios em *smartwatches*, as fábricas passam a ser *smart factories*, constituídas por *smart infrastructures* e que produzem *smart products* através de *smart machines*. Tudo isto acontece num *smart environment* (Hozdić *et al.*, 2015). *O pulse of the fashion industry 2018* propõe-nos agora imaginar um mundo com *smart fashion*.

A ideia da população em geral é de que o mundo da moda é bastante inovador e à frente do seu tempo, com desfiles de moda que anunciam que produtos vão estar nas lojas um ano depois. Isto porque sempre houve um grande investimento em *marketing* e na promoção dos produtos de moda, que criam editoriais utópicos com manequins altas e belas, que vivem num mundo perfeito. Os profissionais de moda têm sido pioneiros a criar desejo nos seus consumidores e têm conseguido desenvolver estratégias de venda geniais e muito lucrativas. Já a nível da produção, a Indústria da Moda não tem sido assim tão inovadora, com a evolução da tecnologia na produção do vestuário quase estagnada.

No geral, o setor do vestuário ainda aparenta estar muito atrasado neste tema em relação a outros setores da indústria transformadora. As máquinas de costura ainda são muito semelhantes às máquinas manuais onde as avós costumavam costurar, com um braço e uma agulha na ponta por onde passa a linha, um calcador para prender o tecido e uma bobina por baixo da mesa com outra linha, que pouco mais faz que coser a direito e que o seu manuseamento ainda requer aos operadores muitos anos de prática e alguma habilidade. As máquinas de hoje em dia têm um aspeto mais moderno, são elétricas, são mais rápidas e têm botões onde é possível programar a tensão conforme o tecido ou a largura do ponto, mas a base é a mesma. As confeções continuam a ser constituídas por mão-de-obra intensiva e os robôs colaborativos são inexistentes. Na maioria dos casos a quantidade produzida o controlo da produção ainda é apontada manualmente pelos operadores a todas as horas, a equilibragem é feita por pessoas que andam de cronómetro na mão e a linha só é rentável com lotes de produção muito grandes.

Muitos avanços têm sido feitos em direção à Indústria 4.0 noutros setores como a indústria automóvel ou da aviação, em que os robôs já desempenham tarefas na linha de montagem em colaboração com os operadores (*Cobots*), todos os componentes da fábrica comunicam entre si e existe uma recolha de dados em tempo real que são analisados e utilizados no aperfeiçoamento e otimização dos processos, entre outras inovações.

As exigências do mercado atual estão a asfixiar a Indústria da Moda, caracterizada pelo *Fast Fashion*, em que os consumidores foram habituados a uma grande oferta de modelos e que está constantemente a ser renovada, a preços muito baixos. Os setores ligados à Moda precisam urgentemente de encontrar soluções para dar resposta a estas exigências. Os países emergentes, que até agora alimentavam a indústria, começam a tornar-se mais competitivos, com os salários a aumentar e as condições de vida a melhorar, e as empresas dos países ocidentais que até aqui dependiam da mão-de-obra barata destes países começam a ter que encontrar outras alternativas de produção para acompanhar o ritmo dos seus adversários.

Neste trabalho pretende-se fazer uma análise sobre as tecnologias que constituem o movimento Indústria 4.0 e como é que este vai influenciar os setores ligados à Indústria da Moda. A pesquisa efetuada para a elaboração do trabalho não se centrou apenas no universo da indústria do vestuário, mas sim em todos os setores incluídos na Indústria da Moda e que passam também pela indústria têxtil e acessórios, como sapatos malas e joalheria. Foram também exploradas as várias etapas da cadeia de valor, desde a fase do *design* e desenvolvimento de produto até ao consumidor final, com a análise de casos reais no mundo da moda em que ferramentas da Indústria 4.0 já estão a ser aplicadas ou começam a dar os primeiros passos.

## 1.2 Objetivos

Apesar das vastas inovações tecnológicas que se têm verificado ao longo dos últimos anos os setores do têxtil, vestuário e afins têm demonstrado uma evolução mais lenta, apoiando-se muito na mão-de-obra intensiva, com pouca automação e impondo muitas barreiras às tecnologias digitais. Face ao menor desenvolvimento verificado nos setores ligados à Indústria da Moda, quando comparada com outros setores como o automóvel ou a aeronáutica, é necessário compreender como funciona a indústria da moda e a partir daí perceber o que está a atrasar estes setores. A Indústria 4.0 promete revolucionar toda a cadeia de valor, e os seus conceitos demonstram um grande potencial para transformar a indústria como a conhecemos. Pretende-se assim, com este trabalho, explorar a possibilidade de aplicar a Indústria 4.0 nos setores de moda.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise teórica com recurso ao estudo bibliográfico sobre o tema e avaliar os benefícios que a Indústria 4.0 pode trazer à Indústria da

Moda. São assim apresentadas soluções dentro da vertente Indústria 4.0 que já estejam a ser aplicadas nos setores de moda e outros, servindo de exemplo sobre como estas ferramentas podem vir a ser disseminadas por toda a cadeia de valor da indústria.

### **1.3 Metodologia**

A metodologia seguida para a elaboração deste trabalho passa pelo método indutivo, em que são apresentadas várias premissas e exemplos de casos reais que comprovem a viabilidade da aplicação da Indústria 4.0 nos setores de moda. O trabalho consiste na abordagem exploratória da questão, uma vez que são apresentadas solução I4.0 para lidar com os desafios da Indústria da Moda, com base em exemplos já existentes com potencialidade para serem expandidos à dimensão da indústria.

O presente trabalho foi elaborado com base na abordagem teórica, em que a pesquisa e recolha de dados consistem numa análise com recurso ao estudo bibliográfico, através de relatórios de entidades privadas, artigos científicos, estudos de caso, livros e sites fidedignos de empresas e instituições governamentais.

### **1.4 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação foi dividida em três capítulos principais. No primeiro capítulo é feito um enquadramento da Indústria 4.0, onde são explorados os vários benefícios e onde são abordadas as várias tecnologias associadas a esta nova era industrial. Também é feito um estudo do estado de arte face à implementação da Indústria 4.0 no contexto da situação nacional. No segundo capítulo são explorados os setores ligados à Indústria da Moda, onde é feita uma caracterização do estado atual do mundo da moda. É também feita uma contextualização histórica, mais focada na indústria do vestuário e do têxtil, e conta ainda com um capítulo sobre o estado da Indústria da Moda em Portugal. Finalmente, na última parte é feito o cruzamento entre as duas fases anteriores, onde são associadas as ferramentas e seus benefícios às várias fases da cadeia de valor da Indústria da Moda.



## 2. Indústria 4.0

Atualmente o mundo está na fronteira da Indústria 3.0, que foi inicialmente conduzida pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Este modelo industrial ainda é baseado no princípio que quanto maiores são as quantidades a produzir de um artigo, mais baixo será o custo unitário de cada peça produzida.

A Indústria 3.0 ou 3ª Revolução Industrial sucede a 1ª Revolução Industrial com a introdução da máquina a vapor e a 2ª Revolução Industrial marcada pela invenção da eletricidade, e antecede a 4ª Revolução Industrial em que tudo está conectado através das tecnologias digitais. A 4ª Revolução Industrial causa algum fascínio pois é a primeira vez na história que uma revolução industrial é prevista à priori em vez de ser observada *ex post*, e pelo enorme impacto económico que promete (Hermann *et al.*, 2015). Este capítulo foca-se na caracterização da 4ª Revolução Industrial, mais conhecida por Indústria 4.0, e das suas ferramentas disruptivas que estão a transformar o paradigma da indústria como a conhecemos.

O termo Indústria 4.0 foi utilizado pela primeira vez em 2011, quando uma associação de representantes do mundo dos negócios, da política e académicos promoveram uma iniciativa intitulada “Industry 4.0” que promovia esta ideia como sendo uma abordagem para reforçar a competitividade da indústria alemã (Pentek, *et al.*, 2015).

O Governo Federal Alemão apresenta a Indústria 4.0 como uma nova estrutura emergente em que os sistemas de produção e logística se apresentam como sistemas de produção ciber-físicos, que utilizam de forma intensiva a informação global disponível e redes de comunicação para troca de informação e em que a produção e os processos de negócio se combinam (Bahrin, *et al.*, 2016). Seguiram-se outros países a apresentar iniciativas semelhantes como a “Industrial Internet Consortium” nos Estados Unidos da América, “Make in India” na Índia e “Made in China 2025” na China (Jayatilake *et al.*, 2016). Para além das iniciativas governamentais dos diferentes países, também as empresas promovem ideias semelhantes, como o conceito “Industrial Internet” da empresa norte americana *General Electric*, que surgiu em 2012, quando a Indústria 4.0 ainda era um termo pouco conhecido. A definição de “Industrial Internet” dada pela empresa é “a integração de maquinaria física complexa e dispositivos com sensores e *software* em rede, utilizados para prever, controlar e planear os processos, com a pretensão de melhores resultados sociais e de negócio” (Hermann *et al.*, 2015).

Está previsto que as empresas europeias invistam 140 mil milhões de euros por ano na Indústria 4.0 até 2020, e que esses números ascendam aos 500 mil milhões de dólares a nível mundial.

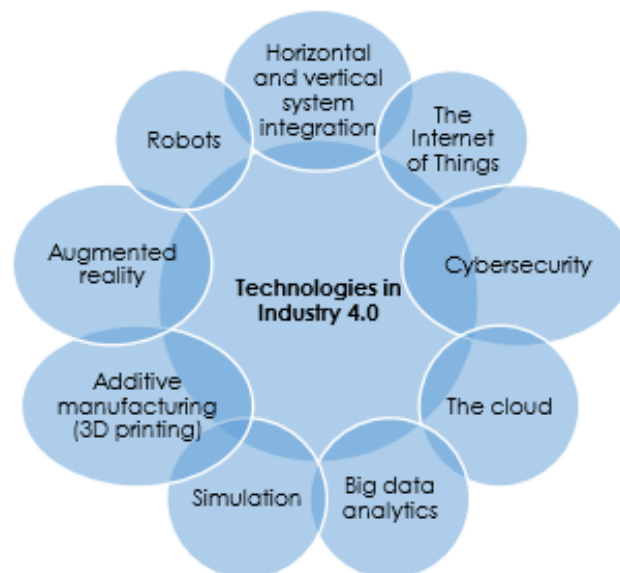
Dado o clima de incerteza associado à produção de grandes volumes (gerado pela crise económica) e ao aumento da diversidade de consumidores e às suas expectativas, o investimento

requerido para fabricar uma grande variedade de produtos, de pequenos lotes e com o menor custo possível (customização em massa), têm criado uma tendência inflacionária no capital investido (Think Act, 2016).

A Indústria 4.0 vem responder aos desafios impostos pelos consumidores que se estão a tornar cada vez mais individualistas. Os produtos estão a apresentar cada vez mais variedades e o mercado global é conduzido por produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos. Isto leva a indústria a ser obrigada a oferecer cada vez mais variantes dos seus produtos e a apresentar produtos novos com mais frequência (Oscar Danielsson *et al.*, 2017).

A manufatura está a afastar-se da ideia de produção massificada e a deslocar-se cada vez mais na direção da customização em massa. Já não valoriza tanto a escala e volume e começa a dar mais importância à flexibilidade e produção localizada perto dos centros onde estão os consumidores. A produção é feita com base na procura eliminando stocks. O mercado torna-se assim mais adaptativo às necessidades dos consumidores.

A Indústria também tem transitado de um sistema organizacional muito rígido, herdado do Taylorismo, para um sistema mais flexível, o que torna o trabalho mais apelativo para os trabalhadores. Bahrin, *et al.* (2016) apresenta-nos as seguintes tecnologias como sendo representativas da Indústria 4.0:



**Figura 1** - Tecnologias relacionadas com a I4.0 (Fonte: Bahrin *et al.*, 2016)

O surgimento de novos materiais e tecnologias de processamento estão a tornar a produção mais eficiente enquanto aumenta a capacidade de customização, o que permite à indústria tornar-se mais ágil, flexível e diminuir os requisitos em escala. As máquinas deixam de ser coleções de dispositivos separados e tornam-se agora numa única rede de sistemas



colaborativos que podem aceitar e transmitir dados, permitindo melhorias operacionais, que podem ocorrer automaticamente ou através da intervenção de um utilizador (Deloitte, 2015).

Conceptualmente, a Indústria 4.0 tem um grande impacto nos processos produtivos, resultados e modelos de negócio, onde são introduzidas várias alterações. A I4.0 permite a customização em massa, aumenta a produtividade, flexibilidade e rapidez na produção e ainda melhora da qualidade dos produtos.

A possibilidade de reconfigurar máquinas de forma rápida e automática, sem intervenção humana permitirá a produção de pequenos lotes, no limite lote unitário, e assim será possível rentabilizar a customização em massa. Automatismos conseguirão comunicar com os produtos e assim programar-se de acordo com as especificações exigidas pelo cliente para aquele item específico. Esta flexibilidade estimula a inovação, pois os protótipos e novos produtos podem ser produzidos rapidamente sem reconfigurações complexas das máquinas ou modificações no *layout* das linhas de montagem. O *design* digital e a modelagem virtual do processo produtivo permitirão reduzir o tempo entre o design do produto e a sua entrega ao cliente final. Na Alemanha, linhas de produção geridas com recurso a soluções geradas por extensivas recolhas de dados poderão acelerar o processo produtivo em 120%, e acelerar a chegada do produto ao mercado em 70% (Bahrin, *et al.*, 2016).

## 2.1 Vantagens da Indústria 4.0

A indústria 4.0 traz consigo vários benefícios que são essenciais para o desenvolvimento da indústria e para responder aos desafios do mercado global, com consumidores cada vez mais exigentes e adversários mais competitivos.

Na perspetiva do mercado, as tecnologias digitais permitem às empresas oferecer aos seus clientes novas soluções digitais, como serviços ligados à internet integrados nos produtos. Na perspetiva operacional, tecnologias digitais, como os Sistemas Ciber-físicos propõem reduzir os tempos de set-up, custos de mão-de-obra e de material e o tempo de processamento, resultando em maior rendimento dos processos produtivos (Dalenogare *et al.*, 2018).

As ferramentas da Indústria 4.0 prometem vários benefícios como mais flexibilidade nos processos produtivos, análise de grandes quantidades de dados em tempo real, melhoramento a nível estratégico e nas tomadas de decisão. A implementação desta nova era industrial tem sido possibilitada pela utilização de tecnologias da informação e comunicação em ambientes industriais e pela descida dos custos de sensores.

R. Schmidt, *et al.* (2015) estudaram várias problemáticas da indústria e verificaram em quais delas a I4.0 pode ter um impacto positivo. As suas conclusões foram que a I4.0 tem um impacto positivo na melhoria do tempo de produção, customização em massa, dados disponíveis e utilização de tecnologia, e teve um impacto pouco significativo, mas ainda assim positivo no nível de automação.

A customização em massa será cada vez mais evidente à medida que a Indústria 4.0 evolui. Já na produção lean encontramos várias ideias que vão ao encontro desta tendência como o SMED (*Single Minute Exchange Die*) ou *One Piece Flow*, que quando aliados às tecnologias 4.0, com produtos cada vez mais inteligentes, tornarão a customização massificada cada vez mais uma realidade.

A customização em massa refere-se ao desenvolvimento, produção, *marketing* entrega de um produto ou serviço customizado que oferece várias opções de customização, permitindo ao consumidor encontrar exatamente o que precisa a um preço razoável. Estudos demonstram que o consumidor está disposto a pagar mais por um produto customizado do que por um produto padronizado.

A tecnologia da internet atual permite às empresas recolher e trocar informação de forma mais rápida e eficiente do que nunca, assim como reduzir o *lead time* e facilitar mais variações no *design* e flexibilidade durante a produção. As opções podem ir do simples bordado das iniciais do nome até à criação única de uma peça com a seleção dos tecidos, cores, logotipos, comprimento e forma. Um programa de customização em massa permite ao consumidor desenvolver um produto que vá ao encontro das suas necessidades de forma relativamente fácil utilizando diferentes opções de *design* e estilo oferecidas por um produto específico.

Um processo de *co-design* bem desenvolvido poderá gerar prazer e satisfação das necessidades sensoriais e hedónicas. O processo de criar os seus próprios produtos acrescenta valores como satisfação e curiosidade, entretenimento e novidade. Outro estudo em produtos *Do It Yourself* (DIY) demonstram que os consumidores que experimentaram atividades de DIY consideraram como mais agradável, recompensador e divertido.

A ligação criada com o produto faz o consumidor valorizá-lo mais e por consequência tratá-lo com mais cuidado e utilizá-lo durante mais tempo. É de notar que um consumidor com uma forte ligação emocional a um produto irá dedicar-lhe mais tempo, dinheiro e energia (Park & Yoo, 2017).

Um outro estudo conduzido pelo autor Dalenogare *et al.* (2018) chegou a um conjunto de benefícios e agrupou-os em três fatores diferentes: benefícios esperados a nível de produto; benefícios operacionais e benefícios de efeito colateral. No primeiro fator estão incluídos benefícios associados ao produto oferecido como customização por medida, qualidade e

desempenho do produto. O segundo considera toda a métrica relacionada com a atividade industrial da fábrica, incluindo custos, produtividade e controlo dos processos produtivos. Finalmente, o terceiro componente engloba os efeitos colaterais relacionados com a utilização de tecnologias digitais da Indústria 4.0 que incluem dois benefícios: ao nível da sustentabilidade e da componente social.

Apesar do principal objetivo da Indústria 4.0 ser aumentar a produtividade, a iniciativa visa alcançar este objetivo com uma utilização mais eficiente dos recursos, diminuindo os desperdícios. A mão-de-obra também beneficia da I4.0, pois existe um menor esforço humano, com tarefas mais seguras e com tecnologias que auxiliam os humanos no desempenho das suas funções, através de sistemas colaborativos entre o Homem e a máquina. Estes benefícios são considerados colaterais no sentido em que não são razões que levem a indústria a investir em tecnologias digitais, no entanto estes benefícios derivam dos benefícios primários esperados da Indústria 4.0, nomeadamente aumento da produtividade.

O autor agrupou dentro destes três fatores 14 benefícios esperados com a Indústria 4.0, dos quais concluiu que alguns estão associados de forma positiva a esta iniciativa e que os outros ainda estão numa fase de adoção muito precoce, sem resultados claros ainda. O estudo concluiu que os benefícios que já começam a ser mais visíveis são: melhorias na customização massificada de produtos; melhorias ao nível da qualidade; redução de custos operacionais; aumento da produtividade; redução do tempo de lançamento de produtos no mercado; melhorias na sustentabilidade; mais controlo e monitorização sobre os processos e redução das reclamações dos trabalhadores.

## **2.2 Indústria 4.0 em Portugal**

No decorrer de 2017 foi apresentada a Iniciativa Indústria 4.0 que visa gerar condições que fomentem o desenvolvimento dos vários setores da indústria e dos serviços (IAPMEI). Esta iniciativa passa pela criação de grupos de trabalho, reunidos por setores, que têm como tarefa definir a estratégia a ser seguida. São 64 as empresas que vão ajudar o Governo neste projeto, sendo que este conjunto de empresas representa 25% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, mais de 50% das exportações e mais de 30% do emprego do país. No grupo de trabalho do setor moda e retalho encontram-se empresas como Dielmar, Farfetch, Parfois, Sonae ou Petratex (Siemens, 2018).

A presença da Troika em Portugal teve um grande impacto negativo na capacidade de investimento no país, mas, segundo João Vasconcelos (2017), o investimento realizado nos últimos anos em infraestruturas tecnológicas e científicas e o facto de Portugal ter neste

momento a geração mais qualificada de sempre permite ambicionar ser um dos países líderes desta revolução.

A indústria portuguesa é caracterizada por uma mão de obra de baixo custo relativamente à média europeia e o retorno de investimento em tecnologia é mais demorado do que num cenário de custo de mão de obra elevado. Isto torna o investimento menos incentivante e leva a algum receio por parte dos empresários portugueses em investir nesta revolução tecnológica.

Um estudo realizado pela PricewaterhouseCoopers (PwC) demonstra que 86% das empresas portuguesas esperam ver os seus processos altamente digitalizados nos próximos 5 anos e que 57% esperam que as receitas venham a aumentar com a digitalização na ordem dos 10%. Também 55% das empresas preveem uma redução dos custos e 70% esperam obter ganhos de eficiência acima dos 10%. O Ministério da Economia (2016) acredita que em 2020, a representatividade da indústria transformadora suba até aos 18%.

Atualmente Portugal conta com a geração mais qualificada de sempre, no entanto ainda não é suficiente para enfrentar as adversidades na implantação desta nova revolução industrial. A consultora PwC afirma que “O grande desafio não está na implementação das tecnologias mais adequadas, está sim na transformação cultural da empresa e na atual falta de competências para lidar com esta situação”, pois “(...) o sucesso ou falta deste não irá apenas depender de sensores específicos, de algoritmos ou de programas de análise de dados, mas sim de um maior número de fatores relacionados com pessoas” (Portugal têxtil, 2017). A Universidade Católica (2016) prevê que sejam criados 157.000 postos de trabalho na indústria nos próximos 10 anos, para os quais serão necessárias pessoas com qualificações médias e superiores, como gestores, ciências físicas, matemática e engenharias. Os profissionais com formação nas áreas científicas e das tecnologias serão as peças fundamentais na transição para uma indústria mais tecnológica.

Portugal também enfrenta um grande desafio com a grande taxa de emigração de graduados com formação superior (Siemens, 2017). Isto significa que não basta formar os jovens para o futuro tecnológico e que consigam responder às novas necessidades da indústria, como também é importante serem criadas condições para os manter por cá.

## **2.3 Ferramentas da Indústria 4.0**

### **2.3.1 Sistemas Verticais e Horizontais Integrados**

A Indústria 4.0 inclui integração horizontal de dados, fluxo entre parceiros, fornecedores e clientes, assim como a integração vertical dentro das organizações, desde o desenvolvimento

ao produto final. O resultado é um sistema em que todos os processos estão integrados. O objetivo é criar valor para os clientes, e isso significa envolvê-los no processo desde o início.

Na Indústria 4.0, a integração de sistemas, horizontais e verticais entre as empresas, departamentos, funções e capacidades, tornar-se-á mais coesa, pois a integração universal de dados em rede desenvolve-se e permite cadeias de valor verdadeiramente automatizadas. Os dispositivos serão capazes de comunicar e interagir uns com os outros e com um controlo mais centralizado, se necessário. Isto também descentraliza análises e tomada de decisões, com respostas em tempo real. Comunicações mais seguras, assim como sistemas de identificação sofisticados e gestão do acesso a máquinas e utilizadores é importante na Indústria 4.0 para lidar com questões de ciber-segurança, que têm aumentado drasticamente com o aumento da conectividade e utilização de protocolos de segurança padrão (Bahrin *et al.*, 2016).

A integração vertical refere-se à integração de sistemas de tecnologias da informação e da comunicação em diferentes níveis hierárquicos de uma organização, que representam a integração entre os níveis da produção e da gestão dentro de uma fábrica. A integração horizontal consiste na colaboração entre empresas dentro da cadeia de distribuição, com troca de recursos e informação em tempo real. Esta integração possibilitada por tecnologias digitais pode promover vários benefícios para a indústria. Nos processos produtivos, a comunicação entre máquinas e produtos permite reconfigurar as linhas de montagem e torná-las mais flexíveis para produtos customizados ou mesmo para pequenos lotes de poucas peças.

Os sistemas de processamento de informação permitem às empresas terem mais apoio nos processos de tomada de decisões como quebras na produção, e adaptar-se assim a novas soluções de forma mais rápida. Deste modo, a integração deste tipo de sistemas poderá aumentar a produtividade das empresas, uma utilização mais eficiente dos recursos, através da combinação da produção com redes inteligentes para a poupança de energia, por exemplo.

Através do conceito de integração, redes colaborativas entre a combinação de recursos de várias empresas, divide o risco e acelera a adaptação às constantes mudanças do mercado, em busca de novas oportunidades. A colaboração estende-se até ao consumidor também, através de canais digitais e produtos inteligentes aproximam a relação entre os clientes e a empresa. A tecnologia da *additive manufacturing*, empresas poderão colaborar com os seus clientes na criação de produtos altamente customizados. Finalmente, com a Indústria 4.0 mais direcionada para os serviços, a integração horizontal poderá originar novos modelos de negócio, com novas formas entregar e captar valor por parte dos consumidores (Dalenogare *et al.*, 2018).

### **2.3.2 Sistemas Ciber-Físicos**

A Indústria 4.0 sugere que sistemas físicos e virtuais cooperem de forma lucrativa, através da integração de processos computacionais e físicos. Estes sistemas visam construir fábricas

inteligentes e redefinir o papel dos humanos na cadeia de valor. Os conceitos fundamentais associados ao ambiente virtual abrangem a Internet das Coisas, o *Big Data*, Computação em Nuvem, etc. Redes e computadores incorporados monitorizam e controlam os processos físicos, que englobam *robots* autónomos e Impressoras 3D (Dilberoglu *et al.*, 2017). A informação é transmitida entre os sistemas físicos e os sistemas virtuais em *loop* e ajustes são feitos automaticamente com base nos outputs dessa mesma informação (Hermann *et al.*, 2015).

Para Weyner et al. (2015), na indústria 4.0 existem 3 paradigmas chave: O produto inteligente, a máquina inteligente e o operador aumentado.

### **Produto Inteligente**

O autor R. Schmidt (2015) define o produto inteligente como um produto que é capaz de armazenar dados, fazer computação, comunicar e interagir com o ambiente envolvente. Desde a fase inicial é possível identificar os produtos inteligentes através de *tags* RFID (Radio Frequency Identification). Hoje em dia os produtos inteligentes, não só fornecem informação sobre a sua identidade como conseguem também descrever as suas propriedades, estado e histórico.

O produto recebe uma memória em que os dados operacionais e requisitos são aí armazenados diretamente como um plano individual de construção. O próprio produto consegue assim requisitar automaticamente os recursos necessários e definir os processos de produção necessários para a sua conclusão.

A ideia condutora do produto inteligente é estender o papel da peça de trabalho para uma parte ativa do sistema (Weyner, *et al.*, 2015).

### **Máquina Inteligente**

O paradigma das máquinas inteligentes descreve o processo em que as máquinas se tornam sistemas de produção ciber-físicos. Estas máquinas possuem componentes autónomos com controlo inteligente local, o que permite a comunicação com outros dispositivos no terreno, módulos de produção e produtos.

Desta forma, as máquinas são capazes de se auto-organizarem dentro da rede de produção. Linhas de produção tornar-se-ão tão flexíveis e modulares que até o lote mais pequeno pode ser produzido com as condições de produção flexível em massa. Adicionalmente, uma linha de produção modular baseada em sistemas ciber-físicos permite uma fácil integração de módulos e substituição de novas unidades de produção.

## Operador Aumentado

O operador aumentado visa o suporte tecnológico do trabalhador num ambiente desafiador de sistemas de produção altamente modulares. Operadores humanos são conhecidos como a parte mais flexível de um sistema de produção, adaptando-se ao ambiente de produção cada vez mais desafiante. Soluções prospetivas para o desempenho das várias tarefas são apresentadas aos operadores através de tecnologias de interação como *tablets*, *smart glasses*, *smart watches*, etc.

Dennis Kolberg *et al.* (2015) acrescentam mais uma peça a esta dinâmica, nomeadamente o *Smart Planner*. Ele defende que estes são os 4 elementos chave de uma *Smart Factory*, termo este que será explorado no subcapítulo seguinte.

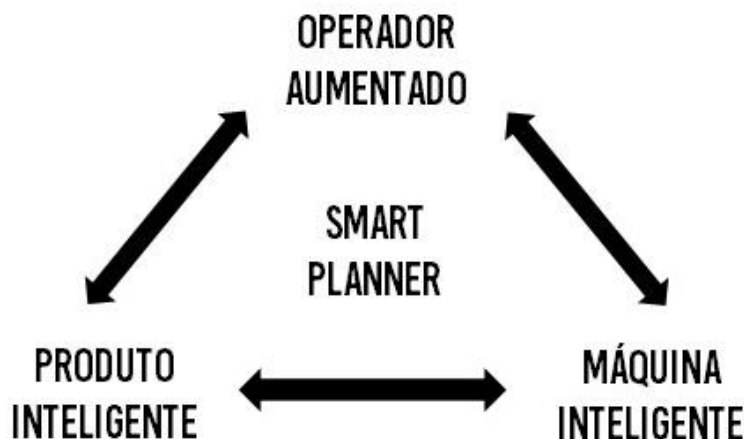


Figura 2 - Interação entre os paradigmas chave da Indústria 4.0 (Fonte: Elaboração Própria)

### 2.3.3 *Smart Factory*

O termo *Smart Factory* ainda não tem uma definição consistente, no entanto as suas características são claras e estão relacionadas com a flexibilidade e configurabilidade, custos baixos e agilidade. O autor Hozdić (2015) propõe a seguinte definição conceptual: uma fábrica inteligente é uma solução de produção que fornece processos produtivos flexíveis e adaptativos que resolverão problemas que surjam nas instalações de produção com condições de contorno dinâmicas e em constante mudança, num mundo de crescente complexidade. Esta solução especial pode, por um lado ser ligada à automação, compreendida como a combinação de *software*, *hardware* e/ou mecânica, que pode levar à otimização da produção, resultado na diminuição de trabalho desnecessário e desperdício de recursos. Por outro lado, pode ser visto numa perspetiva de colaboração entre diferentes parceiros industriais e não-industriais, onde a inteligência vem da criação de uma organização dinâmica.

Consideradas as fábricas do futuro, as “Smart Factories” caracterizam-se por peças de trabalho que se controlam a si próprias pelo chão de fábrica e que se ligam a máquinas que conseguem determinar o caminho mais rápido e reservar tanto as máquinas como o material necessário. As máquinas numa *Smart Factory* utilizam informação sobre as peças a produzir para se programarem e afinarem automaticamente. Após serem fabricados, os produtos inteligentes estão aptos para organizarem de forma autónoma a sua entrega ao cliente.

A fábrica do futuro está em controlo da complexidade, e conseqüentemente menos vulnerável a perdas de produção. Isto leva a uma eficiência superior dos recursos em termos de energia, utilização de material e mão de obra (Kiel *et al.*, 2016).

#### **2.3.4 Internet of Things (IoT)**

A *Internet of Things* (IoT), ou Internet das Coisas, refere-se a um mundo inter-redes em que são embutidos nos vários objetos sensores eletrónicos, atuadores ou outros dispositivos digitais que podem assim ser ligados à rede e conectados com o propósito de seus dados serem recolhidos e partilhados. Em geral, a IoT é capaz de oferecer conectividade avançada a objetos físicos, sistemas e serviço, possibilitando a comunicação e partilha de dados entre os objetos. Em várias indústrias, controlo e automação da iluminação, temperatura, máquinas, vácuo robótico e monitorização remota podem ser conseguidos através da IoT. Uma área chave de investigação do futuro envolve o serviço de controlo descentralizado, em que componentes inteligentes do sistema conseguem tomar decisões para se adaptarem às circunstâncias. Estes podem assim, por exemplo cooperar com outras peças em movimento e até com outras linhas, mantendo um ritmo de produção sincronizado. (R.Y.Zhong *et al.*, 2017).

A Internet of Things é um conceito muito vasto que abrange várias áreas da tecnologia e vários paradigmas. Para contextualizar esta ferramenta da I4.0 no presente trabalho foi feita uma focalização na sua aplicação à indústria, através das abordagens *Industrial Internet of Things* (IIoT) feita por Kiel *et al.* (2016) e/ou *IoT-enabled manufacturing* por R.Y.Zhong *et al.* (2017), e na ferramenta RFID que promete revolucionar o futuro da indústria como a conhecemos.

#### **Industrial Internet of Things (IIoT)**

Kiel *et al.* (2016) define *Industrial Internet of Things* como a capacidade de conexão de pessoas, máquinas, objetos e sistemas tecnológicos de comunicação e informação, de forma inteligente, horizontal e vertical para gerir dinamicamente sistemas complexos. Isto resultará numa “Smart Factory”, em que as infraestruturas são completamente digitais, inteligentes, conectadas e o aparecimento de problemas é resolvido de forma independente.



A implementação de tecnologias IIoT permite a reestruturação de cadeias de valor inteiras, que se reflete na cooperação entre empresas, ofertas de produtos e serviços, assim como a relação da empresa com os seus clientes e seus empregados.

Objetos autocontroláveis resultam em objetos inteligentes que são constantemente identificáveis, localizáveis e conhecem caminhos alternativos para os seus destinos. O principal elemento requerido para a implementação da IIoT são os sistemas ciber-físicos, que permitem a conexão de informação e *softwares* tecnológicos por um lado, com partes eletrônicas e mecânicas por outro.

## **RFID**

Um dos princípios da IIoT é que os objetos comuns que fazem parte da produção possam ser convertidos em objetos de produção inteligente que são capazes de comunicar e interagir uns com os outros de forma a realizar as lógicas de produção de forma automática e adaptativa. É aqui que entra o RFID. Aqui a produção apresenta em tempo real a recolha e partilha de dados pelos vários recursos da produção como as máquinas, materiais, operadores e tarefas.

Os leitores e *Tags* RFID são implantados nos locais típicos da produção como as linhas de montagem e armazéns, os tags RFID são introduzidos nos objetos e tornam-nos inteligentes. Isto permite que distúrbios no chão de fábrica sejam detetados e que essa informação entre no sistema de produção em tempo real.

A tecnologia RFID é muito anterior à iniciativa Indústria 4.0, tendo sido desenvolvida para fins militares durante a 2ª Guerra Mundial, apesar de só ter sido patenteada nos anos 70. É estimado que o número de *Tags* RFID tenha subido de 1.3 biliões em 2005 para 30 biliões em 2013 (Choy *et al.*, 2015).

### **2.3.5 Robots**

Um aspeto importante da I4.0 são os métodos de produção autónomos alimentados por *robots* que conseguem completar tarefas de forma inteligente, com foco na segurança, flexibilidade e versatilidade. Os *robots* estão a tornar-se mais flexíveis, no entanto ainda não são suficientemente flexíveis para substituir todos os operadores humanos.

Na indústria 4.0 os humanos e os *robots* vão trabalhar de forma colaborativa em tarefas de interligação e com a utilização de interfaces homem-máquina com sensores inteligentes (Bahrin *et al.*, 2016). As máquinas inteligentes serão capazes de auxiliar os humanos a executar a maior parte do seu trabalho através do reconhecimento de voz, visão computacional, máquinas com capacidade de aprender e modelos avançados sincronizados.

A grande limitação que existe atualmente diz respeito a preocupações no âmbito da segurança para os humanos. Tradicionalmente os *robots* precisam de grandes áreas para trabalhar para permitir serem tomadas medidas de precaução como redes de segurança. A I4.0 pretende retirar estas redes para que os *robots* possam interagir com os humanos (Oscar Danielsson *et al.*, 2017). Uma nova geração de *robots* colaborativos, *cobots*, está a ser desenvolvida para dar resposta a estes desafios.

### **2.3.6 Additive Manufacturing**

Dilberoglu *et al.* (2017) dão-nos uma visão sobre as tecnologias de *Additive Manufacturing* (AM) e quais os seus contributos para a I4.0. A parte física das fábricas inteligentes está limitada pela capacidade dos atuais sistemas de produção. Isto torna a AM um dos componentes vitais da Indústria 4.0. Devido às necessidades de customização em massa na Indústria 4.0, é necessário desenvolver métodos de produção não-tradicionais. Deste modo, a AM poderá tornar-se uma tecnologia chave para a fabricação de produtos customizados, devido à sua habilidade de criar objetos sofisticados com atributos avançados (novos materiais e formas). Devido à melhoria da qualidade dos produtos, a *Additive Manufacturing* está atualmente a ser utilizada em várias indústrias como aeroespacial, biomédica e manufatura. Apesar de ainda existirem algumas dúvidas sobre a sua aplicabilidade na produção em massa, a utilização da AM na indústria está a crescer devido aos novos avanços tecnológicos.

Sendo uma tecnologia em desenvolvimento que procura criar objetos exatos e fortemente complexos com crescente velocidade de produção, poderá substituir as técnicas de produção tradicionais no futuro próximo.

A ciência dos materiais é um ponto chave para compreender o desenvolvimento das tecnologias AM. Investigadores neste ramo têm debruçado o seu interesse em novos materiais que se adequem às aplicações da impressão 3D. As práticas de AM na indústria do vestuário e acessórios tem vindo a crescer com desenvolvimentos nas impressões têxteis. Algumas das vantagens da AM na Indústria da Moda incluem um processo de *design* mais rápido (i.e. curto período de fabricação) e redução de custos associados ao embalamento e transporte.

Métodos de *Additive manufacturing* serão bastante utilizados na *Indústria 4.0* para produzir pequenos lotes de produtos customizados que oferecem vantagens de construção, como *designs* leves e complexos. Sistemas de *Additive Manufacturing* descentralizados e de alto desempenho reduzirão as distâncias de transporte e *stock* disponível (Bahrin, *et al.*, 2016).

### **2.3.7 Cloud Computing**

A Computação em Nuvem (em inglês, *Cloud Computing*) refere-se à capacidade de armazenamento e de computação infinita e flexível, sem recurso a unidades físicas, em que

computadores e servidores ficam conectados por meio da internet. Questões como a capacidade de memória, processamento e largura da banda deixam de ser preocupações com a nuvem. Organizações de todos os tipos e tamanhos estão a adotar a computação em nuvem para aumentar a sua capacidade com um orçamento baixo e sem necessidade de investigação ou de licenciar um *software* novo, incorporando novas infraestruturas, ou formando novas pessoas.

Num bom sistema de computação em nuvem é possível executar todas as tarefas que um computador normal consegue, desde um *software* genérico de processamento de texto até programas de negócios customizados, desenhados e desenvolvidos para uma organização. A computação em nuvem tem sido creditada com crescente competitividade através de uma maior flexibilidade, redução de custos, elasticidade e uma utilização ótima dos recursos (R.Y.Zhong *et al.*, 2017).

A produção em nuvem refere-se a um modelo de produção avançado sob o suporte de computação em nuvem, IoT, virtualização e tecnologias orientadas para os serviços que podem circular e ser partilhadas. Isto abrange o ciclo de vida completo de um produto, desde o *design*, simulações, produção, teste e manutenção, e é por isso considerado um sistema de produção inteligente, paralelo e em rede onde os recursos de produção e as suas capacidades podem ser geridos de forma inteligente.

Na produção em nuvem, muitos recursos e capacidades de produção podem ser conectados à nuvem de forma inteligente, através de sensores. Tecnologias IoT como os *Tags* RFID e códigos de barras podem ser utilizados para gerir e controlar de forma automática estes recursos para que possam ser digitalizados para partilha.

Novos recursos e serviços surgem em formato virtual, que podem circular na nuvem e assim ser acedidos, invocados e implementados em qualquer dispositivo, uma vez que o acesso à nuvem pode ser feito em qualquer parte do mundo desde que haja uma ligação à internet. A informação sobre os vários recursos de produção como máquinas e linhas de montagem, deve também ser modelada em serviços deste tipo em que pode ser distribuída e partilhada através da nuvem para uma melhor gestão e controlo dos processos.

Requisitos de produção e correspondência de serviços dentro da nuvem de produção são importantes. Esta correspondência não só inclui uma solução ótima para os fornecedores de serviços e clientes, mas também consiste em planeamento de serviços, programação e execução.

### **2.3.8 Realidade Aumentada**

A combinação das exigências do mercado com os *robots* colaborativos do futuro vai fazer com que em breve os operadores humanos estejam suscetíveis a enfrentar um aumento nas

variações de produto, ciclos de vida mais curtos (e por isso mais reaprendizagem) e colaboração com os *robots*. Isto exigirá que os operadores tenham que aprender mais operações simultaneamente e aprender sobre mais produtos com maior frequência.

A Realidade Aumentada ou *Augmented Reality* (AR) torna possível a apresentação de informação virtual numa conexão direta entre o mundo real e o mundo virtual. A AR consegue mostrar informação digital num cenário real e num contexto específico, por exemplo ao destacar objetos reais (Oscar Danielsson *et al.*, 2017).

Com o crescimento das tecnologias de Realidade Aumentada, os dispositivos AR podem ser aplicados no aumento da segurança nas plantas de produção e reduzir o trabalho físico pesado exigido aos operadores. A característica mais atrativa da AR é que fornece a informação do ambiente físico para inspirar, contextualizar e guiar a criatividade dos seus utilizadores.

O AR tem sido bastante explorado na assistência aos utilizadores em processos de montagem ao fornecerem orientação virtual. Instruções virtuais são sobrepostas à visão do utilizador através de um dispositivo enquanto que um modelo virtual de Computer-Aided Design CAD correspondente é apresentado em redor de objetos físicos.

Ao integrar o RFID, já falado no subcapítulo 2.4.4., em cada um dos módulos de construção, é possível fazer um rastreamento e a monitorização para orientar na montagem (Yunbo Zhang *et al.*, 2018).

Técnicas de AR têm sido exploradas em várias aplicações que incluem a criação de conteúdo virtual, orientação de montagem, interface de controlo de *robots* e simulação dos processos de fabrico.

### **2.3.9 Big Data**

Tipicamente a *Big Data* deriva de vários canais que incluem sensores, satélites, dispositivos, vídeo/áudio, redes sociais, sinais de GPS, telemóveis, etc (Wamba *et al.*, 2014).

R. Y. Zhong *et al.* (2017) consideram que, apesar do progresso da IoT ter vindo a simplificar a recolha de dados, continua a questão sobre se tantos dados poderão ser processados apropriadamente de forma a fornecer a informação correta, no momento certo, para a finalidade apropriada. Num ambiente de *Big Data*, os conjuntos de dados são muito maiores e poderão ser demasiado complexos para *softwares* básicos de análise de dados. Para tal, técnicas avançadas de análise são críticas para as organizações e os produtores com demasiados dados operacionais conseguirem revelar caminhos escondidos, correlações desconhecidas, tendências de mercado, preferências dos consumidores e outras informações de negócio relevantes.

Wamba *et al.* (2014) definem o *Big Data* como uma abordagem holística para gerir, processar e analisar os 5 Vs:

- **Volume** - Grande quantidade de dados que consomem um armazenamento enorme ou envolve grande número de dados registados;
- **Velocidade** - Frequência ou rapidez com que os dados são gerados e/ou entregues;
- **Variedade** - Os dados são gerados a partir de uma grande variedade de fontes e formatos, e contêm campos de dados multidimensionais que incluem dados estruturados e dados por estruturar;
- **Valor** - para enfatizar a importância da extração de benefícios económicos através dos dados disponíveis;
- **Veracidade** - Importância da qualidade dos dados e do nível de confiança e credibilidade das várias fontes.

As três principais características do *Big Data* identificadas são: os próprios dados, a análise dos dados e a apresentação dos resultados da análise que permita criar valor às empresas em termos de novos produtos e serviços.



## 3. Indústria da Moda

### 3.1 Caracterização da Indústria da Moda

O termo moda é bastante abrangente e engloba qualquer produto ou mercado em que existe um elemento de estilo, com um período de vida provavelmente curto. A moda define-se melhor como o estilo ou estilos de roupas e acessórios usados num determinado momento por um grupo de pessoas (Čiarnienė *et al.*, 2014).

Por norma, as marcas de vestuário estão divididas em três segmentos de mercado, com base na sua estratégia competitiva, nomeadamente vantagem de custos, rapidez e equidade. No primeiro segmento encontram-se marcas que produzem vestuário de qualidade para as massas, ao segundo segmento pertencem as marcas que se destacam não pelo preço, mas pela rapidez, e finalmente no terceiro segmento estão as marcas de luxo que não competem pelo preço ou rapidez mas sim pelo nome da marca. As empresas no primeiro segmento são as que têm maior quota de mercado, no entanto as empresas do terceiro segmento são as que apresentam maiores margens de lucro (Carugati *et al.*, 2014).

O sucesso recente de algumas cadeias de *Fast Fashion* alteraram radicalmente toda a Indústria da Moda nas últimas décadas. O sortimento das marcas de *Fast Fashion* surge da mistura entre peças básicas e peças de moda. Sendo os produtos de moda tão efémeros e a sua procura bastante volátil e incerta, é necessário que a cadeia de abastecimento consiga dar resposta de forma a colocar os produtos no mercado tão depressa quanto necessário. Os produtos de moda têm um ciclo de vida muito curto, pois estão sistematicamente a ser substituídos por outros mais “na moda” (Mehrjoo *et al.*, 2014). Para seguir as últimas tendências, os consumidores precisam de comprar constantemente novas peças de vestuário. Num passado não muito distante, uma peça de vestuário durava muito tempo. Hoje em dia a roupa é quase descartável, levando o consumidor a vesti-la algumas vezes para se livrar dela logo de seguida. Esta constante procura pela novidade, imposta aos consumidores foi modelo de negócio adotado para gerar lucro às empresas do setor.

A Indústria da Moda inclui o *design*, produção, distribuição, *marketing*, retalho, publicidade e promoção de todos os tipos de peças desde as marcas mais caras até ao vestuário comum do dia-a-dia. No gráfico seguinte encontram-se as principais características do setor do vestuário atualmente:



Figura 3 - Principais características da Indústria de Moda moderna (Fonte: Čiarnienė e Vienažindinė, 2014)

A possibilidade de combinações de cores e tamanhos dentro de um único modelo cria um vasto número de produtos, o que resulta na redução do tamanho dos lotes mas com um volume de produção superior. Ao mesmo tempo os consumidores exigem ciclos cada vez mais curtos.

Em 2008, Curagati *et al.* afirmaram que a Indústria da Moda tinha passado de 4 para 6 e depois para 8 estações, nomeadamente início da primavera, primavera, início do verão, verão, início do outono, outono, início do inverno e inverno. Já em 2014, Shannon Whitehead reconhece 52 micro-estações durante o ano, com coleções a serem lançadas semanalmente e exemplos como o grupo Inditex em que as lojas recebem carregamentos de produtos novos 2 vezes por semana. Um dos maiores desafios do mercado é as marcas conseguirem acompanhar as tendências em todas as estações. Se uma empresa de vestuário não consegue acompanhar as tendências de moda, será excluída do mercado. A rapidez com que mudam as estações leva a que por vezes, quando a coleção é lançada, esta já esteja ultrapassada.

Para garantir futuras vendas, as marcas de moda têm que acertar corretamente nas tendências da estação seguinte, caso contrário, correm o risco de não vender as suas coleções. A procura por produtos de moda raramente é estável ou linear. Pode ser influenciado pelas mudanças no clima, filmes ou até mesmo pelo estilo de estrelas *Pop* ou jogadores de futebol. Com a música proveniente da América Latina a preencher do topo das tabelas internacionais, canais de estrelas da música reggaeton nas redes sociais surgem como grandes influenciadores de moda, que dão a conhecer marcas locais dos seus países a outras partes do globo. Mas a Indústria da Moda é também influenciada por outros fatores, como incertezas de natureza política, económica e até catástrofes naturais. Vários exemplos da última década como a tensão entre a Coreia do Norte e os Estados Unidos da América, ataques terroristas, potenciais desafios como



o Brexit e a luta pela independência da Catalunha ou a desvalorização do dólar têm consequências enormes e afetam diretamente comunidades locais, empresas e infraestruturas (State of Fashion 2018, 2018). Todo este tipo de fatores têm um impacto significativo e contribuem para as incertezas e desafios que caracterizam a Indústria da Moda.

O grupo Inditex, por exemplo conta com mais de 1.000 designers para garantir que tal aconteça. Para além de se seguirem as tendências de moda, os designers do grupo Inditex também utilizam os dados sobre as preferências dos seus consumidores, fornecidos pelas suas lojas. Normalmente, as empresas de vestuário enviam os seus designers em busca de inspiração nos desfiles das semanas da moda. De seguida são capazes de passar entre 1 e 2 meses a desenvolver a nova coleção.

O modelo tradicional da indústria do vestuário funciona com longos *lead times*, sendo a média de 9 meses, com 6 meses para criar e 3 meses para produzir. Peças de vestuário finalizadas são enviadas para as lojas localmente ou globalmente. Muitas empresas escolhem o transporte marítimo e montam centros de distribuição regionais para diminuir os custos. O envio por mar poderá demorar entre duas e três semanas e o processo nos centros de distribuição regional poderão demorar mais um ou dois dias.

Uma característica da Indústria da Moda é a grande variedade nos atributos e preferências dos consumidores, mesmo dentro da mesma região ou país (Carugati *et al.*, 2014). Os autores Mehrjoo e Pasek (2014) mostram-nos a importância do equilíbrio entre os custos associados à produção de uma grande variedade de produtos e os lucros provenientes da oferta de uma grande variedade de produtos. A variedade de produtos é aqui definida como o diferente número de variações de um produto oferecidas por uma empresa, que podem ser por exemplo as cores, os tamanhos ou as formas.

A redução da variedade tem impacto adverso na quantidade de comprar efetuadas e na frequência com que são efetuadas compras. Quando um consumidor se dirige a uma loja de roupa e não encontra o que precisa, este abandona o estabelecimento sem que a sua necessidade tenha sido satisfeita. É necessário assegurar a existência de uma grande variedade de produtos. No entanto é mais desafiante assegurar a eficiência operacional quando o nível de variedade está a aumentar. Uma linha de produtos mais ampla pode resultar em custos elevados, essencialmente devido ao aumento das despesas com materiais e mão de obra. Em particular, o impacto da variedade de produto no custo é consideravelmente mais alto quando os tempos de *set-up* são significativos.

Uma empresa já aqui referida que se destaca com um modelo de negócios único e que por isso tem conseguido posicionar-se como líder na indústria é o grupo Inditex. Este é considerado um dos maiores distribuidores de produtos de moda do mundo. Conta atualmente com 7.475 lojas em 96 mercados e 47 mercados *online*. É constituída por vários formatos comerciais,

nomeadamente Zara, Pull&Bear, Massimo Dutti, Bershka, Stradivarius, Oysho, Zara Home, Zara Kids, Lefties e Uterqüe. No passado ano de 2017 as vendas ascenderam aos 25.3 biliões de euros, com uma margem de lucro de 3.3 biliões de euros. Em Janeiro de 2017, o grupo era constituído por 171.839 empregados. O Grupo trabalha com fornecedores e produtores de 50 países diferentes e 60% da sua produção é feita perto da sua sede na Corunha, Espanha, principalmente em Espanha, Portugal, Marrocos e Turquia.

O grupo Inditex faz distribuição de produtos duas vezes por semana, incluindo sempre, novos modelos em cada carregamento, o que permite uma constante renovação da oferta de produtos em loja (Inditex Press Kit, 2018). Desta forma, os consumidores visitam as lojas com mais frequência, encontrando sempre algo novo e vêm-se obrigados a comprar os produtos que querem na hora, caso contrário poderão já não estar disponíveis na loja na semana seguinte. Cria-se um clima de escassez e oportunidade (Carugati *et al.*, 2011) que promove a compra por impulso. O grupo Inditex conduz a sua produção de forma gradual e precisa, com pequenas tiragens com um certo número de unidades, evitando excessos e sem picos de produção, sempre em direção à sustentabilidade. Estes são alguns dos pontos que têm contribuído para o sucesso do gigante.

A moda é uma indústria internacional e altamente globalizada, com roupa normalmente desenhada num país, produzida noutro e comercializada noutro. O problema fundamental da Indústria da Moda é que o tempo que leva a fabricar os produtos e levá-los para o mercado é mais longo do que o cliente está disposto a esperar.

Com a indústria cada vez mais global, muitas empresas aumentaram a capacidade de produção em diferentes países, muitas através da subcontratação. Geralmente, quase 90% das marcas de vestuário apoiam-se em intermediários para produzir e vender os seus produtos. No entanto, com a necessidade de reduzir os custos, o tempo de resposta tem sido encurtado. Desde que a produção está localizada longe das empresas, qualquer alteração no design poderá não ser respondida a tempo pelos fabricantes.

Algumas empresas de moda estão a adotar um modelo de negócio em que o empurrão inicial é fornecido por países de baixo custo e o reabastecimento das encomendas é fornecido por empresas na região com penalizações de custo.

O relatório State of Fashion 2018 fornece uma visão compreensiva sobre a Indústria da Moda do respetivo ano e demonstra que o crescimento das vendas globais de produtos de moda triplicará entre 2016 e 2018, passando de 1,5% para 3.5% a 4.5%. No entanto 2018 é marcado por uma inversão no mercado em que a Europa e Estados Unidos deixam de representar a maior percentagem de vendas de produtos de moda e as restantes regiões do mundo como Ásia e América Latina passam a ser os maiores consumidores da Indústria da Moda. Com o crescimento

económico de países emergentes, espera-se que em 2025 a balança de vendas esteja nos 45% para o Ocidente e o resto do planeta venha a representar 55% das vendas mundiais.

A parte de desenvolvimento, que era em tempos supervisionada por equipas das marcas com grande conhecimento sobre os processos produtivos, é agora desempenhada por fabricantes subcontratados no outro lado do mundo, com quantidades mínimas de produção muito elevadas e que se vêm obrigados a fazer modificações nas peças de forma a se adaptarem às condições da linha e a tornar a sua produção mais rentável e produtiva (Reddy *et al.*, 2016).

Por todo o mundo a indústria do vestuário tem o mesmo problema: muitos fornecedores de produto acabado não conseguem encontrar os seus clientes. A indústria dos países muito desenvolvidos e dos pouco desenvolvidos enfrentam muitas crises e uma queda constante da produção, perdas de mercado, redundância dos trabalhadores, fecho de fábricas e transferência das mesmas para países com mão de obra mais barata.

No entanto, países como a China deixam de ser solução. Desde 2011 que os salários no país têm aumentado 12% ao ano, o que o torna cada vez menos competitivo. Em resposta, a China também se tem tentado posicionar na Indústria 4.0 com o lançamento de iniciativas como “Made in China 2025”, tendo sido o maior comprador de robôs industriais no ano de 2012 (Portugal Têxtil, 2016 (4)). Começa-se também a observar a deslocação da produção para outros países. Em África por exemplo, começam-se a verificar grandes investimentos por parte de empresas asiáticas e que estão a desenvolver novos pontos de produção em países como o Quênia e a Etiópia que apresentam muitas vantagens, como mão-de-obra barata e proximidade tanto com a matéria-prima como com os consumidores finais nos países do ocidente (State of Fashion 2018, 2018).

Países desenvolvidos são forçados a intensificar a sua pesquisa de sistemas automáticos de processos tecnológicos. Estes levam ao progresso nas áreas da mecatrónica, automatização e robótica e à invenção de máquinas de costura inteligentes. Por estas razões é necessário prestar atenção à educação de engenheiros na indústria do vestuário e dominar os processos tecnológicos de produção.

A automatização dos processos de produção é inevitável. A mudança rápida de tendências em moda, tecidos novos e consumidores mais exigentes impõem a necessidade de uma produção mais flexível que possa ser ajustada às mudanças nos parâmetros de produção. A indústria têxtil tem assistido a grandes progressos ao nível da automação, quer seja na produção de tecidos, tingimentos ou acabamentos, já as confeções têm evoluído muito mais lentamente (Portugal Têxtil, 2017). O futuro da produção de vestuário não inclui armazéns cheios de produto acabado.

As gigantes do comércio *online* como a Amazon, Zappos, Alibaba, Net-a-Porter ou Farfetch continuam em ascensão e estão a trabalhar para oferecer uma experiência de compra cada vez mais *premium*. Hoje os consumidores esperam perfeita funcionalidade, apoio imediato a qualquer momento e estão a ficar habituados a entregas cada vez mais rápidas. A atenção dos consumidores está a deslocar-se para novos canais de comunicação. Um estudo sobre social media demonstra que nas Filipinas, Brasil e Estados Árabes Unidos os utilizadores passam mais de três horas por dia em média neste tipo de plataformas.

A disponibilização de grandes quantidades de informação aos consumidores permite-lhe comparar vários produtos *online*. Isto está a diminuir a lealdade dos consumidores *millenials* às marcas, estando estes dispostos a mudar as suas preferências entre marcas face a um desconto de 30% ou mais. Ainda assim, apesar de serem mais sensíveis em relação aos preços, os *millenials* estão também a preocupar-se cada vez mais com as práticas e missão de uma marca, sendo este um fator importante de decisão quando adquirem um produto. Esta é uma geração que tem maiores expectativas sobre aquilo que uma empresa deve oferecer: conveniência, qualidade, ser orientada por valores, novidade e preço.

Apesar do vestuário já existir há milhares de anos, a possibilidade de entrar numa loja com umas opções de escolha de peças de vestuário em vários tamanhos, onde é possível adquiri-las ou encomendar peças online são conceitos relativamente novos.

### 3.2 Evolução Histórica

Apesar da sua grande importância na economia dos países ocidentais, são poucos os estudos académicos feitos nesta área para compreender a evolução da Indústria da Moda. São poucos os registos existentes do desenvolvimento industrial e poucas as empresas com arquivos que possam complementar as estatísticas oficiais.

Na Primeira e Segunda Revolução Industrial foram feitas várias inovações na fase da produção, que com a introdução da máquina a vapor e mais tarde com a eletricidade tornaram os processos, até então artesanais, mais eficientes e rápidos. Já a Terceira Revolução Industrial modificou completamente toda a cadeia de valor da indústria com as tecnologias da informação. Isto possibilitou o surgimento da *Fast Fashion* (Portugal Têxtil, 2016).

Registos arqueológicos demonstram que os comerciantes da antiga Babilónia transportavam e distribuíam algumas peças de pronto-a-vestir, 1400 a.C. Na Roma antiga, as peças eram produzidas em oficinas com até 100 trabalhadores para produzir vestuário militar.

Acredita-se que a primeira indústria de vestuário pronto-a-vestir tenha surgido no sul da Inglaterra no final do séc. XVII, quando se iniciou a produção de uniformes militares. Esta prática estendeu-se pelo séc. XVIII sendo particularmente proeminente durante as guerras napoleónicas. Fora do exército, a procura por vestuário pronto-a-vestir ainda era muito limitada antes de 1840.

A ascensão da escravatura durante os séculos dezoito e dezanove deveu-se ao cultivo do açúcar, no entanto, tornou-se mais evidente no Sul dos Estados Unidos na cultura do algodão, que tem servido de principal matéria-prima do setor do têxtil. O algodão está assim incluído na pequena e seletiva lista de colheitas que têm recebido tratamento histórico, juntamente com a cultura da batata, do açúcar, chocolate, milho, soja, café, chá ou especiarias. A Inglaterra e os Estados Unidos dominaram o mercado do algodão no período entre 1700 e 1963, ao que Beckert classifica como período “capitalism war” (Beckert, 2014).

Com a Revolução Industrial, em 1738 foi inventada a máquina de fiar, que transformava o algodão em fio. Em 1784 surgiu o tear mecânico que transformava o fio em tecido. Em 1880 já existiam 250.000 teares deste tipo na Grã-Bretanha.

Na Grã-Bretanha o negócio do vestuário foi durante muitas décadas o maior empregador, durante a Revolução Industrial. Em 1851, o comércio de vestidos era a 2ª maior fonte de emprego não agrícola para as mulheres, a seguir ao trabalho doméstico.

O termo *sweatshop* tornou-se bastante falado com os recentes acidentes de consequências desastrosas, especialmente em países asiáticos, que levaram à revelação de péssimas condições de trabalho, com a exploração dos seus trabalhadores. O mais conhecido foi o colapso do edifício de cinco andares Rana Plaza, no Bangladesh em que morreram 1.134 pessoas e mais de 2.500 ficaram feridas (SCMP, 2018). Mas Já no século XIX que o verbo *sweating* era utilizado para caracterizar as fábricas de vestuário na altura. Existiram pelo menos três períodos antes da 1ª Guerra Mundial em que a sociedade britânica se sentiu indignada com o comportamento de exploração dos *sweaters*.

A primeira legislação sobre o ordenado mínimo na Grã-Bretanha foi causado pelas preocupações geradas pelos baixos salários da maioria dos trabalhadores na indústria do vestuário logo a seguir à primeira guerra mundial.

A história sobre o desenvolvimento da indústria do vestuário resume-se a pouco mais do que a invenção da máquina de costura. Segundo o jornal Economista em 1851, a velocidade impressionante da máquina de costura iria transformar a vida de trabalho dos alfaiates e costureiras em todo o mundo. No entanto, desde então, este é um dos poucos setores da indústria transformadora que se mostrou pouco responsiva a inovações tecnológicas.

Pouco se alterou na arte de coser desde que as primeiras costureiras começaram a passar um fio por uma agulha para fazer costuras há milhares de anos atrás. Apesar de todo o desenvolvimento tecnológico que se tem observado um pouco por todas as áreas, a forma como a roupa é costurada requer tanta mão de obra hoje como há 100 anos atrás.

O desenvolvimento mais significativo foi quando alguns empreendedores começaram a reconhecer que existia uma procura por vestuário novo e barato. Estes empreendedores começaram por vender roupa em segunda mão e nos anos 40 do séc XIX começaram a investir em grandes lojas nos principais centros de consumo, vendendo agora, não roupas em segunda mão, mas sim roupa nova pré-fabricada.

Apesar do arranque inicial ter sido feito na Inglaterra, em 1856 a indústria do vestuário era provavelmente maior em Paris do que em Londres, empregando entre 80.000 e 100.000 pessoas. Mas o segmento do pronto-a-vestir era maior em Londres.

Contudo sempre prevaleceu a persistência do *sweating* na indústria do vestuário, ou a exploração dos trabalhadores através de salários baixos, com horas extraordinárias obrigatórias e não pagas e más condições de trabalho. Sempre que a competição levava à descida dos preços, os custos de mão de obra eram sempre os primeiros a ser postos sobre pressão, e para os produtores, a despesa com mão de obra representava a maior percentagem dos custos. A principal razão para isto é a tecnologia ou falta dela. O tecido é maleável e tem sido ao longo do tempo difícil desenvolver tecnologia que consiga replicar a destrezas das mãos humanas a manusear o pano com a máquina de costura, especialmente em tecidos leves.

Nos Estados Unidos da América (EUA), a maioria das fábricas de vestuário que utilizavam técnicas de produção em massa deixaram Nova Iorque pouco depois da guerra para migrarem para cidades do sudeste, onde os salários eram muito mais baixos (Godley *et al.*, 1997).

Nos EUA, perto do final da Grande depressão, a administração de Roosevelt criou um projeto para padronizar as medidas das mulheres. Entre Julho de 1939 e Junho de 1940, as mulheres americanas foram medidas para determinar o tamanho médio. Isto diminuiria as alterações e devoluções às lojas.

Com o aumento da produção em massa, os modelos de vestuário tornaram-se mais simples. De forma a oferecer vestuário mais acessível, a quantidade de tecido e de acessórios utilizados diminuiu.

Esta grande necessidade de operários é também uma das principais razões que levaram a que ao longo das últimas décadas as fábricas se deslocassem para onde a mão de obra é mais barata. Com os salários dos países em vias de desenvolvimento a aumentar, a falta de costureiras especializadas e a mudança dos padrões de consumo impulsionados pela *Fast fashion* e

plataformas *online* de comunicação estão a tornar cada vez mais difícil manter este modelo estratégico (Reddy et al., 2016).

### 3.3 Indústria da Moda em Portugal

A cadeia de valor da Indústria da Moda está inerente a vários setores, desde o setor agrícola e produção animal, onde são produzidas as matérias-primas como o algodão ou a lã, até ao comércio a retalho onde o consumidor final pode adquirir as suas peças.

Em Portugal é na secção da Indústria Transformadora que a moda tem mais peso e onde se encontram três setores ligados à moda, nomeadamente Fabricação de têxteis, Fabrico de vestuário e Indústria do couro e dos produtos do couro (Classificação Portuguesa de Actividades Económicas, 2007). Em Portugal o têxtil e o vestuário são dos poucos setores em que o país se destaca com vantagens competitivas relativamente aos outros países (Cenit, 2017). Estes três setores têm uma grande relevância na economia em Portugal, sendo a maior parte do tecido industrial, dos setores ligados ao têxtil e vestuário constituído por pequenas e médias empresas, e cerca de 210.740 trabalhadores, representando 4,8% da empregabilidade em Portugal e 20% do emprego na indústria transformadora (Associação Têxtil e Vestuário de Portugal (ATP), 2017). Portugal tem cerca de 12.000 empresas nestes setor, o que representa 18% das empresas da indústria transformadora e 1% de todas as empresas do país (Cenit, 2017).

Os produtos referentes aos setores do têxtil, vestuário e couro foram os segundos mais exportados do país em 2015, com valores que ascendem aos 6.632,9 milhões de euros (Pordata, 2015). Em 2017, as exportações dos setores do têxtil e do vestuário representaram 9% do total de exportações do país, com destaque para a indústria do vestuário a representar 5,2% (Cenit, 2017). Os principais destinos internacionais dos produtos têxtil e vestuário portugueses são a Espanha, França, Alemanha e Reino Unido, que consideram Portugal vantajoso pela sua posição geográfica. Segundo os últimos dados do Cenit, entre janeiro e abril de 2017, Portugal esteve como o 9º maior exportador da UE28 de têxteis e vestuário, com exportações acumuladas, de janeiro a abril de 2017, no valor de 1.756 milhões de euros. Portugal também se destacou ao registar neste período um aumento acentuado no valor acumulado das exportações de vestuário de malha, ficando na 14ª posição da UE28. Espanha, França e Alemanha são os maiores fornecedores da indústria portuguesa a quem se junta a Itália.

O Último Inquérito da Conjuntura realizado, relativo ao 3º trimestre de 2017, em que foram inquiridas várias empresas dos setores do vestuário, do têxtil e da moda, mostra que a maior dificuldade que as empresas enfrentam é a falta de mão de obra qualificada, logo seguida pela contratação para trabalho indiferenciado. É de referir, que durante este trimestre foram mais as empresas que criaram emprego do que aquelas que o diminuíram. O inquérito também

menciona a preocupação das empresas com a insuficiência da procura, tendo diminuído o número de encomendas. Um aspeto positivo referido pelos empresários portugueses destes setores é o fácil acesso ao financiamento.

A indústria do têxtil e do vestuário está mais representada no Norte do País, principalmente nas cidades do Porto, Braga, Guimarães e Famalicão. No interior do país também se encontram algumas empresas na Covilhã, especialmente nos produtos de lã (ATP, 2017).



## 4. Aplicação I4.0 ao Setor do Vestuário

Depois de analisadas as exigências impostas pela Indústria da Moda, é possível encontrar resposta para cada uma delas através das ferramentas e benefícios apresentados pela Indústria 4.0, como é possível verificar na tabela abaixo.

Tabela 1 - Tabela comparativa entre os desafios do Sector da Moda e os Benefícios da Indústria 4.0 (Fonte: Elaboração Própria)

Desafios do Setor da Moda	Benefícios da Indústria 4.0
Consumidores que exigem <i>Lead Times</i> cada vez mais curtos	Processos cada vez mais rápidos e mais perto do consumidor final
Oferta de produtos muito diversificada	Customização Massificada, com tempo de <i>Set-up</i> quase inexistente
Processo mais transparente para o consumidor	Introdução de <i>Tags</i> RFID que permitem rastrear toda a informação sobre um produto
Mercado volátil e suscetível a alterações de tendências na mesma estação	Maior flexibilidade
Difícil previsão de tendências	Análise das preferências dos consumidores através do <i>Big Data</i> e <i>Cloud Computing</i>
Falta de mão de obra especializada e tarefas perigosas e repetitivas	Automação de muitos processos
Processo de prototipagem muito demorado e com elevado desperdício de recursos com a repetição de várias peças até chegar ao resultado pretendido	Sistemas virtuais como Simulação e Realidade aumentada
Dos setores mais poluentes da indústria transformadora	Monitorização através de sensores permite detetar falhas em consumos de recursos e tornar processos mais eficientes

Desde os anos 90 que os gigantes da Indústria da Moda, como o grupo Inditex e H&M habituaram os seus consumidores à constante oferta de novos produtos a preços acessíveis. Com o mercado cada vez mais competitivo e os custos de mão de obra a aumentarem em países como a China e o Bangladesh, as empresas começam a precisar de novas soluções para continuarem a satisfazer as exigências do mercado atual. Conceitos como o *see now, buy now* tornam as pessoas cada vez mais ansiosas pela próxima tendência. As redes sociais também têm impulsionado essa ideia, e o a cadeia de valor que até agora tinha como princípio fundamental a oferta, programando com antecedência os produtos que viriam a estar disponíveis nas lojas, começa a reger-se pela procura, com base nas preferências dos consumidores.

Há não muito tempo atrás, quando decorria a semana da moda, este evento era restrito a pessoas com algum estatuto e a profissionais do meio, como os jornalistas. Os jornalistas tiravam fotografias e escreviam as suas reportagens, que eram depois publicados em revistas passados alguns dias ou semanas. Depois surgiu a internet e as revistas de moda começaram a publicar nas suas páginas *online* as reportagens no próprio dia. Recentemente, os desfiles começaram a ser transmitidos em direto nas redes sociais em que todas as pessoas, em qualquer parte do mundo podem assistir nos seus dispositivos móveis ao espetáculo. Agora as reportagem começam no *backstage* antes do início do desfile, onde já é possível espreitar alguns dos *looks* que desfilarão na *passerelle*. O cliente já não precisa de se deslocar à loja ou comprar uma revista para saber o que vai haver de novo na próxima estação, e quando as peças que estiveram no desfile chegam às lojas já não são novidade. As marcas começam a ter que encontrar novas estratégias de *marketing* e a encontrar soluções mais rápidas para que seja possível as peças chegarem às mãos do consumidor final antes que este perca o interesse. A Burberry foi uma das marcas inovadoras neste sentido, permitindo desde 2014 aos seus clientes encomendar peças enquanto assistem ao desfile (interbrand, 2017).

As autoras Čiarnienė e Vienažindienė (2014) afirmam que o principal problema da indústria do vestuário é que o tempo para recolher matérias-primas, convertê-las em produtos e levá-los para o mercado é invariavelmente mais longo do que o tempo que o consumidor está disposto a esperar. Esta questão vai ao encontro de um dos benefícios da indústria 4.0: mais rapidez na produção. A firma Li & Fung afirma que a aplicação de novas tecnologias digitais na Indústria da Moda poderá reduzir o tempo que um produto leva a chegar ao consumidor final, passando por toda a cadeia de valor em 48% do tempo atual. Para que tal aconteça, é de extrema importância que todas as fases da cadeia estejam conectadas e muito bem coordenadas, para que qualquer ganho na eficiência de uma fase se possa refletir nas operações da fase seguinte. A digitalização pode melhorar a coordenação por simplesmente facilitar a comunicação entre as partes interessadas da cadeia de abastecimento.

A eficiência pode ser melhorada nas fases de *design*, produção e distribuição, permitindo às partes interessadas responder de forma mais rápida e apropriada quando são necessários ajustes. Por exemplo, a utilização de amostras virtuais permite aos *designers* e aos produtores interagir mais rapidamente e de forma eficiente se for necessário fazer alterações nas amostras.

A digitalização pode encurtar 19 semanas do processo. Reduzir o tempo que um produto leva desde o *design* até à loja é crucial na Indústria da Moda pois este tipo de produtos são muito sensíveis à passagem do tempo e os vendedores precisam de responder com rapidez às constantes mudanças das preferências dos consumidores (Fung Global Retail & Technology, 2017).

O modelo atual de produção, em que quanto maiores os lotes de produção, mais baixo é o custo unitário deve-se essencialmente ao tempo que leva a reestruturar a linha de produção e a afinar as máquinas para o modelo que vai entrar a seguir, mas a indústria 4.0 promete tornar a produção mais flexível. Com produtos e máquinas todos conectados, alterações em tempo real na produção serão possíveis. As máquinas serão capazes de se auto programarem de acordo com as características do produto seguinte de forma rápida e sem necessidade de intervenção humana e a linha de produção conseguirá configurar-se sozinha consoante as operações necessárias para a produção daquele produto. Será cada vez mais rentável produzir lotes pequenos. Com a grande variedade de oferta de produtos que caracteriza o setor, a capacidade das empresas de produzir lotes pequenos é essencial para se manterem no mercado, e a eventual produção de lotes de uma única peça terá de começar a ser considerada para a customização massificada se tornar numa realidade. O relatório da BOF-McKinsey Global Fashion identifica a personalização como a tendência de moda número um para o ano de 2018.

O mercado começa a reger-se pela procura ao invés do que acontecia até agora em que dominava a lei da oferta. Este modelo é pouco sustentável pois obriga as empresas a oferecer uma grande variedade de produtos e em grandes quantidades. A produção destas peças inicia-se muito antes da chegada ao consumidor e uma boa previsão é essencial visto ser necessário tomar decisões sobre modelos e número de peças a produzir. O mercado de moda é bastante volátil e instável e a previsão sobre que peças terão mais saída quando chegarem ao mercado apresenta muitas incertezas e riscos. Esta instabilidade acaba por criar *stocks*, com quantidades assustadoras de peças que nem chegam a ser vendidas. Estes *stocks* também representam prejuízos para as empresas e têm um impacto ambiental muito significativo.

A deslocação da produção de vestuário dos países ocidentais ricos para pontos do globo onde o custo de mão de obra é significativamente mais baixo fez com que se perdessem muitos dos alfaiates e costureiras especializadas assim como a formação nessa área, que é quase nula hoje em dia. Apesar dos salários baixos, a profissão de costureira ainda exige algum conhecimento técnico e muita prática para dominar esta tarefa com alguma mestria. Países como a China ou o Bangladesh começam agora a enfrentar problemas de mão de obra, com operadores a deslocarem-se para outros tipos de indústria com melhor remuneração.

Para os países emergentes é mais desafiante a adoção de tecnologias avançadas e é nestes países que se concentra a maior parte da produção de vestuário. Fatores como infraestruturas de tecnologias da informação e comunicação, cultura, grau de escolaridade da população e instabilidade política e económica interferem nas decisões sobre investimentos em avanços tecnológicos (Dalenogare *et al.*, 2018). Mesmo com a falta de mão de obra em países emergentes, trazer modelos de fábricas tradicionais de confeção de volta para países como a Inglaterra ou os Estados Unidos não será rentável, no entanto modelos disruptivos de *Smart Factories* onde predomina a automação com verdadeiros exércitos de *robots* e *Additive*

*Manufacturing* poderão ser soluções ainda mais convenientes para as empresas da moda do que as fábricas longínquas de mão de obra extensiva a que estão habituadas.

## 4.1 Tecnologias

Apesar de ainda ser pouco evidente a presença da Indústria 4.0 nos setores ligados ao mundo da moda, começam a surgir cada vez mais casos de tecnologias I4.0. que podem vir a ser introduzidas nestes setores, ainda que a maioria ainda esteja em fase de teste. Os grandes grupos da Indústria da Moda estão conscientes do impacto positivo que estas tecnologias poderão vir a ter na cadeia de valor e têm feito vários investimentos, assim como dado apoio a empresas que estejam a desenvolver projetos neste sentido. Esse apoio tem sido prestado através de plataformas e criação de incubadoras para *startups* do ramo da moda, com a criação de laboratórios de pesquisa, acompanhamento, formação e facilidades na angariação de fundos. Exemplos de empresas com iniciativas do género são a H&M, C&A, Grupo LVMH e a Topshop (Pulse of the Fashion Industry, 2018).

Este capítulo foi subdividido pelas principais secções da cadeia de valor da Indústria da Moda, tendo sido exploradas várias ferramentas e tecnologias ligadas à I4.0 que podem ser aplicadas ao setor do vestuário. Para tal foi elaborada uma tabela que faz corresponder as ferramentas da I4.0 às várias etapas do setor do vestuário e onde podemos verificar onde é que estas se cruzam. As secções aqui apresentadas foram retiradas do Pulse of Fashion 2018.

Na tabela 3, estão apresentadas as várias etapas da cadeia de valor da Indústria da Moda na primeira coluna e as várias ferramentas da Indústria 4.0 na segunda coluna. Na tabela 4, é feito o cruzamento sobre que ferramentas já podem ser aplicadas a cada uma das fases da cadeia de valor. A tabela 4 foi elaborada com base nos vários exemplos encontrados para a elaboração do presente trabalho.

Tabela 2 - Etapas da cadeia de valor da Moda e Ferramentas da Indústria 4.0 (Fonte: Elaboração Própria)

Etapas da cadeia de valor da Moda		Ferramentas da Indústria 4.0	
a	Design e Desenvolvimento de produto	1	Sistemas Verticais e Horizontais
b	Matérias primas	2	Sistemas ciber-físicos
c	Planeamento e processamento	3	Smart factory
d	Produção	4	Internet of things
e	Logística e transportes	5	Robots
f	Vendas	6	Additive Manufacturing (3D)
g	Utilização	6	Cloud computing
h	Final de vida	7	Realidade Aumentada
		8	Big Data

Tabela 3 - Ferramenta I4.0 mais evidentes em cada etapa da cadeia de valor da Moda (Fonte: Elaboração Própria)

	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A</b>	X	x		x	x	x	x	x
<b>B</b>	X			x		x		
<b>C</b>	X	x	x	x				X
<b>D</b>	X	x	x	x	x	x	x	X
<b>E</b>	X	x	x	x	x			X
<b>F</b>	X	x		x	x	x	x	X
<b>G</b>				x		x	x	X
<b>H</b>				x				X

#### 4.1.1 Design e Desenvolvimento de Produto

Esta primeira etapa de *design* e desenvolvimento de produto é das que mais tem beneficiado das inovações tecnológicas em toda a cadeia de valor (Pulse of the Fashion Industry, 2018). A maioria das tecnologias I4.0 desenvolvidas para a indústria do vestuário ainda não está preparada para a produção em massa, no entanto já estão a fazer grandes progressos ao nível do *Design* e Desenvolvimento de Produto.

Curiosamente, os países da Ásia Oriental como Japão e Coreia do Sul investem mais a nível de investigação e desenvolvimento do que os países ocidentais e segundo a World Property Organization a China tornou-se o primeiro país do mundo a apresentar um milhão de candidaturas de patentes num ano, em 2015 (State of Fashion 2018, 2018).

A maioria do histórico de dados antropométricos, o sistema de tamanhos, está desatualizado em muitos países. As medidas do corpo médio alteraram-se drasticamente, especialmente devido às alterações nos hábitos alimentares, em que a população mais velha tem deformações frequentes no corpo. O futuro da indústria do vestuário também se apoia na resolução do problema dos tamanhos. O *software* “Made to Measure” poderá ajudar nesta problemática. O corpo é scaneado em 3D assim como são ajustadas as medidas para simular o corpo enquanto em movimento. O processo de modelagem mais utilizado atualmente é feito com recurso a *softwares* de CAD como a Lectra ou Gerber que é por norma demorado e requer vários testes de prototipagem até chegar ao molde desejado. Este processo pode ser acelerado com este tipo de soluções 3D.

*Softwares* de *design* como Computer-Aided Design (CAD) ou Computer-Aided Manufacturing (CAM) são capazes de interagir com sistemas inteligentes de prototipagem em tempo real, permitindo a integração da impressão 3D com recurso a sistemas ciber-físicos e Realidade Aumentada.

Com a digitalização os *designers* conseguem ter toda a informação de que precisam num só sítio o que lhes permite desenhar um item virtualmente com recurso a um *software*. Todos os moldes estão acessíveis aos *designers* e podem ser recolhidos e facilmente acedidos numa base de dados de tecidos, que consegue também armazenar informações como resultados de testes aos materiais.

*Software* 3D pode ser utilizado em *designs* digitais para simular como é que uma peça se comportaria quando vestida num corpo humano, enquanto simulações 3D reduzem o tempo e custo associado com a criação de várias repetições de uma peça de vestuário. *Design* 3D e tecnologias da comunicação podem também reduzir as despesas de viagem e o número de protótipos e amostras utilizados no processo, enquanto se minimiza desperdícios de tecido e se poupa tempo.

A ferramenta da Realidade Aumentada poderá ser muito útil na fase de criação e desenvolvimento de produto. Algumas pesquisas já introduzem sistemas de design com base na AR para criar *designs* virtuais à volta de objetos, conseguindo assim criar produtos customizados com base nesses. Além disso, o *feedback* visual imediato permitido pelo AR ajuda os utilizadores a avaliar melhor os seus desenhos e a modificá-los adequadamente (Yunbo Zhang *et al.*, 2018). Na Indústria da Moda o aspeto estético tem um grande peso na tomada de decisão dos consumidores quando adquirem uma peça. Esta deve ser apelativa e assentar bem no corpo da pessoa que irá vestir um determinado produto. Considerando que existe uma grande variedade entre as pessoas no que toca a características físicas, que passa pela forma, altura, cor, etc., é um grande desafio desenvolver um produto que assente bem em vários tipos de corpos ou desenvolver várias variantes de um produto para os vários tipos de corpos. No artigo publicado por Carugati *et al.* (2008) A cadeia de lojas espanhola Zara do grupo Inditex, a maior retalhista

de *Fast Fashion* do mundo, enfrentou um grande desafio quando se tentou posicionar no mercado asiático. A maioria das consumidoras asiáticas são pequenas e magras comparativamente às consumidoras europeias. Até peças nos tamanhos pequenos em Espanha eram grandes para os seus corpos. A Zara teve então que começar a criar variantes de tamanhos específicos para este mercado. A Realidade Aumentada é uma boa solução para conseguir desenvolver peças virtuais tendo por base um corpo humano real.

Amostras digitais e Impressão 3D podem acabar com a necessidade de enviar itens físicos de um lado para o outro na cadeia de abastecimento, o que ajuda os *designers* e fabricantes a reduzir a necessidade de recursos como materiais e combustível (Fung Global Retail & Technology, 2017).

A customização massificada também poderá permitir que o consumidor passe pelo papel do *designer*. As empresas poderão mostrar as opções disponíveis de materiais, formatos, cores e tamanhos e o cliente poderá desenvolver a partir daí um produto único adaptado às suas necessidades e ao seu gosto pessoal. O exemplo já existente de um modelo de negócio deste tipo é a marca de sapatos Shoes of Pray. Esta empresa permite aos seus clientes desenvolverem um sapato através do seu *site* onde existem biliões de combinações possíveis. O produto final é depois entregue em suas casas em menos de 4 semanas, ainda que a marca ambicione um dia conseguir produzir os sapatos durante a noite, para estarem nas mãos do cliente no dia seguinte.

#### **4.1.2 Matérias-Primas**

Os materiais serão um aspeto fulcral para tornar as peças de roupa mais inteligentes. O vestuário poderá tornar-se mais inteligente, não no sentido de produto inteligente que interage com o processo produtivo, mas sim, um produto inteligente que interage com o utilizador. Em breve, os tecidos poderão ser constituídos por fibras onde estão incorporados sistemas informáticos que dão às peças de vestuário a capacidade de regular a temperatura da peça ou armazenar energia numa bactéria (University of Central Florida, 2018).

Com a impressão 3D será necessária inovação a nível dos materiais. Estes precisam de possuir características que lhes permitam ser impressos e ao mesmo tempo deverão ser maleáveis e confortáveis para os humanos os vestirem. Têm sido várias as inovações feitas a este nível, com o surgimento de cada vez mais materiais e cada vez menos dispendiosos, no entanto os exemplos que têm surgido na impressão 3D ainda estão um pouco limitados à joalharia e calçado (Portugal Têxtil, 2016).

Um exemplo de um material revolucionário que já pode ser impresso é Chitin que é um polímero produzido através das cascas de crustáceos como os camarões, escorpiões, caranguejos e borboletas. Este material é uma solução muito sustentável pois é um material barato,

abundante no planeta e ao mesmo tempo é biodegradável. Sendo a moda uma indústria de tendências em que o que está na moda esta estação está fora de moda na próxima, materiais como este podem ser utilizados no desenvolvimento de acessórios que podem ser descartados quando perdem o interesse, sem prejudicar o planeta, pois dissolve-se facilmente em água salgada (Papageorgiou *et al.*, 2017).

Cientistas da University of Central Florida (UCF) conseguiram desenvolver um tecido que é capaz de mudar de cor ou padrão através do *smartphone*. Isto já era possível com a introdução de LEDs de várias cores no tecido, mas estes cientistas conseguiram inovar na técnica ao introduzir micro fios de metal muito finos nos fios do tecido, em que uma corrente elétrica passa pelos fios e aumenta ligeiramente a temperatura. Pigmentos especiais respondem a esta alteração na temperatura o que origina a mudança de cor (UCF, 2018).

Em média cada pessoa possui 100 peças de vestuário no seu guarda-roupa. O desejo criado pelas marcas para adquirir novas peças, que é acionado pela constante renovação das tendências pode diminuir através de peças de vestuário inteligentes. Uma peça de vestuário que possua características como a regulação da temperatura e mudança de cor, forma ou textura faz com que uma única peça/produto se transforme em vários. Desta forma, o consumidor em vez de comprar 5 camisolas idênticas de cor diferente, pode comprar apenas um camisola constituída por fibras que conseguem mudar de cor (The Pulse of Fashion Industry, 2018).

### **4.1.3 Planeamento e Processamento**

Como já foi falado, na Indústria 4.0 as fábricas são inteligentes, assim como os produtos e as máquinas, e todos comunicam entre si. Ao introduzir *tags* RFID nos produtos, permitindo-lhes interagir com as máquinas e fazer um rastreamento em tempo real do estado desse produto, a equilibragem de linha poderá vir a ser feita de forma automática, em que as máquinas se reajustam à necessidade de fluxo da linha e os produtos estão programados para tomar decisões sobre o caminho ótimo dentro do processo produtivo, sem causar constrangimentos na linha.

Chen *et al.* (2015) fala em Têxtil 4.0 que se define como uma cadeia de processamento independente composta por tecnologias automatizadas de fiação, tecelagem e outros processos do setor, em que a informação é transportada em material têxtil, bobines, carrinhos de linhas e tecido.

Para já, a equilibragem de linha é por norma feita por cronometristas que se baseiam na sua experiência para distribuir as várias tarefas pelos vários postos de trabalho com base na sequência do processo, competências dos operadores e o tempo necessário para concluir cada tarefa. Esta tarefa tem sido desde há muito tempo um dos grandes desafios das linhas de montagem de vestuário tradicional, sendo a linha de produção a fase mais crítica do processo. Esta linha consiste num conjunto de postos de trabalhos em que um processo específico se



realiza numa sequência predefinida. Uma ou mais tarefas são agrupadas num posto de trabalho, e são atribuídas aos operadores de acordo com o seu nível de competências. O desafio aqui reside em evitar desigualdades na carga de trabalho de cada posto que levam por vezes a *bottlenecks* na linha que causam o aumento do tempo de espera e dos custos. A equilibragem de linha de montagem consiste em alinhar determinadas tarefas assegurando que todos os constrangimentos estão satisfeitos enquanto que o desempenho da linha é otimizado. O autor Chen *et al.* (2012) recorre à inteligência artificial e apresentam-nos os algoritmos de agrupamento genético para resolver problemas de equilibragem de linha. Os algoritmos genéticos são baseados em técnicas de computação evolucionárias. Tanto procedimentos heurísticos como criações aleatórias podem ser utilizados para gerar a população inicial, e a seleção de algoritmos genéticos baseada nas leis naturais da sobrevivência da criatura mais apta vai desenvolver a próxima geração com base na sua condição. O cruzamento de dados onde são combinadas várias informações provenientes de diferentes indivíduos da população leva a uma solução sub-ótima.

No subcapítulo seguinte é dada uma grande importância aos *robots*. Que podem vir a ser o futuro da indústria e substituir muitas das tarefas perigosas e repetitivas que hoje em dia são executadas por humanos. Enquanto isso não acontece, sistemas digitais que recorrem a algoritmos genéticos de agrupamento podem ser a solução para a problemática da equilibragem de linha.

Um outro grande desafio das marcas de moda passa por prever as tendências de moda, e consequentemente, as quantidades a produzir de cada modelo, ou mesmo se será viável produzir um determinado modelo. Os humanos passam cada vez mais tempo *online* com dispositivos móveis que os acompanham para todo o lado e isto leva a que estejam constantemente a ser introduzidos dados. Os *smartphones* conseguem traçar o perfil de um consumidor com base nas pesquisas que faz, nos *likes* que mete nos *posts* das redes sociais, nos locais que frequenta, nas pessoas com quem fala, nas publicações e fotografias que coloca *online* ou até onde mora e onde trabalha. O *Big Data* será aqui uma ferramenta importantíssima para definir as preferências dos consumidores e assim fazer previsões de tendências mais exatas.

#### **4.1.4 Produção**

Está previsto que até ao ano 2020 os robôs sejam responsáveis por 25% de toda a produção (Pulse of the fashion industry, 2018). A maioria da produção de vestuário é feita em países com uma grande proporção de mão de obra, mas a robótica poderá alterar esta premissa drasticamente. O aumento da automação poderá beneficiar a indústria de diversas formas: mais produtividade e trabalhadores que atualmente têm tarefas repetitivas e potencialmente perigosas serão transferidos para trabalho mais seguros e sofisticados que requerem mais mão de obra qualificada. Em países como o Bangladesh, em que a indústria do vestuário representa

uma grande percentagem da população, existe a necessidade de encontrar soluções alternativas para lidar com este tipo de problemáticas, como falta de mão de obra, segurança e melhoria das condições de trabalho.

Já no passado foram feitas várias tentativas de tornar o processo de costurar totalmente automatizado. A maioria destes sistemas apoiava-se em molas para segurar o tecido, o que o tornava mais rígido e menos suscetível a ser distorcido.

Há pouco tempo começaram a surgir os *sewbots*, em que é atribuída aos *robots* a competência de costurar. Foi a empresa SoftWear Automation Inc. que lançou esta tecnologia e desenvolveu um sistema que elimina os problemas de distorção do tecido através de um sistema de visão computacional, em que é utilizada uma câmara que acompanha a operação. Quando a empresa SoftWear lançou o *robot* Lowry esperava chamar à atenção de grandes empresas ocidentais da Europa e Estados Unidos, no entanto foram os produtores de países emergentes que se mostraram mais interesse nestes *robots*. Isto porque as fábricas de países em vias de desenvolvimento também já começam a ter dificuldades em encontrar e manter costureiras especializadas. A nível global, a geração *millennials* está a migrar para o centro das cidades e, cada vez mais, descarta a possibilidade de um trabalho de fábrica (Reddy et al., 2016). O vice-presidente da empresa, Pete Santora, acredita que o modelo atual de produção não é sustentável no sentido em que a produção migra para um país de mão de obra barata até este se desenvolver e ficar demasiado caro para produzir lá. Aí a produção é transferida para outro com mão de obra mais barata e depois para outro e para outro, até eventualmente não haverem mais países de mão de obra barata para explorar (Jornal Têxtil, 2017).

Já em 2015, a empresa vendia versões simplificadas dos *sewbots* que eram capazes de produzir toalhas de banho e panos de cozinha. Hoje em dia já existem máquinas para produzir *t-shirts* completas e espera-se que no futuro existam modelos capazes de produzir vestuário desportivo e vestuário mais casual como *jeans*, polos, saias e vestidos básicos (Owano et al., 2017).

A *startup* Sewbo decidiu utilizar uma abordagem diferente. Em vez de criar uma máquina muito sofisticada capaz de simular o manuseamento humano com material muito maleável como o tecido, optou por desenvolver um processo químico que endurece o tecido de forma a ser possível tratá-lo como um material duro, e assim, braços robóticos já são capazes de manusear o tecido em máquinas de costurar. Quando a peça está terminada, esta é imersa em água para o tecido voltar ao seu estado inicial (Sewbo, 2018).

A marca de calçado Adidas lançou em 2015 uma fábrica-piloto na Alemanha, designada *SpeedFactory*. A fábrica é constituída maioritariamente por robôs e por alguns colaboradores especializados. Na *Speedfactory* é possível produzir ténis num terço do tempo quando comparada com uma fábrica de produção de ténis tradicional, permitindo responder a números

de vendas superior à esperada durante uma estação de um modelo específico. Uma outra característica da *Speedfactory* é a flexibilidade que permite produzir modelos customizados sem comprometer a rapidez do processo. A Adidas abriu recentemente uma unidade maior em Atlanta, nos Estados Unidos da América e espera conseguir produzir nas duas fábricas um total de um milhão de pares de ténis por ano até 2020. Ainda que este número seja pouco significativo quando comparado com os mais de 400 milhões de pares que são produzidos anualmente pela marca, o objetivo da *Speedfactory* não é substituir totalmente, mas sim complementar os pontos de produção existentes. A marca tem como objetivo trazer a sua produção de volta para junto dos consumidores, o que encurtará o tempo de viagem entre os produtores e os consumidores, e diminuirá o tempo e custos de transporte (Business Insider, 2018).

A impressão 3D poderá vir a ter um grande impacto no futuro da produção, podendo potencialmente eliminar todas as fases da cadeia de produção, ligando o *design* e desenvolvimento de produto diretamente ao consumidor (Fung Global Retail & Technology, 2017). Existe a possibilidade de muito brevemente os consumidores possuírem uma impressora 3D em que podem pesquisar modelos dos *designers* que mais gostam, descarregar o ficheiro *online* com as medidas adequadas e imprimir diretamente em suas casas. A forma de consumir roupa poderá vir a seguir as pisadas do que aconteceu na música e nos média no passado, com opções de *open-source* ou *designs* pagos, realizados por marcas. Consumidores mais criativos poderão ter que vir a desenvolver competências ao nível do *design* assistido por computador (CAD) para desenvolver os produtos desejados ao invés de comprar versões já existentes de peças para imprimir.

Um obstáculo que esta tecnologia enfrenta é o tempo. Uma estudante israelita apresentou como projeto de final de curso uma coleção toda impressa em 3D, sendo que para a impressão de apenas 5 conjuntos foram necessárias 2.000 horas ou 3 meses (Portugal têxtil, 2016).

A universidade de Aachen, na Alemanha está a desenvolver uma *Learning Factory* 4.0 para o desenvolvimento de um produto têxtil. O objetivo consiste em montar uma fábrica tipo onde é montada uma cadeia do início ao fim, que engloba todas as fases desde a produção do fio até ao produto final. A *Learning factory* encontra-se em fase de teste e o produto escolhido para dar início ao projeto foi a produção de uma pulseira. A pulseira é personalizável e o cliente pode encomendar a sua pulseira em casa a partir de uma plataforma *online*. Assim que o produto é encomendado inicia-se o processo com ajustes ao desenvolvimento da pulseira, seguido do planeamento e programação das operações. De seguida é iniciada a produção que vai até ao controlo final e embalamento.

Sendo a Alemanha o berço da Indústria 4.0, o setor do Têxtil do país é considerado um fornecedor chave na adoção de tecnologias digitais e soluções 4.0, no entanto as empresas ainda hesitam em dar início à transformação digital, devido a várias barreiras, tais como

benefícios lucrativos falta de especialistas com conhecimento na área. O objetivo deste projeto é ultrapassar estes desafios e auxiliar as empresas na implementação da Indústria 4.0, fornecendo-lhes ferramentas e soluções que as ajudem na transição para a I4.0 (Küsters et al., 2017).

#### 4.1.5 Transportes e Logística

Tecnologias da IoT e *robots* serão muito úteis nos pontos de distribuição com as operações de embalagem a tornarem-se automatizadas e com sistemas de monitorização das recolhas que permitem uma melhor coordenação do processo.

A empresa californiana Myrnex apresenta uma solução tecnológica para a fase de distribuição com um sistema que combina um programa completamente automático de carregamento e um terminal inovador de recolha num clique. A recolha de encomendas *online* é completamente automatizada através de um sistema de engrenagem robótica que manuseia os produtos. Sistemas como este minimizam os erros, diminuem os custos e tornam as operações mais rápidas e eficientes.

O embalagem inteligente ou *Smart Packaging* é uma outra solução que pode ser utilizada nesta fase. Ao inserir tags ou codificações na embalagem, é possível rastrear produtos e introduzir informações relevantes como mensagens para os destinatários (Fung Global Retail & Technology, 2017).

Ainda não é muito clara a forma como a indústria vai integrar a impressão 3D na sua cadeia de valor. As possibilidades passam por implementar esta tecnologia nas fábricas na parte de produção, no ponto de venda, em que é possível imprimir um produto na hora de acordo com os requisitos do consumidor ou na própria casa do consumidor. Estes dois últimos encurtariam drasticamente o percurso de um produto. Sendo necessário ainda algum investimento para ter uma impressora 3D em casa ou mesmo uma máquina de tricotar 3D (que atualmente podem custar cerca de 180.000 dólares), a solução mais viável passa por as impressões 3D nos pontos de venda ao consumidor final.

Como podemos observar no gráfico seguinte, são várias as etapas que um produto tem de percorrer até chegar ao consumidor final e várias as viagens que tem que fazer entre essas mesmas etapas.

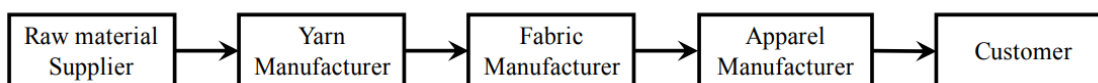


Figura 4 - Etapas da cadeia de abastecimento tradicional na Indústria da Moda. (Fonte: Oh e Jeong, 2014)

Com a impressão 3D seria possível eliminar pelo menos as fases do produtor de fio e do produtor têxtil. A matéria-prima seria então enviada diretamente para o produtor de vestuário imprimir nas impressoras 3D. A possibilidade mais extrema de todas seria a matéria-prima ir direta para o consumidor final que teria a possibilidade de imprimir o seu vestuário na impressora 3D que possui em casa.

Os *Sewbots*, referidos na fase de produção, também são importantes na fase dos transportes pois poderão encurtar o número de viagens, ou pelo menos as distâncias na cadeia de valor. Pete Santora (2016) refere o exemplo dos Estados Unidos da América que são os terceiros maiores produtores de algodão, no entanto 97% de todas as *t-shirts* produzidas são exportadas, não sendo por isso produzidas nos EUA. A introdução dos *Sewbots* permitiria manter a produção perto de onde está a matéria prima e evitaria a procura de mão de obra barata para produzir este tipo de itens básicos. Por exemplo, um item produzido na China demora cerca de 6 semanas a chegar às mãos de um consumidor no Ocidente (Portugal Têxtil, 2016). Ao ter a produção mais perto do consumidor final, o tempo despendido no transporte diminuirá drasticamente.

#### 4.1.6 Vendas

Atualmente existem uma disputa entre a loja física e a loja digital. A loja física representa a maior percentagem de vendas, no entanto a escolha dos consumidores pelas compras *online* tem estado a crescer de ano para ano. As marcas consideram que um não se deve sobrepor ao outro mas sim deverão complementar-se.

Apesar do comércio *online* ter sofrido um aumento estrondoso, os consumidores continuam a querer usufruir de uma experiência de compra física, mas com abordagens diferentes. A empresa portuguesa Farfetch destaca-se por ser a empresa líder a nível mundial no comércio *online* de produtos de luxo, tendo ultrapassado o valor bruto de 800 milhões de dólares em vendas em 2016. O comércio *online* de produtos de luxo representa 7% de todas as vendas de produtos de luxo e espera chegar aos 20% em 2025. No entanto, apesar do seu enorme sucesso *online*, até a Farfetch está a lançar a versão Beta de uma loja física, à qual intitula de loja do futuro, pois apesar da grande representatividade do comércio *online* no mercado de luxo, a maioria das vendas continuarão a ser feitas em lojas físicas.

Mas a loja do futuro desenhada pela Farfetch não se assemelha à típica loja onde a moda é consumida atualmente. Esta loja está munida de tecnologia e novidades virtuais, que tornam a tarefa de ir às compras numa experiência mais conectada. As inovações passam por provadores com cabines de fotografia e manequins com écrans na testa. Foi também desenvolvida uma plataforma onde os clientes se registam e, são assim imediatamente reconhecidos quando entram na loja. O RFID é uma tecnologia chave na loja do futuro, que consegue detetar a pessoa mais próxima de um produto e detetar que o produto se moveu, e assim esse produto é adicionado automaticamente à *wishlist* do cliente. Através de espelhos digitais é possível pedir

que a peça chegue até si em diferentes tamanhos e cores, e toda a informação é armazenada na plataforma da Farfetch. O papel do funcionário da loja deixa de ser verificar *stocks* ou proceder ao pagamento, que são agora tarefas executadas através do dispositivo móvel do utilizador, e passa a ser a prestação um serviço de atendimento personalizado, mais focado no lado humano da interação. O fundador da Farfetch, José Neves, refere que ainda não é possível fazer *downloads* de roupa, o que a torna um produto bem diferente da música ou do cinema e daí a importância das lojas físicas, e que a loja do futuro da Farfetch estará na vertente do *Augmented Retail*. Estas tecnologias incorporadas na loja também permitirão recolher mais dados sobre os consumidores, como o tempo que a pessoa passou na loja, que produtos experimentou, qual o método de pagamento etc, e assim melhorar o serviço de venda, tornar a empresa mais eficiente e conseqüentemente aumentar os lucros (Business of Fashion, 2017).

A transição para a era digital tem tido um grande impacto no mercado, nos EUA por exemplo, têm-se registado quedas de vendas tão drásticas que muitas cadeias de lojas e centros comerciais têm fechado e a tendência é para aumentar (State of Fashion 2018, 2018). Isto leva à necessidade de encontrar novas formas de vender produtos de moda. O CEO da marca de luxo Tommy Hilfiger defende que hoje em dia as pessoas experienciam a tarefa de ir às compras de maneira diferente. Com a competição das plataformas *online*, as lojas não podem esperar que os clientes entrem na loja e experimentem as suas peças, é necessário proporcionar entretenimento. A marca tem apostado em iniciativas para desbanalizar a ação de ir às compras com iniciativas, como foi o exemplo da sua loja em Nova Iorque, que através da realidade virtual permitia aos seus clientes assistir ao desfile Outono-Inverno 2015/2016 sentados na primeira fila (Portugal Têxtil, 2015).

A retalhista Walmart já está a utilizar *robots* para desempenhar tarefas como identificar artigos em falta ou fora do lugar, preços mal colocados e erros de rotulagem, através de consultas regulares às prateleiras nas suas lojas. Andrew Park afirma que estas são tarefas que os humanos não se sentem realizados a fazer e que os *robots* apresentam uma maior produtividade na ordem dos 50% (Portugal Têxtil, 2017).

A inteligência artificial está a ser utilizada na comunicação com os consumidores. Um exemplo são os *Chatbots* que consistem em caixas de conversação que podem desempenhar tarefas de apoio ao cliente, através de algoritmos que conseguem desenvolver uma conversa com o consumidor sem intervenção humana. Outra utilização da Inteligência Artificial no retalho digital é a utilização do histórico dos consumidores para lhes apresentar sugestões com base nas suas pesquisas (Portugal Têxtil, 2017 (25)). Através das redes sociais, as marcas conseguem interagir com os seus consumidores e assim promover e vender produtos e serviços e fornecer apoio ao cliente pós-venda, e ainda gerir processos de devoluções (Fung Global Retail & Technology, 2017). As redes sociais têm um grande impacto na formação de tendências junto dos consumidores com *bloggers* e *influencers* a publicar fotografias com os seus mais recentes *looks* que criam desejo nos seus seguidores. Para facilitar a pesquisa pelas peças desejadas, já

existem aplicações que permitem ao utilizador adquirir uma peça de roupa presente em qualquer imagem nas redes sociais através do reconhecimento por Inteligência Artificial, que faz imediatamente a ponte entre a peça de roupa que alguém está a vestir na imagem e o *website* onde é possível adquirir tal peça (The Pulse of Fashion Industry, 2018).

A realidade aumentada poderá ser também utilizada na experiência da compra. Nas compras *online*, em que por norma não há a possibilidade de experimentar antes de adquirir, corre-se o risco de a peça não servir ao consumidor ou simplesmente não lhe ficar bem. A realidade aumentada poderá permitir no futuro que as pessoas experimentem virtualmente as peças correndo menos riscos e diminuindo o número de trocas e devoluções. A realidade aumentada também poderá estar presente nas lojas. O Portugal têxtil sugere, porém, que esta modalidade só será atrativa aos consumidores quando a experiência permitir tocar e sentir a peça no corpo (Portugal têxtil, 2015).

Para a customização massificada ser uma realidade os processos têm de ser extremamente otimizados. Uma ferramenta que já está a ser utilizada em ambiente de alfaiataria é uma fita métrica 3D, em que os clientes entram num provador com um fato muito justo vestido e o seu corpo é scaneado. As medidas e todos os ângulos são imediatamente enviados para um dispositivo móvel. Este trabalho demora 10 segundos e é muito mais rápido comparativamente com o método tradicional em que o alfaiate tira as medidas necessárias manualmente com uma fita métrica. Esta tecnologia poderá vir a ser desenvolvida em escala pelas marcas, armazenando dados sobre as medidas dos seus clientes, que podem encomendar uma peça customizada. Esta tecnologia, por outro lado, torna mais fácil encontrar o tamanho adequado sem passar pelo processo longo dos provadores (Portugal Têxtil, 2016).

Como já foi referido, ainda não é claro o impacto que a impressão 3D poderá ter no futuro da Indústria, mas uma das possibilidades passa por ter impressoras nas lojas que imprimem o produto desejado na hora. A marca de calçado desportivo Adidas pretende em breve conseguir produzir sapatos de corrida personalizados na sua loja (Portugal Têxtil, 2015) e a impressão 3D poderá ser um meio para lá chegar.

A marca Ministry of Supply instalou a tecnologia de tricô 3D numa das suas lojas e acredita que este será o futuro do retalho. Esta solução assemelha-se à impressão 3D, mas ao contrário das impressoras 3D que ainda só conseguem imprimir em materiais rígidos (ideais para calçado e acessórios), as máquinas de tricotar 3D utilizam o fio para produzir peças de malha em 3D como camisolas e casacos. As vantagens desta tecnologia são a possibilidade de imprimir uma peça em três dimensões que é feita de forma a adaptar-se ao corpo do consumidor e que não requer costuras. Esta tecnologia também reduz os desperdícios e o *stock* das lojas (Pulse of the Fashion Industry, 2018).

Em Berlim, a Adidas instalou uma *Pop-up Store* que também utiliza esta tecnologia. O corpo do cliente é scaneado a laser numa sala escura e a máquina produz uma peça à medida em 4 horas. O consumidor tem ainda a possibilidade de escolher padrões e cores para a camisola (Business Insider, 2017).

#### 4.1.7 Utilização

Através de *tags* RFID, por exemplo, a I4.0 permite aos consumidores e vendedores rastrear de onde vem o produto e todo o processo pelo qual este passou na cadeia de abastecimento, até chegar às suas mãos. Isto proporciona clareza sobre a sustentabilidade do produto e se foi produzido eticamente. Estas ferramentas também ajudam os vendedores e os consumidores a evitarem produtos contrafeitos.

Um dos grandes desafios das compras *online* passa pelo processo de devolução, em que uma grande percentagem dos produtos adquiridos da internet são devolvidos por não corresponderem à expectativa ou necessidades dos consumidores (State of Fashion 2018, 2018). Muitas medidas estão a ser tomadas para reduzir a grande quantidade de devoluções registadas, ainda assim, o processo de devolução após a compra poderá ser facilitado com as plataformas de *chatbot* já aqui mencionadas. A Inteligência Artificial poderá ser uma grande ajuda no apoio ao cliente neste tipo de situações, facilitando o processo de devolução, tornando esta tarefa mais personalizada e menos impessoal.

As tecnologias I4.0 também poderão ser uma mais valia no serviço pós-venda proporcionando aos consumidores uma experiência de utilização mais personalizada, criando nos consumidores um sentimento de lealdade em relação à marca. Já existem exemplos de produtos com tecnologia integrada que permite aos utilizadores interagir com a peça, através de aplicações que para dispositivos móveis que fornecem informações sobre a peça, como quem a vestiu durante os desfiles de moda, histórico da peça ou instruções de lavagem ( Fung Global Retail &Technology, 2017).

A diretora do curso de design da Singularity University Labs, Jody Medich, afirma que a tecnologia hoje em dia permite-nos olhar para a informação em *écrans*, mas no futuro será possível ver através dos *écrans* através da realidade aumentada e objetos que hoje consideramos essenciais fisicamente como a roupa, poderão tornar-se virtuais brevemente. Peças de vestuário e acessórios poderão vir a ser adquiridos em formato digital e poderão ser apenas utilizados pelo consumidor através das lentes da realidade aumentada. Será uma experiência totalmente nova de consumir moda. Outra utilização da realidade aumentada poderá ser na rotina do dia-a-dia, onde os nossos quartos se transformam em provadores virtuais que têm acesso ao nosso guarda-roupa e é possível experimentar e escolher a combinação de vestuário virtualmente.



#### 4.1.8 Fim de Vida

Segundo o Pulse of the fashion industry 2018, a etapa do fim de vida das peças continua a ser a mais fraca ainda que se tenha verificado algum progresso. Apesar de ainda gerar poucas receitas e de o seu posicionamento mais frequente ser em nichos de mercado, têm sido implementadas várias soluções para melhorar o desempenho nesta fase.

Esta fase é uma das mais problemáticas para o ambiente de toda a cadeia de valor e é urgente desenvolver soluções que consigam combater o desperdício. As doações de vestuário, por exemplo, já não são sustentáveis, visto que apenas 1 em cada 10 peças de roupa doadas é depois revendida, as 9 restantes acabam em aterros (True Cost, 2015). Só nos EUA, por ano são deitadas para o lixo 9.5 milhões de toneladas de peças de vestuário e calçado, que acabam em aterros sanitários ou são incineradas (Portugal Têxtil, 2015). Apesar de uma grande parte das peças de roupa serem feitas a partir de fibras naturais, como o algodão, a seda e a lã, estas passam por processos químicos durante a sua produção, quer seja com tingimentos, estampagens, branqueamentos ou outros acabamentos químicos, o que faz com que não seja possível fazer compostagem com a roupa, tal como é feita às casacas e peles dos alimentos. Os produtos químicos presentes na roupa podem contaminar as águas subterrâneas e a incineração liberta toxinas, o que torna ambos os processos prejudiciais para o meio ambiente (Portugal Têxtil, 2016).

Iniciativas como reparação de peças de vestuário e esquemas de recolha de peças são alguns bons exemplos para acabar com esta problemática. Também estão a ser aplicadas inovações promissoras no processo produtivo que ajudarão posteriormente o consumidor a decidir o que fazer quando as suas peças chegam ao final do seu período de utilização. Isto refere-se, por exemplo, à utilização da internet das coisas para facilitar a reciclagem das peças; implantação de *tags* RFID nas peças de roupa, que forneçam informação sobre os materiais utilizados e formas eficazes de reciclar a respetiva peça. O mais importante é a seleção dos materiais, o que afeta não só a pegada ao nível dos tingimentos e processamento, mas também na parte do fim de vida (Pulse of the fashion industry, 2018).

## 4.2 Responsabilidade Social e Ambiental

Os humanos assumem responsabilidades importantes na 4ª Revolução Industrial. As pessoas são necessárias para a tomada de decisões, sensores, atuadores formando o núcleo de cada modelo de negócios. O avanço da automatização dos processos administrativos e produtivos resultam no aumento da produtividade, mas em troca é necessária mão de obra mais qualificada. As maiores vítimas serão provavelmente os empregados de média e baixa qualificação (Siemens, 2017). A Eurostat afirma que 40% dos trabalhadores europeus têm um nível insuficiente de

competências digitais, no entanto a necessidade de novas competências digitais e multidisciplinares está a aumentar, como a análise de dados combinados e competências empresariais e ligadas às engenharias, mas também maior criatividade, comunicação e adaptabilidade (Siemens, 2017). No entanto, a fábrica do futuro vai oferecer empregos para todos os níveis de qualificação. Por exemplo, operar um *robot* é muito mais fácil do que programá-lo e exige muito menos qualificações (Think Act, 2016).

Algumas responsabilidades em áreas como a qualidade, a manutenção e segurança manter-se-ão e outros trabalhos surgirão em áreas como a ciber-segurança, o *Big-Data*, análises e sistemas, etc. Para apoiar a transição das empresas I.4.0, o Governo Alemão lançou a plataforma Indústria 4.0 com iniciativas estratégicas como a *Festo Didactic cyber-physical factory*, que oferece formação técnica e requalificação a grandes fornecedores, universidades e escolas (Xun Xu et. al, 2017).

A qualidade de vida no trabalho melhorará, tarefas exaustivas e repetitivas serão automatizadas, deixando a atenção dos trabalhadores para os processos operativos, levando-os a empenharem-se mais como parte da equipa.

Os autores Jayatilake e Withanaarachchi (2016) apresentam-nos a perspetiva do seu país, o Sri Lanka e defendem que a Indústria 4.0 poderá ser uma boa solução para a crescente falta de mão-de-obra. No Sri Lanka a produção de vestuário representa cerca de 20% da Indústria do país (Department of Census and Statistics, 2013), no entanto, as condições mais atrativas apresentadas por organizações de grande escala noutros setores têm levado muitos trabalhadores a optarem por esta alternativa de emprego.

Portugal poderá enfrentar uma situação semelhante na redução de mão de obra. Entre 1998 e 2017 o número de população entre os 15 e os 64 anos com ensino superior cresceu de 844.500 para 1.771.800 pessoas, com a percentagem de população com ensino superior a subir de 6,1% para 18,1% no mesmo período. Já a população na mesma faixa etária com qualificações equivalentes ao 2º ciclo ou inferior desceu de 4.394.100 para 1.846.400 pessoas (Pordata). A tendência demonstra que cada vez é maior a população qualificada e que, por conseguinte, procura melhores condições de trabalho e empregos mais desafiantes do que as tarefas repetitivas e básicas que constituem a maior parte das vagas de trabalhos da indústria transformadora, normalmente preenchidas por pessoas com qualificações mais baixas. Como é possível observar, também é cada vez menor a população com qualificações baixas dispostas a executar este tipo de tarefas mais repetitivas.

A Indústria 4.0 pode ser uma solução ideal pois os trabalhos repetitivos passam a ser automatizados requerendo menos pessoas e aumentam as necessidades de população qualificada nas áreas das engenharias, gestão, tecnologias da informação, entre outras.

A I4.0 também terá um grande impacto na preservação do meio ambiente. Uma melhor gestão dos processos passa também por uma gestão dos recursos mais inteligente, que apela à sustentabilidade e à redução de desperdícios.

A Indústria da Moda poderá aprender com empresas de outros setores que já começam a dar passos largos neste sentido. A Indústria automóvel é uma das indústrias que mais tem avançado com a introdução de ferramentas I4.0 nos seus processos produtivos. Um exemplo é uma unidade da BMW na Carolina do Sul em que é utilizado um sistema inteligente que regista o consumo energético de 80 máquinas e consegue detetar qualquer utilização excessiva. Depois de ser implementado o sistema, levou apenas uma semana até que os custos energéticos fossem reduzidos em 25%, conseguindo também detetar mau funcionamento que resultavam em desperdícios de energia (Portugal têxtil, 2016).



## 5. Discussão e Conclusão

Os setores ligados à moda ainda são dos que estão mais atrasados no que diz respeito à aplicação de ferramentas ligadas à Indústria 4.0, no entanto já começam a dar os primeiros passos na sua transição. São vários os investimentos que têm sido feitos e muitos os apoios dados pelos Governos e Organizações nesse sentido.

Com o *Boom* da Indústria 4.0 através de novas inovações tecnológicas a surgir diariamente é quase impossível considerar este trabalho completo, no entanto foi possível fazer um levantamento da situação da Indústria 4.0 na moda até ao decorrer do presente ano 2018 e mostrar o estado dos setores ligados à Indústria da Moda na perspetiva da Indústria 4.0.

Com a investigação decorrida para a elaboração desta dissertação, foi possível verificar que as ferramentas da I4.0 vão ao encontro das necessidades exigidas pela indústria da Moda. As fases de *Design* e Desenvolvimento de produto e Vendas são as que mais têm beneficiado desta iniciativa e com as tecnologias existentes atualmente já é possível reduzir significativamente o tempo e os desperdícios associados à repetição de protótipos e diminuição de erros e melhorar o processo de vendas através de novas experiências no processo de compra fornecidas pelas lojas físicas e *online*. Têm também surgido várias inovações que trazem novas funcionalidades e apresentam novas abordagens ao processo de criação, através de ferramentas como a impressão 3D e a Realidade Aumentada, que permite criar e desenhar sobre objetos físicos de forma virtual.

As fases da produção e final de vida são as que têm sofrido menos desenvolvimento ao nível da Indústria 4.0 e são também as que mais desafios apresentam. As exigências do mercado e os fatores sociais e ambientais estão a pedir urgentemente soluções sustentáveis para estes dois paradigmas e a Indústria 4.0 poderá colmatar estas problemáticas.

Já são muitas as inovações desenvolvidas neste setor que servem de impulsionadoras para a verdadeira revolução, no entanto ainda são poucas as que podem ser aplicadas à escala industrial de forma viável. No entanto, assim que as empresas começarem a integrá-las na cadeia de valor deste setor e investir neste sentido poderemos observar grandes progressos como o aumento da produtividade, mais rapidez no processo até ao cliente, redução de custos, diminuição de desperdícios e até a possibilidade da customização massificada, esta última que é um dos maiores desafios apresentados pela indústria.

Deste modo é possível concluir que a iniciativa Indústria 4.0 poderá ser benéfica para os setores de Moda em todas as fases da cadeia de valor e que as ferramentas associadas a este movimento são uma mais valia para lidar com os desafios impostos pelo mercado de moda, que requerem modelos cada vez mais flexíveis, rápidos e eficientes.

Foram encontradas algumas limitações ao trabalho, nomeadamente a pouca informação disponível na área da moda. Apesar da moda ser uma área bastante representativa no mercado a nível mundial são poucos os investigadores que se debruçam sobre esta temática. Cada vez mais é possível encontrar relatórios e estudos fornecidos por consultoras e organizações do ramo, no entanto, a nível académico ainda é insuficiente a informação disponível. Também são poucos os registos existentes e documentação deixada por empresas destes setores que permitam fazer uma contextualização histórica que permita analisar quais os reais fatores que têm levado a Indústria da Moda a evoluir moderadamente no último século. Outra limitação encontrada no trabalho prende-se com o facto de se tratar de uma dissertação teórica em que não foi estabelecido contacto com mundo real das empresas.

Neste trabalho foram abordados apenas os benefícios e o impacto positivo que a Indústria 4.0 pode trazer aos setores da moda. Para uma investigação futura é proposto que sejam também investigadas as desvantagens associadas à I4.0 e como é que isso poderá afetar a Indústria da Moda. Poderá ser depois estabelecida a comparação e medição sobre a verdadeira viabilidade da I4.0 na Indústria da Moda. Poderá ser também desenvolvida uma componente prática, com estudos de caso em empresas reais e questionários aos empresários do meio sobre qual a sua perspetiva da Indústria 4.0 e a possibilidade de implementarem este tipo de ferramentas nas suas empresas.

## Referências Bibliográficas

- Anderson, E. (2014). *Empire of Cotton: A Global History*. By Sven Beckert. 2014. *Vintage*, New York, Ny, 615.
- Amed, I., Berg, A., Kappelmark, S., Hedrick, S., Anderson, Drageset, M. & Young, R. (2018). *The State of Fashion 2018. The Business of Fashion & McKinsey & Company*.
- Associação Têxtil e Vestuário de Portugal (s. d.). *Sector*. Consultado em: Junho 25, 2018. <http://www.atp.pt/gca/?id=5>
- Bahrin, M., Othman, M., Azli, N. & Talib, M. (2016). Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic. *Jurnal Teknologi*, Vol. 78, 137-143.
- Carugati, A., Liao, R. & Smith, P. (2008). Speed to Fashion: Managing Global Supply Chain in Zara. *IEEE ICMIT*, 1494-1499.
- Čiarnienė, R. & Vienažindienė, M. (2014). Management of contemporary fashion industry: characteristics and challenges. *Social and Behavioral Sciences* 156, 63-68.
- Chen, J. C., Chen, C., Su, L., Wu, H. & Sun, C. (2012). Assembly line balancing in garment industry. *Expert Systems with applications* 39, 10073-1008.1
- Chen, Z. & Xing, M. (2015). Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0. *ICADME 2015*, 2143-2146.
- CENIT (2017). Inquérito de Conjuntura CENIT/Portugaltextil.com. Cenit.
- CENIT (2017). Têxtil e Vestuário no Contexto Nacional e Internacional. Cenit.
- Colovic, G. (2012). *Strategic Management in the Garment Industry*. New Delhi: Woodhead Publishing India in Textiles.
- Delloite (2015). *Industry 4.0 An Introduction*, Netherlands.
- Diberoglu, U., Gharehpapagh, B., Yaman, U. & Dolen, M. (2017). The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0. *Manufacturing* 11, 545-554.
- Fasanella, K. (2007). History of apparel manufacturing. Consultado em 5 Agosto, 2018. [https://fashion-incubator.com/history\\_of\\_apparel\\_manufacturing/](https://fashion-incubator.com/history_of_apparel_manufacturing/).

FFMS. (2018). Empresas no sector da Indústria transformadora. PORDATA. Disponível em: <https://www.pordata.pt/Portugal/Empresas+no+sector+da+ind%C3%A9stria+transformadora+total+e+por+tipo-2955>

Global Fashion Agenda & Consulting Group (2018). Pulse of the Fashion Industry.

Godley, A. (1997). The development of the Clothing Industry: Technology and Fashion, *Textile History*, 3-10.

Green, D. (2018, Abril 25). Adidas just opened a futuristic new factory – and it will dramatically change how shoes are sold. *Huffington Post*. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/adidas-high-tech-speedfactory-begins-production-2018-4>

Grieco, A, Caricato, P & Gianfreda, D. (2017). An Industry 4.0 case study in fashion manufacturing. *Manufacturing 11*, 871-877.

Inditex (2018). Press Kit. Inditex.

Han, A., Ge, J. & Lei, Y. (2016). Vertical vs. Horizontal integration: Game analysis for the rare earth industrial integration in China. *Resources Policy 50*, 149-159.

Hartmans, A. (2017, Março 21). Adidas built a pop-up store that uses high-tech sensors and lasers to build you custom clothes. *Huffington Post*. Disponível em: <https://www.businessinsider.com/adidas-pop-up-store-designs-custom-sweaters-photos-2017-3>

Hozdić, E. (2015). Smart Factory for Industry 4.0: A Review. *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, Vol. 7, 28-35.

I:CO. (2018). Creating the Future. Disponível em: [www.ico-spirit.com/](http://www.ico-spirit.com/)

Kansara, V. (2017, Abril 12). Inside Farfetch's Store of the Future. *Business of Fashion*. Disponível em: <https://www.businessoffashion.com/articles/bof-exclusive/inside-farfetchs-store-of-the-future>

Khan, A. & Turowski, K. (2016). A Perspective on Industry 4.0: From Challenges to Opportunities in Production Systems. *International Conference on Internet of things and Big Data*, 441-448.

Kiel, D., Arnold, C., Collisi, M. & Voigt, K. (2016). The impact of the industrial internet of things on established business models. *International Association for Management of Technology*, 672-695.



- Kolberg, D. & Zühlke, D. (2015). Lean Industry enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-Papers OnLine* 48-3, 1870-1975.
- Küsters, D., Praß, N. & Gloy, Y. (2017). Textile Learning Factory 4.0 - Preparing Germany's Textile Industry for the Digital Future. *Procedia Manufacturing* 9, 214-221.
- Lee, C. K. H., Choy, K. L., Ho, G. T. S. & Lam, C. (2016). A slippery genetic algorithm-based process mining system for achieving better quality assurance in the garment industry. *Expert Systems With Applications* 46, 236-248.
- Lee, C. K. H., Choy, K. L., Law, K. M. Y & Ho, G. T. S. (2014). Application of Intelligent data management in resource allocation for effective operation of manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems* 33, 412-422.
- Liu, Y. & Xu, X. (2017). Industry 4.0 and Clous Manufacturing: A Comparative Analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 139.
- Lo, C., Yeung, A. & Cheng, T. (2012). The impact of environmental management systems on financial performance in fashion and textiles industries. *Int. J. Production Economics* 135, pp. 561-567.
- Lohr, S. (2014, Agosto 19). 5 Thruths the Fast Fashion Industry Doesn't What You ti Know. *Huffington Post*. Disponível em: [https://www.huffingtonpost.com/shannon-whitehead/5-truths-the-fast-fashion\\_b\\_5690575.html?guccounter=1](https://www.huffingtonpost.com/shannon-whitehead/5-truths-the-fast-fashion_b_5690575.html?guccounter=1)
- Lund, D., Turner, V., MacGillivray, C. & Morales, M. (2014). Worldwide and Regional Internet of Things (IoT) 2014-2020 Forecast: A Virtuous Circle of Proven Value and Demand. IDC.
- Mehrjoo, M. & Pasek, Z. (2014). Impact of Product Variety on Supply Chain in Fast Fashion Apparel Industry. *CIRP* 17, 296-301.
- Monet, D. (2017). Ready-to-Wear: A Short History of the Garment Industry. Bellatory.
- Moretto, A., Macchion, L., Lion, A., Caniato, F., Danese, P. & Vinelli, A. (2018). Designing a roadmap towards a sustainable supply chain: A focus on the fashion industry. *Journal of cleaner Production*, 169-184.
- Mourtzis, D., Zogopoulos, V. & Vlachou, E. (2018). Augmented Reality supportef Product Design towards Industry 4.0: a Teaching Factory paradigm. *Manufacturing* 23, 207-212.
- NE, I. (2007). Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev. 3. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, IP.

Oh, J. & Jeong, B. (2014). Profit Analysis and Supply Chain Planning Model for Closed-Loop Supply Chain in Fashion Industry. *Sustainability*, 9027-9056.

Owano, N. (2017). Creating garments with Sewbot: Watch for changes in the business of clothing. *TechXplore*.

Papageorgiou, M. (2017). Potential 3D printing materials inspired by nature: Chitin, Graphene, Glass and Cellulose. *Sculpteo*.

Park, M. & Yoo, J. (2018). Benefits of mass customized products: moderating role of product involvement and fashion innovativeness. *Helyon*.

Portugal Têxtil. (2015). Chama o robot. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/chama-o-robot/>

Portugal Têxtil. (2015). *Tommy Hilfiger em realidade virtual*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/tommy-hilfiger-em-realidade-virtual/>

Portugal Têxtil. (2016). *A fita métrica da era do 3D*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/a-fita-metrica-da-era-3d/>

Portugal Têxtil. (2016). *Combate ao desperdício*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/combate-ao-desperdicio/>

Portugal Têxtil. (2016). *Impressão 3D leva a moda para casa*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/impressao-3d-leva-a-moda-para-casa/>

Portugal Têxtil. (2016). *Inditex mais tecnológica*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/inditex-mais-tecnologica/>

Portugal Têxtil. (2017). *Querida, imprimi a roupa*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/querida-imprimi-a-roupa/>

Portugal Têxtil. (2017). *Robots “sentem” consumidores*. Disponível em: <https://www.portugaltextil.com/robots-sentem-consumidores/>

Quandt, M., Knoke, B., Gorltd, C., Freitag, M. & Thoben, K. (2018). General Requirements for Industrial Augmented Reality Applications. *CIRP* 72, 1130-1135.

Reddy, K. (2017). The Rise of Robotic Automation in the Sewing Industry. *Textile World*.

Schmidt, R., Möhring, M, Härting, R., Reichstein, C., Neumaier, P. & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results. *Springer International Publishing Switzerland*, 16-27.

Siemens (2017). *Indústria 4.0 e Portugal*, © Siemens SA 2017.

University of Central Florida. (2018). Active, User-Controlled Color-Changing Fabric. Disponível em: <https://www.creol.ucf.edu/newsevents/NewsDetail.aspx?NewsID=798>

Think Act (2016). *The Industrie 4.0 transition quantified*, Roland Berger.

Weinswig, D. (2017). Deep Dive: An overview of the Digitalization of the Apparel Supply Chain. *Fung Global Retail & Technology*.

Weinswig, D. (2017). Deep Dive: Reality Technology in Retail - The Disruptive Force of AR, VR and MR. *Fung Global Retail & Technology*.

Weinswig, D. (2017). Deep Dive: The Future Customer Experience - AI and IoT in Retail. *Fung Global Retail & Technology*.

Weyner, S., Schmitt, M., Ohmer, M. & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenges for high modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine* 48(3), 579-584.

Withanaarachchi, A. & Jayatilake, H. (2016). Industry 4.0 In the Apparel-Manufacturing Sector: Opportunities For Sri Lanka. *Conference of Management Researchs, Sabaragamuwa University of Sri Lanka*.

Zhang, Y. & Kwok, T. (2018). Design and Interaction Interface using Augmented Reality for Smart manufacturing. *Manufacturing* 26, 1278-1286.

Zhong, R, Xu, X., Klotz, E. & Newman, S. (2017). Intelligent Manufacturing in the context of Industry 4.0: A Review. *Engineering* 3, 616-630.