

3

Tecnologias digitais no design de vestuário

A tecnologia não está longe de dar ao consumidor a habilidade para que ele mesmo possa modificar o design do produto, de forma a que melhor atenda aos seus desejos e necessidades. Na verdade, a combinação entre tecnologia e vestuário não é um fato novo. No histórico do setor têxtil, pode-se ressaltar os avanços tecnológicos como um fator estratégico que contribuiu para o aprimoramento de técnicas e materiais.

No entanto, é possível perceber que essa relação tem adquirido novas proporções, com foco na exploração das potencialidades advindas da aplicação de tecnologias digitais na produção de objetos de vestuário.

No futuro, a modelagem das roupas não será construída sobre os corpos humanos, mas sim sobre avatares virtuais que representarão cópias perfeitas dos corpos do usuário (...). Todo o projeto de produto e compartilhamento com o mercado deverão ocorrer por meio virtual (COSTA, 2016, p.28-29).

Os processos de fabricação e os profissionais da cadeia têxtil tendem a acompanhar as mudanças contínuas a essa inovação disruptiva. As etapas que fazem parte da produção industrial de peças de roupa estão cada vez mais associadas aos meios eletrônicos e digitais. Prototipagem com simulação 2D e 3D já permite criar e editar modelos, com representação do caimento do tecido e do uso de aviamentos, para depois desenvolver uma modelagem digital compatível. Na produção, estima-se que, logo em breve, as medidas utilizadas serão aquelas adquiridas através de um *body scanner* ou de espelhos inteligentes³¹.

A tecnologia do *body scanner* concede a extração de medidas do corpo de forma rápida e precisa, e isso pode contribuir para gerar a possibilidade de customizar a peça de roupa de acordo com a silhueta de cada usuário. Costa (2016) acredita que a transcrição de medidas e o desenho virtual representado por um avatar, podem ser a base para a individualização da produção.

³¹Espelhos inteligentes: espelho de corpo inteiro com sensores aplicados que capturam o modelo do corpo em 3D, à medida que uma plataforma giratória roda em 360° para coletar todos os dados de acordo com Farhad Farahbakhshian, CEO e cofundador da empresa Naked Labs. **A verdade nua e crua:** novo espelho inteligente é capaz de escanear seu corpo em 3D e analisa se você está em forma. Jornal Metro. Rio de Janeiro. Publicado em 10 de maio de 2016. Seção: Publimetro. Caderno 2, p.12.

Como verdade a customização, atualmente, não é viável para o mercado de massa, o conceito de “customização em massa” é nesse momento empregado para dar algum grau de personalização (...). Entretanto, com a adoção da engenharia reversa e da manufatura rápida, não está longe a era da customização com custo efetivo para a massa³² (HOPKINSON et al., 2006, p.13).

As grandes escalas de produtos e insumos padronizados vão sendo substituídas pela individualização da produção, enquanto os períodos entre coleções vão encurtando, assim como o tempo entre criação e entrega (BRUNO, 2017, p.51).

De acordo com Hopkinson et al. (2006), com o advento da manufatura rápida (termo técnico para a impressão 3D), os métodos de produção e os processos envolvidos na customização prévia não precisarão mudar de componente para componente. A principal razão por trás da customização está em agregar características individuais ao produto.

O aumento da demanda por aquisição de roupas sob medida tem representado um retorno aos antigos modos de produção, só que agora subsidiados por ferramentas digitais de alto potencial. Os usuários buscam produtos adaptados e com custo acessível, e para isso, é quase impossível produzir peças sob medida sem utilizar técnicas de produção em série.

Junto a isso, assim como a revolucionária mudança trazida pela invenção da máquina de costura no século XIX para a indústria têxtil e de vestuário, as tecnologias de manufatura aditiva aplicadas nesta área predizem mudanças que podem alterar significativamente os processos de concepção do produto.

Wang & Chen (2014) acreditam que a tecnologia de manufatura aditiva dissipou o quadro original e traz um novo espaço criativo e de possibilidades tanto no ponto de vista do pensamento de design moda, quanto na prática de produção.

Combinar duas tecnologias emergentes, como a digitalização corporal e a manufatura aditiva, no design de vestuário evidenciam um enorme potencial econômico para o futuro. Ademais, a manufatura aditiva é uma das tecnologias mais importantes do século XXI, visto que o processo, além de flexível, tem um potencial de fabricação ecológica com desperdício praticamente nulo. Um modelo com descentralização da produção e da distribuição, que reduz gastos com transporte e como consequência, a emissão de gases poluentes.

Os consumidores estão reavaliando suas prioridades e questionando o que eles acham que tem valor. No mundo da moda, o chamado “Novo Consumismo” se traduziu em demanda por maior transparência, marcas com valores autênticos,

³²Tradução livre da autora: ‘As true cutomisation is at not feasible for the mass market, the concepto of ‘mass customization’ is currently employed to give some degree of customisation(...). However, throught the adoption of reverse engineeing and Rapid Manufacturing, the era of cost-effective customisation for the masses is not off’ (HOPKINSON et al., 2006, p.13).

processos de produção sustentáveis, economia de compartilhamento e experiências de varejo originais.

Seria a produção de vestuário do futuro inteiramente virtual? Os *Smart Textiles*, capazes de detectar e reagir a condições ambientais ou a estímulos externos de diferentes naturezas como os mecânicos, os térmicos, os químicos, entre outros, e os *Wearables*, com funcionalidades embutidas que expandem os sentidos humanos, já são uma realidade. Pesquisadores futuristas profetizam que o próximo estágio é a produção individual a partir de sistemas autônomos, como a manufatura aditiva, diretamente pelo usuário.

Frente a tantas mudanças, os designers estão a repensar novas formas de intervir na concepção dos produtos. No lugar de “projetar para”, pode-se cogitar em “projetar com” o usuário. Reconsiderar a cultura e a prática projetual, e revisitar o design como serviço, e não mais apenas como projeto.

3.1 Digitalização corporal 3D

Desde o tempo das cavernas a representação da forma humana sempre esteve entre as manifestações artísticas da humanidade. Além das tradicionais pinturas rupestres, as primeiras linhagens de homínidos já representavam a forma humana, inclusive em realismo tridimensional(...) (AZEVEDO et al., in SANTOS et al., 2013, p.217).

A produção de roupas sob medida sofreu diversas mudanças, mas neste campo nenhuma tecnologia demonstrou ser tão radical quanto as técnicas de digitalização corporal. Pode-se dizer que esta técnica representa o maior componente de automação na indústria de vestuário. Enquanto a costureira e o alfaiate podiam passar até uma hora medindo o cliente para criar um ajuste perfeito, um *scanner* pode varrer o corpo em segundos e rapidamente produzir um modelo virtual genuíno com diversas medidas (Figura 8).

As medidas corporais abrangem questões referentes aos aspectos ergonômicos dos produtos de vestuário, e estão diretamente associadas ao conforto e a qualidade apresentada pelos mesmos. O ajuste da peça ao corpo tem consequências diretas na avaliação do usuário em relação a sua satisfação e bem-estar durante o uso da peça de roupa. Segundo Conceição (2014), por conta da padronização de medidas, existem vários exemplos de inadequação dos produtos,

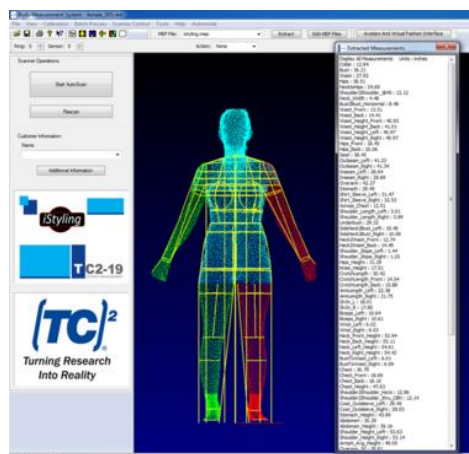


Figura 8 Interface de software de digitalização. Fonte: <http://www.tc2.com>

inclusive dos itens de vestir. Diversos são os depoimentos de consumidores que relatam suas dificuldades durante a compra de itens do guarda-roupa.

Os recentes avanços na tecnologia de obtenção de imagem completa do corpo humano ilustrados pelas técnicas de digitalização corporal têm aberto grandes perspectivas para a implantação desta tecnologia em vários domínios, tais como o da indústria de vestuário e o do entretenimento.

Os *scanners* de corpo determinam medições precisas e podem recomendar o tamanho apropriado das peças de roupa. Apeagyei (2010) relata que estudos envolvendo a aplicação da tecnologia de digitalização corporal têm confirmado a existência de uma grande variação de silhuetas femininas, com diferentes categorias de tamanhos.

Embora o *scanner* de corpo tenha sido pouco explorado na produção de objetos de vestir, ele já tem sido usado em outros campos desde os anos de 1990. Quinn (2014) descreve que os militares foram os primeiros a usarem o *scanner* de corpo para determinar o tamanho dos uniformes de maneira rápida e precisa. Em alguns países, sistemas de escaneamento de corpo inteiro têm sido instalados em lugares como shoppings, boutiques, além de centros especializados de digitalização.

A extração de medidas e o desenho virtual são a base para a construção de um padrão individual e do gerenciamento do *Big Data*³³. O arquivo com a silhueta e dimensões do usuário poderiam ser usados repetidamente na compra de itens diversos, sem a necessidade de repetir a coleta de medidas, e as informações, renovadas e revisadas em qualquer tempo. Além disso, as medidas são mais

³³*Big Data*: em tecnologia da informação, refere-se a um grande conjunto de dados armazenados.

precisas, reprodutíveis e utilizam técnicas não invasivas, diferente dos métodos tradicionais de verificação do corpo.

Com os *scanners* de corpo também é possível criar com precisão avatares realísticos que podem ser usados, por exemplo, para fazer compras de artigos de vestuário no ambiente virtual. A capacidade de ver um modelo de si em escala, usando peças de diferentes estilos, mostra ao cliente como a roupa ficará como quando usada. Podem, ainda, permitir ao usuário desenhar e criar roupas virtuais através de softwares de modelagem tridimensional.

Segundo Silva (2011), a digitalização 3D funciona, em geral, por meio de um sistema de varredura que mede a localização dos pontos de uma superfície (X, Y e Z). Os *scanners* 3D mais populares, geralmente, trabalham com a técnica de triangulação e, depois de finalizada a varredura do objeto, obtém-se o mapeamento ponto a ponto da superfície, o qual denomina-se nuvem de pontos³⁴. Em seguida gera-se um modelo de malha tridimensional³⁵, resultante do processamento da nuvem de pontos, que representa a superfície. A imagem resultante pode ser manipulada a partir de softwares de modelagem tridimensional capazes de refinar e alterar características do modelo.

Existem diferentes sistemas de digitalização tridimensional que podem variar de acordo com a técnica empregada. Os mais utilizados no mercado são os sistemas à base de luz, à laser e estações fotogramétricas. De acordo com Blender et al. (2015) o que irá determinar qual o *scanner* 3D é mais adequado para cada tipo finalidade, é a necessidade do grau de precisão.

Recentemente inquiridos pela *McKinsey & Company*³⁶, mais de 80% dos executivos de *sourcing*³⁷ das empresas de vestuário esperam que a digitalização de processos tenha um grande impacto nos próximos cinco anos. Isso inclui a integração de processos de desenvolvimento de produtos (incluindo planejamento, design e produção), num sistema único baseado em tecnologia na nuvem³⁸. Acreditam que a digitalização ajudará a reduzir os prazos de entrega em duas a oito semanas, permitindo alcançar a agilidade necessária num mercado orientado para a procura. A maioria está também em busca da redução de pelo

³⁴Nuvem de pontos: sistema de coordenadas que representa o conjunto de pontos no espaço que recriam a superfície de um objeto digitalmente.

³⁵Malha tridimensional: é o conjunto de vértices, bordas e faces que definem a forma de um modelo tridimensional.

³⁶Cf. nota 51 do capítulo 2.

³⁷*Sourcing*: atividade de compras de suprimentos, através da adoção de técnicas, métodos e atividades que oferecem fortalecimento na posição competitiva da empresa.

³⁸O conceito de tecnologia em nuvem refere-se à utilização da memória e da capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet, seguindo o princípio da computação em grade.

menos 2,5% dos custos através da digitalização. Aproximadamente 83% dos executivos confiam que a digitalização venha a fomentar uma tomada de decisão mais rápida, com menos erros e uma maior orientação para o cliente.

Algumas empresas pioneiras já anteciparam esse futuro. Aquelas que implementaram o design 3D e a amostragem virtual, encurtaram o processo de amostragem em duas semanas ou mais e, muitas vezes, conseguiram reduções de 50% na quantidade de amostras necessárias e nos custos envolvidos.

A pesquisa supracitada também identificou oportunidades de digitalização em análises preditivas, design 3D e prototipagem virtual, impressão digital, planejamento automático e identificação por radiofrequência (RFID)³⁹ na produção e na cadeia de abastecimento. O design 3D e a prototipagem virtual encurtam em várias semanas o processo de amostragem e muitas vezes reduzem para metade o número de amostras necessárias e os custos envolvidos.

Os sistemas de digitalização podem fazer uso da tecnologia *blockchain*, que é um sistema com potencial de transformar a modo como a informação e as transações são armazenadas e partilhadas. Sua utilização aumenta radicalmente a transparência ao longo de toda a cadeia de aprovisionamento.

Sistemas de digitalização 3D

A geração de modelos tridimensionais pode ser conseguida com diversas técnicas, e com diferentes potenciais de custo. Em seguida, apresenta-se alguns métodos de obtenção de um modelo 3D digital, porém sem a pretensão de esgotar o assunto. Leitores interessados em expandir seus conhecimentos nesse campo podem consultar as seguintes referências: YU (2008), HWANG (2004), COELHO & BRITO (2007).

Digitalização 3D com sistema de luz

O *scanner* 3D de luz é a escolha ideal para fazer um modelo tridimensional rápido, preciso e com textura. O equipamento faz uma varredura, capturando medidas precisas de alta resolução. Segundo Hwang (2004), o uso de um grid de linhas para varrer a superfície do objeto, nesta aplicação, é a principal diferença com relação a outros sistemas de digitalização.

Enquanto ocorre a digitalização, é possível, geralmente, reconhecer a projeção do grid de linhas sobre o objeto (Figura 9). Esse sistema é baseado na

³⁹Identificação por radiofrequência ou RFID (do inglês "*Radio-Frequency IDentification*"), é um método de identificação automática através de sinais de rádio, com recuperação e armazenamento de dados remotamente, através de dispositivos denominados etiquetas RFID.

técnica do padrão *Moiré*⁴⁰, e geralmente apresenta problemas com relação ao percentual de reflectância de superfícies e ruídos.

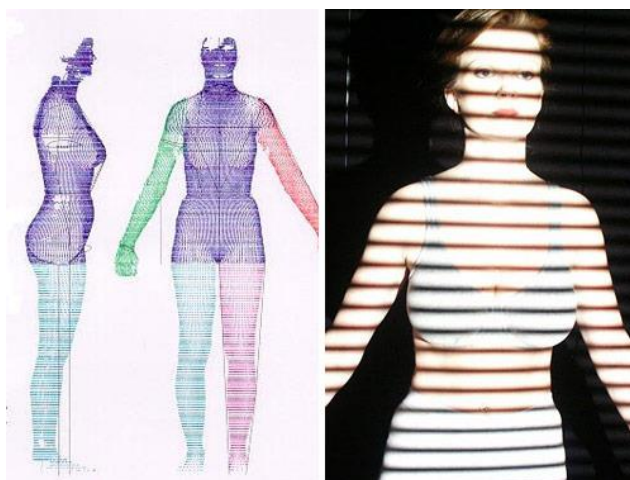


Figura 9 Processo de digitalização corporal 3D. Fonte: popularmechanics.com

O Artec Eva⁴¹ é um exemplo de digitalizador portátil de luz branca estruturada, ideal para objetos de tamanho médio, como por exemplo, um busto humano. O equipamento é leve e versátil, permite aplicações quase ilimitadas, com a necessidade apenas do uso de um computador pessoal ou notebook, para o processamento das imagens. O equipamento captura a superfície, de praticamente, qualquer tipo de objeto, incluindo os de cor preta e os brilhantes. Os dados são pós-processados no software Artec Studio 12⁴².

O dispositivo tem uma resolução tridimensional de 0,5mm e precisão de 0,1mm. A fonte de emissão de luz é projetada por um conjunto circular de bulbos flash. A distância ideal para captura do objeto é de quarenta centímetros a um metro. Os arquivos resultantes têm diversas opções de formato de saída, sendo os mais usados, o OBJ (*3D geometry*) e o STL (*Standard Triangle Language ou Surface Tessellation Language*).

Já o Kinect, utiliza o infravermelho para detectar movimentos. Originalmente desenvolvido para jogos eletrônicos, o equipamento permite a interação com o usuário através de um avatar 3D. Para Brendler (2015), pelo fato de ser um

⁴⁰Padrão *Moiré*: padrão de interferência criado, por exemplo, quando dois grids apresentam movimento relativo entre si em referência a um observador, gerando um determinado padrão de interferência que permite determinar o perfil, a deformação e o movimento de um objeto qualquer.

⁴¹Artec Eva: informações adicionais disponíveis em: <<https://www.artec3d.com/>> Acesso: 15 out. 2016.

⁴²Artec Studio 12: software de pós-processamento inteligente de dados tridimensionais dos dados obtidos a partir da digitalização 3D. Disponível em: <<https://www.artec3d.com/>>. Acesso: 15 out. 2016.

equipamento portátil, de fácil manuseio e de baixo custo, tem sido amplamente utilizado como *scanner*.

A qualidade da digitalização utilizando o Kinect é influenciada por alguns fatores como a iluminação, que deve ser difusa para que as cores sejam realçadas, e sem qualquer tipo sombra; e também pela distância entre o sensor e o objeto, que deve ser de aproximadamente um metro.

Digitalização 3D com sistema a laser

Durante o processo de digitalização o *scanner* projeta um feixe de laser contínuo, em forma de linha, que contorna toda superfície do objeto. Os dados são obtidos a partir do método de triangulação (Figura 10). Um conjunto de pequenos diodos sensíveis à determinada radiação converte fótons em elétrons, gera uma pequena corrente em cada um dos detectores, percorre o objeto para frente e para trás, gravando os valores dos números digitais dos pixels que vão compor o arquivo digital. Visto por um ângulo determinado, o laser aparece distorcido pela forma do objeto e essa distorção é gravada pelos sensores, criando uma imagem digitalizada do objeto.

Conhecendo-se a posição do laser, um plano definido pela projeção de sua luz pode ser equacionado, e, a intersecção deste plano com o vetor anterior, descreverá o ponto triangulado que conterá a informação espacial do objeto (WINSCH & SANTOS, 2014, p.20).

Com base em diversas pesquisas, Hwang descreve que sistemas de digitalização a laser reportam uma boa resolução, baixo ruído nas medidas e alta precisão. Entretanto, sistemas a laser são mais dispendiosos que outros sistemas de digitalização tridimensional.

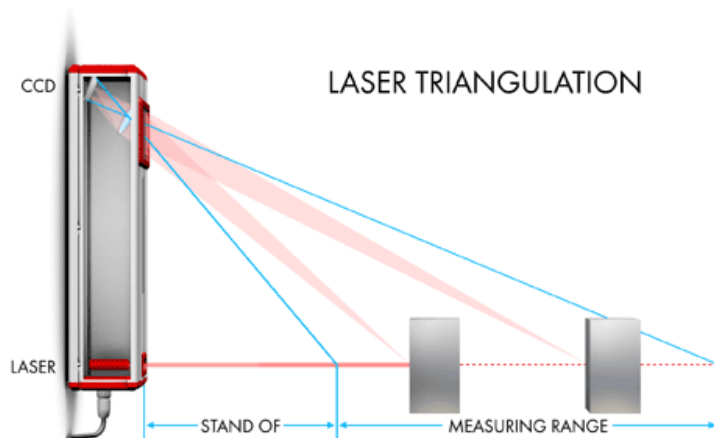


Figura 10 Método de triangulação a laser. Fonte: lap-laser.com.

Digitalização por fotogrametria digital

O método de fotogrametria foi difundido extensivamente a partir dos anos 1990, devido ao desenvolvimento de computadores com capacidade suficiente para o processamento interativo das imagens digitais geradas, visto que, o volume de dados produzidos é bem elevado.

Em uma estação fotogramétrica digital (Figura 11), a captura da superfície do objeto é registrada por câmeras DSLR⁴³, posicionadas a uma mesma distância focal e com as lentes sincronizadas, que registram imagens simultâneas. Tais imagens são processadas em softwares específicos que vão gerar o arquivo 3D (Figura 12). Esse sistema também segue o princípio da triangulação.



Figura 11 Estação Fotogramétrica Digital. Fonte: ten24.info



Figura 12 Imagem fotorrealística de modelo 3D. Fonte: agisoft.com.

⁴³Câmeras DSLR: *Digital Single-Lens Reflex* – São câmeras que possuem um espelho central que envia a imagem para ser visualizada no *view finder* (local onde se encaixa olho). Esse mecanismo permite que a imagem possa ser vista com muito mais precisão tanto no enquadramento quanto na luminosidade.

Com a digitalização tridimensional do corpo, pode-se produzir não só uma roupa sob medida, mas também uma peça com melhor ajustamento às diferentes silhuetas. Os prazos do projeto podem ser mais facilmente administrados, além de poder ser testado e alterado rapidamente, inclusive pelo usuário, onde quer que esteja. O *scanner* de corpo transforma o corpo humano em formas gráficas. Eles fornecem dados precisos sobre o corpo que podem ser transferidos para um processo de ajustamento individual.

3.2

Customização em massa no design de vestuário

Como foi visto no subitem anterior, a verificação tridimensional do corpo tem sido explorada em profundidade na indústria de vestuário. Os dados obtidos a partir dos processos de digitalização tridimensional são inputs substanciais para a segmentação e a modelagem do corpo e, por conseguinte, para viabilizar um novo processo de desenvolvimento de produtos.

A customização prévia por parte do consumidor tende a ser uma das variáveis mais importantes dentro das modificações previstas para o formato da indústria 4.0. As “fábricas inteligentes” serão capazes de levar em consideração as preferências de cada usuário, contemplando questões estéticas, funcionais, experimentais, conceituais, artísticas, etc.

O termo customização em massa foi cunhado por Davis (1987), mas foi popularizado no livro de Pine (1993). Pine descreve que, através da aplicação de novas tecnologias e novos métodos de gerenciamento, seria possível encontrar alternativas para o novo paradigma da produção, criando variedade e opções de customização, através da flexibilidade e capacidade de resposta rápida. Seria o foco de controle para a quebra de uma cadeia de consumo linear.

Mas, o que é customização? Para Hopkinson et al. (2006), existem diferentes tipos de customização e, conseqüentemente, diferentes métodos de gerenciamento de dados. Um extremo é a noção de que produzir o anúncio de um produto, cujo projeto tenha sido desenhado com o usuário em mente, aponta para a satisfação dos requisitos desse indivíduo e não de nenhum outro, como por exemplo, uma peça única de joia, que nunca vai ser replicada. E um outro extremo disso, é a modificação de características da forma de um produto padrão. Por exemplo, mudando um componente que pode ser encomendado em diferentes tamanhos. Em algum lugar desses dois extremos estará o método de

modularização onde o produto altamente customizável pode ser gerado pela seleção de várias faixas disponíveis de opções.

Recentemente, de acordo com a *Forbes*⁴⁴, corporações especializadas em identificação automática por de sinais de rádio (RFID), e plataformas de *Internet das Coisas*⁴⁵, nos próximos três anos, pretendem incorporar dez bilhões de etiquetas digitais em peças de vestuário e acessórios. O objetivo é que essas etiquetas digitais funcionem como identidades únicas de roupas e calçados e que contenham perfis dos produtos, acessíveis por meio da nuvem, bem como informações sobre sua fabricação que poderão ser acessadas por um aplicativo pelo consumidor.

Ao mesmo tempo em que a tecnologia de etiquetas digitais pode entregar para o usuário informações sobre a localização do seu produto, pode também, oferecer dicas específicas de cuidados. Seu uso pode ajudar, inclusive, na distinção entre uma peça falsa e uma original, ou mesmo, oferecer descontos aos clientes fidelizados.

Há três níveis de customização em massa. Por opção de diferenciação; por opção de custo; e por opção de relação. Codoni & Martineli (2006), explicam que no estágio de opção de diferenciação, os bens e serviços atendem exatamente às necessidades de cada requerente em relação a certas características do produto. Por opção de custos, tem-se a oferta de bens e serviços customizáveis com custos correspondentes, a grosso modo, aos dos bens produzidos em massa. Por fim, por opção de relação, onde a informação recolhida no decurso do processo de individualização, serve para criar um relacionamento individual e duradouro com cada cliente.

Na verdade, a customização em massa é uma proposição incrivelmente atraente tanto para consumidores como para produtores. Os consumidores obtêm um produto a um preço razoável e sob medida, que reflete sua seleção pessoal de cores, recursos, funções e estilos. Os produtores, por sua vez, conseguem reduzir seus estoques e despesas gerais de fabricação, eliminar o desperdício em suas cadeias de suprimentos e obter mais precisão de informações sobre demanda. Em outras palavras, a customização em massa é uma proposta de ganha-ganha ⁴⁶ (CODONI & MARTINELI, 2006, p.3).

⁴⁴A *Forbes* é uma empresa de mídia global, focada em negócios, investimento, tecnologia, empreendedorismo, liderança e estilo de vida.

⁴⁵A *Internet das Coisas* é formada pela interconexão em rede de objetos do cotidiano. Isto envolve uma configuração própria de rede sem fio, com sensores que criam um mundo onde todas os objetos enviam informações para outros objetos e para as pessoas. Tradução livre da autora: 'The internet of things (IoT) is formed by net worked interconectation of everyday objects. It is involving sefl configuration wireless networked of sensors that creat a world where everything in it sends informations to oyher objects and to people' VERMESAN, Ovidiu; FRIESS, Peter. **Internet of Things**: global technological and societal trensd. Dnmark. 2011, p.1.

⁴⁶Tradução livre da autora: 'In fact Mass customization is a remarkably attractive proposition both for consumers and producers. Consumers get a reasonably priced, tailor-made product reflecting their personal selection of colours, features, functions, and styles. Producers, for their part, get to reduce

A manufatura das peças de roupa pode torna-se inteiramente virtual com o auxílio de sistemas de automação CAD/ CAM totalmente integrados, que ajudam a acelerar e melhorar a colaboração e a comunicação durante o processo criativo. Os pacotes de softwares, específicos de produção de vestuário, já permitem que o usuário personalize um avatar com medidas próprias, construa amostras de roupas virtuais com simulação de movimentos.

Segundo Pine (1993), a inovação tecnológica tem um papel vital no sistema de customização em massa. A aplicação de tecnologias que sejam capazes de gerenciar e constituir sistemas de automação, tal como microprocessadores que podem embutir “inteligência” nos produtos, o aumento da adaptabilidade do produto através de ciclos curtos de desenvolvimento, sistemas flexíveis de produção e computadores integrados com ferramentas de fabricação, são a chave para esse novo paradigma. No quadro 1, compara-se as principais diferenças entre o processo de produção em massa e o de customização em massa.

	Produção em massa	Customização em massa
Foco	Eficiência através da estabilidade e controle.	Variedade e possibilidade de customização através da flexibilidade e resposta rápida.
Objetivo	Desenvolvimento, produção, marketing e entrega de bens e serviços a preços baixos o suficiente para que todo mundo possa ter acesso.	Desenvolvimento, produção, marketing e entrega acessível de bens e serviços com possibilidades de variedade e customização individual.
Principais Características	Demanda instável; mercados homogêneos; baixo custo, qualidade consistente; padronização de bens e serviços; produtos com o ciclo de desenvolvimento longo.	Demanda fragmentada; nichos heterogêneos; baixo custo e alta qualidade; bens e serviços customizados; produtos com o ciclo de desenvolvimento curto.

Quadro 1 Principais diferenças entre os processos de produção em massa e customização em massa. Fonte: PINE (1993). Adaptado pela autora.

A individualização dos produtos vai também requerer o aumento da entrada dos usuários no processo de design. Hopkinson et al. (2006) relatam que há muitos exemplos de falhas nos produtos que poderiam ser evitadas se a entrada do usuário tivesse sido tratada com um grau mais elevado durante o projeto.

their inventories and manufacturing-overhead costs, to eliminate waste in their supply chains, and to obtain more accurate information about demand. In other words mass customisation is a win-win proposition'. CODONI, F; MARTINELLI, C. **Mass customization**. Seminar in customer relationship management. 2006, p.3.

Com base em alguns autores, Bruno (2017) descreve a identificação de um novo modelo de fabricação nomeado *social manufacturing*, ou manufatura social, que permite a qualquer pessoa participar de todo o processo produtivo. Segundo ele, “a manufatura social é vista como uma forma de introduzir a indústria de confecção de vestuário na customização de massa, baseada nas redes digitais, e em outras tecnologias emergentes, como o espelho 3D de virtualização da prova de roupas”.

O autor segue, mais adiante, explicando que nesse modelo, o consumidor é totalmente envolvido do design do produto pela internet utilizando tecnologias de computação em nuvem⁴⁷, reduzindo os custos de fabricação de produtos customizados e aumentando a satisfação do consumidor e a oferta de serviços de alta qualidade.

Para Hopkinson et al. (2006), essa participação deve ocorrer em todos os estágios, primeiro para capturar as necessidades individuais e depois para verificar se as interações com o projeto atendem cada usuário em sua particularidade. O consumidor tem-se tornado cada vez mais exigente, assim sendo, essa intervenção tem uma voz cada vez mais crítica. No domínio dos produtos customizados ou individualizados, a entrada do usuário no processo nunca pode ser tratada como uma opção. A customização leva o produto a um novo nível. A alta qualidade vai depender do envolvimento do usuário no processo.

O conceito de individualização do produto tem recebido muita atenção nesta última década, há muito, já acontece na indústria automobilística, de telecomunicações e até nos serviços bancários. Segundo Fralix (2001), a cada dia os consumidores demandam mais produtos imediatos e customizáveis.

Santos et al. (2013), sugerem que o projeto de produtos esportivos digitalmente customizados, desenvolvidos para cada atleta, tanto para melhora de performance, quanto para a recuperação fisioterápica, podem ser gerados a partir de tecnologias digitais como a manufatura aditiva, *scanners* 3D e tecnologias CNC⁴⁸. Para a obtenção das imagens da estrutura interna do corpo do atleta, os pesquisadores lançam mão de tecnologias não invasivas, como ultrassonografia, ressonância magnética e tomografia computadorizada.

⁴⁷Computação em nuvem: o conceito refere-se à utilização da memória e da capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet.

⁴⁸CNC: sigla para *Computer Numerical Control*, é o processo de automação de máquinas/ferramentas por meio de computadores que executam sequências pré-programadas de comando de controle de máquinas. Um bloco de material é esculpido através de um processo de desgaste do material seguindo um desenho previamente definido. Disponível em: <<http://www.cadhistory.net/>>. Acesso em 29 jul. 2017.

Vale ressaltar que um produto customizado não deve ser confundido com um personalizado. Na customização, fornecedor e cliente trabalham juntos para tornar o produto exclusivo e pessoal, adequando-o às suas necessidades, ainda durante a fase de concepção. Na personalização, as mudanças são mais superficiais, sem interferências na forma padrão do produto, e as opções são oferecidas de forma limitada.

Muitos produtos similares continuarão a ser produzidos, entretanto, cada usuário vai ser capaz de alterar a base dos produtos de acordo com a sua conveniência (...). Para alguns fabricantes de roupas, o termo customização em massa significa produzir roupas que podem ser alteradas previamente no ajustamento individual de cada corpo (FRALIX, 2001, p.4).

No lugar de uma produção orientada, a ideia deve se basear na adaptação do mercado para a necessidades de ajustamento individual, e atendimento a outras particularidades do usuário. Segundo Vignali et al. (2004), muitos acreditam que o futuro é dirigido para a individualização. Até mesmo alguns designers falam que os consumidores estão se tornando cada vez mais exigentes e não estão mais interessados apenas na marca. Muitos desistem da compra, pois sentem-se confusos e frustrados com a inconsistência nos tamanhos oferecidos pelos fabricantes.

Através da customização está um conceito futurístico da moda. (...) Todos os envolvidos vão experimentar um novo ambiente em que o processo de distribuição será alterado, com o consumidor na parte superior da cadeia. Ver-se o início de uma nova era da customização em que, com tecnologias avançadas, aumento da concorrência e usuários mais assertivos, estão a conduzir as empresas para o aspecto de individualização de seus produtos e serviços (VIGNALI et al., 2004, p.503).

A customização em massa levanta uma série de questões, que são vitais para explorar. Obviamente, a grande diversidade de requisitos que podem ser capturados, vai requerer uma série de técnicas e ferramentas diferentes. Para o ajuste das peças de roupa, pode-se destacar os requisitos ergonômicos – que são entendidos como as características que levam o produto a ser fácil de utilizar, incluindo todos os aspectos da interface usuário-produto – e, os requisitos de ajuste ao corpo – que poderia ser visto como um requisito subjetivo da ergonomia, mas que tem a conotação extra de que o produto deve ser adaptado ao indivíduo, e não meramente baseado em estatísticas de tamanhos padronizados.

Dentre os tipos de customização em massa, pode-se destacar quatro deles:

- Customização colaborativa;
- Customização adaptativa;
- Customização transparente;
- Customização cosmética.

Customização colaborativa

Nos processos de customização colaborativa, os fabricantes comunicam-se com cada cliente, para precisar qual produto melhor atende às necessidades individuais do mesmo. Esta informação é usada para especificar e fabricar um produto que se adapte a esse cliente específico.

A principal fase de customização colaborativa centra-se no design, mas os fabricantes podem aplicar essa abordagem em outros estágios dentro da cadeia de valor. No caso da entrega de serviços colaborativos, os clientes especificam exatamente onde, quando e como querem seus produtos.

A customização colaborativa não só oferece o produto, mas também a personalização da entrega. Na verdade, é criada uma cadeia de demanda. Por fim, mas não menos importante, existe uma minimização dos custos pela eliminação de estoques de produtos acabados, matérias-primas ou componentes. As peças são estocadas e os produtos acabados são feitos apenas em resposta às especificações do usuário. Além disso, um determinado produto é transportado apenas para os locais onde há necessidade.

Customização adaptativa

Neste caso, é oferecido um produto padronizado, mas o mesmo pode ser customizado ao chegar às mãos do usuário final. A personalização adaptativa cria produtos ou serviços padrões que podem ser facilmente adaptados, modificados ou reconfigurados para atender às necessidades de um usuário específico, sem que haja qualquer interação direta com o fabricante.

Cada usuário pode derivar seu próprio valor ao produto, porque o fabricante projeta permutações múltiplas em uma oferta de produto padrão, porém personalizável. É o próprio produto que interage com o usuário.

Customização transparente

Na customização transparente, é ofertado ao usuário produtos exclusivos, sem dizer explicitamente, que os produtos são personalizados. Neste âmbito, é preciso avaliar com precisão às necessidades do cliente. No lugar de obter informações do usuário, na customização transparente observa-se o comportamento individual ao longo do tempo, para determinar preferências previsíveis.

Fica claro que esse atributo exige tempo para conhecer bem o cliente e se aproximar progressivamente do conjunto de preferências individuais. Os fabricantes propícios a oferecer a customização transparente são aqueles cujos

clientes não querem ser incomodados para contribuir com um processo de customização colaborativa, por exemplo.

Customização cosmética

Acontece quando se oferece produtos padronizados, mas comercializados para diferentes usuários de maneira única. O fabricante pode adotar a abordagem cosmética, quando seu produto padrão satisfaz um grande número de usuários, havendo a necessidade apenas de customizar os rótulos.

A customização em massa levanta uma série de questões vitais para este estudo. Obviamente, a grande diversidade de requisitos que podem ser capturados vai requerer uma série de técnicas e ferramentas diferentes. A manufatura aditiva prenuncia ser a ponte que liga a digitalização com a criação tangível, trazendo o mundo virtual para a realidade.

3.3 Manufatura aditiva no design de vestuário

“...os meios de produção moldam o desenvolvimento social”.
McLuhan

A diversificação e a simplificação de interfaces, combinadas com outras ferramentas digitais de produção, convergem para a extensão e multiplicação no uso das técnicas de fabricação. A manufatura aditiva sugere uma nova realidade em termos de liberdade de design. A tecnologia amplifica as possibilidades de criação e traz um novo ponto de vista no pensamento dos projetos. As possibilidades oferecidas são colossais, pode-se manufaturar qualquer forma, e não mais se restringir pela necessidade de produzir moldes ou protótipos.

A manufatura aditiva, que será discorrida em maior profundidade no próximo capítulo, é desenvolvida a partir de um sistema *RP – Rapid Prototyping* (prototipagem rápida) – e permite a fabricação rápida de modelos físicos usando dados tridimensionais. Por ser um processo de deposição de camadas, permite construir estruturas com alto grau de complexidade geométrica.

Outra característica é que no lugar de fabricar cada parte de um produto separadamente e depois montá-lo, é possível manufaturar todas as peças já agrupadas. Além de reduzir a quantidade de itens que compõe o produto, minimiza a indispensabilidade de adquirir componentes de diversos fabricantes, em diferentes partes do mundo. A duração do processo ainda é um fator limitante para

a produção. Entretanto, as progressões das pesquisas acerca da manufatura aditiva têm aprimorado a técnica continuamente.

Com a introdução da tecnologia de impressão 3D mais eficaz no mercado, e também com a redução de custos desse sistema, esta passou a ser mais acessível e desde então inúmeras produções vem sendo projetadas com sua utilização, por exemplo, estruturas para uso médico, peças artísticas e projetos diferenciados para produtos, e também estão sendo usadas na produção de peças de vestuário. (KUHN, 2015, p.3)

(...) Claro que existem restrições associadas ao uso da manufatura digital, mas a diferença está se estreitando rapidamente e talvez possamos um dia estar em uma situação em que possamos fazer qualquer coisa de qualquer coisa⁴⁹ (HOPKINSON et al., 2006, p. 281).

Quando surge uma inovação, especula-se como isso pode transformar o cotidiano das pessoas. O uso das tecnologias de fabricação digital representa o estreitamento entre a criação e a produção, e autonomia, com a possibilidade de criar sem intermediários.

Uma das implicações mais profundas da fabricação digital no design vai ser que, sem o custo da ferramenta para ser amortizado nas peças produzidas, cada componente pode ser diferente, permitindo potencialmente a verdadeira customização em massa de cada e de todos os produtos⁵⁰ (HOPKINSON et al., 2006, p. 17).

Com o advento da manufatura digital, os métodos de produção e os processos envolvidos na individualização dos objetos tornam-se mais viáveis. O aspecto da customização tem se manifestado como um predicado da contemporaneidade, como previu Davis (1993), cada vez mais a customização em massa tende a ultrapassar a padronização em massa. O uso de sistemas CAD/CAM, pode antecipar a decisão de como o produto final é configurado e propiciar alto grau de customização por conta do usuário, especialmente, quando se trata de adaptações relacionadas ao ajuste da peça ao corpo.

A tecnologia de digitalização corporal e a manufatura aditiva podem juntas introduzir resoluções de deslocamento da forma entre os mundos físico e digital. Lipson (2013) descreve que vai ser possível digitalizar, editar e duplicar objetos físicos para criar réplicas exatas ou para melhorar o original.

⁴⁹Tradução livre da autora: 'Of course, there are constraints associated with rapid manufacture, but the gap is rapidly narrowing and perhaps we will one day be in a situation where we can make anything out of anything'. HOPKINSON, N. HAGUE, R.J.M. DICKENS, P.M. **Rapid Manufacturing: an industrial Revolution for the digital age**. John Wiley & Sons, Ltd. England 2006, p.281.

⁵⁰Tradução livre da autora: 'one of the most profound implications of rapid manufacturing on design will be that, without the cost of tooling to amortise into the parts produced, each component can be diferente. Potentially allowing for true mass customisation of each and every product'. HOPKINSON, N; HAGUE, R; DICKENS, P. **Rapid manufacturing: na industrial revolution for the digital age**. 2006, p.17.

Os desafios da indústria na transição para o modelo de manufatura 4.0 serão sublinhados pela integração dos espaços virtual e físico (ciber-físico), pessoas (consumidores, fabricantes e fornecedores), produtos (materiais e insumos), máquinas (equipamentos, dispositivos e sistemas) e softwares. Comunidades virtuais já compartilham filmes, músicas e imagens, no futuro, isso pode incluir toda uma multiplicidade de projetos de produtos, incluindo os itens de vestuário.

Diante dessa irrefreável revolução tecnológica, alguns designers de moda começaram a se dedicar exclusivamente ao estudo da tecnologia de manufatura aditiva na produção de vestuário, desenvolvendo coleções exclusivas de roupas e acessórios num estilo *slow fashion*⁵¹. Seguidamente, destaca-se os principais trabalhos desenvolvidos desde o início dos anos 2000 até a contemporaneidade.

⁵¹ *Slow fashion*: é um conceito atual que busca produzir peças do vestuário em menor escala, priorizando técnicas que não afetem em demasia o meio ambiente.

Designers

Jiri Evenhuis Engenheiro Industrial formado na Rietveld Academy, em Amsterdã.

Janne Kyttanen Escultor digital, formado na Rietveld Academy. Em seus trabalhos conecta impressão 3d com a realidade virtual e aumentada.



APONTE A CAMERA E ACESSE O
SITE FREEDOM OF CREATION

A primeira peça vestível confeccionada a partir de processos de manufatura aditiva foi o *Black Drape Dress* (Figura 13), em 1999. Desenvolvido pelo engenheiro industrial Jiri Evenhuis e o designer industrial holandês Janne Kyttanen, junto ao grupo *Freedom of Creation*⁵² (FOC). O vestido foi produzido usando tecnologias de sinterização seletiva a laser (SLS), um processo de

fabricação por adição, que usa lasers para fundir materiais em forma de pó. No trabalho inicial foi estabelecida uma metodologia para a execução de

'Form equals function'.

Jiri Evenhuis

ligações simples, para construir a estrutura com base nas técnicas de entrelaçamento têxtil. O próximo passo foi a criação de “malhas” flexíveis, a partir de objetos compostos de formas interligadas. Atualmente, o *Black Drape Dress* faz parte do acervo permanente do MoMA (Museum of Modern Art). A peça marca a virada do século, trazendo novas perspectivas para o futuro do vestuário. Cópias do vestido, bem como de outras peças que fizeram parte do projeto, já puderam ser adquiridas pela internet.

De acordo com Hopkinson et al. (2006), o projeto recebeu muitas críticas na ocasião. O toque não era agradável à pele e a precisão não era suficientemente boa, e que, era preciso muito trabalho para estender a técnica para construções mais complexas.

⁵²*Freedom of Creation*: grupo especializado em design e pesquisas com tecnologias de manufatura aditiva. Desde 2011 grupo foi incorporado à 3D Systems.



Figura 13 Black Drape Dress primeira peça vestível impressa em 3D.
Fonte: <https://br.3dsystems.com/blog/foc>

Iris van Herpen Designer holandesa, umas das pioneiras no campo da moda a usar tecnologias de manufatura aditiva. Busca representar em seus trabalhos a reciprocidade entre artesanato e inovação em técnica e materiais.



Em 2010, no *Amsterdam Fashion Week*, a designer apresentou na passarela sua primeira peça manufaturada aditivamente (Figura 14), como parte da coleção *Cristalization*. Herpen se inspirou em desenhar uma peça cujo caimento ao redor do corpo remetesse aos diferentes estados, estruturas e padrões da água.

No ano seguinte, a estilista foi além e dos doze *looks* da coleção *Escapism* apresentados no *Paris Fashion Week*, quatro foram produzidos por meio processos de manufatura aditiva (Figura 15).

Em seu site, a designer explica que comparada àquela apresentada no ano anterior, as peças se caracterizavam pela variação do material. A coleção *Escapism*, surgiu como o resultado da exploração de possibilidades a partir do uso de diferentes processos de manufatura aditiva. Outra fonte importante de inspiração foram as exuberantes esculturas barrocas do artista americano Kris Kuksi⁵³. As formas esféricas com curvas dramáticas alternam-se com formas de laço e esqueleto. Nas duas coleções a técnica utilizada foi a sinterização seletiva a laser (SLS).

*'Clothes could have the
wearer, moving with the body
rather than restricting it'.*

Iris Van Herpen

Herpen acredita que o uso da manufatura aditiva cria novas possibilidades e permite o uso de materiais inovadores. Entretanto, também compreende que pelo fato da Moda ser um novo campo de aplicação dessa tecnologia, ainda apresenta algumas limitações com relação às técnicas e os materiais.

⁵³Kris Kuksi: Mais informações sobre o artista disponíveis em: <<https://www.kuksi.com/>>.



Figura 14 Peça da coleção Crystallization produzida com tecnologia de impressão 3D.
Fonte: <http://www.irisvanherpen.com/>



Figura 15 As quatro peças da coleção Escapism, produzida com impressão 3D multimateriais. Fonte: <http://www.irisvanherpen.com/>

Neri Oxman Arquiteta e designer, é professora de Artes e Ciências de Mídia no MIT Media Lab, onde fundou e dirige o grupo de pesquisa *Mediated Matter*.



Em 2014, Neri Oxman apresentou a série *Wanderers - an Astrobiological Exploration* (*Wanderers*, uma Exploração Astrobiológica), que traduz os elementos indispensáveis para a sobrevivência – terra, água, ar e fogo – e oferece sua contraparte biológica na forma de microrganismos modificados para produzir elementos que simulassem a sustentação vital em condições adversas.

Wanderers (Figuras 16 e 17) explora a possibilidade de viajar para outros planetas. As estruturas foram projetadas a partir da tecnologia de manufatura aditiva multimateriais, em forma de capilares guarnecidos com microrganismos desenvolvidos sinteticamente, para tornar possível a vida mortal em um ambiente hostil e inabitado.

Cada projeto é um *codex*⁵⁴ que determina uma origem e um destino para o fluido de microrganismos que são projetados e multiplicam-se para criar a peça, que é um *wearable*. Os *wearables* foram projetados para interagir com as características de um ambiente específico de destino e gerar quantidades suficientes de biomassa, água, ar e luz para sustentar a vida.

As pesquisas desenvolvidas pela equipe de Neri Oxman buscam interseccionar o design computacional, fabricação digital, a ciência de materiais e biologia sintética.

⁵⁴*Codex*: é um programa ou hardware capaz de codificar ou decodificar de um sinal ou dispositivo de fluxo de dados digitais.



Figura 16 Acima – *Al-Qamar* - Item da coleção *Wanderers An Astrobiological Exploration*.
Abaixo - *Mushtari* – Item da coleção *Wanderers An Astrobiological Exploration*.
Fonte: <http://neri.media.mit.edu/projects/details/al-qamar#prettyPhoto>



Figura 17 Acima - *Zuhal* - Item da coleção *Wanderers An Astrobiological Exploration*.
Abaixo - *Luna's Wanderer* - Item da coleção *Wanderers An Astrobiological Exploration*
Fonte <http://neri.media.mit.edu>

Elena Lim Arquiteta australiana, dedica-se a fabricação de joias e têxteis. Seus interesses se interceptam nas tecnologias de manufatura aditiva.

Kae Woei Lim Arquiteto australiano, combina a sua experiência digital para chegar a soluções originais e edificáveis, que únicas para cada projeto.



APONTE A CAMERA E ACESSE
O SITE DA XYZWORKSHOP

A partir de uma impressora 3D pessoal, o casal de arquitetos australianos Kae Woei Lim e Elena Low, criaram em 2014 o *Dress in Bloom* (Figura 18). O vestido, composto por 191 painéis, levou estatisticamente 450 horas e 15 minutos para ser impresso e utilizou menos de dois quilos de filamento flexível.

O resultado impressionou pela qualidade do movimento e a delicadeza do padrão floral geométrico que remete aos tradicionais tecidos de renda. A técnica utilizada foi a Modelagem de Deposição Fundida (FDM) que possui o custo mais acessível.

Os interesses do casal se interceptam na exploração da manufatura aditiva como um meio termo entre as oportunidades oferecidas pela tecnologia de fabricação digital e o processo *handmade*. Fazendo uso dos fundamentos táteis de percepção e construção da arquitetura, apresentam possibilidades dinâmicas, demonstrando uma grande sensibilidade para o design.

O *Dress in Bloom* está disponível para download num pacote código aberto que inclui outros acessórios. Lim e Low acreditam que dessa forma podem estimular e incentivar a experimentação disponibilizando ao público os arquivos do projeto. O casal está à frente da *XYZworkshop*, que é um centro criativo para colaboração entre empresas criativas, e uma plataforma de ensino da tecnologia de manufatura aditiva para diferentes grupos.

'Although Cooper (her son) is still young and had, we are hoping that in the near future, He will be able to play with the 3D printer, giving him access to a level of "making" and inventing that we never had when were we younger'.

Elena Lim



Figura 18 Acima - Vestido *InBloom*. Abaixo - Ilustração do projeto.
Fonte: xyzworkshop.com/

Danit Peleg Designer israelense, formada pela *Shenkar College of Engineering and Design*. Sempre se interessou pela influência da tecnologia no design de moda.



APONTE A CAMERA E ACESSE
O SITE DA DANIT PELEG

Danit Peleg, mesmo sem experiência anterior com tecnologias de manufatura aditiva, também decidiu criar peças de vestuário a partir de um processo de manufatura aditiva de baixo custo. Através de uma rede colaborativa, Danit elaborou alguns modelos utilizando um software de modelagem tridimensional e realizou diversos testes com filamento flexível de PLA.

Depois de imprimir a primeira peça, a jaqueta “*Liberté*” (Figura 19), a designer realizou experimentações com diferentes padrões para compor seus têxteis digitais.

‘Once I figured out how to print textiles, I was on the right track to create a complete collection’.

Inspirada no trabalho do arquiteto Andreas Bastiam⁵⁵

Danit Peleg

construiu uma coleção de cinco looks (Figura 20), utilizando a técnica de modelagem de deposição fundida (FDM). Os sapatos também foram produzidos com a mesma tecnologia. O processo de impressão das peças levou cerca de 2000 horas. A designer também idealizou o vestido “*Paralympics dress*”, que faz parte da sua segunda coleção *The birth of Venus* (Figura 21), usado na abertura da paraolimpíada, que aconteceu este ano na cidade do Rio de Janeiro.

Danit Peleg acredita que tudo isso é apenas o começo. Para ela, em breve poderemos imprimir nossas próprias roupas em casa.

⁵⁵ Andreas Bastian: <https://www.autodesk.com/artist-in-residence/artists/andreas-bastian>



Figura 19 Jaqueta “*Libertè*” – Item da coleção *Libert Leading the People*.
Fonte <http://danitpeleg.com/>



Figura 20 Coleção *Libert Leading the People*. Fonte: <http://danitpeleg.com/>

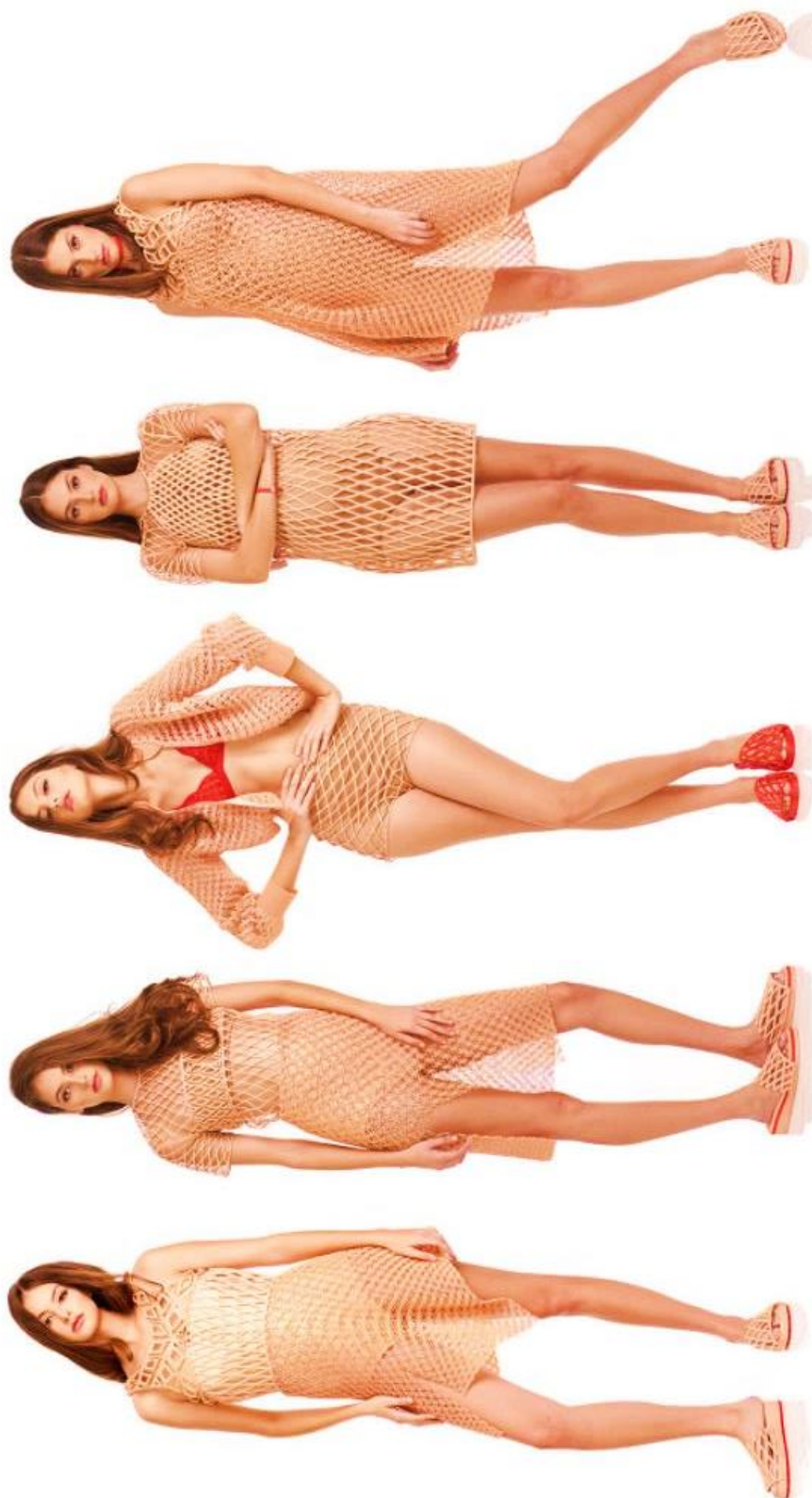


Figura 21 Coleção *The Birth of Venus*. Fonte: <http://danitpeleg.com/>

Nervous Systems Estúdio de design generativo que trabalha na interseção da ciência, arte e tecnologia.



Inspirados em fenômenos naturais, os pesquisadores do Studio *Nervous Systems*, criam simulações computacionais para gerar projetos e usam a fabricação digital para materializar suas criações.

Em 2014, foi desenvolvido o *Kinematics Dress* (Figura 22), o vestido cinemático, que podia ser comprimido em 85%, com a possibilidade de ser dobrado pela metade duas vezes. Esse processo otimiza a execução de projetos de roupas digitais, já que estas apresentam uma superfície extensa, que leva a limitações com relação à área de impressão.

O têxtil virtual é composto por módulos com formas triangulares simplificadas, conectadas entre si por dobradiças idealizadas. No site do estúdio, eles explicam que ao invés de tentar encontrar uma dobra ideal para uma determinada estrutura, que seria computacionalmente intratável, utilizaram o software *open source*⁵⁶ *Open Dynamics Engine*^{TM57}, para reproduzir o comportamento de como alguém poderia dobrar fisicamente uma peça de vestuário na vida real. Cada peça passa por uma série de colisões projetadas heurísticamente para que seu tamanho geral seja reduzido de maneira intuitiva.

Esse processo de simulação é complexo, e a geometria tem impacto direto sobre o quão bem um objeto pode se dobrar. O sistema é um exemplo do campo da impressão 4D em desenvolvimento, onde a impressão em 3D é usada para criar objetos que mudam de forma depois de impressos.

⁵⁶ Software *Open Source* ou de código aberto, é o software de computador com o seu código fonte disponibilizado e licenciado com uma licença de código aberto no qual o direito autoral fornece o direito de estudar, modificar e distribuir o software de graça para qualquer um e para qualquer finalidade.

⁵⁷ *Open Dynamics Engine* ou ODE é uma biblioteca de código aberto, de alto desenho, para simular a dinâmica de corpos rígidos. Atualmente é usado em muitos jogos de computador, ferramentas de criação 3D e ferramentas de simulação. Disponível em: <<http://www.ode.org/>>. Acesso 21 out. 2016.

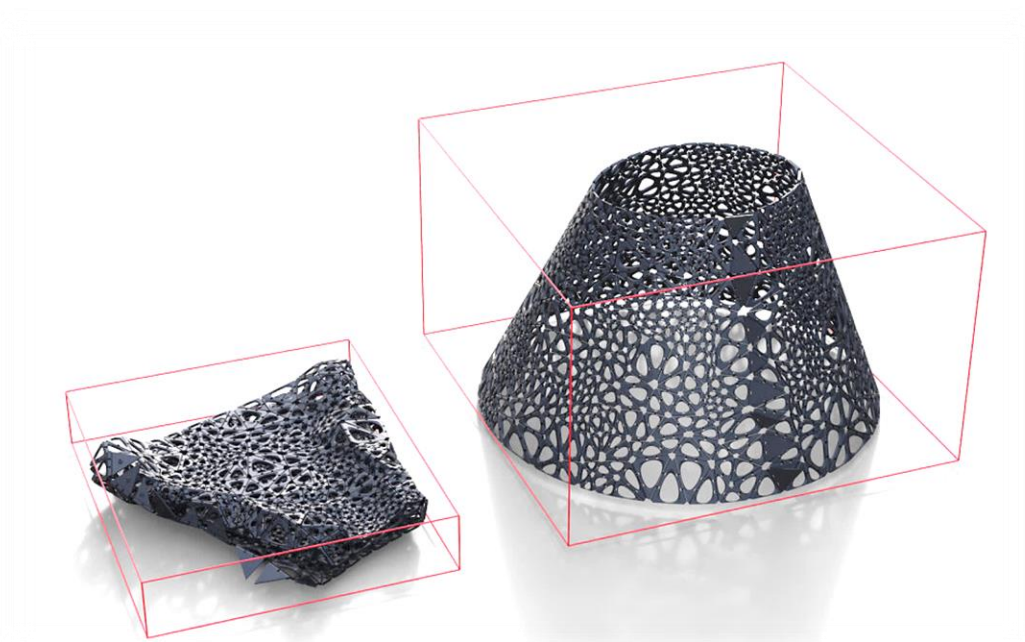


Figura 22 Acima – *Kinect Dress*. Abaixo – . Representação da caixa delimitadora com redução de volume de 85%. Fonte: <http://n-e-r-v-o-u-s.com>

Andreia Chaves Designer e consultora, brasileira, formada pela *Polimoda Fashion Institute*, em Florença



APONTE A CAMERA E ACESSE
O SITE DE ANDREIA CHAVES

Natural de São Paulo, a designer Andreia Chaves teve seu trabalho reconhecido na mídia internacional com a série de calçados impressos em 3D intitulada *InvisibleShoe*. O calçado foi desenvolvido através de uma combinação de técnicas artesanais de fabricação com couro, para garantir a melhor qualidade e conforto, e a tecnologia de manufatura aditiva. A designer explora o conceito de invisibilidade (Figura 23) e o "efeito camaleão" (Figura 24). Um dos modelos da série, tem a superfície reflexiva, composta por espelhos cortados à laser, criando um efeito óptico a cada passo adotado.

A inspiração nasceu de um estudo de Efeito Óptico aplicado ao design de sapatos. O design inovador excede em grande parte a função primária do sapato, onde "proteger" o pé também significa "apagar" ou "imersão" no ambiente.

O trabalho da Andreia Chaves é conhecido por sua abordagem visual inovadora e distintiva, que reúne artesanato, materiais experimentais e tecnologia de ponta em seus projetos de calçados.

A tecnologia de manufatura aditiva está em crescente aplicação no design de moda. Os resultados obtidos são diferenciados, e vão desde modelos mais conceituais até criações que se aproximam das peças de roupa convencionais. Parece ser um prelúdio de um novo formato de produção do vestuário.



Figura 23 Modelo da série *Invisible Shoe I*
Fonte: <http://www.andreiachaves.com/AndreiaChaves/>



Figura 24 Modelo da série *InvisibleShoe II*.
Fonte: <http://www.andreiachaves.com/AndreiaChaves/>

3.4

A produção de vestuário pode se tornar inteiramente virtual?

A questão continua aberta, mas a resposta agora parece extrapolar os limites das funções dos objetos e obedecer a uma série de códigos mais complexos, ou não tão complexos assim. Um futuro que está cada vez mais próximo, mapeado pelo uso de ferramentas digitais. Algumas mudanças já estão acontecendo, apesar de ainda passarem despercebidas, enquanto outras são projeções que têm tudo para levar a experiência de vestir a um outro patamar.

Atualmente o vestuário tem sugerido uma aderência à heterogeneidade tecnológica dada a necessidade de assimilação de novas tendências para uma ressignificação contínua. O progresso acelerado da tecnologia complementa a evolução estética do vestuário e cada um concede ao outro um conjunto mais amplo de referência, com mais escopo para explorar novos horizontes.

Os padrões de conexão entre as pessoas têm contribuído para que os processos de produção se tornem cada vez mais eficientes, autônomos e customizáveis. A unidade entre a internet e a prática de compartilhamento de conteúdo desconstrói os padrões obsoletos dos modos de produção, alterando a maneira de funcionar das empresas, seus objetivos, suas formas de produzir, seus métodos e seus protagonistas.

Existem hoje várias experimentações relacionadas à produção de novos têxteis e ao uso de ferramentas digitais no projeto de vestuário. Há dez anos atrás, Hopkinson et al. (2006) previam que no futuro haveria espaço para roupas sem costura que poderiam ser fabricadas em conjunto, sem a necessidade de montagem; tecidos inteligentes com funcionalidades embutidas; produtos que passam de uma configuração sólida para uma configuração têxtil; etc. Tudo isso já é uma realidade, propiciada pela convergência de áreas como nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciências cognitivas.

São avanços revolucionários, advindos da interconexão entre os campos da ciência e da tecnologia, previamente separados. O vestuário tem um papel relevante neste cenário, pois permite que estas inovações tecnológicas sejam praticadas de forma a relacionar a tecnologia e a estética.

De acordo com Avelar (2009), os primeiros investimentos em tecidos tecnológicos foram impulsionados pelo esporte e o pelo militarismo, que buscavam otimizar características como a performance, funcionalidade, impermeabilidade, leveza e conforto.

(...)os novos têxteis inteligentes já estão sendo desenvolvidos em produtos comercialmente viáveis, que podem torna-se um dia parte de um complexo Sistema de Produtos e Serviços que vão nos afetar de maneira significativa. As possibilidades parecem ser ilimitadas e muito promissoras para o futuro⁵⁸ (BAGGERMAN, 2013, p.5).

Os *Smart Textiles*, ou têxteis “inteligentes”, são definidos como tecidos capazes de detectar e reagir a condições ambientais, ou a estímulos externos de diferentes naturezas, potencializando os sentidos do usuário. Essa aplicação tem contribuído, sobretudo, para o desenvolvimento de mecanismos que auxiliam o funcionamento do corpo humano, como por exemplo, na aplicação em roupas que ajudam a suportar temperaturas extremas, ou roupas que monitoram a saúde.

No futuro, a indústria passará de um fornecedor de tecido para uma força motriz por trás do desenvolvimento da sociedade. Têxteis do futuro melhoram a vida quotidiana das pessoas e beneficiam a indústria, a saúde e o meio ambiente (IVARSON, 2015, p.23).

Os têxteis “inteligentes” requerem um ambiente de desenvolvimento que não esteja atado a ideias convencionais, onde pessoas com diferentes especialidades possam trocar ideias abertamente e chegar a soluções inesperadas. Desde 2006, pesquisas nesta área buscam soluções para atender as necessidades do usuário num futuro próximo. Esses estudos são focados em três áreas específicas: saúde e medicina, têxteis sustentáveis, e o de arquiteturas e interiores.

A aplicação desses têxteis está diretamente relacionada com as roupas inteligentes e tecnologias vestíveis. As novas abordagens relacionadas à experiência do vestir, têm conduzido um novo diálogo entre o corpo e a roupa. Novas silhuetas, novas funções e novas formas de explorar as superfícies. Alguns designers estão incorporando partes eletrônicas em peças de vestuário e transformando-as em *wearables*.

Os *wearables*, que podem ser entendidos como roupas e acessórios incorporados com tecnologia eletrônica, permitem trocas de dados por meio de sensores embutidos nas peças por meio da *Internet das Coisas*. Hoje, os *wearables* estão sendo produzidos para atuar como mediadores de informação e amplificadores de fantasias, implementando a interatividade nos objetos de vestir.

Seymour (2008) define que o termo *wearables* se refere à interseção entre design, moda, ciência e tecnologia. São projetos de vestuário que combinam

⁵⁸Tradução livre da autora: ‘...the new smart-textiles are yet to be developed into commercially viable products, which can one day become part of complex Product Service Systems that will affect us in a significant way. The possibilities seem limitless and very promising for the future...’. BAGGERMAN, M. **Social Fabric**: the readership in strategic creativity series. Design Academy Eindhoven [s.n.], 2013, p.5.

estética e estilo com a tecnologia funcional. A filosofia de design é baseada na noção de que as roupas são uma importante interface com o meio e, portanto, são constantes transmissores e receptores de emoções, experiências e significado.

Estudos prospectivos indicam que a evolução da complexidade da indústria têxtil indica que o futuro deverá ser cada vez mais pautado em pesquisa e desenvolvimento de novas fibras e tecidos.

3.5

O lugar do designer de moda frente aos novos desafios

“Os analfabetos do século XXI não serão aqueles que não conseguem ler e escrever, mas aqueles que não conseguem aprender, desaprender e reaprender”.

Alvin Tofler (1970)

A capacitação técnica para a operação das máquinas pode ser considerada uma barreira para a disseminação do uso de tecnologias emergentes. No entanto, se a tecnologia permite criar qualquer objeto, a qualquer momento com o toque de um botão, o designer tornar-se-ia um profissional do passado? As pessoas se arriscariam a projetar de forma diferente seus produtos, a partir de um modelo padrão para alcançar a melhoria contínua? Isso afetaria a maneira pela qual as pessoas percebem e valorizam seus bens materiais?

A partir da compreensão dessa nova configuração projetual, surge o desafio para o designer de adquirir novas competências, e ampliar a possibilidade de materializar ideias e projetos interativos. A influência das tecnologias emergentes de produção indica que a relação entre o designer de moda e o computador será substancial tanto para a criação de modelos adaptáveis, como para interagir com a comunidade em plataformas computacionais de designers autônomos. O *feedback* do usuário poderá chegar como informação em tempo real e o projeto vai pode estar sempre em constante evolução.

Faz-se aqui uso da fala de Cardoso (2012), quando ressalta que o design é um campo de possibilidades imensas no complexo mundo em que se vive. Em seu sentido mais elevado, o design deve ser concebido como um campo ampliado que se abre para diversas outras áreas. O design tende ao infinito, ou seja, é preciso dialogar em algum nível com quase todos os outros campos de conhecimento.

(...) o designer pode sim ser artista, ou artesão, arquiteto, engenheiro, estilista, marqueteiro, publicitário e uma infinidade de outras coisas. A grande importância do design reside, hoje, precisamente em sua capacidade de construir pontes e forjar relações num mundo cada vez mais esfacelado pela especialização e fragmentação de saberes (CARDOSO, 2012, p.234).

Em uma pesquisa quantitativa local, Silveira & Silva (2011) avaliaram o grau de conhecimento de profissionais que atuam na produção de vestuário, com relação ao uso de sistemas CAD específicos para o setor. Os autores concluíram que a preparação profissional, diante da nova realidade do perfil do mercado, não deve somente voltar-se para uma etapa específica do trabalho, mas também para uma concepção evolutiva, que permita a melhoria constante e que combine a base de conhecimento específico do indivíduo com as exigências da prática do trabalho, com o desenvolvimento de atitudes, tomada de decisões, e facilidade de trabalhar em grupo.

Hipervalorização e hiperprodução da informação. Estar bem informados e se comunicar *online* são necessidades da contemporaneidade, e as potencialidades criativas da internet são apazíveis. A possibilidade do sujeito localizado em qualquer parte do globo, imerso num espaço virtual, assistir a desfiles de estilistas e marcas, e compartilhar a informação com diversas pessoas ao mesmo tempo, dissolve antigos opositivos: individual/coletivo, local/global, real/ilusório.

Com a aceleração do universo tecnológico configura-se a “desreferência espacial”, e a manufatura de vestuário em rede traz a desterritorialização da produção, determinando novos padrões de percepção. A condição imaterial das mídias digitais apoia a prática de atinar novas formas de fazer as mesmas coisas. Expressão virtual da realidade que envolve o sujeito em um mundo entrelaçado pelas redes, mudando profundamente sua visão e sua experiência do mundo, de si mesmo e dos outros. Para Galvão (2008), o virtual não se opõe ao real. É uma forma de potencializá-lo como infundável criação do novo.

Como os designers de vestuário vão lidar com as novas tecnologias de produção? Quais serão as adaptações necessárias para esse novo contexto?

O que se constata pela análise dos projetos em desenvolvimento, no entanto, sugere que uma reforma radical está em curso, que poderá criar empregos em outras bases atraindo para a indústria talentos mais qualificados e multiplicando-os em pequenas instalações fabris (BRUNO, 2017, p.44).

Os produtos estão, cada vez mais, assumindo as características de serviço. A flexibilidade no espaço e tempo de trabalho, a transdisciplinaridade das qualificações e das competências, interdependência entre as tecnologias e as habilidades necessárias para saber explorá-la, estão entre algumas das

transformações previstas na evolução do mercado de trabalho, citadas por Bruno (2017).

Na opinião de Toeters⁵⁹, cujo trabalho combina design de moda e tecnologia, o estímulo e a colaboração entre as duas áreas em prol de um sistema mais interessante de criação de peças mais eficientes para uso cotidiano, é importante para que o vestuário dê mais suporte ao usuário, e vai além das questões puramente estéticas.

Papanek (1984), já tratava da responsabilidade moral e social do designer, que, segundo ele, exigiria, dentre outras coisas, uma maior compreensão das pessoas e conhecimentos mais amplos do processo de desenvolvimento.

O uso intensivo e extensivo de grande diversidade e quantidade de dados carecerá de qualificações transdisciplinares; interação do mundo físico com o mundo digital precisará de profissionais habituados ao ambiente cibernético, com treinamento em automação e melhor compreensão de modelos de negócio radicalmente novos (BRUNO, 2017, p.67).

Os designers de vestuário estão a imaginar as roupas de amanhã. Em como transformar o vestuário passivo em ferramenta tecnológica ativa e individual. Nesse sentido, para aumentar as chances de alcançar a satisfação total com relação ao produto, possivelmente os designers vão passar a projetar junto com o usuário final.

Mas, quais as características que as pessoas estariam habilitadas a alterar previamente? O produto perderia a assinatura do designer? Os designers gostariam que os consumidores criassem produtos totalmente individualizados, de acordo com seu próprio gosto? São questões que figuram o novo paradigma da produção.

As mudanças tecnológicas estão tornando a manufatura intensiva em capital e em profissionais bem qualificados. É previsível o fim dos processos de design constituídos. Nos próximos anos, o design como profissão continuará a evoluir para um setor híbrido, considerado tanto técnico como criativo.

A implantação da Indústria 4.0 será alavancada pelos robôs, sensores e tecnologia da informação. Mesmo com a estimativa de ganhos de produtividade e qualidade, essa profusão tecnológica tende a afetar o emprego. Qualidades como talento e raciocínio, e não apenas conhecimentos técnicos estanques, podem fazer diferença no desempenho de funções.

⁵⁹Marina Toeters é designer e consultora da By-wire.net.