



ABORDAGEM DE UMA INDÚSTRIA 4.0 PARA PERSONALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CALÇADOS

Elton dos Santos Silva¹; Herman A. Lepikso, Dr.Eng²

¹ Programa de Pós-graduação em Mecatrônica, Universidade Federal da Bahia, E-mail: elton91dss@hotmail.com;

² Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia, Senai Cimatec
Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica, Universidade Federal da Bahia, E-mail: hlepikson@gmail.com

Resumo: Esse trabalho tem como proposta uma abordagem da indústria 4.0 na integração e planejamento do controle da produção em indústrias de calçados. Para desenvolvimento deste modelo será utilizado como estudo de caso a elaboração de um calçado no qual o cliente informará as suas preferências podendo assim personalizá-lo. Além da personalização do calçado, será implementado um sistema de digitalização do pé do cliente, para que ele tenha um produto feito conforme as características do seu pé, proporcionando um produto final exclusivo e adequado a cada uso específico. Os resultados deste trabalho visam comprovar que é possível ter sistemas aptos à produção personalizada e economicamente interessantes, representados por este estudo de caso da indústria calçadista.

Palavras-Chave: Internet das Coisas; Manufatura Avançada; Personalização de produtos

ABORDAGEM DE UMA INDÚSTRIA 4.0 PARA PERSONALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CALÇADOS

Abstract: This work proposes an industry 4.0 approach to the integration and planning of production control in the shoe industries. To development this model will be used as a case study the elaboration of a shoe in which customers will inform their preferences and can customize it. In addition to customizing the footwear, a customer's foot digitization system will be implemented, thus the customer will have a product tailored to his feet characteristics, providing a unique end product tailored to each specific use. The results of this work aim to prove that it is possible to have systems capable of customized production being economically interesting, represented by this case study of the footwear industry.

Keywords: Internet of Things; Advanced Manufacturing; Product Customization



1. INTRODUÇÃO

Os sapatos têm uma história que precede a história da civilização. Pode-se dizer que a sociedade primitiva desenvolveu os modelos antigos com propósitos puramente protetores, mas na sociedade mais evoluída, o calçado começou a ser concebido com uma complexidade crescente entre estética, funcionalidade e inovação em tecnologia e materiais [1].

Classificam-se os calçados quanto à sua forma (scarpin, stiletto, Chanel, mule são exemplos femininos) e categorias genéricas, como tênis, sandálias, chinelos e sapatos. Dentro de um mesmo tipo de calçado ainda há diferenças sensíveis em qualidade, preço, marca e insumos utilizados (como couro, plástico e tecido), além de outras variáveis, como moda, estilo e modelos [2]. A competição neste mercado não ocorre apenas em preço, mas também deve considerar estratégias de diferenciação [3]. Nesta indústria existem poucas economias de escala, a qualidade final do produto depende quase que exclusivamente da qualificação da mão de obra e do nível de investimento em tecnologia de produção [3].

A produção de calçados era executada por artesãos em pequenos estabelecimentos. Foi apenas na década de 1870 que as primeiras fábricas de calçados surgiram nos Estados Unidos e na Europa, junto com os primeiros exemplares de maquinário dedicado exclusivamente a esta atividade [4].

Atualmente a indústria calçadista parece ser também um dos setores mais interessados na implementação de sistemas avançados de manufatura, com destaque para as tecnologias de manufatura aditiva (impressão 3D), robótica, internet das coisas, interação máquina a máquina, entre outros recursos. No contexto da Indústria 4.0, pode-se citar a Adidas que, por iniciativa do governo alemão, após vários anos de produção em locais onde a mão de obra era mais barata, voltou a produzir em seu país, graças à introdução do redesenho da cadeia de suprimentos que ela denominou Speedfactory [5].

A Speedfactory da Adidas, comparada com as outras fábricas do ramo de calçados tem uma grande diferença por implementar um sistema de fabricação completamente automatizado dando ainda a possibilidade ao cliente final de inserir pequenos detalhes no calçado deixando-o ao seu gosto. A Speedfactory é capaz de personalizar o sapato indefinidamente, num processo de engenharia automatizada. Porém, na Speedfactory só aspectos visuais podem ser alterados. Tamanhos e formas dos calçados continuam no modelo padrão da Adidas.

O estilo do calçado é muitas vezes o primeiro elemento que atrai os consumidores. O exponencial aumento da variação de calçados disponíveis no mercado hoje é, em grande parte, devido há várias percepções de moda e estilo. Por outro lado, o conforto também é muito importante. Estes são os principais critérios para a avaliação de desempenho do produto. São critérios contraditórios com o sistema de produção em massa, que busca eficiência pela produção de produtos padronizados e com o mínimo de diferenciação. Por esta razão é que o calçado é categorizado por tamanhos para os consumidores escolherem.

A principal motivação para realização deste projeto foi perceber que apesar dos grandes avanços tecnológicos voltados a manufatura industrial, o mercado ainda é carente de um produto que além proporcionar ao cliente a satisfação de



aquisição de produto novo, irá proporcionar um produto feito conforme seus gostos, suas medidas e resultará ao cliente uma experiência dele ser o próprio criador de seu produto. O cliente não será apenas um consumidor, ele será consumidor e produtor da sua mercadoria.

Este projeto visa desenvolver um método para produção de calçados sob medida onde o consumidor poderá determinar parâmetros de sua preferência, inclusive os relacionados às medidas dos seus pés, e esses dados orientarão o planejamento e o controle da produção.

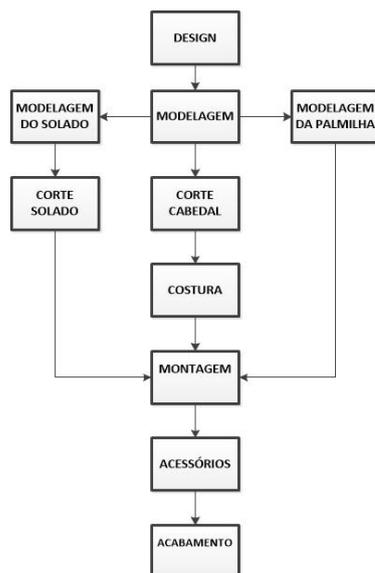
Os objetivos específicos deste trabalho são: analisar os atuais processos de fabricação e identificar os elementos críticos para introdução do modelo pretendido, modelar o sistema de produção de calçados personalizáveis, desenvolver a plataforma de produção personalizada de calçados, criar ferramenta para digitalização de pés e modelagens 3D, aplicar o modelo desenvolvido em nível de protótipo e testar e validar o modelo desenvolvido.

2. METODOLOGIA

A divisão do processo da produção de calçados em etapas claras e distintas facilita o deslocamento operacional na medida em que viabiliza a execução externa apenas do que for mais vantajoso. Cada fase de produção requer habilidade e precisão, onde tomar atalhos para reduzir custos pode resultar em um sapato inferior. Alguns tênis de corrida não têm placa de palmilha. Em vez disso, a parte superior de camada única é envolvida em torno das partes superior e inferior do pé.

O processo de fabricação de calçados é realizado em sete etapas, como mostra o fluxograma mostrado na Figura 1:

Figura 1. Fluxograma etapas de produção do calçado



Design - o fabricante, baseado no público que ele quer atingir, desenvolve o conceito do produto. Para isto, ele formula o projeto do produto, que engloba desde



o desenho do calçado até a discriminação dos insumos necessários para a sua realização. Pela sua importância no restante do processo, pode-se dizer que nesta fase há a maior agregação de valor. Por isso mesmo, esta deve ser uma fase planejada com muita atenção.

Modelagem - É nesta etapa que ocorre a definição de como será o calçado. A preocupação inicial é com aspectos de *design* do produto, isto é, cores, formas, detalhes estruturais e outros cuidados de estilo. Na definição destas especificações a presença de um profissional de modelagem capacitado, como estilistas ou modelagem, corte dos solados, cabedal, montagem, costura, acabamento e embalagem, são determinantes para a diferenciação do calçado no mercado [6].

Durante a modelagem, também é dada atenção a diversos aspectos técnicos, que guardam relação com as características de estilo, mas sobre os quais o fabricante possui maior controle. Aqui é definido o projeto da forma, onde são observadas as dimensões do calçado, o material a ser utilizado e o custo de produção. A partir disso, determinam-se os demais detalhes, de cabedal, solado, palmilha, saltos, entre outros, além da preparação das ferramentas, máquinas, materiais e trabalhadores necessários [6].

Corte - As máquinas de moldagem carimbam as formas dos calçados, que são então recortadas com várias marcações para orientar o restante da montagem. Depois de serem empacotadas e etiquetadas, essas peças são enviadas para costura.

Costura - Após o corte do material principal e a confecção de seus detalhes, é realizada a costura das diversas partes que irão compor o cabedal. Esta etapa tem se mostrado razoavelmente automatizada, com o uso de máquinas de bordar programáveis inteligentes, que facilitam a execução de tarefas mais minuciosas, embora a maioria das atividades ainda seja operada manualmente [7].

Solado - Paralelamente ao corte e costura do cabedal ocorre o processo de preparação das palmilhas e solados, que podem ser produzidos pela empresa ou ser adquiridos de fornecedores externos, como componentes semiacabados [7].

Montagem - Nesta etapa ocorre a montagem do cabedal e do solado na forma, com a fixação das diversas partes que irão compor o calçado. Quando utilizadas estruturas de produção em células, a montagem é a fase com maior nível de automação. Com isto, o investimento em maquinário nesta etapa depende apenas do nível de produção das fases anteriores, já que de nada adianta possuir equipamentos com grande eficiência numa etapa do processo se o ritmo de fabricação das demais etapas demasiadamente lento [6].

Acessórios - Nesta etapa é adicionado ao sapato o cadarço e alguns acessórios que compõem o calçado de acordo com o modelo fabricado.

Acabamento - Na etapa final, o calçado é retirado da forma e o solado é definitivamente colado ou costurado ao cabedal, passando às operações de acabamento, como lixamento, pintura e secagem e finalizando com a inspeção [7].

A divisão do trabalho em tarefas tem como critério principal a parcialização intensiva, ao ponto de reduzir a tarefa de grande parte dos trabalhadores a apenas uma operação. É certo que essa divisão, no sentido de simplificar a operação ao



máximo, esbarra na relativa complexidade de certas tarefas que exigem ainda algum grau de qualificação.

A alocação das tarefas em setores, para a concepção do leiaute, faz coexistir as duas formas básicas de agrupamentos: por processo (reunião num mesmo setor, do mesmo tipo de atividade: corte e costura, por exemplo) e por produto ou linhas de montagem (linhas de produção, onde cada uma produz por produto: setores de montagem e acabamento).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A personalização de um calçado traz para a empresa que dispõe deste recurso um horizonte de negócios ainda não muito explorado. A entrega de um produto sob medida e personalizado proporciona ao cliente um produto exclusivo, confortável e inovador. O produto aumentará a satisfação dos clientes, pois reduzirá o risco de escolhas erradas do tamanho, irá proporcionar variados tipos de calçados propícios a este projeto, além de um conforto muito maior em virtude do modelo ser fabricado para se ajustar perfeitamente ao seu pé.

O tipo de calçado selecionado para desenvolvimento deste projeto é o calçado de corrida (*running*). Para se ter um entendimento melhor de como é este calçado, a Figura 2 mostra as suas partes e a descrição de cada uma:

Figura 2. Partes do calçado *running* [8]

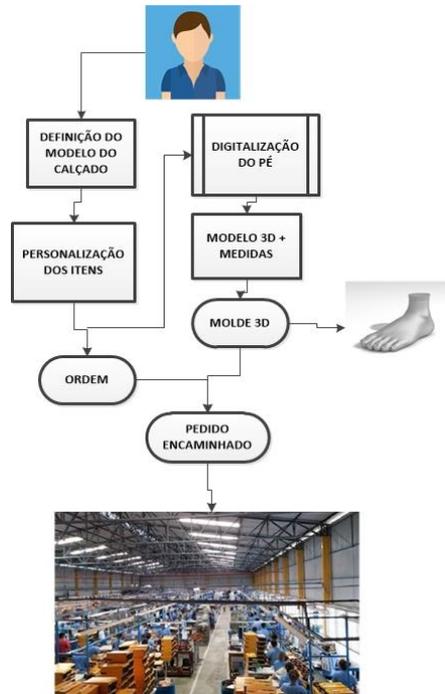


- 1 - Cabedal - Parte de cima do tênis, que cobre o pé
- 2 - Palmilha - Proporciona suporte e conforto ao usuário
- 3 - Biqueira - Parte frontal do calçado
- 4 - Cadarço - Ajusta o tornozelo reduzindo o risco de lesões
- 5 - Língua - Auxilia no conforto e na flexibilidade do tênis
- 6 - Drop - Diferença de altura entre a base do calcanhar e a planta do pé
- 7 - Contraforte - Contorna o calcanhar e ajuda a manter o pé centrado e estável.
- 8 - Entressola - Define o nível de amortecimento do tênis
- 9 - Solado - Proporciona tração e flexibilidade.

A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo logístico adotado pelo projeto, mostrando os estágios do processo de compra até o pedido chegar para fabricação.



Figura 3. Fluxograma do processo logístico para produção do calçado



O processo se inicia quando o cliente acessa a loja virtual da empresa e escolhe entre os modelos de calçados participantes desta nova modalidade de serviço o que mais lhe agradou. Após isso será apresentado a plataforma de personalização do calçado no qual escolherá deste a cor do cabedal, cor da palmilha, cor do cadarço e tamanho do solado, além de poder colocar alguma grafia no cabedal.

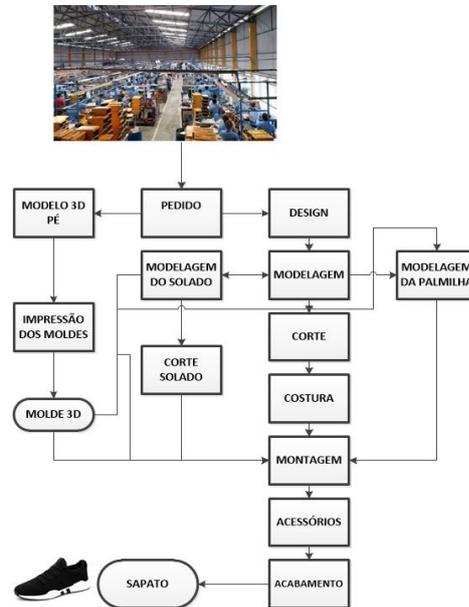
Em seguida o cliente necessitará realizar o *download* do aplicativo para digitalização do formato do pé. O aplicativo irá gerar um modelo 3D dos pés que será anexado ao pedido. Ao final, o pedido é encaminhado para a fábrica que produzirá a peça.

Ao chegar à fábrica, o pedido gera a ordem de fabricação, que segue o fluxograma da Figura 4. A parte da digitalização do pé irá para o setor responsável pela produção dos moldes utilizados nos equipamentos de corte de cabedal e acessórios. Tecnologia de manufatura aditiva é usada para solado e palmilha.

Em paralelo, a parte do pedido constando o modelo escolhido e suas variáveis de personalização seguem para as etapas da linha de produção específicas. Em algumas haverá adaptações, visto que cada sapato será único influenciando diretamente a linha de produção. Segue descritivo das etapas com suas respectivas mudanças e o fluxograma do processo na figura 4:



Figura 4. Fluxograma da produção personalizada



Design: o projeto do produto já foi desenvolvido anteriormente, porém precisa ser inserido os aspectos de personalização que o cliente adicionou. Após a criação do modelo personalizado, os parâmetros serão enviados a linha de produção

Modelagem: os novos parâmetros vindos do setor de *design* se juntam aos da digitalização dos pés para geração dos moldes com as características do cliente e inserção nas máquinas para corte do cabedal e acessórios. O processo de modelagem do solado e da palmilha é feito de forma separada, por fabricação aditiva.

Corte e Costura: esses setores não sofrerão alterações, visto que a peça já chega com os parâmetros do cliente produzido pelo setor de modelagem. Pode ser utilizada a linha de produção padrão do modelo produzido.

Montagem: os moldes personalizados são usados para finalização da montagem do calçado. A montagem parte da conformação do contraforte do cabedal, que é quente e fria. Está equipada com um pé de matriz quente personalizado, cujo acionamento é realizado através da leve pressão no cabedal. A matriz gelada é fabricada de acordo com a forma do cliente. A montagem da parte traseira é feita empurrando o suporte da forma para que a operação se complete.

Acessórios: nessa etapa é realizada a personalização de itens sinalizados pelo cliente, incluindo alguma grafia ou até mesmo um pingente a ser adicionado no calçado.

Acabamento: essa etapa segue o padrão do processo de fabricação normal onde as operações finais ligadas à apresentação do calçado são feitas.

4. CONCLUSÃO

Este artigo propõe uma nova abordagem 4.0 para o setor calçadista, baseada na personalização do produto feita diretamente pelo cliente e com processo de



produção ajustado a esta nova característica determinante dos processos. Essa abordagem irá trazer nossos horizontes para este setor visto que no mercado ainda não se encontram produtos que façam o elo entre a satisfação da aquisição de um novo produto e da personalização completa do calçado, desde itens estéticos ao conforto proporcionado pela produção feita sob medida.

Esta abordagem permite que seja criado um sistema de estocagem dos moldes, no qual cliente (caso solicite) terá seu molde do pé guardado para futuros pedidos. Alternativamente, para os moldes descartados pelos clientes, pode ser desenvolvido um sistema de reciclagem para reutilização do material.

O desenvolvimento e a implementação do trabalho forneceram uma grande experiência com os sistemas integrados de manufatura especialmente na abordagem de uma indústria 4.0 pela integração de processos focada na indústria calçadista. A experiência adquirida poderá ser aproveitada, em trabalhos futuros, em outros segmentos industriais que possam se beneficiar da produção personalizada.

5. REFERÊNCIAS

¹ DI ROMA, A.. **Footwear Design. The paradox of "tailored shoe" in the contemporary digital manufacturing systems.** The Design Journal, 20:sup1, 2017

² ANDERSON, P. **Barreiras não tarifárias às exportações brasileiras no Mercosul: O caso de calçados.** Rio de Janeiro: IPEA, 2001.

³ COSTA, A. **Estudo da competitividade da indústria brasileira: competitividade da indústria de calçados.** Campinas: UNICAMP, 1993.

⁴ UNIDO – UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Improving global competitiveness of the Latin American leather industry. Agri-Business Development Branch, Textile and Leather Industry Unit.** Unido, fev. 2008.

⁵ IVANOV, D, DOLGUI, A, SOKOLOV, B, WERNER, F, IVANOVA, M. **A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0.** International Journal of Production Research. 2016.

⁶ FENSTERSEIFER, Jaime E. **O complexo calçadista em Perspectiva: Tecnologia e Competividade.** Porto Alegre, Editora Ortiz, 1995.

⁷ ANDRADE, J.; CORRÊA, A. **Panorama da indústria mundial de calçados, com ênfase na América Latina.** BNDES Setorial. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set1303.pdf>. Acesso 179 em: 14.12.2009. 2001

⁸ VOCÊ CONHECE TODAS AS PARTES DO SEU TÊNIS? Terra. Disponível em <<https://www.terra.com.br/vida-e-estilo/saude/bem-estar/sport-life/voce-conhece-todas-as-partes-do-seu-tenis,7f30e31ddb365b42a594eae1497f1368vnyy4wbq.html>>. Acesso em 13.08.2019