



ENTRESSOLA DE TÊNIS CUSTOMIZÁVEL: IMPRESSÃO 3D E DESENHO PARAMÉTRICO COMO PROCESSO

CUSTOMIZABLE TENIS SHOE MIDSOLE: 3D PRINTING AND PARAMETRIC DESIGN AS PROCESS

PUPO, Regiane Trevisan¹,
RUIZ, Gabriela Chicarelli²

Resumo

A indústria calçadista está passando por uma transformação e, atualmente, caminha em direção à tendência da customização em massa, um processo em que há a retomada da era original da produção artesanal, mas com as vantagens de sistemas e tecnologias avançadas que viabilizam a produção de lotes de itens personalizados, oferecendo soluções que se adequem melhor às necessidades e desejos do consumidor. Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver uma proposta de entressola de tênis customizável a partir de algoritmos e fabricada por impressão 3D. Buscando o desenvolvimento de soluções e a criação de artefatos que beneficiem a atuação humana, este projeto foi guiado pela metodologia *Design Science Research*, além de outras ferramentas que possibilitaram explorar as possibilidades entre a combinação do conceito de customização em massa, manufatura aditiva e design computacional. Por meio da construção de geometrias baseadas em algoritmos, foi possível desenvolver um design de entressola capaz de reagir a modificações sofridas em seus parâmetros de acordo com dados antropométricos e de pressão dos pés. Assim, além de este projeto contribuir para a criação de um produto personalizado de acordo com as necessidades de cada consumidor, ele também expõe as possibilidades do uso da modelagem paramétrica como ferramenta de projeto no Design de Produto.

Palavras-chave: design de entressola; modelagem paramétrica; customização em massa; manufatura aditiva.

Abstract

The footwear industry is undergoing a change and is currently moving towards the trend of mass customization, a process in which there is a resumption of the original era of artisanal production, but with the advantages of advanced systems and technologies that enable the production batch of personalized items, offering solutions that best fit the needs and desires of the consumer. This paper aimed to develop a proposal for a customizable midsole based on algorithms and manufactured by 3D printing. Seeking the development of solutions and the creation of artifacts that benefit human performance, this project was guided by the *Design Science Research* methodology, in addition to other tools that made it possible to explore the possibilities between the combination of the concept of mass customization, additive manufacturing and computational design. Through the construction of algorithm-based

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, ORCID: 0000-0002-5339-9452, regipupo@gmail.com

² Universidade Federal de Santa Catarina, gabrielachicarelli@hotmail.com

geometries, it was possible to develop a midsole design capable of reacting to changes in its parameters according to anthropometric and foot pressure data. Thus, in addition to this Project contributing to the creation of a customized product according to the needs of each consumer, it also exposes the possibilities of using parametric modeling as a project tool in Product Design.

Keywords: midsole design; parametric modeling; mass customization; additive manufacturing.

1 Introdução

Desde o período paleolítico, o homem pré-histórico já representava calçados em suas pinturas rupestres. Em um período em que se dependia muito do clima, vegetação e condições do solo, esses objetos eram desenvolvidos com uma finalidade puramente protetora (Bossan, 2015). No entanto, ao longo de séculos, eles passaram a ser elaborados com uma complexidade maior no que se diz respeito à estética, funcionalidade, tecnologia e materiais (Roma, 2017).

Até a Revolução Industrial, a fabricação era um processo artesanal em que os objetos eram peças únicas e direcionadas às necessidades e desejos dos consumidores. A partir de então, com o avanço do processo de manufatura, os produtos passaram a ser fabricados em massa, ou seja, em grande quantidade e de maneira padronizada (Boer; Dulio, 2007; Fralix, 2001).

Os métodos de fabricação estão em constante evolução e atualmente caminham em direção à customização em massa, um processo em que há uma retomada da era original da produção artesanal, mas com as vantagens de sistemas e tecnologias avançadas que possibilitam o desenvolvimento de produtos que satisfaçam as necessidades e desejos do consumidor (Boer; Dulio, 2007; Fralix, 2001; Kolarevic; Duarte, 2019).

Digitalizadores 3D, processos de fabricação digital e sistemas CAD (*computer-aided-design*) são algumas das tecnologias responsáveis por modificar o sistema de manufatura e concretizar a fabricação de produtos customizados em massa em diversas áreas, inclusive no setor calçadista. Desse modo, o projeto e a produção de produtos desse segmento podem ser produzidos com base em parâmetros centrados no usuário em termos de conforto, segurança e estética (Goonetilleke, 2013; Roma, 2017).

Sabendo que os pés são estruturas complexas com grande variedade dimensional entre as pessoas, mesmo com todos os estudos e a melhor adequação antropométrica possível, os tênis ainda apresentam muitos problemas ergonômicos. Além da dor e desconforto, o uso de calçados mal ajustados ou inadequados podem levar a lesões e deformidades nos pés (Demello, 2009, Gomes Filho, 2010; Goonetilleke, 2013).

Levando em conta os prejuízos à saúde e ao bem-estar causados por calçados inadequados e, também, considerando a possibilidade de fabricação em pequenos lotes de produtos personalizados com auxílio da tecnologia, este trabalho tem o intuito de propor o desenvolvimento de uma entressola customizável por meio de algoritmos e fabricada por impressão 3D.

2 Desenvolvimento

Com a disponibilidade e popularização de novas tecnologias, como a impressão 3D (manufatura aditiva), a indústria calçadista também está passando por uma renovação, substituindo cada vez mais os métodos de produção convencionais a fim de otimizar as cadeias de suprimentos e ajustar os custos dos processos de fabricação. A manufatura aditiva, antes utilizada pelos fabricantes de calçados apenas para fins de prototipagem, agora é aplicada em produtos finais, como palmilhas, solados e entressolas, incluindo também processos de customização em massa e peças exclusivas (Ukobitz; Faullant, 2021).

Dentro desse contexto, nota-se que o futuro da indústria aponta cada vez mais para a tendência da customização em massa de produtos por meio de sistemas eficientes e modulares. Essa personalização possibilita oferecer soluções que se adequem melhor às necessidades e desejos dos usuários, produzindo lotes de itens personalizados e ainda mantendo sua viabilidade econômica e competitividade no mercado global (Lasi et al., 2014; Boër; Dulio, 2007).

Assim, as inúmeras possibilidades de projeto entre a combinação da manufatura aditiva, digitalização 3D, design computacional e outras ferramentas são fundamentais para o desenvolvimento de entressolas customizáveis. Tais procedimentos podem ultrapassar o nível estético, englobando também questões de ajuste, conforto e funcionalidade a fim de elevar a qualidade de vida das pessoas.

2.1. Geração das alternativas

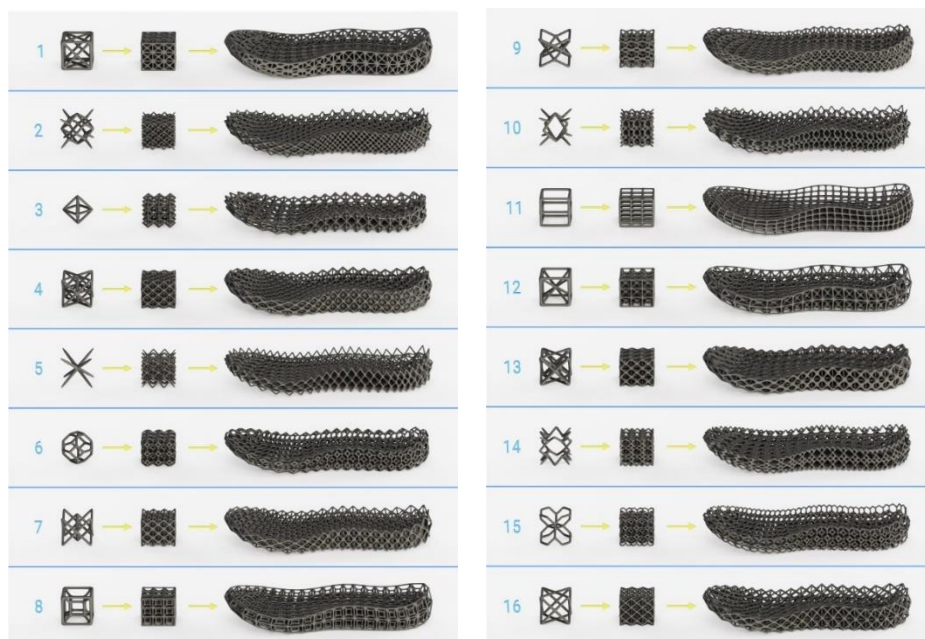
Para iniciar o presente trabalho, após intensa pesquisa bibliográfica na área calçadista, tendências, ergonomia e resistência de materiais, a etapa de geração de alternativas, também chamada de proposição de artefatos pela metodologia *Design Science Research*, foi guiada pelos requisitos de projeto, conceitos e painéis visuais. A fase de requisitos de projeto, definiu que a composição da entressola por uma estrutura treliçada é uma solução adequada tanto para o processo produtivo quanto para o conceito de customização em massa. De acordo com Helou, Vongbunyong e Kara (2016), as estruturas treliçadas podem ser definidas como estruturas tridimensionais formadas por células unitárias interligadas que se repetem consecutiva e periodicamente. Ainda, elas

possuem boas propriedades mecânicas como alta rigidez e resistência e alta absorção de energia (Tao; Leu, 2016).

Desse modo, a geração de alternativas teve como ponto de partida o desenvolvimento de inúmeras células unitárias a partir de curvas com auxílio do software *Rhinoceros 3D*. Para a visualização e validação das células quando aplicadas tanto em uma estrutura simples, um cubo, quanto em uma estrutura mais orgânica, similar à do produto em desenvolvimento neste projeto, foi desenvolvido um algoritmo simplificado usando o *plugin Grasshopper 3D*.

Entre todas as opções geradas e testadas, inicialmente foram selecionadas 16 células unitárias que apresentaram maior potencial e consistência para compor uma estrutura de entressola coerente com a proposta do projeto (Figura 1). Para a geração de alternativas deste projeto, o uso ferramentas computacionais se mostrou mais adequado pela facilidade de manipulação de curvas, potencializando a quantidade de alternativas geradas, além de facilitar a compreensão das geometrias. Ainda, o desenvolvimento de um algoritmo foi fundamental para validar de forma rápida e consistente a geração de resultados satisfatórios de acordo com a célula unitária.

Figura 1 – Geração de alternativas



Fonte: Autoras.

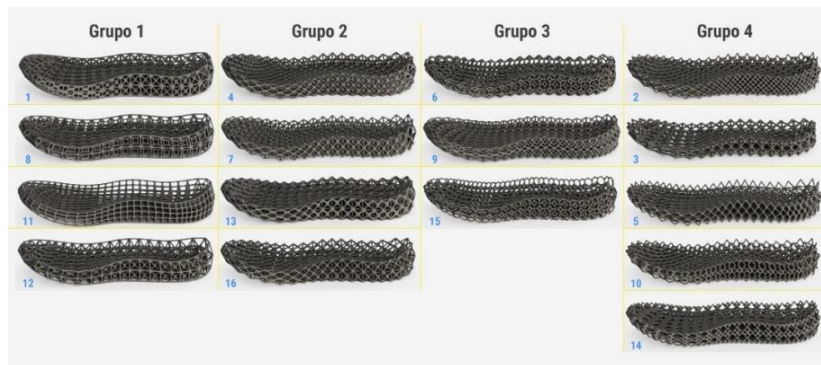
2.2. Critérios de seleção

Durante a etapa, as alternativas devem passar por um funil, em que as mais adequadas em relação aos critérios estabelecidos pelos requisitos de projeto seguem para a próxima fase. Os critérios de seleção devem estar apoiados em aspectos quantitativos e qualitativos, podendo compreender aspectos ambientais, tecnológicos e de materiais (Pazmino, 2015).

Desta forma, as 16 alternativas geradas na etapa anterior foram analisadas por meio de um *checklist* em que as ideias foram classificadas de acordo com o atendimento ou não dos critérios estabelecidos. Aspectos como 1) Fabricação, 2) Estética e 3) Ergonomia se adequaram perfeitamente a critérios como, respectivamente, 1) manufatura aditiva, 2) estrutura treliçada que pode ter variação de espessura e 3) customização a partir dos dados dos usuários. Assim, a partir da avaliação das alternativas, concluiu-se que todas atendem igualmente aos critérios de seleção. Comparando as ideias, nota-se que apesar de as células unitárias apresentarem geometrias e propriedades mecânicas distintas, algumas delas geram configurações visuais próximas.

Apesar de a análise estrutural das células ser um fator relevante na tomada de decisão, aqui, a estética foi o critério decisivo e serão descartadas as propostas que apresentam muita semelhança entre si. Dessa forma, para facilitar a decisão, as alternativas foram distribuídas em 4 grupos. Os 3 primeiros são formados por alternativas que possuem similaridade estética entre si e o último grupo é composto por alternativas que não se encaixaram em um conjunto (Figura 2).

Figura 2 – Agrupamento das alternativas



Fonte: Autoras.

Portanto, as alternativas que seguirão para as próximas etapas são: 5, 6, 7 e 11 (Figura 3). Contudo, como todas as alternativas atenderem os critérios de seleção, elas serão mantidas no algoritmo para futura análise estrutural e possível seleção mais adequada das soluções.

Figura 3 – Agrupamento das alternativas



Fonte: Autoras.

2.3. Modelagem 3D

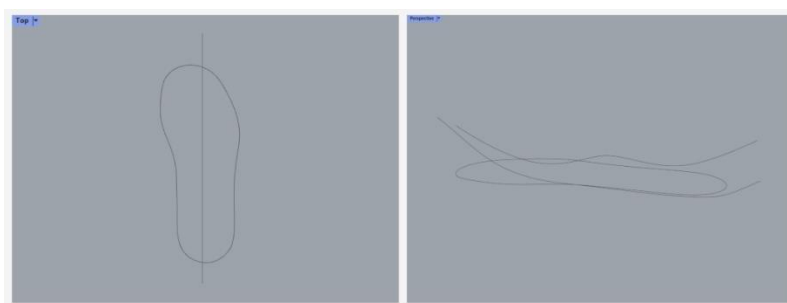
De acordo com Terdizis (2006), um algoritmo pode ser considerado um processo de solução de problemas a partir de um conjunto finito de etapas simples e precisas. Apesar de poderem ser definidos independentemente das linguagens de programação, os algoritmos estão fortemente associados ao computador e à geração de geometrias 3D por meio de um editor integrado a um sistema CAD (Tedeschi, 2014). A modelagem paramétrica, então, corresponde a um processo em que a construção de geometrias é baseada em regras ou algoritmos, geralmente derivados de ferramentas computacionais como *Processing*, *Grasshopper 3D* e outras plataformas de script (Agkathidis, 2015).

Ao contrário da modelagem tradicional, a modelagem paramétrica é um sistema composto por partes relacionadas entre si que se modificam juntas de maneira coordenada, sem que sua estrutura principal seja perdida (Woodbury, 2010). Ou seja, o output desse sistema pode ser considerado um modelo digital interativo que reage a modificações sofridas em seus parâmetros, manipulando todo o sistema. O projeto, então, pode ser alterado e modificado em qualquer estágio, permitindo que os designers desenvolvam um processo em vez de um único objeto (Oxman; Gu, 2015; Tedeschi, 2014).

A fim de englobar o conceito de customização, não foi desenvolvido um produto final, mas sim, um processo que, por meio de algoritmos generativos, permite a personalização do produto em todos os níveis: estético, de ajuste e conforto e funcional. Para isso, a modelagem 3D utilizou o software *Rhinoceros 3D* e o *plug-in Grasshopper 3D*.

O primeiro passo foi o desenho de 3 curvas base usando o *Rhinoceros 3D*, sendo elas 1) o perímetro, 2) o perfil superior e 3) inferior da entressola (Figura 4). Em seguida, as curvas foram transferidas para o *Grasshopper 3D* e internalizadas.

Figura 4 – Desenho das curvas base



Fonte: Autoras.

Com isso, a primeira parte do algoritmo consistiu na gradação da numeração de forma parametrizada a partir das curvas base. Foi definido que as entressolas devem ter numerações definidas, mas que variem em um valor de 0,5 em unidade de numeração para que os usuários encontrem com mais precisão uma numeração que corresponda ao tamanho de seus pés.

A classificação da numeração brasileira é indicada pela marcação do comprimento real do pé e não da fôrma do calçado (Luximon, A.; Jiang; Luximon, Y., 2020; Schmidt, 2007). E, segundo a NBR 15159:2013, norma vigente no Brasil que regulamenta o conforto de calçados e componentes, o comprimento do pé é compreendido como a “distância longitudinal entre o ponto mais proeminente na região da tuberosidade do calcâneo até o ponto mais proeminente na região da tuberosidade da falange distal do dedo mais saliente (dedo I, dedo II ou dedo III)”. Assim, para que os pés do usuário se acomodem adequadamente na entressola, o comprimento da curva base do perímetro possui 1 centímetro a mais do que o valor estabelecido pelo sistema de numeração.

Assim, o comprimento da curva base do perímetro de uma entressola tamanho 35 será dimensionada com $233,1 \text{ mm} + 10 \text{ mm}$, resultando em um valor de 243,1 mm de comprimento. A seleção da numeração na definição é feita por meio de um *number slider* que integra as 3 curvas base e seu alcance vai desde a numeração 32 até a 48. Esse valor foi estabelecido como um parâmetro, mas pode ser alterado, se necessário.

A partir desta etapa, vários testes de escaneamento 3D foram realizados com os pés de uma das autoras desta pesquisa, em empresas especializadas, bem como com *smartphone* iPhone 11, da Apple, que foi a solução escolhida para o desenvolvimento da entressola. Todo o processo foi realizado com auxílio do aplicativo *ScandyPro* e, com o escaneamento completo, a malha 3D teve que passar por um processo de reparo em regiões com falhas, com o auxílio do software Autodesk *MeshMixer*. Em seguida o modelo digitalizado foi importado no software *Rhinoceros 3D* e internalizado no *Grasshopper 3D*.

Independente da precisão do equipamento escolhido para o escaneamento 3D, julgou-se necessária a suavização do modelo 3D do pé e a redução de regiões convexas existentes, principalmente nas áreas compreendidas entre os dedos. Desse modo, foi gerado uma *convex hull*, ou envoltória convexa, que nada mais é do que o menor polígono convexo que contém a geometria. Assim, com auxílio do *plug-in Kangaroo Physics*, foi criada uma simulação que “embrulha” o pé escaneado a partir da envoltória convexa. Desse modo, foi possível manter o formato do pé e, ao mesmo tempo, reduzir as regiões convexas, processo fundamental para a etapa seguinte, como pode ser visto na figura 5.

Figura 5– Redução de regiões convexas do pé escaneado



Fonte: Autoras

Para desenvolver uma entressola que possua total contato com a base do pé, fornecendo um suporte de arco adequado, foi gerado um molde da planta do pé para que sua superfície pudesse ser usada como ponto de partida para a construção da geometria da entressola (Figura 6). Para a construção do molde, foram usados componentes nativos de extrusão e separação a partir das curvas base. Em seguida, foi realizada uma operação de subtração de geometrias entre o pé escaneado e o sólido gerado pelas curvas. Por fim, foram usados os componentes explode *unweld* para separar a *mesh* e o *list* item para a seleção da parte superior do molde.

O *output* gerado é uma *mesh* do tipo triangular (*triangle mesh*), ou seja, uma geometria complexa de edição ou manipulação. Então, foi necessária sua transformação em uma *quad mesh*, ou malha quadrilateral. Desse modo, foi possível definir um número coerente de divisões da *mesh* e, ainda, suavizá-la (Figura 7). Apesar de a quantidade de divisões escolhidas nesta fase influenciar na densidade da estrutura como um todo, ela pode ser alterada em qualquer momento por meio de um *number slider*.

Figura 6 – Extração da geometria da base do pé

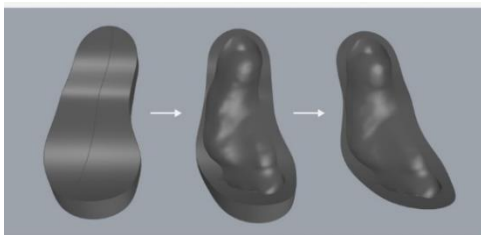
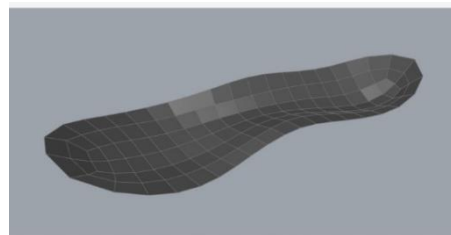


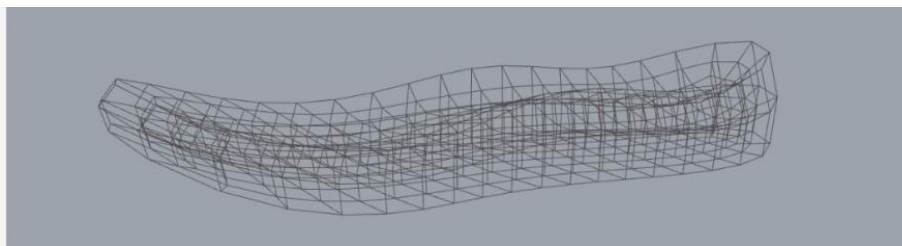
Figura 7 – Suavização e divisão da superfície



Fonte: Autoras.

Usando o componente *twisted box through SubDs* do *plug-in Pufferfish*, nesta etapa foi criada uma estrutura responsiva formada por *boxes* (caixas) conectadas entre as geometrias superior e inferior da entressola (Figura 8). Enquanto a quantidade de *boxes* dos eixos X e Y podiam ser alteradas na etapa anterior, nesta fase do processo é possível controlar o número de divisões no eixo Z. Cada *box* dessa estrutura irá conter uma unidade celular, levando à formação de uma estrutura de treliça.

Figura 8 – Estrutura formada por boxes

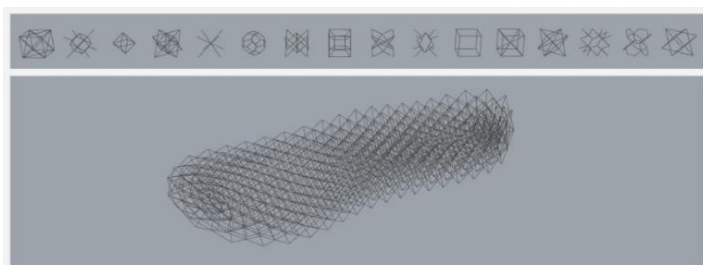


Fonte: Autoras.

As células unitárias usadas para compor a estrutura treliçada foram criadas no *Rhinoceros 3D* usando apenas curvas e, então, importadas no *Grasshopper 3D*. Na

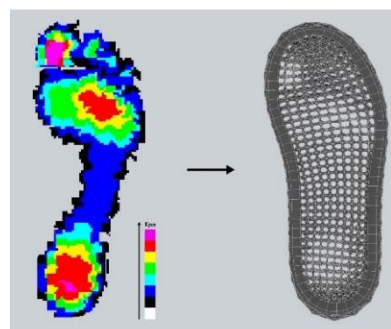
sequência, foi usado o componente *bounding box* para criar a menor *box* possível capaz de conter a célula unitária selecionada. Assim, por meio de outro componente do *Pufferfish*, o *morph to twisted box*, cada *box* gerado na etapa anterior na estrutura da entressola passou a englobar uma unidade de célula, formando a estrutura de treliça (Figura 9). Para a definição de uma espessura de treliça variável, foi realizado, com o equipamento Emed¹, um teste de baropodometria a fim de quantificar e medir as áreas de pressão na planta dos pés. Tais dados são representados por meio de um mapa de cores, em que cada uma delas representa um valor em quilopascal (kPa). O mapa de pressão é inserido na definição por meio do *image sampler*, um componente que lê os valores RGB da imagem. As cores deste mapa de pressão (Figura 10) funcionam como *attractor points*, em que cada cor influenciará na espessura da treliça, gerando uma entressola com diferentes espessuras ao longo da sua estrutura. Neste algoritmo, as unidades de pressão e de volume foram estabelecidas como sendo grandezas inversamente proporcionais. Ou seja, quanto maior o valor em kPa, menor a espessura das curvas da estrutura a fim proporcionar mais amortecimento nas áreas com maior pressão. Porém, os valores adequados da espessura irão variar de acordo com o tipo de célula unitária escolhida, material, processo de fabricação e inclusive a finalidade de uso da entressola.

Figura 9 – Formação da estrutura de treliça



Fonte: Autoras.

Figura 10 – Mapa de pressão



Fonte: Autoras.

Inicialmente, foi testado o protótipo do *plug-in Fattener*, que transforma as arestas das células unitárias em *quad meshes*. Apesar de essa ferramenta ser leve, fácil de usar e gerar geometrias fluidas, foram identificados erros de construção no modelo 3D quando mais de 4 curvas dividem o mesmo vértice. O *plug-in* de modelagem volumétrica *Dendro* também foi considerado e foi possível gerar geometrias fluidas e sem erros, porém, exigiu um alto processamento do computador para a produção de uma estrutura com espessura variável. Por último, foi utilizado o *MultiPipe*, um componente nativo do *Grasshopper 3D* em que foi possível estabelecer uma espessura às curvas sem apresentar erros ou exigir um alto tempo de processamento do computador. Vale ressaltar que a programação visual

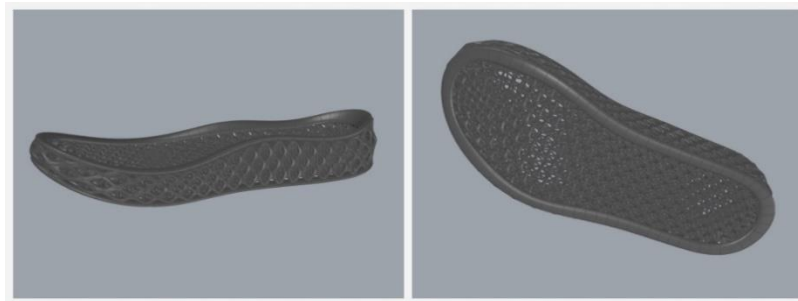
¹ <https://www.novelusa.com/emed>

em Grasshopper não foi aqui demonstrada devido a sua extensão, o que dificultaria a visualização.

2.4. Acabamento e impressão do protótipo

Considerando o processo de produção de um tênis e o próprio acabamento da entressola, foram adicionadas duas faixas de material na parte superior e inferior do produto para criar uma superfície de contato que possibilite a montagem da entressola com o cabedal e a sola (Figura 11). A partir do algoritmo, foi possível desenvolver um modelo digital interativo que reage a alterações sofridas em seus parâmetros de maneira coordenada. Assim, o projeto pode ser modificado de acordo com as necessidades do consumidor sem que a estrutura principal seja perdida.

Figura 11 – Acabamento



Fonte: Autoras.

Por apresentar uma estética compatível com as preferências do usuário e um bom amortecimento quando testada de maneira empírica, foi impresso um protótipo da entressola a partir da célula unitária número 7. Para a preparação da impressão (Figura 12), o arquivo foi convertido para o formato STL e levado ao software de fatiamento Ultimaker Cura 4.13.1. A peça foi impressa usando o material TPU da marca Slim 3D com parâmetro de altura de camada de 0,24mm e preenchimento de 100%. O tempo de impressão do protótipo foi de aproximadamente 85 horas com um gasto de 209g de material. Descontando o peso da parte de suporte, o peso do protótipo é de 183g.

Figura 12 – Fabricação do protótipo



Fonte: Autoras.

O fator de custo foi estabelecido com base no protótipo desenvolvido, porém sabe-se que ele deve variar de acordo com a tecnologia de manufatura aditiva utilizada. O custo médio de fabricação de uma unidade do produto (2023) levou em consideração o preço do filamento utilizado e o tempo de impressão com base na taxa de energia da distribuidora e o consumo médio da impressora 3D. A partir dos cálculos, concluiu-se que o custo de filamento foi de R\$ 52,25 e o consumo de energia elétrica foi de R\$ 12,21, levando a um custo total de fabricação do protótipo de R\$ 64,46.

3. Conclusão

A presente pesquisa buscou desenvolver uma proposta de entressola customizável com o objetivo de atender as demandas e desejos do usuário, seguindo tendências tecnológicas aplicadas na fabricação de calçados que validaram a possibilidade de desenvolvimento e produção em lotes de entressolas personalizadas.

Em razão da grande diversidade dimensional dos pés entre a população, durante a pesquisa, compreendeu-se que os tênis ainda apresentam diversos problemas ergonômicos. Esse fator ressalta a importância do desenvolvimento de entressolas customizadas a fim de diminuir os prejuízos causados à saúde e o bem-estar dos usuários causados pelo uso de produtos inadequados.

Dessa forma, a solução final deste projeto não diz respeito ao desenvolvimento de um produto específico, mas sim da geração de um processo construído a partir de algoritmos generativos em que o usuário participa do processo. Além disso, este trabalho teve a intenção de evidenciar a importância e expor as possibilidades do uso da modelagem paramétrica como ferramenta de projeto no Design de Produto.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação – citações em documentos. Rio de Janeiro, 2023. 19p.
- _____. **NBR 15159**: Conforto de calçados e componentes - determinação de diferentes perfis para o mesmo número - fôrma. 4 ed. Rio de Janeiro: 2013. 5 p.
- BOËR, Claudio Roberto; DULIO, Sergio. **Mass Customization and Footwear: Myth, Salvation or Reality?: a comprehensive analysis of the adoption of the mass customization paradigm in footwear, from the perspective of the euroshoe (extended user oriented shoe enterprise) research project**. Londres: Springer-Verlag, 2007.
- AGKATHIDIS, Asterios. **Generative Design: form-finding techniques in architecture**. [S. L.]: Laurence King, 2015. 160 p.
- BOSSAN, Marie-Josèphe. **The Art of the Shoe**. New York: Parkstone International, 2015.
- DEMELLO, Margo. **Feet and footwear: a cultural encyclopedia**. Santa Barbara: Greenwood Press, 2009.

- FRALIX, Michael T. **From Mass Production to Mass Customization**. Journal Of Textile and Apparel, Technology and Management, Cary, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2001.
- GOMES FILHO, João. **Ergonomia do Objeto: sistema técnico de leitura ergonômica**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2010. 272 p.
- GOONETILLEKE, Ravindra S. **The Science of Footwear**. Boca Raton: Crc Press, 2013.
- HELOU, Mark; VONGBUNYONG, Supachai; KARA, Sami. Finite Element Analysis and Validation of Cellular Structures. Procedia Cirp, [S.L.], v. 50, p. 94-99, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.018>.
- KOLAREVIC, Branko; DUARTE, José Pinto. Mass Customization and Design Democratization. Abingdon: Routledge, 2019. 289 p.
- LASI, Heiner et al. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 239-242, 19 jun. 2014. Springer Science and Business Media LLC.
- LUXIMON, Ameersing; JIANG, Lanyin; LUXIMON, Yan. **Sizing and Grading Methods with Consideration of Footwear Styles**. International Journal of Industrial Ergonomics, Hong Kong, v. 78, p. 1-10, jul. 2020.
- OXMAN, Rivka; GU, Ning. Theories and Models of Parametric Design Thinking. In: ECAADE (EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE), 33., 2015, Viena. Proceedins. Viena: Ecaade (Education And Research In Computer Aided Architectural Design In Europe) And Faculty Of Architecture And Regional Planning, Tu Wien., 2015. v. 2, p. 477-482.
- PAZMINO, Ana Veronica. **Como Se Cria: 40 métodos para design de produtos**. [S. L.]: Blucher, 2015. 278 p.
- ROMA, Annalisa di. **Footwear Design: the paradox of "tailored shoe" in the contemporary digital manufacturing systems**. The Design Journal, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 2689-2699, 28 jul. 2017.
- SCHMIDT, Mauri Rubem. **Modelagem Técnica do Calçado**. [S. L.]: Fiergs, 2007. 33 p.
- TAO, Wenjin; LEU, Ming C. Design of Laticce Structure for Additive Manufacturing. In: 2016 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FLEXIBLE AUTOMATION (ISFA), 2016, Cleveland. Proceedings. Cleveland: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ieee), 2017. v. 1, p. 325-332.
- TEDESCHI, Arturo. **AAD Algorithms-Aided Design: parametric strategies using grasshopper®**. [S. L.]: Le Penseur, 2014. 495 p.
- UKOBITZ, Desirée; FAULLANT, Rita. Leveraging 3D Printing Technologies: the case of Mexico's footwear industry. Research-Technology Management, [S.L.], v. 64, n. 2, p. 20-30, 1 mar. 2021. Informa UK Limited.
- WOODBURY, Robert. Elements of Parametric Design. [S. L.]: Routledge, 2010. 300 p.