

DESIGN CENTRADO NO USUÁRIO E TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA APLICADOS NO DESENVOLVIMENTO DE SOQUETE PARA PRÓTESE TRANSRADIAL: UM ESTUDO DE CASO

USER-CENTERED DESIGN AND RAPID PROTOTYPING TECHNOLOGIES APPLIED TO THE DEVELOPMENT OF TRANSRADIAL PROSTHESIS SOCKET: A CASE STUDY

Recebido em: 10 de abril de 2021
Aprovado em: 20 de julho de 2021
Sistema de Avaliação: Double Blind Review
RCO | a. 13 | v. 3 | p. 191-204 | set./dez. 2021
DOI: <https://doi.org/10.25112/rco.v3.2548>

Bruno Borges da Silva *bruno.borges@unesp.br*

Mestre em Design pela Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (São Paulo/Brasil).

Emilene Zitkus de Andrade *E.Zitkus@lboro.ac.uk*

Doutora em Design de Engenharia pela University of Cambridge (Cambridge/Reino Unido).
Professora Doutora da School of Design & Creative Arts, da Loughborough University (Loughborough/Reino Unido).

Fausto Orsi Medola *fausto.medola@unesp.br*

Doutor em Ciências/Bioengenharia pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (São Carlos/Brasil). Professor Doutor do Departamento de Design da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (São Paulo/Brasil).

Luis Carlos Paschoarelli *luis.paschoarelli@unesp.br*

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (São Carlos/Brasil).
Livre-Docente em Design Ergonômico pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (São Paulo/Brasil).

RESUMO

O design de próteses para pessoas com amputação ou má-formação de membros é uma das aplicações em Tecnologia Assistiva (TA) expressivamente beneficiadas pelos avanços tecnológicos em processos, sistemas e materiais. Entretanto, muitos aspectos deste produto ainda representam problemas ergonômicos que comprometem o conforto e usabilidade, tais como a interface entre o coto e soquete. Este estudo teve como objetivo descrever, por meio de um estudo de caso, a aplicação dos princípios do Design Centrado no Usuário (DCU) associado às Tecnologias de Prototipagem Rápida (TPR) no desenvolvimento de um soquete para uma prótese transradial. O processo envolveu a participação de um adulto do gênero masculino e com má-formação congênita do membro superior esquerdo. Foram desenvolvidas e avaliadas quatro alternativas de soquete e, após avaliação com o usuário, foi desenvolvido um liner a partir da última alternativa, que foi considerada segura e confortável pelo participante. Portanto, observou-se que a integração entre DCU e TPR permitiu o aprimoramento dos aspectos ergonômicos do design da interface, demonstrando assim potencial para contribuir para o aperfeiçoamento de outras TA.

Palavras-chave: Prótese Transradial. Escaneamento 3D. Impressão 3D.

ABSTRACT

The design of prosthesis for people with amputation or limb malformation is one of the applications in Assistive Technology (AT) expressively benefited by technological advances in processes, systems and materials. However, many aspects of this product still represent ergonomic problems that compromise comfort and usability, such as the interface between the stump and the socket. This study aimed to describe, through a case study, the application of User-Centered Design (UCD) associated with Rapid Prototyping Technologies (RPT) in the development of a socket for a transradial prosthesis. The process involved the participation of an adult male with congenital malformation of the left upper limb. Four socket alternatives were developed and evaluated and, after assessment with the user, a liner was developed from the last alternative, which was considered safe and comfortable by the participant. Therefore, it was observed that the integration between UCD and RPT allowed for the improvement of the ergonomic aspects of the interface design, thus showing potential to contribute to the improvement of other AT.

Keywords: Transradial Prosthesis. 3D Scanning. 3D Printing.

1 INTRODUÇÃO

Próteses são dispositivos assistivos desenvolvidos para substituir um membro do corpo humano, cuja ausência deu-se devido a uma patologia, trauma ou problemas congênitos; e são empregadas, prioritariamente, para suprir as necessidades de reposição e/ou readaptação. Para muitas Pessoas com Deficiência (PcD), as próteses desempenham papel fundamental na reabilitação e integração social.

Há registros históricos de próteses desenvolvidas entre o Século X e VIII a.C (FINCH, 2011), mas a evolução tecnológica das últimas décadas, com o emprego de novos processos, materiais e conformidades técnicas, proporcionou uma ampla gama de soluções tecnológicas e funcionais.

Apesar de todo aperfeiçoamento observado, existem ainda alguns problemas não completamente solucionados, como por exemplo a interface entre a parte do membro residual - o denominado "coto" - e o soquete da prótese. Os problemas desta interface são considerados os aspectos mais críticos de qualquer prótese de membro superior ou inferior (MARKS; MICHAEL, 2001), uma vez que o bom encaixe entre coto e soquete determina o conforto e a capacidade de controle dos usuários. Por outro lado, o encaixe inadequado pode causar desconforto e se tornar um dos principais fatores que conduzem à rejeição do uso de próteses de membro superior (RESNIK *et al.*, 2012). Um outro problema nesta interface pode estar relacionado ao inadequado dimensionamento do soquete e sua relação com o coto, especialmente aqueles de menor tamanho, cuja alavanca proporcionada pela prótese pode suceder em problemas na pele e músculo-esqueléticos (BAVIKATTE *et al.*, 2012). De acordo com esses autores, isto leva ao surgimento de dores, limitação nas atividades, abandono da prótese e frustração emocional dos usuários.

Este tipo de problema pode ser abordado por meio da ergonomia e usabilidade no design de próteses - e no caso deste estudo, particularmente o soquete - o que pode resultar em maior funcionalidade, eficácia, segurança e facilidade de uso (OSVALDER; BLIGÅRD, 2007). Segundo estes autores, para alcançar um elevado nível de usabilidade e boa ergonomia física, a participação dos usuários durante o processo de desenvolvimento de produto deve ser favorecida. Uma alternativa para esses casos é a aplicação dos princípios do Design Centrado no Usuário (DCU) associada ao emprego de Tecnologias de Prototipagem Rápida (TPR).

DCU apresenta como pressuposto metodológico a identificação do problema e geração de soluções por meio de processos que envolvam usuários finais reais, colaborando com as necessidades de usabilidade exigidos (ABRAS *et al.*, 2004). Neste sentido, caracteriza-se pela participação do usuário durante todo o processo de criação do produto, ao invés de consultá-lo apenas quando o projeto já estiver

finalizado. Desta forma, é possível entender melhor as necessidades, desejos e comportamentos das pessoas que irão utilizar o produto (GULLIKSEN, 2003).

TPR são aquelas baseadas em sistemas CAD/CAM para produção de protótipos, entre as quais se destacam o escaneamento e a impressão 3D. De acordo com Kate, Smit e Breedveld (2017), a aplicação dessas TPR, além de proporcionar maior liberdade na criação de geometrias complexas e produção rápida, permite ainda a personalização dos produtos, como por exemplo a possibilidade de se aplicar diferentes encaixes, formas e tamanhos para uma finalidade específica.

As TPR tem sido amplamente empregadas por comunidades *makers* para o desenvolvimento de próteses de membro superior, mas a grande maioria das soluções apenas transforma aplicações robóticas em próteses (VUJAKLIJA; FARINA, 2018), sempre havendo a necessidade de um serviço profissional de adaptação protética, que geralmente leva várias sessões para alcançar bons níveis de encaixe, funcionalidade e conforto. Assim, a utilização de escaneamento e impressão 3D dos soquetes pode resultar em uma produção mais rápida, precisa, e principalmente, com melhor qualidade ergonômica.

O presente artigo teve como objetivo apresentar um estudo de caso com aplicação de princípios do DCU - participação efetiva do usuário - e TPR - escaneamento e impressão 3D - no desenvolvimento de um soquete para uma prótese transradial. Neste sentido, visa demonstrar que a integração desses instrumentos, característicos da Ergonomia e do Design, podem contribuir para o aperfeiçoamento de Tecnologias Assistivas (TA).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTUDO, ASPECTOS ÉTICOS E DO PARTICIPANTE

Este artigo descreve um “estudo de caso” e relata o desenvolvimento de um soquete para uma prótese transradial, por meio de princípios metodológicos de UCD - envolvimento direto de um participante - e TPR - escaneamento e impressão 3D. O protocolo adotado foi aprovado pelo sistema CONEP-MS (CAAE 12873519.5.0000.5663) em atendimento às Resoluções 466/12-CNS-MS e 510/17-CNS-MS. O participante é do gênero masculino, com idade de 26 anos e relatou nunca ter utilizado uma prótese. Apresenta má-formação congênita do membro superior esquerdo, a partir do nível transradial proximal, associada ao uso de talidomida ($C_{13}H_{10}N_2O_4$).

2.2 INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

Para o processo de escaneamento do coto do participante foi utilizado o *Scanner* 3D portátil, modelo EinScan Pro 2x Plus (Shining 3D, China) capaz de capturar informações de um objeto tridimensional, com acurácia de 0,3mm até 0,05mm, possibilitando a modelagem precisa e personalizada do encaixe da prótese. Para a impressão do soquete, empregou-se uma impressora 3D GTMAX Core H4 (GTMAX3D, Brasil). Também foram empregados o software Rhinoceros 3D (CAD), destinado à manipulação das superfícies orgânicas geradas a partir dos modelos matemáticos da digitalização 3D; e o Software Simplify 3D (CAM), utilizado para fatiar o modelo virtual em camadas horizontais para impressão.

2.3 MATERIAIS DO SOQUETE

Para a estrutura rígida do soquete foi empregado filamento PLA, que é um material biodegradável, fabricado a partir do processamento do amido de milho ou cana-de-açúcar (LASPRILLA *et al.*, 2012). Para o *liner* (estrutura maleável de contato entre a pele do usuário e o soquete) foi empregado elastômero de silicone Ecoflex 00-20®, que é um material flexível à base de platina e com baixa viscosidade.

2.4 PROCEDIMENTOS

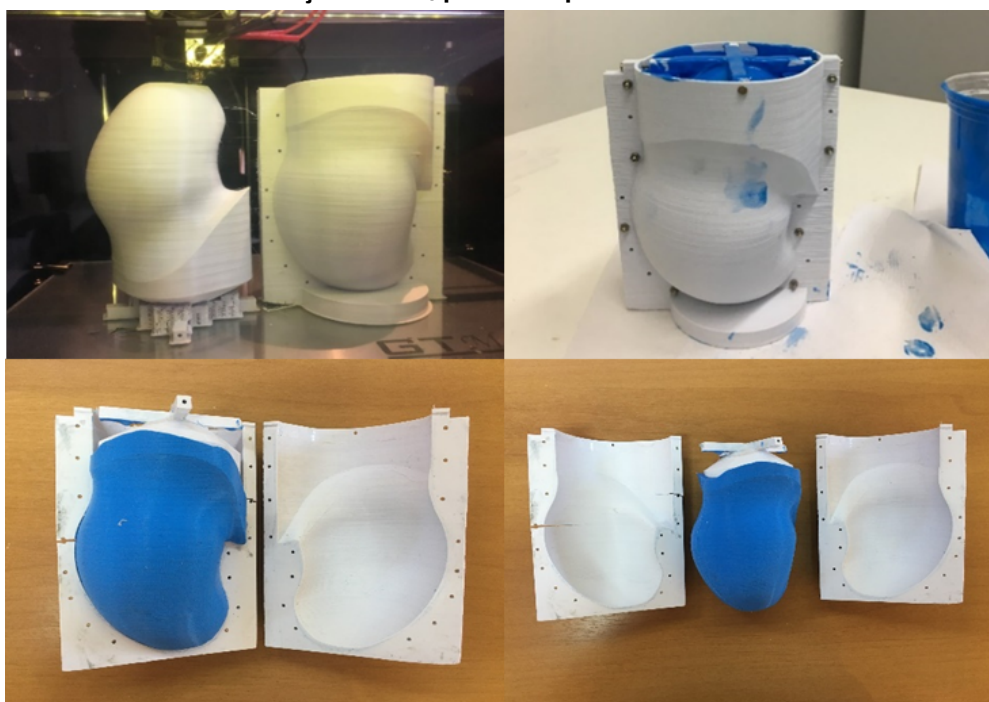
Considerando a característica descritiva do presente estudo e seu objetivo, os procedimentos metodológicos são caracterizados por:

- entrevista com o participante, abordando experiências prévias com o uso de próteses; preferências estéticas e levantamento de requisitos de projeto, tais como custo, peso, manutenção, limpeza, uso e conforto;
- processo de escaneamento 3D do coto (membro superior esquerdo com má-formação), com o participante sentado e o membro superior elevado (flexão de ombro a 180°), com o equipamento *Scanner* 3D em movimento.;
- criação e desenvolvimento de alternativas (sketches, modelagem virtual e prototipagem) para o sistema de encaixe da prótese (soquete) com o coto;
- criação e desenvolvimento de um *liner* que completasse o espaço entre o coto e o soquete, desenvolvido a partir da avaliação do participante de três amostras de silicone (Dragon Skin™ 10; Ecoflex® 00-20; e Ecoflex® 00-30) todos atóxicos e próprios para contato com a pele. Foram empregados o modelo 3D do escaneamento do coto (molde positivo) e o modelo para a

fabricação do soquete (molde negativo) com vão de 4 mm (Figura 01). O silicone Ecoflex® 00-20 foi envasado no vão e após a cura, os moldes foram abertos e o *liner* final disponibilizado; e

- participação do participante na avaliação de todas as etapas até a definição da proposta final.

Figura 01 – Processo de confecção do *liner*, produzido preliminarmente em silicone comum (azul).



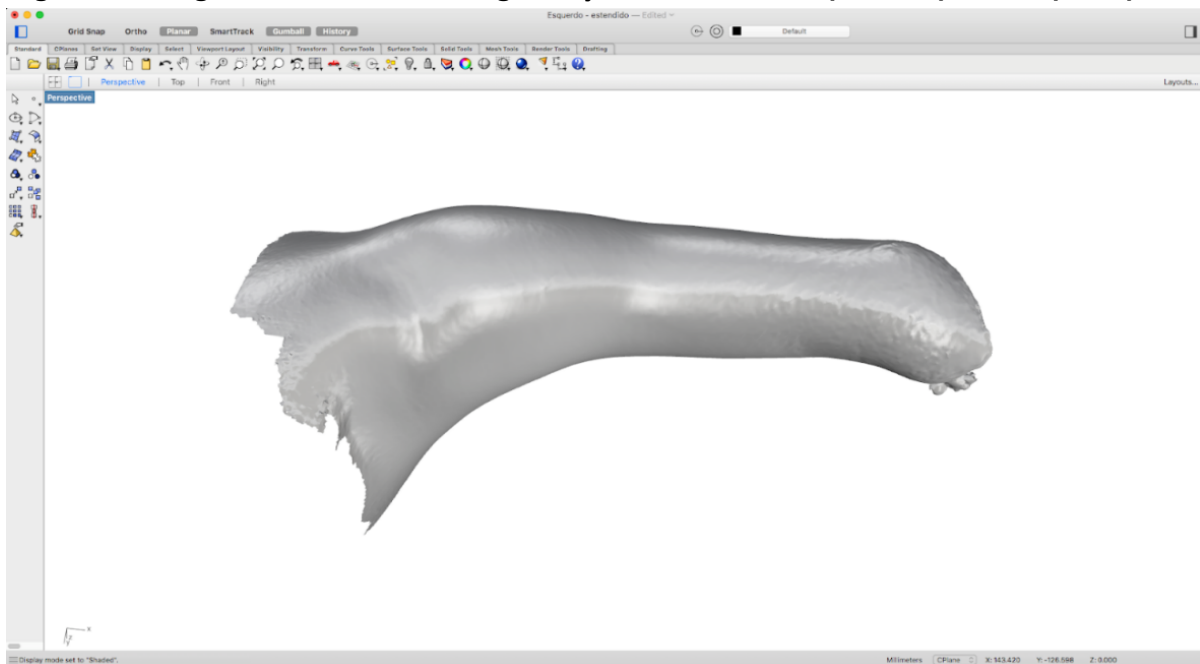
É importante relatar que os procedimentos aqui descritos ocorreram anteriormente ao projeto da prótese completa.

3 RESULTADOS

Os resultados da entrevista apontaram que as principais expectativas do usuário em relação à prótese referiam-se ao conforto, leveza, segurança e/ou facilidade no uso, manutenção e higienização.

O resultado do processo de digitalização (Figura 02) foi essencial para iniciar a modelagem do soquete, bem como para aplicar no desenvolvimento do *liner* (descrito a frente).

Figura 02 – Imagem com o resultado da digitalização 3D no membro superior esquerdo do participante.



Foram confeccionadas quatro alternativas/protótipos de sistemas de encaixe da prótese com o coto, sendo a quarta alternativa a partir do arquivo digitalizado do coto.

A primeira alternativa/protótipo (formato "U") foi posicionado na porção proximal do coto do participante (Figura 03), o qual realizou movimentos de flexão e extensão do cotovelo, verificando a inexistência de limitações de movimento. Porém o participante relatou elevado nível de desconforto, decorrente da pressão do protótipo sobre o coto; e insegurança decorrente da provável alavanca que a prótese completa poderia ocasionar.

Figura 03 – Primeira alternativa/protótipo de encaixe da prótese com o coto.



A segunda alternativa/protótipo caracterizou-se por um encaixe para a prótese, um pouco mais largo (para aumentar a segurança) e com aberturas para ampliar a respiração da pele (Figura 04), entretanto foi constatado igualmente desconforto e insegurança pelo participante.

Figura 04 – Segunda alternativa/protótipo de encaixe da prótese com o coto.



A terceira alternativa/protótipo foi desenvolvida, apresentando um sistema articulado com elementos de fixação na parte distal do braço e proximal do antebraço (Figura 05), os quais visavam ampliar a segurança da prótese, porém o mesmo continuava apresentando alguma percepção de desconforto, além de limitações de movimento do cotovelo.

Figura 05 – Terceira alternativa/protótipo de encaixe da prótese com o coto.



A quarta alternativa visou ampliar a segurança e estabilidade da prótese com formato “côncavo” do soquete (o oposto ao coto), cobrindo toda a pele do coto (Figura 06). Apresenta folga de 2mm entre o volume do coto e a peça impressa, com uma deformação que proporciona uma leve pressão acima dos epicôndilos lateral e medial. O protótipo (Figura 07) foi avaliado pelo participante, o qual o descreveu como confortável, firme e que permitia a livre movimentação do membro superior.

Figura 06 - Modelagem da quarta alternativa de soquete.

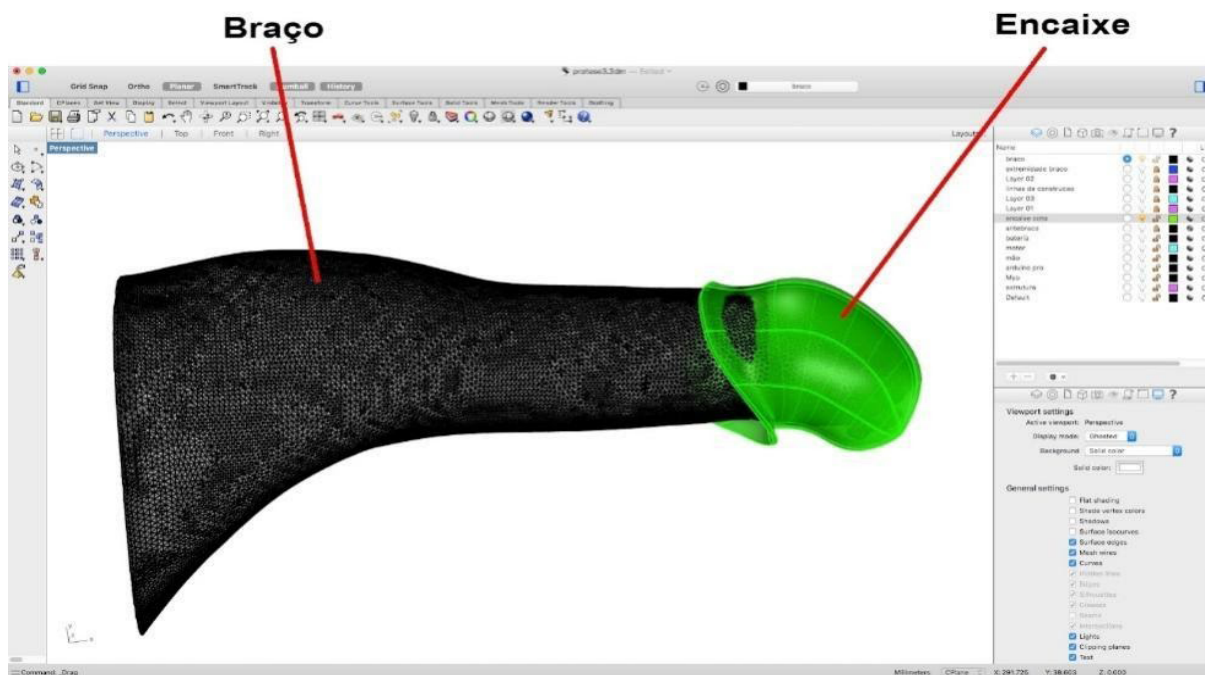


Figura 07 – Protótipo da quarta alternativa de soquete para coto, sendo avaliado pelo participante.



O *liner* (Figura 08) foi produzido com silicone Ecoflex® 00-20 (translúcido) e se ajusta entre o coto e o soquete, criando maior aderência e melhor distribuição de pressão em pontos específicos. O participante descreveu-o como confortável e firme ao mesmo tempo, atendendo plenamente os requisitos de projeto para aquele fim.

Figura 08 – *Liner* produzido com silicone Ecoflex® 00-20 (translúcido) e atua entre o coto e o soquete.



4 DISCUSSÃO

O desenvolvimento de próteses passou por uma expressiva evolução nas últimas décadas, apesar de ainda serem identificados problemas ergonômicos neste dispositivo assistivo. A interface entre o coto e o soquete da prótese, foco deste trabalho, é possivelmente um dos problemas ergonômicos mais desafiadores, considerando a necessidade de um encaixe firme, estável e confortável. O presente

trabalho descreve a aplicação de princípios do DCU - com a participação direta de um usuário - e TPR - escaneamento e impressão 3D - no desenvolvimento de um soquete para uma prótese transradial. Os resultados preliminares demonstram que o uso de princípios metodológicos do DCU, associado ao emprego concomitante de TPR, pode aperfeiçoar o processo de desenvolvimento e inovação de produtos de TA. Torres-Moreno *et al.* (1991) já haviam desenvolvido um procedimento para produção de soquetes de prótese transtibial empregando sistemas CAD-CAM; na ocasião, apesar do usuário não referir pontos de desconforto nem dificuldade de transmissão de forças, os autores do estudo recomendaram ampliar as avaliações para este tipo de abordagem.

Particularmente quanto aos procedimentos metodológicos adotados, pode-se afirmar que os processos de escaneamento e impressão 3D foram essenciais no desenvolvimento das quatro alternativas de soquetes, pois permitiram produzir modelos virtuais e protótipos funcionais com as dimensões exatas do coto do participante. O escaneamento 3D foi essencial para se desenvolver o *liner*. De acordo com Kate, Smit e Breedveld (2017), estas TPR permitem promover as alterações e aperfeiçoamentos necessários e com facilidade durante o processo; e isto foi observado nos resultados do presente estudo. Além disso, os resultados demonstram que etapas de desenvolvimento e avaliação dos protótipos foram se alternando, indicando uma melhoria progressiva das características ergonômicas da interface, baseado especialmente na percepção de segurança, funcionalidade e conforto, manifestada pelo participante. McFarland *et al.* (2010) reportaram que desconforto e falta de funcionalidade são as causas mais frequentes de rejeição de próteses. Portanto, a consideração destes fatores durante o desenvolvimento do soquete foi essencial para se obter qualidade ergonômica e boa usabilidade, antes mesmo do produto ser fornecido ao usuário final. No mesmo sentido, Osvalder e Bligård (2007) ressaltam a importância de envolver ergonomia e usabilidade no processo de desenvolvimento de produtos para as áreas da saúde, buscando o melhor desempenho, eficácia, segurança e facilidade de uso. Corroborando com os achados no presente estudo, os autores indicam que, para bons resultados com relação à usabilidade e ergonomia, é importante o envolvimento direto dos usuários no processo de desenvolvimento. Com relação aos soquetes desenvolvidos, particularmente as características ergonômicas e de usabilidade da quarta alternativa, notam-se avanços no design e nos materiais utilizados nos soquetes de próteses de membros superior e inferior (MARKS; MICHAEL, 2001). Particularmente com relação ao *liner*, os autores apontam que o emprego de elastômeros pode proporcionar uma camada fina e confortável entre a pele do coto e o soquete da prótese, reforçando a percepção de conforto descrita pelo participante do estudo. De acordo com Resnik *et al.* (2012), entre os fatores que conduzem à rejeição de próteses de membro superior destaca-se o mau encaixe e o desconforto observado entre o coto e o soquete. Para Pendegrass

et al. (2008), uma distribuição de pressão não-uniforme na interface entre coto e soquete pode levar à dor, infecção e necrose dos tecidos macios. Estes autores apresentam como alternativa o uso de implantes ortopédicos que possam fazer a interface direta entre prótese e coto, entretanto o elevado custo e a exigência de procedimentos invasivos podem representar uma barreira para este tipo de solução.

Já com relação às perspectivas para pesquisa e desenvolvimento nesta área tão dinâmica para o desenvolvimento de produtos, pode-se afirmar que a participação do usuário é um fator essencial. De acordo com Biddiss e Chau (2007), aumentar a ênfase na pesquisa participativa e satisfação do usuário garantirá que os futuros projetos protéticos preencham a lacuna existente entre laboratório de pesquisa, clínica e ambiente de vivência humana. Dessa forma, os autores enfatizam que os estudos futuros devem atentar, principalmente, para incluir a participação do usuário, em uma pesquisa multicêntrica mais ampla. Apesar da importante contribuição do DCU descrita nos resultados do presente estudo, acredita-se que o desenvolvimento de produtos de TA possa ser aperfeiçoado com a aplicação dos princípios do Co-Design (CoD). De fato, os princípios do DCU e CoD se aproximam muito por envolverem ativamente as pessoas a quem o design deve servir. Contudo, Sanders e Stappers (2008), apontam que há uma diferença no nível de envolvimento do usuário: enquanto no DCU o envolvimento das pessoas restringe-se apenas às etapas de experimentação, a abordagem do CoD permite que os indivíduos participem ativamente do projeto como integrantes da equipe. No caso do desenvolvimento de próteses de membros superior ou inferior, por envolverem múltiplos fatores (conforto, funcionalidade, estética, aceitação e outros), deve ser considerada a possibilidade de se aplicar um processo colaborativo entre usuários e designers, conforme preconiza Blom e French (2018), possibilitando alcançar também a verdadeira expressão da identidade dos usuários.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresentou a aplicação de DCU e TPR no desenvolvimento de um soquete para uma prótese transtibial. O envolvimento de um participante em todas as etapas de projeto, com aplicação de escaneamento e impressão 3D, resultou em uma proposta cuja segurança e conforto do usuário foram destacados.

Entretanto, por se tratar de um relato de caso, os achados presentes neste estudo podem não ser estendidos para outros usuários com diferentes níveis de amputação e tipos de prótese. De qualquer maneira, foi possível observar que ergonomia e design devem atuar juntos no desenvolvimento de produtos de TA, proporcionando segurança e conforto aos usuários.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido com apoio da CAPES - Processos 88887.095645/2015-01-3693/2014 e 88882.180480/2018-01; e CNPq - Processo 304619/2018-3.

REFERÊNCIAS

ABRAS, C.; MALONEY-KRICHMAR, D.; PREECE, J. User-Centered Design. In: Bainbridge, W. (Org.). **Encyclopedia of Human-Computer Interaction**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2004, p. 1-14.

BAVIKATTE, G.; KULKARNI, J.; CHOUKAIRI, F.; LEES, V. Use of Lipomodeling to Forearm Residuum to Assist Fitting of Below-Elbow Prosthesis. **Journal of Prosthetics and Orthotics**, v. 24, n. 1, p 50-51, 2012.

BIDDISS, E. A.; CHAU, T. T. Upper-limb prosthetics: critical factors in device abandonment. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 86, n. 12, p. 977-987, 2007.

BLOM, J.; FRENCH, T. The Aesthetics of Prosthetic Greaves: Co-Design for Expressing Personal Identity. **Making Futures**, v. 5, p. 1-18, 2018.

FINCH, J. The art of medicine - The ancient origins of prosthetic medicine. **The Lancet**, v. 377, p. 548-549, 2011.

GULLIKSEN, J.; GORANSSON, B.; BOIVIE, I.; BLOMKVIST, S.; PERSSON, J.; CAJANDER, A. Key Principles for User-Centred Systems Design. **Behaviour and Information Technology**, v. 22, n. 6, p. 397-409, 2003.

KATE, J.; SMIT, G.; BREEDVELD, P. 3D-printed upper limb prostheses: a review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 12, n. 3, p. 300-314, 2017.

LASPRILLA, A. J. R.; MARTINEZ, G. A. R.; LUNELLIA, B. H.; JARDINIA, A. L.; MACIEL FILHO, R. Poly-lactic acid synthesis for application in biomedical devices - a review. **Biotechnology Advances**, v. 30, n. 1, p. 321-328, 2012.

MARKS, L. J.; MICHAEL, J. W. Artificial limbs. **British Medical Journal**, v. 323, p. 732-735, 2001.

McFARLAND, L. V.; WINKLER, S. L. H.; HEINEMANN, A. W.; JONES, M.; ESQUENAZI, A. Unilateral upper-limb loss: satisfaction and prosthetic-device use in veterans and servicemembers from Vietnam and OIF/OEF conflicts. **Journal of Rehabilitation, Research & Development**, v. 47, n. 4, p. 299-316, 2010.

MIGUELEZ, J.; CONYERS, D.; LANG, M.; DODSON, R.; GULIK, K. Transradial and Wrist Disarticulation Socket Considerations: Case Studies. **Journal of Prosthetics and Orthotics**, v. 20, p. 118-125, 2008.

OSVALDER, A. L.; BLIGÅRD, L. O. **Usability and ergonomics in medical equipment**. In: Proceedings of the 39th Nordic ergonomics society conference, October 1–3 2007, Lysekil, Sweden, 2007.

PENDEGRASS, C. J.; GORDON, D.; MIDDLETON, C. A.; MAN SUN, S. N.; BLUNN, G. W. Sealing the skin barrier around transcutaneous implants - in vitro study of keratinocyte proliferation and adhesion in response to surface modifications of titanium alloy. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 90-B, n. 1, p. 114-121, 2008.

RESNIK, L. Development and testing of new upper-limb prosthetic devices: Research designs for usability testing. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 48, n.6, p 697-706, 2011.

SANDERS, E. B. N.; STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **Co-design Journal**, v. 4, n. 1, p. 5-18, 2008.

TORRES-MORENO, R.; SAUNDERS, C. G.; FOORF, J.; MORRISON, J. B. Computer-aided design and manufacture of an above-knee amputee socket. **Journal of Biomedical Engineering**, v. 13, p: 3-9, 1991.

VUJAKIJA, I.; FARINA, D. 3D printed upper limb prosthetics. **Expert Review of Medical Devices**, v. 15, n. 7, p. 505-512, 2018.