



Preliminary Investigations in the Construction of Transformational Prostheses

Investigações Preliminares acerca da Construção de Próteses Transformacionais

Monica Tavares*

Department of Fine Arts, School of
Communications and Arts -
University of São Paulo, São Paulo SP
Brazil
mbstavares@usp.br

Chi-Nan Pai

Department of Mechatronics
Engineering, Polytechnic School -
University of São Paulo, São Paulo SP
Brazil
chinan.pai@usp.br

Juliana Henno

Department of Product and Services
Design, European Design Institute,
São Paulo SP Brazil
julianahenno@gmail.com

ABSTRACT

This article presents the conceptual proposal related to the construction of a transformational prosthesis, broadly understood as physical and psychic extensions of an individual, in short, as devices that allow them to change their external environment, and, consequently, transform their internal environment. According to the title, this study is in a preliminary stage of development, with a view to submission to development agencies. In its later stages, the project will consider the demands centered on users based on their context and experiences. Initially, the article describes the aim of the partnership, responsible for the production of the prosthesis, which is to develop an environment of scientific and artistic innovation in the synergy between the areas of Arts, Design, Mechatronics and Medicine, and, therefore, expand the possibility of the creation of special upper and lower limb prostheses. Such a partnership has been established between Dr. Monica Tavares, of the School of Communication and Arts at the University of São Paulo (USP), Dr. Chi-Nan Pai, of the Polytechnic School at USP, and Dr. Juliana Henno, of the European Institute of Design. Secondly, the project demonstrates the specifics of what is a transformational prosthesis, which results from the use of objectiles and digital fabrication techniques that aim to supply, correct or increase a given capacity or sense of the individual. Thirdly, it presents the differences between a functional prosthesis and a cosmetic prosthesis, pointing out the intention of the established partnership to work in synergy between art, science and technology, transposing the simple duality between the functional and the cosmetic; here, the initial studies of the functional structure of an

Monica Tavares is a professor at Graduate Program in Visual Arts at University of São Paulo. She has a postdoctoral degree at the interdisciplinarity between the digital art and design (Cornell University, 2014, and Pennsylvania State University, 2009), a PhD in Arts (University of São Paulo, 2001), a Master degree in Multimedia (State University of Campinas, 1995) and she is under-graduated in Architecture (Federal University of Bahia, 1982). She is currently a fellow research productivity (PQ2-CNPQ).

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

ARTECH 2021, October 13–15, 2021, Aveiro, Portugal, Portugal

© 2021 Association for Computing Machinery.

ACM ISBN 978-1-4503-8420-9/21/10...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/3483529.3483701>

upper limb prosthesis are also presented. And, fourthly, possibilities for aesthetic configurations of this prosthesis are shown, considering that the multiplicity and variability of visual options are the theme for its customization.

CCS CONCEPTS

• **Applied computing** → Arts and humanities; Media arts; • **Human-centered computing** → Accessibility Accessibility technologies; Accessibility; Accessibility systems and tools.

KEYWORDS

Art, Design, Mechatronics, Medicine, Prosthesis, Customization

ACM Reference Format:

Monica Tavares, Chi-Nan Pai, and Juliana Henno. 2021. Preliminary Investigations in the Construction of Transformational Prostheses: Investigações Preliminares acerca da Construção de Próteses Transformacionais. In *10th International Conference on Digital and Interactive Arts (ARTECH 2021)*, October 13–15, 2021, Aveiro, Portugal, Portugal. ACM, New York, NY, USA, 6 pages. <https://doi.org/10.1145/3483529.3483701>

1 DA PARCERIA ACADÊMICA

Em 2020, foi iniciada uma parceria acadêmica entre a Profa. Dra. Monica Tavares, da Escola de Comunicações e Artes da USP, o Prof. Dr. Chi-Nan Pai, da Escola Politécnica da USP, e a Profa. Dra. Juliana Henno, do Instituto Europeo di Design, docentes vinculados a instituições de ensino no Brasil, com vistas ao desenvolvimento de próteses de membros. O objetivo desta parceria é desenvolver um ambiente de inovação científica e artística na sinergia entre as áreas das Artes, Design, Mecatrônica e Medicina e, por conseguinte, ampliar a possibilidade de produção de próteses singulares de membros superiores e inferiores.

Esta troca de conhecimento no desenvolvimento desse tipo de objeto tem se mostrado essencial visto que, por meio de uma abordagem transdisciplinar, pretende-se, sobretudo, viabilizar a produção de novas formas de invenção estética. Por sua vez, esses novos objetos podem também promover ou reiterar a autoconfiança e a autoestima dos indivíduos que os utilizarão.

Assim sendo, desta parceria, busca-se não só a realização desses objetos, mas, sobretudo, a sistematização de processos de criação em que a utilização da simulação e da fabricação digitais possibilitem a customização dos mesmos.

Apesar do pouco tempo do trabalho da equipe, já está em andamento uma proposta conceitual preliminar, que contempla especificamente o desenvolvimento de uma prótese de membro superior. Intenta-se que este objeto venha, ao mesmo tempo, se manifestar de modo funcional e estético. Enfim, intenciona-se que tal prótese não venha simplesmente privilegiar o seu caráter funcional, mas também projeta-se promover o seu uso a partir da caracterização de singularidades estéticas proporcionadas pela multiplicidade e pela variedade de seus elementos.

Após pesquisa do estado da arte acerca da produção de próteses que contemplem um duplo viés – estético-funcional, notou-se que há um caminho a se trilhar na perspectiva de preencher, no âmbito nacional (e, quiçá, internacional), lacunas no tocante à pesquisa e ao desenvolvimento desse tipo de objeto.

Neste momento da pesquisa, está sendo priorizado o desenvolvimento preliminar de protótipos conceituais, tanto no que concerne à funcionalidade, quanto à aparência. Deste modo, etapas centradas no usuário que definem as demandas específicas serão necessariamente contempladas a partir dessas propostas conceituais, passíveis de revisão e readaptações.

Logo, é nossa meta assegurar trocas e diálogos constantes entre os integrantes desta parceria e, também, os possíveis usuários, de modo a favorecer a criação de um ambiente de pesquisa colaborativo, identificando, assim, fatores críticos para tornar exequíveis o planejamento, a implementação e a avaliação das atividades em desenvolvimento.

2 DAS PRÓTESES TRANSFORMACIONAIS

O neologismo “prótese transformacional”, proposto por Tavares [1], diz respeito a um tipo de objeto que agrega em si mesmo tanto a noção de *objectile* de Deleuze, quanto a ideia de objeto transformacional de Bollas.

No que tange ao primeiro conceito, segundo Deleuze [2], o *objectile* diz respeito a um novo estatuto de objeto, em que este não mais se reporta a um molde espacial, nem a uma relação forma-matéria, mas, sim, a uma modulação temporal, em constante transformação. Carpo [3] estende esta noção à ideia de um algoritmo paramétrico.

No que concerne ao segundo conceito, para Bollas [4], o objeto transformacional refere-se a uma identificação, na qual um primeiro objeto (a ser vivenciado por um indivíduo) é “conhecido”, não como uma representação desse objeto, mas sim, como uma experiência recorrente do ser – mais existencial e oposta a um saber representacional.

Assim, com base nesses autores, Tavares [5] entende que as próteses transformacionais se fundamentam com base em três particularidades, a seguir apresentadas: 1) são: a) processos em transformação; b) acontecimentos capazes de afetar e serem afetados; c) singularidades que se viabilizam em decorrência de processos de (i)materializações; 2) podem ser entendidas como qualquer objeto decorrente da utilização de *objectiles* e técnicas de fabricação digital que visem suprir, corrigir ou aumentar uma dada capacidade ou sentido do indivíduo, não estando restrita simplesmente ao recorte de funcionalidades médicas; 3) pretendem construir uma nova técnica, muito além do consumo visual e envolve uma evolução tecnológica e um percurso novo a ser seguido, visto que a variabilidade atende a uma demanda específica, conforme o terceiro

grupo de *objectiles*, relativos à categorização, proposta por Duarte; Sanches; Lepri [6].

Nesta diretriz, as soluções a serem alcançadas para a criação de uma prótese transformacional circunscrevem percursos específicos a serem trilhados que alimentam demandas de cada indivíduo. Trazem à tona a possibilidade de tornar aparentes idiomas pessoais. Para Bollas [7], o idioma é considerado como aquilo que dá forma a um personagem humano como uma experiência de transformação criativa da personalidade. Assim sendo:

“... [c]omo processos em transformação, essas próteses libertam os indivíduos para experimentar a profundidade do ser impulsionado pelos instintos, então, alimentada por um sistema inconsciente vivenciado em idade precoce. Como acontecimentos capazes de afetar e serem afetados, as “próteses transformacionais” potencializam a dinâmica das relações, entre o dentro e o fora, entre os ambientes interno e externo dos indivíduos, estabelecida por mútua reciprocidade. Como processos decorrentes de (i)materializações, as “próteses transformacionais” asseguram a geração de singularidades, sobretudo, alicerçando a construção de personalidades.” (TAVARES) [8].

Um exemplo claro do que consideramos prótese transformacional é a “Spike Leg” [9], da artista *pop* Viktoria Modesta (Figure 1a), (Figure 1b) e (Figure 1c). Este trabalho faz parte do projeto “The Alternative Limb Project”, fundado por Sophie de Oliveira Barata, em 2011 [10]. O projeto da prótese “Spike Leg” é assinado por Sophie de Oliveira Barata e pela própria Viktoria Modesta; foram utilizados os seguintes materiais: espuma dura expansível/laca preta; fibra de vidro e aço com acabamento laqueado de alto brilho. A prótese foi construída por Sophie de Oliveira Barata e Ability Matters Clinic e finalizada por Kaos Art.

Assim sendo, este artigo pretende apresentar as etapas de trabalho até aqui desenvolvidas relativas ao projeto de construção de uma prótese transformacional. Até o momento, tal projeto contemplou investigações preliminares relativas à parte funcional da prótese, assim como estudos iniciais sobre as possibilidades de configuração estética. Ambas as pesquisas circunscreveram a definição de propostas para parte específica do antebraço.

3 DOS ESTUDOS DO ANTEBRAÇO FUNCIONAL

Ausência de membros, superior ou inferior, pode ser devido a problemas congênitos ou a amputações como consequência de traumas, doenças ou cirurgias. Estima-se que, em 2017, aproximadamente 57.7 milhões de pessoas tinham amputação de membro por causa traumática no mundo [11]. Para essas pessoas, uma opção seria aprender a conviver com a perda do membro; a outra seria o uso de próteses para substituir o membro perdido.

As próteses de membros superior e inferior podem ser classificadas como sendo funcionais ou cosméticas. As próteses funcionais podem exercer algum movimento de forma ativa, com o uso de atuadores elétricos, ou de forma passiva, através do aproveitamento da elasticidade dos materiais. As próteses cosméticas não apresentam nenhuma função e são usadas para evitar a percepção da perda do membro. Apesar do nome cosmético, elas não são muito aceitas do

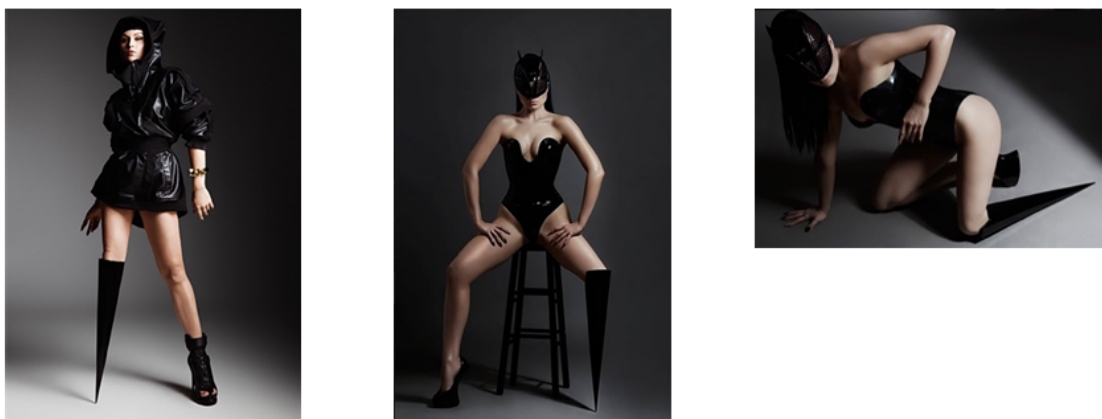


Figure 1: a (à esquerda), 1b (ao centro) e 1c (à direita): Spike Leg. Projeto: Sophie de Oliveira Barata e Viktoria Modesta. Construção: Sophie de Oliveira Barata e Ability Matters Clinic. Acabamento: Kaos Art. Fotografia: Ewelina Stechnij e Lukasz Suchorab. Acesso em: 26.08.21. Fonte: <https://thealternativelimbproject.com/limbs/spike/>.

ponto de vista estético e, muitas vezes, são usadas encobertas por peças do vestuário.

No campo de engenharia biomédica, relacionado ao desenvolvimento de dispositivos biomédicos, muitas vezes os esforços ficam concentrados na funcionalidade do dispositivo e a parte estética acaba sendo negligenciada. Entretanto, para dispositivos vestíveis, a parte estética é tão importante quanto a parte funcional, para a aceitação do seu público alvo. Atualmente existem diversos grupos no mundo que desenvolvem próteses funcionais para membros superiores, e alguns deles já projetam as próteses com estética semelhante a mão humana.

Nossa proposta é levar o projeto para um novo patamar, unindo a tecnologia com a arte para desenvolvimento de próteses que são funcionais e, ao mesmo tempo, obras de arte. Atualmente é muito comum as pessoas usarem acessórios como joias, colares e/ou pulseiras; outras fazem tatuagens, colocam *piercings*. Nesse sentido, nossa ideia é fazer com que o público alvo venha a querer usar e mostrar as próteses, como um acessório de moda, ou como parte da beleza do próprio corpo.

Enfim, aspiramos que as próteses que venham a ter esse duplo viés – estético-funcional – possam comportar-se como um meio de transformação. Elas estariam a possibilitar processos de vivência amplificadores de memórias passadas e, até mesmo, da autoestima dos indivíduos.

A seguir, apresentaremos as vistas ortográficas e a perspectiva da proposta inicial da estrutura funcional da prótese de membro superior, produzida pela equipe da Escola Politécnica da USP – POLI-USP, de modo a se iniciar a investigação acerca das possibilidades estéticas. Esta estrutura (Figure 2) serve como um arcabouço para a fixação dos motores e também para a fixação dos revestimentos estéticos, em investigação neste trabalho. Dentro desta estrutura, a ser utilizada para substituir o membro superior, estarão os motores responsáveis pela movimentação do pulso e dos dedos da mão. A transmissão seria realizada através de cabos, que interligam os motores com os mecanismos dos dedos.

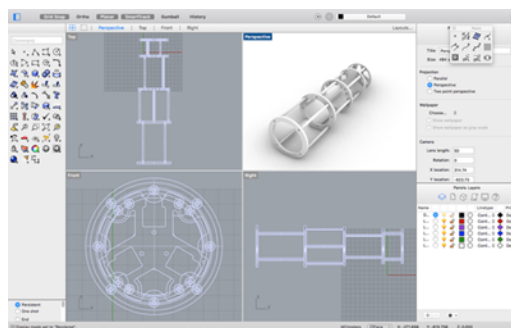


Figure 2: Vistas ortográficas e perspectiva das investigações preliminares da estrutura funcional da prótese. ©Chi Nan Pai.

4 DAS PROPOSTAS VISUAIS

Tomando como parâmetro o conceito de prótese transformacional, fundamental para a proposta de criação da prótese em estudo, e as medidas estruturais da prótese do antebraço projetado pela equipe da POLI-USP, foram investigadas quatro propostas visuais para a superfície externa deste dispositivo. As quatro propostas visam criar um diálogo entre os conceitos de *objectile* e de objeto transformacional, já citados, e as potencialidades da fabricação digital na medida em que – por meio da singularidade e da customização inerentes aos meios digitais de manufatura – permitem criar experiências transformadoras e criativas por parte de quem venha a utilizá-las.

A estrutura interna da prótese do antebraço é dividida em quatro diferentes setores, chamados aqui de cilindros. Cada um destes com suas respectivas dimensões faz parte da estrutura metálica interna que sustenta o conjunto e abriga a funcionalidade mecânica e eletrônica da prótese. Esta setorização foi utilizada como base para se projetar as quatro diferentes superfícies que, apesar de segmentadas por discos estruturais e perpendiculares ao eixo maior

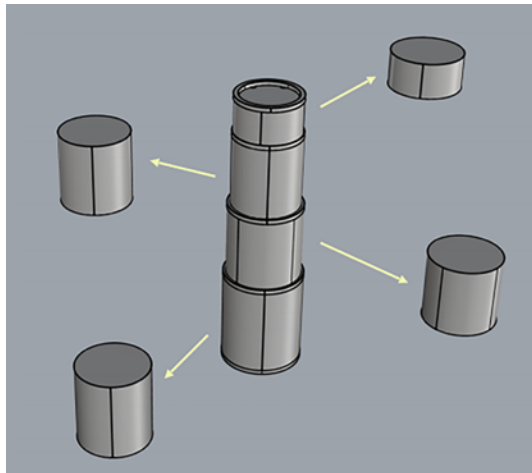


Figure 3: Decomposição da estrutura da prótese, base para definição das propostas visuais. ©Monica Tavares; Juliana Henno.

da peça, se integram nas várias soluções visuais de composição da superfície externa total.

A primeira etapa para a definição das propostas visuais da estrutura foi a opção por delimitar quatro diferentes cilindros, prismas poligonais, ou superfícies cilíndricas (a depender de cada uma das quatro propostas). Esses setores, resultantes da decomposição da estrutura da prótese, foram tomados como base para a definição conceitual da aparência do objeto (Figure 3). Tal proposição é de ordem conceitual e intenta guardar analogia à ideia de que esses cilindros mantenham similaridade à forma de braceletes estéticos, passíveis de serem customizados.

Tendo em vista a referência a esses quatro cilindros – correspondentes aos quatro setores das investigações preliminares estabelecidas na estrutura funcional da prótese – e, também, considerando as tecnologias de fabricação aditiva passíveis de utilização – tanto no protótipo quanto nas partes que compõem a superfície externa da prótese – exporemos, a seguir, quatro distintas proposições visuais. A primeira se baseia na técnica do empilhamento, singularizando-se pela utilização de distintas camadas superpostas de cilindros. A segunda se firma no uso da modelagem de prismas poligonais (ou cilindros). A terceira e a quarta se baseiam na modelagem de malhas paramétricas, que se distinguem pela utilização ou não da programação na definição do preenchimento vazado da sua superfície. Todas as propostas têm em comum o uso da tecnologia aditiva de impressão 3D variando em técnicas como a deposição por filamento fundido (Fused Deposition Modeling – FDM) [12] ou a sinterização seletiva a laser (Selective Laser Sintering – SLS) [13].

4.1 Primeira proposta visual

A primeira proposição visual para a prótese, que utiliza o empilhamento de cilindros, partiu inicialmente da análise de referências visuais nas áreas da arte e do *design* que possuíam como solução de fabricação a técnica do fatiamento. Algumas das esculturas em acrílico e aço do artista Ângelo Venosa [14] fazem uso desta técnica do empilhamento como meio para definir uma unidade formal a ser

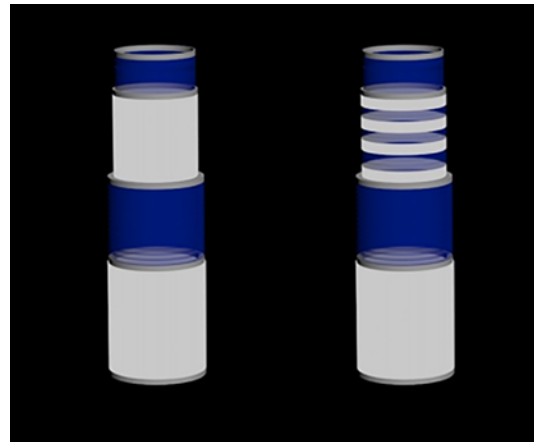


Figure 4: Renderização da 1a. proposta visual. ©Monica Tavares; Juliana Henno.

projetada. Também, vele referir os manequins de acrílico transparente do *designer* Tokuji Yoshioka [15], exibidos em 2016 durante o Issey Miyake, que alternam o empilhamento com o encaixe entre partes ortogonais para se obter diferentes superfícies translúcidas. Considerando tais referências artísticas, para a investigação desta primeira proposta, optou-se por adequar a estrutura do antebraço (Figure 2) à técnica do empilhamento. Para tanto, tomou-se como referência os quatro cilindros dos setores da estrutura da prótese (Figure 3), os quais estabeleceram os padrões de medidas para definição dos quatro cilindros a serem utilizados. A partir daí, estes foram então fatiados no sentido perpendicular ao eixo maior da peça com o intuito de gerar cilindros de altura menor. Tendo em vista que estes cilindros menores terão a função de revestir a estrutura funcional e metálica, interna da prótese, os mesmos precisarão ser vazados em seu centro. Deste modo, foi também proposto um sistema de envelopamento da superfície externa em relação à estrutura do antebraço funcional, de modo a que aqueles cilindros venham a ser customizados (Figure 4).

Em um primeiro momento de modo a tornar a produção das peças um processo sustentável e preciso, optou-se por projetá-las de acordo com a tecnologia aditiva de fabricação digital. Conforme Barros [16], o *design* para sustentabilidade prevê que os componentes de um produto venham a ser facilmente substituídos facilitando a sua manutenção e desmontagem. Para isso, a construção modular se apoia na precisão da fabricação digital, no intuito de evitar o uso de elementos de junção que possam contaminar as partes das peças.

4.2 Segunda proposta visual

A segunda proposta visual para a prótese, cuja montagem utiliza a técnica de modelagem de prismas poligonais (ou cilindros), tomou como base a representação tridimensional de superfícies *low poly* (poucos polígonos). Todo volume modelado tridimensionalmente pode ser representado por uma superfície de polígonos que quando, em grande quantidade, conseguem representar com bastante realismo uma forma orgânica ou complexa. No entanto, à medida que se reduz a quantidade de polígonos da malha que compõem a superfície, esta perde a resolução tornando a visualização de detalhes

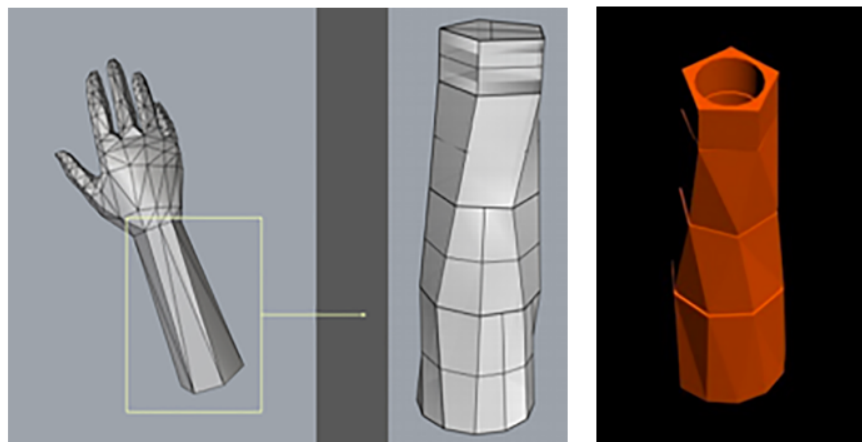


Figure 5: a (à esquerda) e 5b (à direita): Visualização da estrutura em low poly. Renderização da 2a. proposta visual. ©Monica Tavares; Juliana Henno.

do objeto representado bastante limitada. Diferentes obras e objetos de *design* tiram partido desta característica *low poly*. O artista Xavier Veilhan [17] possui um repertório de esculturas que partem da simplificação da malha de polígonos obtida na digitalização e no mapeamento de um corpo humano. Para Veilhan, o importante não é a representação fidedigna da pessoa, mas sim a possibilidade de se explorar os limites da simplificação da forma sem que se perca a sugestão de seu significado. Assim, em referência ao trabalho de Veilhan, na investigação da segunda proposição visual, o conjunto das quatro estruturas que compõem o antebraço funcional foi basicamente projetado e modelado com base na noção de *low poly* (Figure 5a) e a partir das seguintes formas geométricas: prismas poligonais, ou mesmo, cilindros. Tal qual a primeira proposta visual, tendo em vista que estes prismas poligonais (ou cilindros) revestirão a estrutura metálica interna da prótese, os mesmos necessitaram ser vazados em seu centro.

Também nesta segunda proposição, a estratégia de fabricação parte da impressão 3D - FDM (Figure 5b). Por terem sido projetadas para serem impressas a partir desta tecnologia, se prevê a possibilidade de uso livre de diferentes cores provenientes de diferentes tipos de filamento termoplástico. A geometria da peça foi pensada para evitar o desperdício de material, não sendo necessário a utilização de material plástico para geometrias sem suporte. A decisão de envelopar a superfície interna (peças em *low poly*) foi proposital, pois permite a personalização do conjunto dos prismas poligonais (ou cilindros) por meio da alternância customizada de cores e/ou transparência.

4.3 Terceira proposta visual

A terceira proposta visual, de modelagem de malha paramétrica não programada, prevê que as quatro superfícies externas que compõem a prótese tenham padrões poligonais vazados e gerados de maneira automática pelo computador. Possuem como referência visual as estruturas poligonais paramétricas, internas (*infill*), criadas por *software* CAM, para estruturar, sustentar e preencher uma volumetria em três dimensões, dando resistência. Nesta proposta,

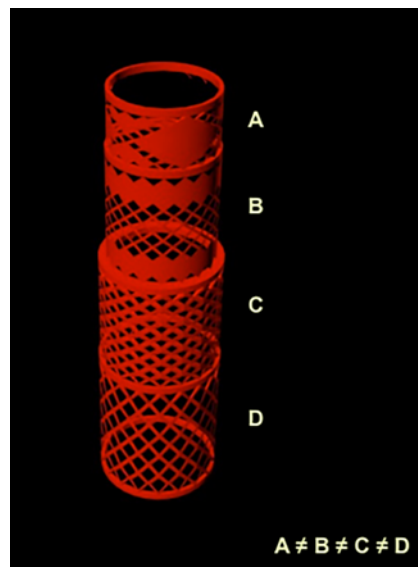


Figure 6: Renderização da 3a. proposta visual. ©Monica Tavares; Juliana Henno.

a representação visual dos padrões das malhas das quatro superfícies cilíndricas de revestimento da prótese foi, automaticamente, modelada, em *software* CAD. A partir daí, as superfícies cilíndricas foram editadas, de modo a gerar variados padrões e absorver uma espessura específica. Esta terceira proposição visual, da modelagem 3D das superfícies externas e vazadas, permite a visualização do mecanismo da estrutura interna da prótese como uma alternativa criativa. Seu método de montagem é fixo, não permitindo a troca e recombinação (Figure 6).

4.4 Quarta proposta visual

A quarta proposição visual, de modelagem de malha paramétrica programada, se diferencia da proposta anterior por prever a

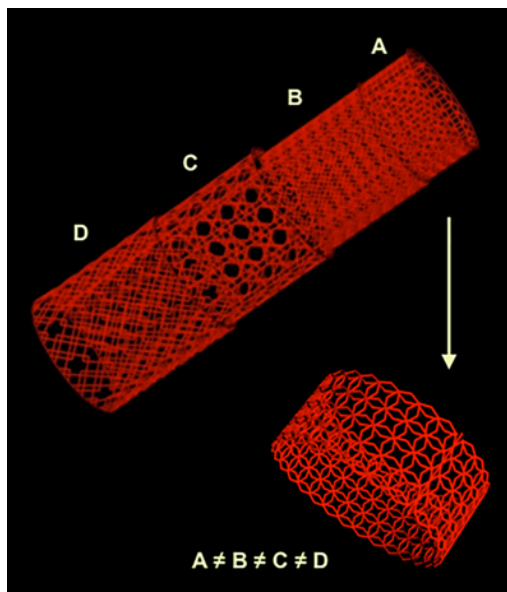


Figure 7: Renderização da 4ª. proposta visual. ©Monica Tavares; Juliana Henno.

modelagem de uma superfície vazada definida pela programação paramétrica de malhas geométricas, em vez de utilizar os padrões predeterminados do *software* CAD (Figure 7). As referências visuais desta proposta se baseiam nas estruturas modulares em aço de Hareh Lalvani [18], nas quais estão aplicados vazados geométricos em suas superfícies. Cabe ressaltar que, tanto nesta quarta proposta quanto na terceira proposição, o sistema de fixação dos cilindros na estrutura da prótese é previsto para ser realizado em fábrica, não havendo a possibilidade de rearranjo das malhas.

A estratégia de fabricação definida para a construção das malhas cilíndricas da terceira e da quarta propostas prevê a técnica da impressão por sinterização seletiva a laser (SLS).

Avanços mais significativos na definição das estratégias de fabricação das quatro peças – cilindros, prismas ou malhas –, vinculadas a cada uma das propostas, dependem da realização de protótipos físicos utilizando tecnologias de manufatura digital e, principalmente, estão atrelados às demandas centradas no usuário, a serem contempladas posteriormente. A partir destes testes será possível avaliar questões como peso, ergonomia e estudos do sistema de travamento para permitir a possibilidade de adequado manuseio e, também, assegurar as condições de customização.

Cabe reiterar que as quatro propostas visuais, aqui apresentadas, estão em fase de estudos iniciais. Ainda, não foram testadas, visto a dificuldade de acesso da equipe aos laboratórios de fabricação digital da USP em razão de estarem fechados dada a atual pandemia de Coronavírus. Espera-se dar prosseguimento ao projeto executivo, tanto do antebraço funcional quanto das propostas visuais, com a definição de usuários específicos, o que implicará na definição do dimensionamento definitivo da peça e da escolha do padrão visual selecionado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou as investigações preliminares acerca da construção de uma prótese de antebraço, considerando os vieses funcional e estético. Acreditamos que o percurso de criação realizado, até aqui, é bastante promissor, visto que contribui para eliminar a dualidade entre o que se define como prótese funcional e prótese cosmética. E, mais ainda, o artigo exibe como resultado caminhos para viabilizar a criação de próteses transformacionais, cujo mote inventivo se sustenta na multiplicidade e na variedade de opções, singularizando as demandas de quem os utilizará. Ademais, as propostas para a construção do antebraço funcional e estético decorrem de trabalho transdisciplinar da equipe envolvida, unindo investigações da arte, *design*, medicina e mecatrônica.

REFERENCES

- [1] M Tavares (2021). The three-dimensional representation of *objectiles* as “transformational prostheses.” DAT Journal, 6(1), p.7-18. 2021. <https://doi.org/10.29147/dat.v6i1.316>.
- [2] G Deleuze (2000). A dobra: Leibniz e o Barroco. Campinas: Papirus.
- [3] M Carpo (2011). The alphabet and the algorithm. Cambridge; London: MIT Press.
- [4] C Bollas (2015). A sombra do objeto: psicanálise do conhecido não pensado. Fátima Marques (trad.). São Paulo: Escuta.
- [5] M Tavares (2021). The three-dimensional representation of *objectiles* as “transformational prostheses.” DAT Journal, 6(1), p.7-18. 2021. <https://doi.org/10.29147/dat.v6i1.316>. p.11.
- [6] R B Duarte, M M Sanches, L S Lepri (2017). *Objectile* e as “novas pretensões” do projeto paramétrico em arquitetura. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 59-76 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.134297>.
- [7] C Bollas (2006). Being a character: psychoanalysis and selfexperience. London; New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- [8] M Tavares (2021). The three-dimensional representation of *objectiles* as “transformational prostheses.” .DAT Journal, 6(1), p.7-18. 2021. <https://doi.org/10.29147/dat.v6i1.316>. p.12.
- [9] S de O Barata and V Modesta. Spike Leg. Disponível em: <https://thealternativelimbproject.com/limbs/spike/>. Acesso em: 01.05.21.
- [10] S de O Barata. The Alternative Limb Project. Disponível em: <https://thealternativelimbproject.com/>. Acesso em: 01.05.21.
- [11] C L McDonald, S Westcott-McCoy, M R Weaver, J Haagsma, D Kartin. (2021) Global prevalence of traumatic non-fatal limb amputation. Prosthetics and Orthotics International. 45, 2, 105–114. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309364620972258>.
- [12] Na modelagem por fusão e deposição, cada seção transversal é produzida por fusão de um filamento de plástico que se solidifica em resfriamento.
- [13] Na sinterização seletiva a laser, o feixe de laser derrete camada por camada de pó de metal para criar o objeto sólido.
- [14] A Venosa. Disponível em <https://www.angelovenosa.com/>. Acesso em: 02.05.21.
- [15] T Yoshioka. Disponível em: <https://www.dezeen.com/2016/03/15/tokujin-yoshioka-transparent-mannequins-issey-miyake-exhibition-national-art-center-tokyo/>. Acesso em: 02.05.21.
- [16] A M Barros (2011). Fabricação digital: sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental. Dissertação de Curso de Especialização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. p.49.
- [17] X Veilhan. Disponível em: <http://www.veilhan.com/#/en/news?y=0&x=0>. Acesso em: 02.05.21.
- [18] L Hareh. Disponível em: <http://lalvanistudio.com/>. Acesso em: 02.05.21.