



Hydrofoot

Amanda Marques

Pedro Cirilo da Silva

Lucas Pataro Fernandes

ENIAC

Resumo

O presente projeto tem como objetivo desenvolver uma prótese destinada a pessoas com deficiência em membros inferiores que não possuem uma das pernas e praticar natação por hobby, saúde ou lazer. A proposta consiste em criar um dispositivo de baixo custo, sustentável e funcional, utilizando filamentos recentes da reciclagem de garrafas PET. A pesquisa envolve o estudo de requisitos de conforto, ergonomia e desempenho dentro da água, seguido da modelagem no software Onshape, que permite a criação de desenhos técnicos em 3D, impressão do protótipo em impressora 3D e montagem final. O projeto busca oferecer um recurso acessível e eficiente para auxiliar na entrega de nadadores, ao mesmo tempo em que contribui para a sustentabilidade por meio do reaproveitamento de materiais plásticos descartados. Dessa forma, alia tecnologia, inclusão social e consciência ambiental, promovendo impacto positivo na prática esportiva, recreativa e na qualidade de vida das pessoas com deficiência. Os resultados esperados incluem a validação de um protótipo funcional, a viabilização de produção personalizada e a redução de custos e resíduos, demonstrando que a integração de tecnologias digitais e materiais recicláveis pode ampliar a acessibilidade e promover práticas sustentáveis na área da saúde e do lazer.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Próteses. Inclusão Social. Impressão 3D. Natação.

Introdução

Nos últimos anos, o número de pessoas com algum tipo de deficiência física aumentou de forma significativa, exigindo soluções acessíveis e eficazes para reabilitação. A Organização Mundial da Saúde estima que mais de 2,5 bilhões de pessoas sejam afetadas por algum tipo de tecnologia assistiva, número que poderá atingir 3,5 bilhões até 2050, devido ao envelhecimento populacional e ao aumento de doenças crônicas. No Brasil, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) indicam que aproximadamente 8,4% da população apresenta algum tipo de deficiência motora, correspondendo a cerca de 17,3 milhões de pessoas. Estudos demonstram que apenas 3% das pessoas em países de baixa renda têm acesso a tecnologias assistivas, enquanto a cobertura em nações mais direcionadas chega a 90%, evidenciando a necessidade de alternativas de baixo custo para promover inclusão e qualidade de vida.

Nesse contexto, observe-se que as próteses convencionais, embora eficazes, ainda apresentam custos elevados, restringindo o acesso, principalmente em países em desenvolvimento (Souza et al., 2020). O uso de materiais recicláveis, como filamentos de garrafa PET, surge como uma alternativa promissora, pois, além de reduzir impactos ambientais, possibilita a produção de dispositivos personalizados e econômicos por meio da impressão 3D (Ferreira; Silva & Andrade, 2021). Mais de 50% do plástico PET produzido no Brasil não é reciclado, contribuindo para o acúmulo de resíduos sólidos urbanos (ABIPET, 2021). Assim, integrar o PET reciclado à área da saúde representa uma abordagem inovadora que alia sustentabilidade e inclusão social. Tecnologias de fabricação digital, como modelagem e impressão 3D, têm eficácia demonstrada na criação de próteses funcionais, adaptáveis às necessidades individuais dos usuários (Mendes et al., 2022).

Objetivo

Objetivo Geral

Criar uma prótese, produzida em filamento derivado de garrafa PET, acessível e funcional para auxiliar pessoas com deficiência em membros inferiores na prática da natação.

Objetivo específico

Pesquisar a aplicação do filamento derivado de garrafa PET em próteses voltadas para uso aquático, aprimorar o desenho das peças no software Onshape, adquirir os materiais necessários e produzir a prótese em impressora 3D, visando melhorias em sua funcionalidade.

Metodologia

A metodologia deste projeto foi estruturada em etapas sequenciais, com o objetivo de desenvolver uma **proteção para auxiliar a natação de pessoas com deficiência nos membros inferiores**, focada em usuários que praticam natação por **lazer, saúde ou hobby**. O dispositivo será produzido utilizando **filamento de garrafa PET reciclado**. Cada procedimento foi planejado para garantir rigor científico, registro detalhado e práticas sustentáveis, em consonância com o conceito de **Lixo Zero**.

a. Pesquisa bibliográfica

Foi realizada uma **revisão de literatura** sobre o uso de **materiais recicláveis em impressão 3D**, ergonomia de dispositivos para membros inferiores e tecnologias assistivas de baixo custo. Foram consultados artigos científicos, relatórios oficiais e publicações acadêmicas, como Souza et al. (2020), Silva & Andrade (2021) e Mendes et al. (2022), além de dados estatísticos do IBGE (2019) e ABIPET (2021). A pesquisa bibliográfica forneceu informações sobre as **propriedades mecânicas do filamento PET reciclado**, viabilidade econômica e as melhores práticas para o design de dispositivos adaptáveis, seguros e sustentáveis, garantindo o rigor científico na escolha dos materiais e no desenvolvimento do projeto.

b. Modelagem digital

O projeto da proteção foi desenvolvido utilizando o software **Onshape**, uma plataforma de modelagem 3D baseada em nuvem. O design levou em consideração aspectos **ergonômicos**, visando o conforto e a eficiência no movimento da perna na água, especialmente para a finalidade de natação recreativa ou terapêutica. Durante essa etapa, foram realizadas simulações digitais (quando aplicável ao software) para avaliar a estabilidade, flexibilidade e funcionalidade inicial da peça. Referências técnicas sobre modelagem e impressão 3D (Silva & Andrade, 2021; Mendes et al., 2022) guiaram decisões cruciais de design, como espessura de parede e pontos de fixação.

c. Seleção e aquisição de materiais

O material principal foi o **filamento PET reciclado**, escolhido por sua alta resistência mecânica, flexibilidade adequada e, principalmente, pelo seu impacto ambiental positivo, alinhando-se à proposta de sustentabilidade. Complementaram a fabricação itens de fixação e conforto, como **parafusos** e **acolchoamento interno**. Todos os materiais foram avaliados quanto à possibilidade de **reciclagem** ao final de seu ciclo de uso e quanto à **destinação** após **exposição do protótipo**, seguindo os princípios de **Lixo Zero** (ABIPET, 2021; Silva & Andrade, 2021). Os resíduos de PET gerados durante a impressão, por exemplo, serão separados para reprocessamento.

d. Impressão 3D

A prototipagem foi realizada em uma **impressora 3D**, utilizando o filamento PET reciclado. Para a otimização da resistência estrutural da peça, o projeto foi impresso com **quatro paredes (perímetros)** e um **preenchimento (infill) de 15%** no **padrão triangular**, configurado para garantir leveza e durabilidade na água. O processo de impressão **levou 23 horas e 17 minutos** e consumiu um **gasto total de filamento de 469 gramas**, sendo notável a **ausência de material de suporte (0 gramas)** devido ao design otimizado da peça. Foram mantidas as configurações de impressão: Temperatura do bico a 245°C, temperatura da mesa a 80°C, velocidade de impressão de 50 mm/s e espessura de camada de 0.2 mm (Mendes et al., 2022).

e. Montagem e ajustes finais

Após a impressão, as peças foram montadas e ajustadas manualmente, com foco em garantir o **encaixe adequado e o conforto** para o usuário. Parafusos e velcros foram utilizados como mecanismos de fixação, permitindo ajustes de tamanho e garantindo a segurança da proteção na perna. Pequenas alterações no design foram realizadas quando necessário, com base em testes práticos (testes de vestibilidade e conforto fora da água), garantindo a funcionalidade para o uso recreativo/terapêutico. O acolchoamento interno foi aplicado para minimizar o atrito e aumentar o conforto.

f. Registro e análise de dados

Todas as etapas do projeto foram meticulosamente registradas em **planilhas, fotografias e relatórios**. O registro incluiu informações detalhadas sobre tempo de impressão, quantidade exata de filamento PET utilizado, ajustes realizados na modelagem e observações qualitativas sobre o conforto e desempenho da proteção nos testes práticos. Esses registros são essenciais para avaliar a eficácia do protótipo, identificar pontos de melhoria e documentar o processo para futura replicação ou aprimoramentos (Souza et al., 2020; Mendes et al., 2022), demonstrando o rigor científico na documentação da pesquisa.

Desenvolvimento

O desenvolvimento da proteção auxiliar para natação foi estruturado a partir da identificação de uma lacuna na acessibilidade às atividades aquáticas recreativas e terapêuticas. O projeto surgiu da necessidade de oferecer suporte à natação para indivíduos com deficiência de membros inferiores que praticam uma atividade por lazer, saúde ou hobby. Uma revisão bibliográfica (Souza et al., 2020; Silva & Andrade, 2021) indicou que, embora existam tecnologias de alto desempenho, há deficiências de soluções assistivas de baixo custo voltadas para a natação recreativa, que são acessíveis e personalizáveis.

O problema central que orientou o projeto foi: como criar um dispositivo auxiliar que melhore a eficiência do movimento na água para nadadores com ausência de um membro inferior, utilizando materiais reciclados para garantir sustentabilidade e previsões econômicas? A partir disso, a hipótese estabelecida foi: é possível desenvolver uma proteção para a perna, utilizando filamento de PET reciclado e impressão 3D, que seja leve, ergonômica e capaz de auxiliar a propulsão do nadador, tornando a piscina recreativa mais acessível e eficaz.

O processo de criação começou-se com a conceitualização de uma peça que funcionasse como superfície de resistência, auxiliando a propulsão. O design foi desenvolvido e iterado no software Onshape, com curvas suaves para minimizar o atrito e maximizar o conforto, seguindo princípios de ergonomia e design adaptativo. A espessura da parede (4 perímetros) e o preenchimento (15% triangular) foram definidos com base nas propriedades do filamento PET, buscando equilíbrio entre estreito para propulsão e flexibilidade para encaixe. O modelo foi otimizado para impressão FDM, eliminando a necessidade de suportes e contribuindo para o objetivo Lixo Zero e redução do tempo de impressão.

O filamento PET reciclado foi escolhido como material principal por aliar resistência mecânica, sustentabilidade e baixo custo. Os materiais de fixação, como velcros e parafusos, foram selecionados por sua durabilidade, resistência à água e capacidade de ajuste individual. A prototipagem ocorreu em impressora 3D FDM, com temperatura do bico a 245°C e da mesa a 80°C, otimizando densidade e resistência do material. O produto final pesou 469 gramas e levou 23 horas e 17 minutos para ser impresso.

A fase final envolveu a montagem manual dos componentes impressos e itens de fixação, incluindo o acolchoamento interno para conforto. Este desenvolvimento proposto é técnico e conceitual da hipótese: é possível produzir um dispositivo funcional utilizando impressão 3D e materiais reciclados. O projeto está pronto para uma etapa de testes e validação da eficácia na assistência à propulsão em ambiente aquático.

Resultados e Discussões

Considerações Finais

Características Técnicas e Funcionalidade do Protótipo

O projeto resultou em um protótipo de proteção auxiliar para natação com as seguintes características técnicas:

Material Principal: Foi utilizado Filamento de garrafa PET Reciclado. Essa escolha garante a sustentabilidade e recicagem, conforme a literatura sobre polímeros reciclados (Silva & Andrade, 2021).

Massa (Gasto de Material): O peso total é de 469 gramas. Este baixo peso é essencial para evitar sobrecarga e manter a fluidez e eficiência esperadas para a natação recreativa e terapêutica.

Estrutura de Parede: A estrutura foi impressa com 4 Perímetros. Este número de camadas de parede foi projetado para garantir robustez e durabilidade, prevenindo falhas estruturais em ambientes aquáticos.

Preenchimento (Infill): Foi configurado para 15% no padrão Triangular. Esta combinação foi calculada para oferecer leveza e resistência à compressão, mantendo a flexibilidade necessária ao movimento do nado.

Fixação: O sistema de fixação utiliza Velcro e Parafusos. Estes componentes foram escolhidos para permitir um ajuste individualizado e promover a estabilidade e segurança teórica da proteção durante o uso.

A funcionalidade do dispositivo está estritamente ligada à assistência no movimento propulsivo e à ergonomia, conforme simulado no software Onshape. O design foi desenvolvido para se adaptar ao membro inferior, visando que o movimento na água seja mais eficiente e natural para o nadador que pratica a atividade por lazer, saúde ou hobby. A flexibilidade intrínseca do PET, combinada com o preenchimento de 15%, é projetada para permitir que a proteção atue como uma extensão do corpo sem restringir movimentos.

Análise de Dados de Produção e Viabilidade Ambiental

A produção do protótipo forneceu dados importantes para a análise de viabilidade e impacto ambiental, alinhados ao conceito de Lixo Zero.

Análise do Custo-Benefício Ambiental:

O uso de filamento PET reciclado (ABIPET, 2021) é o principal diferencial ambiental. A massa total consumida foi de 469 gramas de PET, o que demonstra uma aplicação direta da reciclagem em tecnologia assistiva.

Tempo de Impressão: O tempo total de 23 horas e 17 minutos valida a Impressão 3D FDM como um método ágil para prototipagem e produção individualizada em comparação com métodos tradicionais que exigem moldes (Mendes et al., 2022).

Eficiência de Design: A ausência de material de suporte (0 gramas) resultou da otimização do design no Onshape, o que contribui diretamente para a redução de desperdício e reforça a filosofia de Lixo Zero.

Projeção de Viabilidade Econômica:

A viabilidade econômica do projeto reside no seu potencial de ser uma solução de baixo custo, principalmente devido à matéria-prima. O custo primário é composto pelo material reciclado e o consumo de energia da impressora. Em um cenário de produção comunitária ou laboratorial, a aquisição e o

processamento de PET de descarte tornam o custo unitário do material significativamente baixo, facilitando a implementação e o acesso à tecnologia.

Discussão e Aplicações do Produto

O protótipo se enquadra na categoria de tecnologia assistiva de baixo custo (Souza et al., 2020), com potencial para duas aplicações principais:

Recreação e Bem-Estar: Oferecer maior autonomia e segurança para pessoas com deficiência de membros inferiores que buscam a natação como forma de lazer, saúde ou hobby, melhorando a qualidade de vida.

Reabilitação: Apoiar processos de fisioterapia aquática, onde o design prevê fluatuabilidade e assistência de movimento cruciais.

A viabilidade técnica de implementação é alta. Uma vez que o design digital está pronto, a produção pode ser replicada em qualquer laboratório ou fablab que possua uma impressora 3D padrão.

Impactos em Larga Escala (Projeção):

A produção e implantação em larga escala de dispositivos feitos de filamento PET reciclado teriam os seguintes impactos:

Social: Democratização do acesso a tecnologias assistivas para natação, focando no lazer e na saúde.

Ambiental: A criação de uma demanda por filamento PET reciclado impulsiona a cadeia de reciclagem, desviando um volume significativo de resíduos plásticos de aterros sanitários (ABIPET, 2021), contribuindo ativamente para a economia circular e o conceito de Lixo Zero.

Referências Bibliográficas

ABIPET – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET. Relatório Anual de Reciclagem. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saúde. 2019.

MENDES, J. R.; SILVA, A. B.; SOUZA, C. D. Desenvolvimento de próteses de baixo custo com impressão 3D: uma revisão sistemática. Revista de Biotecnologia e Inovação, v. 3, p. 58-67, 2022.

SILVA, G. P.; ANDRADE, C. M. Aplicações de impressão 3D com materiais reciclados: um estudo de caso. *Revista de Engenharia Sustentável*, v. 1, p. 45-52, 2021.

SOUZA, L. F.; OLIVEIRA, R. A.; LIMA, T. M. Tecnologias assistivas e inclusão social: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Tecnologia Assistiva*, v. 2, p. 101-110, 2020.