



Biomimética e Saúde: Desenvolvimento de dispositivo para auxílio no nado de pessoas com mobilidade reduzida

Biomimetics and Health: Development of a device to assist people with reduced mobility in swimming

Adna Maria de Souza Moura, Graduanda, UFCG.

adna.maria.moura@gmail.com

Maiara dos Santos Farias, Graduanda, UFCG.

contatomaiaarafariasdesign@gmail.com

Mikael Lisarb Vieira e Nóbrega, Graduando, UFCG.

mikalisarb@hotmail.com

Itamar Ferreira da Silva, Doutor, UFCG.

itamarfs0210@gmail.com

Antônio Roberto Miranda de Oliveira, Doutor, UFCG.

antonio.roberto@professor.ufcg.edu.br

Número da sessão temática da submissão – [2] IV FORUM DE BIONICA E BIOMIMÉTICA

Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um dispositivo biomimético para auxiliar pessoas com mobilidade reduzida na mão e punho, decorrente de Acidente Vascular Cerebral (AVC), na prática de natação e hidroginástica. O projeto baseia-se na observação do Basilisco Verde, um réptil conhecido por sua capacidade de locomoção sobre a água, buscando inspiração em suas adaptações morfológicas para criar um equipamento que proporcione suporte, estabilidade e eficiência aos usuários. O estudo envolve uma abordagem metodológica detalhada, contemplando a concepção, o design e a funcionalidade do dispositivo, garantindo sua ergonomia, usabilidade e aplicabilidade. Além da eficiência funcional, a escolha dos materiais e cores foi cuidadosamente planejada para assegurar leveza, resistência e harmonia estética, evitando associações com equipamentos hospitalares e facilitando sua aceitação no ambiente esportivo. Os resultados esperados incluem a melhora na experiência aquática dos usuários, promovendo acessibilidade, inclusão e maior independência no meio aquático.

Palavras-chave: Biomimética; Reabilitação aquática; Mobilidade reduzida

Abstract



This article presents the development of a biomimetic device to assist individuals with hand mobility impairments resulting from a Stroke (CVA) in the practice of swimming and water aerobics. The project is based on the observation of the Green Basilisk, a reptile known for its ability to move on water, drawing inspiration from its morphological adaptations to create equipment that provides support, stability, and efficiency for users. The study involves a detailed methodological approach, encompassing the conception, design, and functionality of the device, ensuring its ergonomics, usability, and applicability. In addition to functional efficiency, the choice of materials and colors was carefully planned to ensure lightness, resistance, and aesthetic harmony, avoiding associations with medical equipment and facilitating acceptance in the sports environment. The expected outcomes include improved aquatic experience for users, promoting accessibility, inclusion, and greater independence in the aquatic environment..

Keywords: *Biomimicry; Aquatic rehabilitation; Reduced mobility*

1. Introdução

Biomimética é a metodologia projetual que consiste em mimetizar sistemas naturais com o objetivo de encontrar soluções para problemas humanos. A partir desta abordagem, foi desenvolvido o dispositivo apresentado nesse texto, que visa ajudar no nado de pessoas com mobilidade reduzida das mãos, consequência de acidentes vascular cerebrais (AVCs) e outras condições neurológicas e musculares que causam hipertensão nos tendões e músculos da mão e punhos.

A principal consequência do AVC que é abordado nesse projeto é a espasticidade, que consiste na diminuição ou impedimento da movimentação ativa dos membros superiores e inferiores. Esse é o núcleo da problemática que justifica o desenvolvimento do produto.

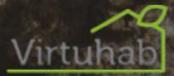
Como melhor solução para a problemática, o animal e sistema natural escolhidos para mimetização durante o processo projetual foi o *Basiliscus plumifrons*, popularmente conhecido como Basilisco Verde ou Lagarto Jesus Cristo. Este animal foi escolhido por causa da configuração da sua pata que no ato de correr, permite que ele o realize sobre a água, indicando que existe algum mecanismo ou movimento que facilite a flutuação.

O objetivo do projeto é desenvolver um utensílio que funcione na reabilitação e desenvolvimento muscular na natação para pessoas que apresentam espasticidade nas mãos em consequência de um AVC. Ao decorrer do artigo será possível ver os detalhes da metodologia projetual utilizada, assim como a fundamentação teórica para identificar os principais pontos da problemática a serem abordados e o comportamento natural do Basilisco Verde.

O projeto visa contribuir para o Design e a Biomimética aplicadas na área da saúde e o tratamento de condições musculares e neurológicas que dificultem a realização de esportes devido a mobilidade reduzida dos membros do corpo.

2. Fundamentação Teórica

Acidente Vascular Cerebral, ou AVC, é o estado em que vasos responsáveis por levar sangue até o cérebro ficam entupidos ou são rompidos, sendo uma das principais causas de morte, incapacitação e internação no mundo segundo o BRASIL, Ministério da Saúde. Existem dois tipos de AVC, e cada um possui fatores diferentes que os causam. O primeiro é chamado de



AVC Hemorrágico, e é caracterizado por um rompimento de um vaso sanguíneo cerebral. O AVC Hemorrágico configura 15% de todos os casos de AVC, e possui um risco de fatalidade maior. O segundo tipo é chamado de AVC Isquêmico, e é causado pelo entupimento de uma artéria, seja por um trombo ou um êmbolo (trombose e embolia, respectivamente), este tipo configura o maior número de casos, sendo de 85%.

O AVC Isquêmico ainda pode ser classificado em quatro subgrupos diferentes: aterotrombótico (provocado por aterosclerose, doença que causa a formação de placas nos vasos sanguíneos, obstruindo-os ou formando êmbolos), cardioembólico (o êmbolo causador do acidente vem do coração), de outra etiologia (quando está relacionado a distúrbios na coagulação do sangue) e criptogênico (este é quando mesmo após uma investigação, não é possível apontar a causa do AVC).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde conduzida por Bensenor, Isabela M. et al. (2013), estima-se que 2.231.000 pessoas no Brasil sofrem de AVC, das quais 568.000 apresentam incapacidade grave, isto é, sintomas consequentes do AVC que impactam sua rotina. A prevalência do AVC aumentou conforme maior era a idade, mas o grau de incapacidade que ocorreu depois não apresentou resultados diferentes entre raça, sexo, nível de educação, área de moradia ou por outras características sociodemográficas.

As consequências do AVC são variadas, mas estudos provam que 55% a 75% dos pacientes apresentam dificuldade na sua rotina em consequência a déficits funcionais, principalmente nos membros superiores (Souza; Rangel; Silva, 2012, p. 255). Dentre os déficits funcionais consequentes do AVC, se encontram a espasticidade. Este sintoma é caracterizado pela diminuição no movimento dos músculos e fraqueza destes, limitando a movimentação ativa por parte dos indivíduos vítimas de AVC.

“A espasticidade apresenta aspectos positivos e negativos, os primeiros, normalmente acontecem nos membros inferiores ajudando, de certa forma, a manter a posição de pé, e a marcha. Os negativos são evidentes nos membros superiores, impedindo ou dificultando a manipulação e a realização de atividades finas.” (Francisco, 2016, p. 10).

Atividades fisioterapêuticas e de estiramento muscular são de grande importância para as pessoas que estão sofrendo com esse distúrbio muscular. No caso do público alvo do produto, essas pessoas ainda podem apresentar atrofia muscular, devido ao desgaste de fibras de contração rápida presentes nos membros superiores, que não são apropriadas para exercer força por muito tempo (Francisco, 2016, p. 12).

Adicionalmente a essas atividades, existe a importância do esporte para o desenvolvimento cognitivo e físico. A natação adaptada para estes indivíduos pode aumentar a força dos músculos. Esse aumento da capacidade física pode tornar habilidades de rotina menos estressantes e aumentam a independência funcional dessas pessoas, assim como as propriedades físicas da água tem potencial de impactar no aspecto psicológico dessas pessoas promovendo relaxamento, diminuição do stress e da raiva (Tsutsumi et al, 2004, p. 85).

O animal escolhido para mimetização do sistema a fim de ajudar no nado de pessoas nessa condição foi o Basilisco Verde (*Basiliscus plumifrons*) que é encontrado na América Central e é popularmente conhecido como Lagarto Jesus Cristo. O animal chega a pesar 2g (gramas) quando filhote e até 200g (gramas) quando adulto, tendo a capacidade de correr sobre a água a uma velocidade de 1,5 m/s (metro por segundo) por 4,5m (metro). A maneira de correr desse animal é muito peculiar, sendo dividido em três fases principais: o tapa, a braçada e a recuperação (Roach, 2004, p. 1).

Segundo as observações realizadas e apresentadas ao National Geographic pela estudante de pós-graduação do Departamento de Organísmica e Biologia Evolutiva na Universidade de Harvard em Massachusetts, Shi-Tong Tonia Hsieh e seu orientador George Lauder, os lagartos precisam gerar força durante sua corrida. O suporte é criado durante a fase do tapa, onde o lagarto mergulha o pé para dentro da água criando uma bolsa de ar ao redor das suas escamas e ao longo da superfície de contato nas suas patas. A energia gerada nesse processo ainda os mantém fora d'água durante a fase da braçada em que eles conseguem se impulsionar.

“Ainda existe uma particularidade durante a corrida, que é a maneira como eles se equilibram fora da água. “[...] eles fazem tudo com os pés. Quando o corpo deles se move para a direita, eles querem produzir uma força com os pés para empurrar de volta para a esquerda.” (Hsieh, 2004, p.1, tradução nossa).



Figura 1: *Basiliscus plumifrons* correndo. Fonte: Naturepl por Bence Mate.

3. Procedimentos Metodológicos

Com a problemática identificada, foi possível aprofundar a investigação e constatar que uma das principais limitações enfrentadas por indivíduos com sequelas de AVC reside na dificuldade de nadar. Essa dificuldade está diretamente relacionada à incapacidade de estender e manter a mão aberta em formato de concha — uma posição considerada ideal para a prática do nado. Tal limitação decorre do fato de que, em muitos casos, as sequelas motoras do AVC resultam em uma postura persistente de fechamento da mão, comprometendo a realização adequada dos movimentos aquáticos.

Com base nesse levantamento, iniciou-se uma busca por referências na natureza que pudessem servir de inspiração para resolver esse problema. Essa busca levou à identificação do Basilisco Verde (*Basiliscus plumifrons*), também conhecido como lagarto Jesus Cristo. Esse réptil chamou atenção por sua habilidade de correr sobre a água, utilizando membranas nas patas traseiras que retêm ar e permitem que ele permaneça na superfície por alguns segundos, graças à combinação de sustentação e movimentos coordenados.



Figura 2: Pés do *Basiliscus plumifrons*. Fonte: Adobe Stock

Após compreender a inspiração natural, foi realizada uma análise comparativa de produtos com funcionalidades semelhantes, mesmo que não específicos para pessoas com sequelas de AVC. Foram avaliados itens como equipamentos para nado profissional, auxílio infantil na natação e órteses fisioterapêuticas, considerando aspectos como material, funções, formas, cores, texturas, acabamento e estilo. Essa investigação foi essencial para identificar lacunas e definir características que diferenciariam o dispositivo desenvolvido.



Figura 3: Produtos comparados. Fonte: Compilação do Autor

A análise revelou que os aspectos mais relevantes nos produtos avaliados foram: uso de material polimérico, formas que estabilizam dedos e punho, concavidade na palma, design orgânico, textura lisa com perfurações para reduzir a resistência da água e um estilo esportivo. Com base nisso, o desenvolvimento do dispositivo incorporou esses elementos em seu design.

Com a inspiração natural, análise comparativa e persona definidas, foi feita uma síntese das formas, cores e texturas para o dispositivo. As escamas, cristas, cauda e patas do Basilisco Verde serviram de referência para o design das formas.



Figuras 4, 5, 6 e 7: Escamas, cristas, cauda e patas. Fonte: Compilação do Autor

No desenvolvimento do dispositivo, foram definidos requisitos e parâmetros claros para guiar as decisões de projeto. Esses critérios foram baseados nas necessidades do usuário e nas características funcionais, ergonômicas, estruturais, formais e estéticas do produto.

No âmbito funcional, o produto deveria vencer a resistência da água e auxiliar no nado, o que levou à criação de aberturas que permitem a passagem da água e uma forma côncava para favorecer a propulsão. Do ponto de vista ergonômico, a prioridade foi garantir conforto e adaptação às condições físicas do usuário, com revestimento confortável e dimensões ajustáveis para diferentes tamanhos de mão, punho e antebraço, atendendo tanto a homens quanto a mulheres.

No aspecto estrutural, foi importante oferecer níveis de articulação adequados e uma resistência moderada, para suportar o esforço durante o uso. A solução foi um sistema rotativo com trava e materiais poliméricos que fossem leves, resistentes e duráveis, ideais para o ambiente aquático. No que se refere à forma, o design do produto foi inspirado nas características hidrodinâmicas do lagarto, visando reduzir a resistência da água e minimizar o afundamento, além de imitar seus mecanismos de movimento.

Para o critério estético, a proposta foi criar um dispositivo discreto, que não chamasse atenção para a condição do usuário. A escolha de cores neutras e esportivas, que se adaptassem a diferentes tons de pele, contribuiu para um maior conforto visual e emocional, tornando o produto mais agradável para o uso.

A próxima etapa envolveu a geração de alternativas para o dispositivo. Os primeiros esboços apresentaram características rígidas e um visual que ainda lembrava equipamentos hospitalares, o que não atendia ao objetivo de um design mais discreto e esportivo. Além disso, as soluções iniciais não possuíam uma estrutura robusta o suficiente para suportar o esforço exigido durante a natação, o que revelou a necessidade de revisões e aprimoramentos no projeto.

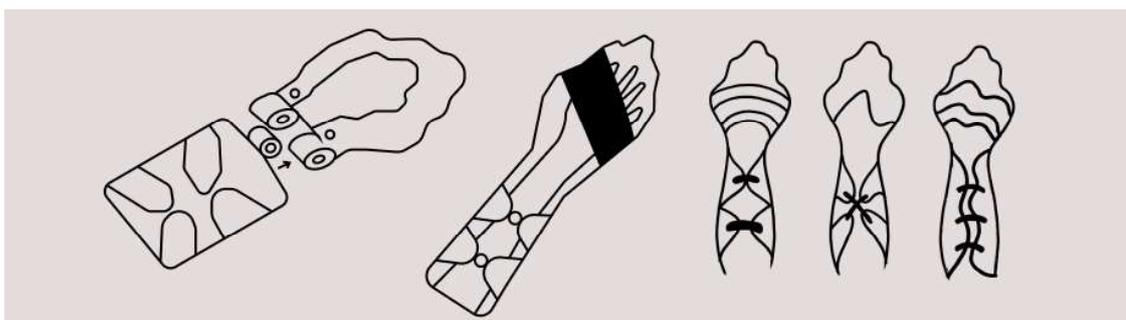


Figura 11, 12 e 13: Primeiro, segundo e terceiro esboço do dispositivo completo. Fonte: Elaborado pelos autores

O mesmo ocorreu com o sistema de trava e rotação. Inicialmente, as propostas apresentavam formas limitadas a linhas rígidas e retângulos. Além disso, os mecanismos desenvolvidos mostraram-se excessivamente complexos, dificultando sua aplicação em uma escala reduzida, o que exigiu a busca por soluções mais dinâmicas e eficientes.

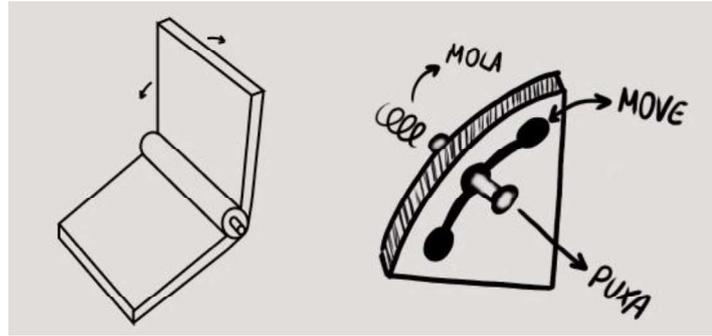


Figura 14 e 15: Primeiro e segundo esboço da trava. Fonte: Elaborado pelos autores

Com o progresso das pesquisas, orientações recebidas e várias tentativas, foi possível integrar com sucesso as formas e mecanismos inspirados no lagarto ao dispositivo. A estrutura do produto assumiu uma configuração mais orgânica, alinhando-se visualmente às características do animal utilizado como referência biomimética.

Além disso, foi implementado um sistema de rotação e trava mais simples e eficiente, baseado em um eixo bipartido verticalmente, com encaixes macho e fêmea. Esse sistema permite que apenas um lado se movimente, proporcionando maior controle e estabilidade durante o uso. Um recurso importante também foi a inclusão de uma trava com três níveis de angulação. À medida que a recuperação avança, a angulação pode ser ajustada gradualmente, permitindo que a mão e o punho se estendam mais, até atingir o ângulo máximo.

Por fim, para otimizar o desempenho do dispositivo na natação, foram projetados espaços que permitem a abertura parcial dos dedos do usuário. Essa configuração facilita a formação de uma mão côncava, o que melhora a propulsão e, assim, auxilia diretamente na prática da natação.

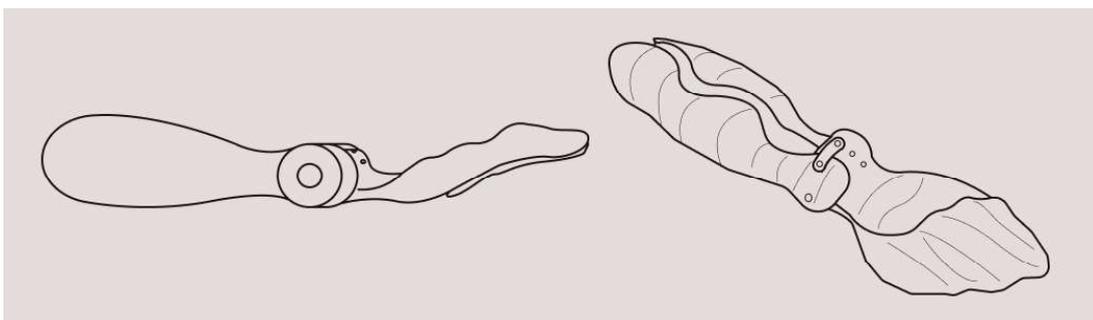


Figura 16 e 17: Quarto e Quinto esboço do dispositivo completo. Fonte: Elaborado pelos autores

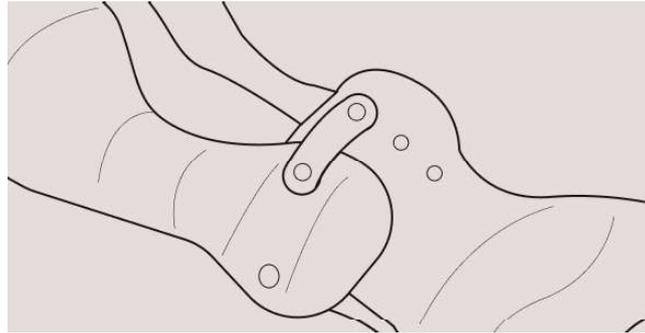


Figura 18: Terceiro esboço da trava. Fonte: Elaborado pelos autores

4. Resultados

O processo de desenvolvimento do dispositivo resultou na concepção de um modelo de apresentação que sintetiza as principais diretrizes da biomimética aplicadas ao design assistivo. O desenho do produto foi refinado e a estrutura final do modelo foi inspirada em elementos naturais que favorecem a hidrodinâmica e a estabilidade, proporcionando uma solução ergonômica e funcional para auxiliar indivíduos com mobilidade reduzida na mão.

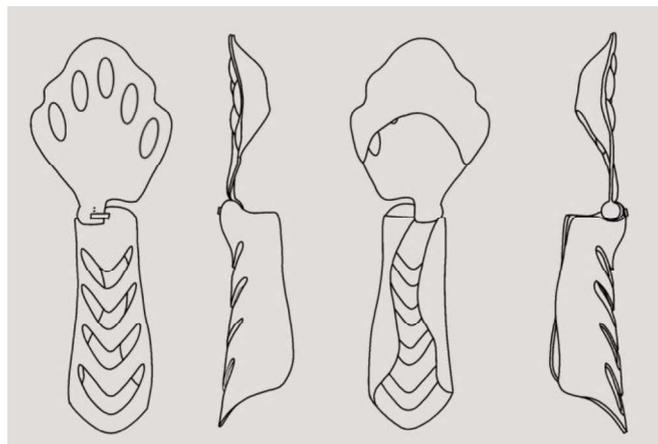


Figura 19: Refinamento do dispositivo. Fonte: Elaborado pelos autores

Bolsas de ar foram estrategicamente adicionadas entre os dedos, atuando como separadores e mimetizando as franjas membranosas das patas do lagarto. Os espaços vazados do dispositivo foram redesenhados para se assemelhar a guelras, permitindo um melhor direcionamento do fluxo da água e reduzindo sua resistência. Além disso, o sistema de trava foi aprimorado, tornando-se mais seguro e eficiente para o usuário.

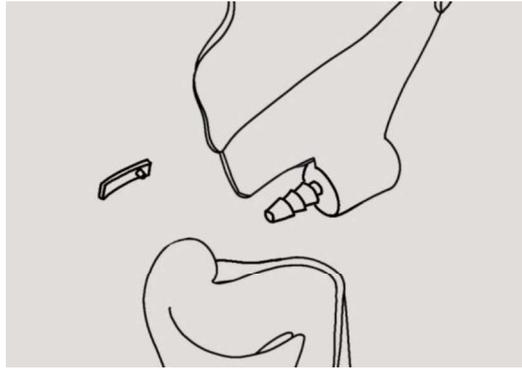


Figura 20: Refinamento da trava do dispositivo. Fonte: Elaborado pelos autores.

O refinamento do design foi um processo fundamental para otimizar a funcionalidade e a adaptação do dispositivo, resultando em um modelo mais eficiente e alinhado às necessidades do usuário. Com a estrutura final definida, foi conduzido um estudo cromático para visualizar o dispositivo de forma mais realista e determinar a paleta de cores mais adequada para sua aplicação.

Foram considerados tons de verde, azul e bege, visando estabelecer uma relação com elementos naturais, como a coloração do lagarto, a tonalidade da água da piscina e variações de tons de pele. No entanto, a análise cromática revelou que o verde poderia destacar excessivamente a deficiência do usuário, enquanto o bege exigiria uma maior complexidade produtiva devido à necessidade de variações tonais. Diante dessas considerações, a cor escolhida foi o azul, que se integra visualmente ao ambiente aquático, garantindo discrição durante o uso e preservando a estética esportiva do equipamento.



Figura 21: Estudo Cromático. Fonte: Elaborado pelos autores

5. Análises dos Resultados

Com a estrutura final definida, foram elaborados esquemas ilustrativos que representam a usabilidade do dispositivo, abrangendo o encaixe na mão, a separação dos dedos, os ângulos de inclinação da trava e a adaptação ao antebraço do usuário.

O design do dispositivo permite que o usuário insira a mão e o antebraço no espaço indicado do produto. Na palma da mão, os dedos são separados pelas bolsas de ar e acomodados por uma película de silicone, proporcionando conforto, estabilidade e uma aderência segura.

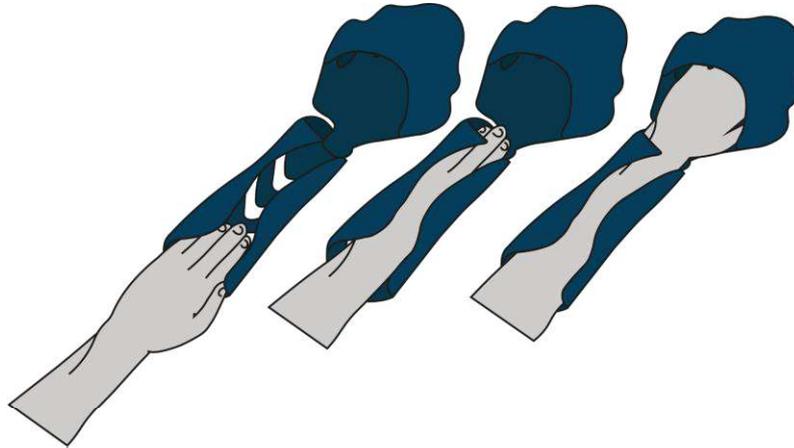
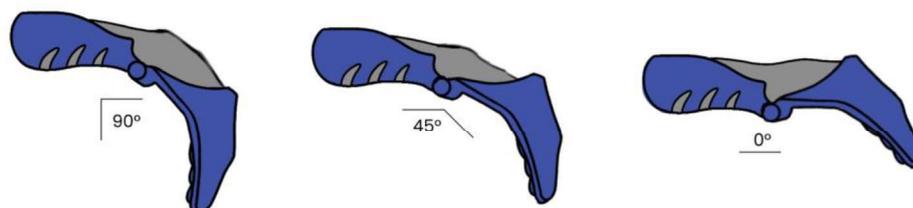


Figura 22: Usabilidade do dispositivo. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 23: Separação dos dedos. Fonte: Elaborado pelos autores.

O mecanismo rotativo responsável pela alteração da angulação da órtese é composto por um pino fixo, que possibilita a rotação, e um pino móvel, que define o ângulo de inclinação do dispositivo. Esse sistema permite ajustes em três posições distintas: 90°, 45° e 0°, garantindo flexibilidade na adaptação do produto às necessidades do usuário.



Figuras 24, 25 e 26: Inclinação do dispositivo em 90°, 45° e 0°. Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, foi gerado um render do dispositivo, proporcionando uma visualização mais realista de sua forma, estrutura e detalhes de design. Paralelamente, foi confeccionado um modelo de apresentação em escala reduzida, permitindo uma análise tridimensional do produto em ambiente físico, facilitando a avaliação de sua ergonomia e proporções.

Até o momento, o dispositivo não foi submetido a testes práticos com usuários, permanecendo na fase de modelo de apresentação. Futuras etapas de prototipagem e avaliação experimental podem ser efetuadas para validar sua eficiência em ambiente aquático.



Figura 27: Render da órtese. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figuras 28 e 29: Parte frontal e parte posterior do modelo de apresentação do dispositivo. Fonte: Elaborado pelos autores.

6. Conclusão



A utilização da biomimética como estratégia de design permitiu a criação de um modelo de apresentação inovador voltado para a inclusão de pessoas com mobilidade reduzida na prática de atividades aquáticas. A abordagem inspirada na natureza possibilitou a concepção de um dispositivo com potencial para melhorar a acessibilidade e o desempenho dos usuários na água.

O processo projetual reforça a importância da biomimética como um método eficaz para o design de produtos voltados à saúde, demonstrando como soluções criativas e eficientes podem emergir dessa abordagem. O processo metodológico adotado evidencia como a observação e a aplicação de princípios naturais podem guiar o desenvolvimento de dispositivos funcionais e acessíveis.

Embora a etapa atual do projeto tenha se limitado ao desenvolvimento conceitual e à criação do modelo de apresentação, os resultados obtidos demonstram a viabilidade da solução e abrem caminho para futuras pesquisas e testes práticos.

Referências

BENSENOR, Isabela M. et. al. Prevalência de Acidente Vascular Cerebral e de Incapacidade Associada no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde - 2013. **Arquivos de Neuro Psiquiatria**, São Paulo, v. 73, n. 9, p. 746-750, Setembro. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Acidente Vascular Cerebral**. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/avc>. Acesso em: 25/03/2025.

FIGUEIREDO, Ana Rita; PEREIRA, Alexandre; MATEUS, Sónia. Acidente Vascular Cerebral Isquêmico vs Hemorrágico: Taxa de Sobrevivência. **Higeia**, Castelo Branco, v. 2, n. 1, p. 35-45, Junho. 2020.

FRANCISCO, Sebastião E. **Modelos de Intervenção em Fisioterapia nos Pacientes com Espasticidade pós AVC: Revisão da Literatura**. (Dissertação de mestrado). Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Tecnologia de Saúde de Lisboa, Lisboa, 2016. [Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/entities/publication/67029500-1b4f-42a2-a6e0-cf701da325cc>. Acesso em: 25/03/2025.

SOUZA, Wilma C; RANGEL, M. da Conceição; DA SILVA, Elirez B. *Mirror Visual Feedback* na Recuperação Motora e Funcional da Mão Após Acidente Vascular Cerebral. **Revista Neurociências**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 254-259. 2012.

TSUTSUMI, et al. Os Benefícios da Natação Adaptada em Indivíduos com Lesões Neurológicas. **Revista Neurociências**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 82-86. 2004.