



BIOMIMÉTICA E SAÚDE: GERAÇÃO DE DISPOSITIVO PARA AUXÍLIO NA NATAÇÃO DE PESSOAS COM SINTOMAS DE ESPASTICIDADE E MOBILIDADE REDUZIDA

BIOMIMETICS AND HEALTH: DEVELOPMENT OF A DEVICE TO ASSIST SWIMMING IN PEOPLE WITH SYMPTOMS OF SPASTICITY AND REDUCED MOBILITY

Maiara Santos^{1*}

Adna Moura¹

Mikael Nóbrega¹

Antônio Oliveira¹

Itamar Silva¹

*Autor para correspondência: contatomaiaarafariasdesign@gmail.com

Resumo: Este artigo apresenta o desenvolvimento de um dispositivo biomimético para auxiliar pessoas com mobilidade reduzida na mão e no 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 das 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.

INTRODUÇÃO

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

A principal consequência do AVC abordado neste 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 o sistema natural escolhidos para mimetização durante o processo projetual foi o *Basiliscus plumifrons*, popularmente conhecido como Basilisco Verde ou Lagarto Jesus Cristo. Esse 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 no 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 em razão da mobilidade reduzida dos membros do corpo.

DESENVOLVIMENTO

Fundamentação teórica

O Acidente Vascular Cerebral (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 Ministério da Saúde (Brasil, 2025). Existem dois tipos de AVC, e cada um possui fatores diferentes que os causam. O primeiro é chamado de AVC hemorrágico, caracterizado por um rompimento de um vaso sanguíneo cerebral. Ele configura 15% de todos os casos de AVC e possui um risco de fatalidade maior. O segundo tipo é o AVC isquêmico, causado pelo entupimento de uma artéria, seja por um trombo ou um êmbolo (trombose e embolia, respectivamente). Esse tipo configura o maior número de casos (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 (quando, mesmo após uma investigação, não é

possível apontar a causa do AVC).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde conduzida por Bensenor *et al.* (2015), estima-se que 2.231.000 pessoas no Brasil sofram de AVC, das quais 568.000 apresentam incapacidade grave, isto é, sintomas consequentes do AVC que impactam sua rotina. O estudo conclui que a prevalência da doença 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 outras características sociodemográficas. Logo, observa-se que uma grande parte das pessoas sofrem desses sintomas e não se limitam a um grupo específico, tornando necessário pensar em alternativas que contemplem todas as características de diferentes grupos.

As consequências do AVC são variadas, mas estudos provam que de 55% a 75% dos pacientes apresentam dificuldade na sua rotina por déficits funcionais, principalmente nos membros superiores (Souza; Rangel; Silva, 2012). Entre os déficits funcionais consequentes do AVC, encontra-se a espasticidade, sintoma 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 por conta do 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, o esporte é importante para o desenvolvimento cognitivo e físico. A natação adaptada para esses indivíduos pode aumentar a força dos músculos e tornar habilidades de rotina menos estressantes, bem como aumentar sua independência funcional. Além disso, as propriedades físicas da água têm potencial de impactar no aspecto psicológico dessas pessoas, promovendo relaxamento e diminuição do estresse 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*), popularmente conhecido como Lagarto Jesus Cristo, que é encontrado na América Central. O animal chega a pesar 2 g quando filhote e até 200 g quando adulto, tendo a capacidade de correr sobre a água a uma velocidade de 1,5 m/s por 4,5 m. 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, na qual 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”² (Hsieh, 2004, tradução nossa).

Figura 1 – *Basiliscus plumifrons* correndo



Fonte: Naturepl por Bence Mate (Mate, 2010)

MÉTODOS

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: Bennytrap (2025)

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,

2 No original: “They also produce large transverse reaction forces that change from medial (79% body weight) to lateral (37% body weight) throughout the step”.

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. Na ordem: Palmar 8 Forearm Fulcrum Finis Adulto, remos de mão para natação, Órteses de mão e dedos, posicionamento, tala PVC (Imagens de produtos anunciados no Mercado Livre)

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.

Figura 4 – Escamas, cristas, cauda e patas



Fonte: Compilação do autor com imagens de BioDiversity4All

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.

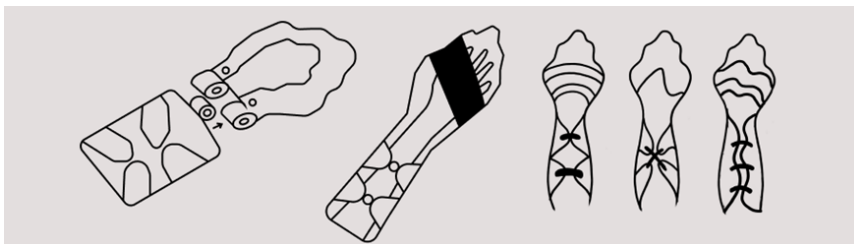
No aspecto estrutural, foi importante oferecer níveis de articulação adequados e uma resistência moderada, para suportar o esforço durante o uso. A solução foi um sistema rotativo com trava e materiais poliméricos leves, resistentes e duráveis, ideais para o ambiente aquático. No que se refere à forma, o *design* do produto foi inspirado nas características hidrodinâmicas do lagarto, com vistas a 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.

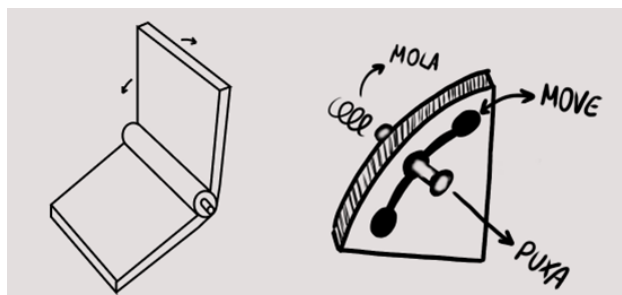
Figura 5 – Primeiro, segundo e terceiro esboço do dispositivo completo



Fonte: Primária (2025)

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 6 – Primeiro e segundo esboço da trava



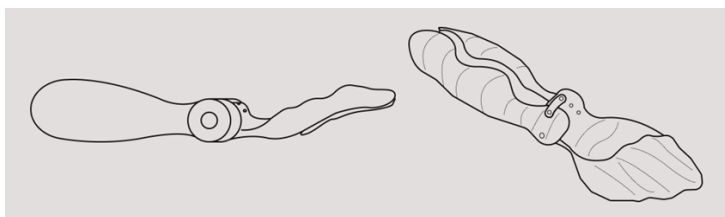
Fonte: Primária (2025)

Com o progresso das pesquisas, orientações recebidas e várias tentativas, foi possível integrar com sucesso as formas e os 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. Outro recurso importante foi a inclusão de uma trava com três níveis de angulação. À medida que a recuperação da pessoa 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 7 – Quarto e quinto esboço do dispositivo completo



Fonte: Primária (2025)

Figura 8 – Terceiro esboço da trava

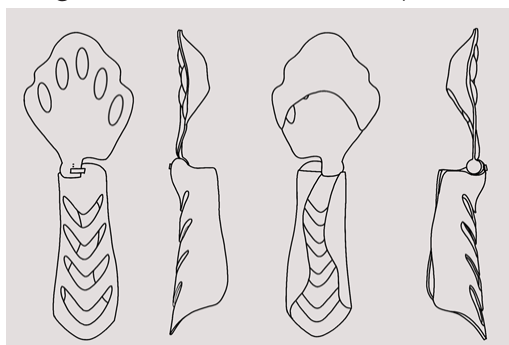


Fonte: Primária (2025)

RESULTADOS

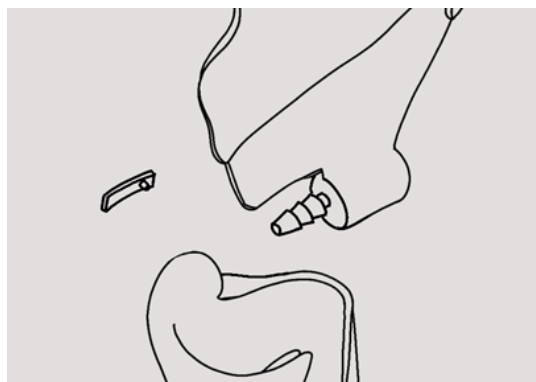
O processo de desenvolvimento do dispositivo resultou na concepção de um modelo de apresentação que sintetiza as principais diretrizes da biomimética aplicadas ao *design* assistivo. O desenho do produto foi refinado e a estrutura final do modelo foi inspirada em elementos naturais que favorecem a hidrodinâmica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

Figura 9 – Refinamento do dispositivo



Fonte: Primária (2025)

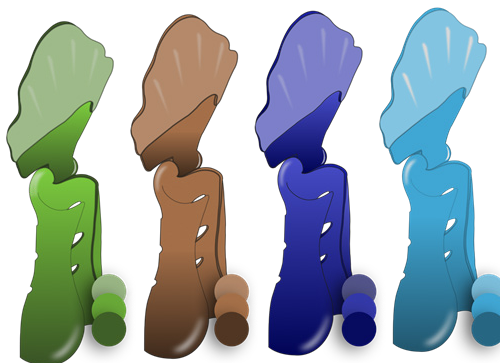
Bolsas de ar foram estrategicamente adicionadas entre os dedos, atuando como separadores e mimetizando as franjas membranosas das patas do lagarto. Os espaços vazados do dispositivo foram redesenhados para se assemelhar a guelras, de modo a permitir um melhor direcionamento do fluxo da água e reduzir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

Figura 10 – Refinamento da trava do dispositivo

Fonte: Primária (2025)

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 a fim de 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 por conta da 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.

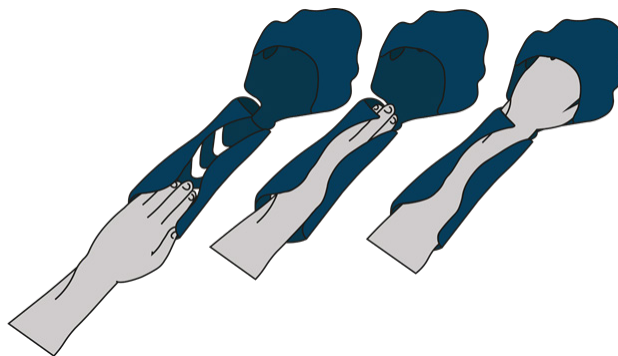
Figura 11 – Estudo cromático

Fonte: Primária (2025)

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 12 – Usabilidade do dispositivo



Fonte: Primária (2025)

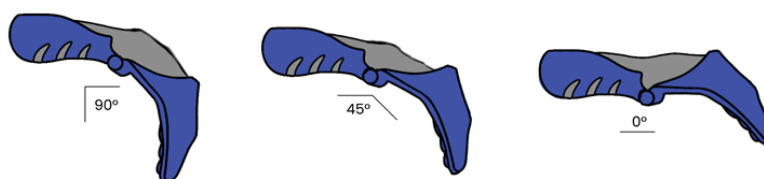
Figura 13 – Separação dos dedos



Fonte: Primária (2025)

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.

Figura 14 – Inclinação do dispositivo em 90°, 45° e 0°



Fonte: Primária (2025)

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 para permitir uma análise tridimensional do produto em ambiente físico e facilitar a avaliação de sua ergonomia e suas 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 15 – Render da órtese

Fonte: Primária (2025)

Figura 16 – Parte frontal e parte posterior do modelo de apresentação do dispositivo.

Fonte: Primária (2025)

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

BENNYTRAP. Pés do *Basiliscus plumifrons* [fotografia]. **Adobe Stock**, 2025. Disponível em: https://stock.adobe.com/br/search?k=P%C3%A9s+do+Basiliscus+plumifrons&search_type=usertyped&asset_id=312107847. Acesso em: 28 out. 2025.

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, set. 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 mar. 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, jun. 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 mar. 2025.

HSIEH, S. Tonia; LAUDER, George V. Running on water: Three-dimensional force Generation by basilisk lizards. **PNAS**, Cambridge, v. 101, n. 48, p. 16.784-16.788, 2004.

MATE, Bence. **Green / Double-crested basilisk (Basiliscus plumifrons) running across water surface**. Santa Rita. 2010. 1 fotografia.

ROACH, John. How “Jesus Lizards” walk on water. National Geographic, 2004. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/news-jesus-lizards-basilisks-walk-water>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SOUZA, Wilma C; RANGEL, M. da Conceição; SILVA, Elirez B da. 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, Olívia *et al.* Os benefícios da natação adaptada em indivíduos com lesões neurológicas. **Revista Neurociências**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 82-86, 2004.