

## **Desenvolvimento de dispositivo auxiliar de marcha utilizando princípios biônicos e elementos da natureza para melhoria funcional, ergonômica e estética do produto**

Ricardo Luiz Leite (Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC) ricardo@hupoo.org  
André Hideto Futami (Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC) andre.futami@sociesc.org.br  
Luiz V. O. Dalla Valentina (Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC) dalla@joinville.udesc.br  
Ana L. B. Hurtado (Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC) ana.hurtado@sociesc.org.br

### **Resumo**

A natureza tem sido uma fonte de inspiração ao homem desde a antiguidade no desenvolvimento de soluções em diversas áreas do conhecimento. No entanto, a aplicação sistematizada de princípios da biônica e sistemas naturais no processo de desenvolvimento de produtos é recente, e por isso ainda é pouco explorada. Nesse contexto, este trabalho propõe uma metodologia de desenvolvimento conceitual de produto que integra os elementos da natureza e da biônica para propor melhorias e inovações em produtos, com foco em melhorias funcionais e estéticas. A aplicação deste modelo resultou no desenvolvimento conceitual de um dispositivo auxiliar de marcha, comumente conhecido como muletas. Este dispositivo auxiliar de marcha inspirado em elementos da natureza apresentou melhorias quanto a sua usabilidade e ergonomia, resultando em um *design* inovador, o que evidencia o potencial de contribuição dos sistemas da natureza no desenvolvimento de produtos de modo a agregar mais qualidade de vida aos usuários.

**Palavras chave:** Biônica, Sistemas naturais, Dispositivo auxiliar de marcha, Desenvolvimento conceitual.

## **Development of an assistive device for walking using bionics principles and elements of nature to functional, ergonomic and esthetic improvement of the product**

### **Abstract**

Nature has inspired man since antiquity in the development of solutions to problems faced in different areas of knowledge. However, the systematic application of bionics principles and natural systems in the PDP (Product Development Process) is recent, and so it is still scarcely explored. In this context, this paper proposes a methodology of conceptual product development that integrates the elements of bionics and proposes improvements and innovations in products, focusing functional, ergonomic and esthetic improvements. The application of this methodology resulted in the conceptual development of an assistive device for walking, commonly known as crutches. This assistive device for walking inspired by nature's elements showed improvements in usability and ergonomics, resulting in an innovative design, highlighting the potential contribution of bionic principles and natural systems in products development in order to bring better quality of life for users.

**Key-words:** Bionics, Natural Systems, Assistive device for walking, Conceptual Development.

## 1. Introdução

O homem a muito tempo utiliza a natureza como fonte de inspiração e aplica princípios e elementos naturais no desenvolvimento de objetos e produtos que satisfaça suas necessidades. Ao observar detalhadamente a natureza e propor um estudo de forma sistemática, percebe-se interações, sistemas e formas nos organismos que ao serem utilizados como referência no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) geram novas possibilidades de soluções, garantindo ao produto eficiência, desempenho, funcionalidade, estética, sustentabilidade dentre outros (COHEN-BAR, 2005; DETANICO et al. 2010; RAMOS & SELL, 1994; SANCHEZ et al. 2005). A análise dos sistemas naturais pode contribuir no desenvolvimento de soluções técnicas inovadoras no projeto, porém, todo o potencial de contribuição destes sistemas é pouco explorado de forma sistemática no contexto de desenvolvimento de produtos.

Chiu & Shu (2007) e Shu (2006) declaram que as dificuldades para o desenvolvimento de produtos com base nos princípios da biônica e inspirados nos sistemas naturais ocorrem devido à falta de conhecimento dos elementos biológicos e naturais, por parte dos designers e engenheiros, e pela ausência de modelos e ferramentas específicas para inter-relação das ciências no PDP.

O presente trabalho objetiva o desenvolvimento conceitual de um Dispositivo Auxiliar de Marcha (DAM) utilizando princípios biônicos e inspiração em elementos naturais para criação de um produto que apresente uma melhor funcionalidade, usabilidade, ergonomia e estética tendo como público-alvo, os deficientes físicos.

Os DAM's, comumente chamados de muletas, são instrumentos que visam auxiliar o indivíduo portador de deficiência física em suas atividades do cotidiano. No Brasil, 2 % da população brasileira sofrem de alguma forma de deficiência física, revelando aproximadamente 517.563 deficientes físicos. (BARBOSA FILHO, 2001, 2002). No entanto, o produto, em alguns casos, pode apresentar riscos ao usuário pela falta de informações sobre a utilização, o uso inadequado e, principalmente, às falhas de projeto de certos produtos encontrados no mercado que acabam comprometendo a biomecânica e o funcionamento normal do organismo resultando em lesões (GAMA et al., 2006; ORTOLAN et al., 2001).

Dessa forma, este trabalho propõe um modelo para desenvolvimento conceitual que integra os princípios da biônica e de sistemas da natureza para a criação de uma alternativa conceitual de um DAM que favoreça o uso e melhore a qualidade de vida de uma parcela da população que constantemente enfrenta dificuldades.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Modelos Teóricos de Desenvolvimento de Produtos

A atividade de design possui um papel fundamental no desenvolvimento e criação de produtos, para isso, os modelos teóricos são ferramentas indispensáveis para a boa condução e desenvolvimento de um projeto. Diversos autores sugerem metodologias para o desenvolvimento de produtos. No presente trabalho são utilizados como referência a aplicação das metodologias de Baxter (1998), de Löbach (2001) e de Rozenfeld et al. (2006) para o desenvolvimento conceitual de uma proposta dispositivo auxiliar de marcha utilizando de forma sistematizada princípios biônicos e o estudo dos sistemas naturais.

Os autores dividem o PDP em fases, na qual, normalmente, a primeira trata da coleta de dados e do conhecimento sobre o escopo, o produto, o usuário e os demais aspectos relevantes. Nesta fase são utilizadas diversas ferramentas que visam transformar os dados obtidos em informações que nortearam o desenvolvimento do produto. São exemplos de ferramentas: a)

análise estrutural e/ou funcional do produto; b) análise do público-alvo; c) pesquisas quantitativas e qualitativas; d) benchmarking; e) análise dos concorrentes e análises de tendências a curto e longo prazo; f) o método do Diagrama de Mudge para classificar os requisitos do cliente quanto a sua importância; g) o *Quality Function Deployment* (QFD) com a finalidade de estabelecer relações entre os requisitos do cliente e os requisitos técnicos e hierarquizá-los em escala de importância para o desenvolvimento de produtos. (BAXTER, 1998; LÖBACH, 2001; ROZENFELD et al. 2006).

Na segunda fase, mais criativa, são geradas as alternativas conceituais para o produto a ser produzido com base nas informações obtidas anteriormente para solucionar a problemática apresentada no escopo. Nesta fase são utilizadas ferramentas de criatividade para estruturar a linha de pensamento criativo envolvido no desenvolvimento dos produtos (BAXTER, 1998; LÖBACH, 2001; ROZENFELD et al. 2006).

Baxter (1998) sugere diversas ferramentas de criação, dentre elas se destacam: a bissociação ou pensamento lateral; analogias criativas; brainstorming; sinética; e MESCRAI. O autor sugere a adaptação das ferramentas de criação existentes para aplicação de princípios biônicos, como o caso da sinética, ou ainda, trata da utilização de elementos naturais como recurso de estilo para melhorar a aparência estética dos produtos.

Ramos & Sell (1994) descrevem um método para aplicação da biônica no desenvolvimento de produtos. Esse método é baseado nas funções do produto e através de analogias busca-se uma referência de solução para os produtos. Essa ferramenta fornece auxílio para estabelecer uma linha de raciocínio no desenvolvimento de produtos.

Desta forma, é possível unir os dados e informações obtidas nas fases do PDP com os estudos biônicos e sistemas naturais para desenvolvimento de novos produtos ou melhoria dos já existentes.

## **2.2 Princípios Biônicos e Sistemas Naturais**

A vida no planeta Terra está em constante evolução, em que todas as formas de vida passaram pela seleção natural e constituem os organismos mais adaptados ao meio em que vivem, sendo que essa seleção natural ao longo do tempo conferiu inúmeras interações, sistemas, estruturas e formas a estes organismos permitindo que estes obtivessem sucesso evolutivo. (CHIU & SHU, 2007; HELMS et al., 2009; SANCHEZ, 2005; SHU, 2006)

A biônica utiliza deste “conhecimento da natureza” como alternativa para soluções de problemáticas humanas (CHIU & CHIOU, 2009). Para Ramos & Sell (1994) a biônica é o estudo de sistemas e organizações naturais, com o objetivo de analisar e propor soluções funcionais, estruturais e formais, para aplicá-las a problemática enfrentada por humanos.

O biomimetismo é uma forma de relação natural que tem como objetivo “imitar” ou “copiar” processos, interações, estruturas e formas dos organismos (CHIU & SHU, 2007; SANCHEZ, 2005). O biomimetismo como ferramenta no design de produtos possui o mesmo princípio: utilizar os elementos provenientes da natureza para solucionar questões e problemáticas relacionadas ao PDP (HELMS et al., 2009). Nas últimas décadas muitos produtos foram desenvolvidos com base neste princípio obtendo êxito na criação de produtos que apresentam melhor funcionalidade, ergonomia, usabilidade, estética dentre outros.

Muitos estudos atuais retratam a aplicação da biônica e do biomimetismo como recurso de estilo para definição da forma, para conferir ao produto uma estética agradável, ou ainda, para propor similaridade semântica entre o produto e o elemento natural utilizado. Porém, ressalta-se que as aplicações de princípios biônicos propõem soluções muito maiores que apenas soluções estéticas, sendo diversos os casos em que a biônica soluciona problemas funcionais,

ergonômicos, de desempenho e relacionados a materiais e processos.

Assim, verifica-se a importância e relevância da aplicação da biônica e elementos naturais para melhoria dos produtos, em especial aos dispositivos auxiliares de marcha, objeto de estudo do trabalho proposto.

### **2.3 Deficientes Físicos e Dispositivos Auxiliares de Marcha**

O portador de deficiência física ou deficiente físico é aquele que apresenta, em caráter temporário ou permanente, significativas diferenças físicas e sensoriais, decorrente de fatores inatos ou adquiridos, que acarretam dificuldades em sua interação com o meio social, necessitando assim, de recursos especializados para desenvolver seu potencial e superar ou minimizar suas dificuldades (SASSAKI, 2002). Essa deficiência física está relacionada ao comprometimento do aparelho locomotor. As doenças ou lesões que afetam este aparelho podem produzir limitações físicas de grau e gravidades variáveis, segundo as regiões corporais afetadas e o tipo de lesão ocorrida. (SCHIRMER, 2009).

De acordo com Oliveira et al (2001) e Iida (2005) a ergonomia se torna indispensável em produtos para este público para minimizar as incapacidades da pessoa com deficiência, evitando o agravamento desta e/ou o surgimento de novas.

Os DAM's são usados para fornecer ao deficiente físico maior estabilidade e equilíbrio durante a marcha, ou seja, são projetados com o propósito de auxiliar o caminhar do usuário quando uma das extremidades inferiores requer suporte adicional durante o deslocamento (MORETZSOHN, 2005). Os modelos existentes são o tipo axilar, na qual um bojo encaixa-se sob o braço na região das axilas; e o tipo canadense, em que uma braçadeira é apoiada na região do antebraço.

Muitos estudos indicam que a própria configuração dos DAM's atuais e a utilização incorreta a curto e longo prazo podem causar problemas como: o estrangulamento da circulação sanguínea e dos nervos nas regiões axilares; lesões na musculatura e ossatura dos ombros devido o impacto da ponteira; feridas na região do antebraço pelo atrito com a braçadeira; problemas posturais; além dos problemas psico-sociais como, o isolamento do usuário pela falta de autonomia para realização de atividades e o estigma de incapacidade, causado pela utilização do dispositivo (BATISTA, 2009, YENG, 2001). Percebe-se assim, que os princípios biônicos e sistemas naturais integrados no processo de desenvolvimento de produtos podem contribuir para propor soluções a esta problemática.

O presente trabalho propõe o desenvolvimento conceitual de DAM utilizando princípios biônicos e sistemas naturais para aprimorar a funcionalidade, usabilidade e ergonomia do produto objetivando a melhoria na qualidade de vida de seus usuários.

### **3. Metodologia Proposta para o Desenvolvimento Conceitual**

O projeto propõe um modelo de desenvolvimento conceitual adaptando elementos da metodologia de Baxter (1998), Löbach (2001) e Rozenfeld et al. (2006) incluindo os estudos sobre princípios biônicos e sistemas naturais, resultando num projeto de duas etapas, sendo: 1) Projeto Informacional e 2) Projeto Conceitual.

Cada etapa possui atividades e ferramentas específicas que visa fornecer informações para o desenvolvimento conceitual preciso. (Figura 1)

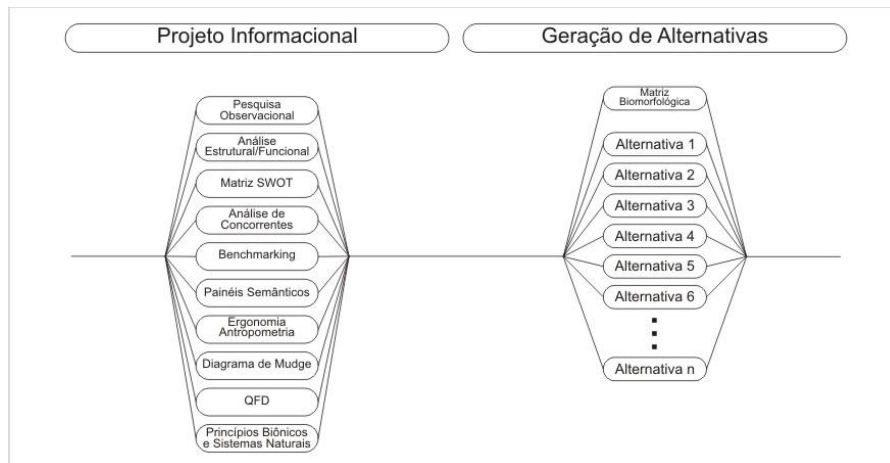


Figura 1: Metodologia de desenvolvimento conceitual com a aplicação de princípios biônicos e sistemas naturais

### 3.1 Projeto Informacional

A atividade inicial do projeto informacional foi à pesquisa observacional com a coleta de dados qualitativos para uma melhor compreensão e percepção real da relação homem e produto. Nesta pesquisa objetivou-se a coleta de informações técnicas importantes, os pontos fortes e os pontos fracos apresentados pelo produto em estudo e os requisitos do cliente. A pesquisa observacional foi realizada na ADEJ – Associação de Deficientes Físicos de Joinville através de um questionário semi-estruturado com o público-alvo e contou com a presença de cinco usuários de DAM's e um profissional da área de reabilitação (fisioterapeuta).

As atividades subseqüentes no PDP são ferramentas utilizadas no desenvolvimento de produtos que visam transformar dados em informações ordenando e explorando estas para o desenvolvimento da alternativa.

A partir de uma amostra do produto em estudo, realizou-se a análise estrutural/funcional para verificar os componentes e as configurações básicas, bem como a função de cada elemento no produto. A análise estrutural/funcional dos dois tipos de DAM's (axilar e canadense) permitiu observar que os diferentes tipos possuem configurações e componentes semelhantes e as funções relacionadas a estes componentes são: sustentar, aderir, absorver impactos, gerar conforto e transportar.

Com base na mesma amostra, foi realizada uma matriz SWOT com as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças para o desenvolvimento de um novo conceito do produto.

A matriz SWOT para os DAM's convencionais permitiu a determinação das forças, que estão relacionadas à sua funcionalidade, à fácil fabricação, à resistência e à leveza do aparelho. Já as fraquezas estão relacionadas ao risco de lesões no antebraço e axila, à dificuldade no transporte do aparelho e a adequação as necessidades específicas do usuário como o peso e tipo físico. As oportunidades seriam potenciais inovações tais como à utilização de peças intercambiáveis em uma base “plataforma”, a inserção de peças acessórias, a melhoria da forma do produto atual e soluções ergonômicas para as questões levantadas nas “fraquezas” do produto. As “ameaças” estariam relacionadas ao desenvolvimento detalhado envolvendo a engenharia e a busca por materiais que satisfaça os requisitos do público e os requisitos técnicos do produto.

No *benchmarking* e na análise de concorrentes foram analisados tecnologias e produtos relacionados, além dos principais concorrentes diretos do produto. Essas análises permitiram

observar os diferenciais apresentados pela concorrência e possíveis inovações tecnológicas para o desenvolvimento de um novo conceito de produto. No *benchmarking* para DAM's foram analisados produtos relacionados à mobilidade existentes no mercado que apresentassem diferenciais inovadores quanto às soluções técnicas, à estrutura formal e aos materiais utilizados. Já na análise de concorrentes foram destacados os diferenciais e as inovações apresentadas pelos DAM's nacionais e importados, além de patentes do produto que não foram produzidos em escala comercial.

Com base na pesquisa observacional, na análise de concorrentes e no *benchmarking* pode-se desenvolver os painéis semânticos do produto, do usuário e de tendências visando conhecer os aspectos subjetivos no desenvolvimento do produto. O painel semântico do produto explorou elementos que remetessem à segurança, conforto, ergonomia, praticidade, resistência e autonomia. Já o painel do usuário as características do usuário como sociabilidade, afeto, confiança, dependência, alegria e motivação.

Após as atividades de reconhecimento, iniciou-se a transformação dos dados obtidos em informações relevantes no desenvolvimento de produtos. Desta forma, realizou-se o levantamento de informações sobre ergonomia e antropometria do perfil do usuário, a aplicação do Diagrama de Mudge para a priorização dos requisitos do cliente e o QFD para estabelecer relação entre os requisitos do cliente e os requisitos técnicos do produto.

A adequação antropométrica dos DAM para os usuários foi desenvolvida utilizando as medidas do perfil brasileiro fornecidas pela norma NBR 9050 e as tabelas antropométricas segundo Ferreira (1988 apud Iida, 2005) e Couto (1995 apud Iida, 2005) e estudos sobre manjeiras e pegadas de acordo com Iida (2005).

Para estabelecer priorização entre os requisitos do cliente foi utilizado o Diagrama de Mudge, no qual os principais requisitos do cliente em ordem de importância foram: aderência ao chão, ausência de perigo de lesões, material resistente, aderência na pega e material leve respectivamente. De maneira semelhante, os resultados do QFD relacionando os requisitos do cliente e ponderando os pesos atribuídos a estes em relação aos requisitos técnicos do produto determinaram que os principais requisitos técnicos do produto são: ergonomia, segurança, material, funcionalidade, resistência e estética respectivamente.

De posse dessas informações e dos estudos de princípios biônicos e analogias aos sistemas naturais aplicou-se a Matriz Biomorfológica (LEITE et al. 2011), uma ferramenta desenvolvida com base na Matriz Morfológica tradicional. A Matriz Biomorfológica correlaciona as funções do produto obtidas na análise estrutural/funcional e estabelece uma hierarquia para estas funções, com base no Diagrama de Mudge.

A hierarquia permitiu analisar quais são as funções primária (mais relevante) e as secundárias para o desenvolvimento do produto. Para realizar a correlação com as funções, as informações de princípios biônicos e sistemas naturais obtidos anteriormente são categorizados conforme a complexidade da analogia utilizada podendo ser: analogias da composição (baixa complexidade), ligada às propriedades do material utilizado; analogias da forma (média complexidade), relacionada às formas biológicas que realizam a função em questão; e analogias do sistema (alta complexidade), que é o conjunto de materiais e formas naturais que promovem a função.

Nesta matriz no eixo função (vertical), a função primária foi sustentar, seguida das funções secundárias como gerar conforto, absorver impactos, aderir e transportar. Os aspectos biônicos e naturais abordados na matriz estão relacionados no eixo horizontal, para a complexidade das analogias biológicas, em que a composição (baixa complexidade) apresenta diferentes materiais, a forma biológica (média complexidade) propõe diferentes configurações

e os sistemas biológicos (alta complexidade) diferentes combinações de materiais e estruturas.

A partir destes dois eixos, as referências biológicas foram dispostas na matriz permitindo permutações entre as funções e as soluções biônicas e analogias naturais para geração da alternativa.

### 3.2 Projeto Conceitual – Geração da Alternativa

Com base na geração conceitual sistematizada através da Matriz Biomorfológica obteve-se a alternativa conceitual para DAM do tipo axilar denominado Conceito Mantis. O conceito Mantis recebe esse nome inspirado em uma espécie de Louva-Deus e foi desenvolvido aplicando as características do inseto como melhorias biônicas ao DAM. Para sustentação utilizou-se formas semelhantes ao exoesqueleto do inseto com um sistema que permite a dobra do aparelho, visando à redução no espaço ocupado favorecendo o armazenamento e transporte do produto (Figura 2).

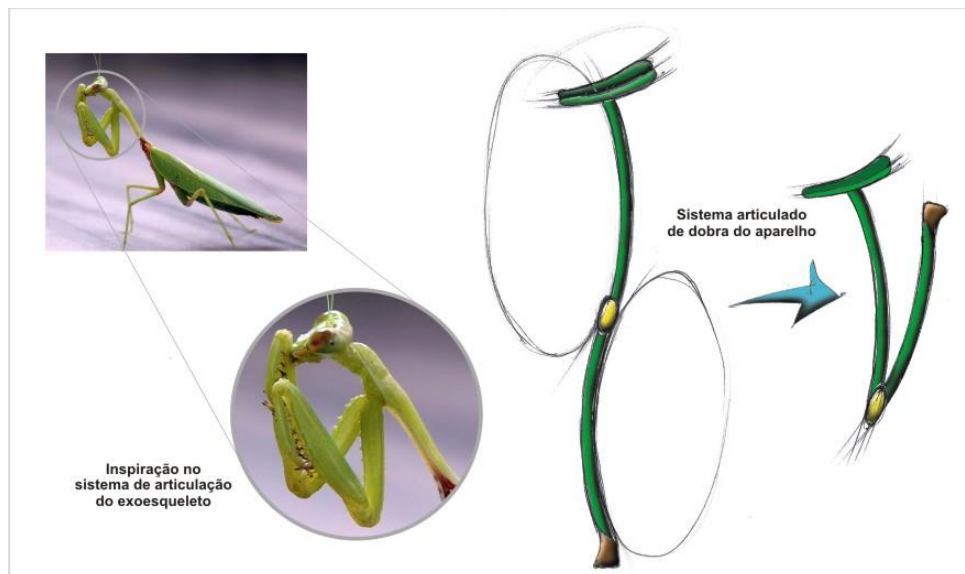


Figura 2: Aplicação biônica no desenvolvimento do sistema de dobra do DAM

O conceito Mantis apresentou analogias biológicas de baixa, média e alta complexidade (composição, forma e sistema), gerando diferenciais inovadores ao produto. A alta complexidade permitiu o desenvolvimento do detalhe estrutural do sistema de dobra no aparelho, do sistema removível para o porta-objetos e do sistema telescópico para regulagem de altura do aparelho (adequação antropométrica).

A alternativa conceitual foi desenvolvida utilizando-se a forma curvada na região de apoio axilar para conferir maior conforto e evitar acidentes decorrentes do deslizamento do aparelho da região axilar. Para solucionar o problema de estrangulamento de vasos e nervos na região axilar utilizou-se um material de revestimento macio (elastômero) que minimize este impacto e aumente o conforto na região (Figura 3).

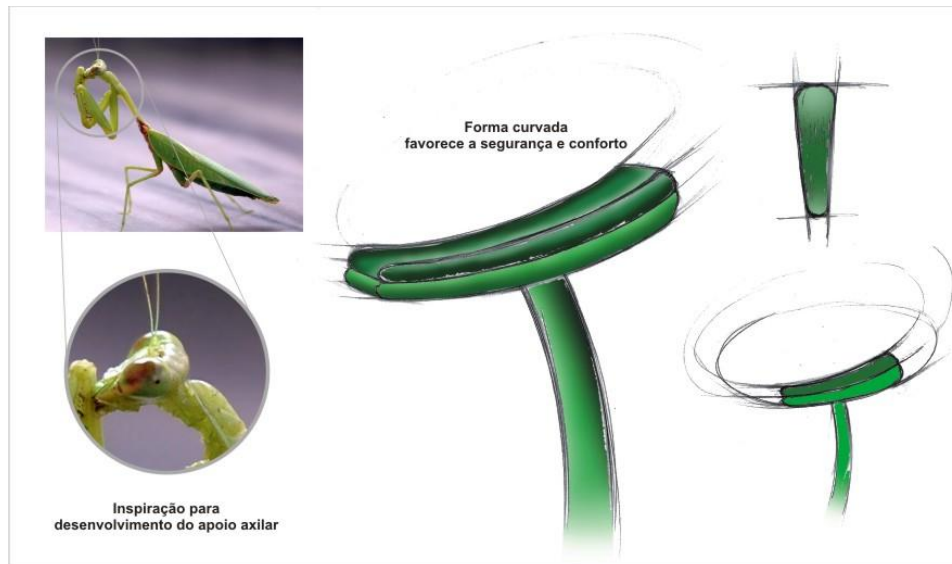


Figura 3: Aplicação biônica no desenvolvimento do apoio axilar do DAM

O conceito Mantis foi desenvolvido para apresentar as pegas com um manejo do tipo grosseiro, visto que este tipo de manejo favorece a empunhadura e a força na pega. A pega foi desenvolvida para apresentar textura que aumente a aderência e favoreça a estabilidade no uso do aparelho, além da regulagem da altura da pega permitindo a adequação antropométrica conforme as medidas (comprimento de braço) do usuário (Figura 4).

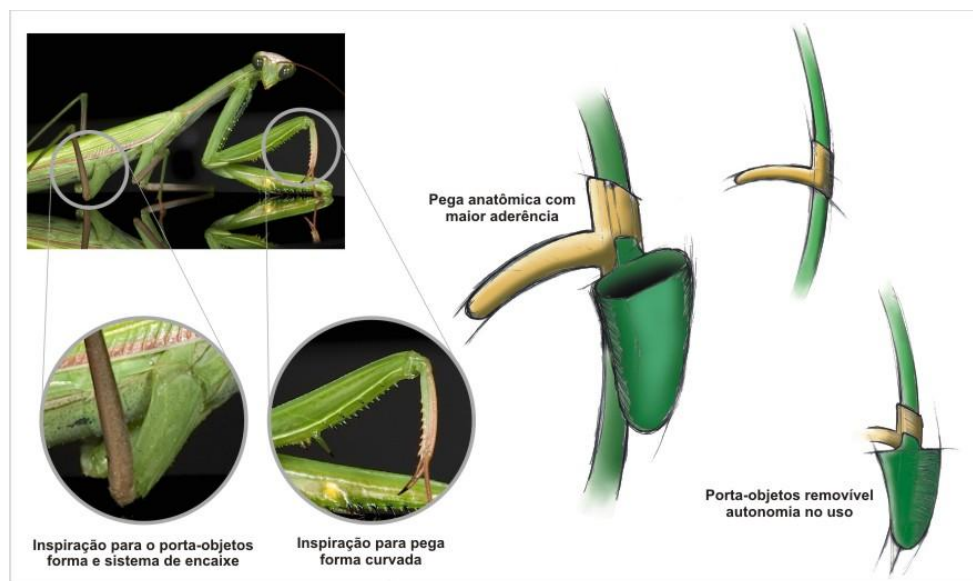


Figura 4: Aplicação biônica no desenvolvimento da pega do DAM

No conceito Mantis desenvolveu-se as braçadeiras como peças intercambiáveis, para configuração do aparelho na versão com apoio de antebraço permitindo a mobilidade na utilização dos dispositivos nas configurações axilar e canadense. Essas braçadeiras possuem um revestimento interno com material macio para conferir conforto e evitar lesões decorrentes do atrito do aparelho com o antebraço (Figura 5).



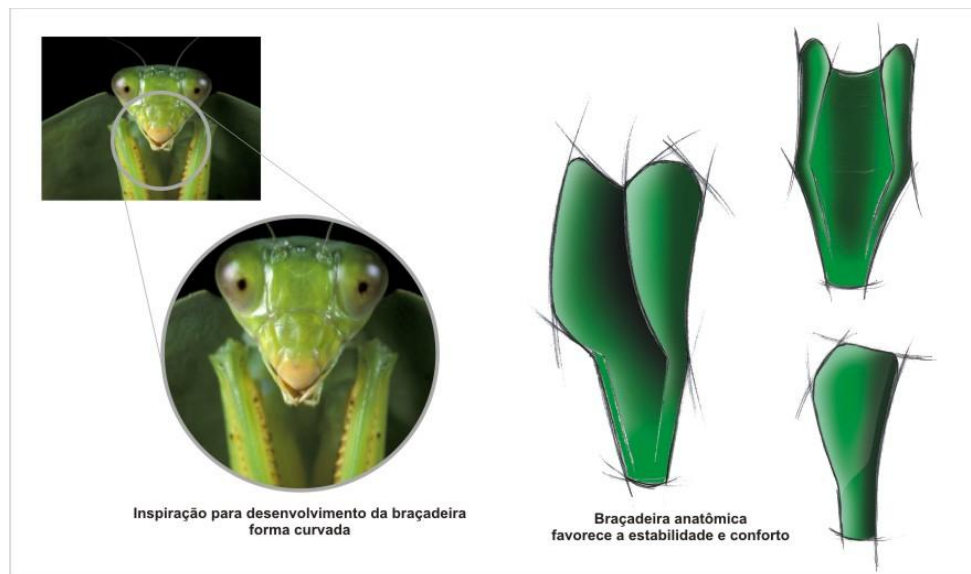


Figura 5: Aplicação biônica no desenvolvimento da braçadeira para DAM

Já a ponteira do conceito foi desenvolvida para utilizar um material com propriedades aderentes que aumentem a superfície de contato com o chão aumentando a aderência e reduzindo o risco de acidentes devido o deslizamento do aparelho, bem como a absorção de impactos por esta ponteira, evitando o problema de lesões nas articulações e musculatura dos ombros.

#### 4. Resultados

O desenvolvimento conceitual permitiu a criação de uma alternativa em DAM que favorece a usabilidade, funcionalidade, ergonomia e estética do aparelho.

O conceito Mantis apresenta como melhorias ergonômicas: a forma curvada do apoio axilar e o revestimento em elastômero macio que confere conforto e segurança no uso, evitando o estrangulamento dos vasos e nervos da região e o deslizamento do aparelho durante o uso (Figura 6 – C); as pegas aderentes com angulação que favorece a estabilidade na empunhadura (Figura 6 – D); a ponteira desenvolvida em material aderente que minimiza o risco de acidentes e possui a capacidade de absorção de impactos (Figura 6 – E); a adequação antropométrica do DAM nas medidas (altura e comprimento de braço) do usuário; e braçadeira canadense desenvolvida com revestimento interno visando minimizar feridas decorrentes do atrito entre a braçadeira e o antebraço do usuário.

As melhorias funcionais e de usabilidade estão relacionadas à possibilidade de dupla configuração do dispositivo na versão axilar e canadense (Figura 6 – A), ao porta-objetos removível (Figura 6 – D) e o sistema de dobra do aparelho que permite maior praticidade e autonomia do usuário na utilização do produto (Figura 6 – B), além da melhoria estética que conferiu ao produto formas contemporâneas que remetem à robustez, segurança e confiança, características indispensáveis em um dispositivo auxiliar de marcha.

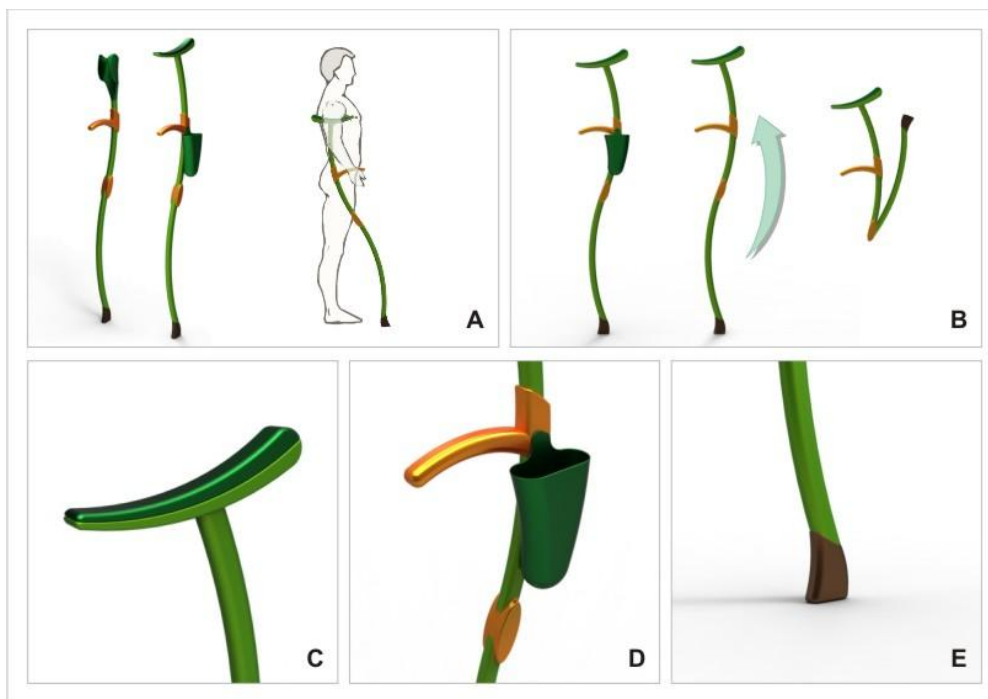


Figura 6: Aplicação biônica no desenvolvimento conceitual de DAM

Assim, observa-se que a aplicação de princípios da biônica e sistemas naturais solucionou os problemas apresentados no escopo do projeto.

#### 4. Considerações Finais

A natureza como fonte de inspiração fornece um universo imenso de possibilidades e soluções para problemáticas humanas. Este trabalho demonstrou que a utilização de sistemas naturais e de princípios da biônica no desenvolvimento de produtos pode contribuir para melhorar a qualidade de vida de seus usuários.

Este trabalho apresentou uma metodologia de desenvolvimento conceitual com enfoque na biônica e sistemas naturais, de forma sistematizada, integrando as duas ciências no desenvolvimento conceitual de dispositivo auxiliar de marcha. Essa metodologia possibilitou a transformação dos requisitos do cliente, por meio da coleta de informações com os clientes diretos e indiretos, em requisitos do produto. A utilização da Matriz Biomorfológica aliado aos estudos antropométricos, incluindo-se as normas e diretrizes para produtos voltados ao público-alvo, resultou na alternativa conceitual que solucionou os problemas levantados na fase informacional do projeto.

Dessa forma, é possível concluir que a aplicação de princípios biônicos no desenvolvimento de produtos é um recurso, cujas vantagens estão relacionadas ao aumento do desempenho do produto, a maior funcionalidade e usabilidade, aprimoramento da ergonomia, da segurança para o usuário e da melhoria estética do produto. Assim, incentiva-se o desenvolvimento de novas pesquisas na área visando uma ampliação do conhecimento da biônica no desenvolvimento de produtos.

#### Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*, Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARBOSA FILHO, A. N.; CARVALHO, L. L.; ROCHA, S. P. V. & TAVARES, J. P. S. *Otimização de uma cadeira de rodas popular numa perspectiva de tecnologia apropriada*. Anais: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.

- BARBOSA FILHO, A. N.; TÁVORA Jr., J. L.; MÁSCULO, F. S. & CARVALHO, L. L.** *A produção brasileira de produtos para populações especiais*, Anais: 3º Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produtos, Florianópolis, 2001.
- BATISTA, C. A. & SPINOSA, R. M. O.** *Design de Dispositivo Auxiliar de Marcha, centrado nas Características do Público Idoso*. Anais: 5º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, Bauru/SP, 2009.
- BAXTER, M.** *Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- CHIU, I. & SHU, L. H.** *Biomimetic design through natural language analysis to facilitate cross-domain information retrieval*, nº 21, Artificial Intelligence for Engineering Design: Analysis and Manufacturing, Cambridge University Press. 2007.
- CHIU, W. T. & CHIOU, S. C.** *Discussion on Theories of Bionic Design*. Design Philosophy, Yuling University, 2009.
- COHEN-BAR, Y.** *Biomimetics: Biologically inspired technology*, II ECCOMAS – Thematic Conference on Smart Structures and Materials, Lisboa, Portugal, 2005.
- DETANICO, F. B.; TEIXEIRA, F. G. & SILVA, T. K.** *A biomimética como método criativo para o Projeto de Produto*. Vol 2. PGdesign: Design & Tecnologia. UFRGS, Porto Alegre, 2010.
- GAMA, M. C. S. & TEODORI, L. F. R. M. F. R. M.** *Determinação da Confiabilidade do Treinamento de descarga Parcial de Peso em Apoio Unipodal*. Anais: Mostra Acadêmica UNIMEP, 2006.
- HELMS, M.; VATTAN, S. S. & GOEL, A. K.** *Biologically Inspired Design: Process and Product*, Design Studies, Atlanta, USA, 2009.
- ILDA, I.** *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- LEITE, R. L.; FUTAMI, A. H.; DALLA VALENTINA, L. V. O. & HURTADO, A. L. B.** *Aplicação de uma sistemática integrativa de princípios de solução da biônica e da natureza no projeto conceitual de dispositivos auxiliares de marcha*, nº 643, Anais: XVIII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru/PR, 2011.
- LÖBACH, B.** *Design Industrial: Bases para configuração dos produtos industriais*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- MORETZSOHN, O.** *Os auxiliares da marcha. Uso de muletas, bengalas e andadores*. GEJC – Grupo de Estudos do Joelho de Campinas, Campinas, 2005.
- OLIVEIRA, S. C. F.; TOMAZ, A. F.; BARBOSA FILHO, A. B.; LUCENA, N. M. G. & GUALBERTO FILHO, A.** *Adaptação de postos de trabalho ocupados por pessoas portadoras de deficiência física*. Anais: 11º Congresso Brasileiro de Ergonomia, Gramado, 2001.
- ORTOLAN, R. L.; CUNHA, F. L.; CARVALHO, D. C. L.; FRANCA J. E. M.; SANTA MARIA, A. S. L.; SILVA, O.L. & CLIQUET Jr. A.** *Tendências em Biomecânica Ortopédica Aplicadas a Reabilitação*. Acta Ortopédica Brasileira, São Paulo, 2001.
- RAMOS, J. & SELL, I.** *A Biônica do Projeto de Produtos*. vol.4 nº 2, Scielo Brasil, São Paulo, 1994.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J.C.; SILVAS.L.; ALLIPRANDINI, D.H. & SCALICE, R.K.** *Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria o processo*. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SANCHEZ, C.** *Biomimeticism and Bioinspiration as Tools for the Design of Innovative Material and Systems*. Nature Publishing Group, 2005.
- SASSAKI, R. K.** *Terminologia sobre Deficiência: A Era da Inclusão*. SENAI: Programa SENAI de Ações Inclusivas, São Paulo, 2002.
- SCHIRMER, C. R.** *Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Física*. Curitiba/PR: Cromos, 2009.
- SHU, L. H.** *Using Biological Analogies for Engineering Problem Solving and Design*. Anais: III Internacional Design Conference, Toronto, Canada, 2006.
- YENG, L. T.; STUMP, P.; KAZIYAMA, H. H. S.; TEIXEIRA, M. J.; IAMAMURA, M. & GREVE, J. M. D.** *Medicina física e reabilitação em doentes com dor crônica*, Revista Médica, nº80, São Paulo, 2001.