

BINÔMIO DESIGN E ENGENHARIA: A SELEÇÃO DE MATERIAIS COMO FERRAMENTA A SERVIÇO DA TECNOLOGIA ASSISTIVA – CASO MULETA FLEX

Leo Joas¹
Patrícia Campiol²
Natália Trarbach³
Liane Roldo⁴
Wilson Kindlein Jr.⁵

RESUMO

Este trabalho é uma análise de um produto hospitalar com alta demanda no mercado e que atende a todos os segmentos da população: a muleta de apoio. Observa-se que a maioria dos similares encontrados no mercado está desatenta a inovações nos campos estético-formal, funcional, de materiais e de sentimento, obrigando o usuário a optar por moldes obsoletos e ergonomicamente mal projetados; ou seja, muletas incômodas, de difícil adaptação e visualmente pouco atrativas. Este trabalho objetiva analisar os produtos disponíveis no mercado em termos de estrutura e tipos de materiais utilizados nos diversos componentes, passando pela abordagem ecológica de reuso e reciclagem das partes para, ao final, oferecer um novo projeto de produto ergonômico e agradável ao usuário. As ferramentas utilizadas foram o embasamento científico e bibliográfico aliado ao estudo de similares para, a seguir, selecionar materiais a partir de critérios de densidade, durabilidade, resistência mecânica e reciclabilidade. Esse novo produto vem ao encontro das novas correntes de projeto e de uso de materiais por oferecer uma muleta leve, resistente, ergonômica e colorida, com a intenção de contribuir com o bem-estar emocional do usuário.

Palavras-chave: Seleção de Materiais. Design de Produto. Ergonomia. Muleta de Apoio. Tecnologia Assistiva.

¹Msc (UFRGS). E-mail: leojoas@terra.com.br.

²Graduanda em Design de Produto (UFRGS). E-mail: 192campiol@gmail.com.

³Graduanda em Design de Produto (UFRGS). E-mail: natalia_poa@hotmail.com.

⁴Professora Doutora em Engenharia – LdSM/DEMAT/EE/UFRGS - Laboratório de Design e Seleção de Materiais.

⁵Professor Doutor em Engenharia – LdSM/DEMAT/EE/UFRGS - Laboratório de Design e Seleção de Materiais.

ABSTRACT

This work is an analysis of a high demanded hospital product, which attends many segments of the population - the crutch. It is observed that most of the crutches available ignore innovations in fields as aesthetic-formal, functional, materials and feeling, forcing the user to choose obsolete and non-ergonomical molds, that is, uncomfortable crutches, not very adaptable and not visually attractive. This paper aims to analyze the products available on the market in terms of structure and types of materials used in the various components, through ecological approach to reuse and recycling of the parts. All the effort goes to offer a product redesign project, which aims to satisfy the user. The tools used were the scientific and bibliographic basement, along with the study of most common crutch's similars, which lead to a selection of suitable materials based on criteria such as density, durability, strength and recyclability. This new product meets the new schools of product design and use of materials by providing a lightweight, durable, ergonomic and colorful crutch, with the intent to contribute to the emotional well-being of the user.

Keywords: Material Selection. Product Design. Ergonomy. Crutch. Assistive Technology.

INTRODUÇÃO

Design e Engenharia são duas ciências que estão se aproximando cada vez mais. Os traços arrojados, dinâmicos e orgânicos não mais podem se separar das corretas proporções, da escolha de materiais apropriados e dos cálculos de resistência estrutural. O incremento da interface entre essas duas áreas do conhecimento só vem a acrescentar: engenheiros agregam mais conhecimento sobre desejos e necessidades dos usuários, sobre novas tendências, sobre valores estéticos e usos e costumes; e designers, por sua vez, têm a possibilidade de criar objetos e soluções mais alinhadas com as qualidades dos materiais envolvidos, suas especificações e propriedades e com as solicitações envolvidas nos projetos. Para Kindlein e Guanabara (2006), o designer deve ter maturidade e conhecimento nas áreas de materiais e processos de fabricação, para que tenha a autoridade e o poder suficientes para decidir, em conjunto com a engenharia, quais as alterações sugeridas que devem, de fato, ser abortadas e aquelas que são aceitáveis, numa perspectiva de não bloquear a evolução e a competitividade do projeto.

Tendo essa idéia como premissa central, este trabalho busca investigar lacunas em projetos de produtos existentes no mercado. As situações são inúmeras de produtos e/ou soluções oferecidas pela indústria que carecem de um ou de outro aspecto do binômio tratado neste trabalho. Produtos com uma grande carga tecnológica, porém em desalinho com os desejos e as necessidades de um determinado público-alvo. Em contrapartida, há produtos com elevados atributos estéticos e visuais, no entanto apresentam deficiência funcional ou estrutural, ou ainda acusam inadequação na escolha de materiais apropriados a cumprir as determinadas funções.

Este trabalho escolheu uma indústria específica para ilustrar esse ponto: a indústria de materiais hospitalares e de produtos assistivos. Mais especificamente, o produto escolhido é a *muleta de apoio*. Materiais hospitalares e/ou para pessoas desabilitadas em algum aspecto remontam há centenas de anos. No entanto, a maioria deles parece existir à margem de alguns conceitos básicos do Design e da Seleção de Materiais.

Há basicamente dois modelos de similares do produto em questão no mercado. A análise foi feita considerando-se as dificuldades ergonômicas encontradas pelos usuários entrevistados. A escolha desse produto, especificamente, deveu-se a três fatores encontrados nos similares disponíveis no mercado:

- sérias inconveniências durante o uso;
- número excessivo e desnecessário de partes e peças;
- aspecto estético antiquado e desmotivador.

A análise dos similares, uma devida seleção de materiais mais adequados e, finalmente, uma proposta de uma nova muleta de apoio são vistos a seguir.

ANÁLISE DE SIMILARES

Para dar início a esse projeto, foram estudados os dois principais similares do produto muleta de apoio existentes no mercado: a muleta canadense e a muleta axilar.

A muleta do tipo canadense, apesar de ter menos partes e ser esteticamente mais agradável do que a alternativa axilar, ainda assim peca em quesitos básicos de EcoDesign, principalmente com relação aos materiais de que é feita e à sua desmontagem, a saber. O número de peças de uma muleta canadense pode variar de sete a catorze, dependendo do modelo específico. Os materiais envolvidos são, pelo menos, quatro: dois tipos de metal diferentes, borracha e plástico. Para desmontar esse produto, são necessárias ferramentas, há junções inclusive com colas. A regulagem de altura desse produto é de difícil operação, muitas vezes demandando também o emprego de ferramentas e de força em demasia.

Com relação aos aspectos ergonômicos, esse modelo coloca todo o peso do corpo do paciente sobre os dois punhos, o apoio lateral nos antebraços apenas restringe o grau de liberdade para movimentos horizontais. Isso em nada contribui para aliviar a compressão axial nos punhos, o que demanda do usuário um ângulo crítico de empunhadura.

A muleta axilar é menos utilizada do que a muleta canadense, mas ainda assim merece atenção nessa fase inicial de pesquisa. Os variados modelos de muleta axilar envolvem um grande número de peças em diversos materiais. Há sempre dois apoios, um para a axila e outro para a mão, o que complica sensivelmente o projeto. Há também duas regulagens: uma para a altura da muleta e outra para a altura do apoio para mãos. As forças de cisalhamento no contrapino da regulagem da altura são grandes. Por essa razão, é necessário usar uma liga mais forte de metal, tornando o projeto industrialmente muito mais complexo. Por fim, há partes em polímero, na junção dos tubos de alumínio, e borracha na base. O projeto final de uma muleta do tipo axial é capaz de atingir o montante de oito ou até de nove materiais diversos e até onze ou doze peças, um exagero e um contra-senso dos pontos de vista ecológico, industrial e de projeto.

Em termos de ergonomia, esse modelo diminui o peso aplicado nos pulsos. Parte fica concentrada nas mãos e parte nas axilas. No entanto, devido à grande concentração de nervos que passam por essa região, a pressão sobre as axilas promove formigamento nos membros superiores; nos braços e nas mãos. Com uso prolongado, gera falta de sensação nesses membros, provocando descontrole. Nota-se ainda que o pulso permanece em uma posição inadequada.

Ao se tratar de aspectos de regulagem de altura das muletas, observa-se que instituições com alta rotatividade de pacientes – e, conseqüentemente, de muletas – raramente alteram o comprimento para obter variações na altura do produto. Um grande número de pessoas é capaz de usar a muleta com a mesma regulagem. Assim, vê-se que proporcionar mecanismos de regulagem oferece dois grandes inconvenientes: a) a regulagem exige *expertise* e/ou uso de ferramentas, inibindo o seu total potencial e b) a regulagem demanda um número maior de elementos associados, pelo menos, quatro peças a mais, materiais diferentes, elementos de junção, processo de fabricação *etc.*

SELEÇÃO DE MATERIAIS

Considerou-se que a muleta de apoio demanda três tipos de materiais diferentes entre si: a) o material a ser utilizado para contato com o solo, que sofre alto desgaste; b) o material da haste, que sofre solicitações relativas à carga (peso do usuário) trabalhada pela muleta e, por fim, c) o material com o qual o usuário tem contato físico direto, o apoio do braço.

BASE (PÉ DA MULETA)

Foram levantadas três alternativas de materiais para aplicação na base da muleta. Em seguida, foi feita a escolha do material cuja combinação de características melhor atendesse o projeto. Assim, os materiais avaliados foram a) o isoprene, b) o poliuretano e c) o butil *rubber*. Seguem as propriedades associadas a cada um.

O isoprene (poli-isoprene) é uma borracha sintética de baixa densidade (904kg/m^3) e com tensão de escoamento entre 20 e 25MPa. Apresenta boa resistência a esforços de cisalhamento. No entanto, não é reciclável. É comumente usada em câmaras de ar, como isolante elétrico, em solas de sapato *etc.* O poliuretano é um polímero macio e elástico. Apresenta maior densidade (1250kg/m^3) e sua tensão de escoamento varia entre 25 e 51MPa. É reciclável e é usado em forrações, embalagens, solas de sapatos, mangueiras, pára-choques de automóveis, adesivos *etc.* O butil *rubber* (poli isobutileno) é um material sintético com propriedades similares às da borracha natural, apresenta boa resistência à abrasão e boa resistência a esforços de cisalhamento. Possui baixa densidade (920kg/m^3) e uma menor tensão de escoamento: de 5 a 10MPa. É usado na confecção de pneus e câmaras e de isolantes elétricos. É bastante durável e tem baixo custo. A inclusão do *Carbon Black* gera o endurecimento do material, aumentando a resistência, amortecendo impactos e diminuindo a perda por desgaste. O *Carbon Black* é produzido da combustão incompleta de produtos derivados de petróleo. É uma forma de carbono amorfo com uma relação superfície-volume extremamente alta. É um dos primeiros nanomateriais amplamente usados.

Então, o butil *rubber* é o material escolhido para compor a base da Muleta Flex (figura 1). Quanto ao processo de fabricação, pode ser moldado ou injetado. No que diz respeito a fatores ecológicos, o butil *rubber* é bastante durável. Além disso, pode ser reciclado, sofrendo, no entanto, *downcycle*, ou seja, a cada reciclagem produz material de qualidade inferior. Quanto à toxicidade, se inalado, pode causar danos ao sistema respiratório devido ao seu alto conteúdo de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. As informações técnicas sobre esses polímeros foram obtidas em Harper (1975).



Figura 1 - Base da Muleta Flex

HASTE

Foram levantadas três alternativas de materiais para aplicação na haste da muleta. A seguir, foi feita uma escolha do material cuja combinação de características melhor atendesse o projeto. Os materiais triados foram a) o aço, b) a fibra de carbono e c) o alumínio.

O **aço** é uma liga de ferro com pequena porcentagem de carbono, é um material de alta densidade (7860kg/m^3), com boa resistência à compressão (em torno de 400MPa) e ao desgaste. É altamente reciclável e é largamente usado na indústria sob forma de várias ligas. A **fibra de carbono** é um material de alta dureza e de baixa densidade (1840kg/m^3). Apresenta tensão de compressão de 5000MPa e boa resistência ao desgaste. É muito usada para produtos que devem resistir a grandes esforços. Seu custo, no entanto, é elevado. E, para alguns tipos de produtos, proibitivo. As ligas de **alumínio** também são muito conhecidas e extremamente utilizadas na indústria. Sua dureza, porém, é mais baixa que a dos aços. Tem resistência à compressão de 40MPa e baixa densidade: $2,7\text{g/cm}^3$. Em baixas temperaturas, não se torna frágil e mantém a ductilidade. É altamente reciclável, sendo usado na confecção de latas, painéis, tanques, perfis *etc.*

Então, o material selecionado para a haste da Muleta Flex (figura 2) foi o duralumínio, liga de alumínio chamada Alumínio 2024 (AA) ou Alumínio 24520 (ABNT), caracterizado por ser resistente à corrosão, ter alta resistência mecânica (por adição de Cu e Mg), custo competitivo, excelente aspecto estético, alto índice de reciclagem, excelente usinabilidade e dureza Vickers de 167Mpa . A liga é obtida por aquecimento a uma temperatura entre 488 e 496°C seguido de resfriamento super-rápido a óleo para manter duas fases e revenimento durante oito horas a 160°C . A forma é obtida por extrusão ou moldagem com núcleo de areia. Além de oferecer uma boa resposta às operações de polimento mecânico normal e de lustramento, o alumínio pode receber texturas decorativas por processos mecânicos. As lavragens são realizadas em chapas por cilindros gravados com o relevo desejado. Efeitos de acabamento acetinado podem ser dados por meio de escovamento, jateamento ou aplicação de um composto de polimento sem gordura. Fator importante na seleção do material foi o alto índice de reciclagem do alumínio: em 2005, o Brasil reciclou $96,2\%$ das latas descartadas, o que equivale a $127,6$ mil toneladas de latas. A reciclagem do alumínio requer apenas 5% da energia necessária para produzi-lo. Quanto à toxicidade, o alumínio é um dos poucos elementos abundantes na natureza que parecem não apresentar nenhuma função biológica significativa. Algumas pessoas manifestam alergia ao alumínio, sofrendo dermatites ao seu contato. Para as demais pessoas, não é considerado tóxico; porém, existem estudos, ainda não comprovados, de que o alumínio seria tóxico, se ingerido. As informações técnicas sobre os metais citados e suas ligas foram obtidas no ASM Handbook (2002), em Hatch (1984), em Chaverini (1977) e em Callister (2002).



Figura 2 - Haste da Muleta Flex

As principais solicitações sofridas pela haste de duralumínio são a) compressão e b) momento fletor por flambagem. A seguir, os cálculos.

a) Compressão

$$F = \sigma_{dur} \cdot A$$

$$F = 450\text{MPa} \times 1,13 \times 10^{-4}\text{m}^2$$

$$\mathbf{F = 50\,000\text{N}}$$

b) Momento Fletor:

$$M_{m\acute{a}x} = F \cdot d_{Max}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 50000\text{N} \cdot 0,14\text{m}$$

$$\mathbf{M_{m\acute{a}x} = 7000\text{N.m}}$$

Onde:

F = força de compressão

σ_{dur} = tensão de resistência à compressão do duralumínio: 450MPa

A = área da seção transversal da muleta: $1,13 \times 10^{-4}\text{m}^2$

$M_{m\acute{a}x}$ = momento fletor máximo suportado pela haste

$d_{m\acute{a}x}$ = braço de alavanca máximo na haste

Então, para uma pessoa com massa de 100kg (em torno de 1000N), a haste em duralumínio de uma Muleta Flex apresenta, aproximadamente, um coeficiente de segurança igual a cinquenta.

APOIO PARA O BRAÇO

Foram levantadas três alternativas de materiais para aplicação no apoio do braço da muleta. A seguir, foi feita uma escolha do material cuja combinação de características melhor atendesse o projeto. A avaliação considerou os seguintes materiais, todos poliméricos: a) o PVC, b) o PP e c) o ABS.

O **PP** (Polipropileno) é um polímero termoplástico largamente utilizado na indústria (embalagens, sacolas, garrafas, móveis, componentes automotivos). Tem baixíssima densidade (910kg/m^3). Apresenta dureza de 90MPa e tensão de ruptura por tração de 25 a 40MPa . Tem média resistência ao desgaste. O **PVC** (Cloro de polivinila) também é um termoplástico largamente utilizado na indústria (tubos e conexões hidráulicos, divisórias, perfis, esquadrias etc.), tem média densidade (1520kg/m^3), baixa resistência ao desgaste e tensão de ruptura por tração de 27 a 70MPa . O **ABS** (acrilonitrila butadieno estireno) é um polímero termoplástico largamente utilizado na indústria, desde produtos industriais até eletrodomésticos. Tem baixa densidade (1100kg/m^3), apresenta tensão de ruptura por tração de 36 a 48MPa e dureza de 140MPa . É um bom fixador de cores e tem aspecto estético agradável. Por essas características, o ABS foi escolhido como o polímero componente do apoio para o braço da Muleta Flex (figura 3). Esse polímero apresenta equilíbrio satisfatório entre tenacidade, resistência mecânica, rigidez e dureza. O formato do apoio do braço pode ser produzido por matriz de injeção. Tem a vantagem ainda de também poder ser reciclado. O processo é reversível e pode ser feito repetidamente, porém ciclos térmicos em excesso degradam o polímero e comprometem a sua resistência mecânica. As informações técnicas sobre os polímeros citados foram obtidas em Harper (1975), e no *website* do laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS (www.ndsm.ufrgs.br).



Figura 3 - Apoio de braço da Muleta Flex

A PROPOSTA

A proposta de redesign de muleta tem caráter inovador não apenas no que diz respeito a materiais, mas também no seu desenho. Ao usar a Muleta Flex, o usuário conta com dois apoios para cada braço, angulados de 45° , os quais dividem a carga. Essa angulação aumenta o conforto do usuário, diminui os calos nas mãos e eventuais adormecimentos dos músculos. A posição do punho é otimizada, ou seja, o desenho do apoio evita que o usuário tenha que rotar o punho em relação ao antebraço, como mostra a figura 4.

O desenho da parte inferior da muleta é arredondado, ao contrário dos similares existentes no mercado, acompanhando o movimento do usuário durante cada passo (figura 5). Esse formato aliado ao elastômero antiderrapante faz com que a muleta mantenha contato estável com o solo, proporcionando maior equilíbrio ao usuário. O uso de cores confere à muleta um novo caráter, não mais a muleta precisa ter aspecto desmotivador e “doente”. A figura 6 mostra as possibilidades de cores, que promovem uma imagem mais lúdica e agradável ao produto.

Muletas de apoio, em geral, não são compradas pelo usuário. São alugadas ao invés disso, pois o usuário necessitará do produto por um curto período de tempo. Normalmente, o usuário regula a muleta apenas uma vez: na primeira ocasião de uso. Além disso, os mecanismos de regulagem de altura são os maiores responsáveis pela excessiva quantidade de partes dos equipamentos atualmente disponíveis. Por essas razões, a Muleta Flex não apresenta regulagem de altura, sua fabricação é proposta em variadas alturas: o usuário escolhe aquela que melhor lhe convém no momento do aluguel, ou mesmo da compra. A figura 7 ilustra algumas possibilidades dessas alturas variadas.

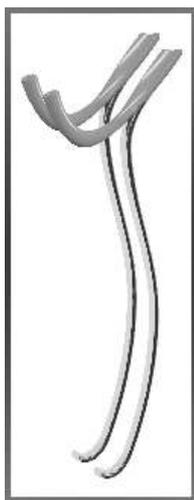


Figura 4 - A Muleta Flex

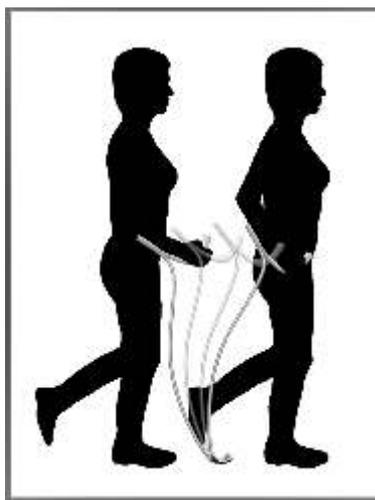


Figura 5 - Desenho acompanha movimento do usuário



Figura 6 - Exploração do uso de cores

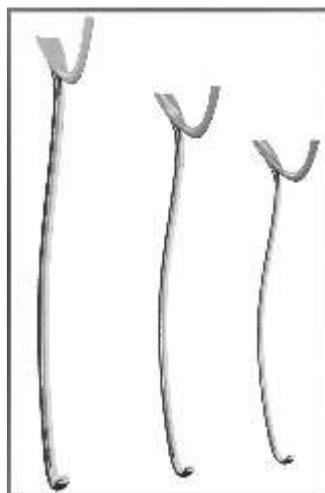


Figura 7 - Variedade de tamanhos

A variedade de tamanhos torna possível o projeto de uma muleta com apenas três peças. Além disso, outro fator que caracteriza a Muleta Flex como produto de ecodesign é o tipo de junção utilizada: as partes são todas encaixadas através de *snap fit* (figura 8). A vantagem do encaixe em relação à base – parte que sofre maior desgaste por atrito – é que esta pode ser substituída por uma nova, quando houver necessidade. Com relação ao apoio, o encaixe permite que o usuário escolha pela sua cor de preferência.



Figura 8 - Junção das partes por encaixe

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade de projeto de produto apresenta uma nova configuração: a colaboração interdisciplinar entre (pelo menos) Design e Engenharia. A falta de um ou de outro profissional apontará uma provável lacuna em pontos específicos da solução ou do produto apresentados. Já a integração entre ambos supre as eventuais deficiências porventura existentes, minimizando, assim, as carências nas diversas etapas do desenvolvimento e do uso de novos produtos. Especificamente no caso do binômio Design / Engenharia, Kindlein e Guanabara (2006) explicitam muito bem esse ponto, ao dizerem que “o engenheiro [...] deve ser suficientemente aberto de espírito para compreender um ponto de vista mais holístico (capacidade de abstração), e o designer deve ser capaz de compreender os aspectos técnicos ligados aos materiais e processos de fabricação do produto”.

O projeto apresentado neste trabalho como alternativa para o produto hospitalar muleta é um exemplo dessa integração multidisciplinar. A solução gerada foi um produto totalmente alinhado com as diretrizes do EcoDesign (FUAD-LUKE, 2004), ou seja: com peças, com materiais mais específicos para o fim e com maior índice de reciclabilidade e, finalmente, com uma proposta inovadora no campo estético e formal e também mais ergonômica.

Assim, descortina-se perante os projetistas um novo horizonte: as possibilidades de soluções novas e integrativas para os mais variados produtos que satisfazem os desejos e as necessidades das sociedades. Os campos de atuação e de sugestões para novos trabalhos são muitos, desde a revisão de produtos hospitalares e assistivos – foco deste trabalho – a produtos de uso domésticos, produtos para bebês, produtos para alimentação, higiene, lazer *etc.*, passando por toda a gama de máquinas de chão de fábrica e da indústria.

REFERÊNCIAS

ASM Handbook. **Properties and Selection: Nonferrous alloys and special purpose materials.** ASM, 2002.

CALLISTER, William D. **Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução.** Quinta Edição 2002, Editora LTC.

CHAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros Fundidos: Características gerais, tratamentos térmicos e principais tipos.** 4. Edição. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1977 .

FUAD-LUKE, Alastair. **EcoDesign, the Sourcebook.** San Francisco: ChronicleBooks, 2004.

HARPER, C. A. **Handbook of plastic and elastomers.** McGraw-Hill, New York, 1975.

HATCH E., John. **Aluminum Properties and physical metallurgy.** American society for metals 1984.

KINDLEIN, Wilson Jr.; GUANABARA, Andréa Seadi. **A Importância do Binômio Design e Engenharia como Catalisador da Inovação.** Curitiba: P&D Design, 2006.

LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS – UFRGS. Disponível em: <www.ndsm.ufrgs.br>. Acesso em: 24 set. 08.