Mochila Charco: Design bioinspirado de uma mochila baseado na morfologia da Sucuri

Charco Backpack: A Bio-Inspired Camping Backpack Based on the Morphology of the Green Anaconda

Daniel Rocha dos Santos, graduando, UFCG
danielrochast.ufcg@gmail.com
Kathleen Susan Silva Costa, graduanda, UFCG
kathleenssc@outlook.com
Marcos Antônio Leite Ramalho Neto, graduando, UFCG
marcosalrneto@gmail.com
Raonne Gustavo Trigueiro de Souza, graduando, UFCG
raonnegustavo@gmail.com
Itamar Ferreira da Silva, doutor, UFCG
itamar@design.ufcg.edu.br

Número da sessão temática da submissão – [Design e Arquitetura - IV Fórum Nacional de Biônica e Biomimética

Resumo

O presente estudo trata do desenvolvimento de uma mochila para camping bioinspirada na Sucuri Verde (*Eunectes Murinus)*. Por conta do grande número de instrumentos utilizados no camping, as mochilas tradicionais não conseguem acomodar todos os objetos necessários e manter um tamanho aceitável e utilizável. Para resolver esse problema foi desenvolvida uma mochila, tendo como base o sistema de expansão da mandíbula da Sucuri Verde, que na natureza, proporciona ao animal a capacidade de engolir grandes animais para realizar sua digestão. O produto incorpora o sistema por meio de um material externo elástico e resistente e uma estrutura interna que dá a forma da mochila, para que o produto se expanda conforme o tamanho de sua carga, adaptando-se a diferentes usos. Os materiais usados foram o Neoprene, propileno corrugado e tecidos de revestimento, a fim de proporcionar resistência, impermeabilidade e elasticidade à mochila. As metodologias utilizadas envolveram biomimética, prototipagem de mockups físicos e testes com usuários. Em conclusão, o produto atende bem seus requisitos proporcionando conforto ao usuário e praticidade ao armazenar e carregar objetos com eficiência.

Palavras-chave: Sucuri; Biomimética; Design bioinspirado; Camping; Mochila.

Abstract

This study focuses on the development of a bio-inspired camping backpack modeled after the Green Anaconda (Eunectes murinus). Due to the large number of tools used in camping, traditional backpacks often fail to accommodate all necessary items while maintaining a practical and usable size. To address this issue, a backpack was developed based on the expansion mechanism of the Green Anaconda's jaw, which allows the snake to swallow large prey for digestion. The product incorporates this system through an elastic and resistant outer material, along with an internal structure that shapes the backpack, enabling it to expand according to its load size and adapt to different uses. The materials used include neoprene, corrugated polypropylene, and lining fabrics, ensuring durability, water resistance, and flexibility. The methodologies applied involved biomimetics, physical mockup prototyping, and user testing. In conclusion, the product effectively meets its requirements, providing comfort for the user and practical storage and transportation of objects efficiently.

Keywords: *Anaconda; Biomimicry; Bioinspired Design; Camping; Backpack.*

1. Introdução

A prática do camping e de atividades ao ar livre exige equipamentos versáteis e duráveis, porém, mochilas convencionais frequentemente falham em atender demandas dinâmicas. Modelos tradicionais possuem capacidade fixa, limitando o transporte de cargas variáveis e incentivando o uso excessivo de matérias-primas para múltiplos produtos. Além disso, materiais frágeis e projetos pouco adaptáveis resultam em substituições frequentes, gerando resíduos e contradizendo princípios de sustentabilidade; um desafio crítico em contextos como trilhas remotas, onde a eficiência e a durabilidade são essenciais.

A partir desta problemática, verificou-se a possibilidade do uso da biomimética para a concepção de uma mochila capaz de aumentar a sua capacidade de armazenamento. Usando a palavra-chave – EXPANDIR – como referência para busca de analogias naturais, identificou-se na natureza a Sucuri Verde que consegue agarrar e engolir presas de diferentes tamanhos graças à sua mandíbula flexível e sistema de expansão óssea (Henderson e Powell, 2007).

A inovação proposta não apenas resolve problemas funcionais, mas também reflete uma tendência emergente: a **biomimética aplicada ao design sustentável**. Ao traduzir estratégias naturais testadas por milhões de anos em soluções tecnológicas, o projeto demonstra como a observação de ecossistemas pode mitigar impactos ambientais, alinhando-se a objetivos globais como o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis). Este artigo explora, portanto, a interseção entre funcionalidade, sustentabilidade e inspiração biológica, oferecendo um estudo acerca de um produto inspirado por mecanismos naturais e de eficiência já comprovada.

2. Procedimentos Metodológicos

O projeto da mochila se baseou na metodologia de Mike Baxter (2011), que envolve a criação de um *framework* para a criação de novos produtos originais e inovadores, de forma analítica, crítica e criativa. O método envolve desde a identificação de uma necessidade até a produção de protótipos e do produto final. A metodologia de Baxter foi escolhida pela sua

versatilidade e universalidade, podendo facilmente ser adaptada ao processo do produto a partir da biomimética, fazendo-a assim a teoria ideal para esse projeto.

A primeira etapa do projeto consistiu na pesquisa sobre o design bioinspirado e como esse método poderia ser usado para desenvolver inovações e solucionar problemas (Benyus, 1997).

Figura 1: Sistema de expansão da mandíbula

A partir disso, o objeto de estudo foi escolhido, sendo ele a Sucuri Verde (*Eunectes murinus*), por conta da sua capacidade de engolir e digerir grandes animais utilizando seus ossos, pele e mandíbula expansíveis e flexíveis (figura 1). Seguindo essa escolha, o foco foi direcionado para um problema que poderia ser solucionado utilizando-se desse sistema natural: carregar itens e equipamentos de tamanhos variados em um só dispositivo, para a prática de atividades como o camping.

Baseando-se na função de **expandir**, inspirada pelo sistema da Sucuri, foram geradas alternativas de design para o produto. A mandíbula da serpente, que possui ossos vagamente conectados, e ligados por ligamentos elásticos, que permitem o deslocamento independente de suas partes e a expansão total da sua boca (Henderson e Powell, 2007), foi a base para o desenvolvimento de uma estrutura de hastes rígidas e faixas elásticas que servem como base para a expansão e manutenção da forma da mochila. Além disso, o desenho geral da bolsa seria baseado na forma da cabeça da sucuri verde.

Em seguida, foram analisados produtos já existentes no mercado, como mochilas para camping e mochilas para motociclistas, para entender suas características e procurar oportunidades de melhorias que podem ser feitas, como um mecanismo capaz de aumentar a capacidade de carga do objeto de acordo com a demanda do usuário.

O público-alvo da mochila Charco é composto por praticantes de atividades ao ar livre, como camping, escalada e trilhas, e que necessitam de diversos equipamentos para realizar suas atividades. Essas pessoas gostam da natureza e valorizam práticas sustentáveis no dia a dia, que se traduzem em produtos resistentes e reutilizáveis, e na economia da quantidade de material.

3. Requisitos e parâmetros

Os requisitos e parâmetros da mochila Charco foram definidos com base nos estudos observados a partir da análise de concorrentes, demandas do mercado e de inspirações

biomiméticas. A partir disso, as necessidades do produto foram separadas em quatro categorias, sendo elas **estruturais**, **ergonômicas, estéticas** e **formais.**

A mandíbula da Sucuri Verde é capaz de deslocar cada uma de suas partes de forma independentemente, com a finalidade de expandir sua boca para engolir grandes presas (figura 2).

Figura 2: Mandíbula da sucuri

Esse mecanismo natural da sucuri serviu de direcionamento para a **Charco,** a mochila expansível baseada na expansão da mandíbula da *Eunectes murinus.* A primeira das imagens mostra a estrutura óssea da sucuri, formada por ossos de diferentes tamanhos que são conectados por ligamentos elásticos, capazes de fazer a mandíbula se deslocar em direções diferentes e depois voltar à sua forma original. A segunda imagem é um exemplo a mandíbula de uma Sucuri Verde.

Baseando-se no princípio desse sistema natural, o mecanismo básico para a mochila charco foi criado pela utilização de estruturas rígidas independentes e faixas elásticas, que mimetizam a função dos ossos e dos ligamentos da mandíbula, respectivamente. Essa estrutura está por dentro da face externa da mochila e serve para expandir e reduzir o produto sem perder a sua forma, assim como o animal, que consegue fazer sua mandíbula voltar ao normal após terminar de digerir a presa. O uso desse mecanismo garante o armazenamento tanto de poucos itens no produto, deixando a mochila com espaço reduzido, quanto de muitos itens, deixando a mochila expandida.

Com base no estudo anatômico do animal e da análise de diferentes produtos similares, foram gerados requisitos para a criação do projeto, pautados nos quatro temas já citados acima: **Ergonomia, estrutura, estética e forma**.

- **Ergonomia:** O design precisa se adequar ao corpo do usuário de forma confortável e de acordo com as medidas antropométricas do usuário (ABNT NBR 13966-1). O design deverá proporcionar personalização e ajustes ao usuário quanto às suas medidas.
- **Estrutura:** A estrutura externa deverá possuir seções maleáveis e seções resistentes a intempéries e ao terreno hostil, além de ser totalmente impermeável. O produto deverá se expandir sem perder seu formato, e deverá voltar à forma original sem perder as suas características originais.
- **Estética:** O produto deverá se inspirar no habitat natural da Sucuri verde e nos ambientes comuns para a prática do camping e de trilhas. O produto deverá usar texturas e padrões semelhantes às do animal e às do ambiente no qual ele está inserido.

- **Forma:** O design da forma da mochila deverá seguir um padrão comum de produtos similares, porém mimetizando a forma da cabeça da serpente, com características que envolvam e evoquem o animal estudado.

4. Geração de alternativas

A figura 3 mostra o processo de inspiração da forma do produto, retirada do formato da cabeça da Sucuri. A forma da mandíbula da serpente serviu de inspiração para as proporções gerais do corpo da mochila, e seu formato básico. Enquanto isso, outras partes da serpente foram utilizadas de referência para os outros componentes da mochila, como seu corpo, suas escamas e os padrões em sua pele.

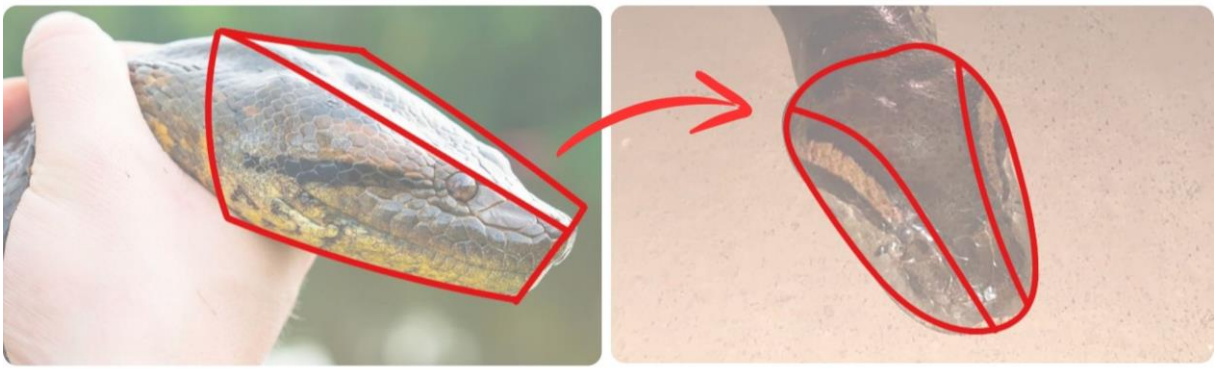

Figura 3: Estudo do formato da cabeça da sucuri. Fonte: Elaborado pelos autores.

Após isso foi realizada a fase de geração de conceitos (figura 4), que mostra a evolução dos sketches iniciais, experimentando com formas e conceitos diferentes até chegar em um resultado interessante e satisfatório. Os desenhos exploram bem a silhueta da mochila (inspirada na cabeça da serpente), as alças, baseadas no corpo do animal, e os padrões gráficos inspirados no aspecto visual da sucuri, explorando diferentes elementos e texturas nos desenhos.

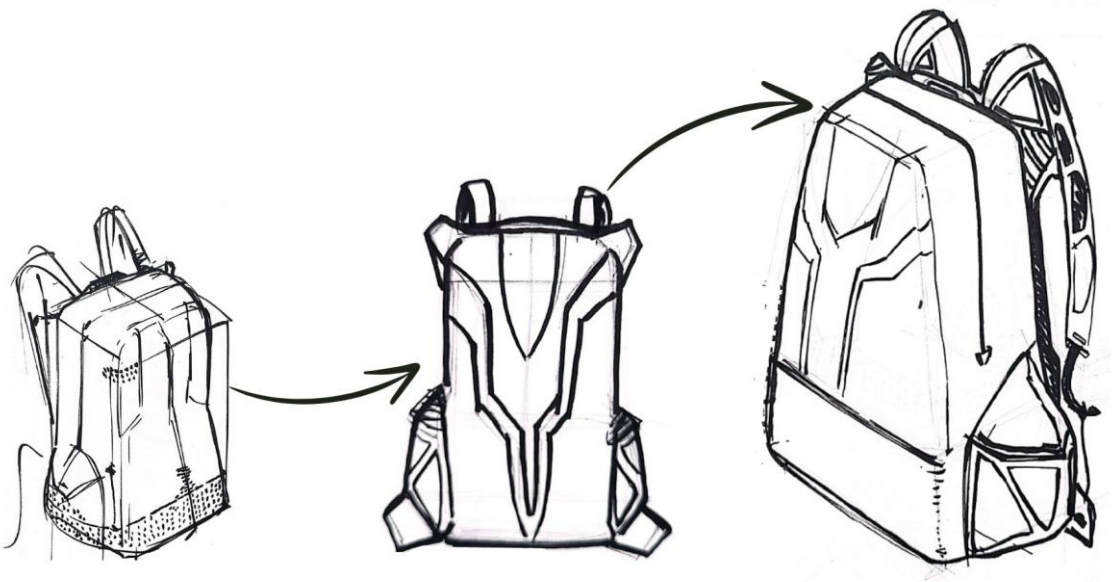

Figura 4: Geração de conceitos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, foram realizados novos desenhos para representação das proporções básicas da mochila, em cores e demonstrando as suas vistas básicas (figura 5).

Figura 5: Vistas ortogonais. Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, com um formato básico e características chave definidas, foi realizado o refinamento do modelo, com correções e ideias adicionais pertinentes para o projeto (figura 6). O refinamento eliminou o bolso pequeno superior e alargou a mochila, deixando o seu formato mais parecido com a cabeça da sucuri, trazendo a inspiração do biomorfismo para o projeto.

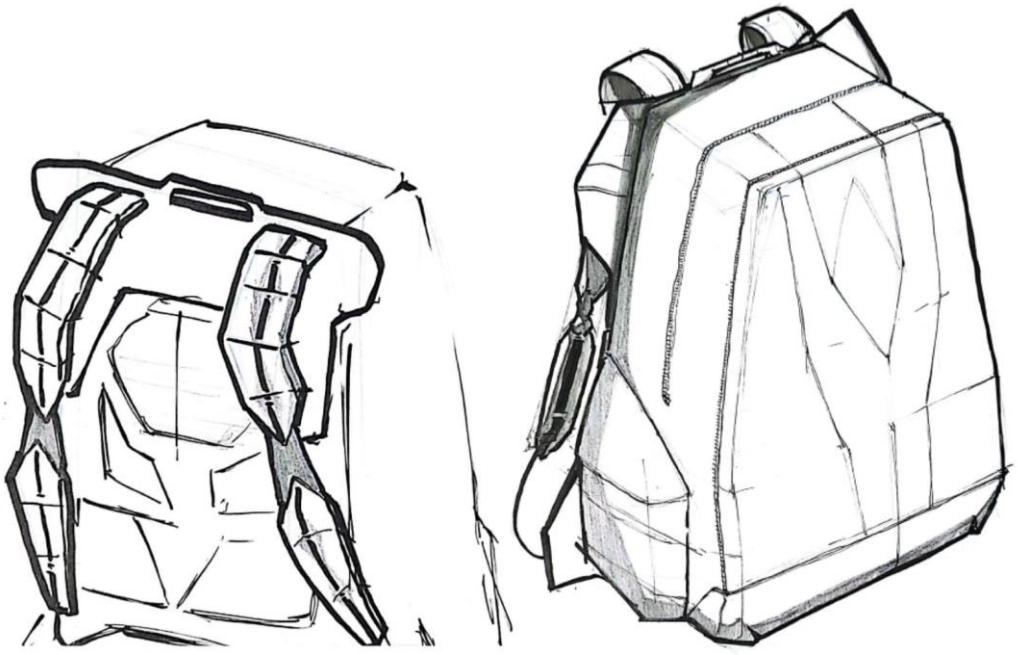

Figura 6: Refinamento dos conceitos. Fonte: Elaborado pelos autores.

A mochila, em seu estágio final, possui um bolso frontal grande com abertura até a parte inferior do produto, em ambos os lados, como mostra o desenho da figura 7. Esse bolso foi pensado para carregar ferramentas e pequenos objetos que precisem ser organizados em compartimentos específicos, e que precisem ser de fácil acesso ao usuário, como lanternas, canivetes, facas, carteira e celular, entre outros exemplos. Atrás do bolso frontal está o bolso principal, capaz de carregar a maior parte dos objetos necessários, e onde está localizado o sistema de expansão da mochila. A medida em que a carga é colocada, a mochila irá se adequar à sua quantidade, podendo se expandir de 25L de capacidade até 30L de capacidade.

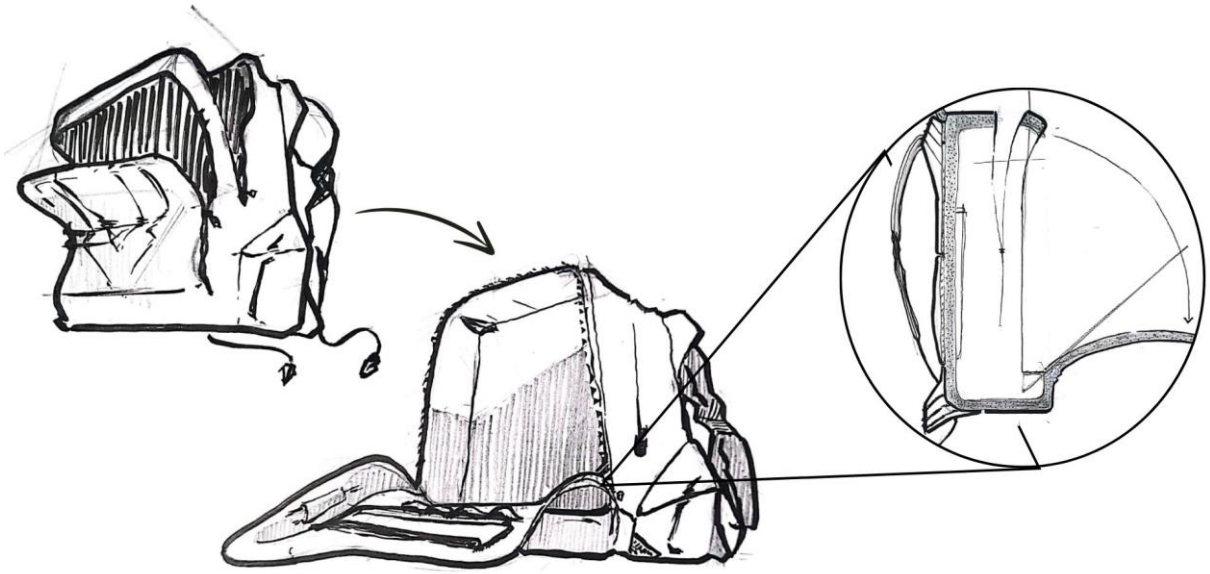

Figura 7: Conceito do compartimento frontal. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os bolsos laterais permitem fácil acesso a pequenos itens, essenciais para caminhadas e trilhas. Esses bolsos estão na parte inferior da mochila, que possui um material mais resistente à rasgos e choques, sendo locais seguros para guardar itens mais frágeis. Os bolsos possuem um sistema simples de fechamento, sendo assim, os objetos dentro deles não correm risco de cair do compartimento.

A figura 8 mostra a vista explodida e planificada de todos os componentes da mochila.

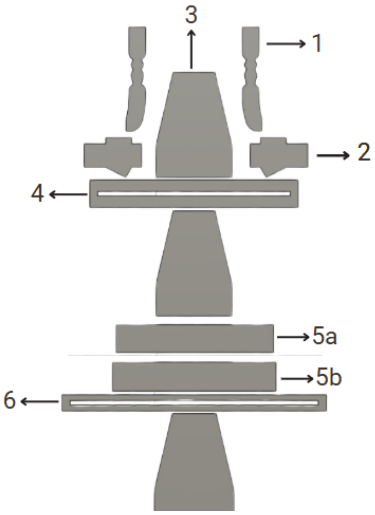

Tabela de componentes		
Nº	Nome	Quantidade
1	Alças	2
2	Bolsos	2
3	Divisórias/frente	3
4	Parede lateral superior 1	1
5a	Parede lateral inferior 1	1
5b	Parede lateral inferior 2	1
6	Parede lateral superior 2	1
7	Esqueleto expansível	1
8	Esqueleto fixo	1
9	Parte Rígida Inferior	1
10	Parte Rígida Superior	1
11	Botão	2
12	Zíper	2
13	Fecho de encaixe	1
14	Fecho regulador	2

Figura 8: Planificação da mochila. Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o refinamento de forma e estrutura do produto, foi preciso realizar um estudo cromático para decidir as melhores cores para a mochila. O estudo foi feito com base nas cores do habitat natural da sucuri e nas tonalidades presentes na pele do animal. Após isso, foram escolhidas 5 cores, representadas na figura 9, que foram aplicadas em 4 conceitos diferentes (figura 10). O conceito escolhido está representado na figura 11, que após alguns ajustes na tonalidade das cores, mostrou ser o mais atraente e representativo para o conceito desejado no produto final.

Figura 9 e 10: Estudo cromático. Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 11: Variação da paleta aplicada no produto. Fonte: Elaborado pelos autores.

O estudo ergonômico da mochila foi realizado, destacando os diferentes pontos de interação usuário-produto existentes. Muitas de suas funcionalidades são padronizadas quanto às outras mochilas do mercado, como a abertura dos bolsos principais por meio de zíperes (figura 12), e a regulagem das alças (figura 13), que segue os padrões já testados de ergonomia e usabilidade no mercado.

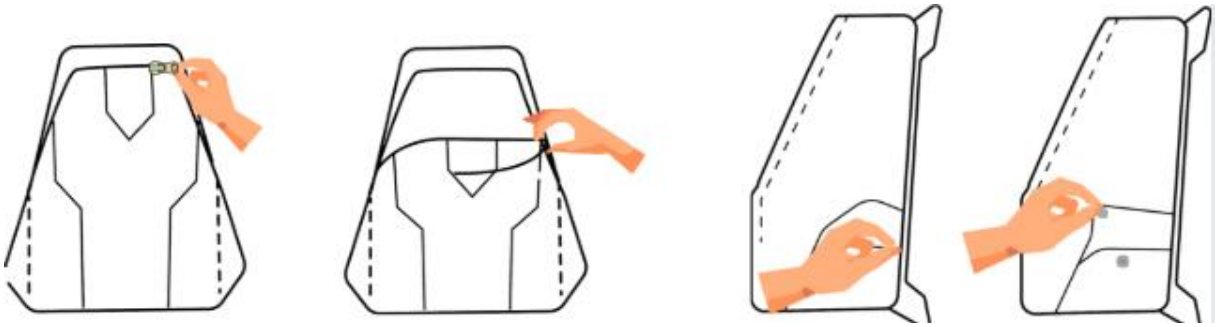

Figura 12: Funcionalidade dos bolsos frontais e laterais. Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 13: Funcionamento das alças. Fonte: Elaborado pelos autores.

A **expansão** é demonstrada a seguir (figura 14). A imagem é uma representação simplificada da interação entre o usuário e a mochila, e mostra o que acontece quando se atinge o limite de 25L do produto, estágio em que a expansão inicia. Utilizando o sistema bioinspirado, a estrutura da mochila começa a se adaptar aos objetos que são colocados, e os materiais flexíveis do exterior e do interior da mochila permitem a sua expansão parcial para se adequar à carga excedente. Com isso, a nova capacidade da mochila poderá chegar a 30L, que é o ponto máximo em que o sistema aguentará se expandir sem forçar os itens ou danificar os materiais.

Figura 14: Exemplo de como o sistema de expansão funciona. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os materiais para o produto final foram escolhidos com base nos requisitos instaurados no início do projeto, sendo eles:

- **Impermeabilidade:** Capacidade de proteger os itens e o produto da água, como água de chuva, lama ou outros líquidos, certamente presentes nos ambientes onde o produto se fará útil;

- **Flexibilidade e elasticidade:** Importante para possibilitar a expansão da mochila, o maior diferencial do produto em relação aos seus concorrentes;
- **Resistência:** Necessário haver grande resistência em pontos chaves da mochila, com a finalidade de proteger o produto de rasgos e choques fortes, protegendo também os itens internos, até mesmo os mais frágeis.

Com isso, foram escolhidos dois materiais chave para a mochila, adequados aos requisitos necessários:

- **Propileno corrugado:** Material rígido e resistente, perfeito para o "esqueleto" interno e também para as extremidades inferiores da bolsa (região dos bolsos laterais e assoalho), com o diferencial de ser um material de baixo custo;
- **Neoprene:** Polímero bastante utilizado em roupas de mergulho, será usado na construção geral da mochila. O material tem como vantagem ser isolante térmico e impermeável, eficiente para proteger o produto de qualquer tipo de líquido e da ação do clima e do ambiente contra ele.

Por fim, o mockup final foi realizado, utilizando isopor, papelão e revestimento em tecido nas cores definidas pelo estudo cromático (figura 15). O modelo não é funcional, mas permite o entendimento das medidas e funcionamento geral do produto, além da apresentação do design e processos por trás da sua concepção. O modelo final eliminou certas dúvidas acerca do design, com relação às suas medidas e ergonomia.

Figura 15: Mockup final. Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Considerações Finais

O projeto Charco se mostrou interessante e viável como produto industrial, visando a entrada no mercado com um diferencial em relação a outros produtos similares: A maior capacidade por meio da sua expansão, por meio de um mecanismo baseado na observação da natureza e do sistema natural de um animal fascinante como a Sucuri verde. A aplicação dos conceitos biomiméticos da sucuri no produto se mostrou certeira, por meio da associação do objetivo da

serpente em utilizar tal mecanismo e a utilidade comum de uma mochila. O produto tem como pontos fortes a capacidade de aumentar a sua carga de forma progressiva, e o uso dos materiais também o proporciona um diferencial de refinamento, qualidade e durabilidade, assim possibilitando o uso prolongado da unidade.

No entanto, os testes do mecanismo podem ter sido pouco suficientes para suprir sua viabilidade técnica, no estágio atual do projeto. Devido aos altos custos e maquinários necessários indisponíveis, não foi possível realizar um modelo 100% funcional do produto, e por isso os testes reais ainda não foram feitos. Ainda assim, os conceitos foram bem fundamentados e o mecanismo base, embora pouco refinado, poderá evoluir para um projeto bem estruturado e eficiente a nível industrial.

Do ponto de vista da sustentabilidade, esse produto se destaca no que diz respeito à sua durabilidade. O produto possui materiais resistentes e muito duráveis, alto padrão de refinamento e dispensa o uso de outras mochilas, bolsas ou compartimentos paralelos, devido a sua grande capacidade interna. É possível, em futuras versões do produto, avaliar o uso de materiais mais sustentáveis e novas soluções ecologicamente corretas. Além disso, o uso da biomimética reforça o design bioinspirado como uma alternativa sustentável e inspiradora para novos produtos inovadores e eficientes.

Portanto, o projeto Charco se apresenta como um produto impactante e promissor no campo em que está inserido, com uma proposta inovadora que pode modificar o cenário do mercado e solucionar problemas pertinentes. Futuras pesquisas e versões do projeto deverão seguir as melhorias indicadas e fundamentar os mecanismos utilizados, a fim de viabilizar completamente o projeto e usufruir totalmente de seus benefícios e inovações. Ademais, pesquisas acerca desse projeto e conceito deverão ser utilizadas para diferentes tipos de produtos, adaptando os conceitos e fundamentações utilizadas nessa pesquisa para utilização em outros projetos. Com isso, a mochila Charco se apresenta como um projeto valioso e inovador no campo do design bioinspirado.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13966-1: Ergonomia — Parte 1: Requisitos antropométricos para projetos de produtos**. Rio de Janeiro, 2017.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para design de novos produtos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2011.

BENYUS, J. M. **Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza**. São Paulo: Editora Cultrix, 1997.

BIOMIMICRY INSTITUTE. **Case Studies: Animal Adaptations**. 2020.

CUNDALL, D.; GREENE, H. W. Feeding in Boas and Pythons: Kinematic Analysis of a Unique Jaw Mechanism. **Journal of Morphology**, v. 245, n. 3, p. 235-256, 2000.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics**. 2016.

HENDERSON, R. W.; POWELL, R. **Biology of the Boas and Pythons**. Eagle Mountain: Eagle Mountain Publishing, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 20653:2013: Road vehicles — Degrees of protection (IP code)**. Genebra, 2013.

MOON, B. R. et al. Cranial Kinesis in Snakes. **Journal of Experimental Biology**, v. 224, n. 18, 2021.

VINCENT, J. F. V. et al. Biomimetics: its practice and theory. **Journal of the Royal Society Interface**, v. 3, n. 9, p. 471-482, 2006.