



Biomimética Aplicada ao Design: Utilizando as Estruturas Articuladas das Asas da Joaninha (*Coccinellidae*) no Desenvolvimento de Produto.

Biomimetics Applied to Design: Using the Articulated Structures of Ladybug (*Coccinellidae*) Wings in Product Development.

Tainá Garcia de Araújo, Bacharela, UFCG

tainadearaujo@gmail.com

Ana Raquel De Souza santos, Bacharela, UFCG

anaraquelsouss@gmail.com

Sonally Nathalia Nascimento De Freitas, Bacharela, UFCG

sonallynathalia@gmail.com

Antônio Roberto Miranda de Oliveira, Doutor, UFCG

antonio.roberto@professor.ufcg.edu.br

Itamar Ferreira Da Silva, Doutor, UFCG

itamar@design.ufcg.edu.br

Número da sessão temática da submissão – [3] IV Fórum Nacional de Biônica e Biomimética

Resumo

Objeto de estudo: Este estudo investiga o desenvolvimento de uma mochila infantil para ser utilizada em ambiente escolar, explorando abordagens biomiméticas inspiradas nas estruturas articuladas das asas da joaninha. **Objetivo geral:** O objetivo é projetar uma mochila que estimule o raciocínio da criança no seu processo de utilização. Assim como, tornando sua interação frequente com um objeto que faz parte de sua rotina, ainda mais lúdica e interessante. **Metodologia:** Este trabalho baseou-se na metodologia do livro "Projeto de produto" do professor Mike Baxter (2021), que contribuiu para o processo de desenvolvimento teórico e prático da aplicação da biomimética no design de produtos. **Resultados:** O teste de funcionalidade permitiu analisar a melhor forma de reproduzir as articulações das asas da joaninha, de modo que foi possível obter dobras fluidas que melhor captam a essência do origami presente nas asas. A articulação desenvolvida proporciona um manuseio fácil e dinâmico que agrega um tom divertido no simples ato de abrir/fechar a mochila. **Conclusões:** A aplicação da biomimética no design de produto, com foco no público infantil, demonstrou ser uma solução promissora para gerar alternativas dinâmicas, lúdicas e distintas do habitual. Embora os testes iniciais tenham sido positivos, estudos futuros devem incluir testes com crianças de diversas faixas etárias para aprimorar o desempenho da mochila e avaliar a partir de qual idade esse produto é mais recomendado para uso.

Palavras-chave: Biomimética; Asas da Joaninha; Estruturas Articuladas; Crianças; Estimulação;

Abstract

Object of Study: This study investigates the development of a children's backpack for use in a school environment, exploring biomimetic approaches inspired by the articulated structures of ladybug wings. **General Objective:** The goal is to design a backpack that stimulates the child's reasoning during its use. Additionally, it aims to make the interaction with an everyday object even more playful and engaging.



Methodology: This work was based on the methodology from the book *Product Design* by Professor Mike Baxter (1998), which contributed to both the theoretical and practical development of biomimetic applications in product design. **Results:** The functionality test allowed for an analysis of the best way to replicate the articulations of the ladybug's wings, achieving smooth folds that effectively capture the essence of origami present in the wings. The developed articulation enables easy and dynamic handling, adding a fun aspect to the simple act of opening and closing the backpack. **Conclusions:** The application of biomimicry in product design, with a focus on children, has proven to be a promising solution for creating dynamic, playful, and unconventional alternatives. Although the initial tests were positive, future studies should include testing with children of various age groups to refine the backpack's performance and determine the most appropriate age range for its use.

Keywords: Biomimicry; Ladybug Wings; Articulated Structures; Children; Stimulation.

1. Introdução

O período da infância é um momento bastante marcante na vida dos seres humanos, uma vez que o desenvolvimento nessa fase exige uma atenção especial, para que a criança consiga aprender tudo o que é necessário e assim, não apresentar problemas que precisem ser revertidos no futuro. Dessa maneira, para ocorra um desenvolvimento cognitivo efetivo, é necessário que ajam estímulos diversos nesse período. Segundo Goswami (2008), as crianças precisam ser expostas a ambientes enriquecidos e com experiências que as instiguem em seus primeiros anos, pois essas exposições moldam as conexões neurais responsáveis pela aprendizagem e memória, tornando-as aptas a um crescimento cognitivo saudável.

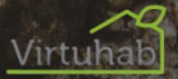
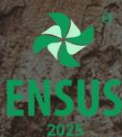
Nesse cenário, as crianças acabam passando grande parte de seu tempo na escola, que acaba sendo o ambiente onde o maior número de estímulos ocorre. Nessa circunstância, as mochilas acabam sendo um dos objetos que mais se fazem presentes durante todo o período em que elas se encontram na escola, pois são nelas que a criança terá acesso a todos os materiais necessários para sua rotina escolar. Em consequência, acaba sendo um objeto que elas precisam interagir com bastante frequência e, se tornam parte da sua experiência escolar e social.

No contexto da biomimética, é possível observar cada vez mais a sua utilização no design, uma vez que a busca por referências na natureza traz uma nova perspectiva para a criação de soluções modernas e únicas. No cenário do desenvolvimento de produtos, pode proporcionar eficiência, sustentabilidade e inovação (Benyus, 1997). A joaninha (*Coccinellidae*) é um pequeno inseto conhecido por suas características físicas, corpo arredondado e com cores vibrantes. Além disso, as joaninhas possuem um mecanismo articulado aprimorado, que permite que suas asas se desdobrem rapidamente para o voo e se recolham sob os élitros quando não estão em uso (Suzuki et al., 2018).

Dessa forma, este trabalho investiga como as estruturas articuladas das asas da joaninha podem ser aplicadas no desenvolvimento de uma mochila infantil, explorando os princípios biomiméticos e esse mecanismo de dobragem, para estimular o raciocínio da criança no processo de utilização da mochila. Assim como, tornando sua interação frequente com um objeto que faz parte de sua rotina, ainda mais lúdica e interessante.

2. Procedimentos Metodológicos

Este trabalho baseou-se na metodologia do livro "Projeto de produto" do professor Mike Baxter (2021), que contribuiu para o processo de desenvolvimento teórico e prático da aplicação da biomimética no design de produtos. Especificamente, explorou-se a inspiração nas estruturas articuladas das asas da joaninha (*Coccinellidae*) para a concepção de soluções inovadoras no design.



Devido à metodologia de Baxter ter sido desenvolvida para o design de produto de forma geral, foram adaptadas as diretrizes para a abordagem biomimética, enfatizando a aplicação das características estruturais e funcionais das asas da joaninha no desenvolvimento de um produto inovador.

Método resumido de Mike Baxter aplicado à biomimética:

1. Oportunidade: Observação da estrutura e funcionalidade das asas da joaninha como fonte de inspiração para soluções no design.
2. Análise de mercado: Identificação de demandas e possibilidades de aplicação da biomimética na estrutura funcional das asas da joaninha para produtos voltados ao público infantil, com o objetivo da estimulação motora e psicológica.
3. Configuração: Desenvolvimento de conceitos baseados nas propriedades das asas da joaninha, considerando flexibilidade, resistência e eficiência estrutural.
4. Protótipo e teste: Criação de maquetes e avaliação da viabilidade funcional e ergonômica dos produtos inspirados nas estruturas biomiméticas.

2.1 Estudo estrutural das asas

Os Élitros são as asas anteriores, endurecidas e coriáceas, que atuam como uma capa protetora. Os élitros protegem as asas posteriores quando a joaninha não está voando e ajudam a evitar danos causados por predadores ou impactos. Já as asas membranosas (analisadas minuciosamente neste projeto) são as asas posteriores, delicadas e finas, que ficam dobradas sob os élitros quando não estão em uso. Essas asas são responsáveis pelo voo da joaninha. Quando o inseto decide voar, ele levanta os élitros e desdobra as asas membranosas, que batem rapidamente para gerar sustentação. Essas asas apresentam um mecanismo articulado (figura 1) altamente eficiente que permite sua retração sob os élitros. Esse mecanismo combina leveza, resistência e flexibilidade.

Suas principais características estruturais são a configuração biomecânica, com um sistema de articulações e dobras complexas para expandir e recolher suas asas de forma rápida, a leveza do material da sua membrana, composta por quitina, além de que as asas possuem uma composição estruturada que distribui o estresse mecânico de maneira eficiente, evitando rupturas.

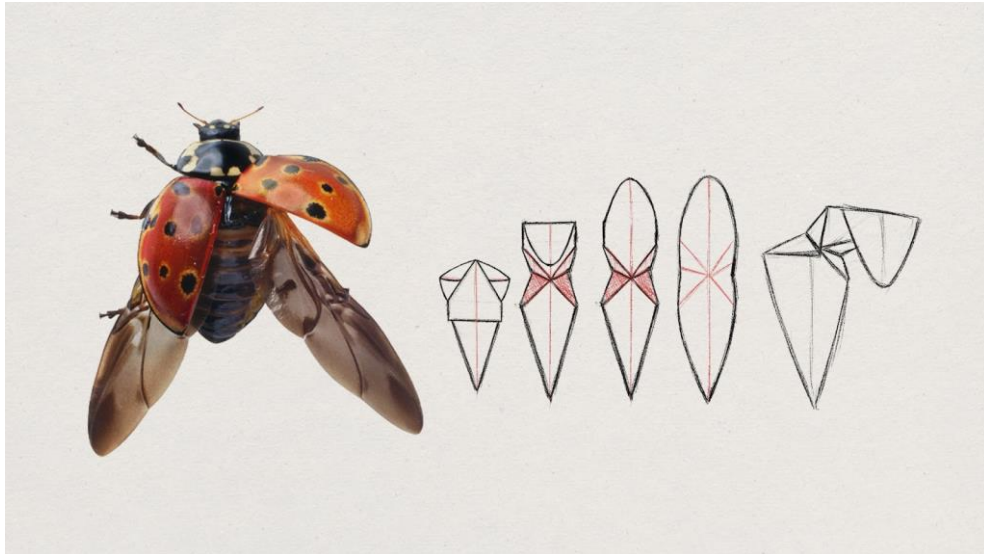


Figura 1: Esboço das dobras das asas membranosas da joaninha. Fonte: elaborado pelos autores.

Após perceber essa estruturação, foram idealizadas possibilidades de uso, focado na estimulação motora e psicológica do público infantil com a utilização de itens articuláveis e dobráveis. Diante dessa conclusão, foi possível realizar uma análise de mercado e o desenvolvimento de conceitos para teste e prototipação final.

2.2 Definição de produto a ser desenvolvido

Durante a análise das possibilidades de aplicação desse conceito biomimético, foram consideradas diferentes opções de produtos. O guarda-chuva poderia utilizar o mecanismo das asas da joaninha para um sistema de abertura e fechamento mais eficiente e compacto. A tábua de passar roupa poderia incorporar um modelo dobrável inovador, facilitando seu armazenamento. No contexto dos artigos de cozinha, a aplicação da biomimética permitiria a criação de utensílios retráteis ou expansíveis. Já a mochila apresentava um grande potencial de inovação ao incorporar um sistema de expansão e compactação inspirado na movimentação das asas da joaninha, para o estímulo motoro infantil.

Após uma análise criteriosa, a opção escolhida foi a mochila, pois esse produto se beneficia diretamente da flexibilidade e adaptabilidade proporcionadas pelo conceito biomimético. O mecanismo inspirado na joaninha permitirá que a mochila seja expandida e retraída de forma lúdica para comportar materiais criativos para atividades infantis. Além disso, essa funcionalidade atende a uma necessidade crescente de soluções versáteis para os ambientes psicopedagógicos.

3. Requisitos e Parâmetros

A mochila desenvolvida foi pensada para estimular o cognitivo da criança durante sua utilização, trazendo como inspiração a articulação das asas da joaninha. Para isso, foi necessário o estabelecimento de requisitos e parâmetros que garantam a funcionalidade, conforto, segurança do produto, assim como o apelo lúdico. Com base nisso foram gerados os seguintes requisitos:

- **Ergonômicos:** A mochila deve ter alças acolchoadas e ajustáveis para garantir conforto e adaptação a diferentes tamanhos de crianças. Além de permitir uma distribuição equilibrada do peso interno, reduzindo impactos na postura.
- **Funcionais:** A mochila deve apresentar um sistema interno fluido e intuitivo, inspirado nas articulações das asas da joaninha. Como também, deve ser de fácil manuseio, permitindo que a criança utilize a mochila sem dificuldades. E deve possuir compartimentos organizados para melhor armazenamento de materiais escolares.
- **Estéticos:** O design deve ter um apelo visual atrativo, utilizando cores que se adequem ao público infantil. Assim como o formato deve ser amigável e compatível com a rotina escolar infantil.
- **Estrutural:** A estrutura da mochila deve ser firme, de maneira que seja possível ser manter em pé, a fim de assegurar que os materiais colocados permaneçam no lugar.

Em relação aos materiais a serem escolhidos para a mochila, foi percebido que deveria ser um tecido que fosse durável, para garantir uma boa longevidade ao produto, além de permitir uma fácil limpeza, por ser destinado ao público infantil. Com essas características observadas, o tecido que mais se adequaria seria o poliéster, uma vez que é bastante resistente e versátil. Para o fechamento da mochila e encaixe dos materiais, o elástico seria mais adequado, uma vez que permite um fácil manuseio por parte da criança.

4. Desenvolvimento e Refinamento do Design

A concepção da mochila (figura 2) foi baseada no princípio biomimético das asas da joaninha, cujo mecanismo de dobragem permite que elas se expandam e se retratem de forma eficiente. Esse conceito foi aplicado ao design da mochila para criar um sistema articulado que possibilita a expansão do volume interno conforme a necessidade do usuário, sem comprometer o formato ou a ergonomia.

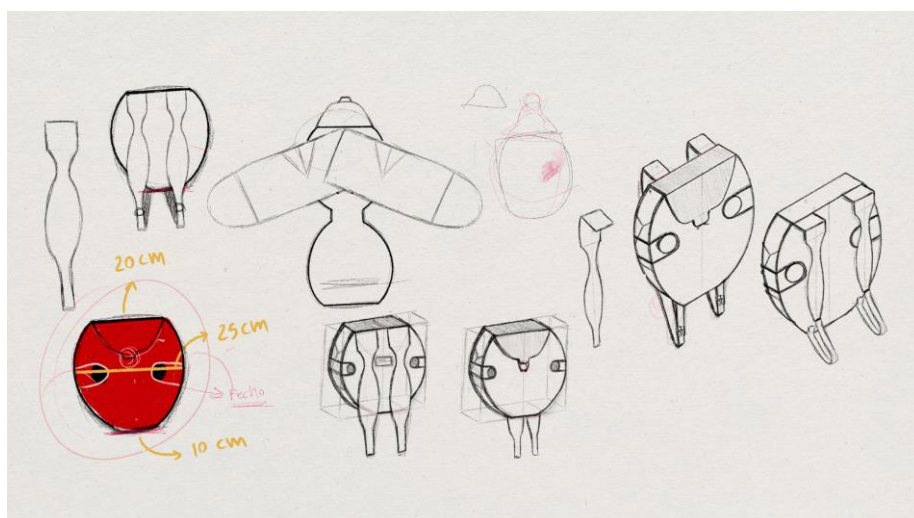


Figura 2: Geração do conceito da mochila. Fonte: elaborado pelos autores.

Nesse sentido, o produto (figura 3) deveria funcionar como um envelope, que suas partes externas possuíssem as mesmas características dos Élitros, sendo mais rígidas que a parte

interior. Já os compartimentos internos deveriam ser flexíveis e dobráveis, exatamente como as asas internas da joaninha.

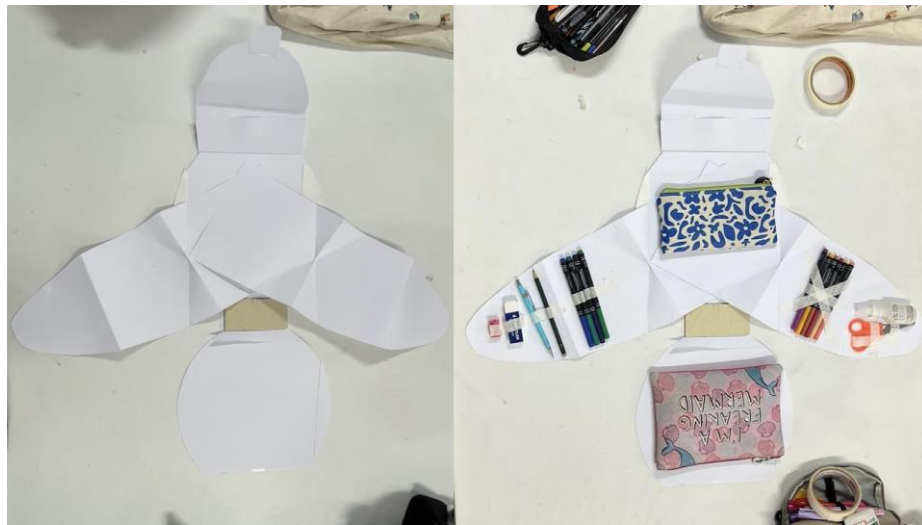


Figura 3: Maquete simples para visualização da ideia. Fonte: elaborado pelos autores.

A seleção de cores para o design da mochila foi inspirada tanto na coloração vibrante das joaninhas (figura 4) quanto nas paletas comumente utilizadas em ambientes infantis (figura 5). As joaninhas, com suas cores marcantes, como o vermelho intenso com manchas pretas, servem como um sinal natural de alerta e proteção, além de despertarem interesse visual. Essa característica foi aproveitada para criar um produto lúdico. Nos ambientes infantis, cores primárias e tons suaves são amplamente utilizados para estimular a criatividade, transmitir alegria e proporcionar conforto visual.



Figura 4: Coleta de cores através de espécies de Joaninhas. Fonte: elaborado pelos autores.



Figura 5: Coleta de cores de ambientes de aprendizado infantil. Fonte: elaborado pelos autores.

Após a coleta das cores das imagens, foi realizado o teste cromático no desenho da mochila, a fim de ser possível entender como as cores escolhidas funcionariam em conjunto e quais se adequariam mais ao projeto. Diversas variações foram formadas, mas para facilitar a escolha do modelo final foram selecionadas as 8 opções favoritas (figura 6) e agrupadas lado a lado para facilitar a visualização.



Figura 6: Variações cromáticas favoritas. Fonte: elaborado pelos autores.

Com as opções favoritas selecionadas, foram levantados questionamentos acerca de qual dos 8 modelos seria mais adequado. Por fim, a segunda opção (figura 7) foi escolhida e modificada a fim de se tornar esteticamente mais harmônica. A cor final além de se adequar muito bem ao público, torna praticamente instantânea a associação a joaninha, o que acaba trazendo o aspecto lúdico de maneira bem mais intensa.



Figura 7: Seleção de cor final. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a estruturação da mochila, foi essencial pensar em uma maneira dela se manter firme assim como mencionado nos requisitos e parâmetros. Dessa forma, a maneira encontrada foi criar uma camada de um material mais resistente entre as camadas de tecidos (figura 8), com a costura unindo as duas peças de tecido com o papel cartão entre elas, a estrutura se manteria firme. Vale ressaltar que essa solução foi pensada, visando a confecção da mochila como modelo final, para a produção na indústria, o papel cartão poderia ser substituído por outro material mais duradouro.

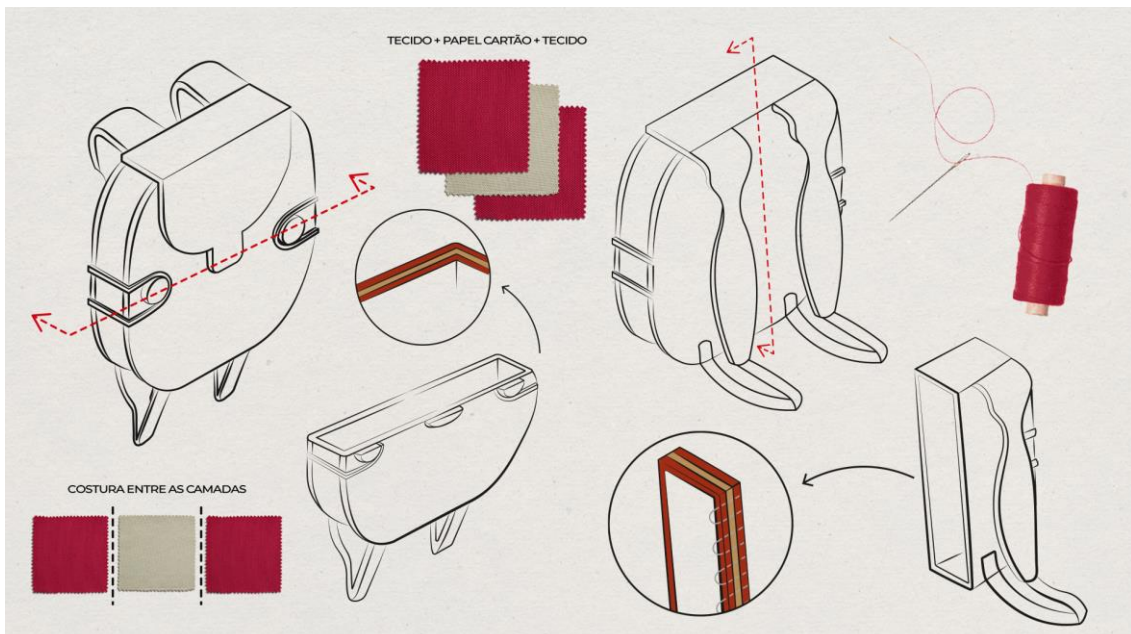


Figura 8: Estruturação da mochila exemplificada com corte. Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 9 apresenta a vista explodida da estrutura da mochila, para melhor compreensão e entendimento de todas as peças que a compõe. Com essa vista é possível observar como cada uma das partes se une no todo, facilitando a assimilação do processo construtivo do produto.

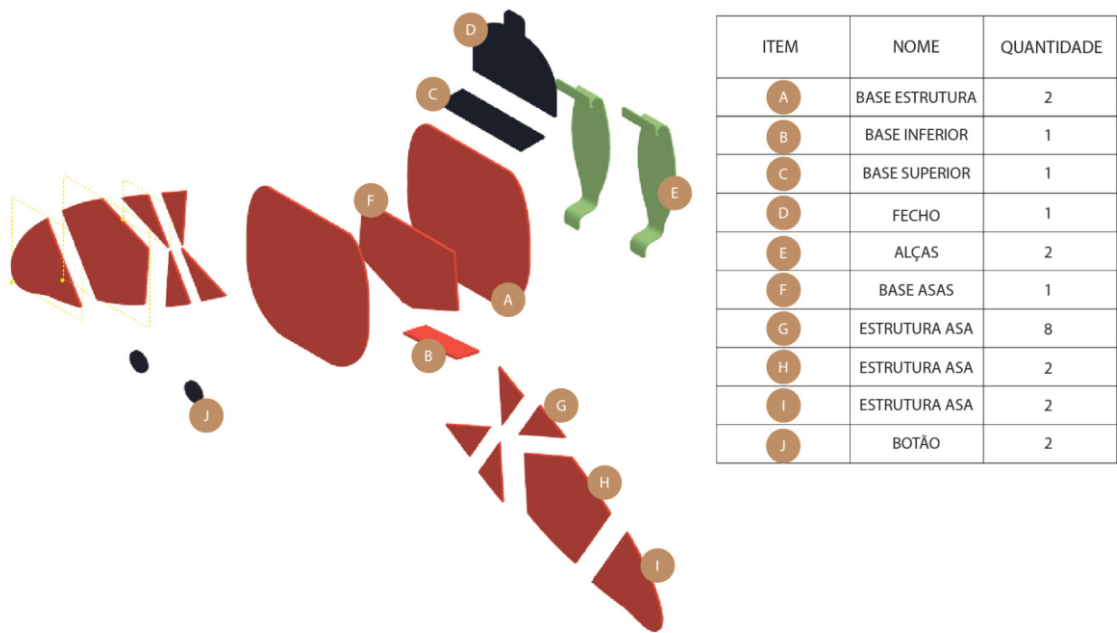


Figura 9: Vista explodida da mochila. Fonte: elaborado pelos autores.

- A- Base da estrutura: Tem a função de estruturar a mochila, a parte frontal e traseira da peça.
- B- Base inferior: Serve com base de apoio na parte de baixo da mochila, impedindo que os que tiver dentro caia, além de permitir que fique em pé e une as bases estruturais.
- C- Base superior: Une o fecho com a base estrutura.
- D- Fecho: Permite que a mochila seja fechada com o auxílio de um botão de pressão, impedindo que a mochila abra enquanto está sendo utilizada.
- E- Alças: Serve para carregar a mochila com conforto nas costas.
- F- Base das asas: Sua função é unir a asa da direita com a da esquerda na estrutura da mochila, permitindo a movimentação sem preocupação de que as asas se soltem.
- G- Estruturas menores da asa: Responsáveis por permitir a movimentação principal das asas.
- H- Estrutura maior da asa: Maior espaço de armazenamento de materiais na asa.
- I- Estrutura da ponta da asa: Serve como apoio para a movimentação de toda a estrutura das asas.
- J- Botões: Lugar para prender os elásticos laterais que impedem as asas de saírem para o exterior da mochila, dando segurança a estrutura.

Por ser uma mochila focada no público infantil, suas medidas foram pensadas a fim de adequar bem ao tamanho das crianças, sendo fácil e confortável de carregar. Por outro lado, precisa permitir que caiba os materiais necessários de se levar a escola, sendo assim possui um tamanho baseado nas medidas mais convenientes para o público. As vistas ortogonais (figura 10) estão com a medição base do produto, a fim de facilitar a compreensão.

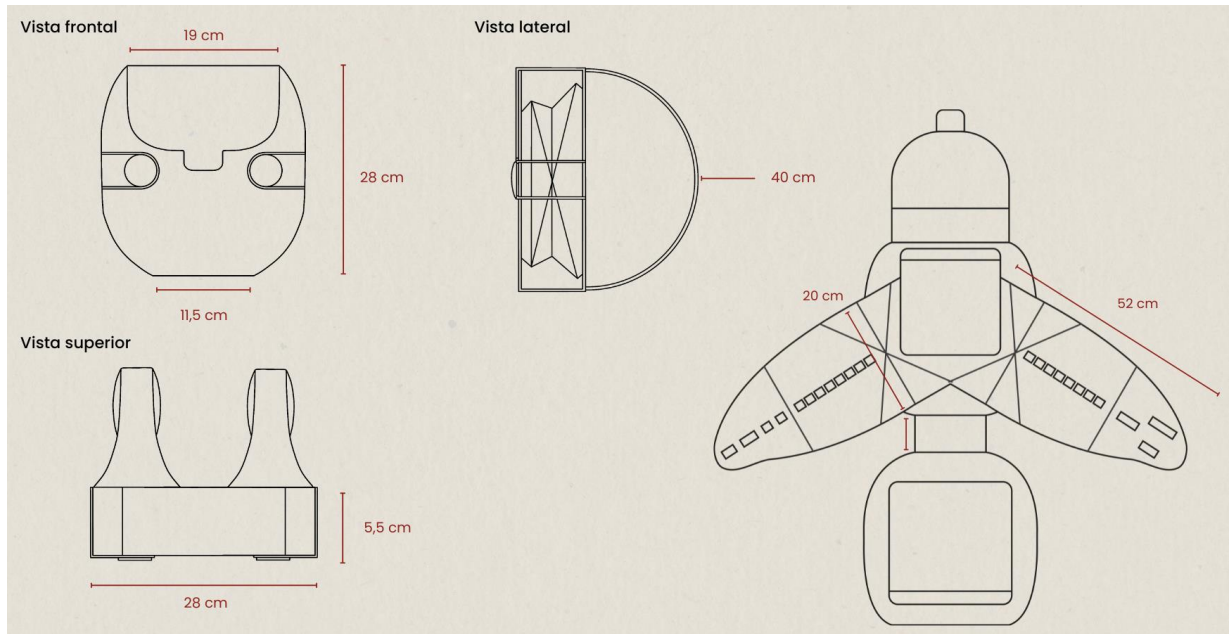


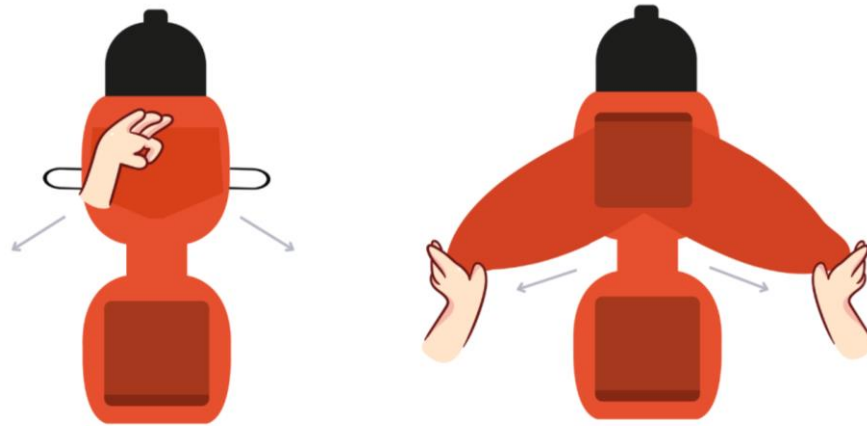
Figura 10: Vistas ortogonais com medição base. Fonte: elaborado pelos autores.

As figuras 11 e 12 ilustram como utilizar a mochila, de maneira bem simplificada para fácil compreensão. A usabilidade se resume em abrir a mochila e depois as asas, sendo um processo extremamente simples para que qualquer criança consiga realizar.

Como abrir a mochila



Figura 11: Como abrir a mochila. Fonte: elaborado pelos autores.



As asas devem ser puxadas com a pega de pinça para suas respectivas direções, a do lado esquerdo puxada para o lado esquerdo, assim como a do lado direito para o lado direito.

Figura 12: Como abrir a mochila. Fonte: elaborado pelos autores.

5. Análises dos Resultados ou Discussões

A partir dessas definições, modelo final foi gerado com refinamentos dos testes realizados anteriormente, atendendo aos requisitos e parâmetros estabelecidos. Além das funcionalidades, as características estéticas da mochila também foram exemplificadas (figura 13) para melhor compreensão de suas partes, não se inspirando apenas na funcionalidade das asas, mas mimetizando todas as suas partes.

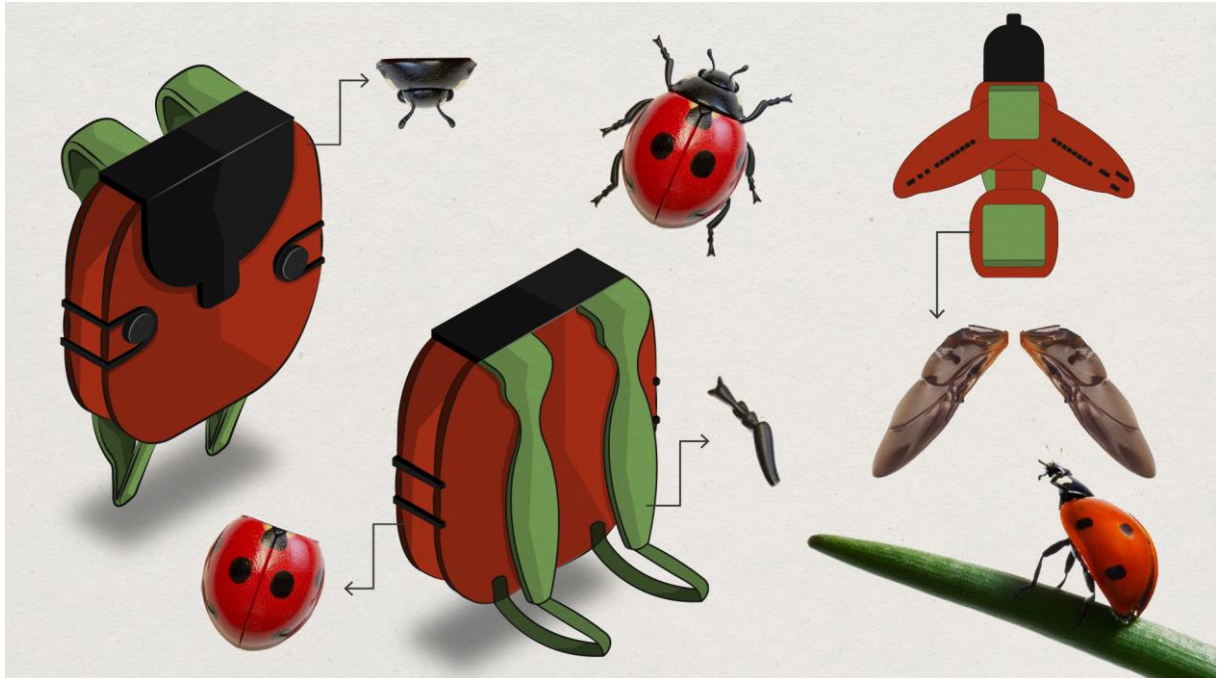


Figura 13: Características estéticas da mochila. Fonte: elaborado pelos autores.

Os testes realizados com o mockup da mochila (figura 14) demonstram seu grande potencial para as atividades infantis, estimulando a interação, aprendizado e criatividade. O sistema das dobras flexíveis, o fechamento e a capacidade de armazenamento atendem as expectativas projetuais conforme o esperado, garantindo eficiência na sua usabilidade.

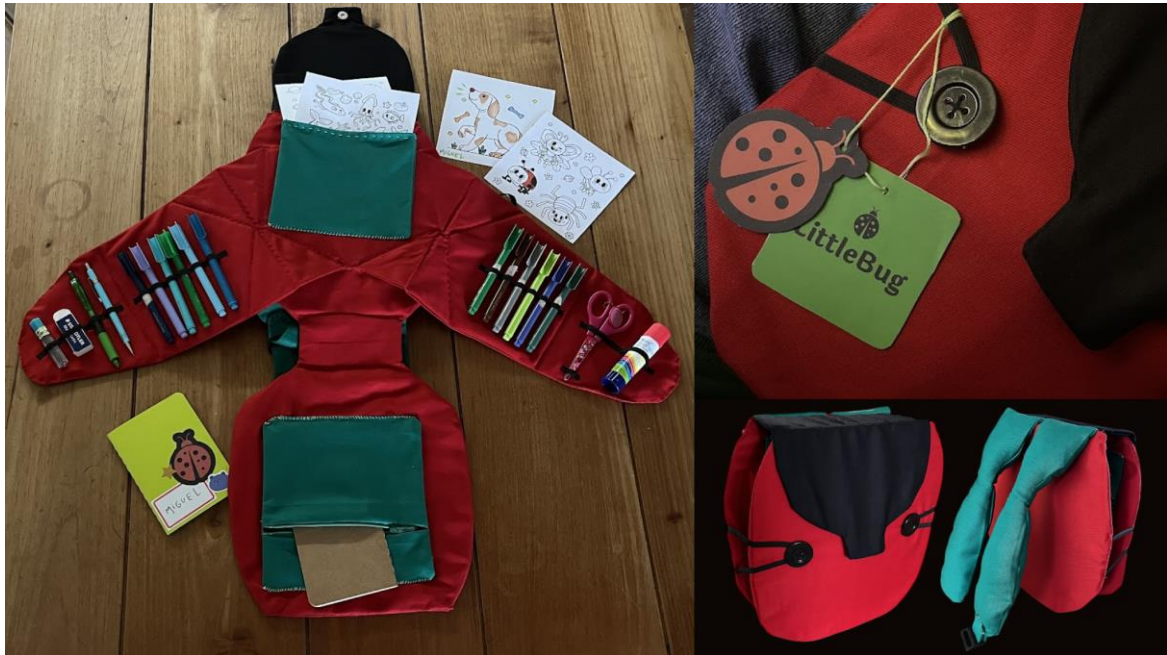


Figura 14: Mockup da mochila. Fonte: elaborado pelos autores.

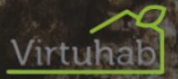
Entretanto, durante a avaliação ergonômica, identificou-se que a quantidade de itens armazenados deve ser apenas de acordo com o que os bolsos e elásticos comportam, ao exceder esse limite, pode haver problemas no transporte e usabilidade. Na sua confecção, que foi feita de maneira artesanal, foi identificada a possibilidade de uma costura industrial para produção em grande quantidade e com maior precisão em relação as medidas para não comprometer o funcionamento e estabilidade.

Além dos aspectos funcionais, a mochila se destaca pelo impacto na autonomia infantil, durante os primeiros seis anos de vida, o cérebro de uma criança passa por muitas evoluções. Para estimular tal desenvolvimento, é necessário entregar a criança as liberdades essenciais para cada fase. Estudos indicam que a construção da autonomia infantil faz parte do processo de desenvolvimento das crianças. Proporcionar às crianças o desenvolvimento de autonomia é fundamental para garantir um crescimento saudável e outros benefícios importantes para a vida em sociedade.

O ato de brincar é fundamental para o desenvolvimento cognitivo da criança. Sabe-se que é nesse momento que ela desenvolve vários sentidos, criando assim características de personalidade, incluem nesse contexto as fantasias, os medos, os desejos, as criatividade. Entende-se que é aí que passa a descobrir o mundo exterior, tudo isto a partir de seu conhecimento (Souza; *et al.*, 2020).

Os resultados obtidos até o momento indicam que a mochila é uma solução viável, com grande potencial de aprimoramento. A implementação das melhorias identificadas pode tornar o produto ainda mais eficiente e acessível. Dessa forma, o projeto se consolida como uma inovação relevante no campo do design de produto, com capacidade de impactar tanto o mercado quanto áreas multidisciplinares de maneira positiva.

6. Conclusão



O projeto da mochila se provou ser uma solução que possui viabilidade quanto instrumento para estimular o raciocínio da criança no seu processo de utilização, além de agregar um teor lúdico e dinâmico em sua rotina escolar. Ao utilizarmos de conceitos retirados da biomimética, inspirados nas articulações das asas da joaninha, foi possível obter como resultado um produto eficiente e que possui um diferencial de mercado devido a seu sistema funcional que foge do habitual das mochilas. Assim, podemos destacar que, dentre os pontos mais fortes do produto, o seu sistema funcional de dobras articuladas, que possibilita abrir e fechar a mochila, é de fato um distintivo mercadológico e uma excelente forma de agregar benefícios nos pilares intelectuais e emocionais das crianças.

Contudo, após a finalização do projeto, foi identificada a necessidade de estender a condução de testes de usabilidade para crianças de diversas faixas etárias, objetivando em entender melhor para quais idades o produto tem uma recomendação de uso mais efetiva, ou seja, para quais fases da infância a mochila agregará mais frutos positivos. Dessa forma, uma possível melhoria futura para o projeto seria, justamente, realizar testes em grupos de controle distintos de crianças com idades variadas. Ademais, em relação ao produto em si, é de grande valia que, futuramente, sejam explorados componentes com composições mais sustentáveis, agregando, assim, um caráter de maior fidelidade ecológica.

Dessa forma, a mochila se mostra como uma promissora alternativa no âmbito do design de produto, com foco no público infantil, com possibilidade de gerar impactos positivos tanto no universo mercadológico quanto no pueril. A posteriori, é que novas pesquisas sejam realizadas como modo de identificar melhorias fazendo, assim, com que o produto se insira em um crescente eixo evolutivo e alcance seu potencial. Além disso, novos testes e estudos podem avaliar a possibilidade de ampliar a linha de produtos, permitindo que outros tipos de bolsas possuam articulações de origami em suas funcionalidades. Assim, o projeto estende o leque de possibilidades de novas soluções, inspiradas na biomimética, nos mostrando com maestria a riqueza que a natureza carrega e como pode cumprir como uma inspiradora referência para o design.

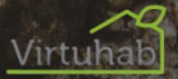
Referências

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. Editora Blucher, 2021.

Benyus, J. M. (1997). **Biomimicry: Innovation Inspired by Nature**. HarperCollins.

Goswami, U. (2008). **Cognitive Development: The Learning Brain**. Psychology Press.

SOUZA, Rosângela Batista; MOTA, Sabrina Rosa; ROCHA, AnaPaula. **AUTONOMIA NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO INFANTIL: uma Pesquisa de Campo**. Anais do 2º Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsoma. 2020; 581-592



Suzuki, Y., et al. (2018). "Elucidation of the deployable structure of ladybird beetle hindwings." *Proceedings of the National Academy of Sciences*.