

## **PROTOTIPAÇÃO DIGITAL: Desenvolvimento e seleção de alternativas para o aperfeiçoamento de composteira**

**ALHANDRA ZOTTELE PEREIRA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**ARTHUR CARVALHO DE ARAÚJO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**JENNIFER DUQUE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**KATIA BROETO MILLER**

DEPARTAMENTO DE DESENHO INDUSTRIAL

**JACQUELINE ROGÉRIA BRINGHENTI**

### **Resumo**

O design centrado nas pessoas busca inserir os indivíduos nas etapas de desenvolvimento e avaliação de um produto, conforme defendem Preece, Rogers e Sharp (2005) e Bezerra (2015). Esse enfoque é fundamental para garantir que as necessidades e desejos dos usuários sejam considerados, resultando em soluções mais adequadas e eficazes. Prahalad e Ramaswamy (2004) ressaltam a importância da cocriação, que aproxima desenvolvedores e consumidores, promovendo a criação conjunta através de um diálogo contínuo. Nesse sentido, metodologias de cocriação podem ser aplicadas em diferentes etapas de desenvolvimento, como na formulação de modelos conceituais e na prototipação (Soares, 2021). Com essa abordagem, desenvolveu-se a MoBio 1.0, uma composteira modular de uso doméstico, que se destaca por seu design que lembra um objeto de decoração, permitindo sua integração em ambientes como salas e varandas, que são espaços mais nobres em comparação com os quintais ou áreas de serviço, onde composteiras convencionais costumam ser camufladas. Os requisitos essenciais do projeto incluem ventilação, revolvimento, dosagem, proteção contra vetores, compactação e modularidade. Entre os requisitos desejáveis estão drenagem, mobilidade e trituração. Recentemente, a composteira obteve a patente verde, permitindo novos desdobramentos e a exploração de suas potencialidades. O projeto está sendo revisado para criar um modelo de design aberto, que possa ser disponibilizado em plataformas de compartilhamento de projetos e códigos, visando acessibilidade e baixo custo, utilizando ferramentas de fabricação rápida. Assim, este trabalho apresenta os resultados da prototipação digital dos modelos de composteira, desenvolvidos a partir de oficinas de cocriação com voluntários e especialistas em design, compostagem, engenharia e projetos comunitários. Entre as ferramentas de desenvolvimento, Baxter (2011) menciona a ferramenta Conceitos-Chaves da Configuração, que ilustra como os princípios funcionais e estéticos se desdobram em ideias de solução, sendo posteriormente selecionadas com base nas especificações do projeto. Ele também enfatiza a simplicidade dos processos de votação na seleção de ideias em projetos. A metodologia sugere que cada participante receba cinco adesivos, que podem ser coloridos conforme critérios pré-estabelecidos, para serem distribuídos entre as propostas ou alocados em uma única ideia. Assim, a realização de dinâmicas interativas com voluntários e especialistas se torna uma estratégia democrática, frequentemente utilizada em momentos decisórios, onde é necessário afunilar alternativas de projeto. Considerando esse contexto, os passos metodológicos deste trabalho

incluem: (i) geração de ideias com a modelagem digital de seis modelos conceituais por meio de modelagem 3D; (ii) avaliação da integração das ideias com os requisitos do projeto; (iii) desenvolvimento da dinâmica de votação e formulários, através da dinâmica Vote Visualmente para voluntários com um mural físico e Vote Virtualmente para especialistas com um formulário online, apresentando as propostas e questões sobre a execução do projeto da composteira; e (iv) execução da dinâmica, onde os participantes se identificam com um dos quatro perfis de usuário (curiosos, praticantes, conhecedores e sem experiência) e recebem cinco adesivos correspondentes à sua categoria. Em seguida, os voluntários visualizam os modelos conceituais, acompanhados de suas descrições, e distribuem os adesivos como forma de voto, com foco na resolução dos problemas de usabilidade da versão inicial da MoBio. Para a dinâmica Vote Virtualmente, os especialistas foram convidados a responder ao questionário online após assistirem às animações 3D de cada modelo conceitual. O desempenho no atendimento aos requisitos da MoBio filtrou três modelos que melhor se alinham com esses critérios, possuindo características distintas que permitem explorar diferentes caminhos projetuais. Os modelos definidos foram: Caixotes Empilháveis, Suspensa Vertical e Esqueleto com Gavetas. A dinâmica Vote Virtualmente contou com a participação de cinco especialistas dos onze inicialmente convidados. Já a votação Vote Visualmente teve 46 participantes, entre eles 34 estudantes e 12 professores, técnicos administrativos e terceirizados. A análise das respostas dos especialistas demonstrou que o uso de uma trilha e ilha de direcionamento do chorume é a alternativa mais adequada para o funil coletor de líquidos, especialmente o modelo que utiliza uma torneira. Contudo, alguns especialistas apontaram a dificuldade em avaliar essa funcionalidade apenas com base nos vídeos disponibilizados. O modelo que apresentou maior sensação de estabilidade foi o “Esqueleto com Gavetas” (80%), seguido pelo modelo “Caixotes Empilháveis” (20%). A preferência unânime também foi observada no travamento dos rodízios, que se dá pela adesão de rodízios apenas em um dos lados da composteira. Além disso, a maioria dos especialistas (80%) votou no uso de placas recicladas de resíduos industriais, considerando-as um material impermeável, de apelo sustentável e com custo compatível com contraplacados de madeira. Os especialistas concluíram que o modelo “Caixotes Empilháveis” é o que tem maior potencial para ser fabricado com tecnologias de prototipação rápida (80%). Entre os voluntários, o modelo “Composteira Vertical” foi considerado o mais adequado para uso doméstico, principalmente pela estética e pela facilidade de integração nos ambientes, uma vez que sua estrutura é compacta e suspensa, além de resolver problemas de usabilidade. No entanto, os voluntários também apontaram que a composteira “Caixotes Empilháveis” possui grande potencial de fabricação pelo próprio usuário, devido à simplicidade na execução do projeto e ao uso reduzido de materiais. Este trabalho evidencia a importância da participação dos indivíduos no processo de desenvolvimento e aprimoramento de produtos, especialmente uma composteira que depende do nível de engajamento do usuário para ter o desempenho esperado. Contudo, observou-se que os especialistas enfrentaram dificuldades em traduzir os modelos conceituais digitais em protótipos físicos, revelando uma fragilidade no método. As escolhas dos especialistas foram variadas entre os modelos apresentados, contribuindo para o aprimoramento das soluções e possibilitando combinações entre elas. A maioria dos voluntários selecionou o modelo “Caixotes Empilháveis”, que deverá ser revisado conforme as contribuições dos votantes e aprimorado com o feedback dos especialistas. Assim, a MoBio 1.0 se torna um exemplo significativo da eficácia do design centrado nas pessoas e da cocriação no desenvolvimento de produtos que não apenas atendem às necessidades dos usuários, mas que também promovem a sustentabilidade e a acessibilidade. Este estudo não só reforça a importância de engajar usuários no processo de design, mas também ilustra como a colaboração pode levar à inovação e melhorias significativas em produtos que têm um impacto positivo no cotidiano.

### **Palavras Chave**

Design Centrado no Usuário, Compostagem, Vote Visualmente

### **Agradecimento a órgão de fomento**

Ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), por meio do Edital Universal nº 28/2022; aos especialistas que contribuíram para a busca por novas soluções construtivas da MoBio; e a todos os pesquisadores que já passaram por este projeto.

# PROTOTIPAÇÃO DIGITAL

## Desenvolvimento e seleção de alternativas para o aperfeiçoamento de composteira

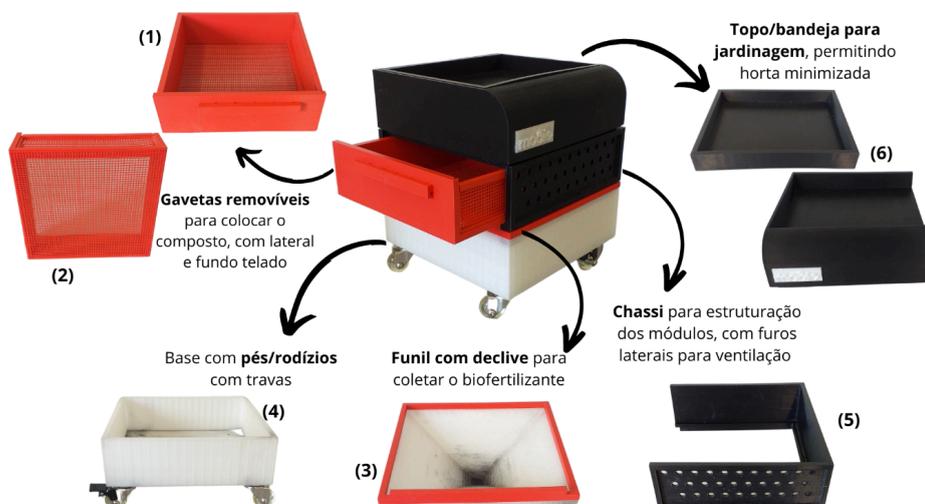
### 1 INTRODUÇÃO

A MoBio 1.0 é uma composteira modular de uso doméstico desenvolvida no âmbito da parceria do Bacharelado em Design da Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) e dos cursos de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental e Mestrado em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

O principal diferencial da MoBio é sua semelhança com uma mobília ou objeto de decoração, que pode habitar as salas e varandas de apartamentos, ou seja, áreas mais nobres das habitações e com maior proximidade com os indivíduos que os quintais ou áreas de serviço onde as composteiras comuns costumam ser camufladas. Tem como requisitos de projeto necessários: ventilação, revolvimento, dosagem, proteção contra vetores, compactação e modularidade; e como desejáveis: drenagem, mobilidade e trituração (Cometti, 2021).

É composta por (1) gaveta removível, que contém os resíduos orgânicos e o material seco; (2) tela nas laterais e no fundo para ventilação e drenagem dos líquidos; (3) funil para coleta dos líquidos; (4) base onde se encaixa o funil coletor; (5) estrutura-chassi com furos laterais, que permite a ventilação; e (6) tampa com bandeja acoplada para vedação e jardinagem (Figura 1) (Bringhenti *et al*, 2022).

Figura 1: Composteira modular projetada e seus elementos básicos.



Fonte: Adaptado de Sacramento, Miller e Bringhenti (2023).

Esta composteira recebeu recentemente a patente verde e novos desdobramentos do projeto puderam ser explorados e publicitados. Atualmente, o projeto está sendo revisto com o intuito de produzir um modelo *open design* que possa ser disponibilizado em plataformas de compartilhamento de projetos e códigos, de baixo custo e produzido com ferramentas de fabricação rápida.

Com isso, este trabalho apresenta os resultados da prototipação digital dos modelos de composteira desenvolvidos a partir de oficinas de cocriação com voluntários e especialistas em design, compostagem, engenharia e projetos comunitários (Araújo *et al*, 2024).

### 2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

O design centrado nas pessoas busca que os indivíduos sejam inseridos nas etapas de desenvolvimento e avaliação de um produto (Preece; Rogers; Sharp, 2005; Bezerra, 2015). Prahalad e Ramaswamy (2004) ressaltam a importância da cocriação, uma vez que aproxima desenvolvedores e consumidores a fim da criação conjunta por meio do diálogo contínuo.

As metodologias de cocriação podem ser utilizadas em diferentes etapas de desenvolvimento do projeto (Soares, 2021), incluindo a etapa de desenvolvimento dos modelos conceituais e prototipação. Dentre as ferramentas de desenvolvimento, Baxter (2011) apresenta a ferramenta **Conceitos-chaves da configuração** que mostra como os princípios funcionais e de estilo se desdobram em ideias de soluções e, posteriormente, são selecionadas comparando-se com as especificações do projeto.

Baxter (2011) ainda resalta a simplicidade dos processos de **Votação** na seleção de ideias no desenvolvimento de projetos. Orienta que cada participante deve receber cinco adesivos, que podem ser coloridos de acordo com critérios pré-estabelecidos pela equipe de projeto, e devem ser distribuídos entre as ideias ou alocados em apenas uma delas. Ressalta ainda que uma das melhores partes da votação é o diálogo com os votantes que tem um espaço para socializar os motivos de suas escolhas.

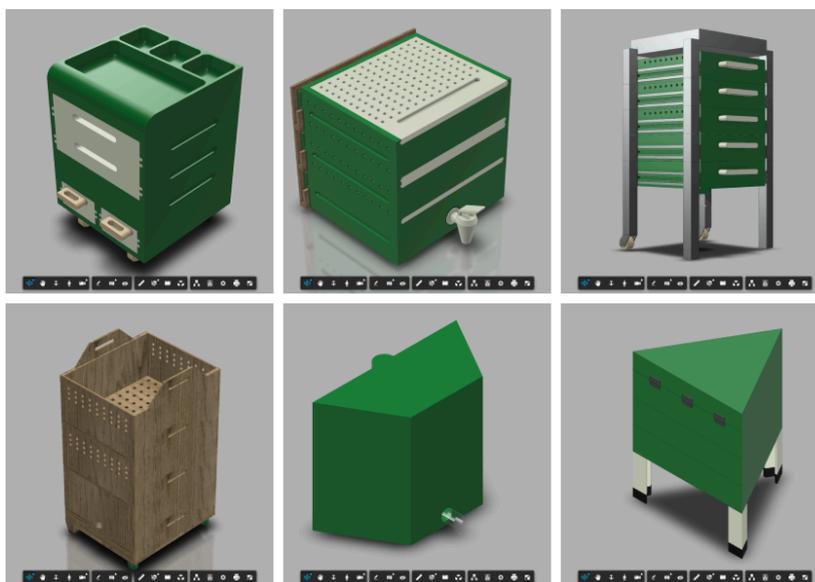
Dessa forma, a realização de dinâmicas interativas com voluntários e especialistas torna-se uma estratégia democrática, uma vez que é comumente utilizada em momentos de decisão e impasse, onde se faz necessário o afinamento de alternativas de projeto.

## 2 METODOLOGIA

Considerando o contexto, a etapa de desenvolvimento do projeto e o referencial teórico apresentado, este trabalho tem como passos metodológicos:

(i) **geração de ideias**: deu-se a partir dos resultados das oficinas de cocriação realizadas anteriormente, conforme descrito por Araújo *et al* (2024), e levando em consideração a ferramenta metodológica Conceitos-chave da Configuração descrita por Baxter (2011). Com base nas ideias de soluções encontradas para os problemas de usabilidade da versão inicial da MoBio, seis modelos conceituais foram desenvolvidos digitalmente através de modelagem 3D (Figura 2);

Figura 2: Resultado da Geração de ideias dos modelos conceituais da composteira.



Fonte: Dos autores.

(ii) **avaliação da integração das ideias com os requisitos de projeto:** levando em consideração que o sucesso da configuração depende da integração do projeto (Baxter, 2011), a avaliação consistiu em analisar cada modelo desenvolvido em relação ao atendimento aos requisitos necessários e desejáveis definidos para a MoBio.

(iii) **desenvolvimento da dinâmica da votação e formulários:** para os voluntários, a dinâmica Vote Visualmente (Osterwalder *et al*, 2011) foi organizada por meio da criação de um mural físico, onde os participantes puderam visualizar: (i) contextualização sobre o projeto e instruções sobre o funcionamento da dinâmica de votação; (ii) os problemas de usabilidade da versão inicial da MoBio; (iii) as diferentes propostas dos modelos conceituais em escala real; (iv) as soluções para os problemas contidas em cada modelo conceitual; e (v) o QR Code de um formulário com questões sobre a estética e a execução do projeto da composteira.

Para os especialistas, a dinâmica Vote Virtualmente foi desenvolvida através da criação de um formulário *online*, o qual era composto por: (i) animações 3D para melhor visualização de cada modelo conceitual; (ii) votação de qual modelo melhor resolve cada um dos problemas de usabilidade; (iii) questões a respeito da execução do projeto da composteira; e (iv) área para justificativa de respostas e comentários.

(iv) **execução da dinâmica:** para a execução da dinâmica **Vote Visualmente**, o mural foi instalado no Ifes Campus Vitória, onde voluntários realizaram a votação. Através da contextualização do projeto e das instruções contidas no mural, os participantes identificavam-se com um dos quatro perfis de usuário existentes, sendo curiosos para aqueles que nunca fizeram compostagem, mas gostariam de fazer; praticantes para aqueles que fazem, mas gostariam de tornar o processo mais simplificado e intuitivo; conhecedores para aqueles que já fizeram, mas desistiram por algum motivo; e sem experiência que é aquele que até conhece o termo, mas não sabe bem o que é e tampouco como funciona (Figura 3).

De acordo com seu nível de conhecimento sobre compostagem, esses usuários recebiam cinco adesivos correspondentes à cor de sua categoria (Baxter, 2010). Em seguida, os voluntários visualizaram os modelos conceituais de composteiras desenvolvidos, acompanhados de suas respectivas descrições, para então distribuir os adesivos entre eles como forma de voto, tendo como critério a resolução dos problemas de usabilidade da versão inicial da MoBio.

Figura 3: Mural para a dinâmica Vote Visualmente.



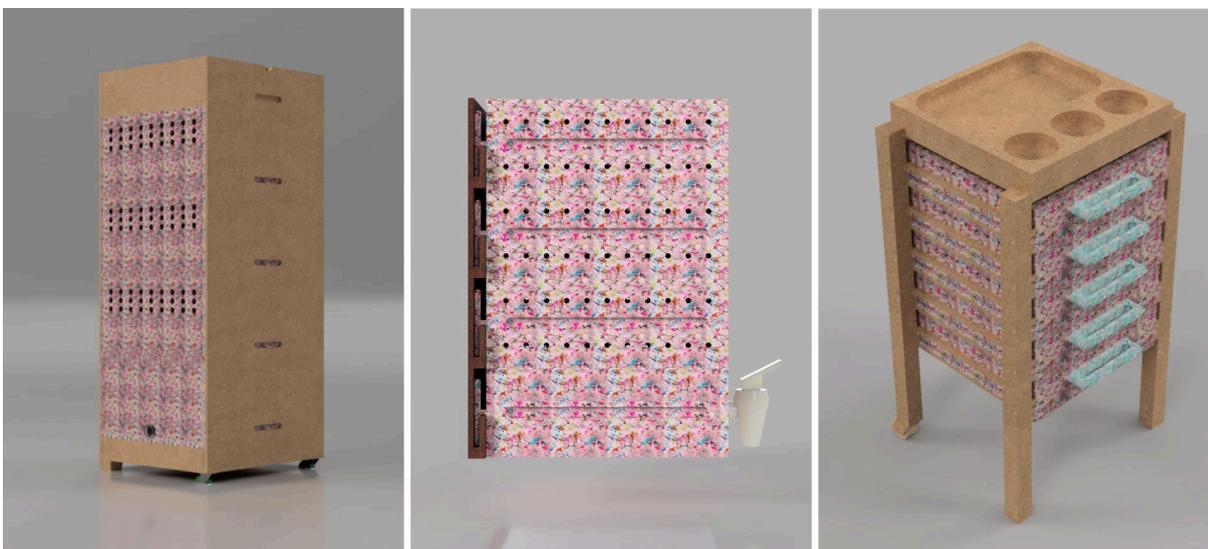
Fonte: Dos autores.

Já para a execução da dinâmica **Vote Virtualmente**, os especialistas foram convidados a responder às perguntas do questionário *online* após assistir às animações 3D de cada modelo conceitual.

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos seis modelos desenvolvidos inicialmente em relação ao desempenho no atendimento dos requisitos necessários e desejáveis da MoBio filtrou três modelos que melhor se alinhavam com esses critérios e que possuíam características distintas entre si e poderiam explorar caminhos projetuais diferentes. Além disso, utilizaram-se como critérios de corte requisitos adicionais que motivaram o aperfeiçoamento deste artefato. Os modelos definidos foram: Caixotes Empilháveis, Suspensa Vertical e Esqueleto com gavetas (Figura 4).

Figura 4: Modelos selecionados para a dinâmica do Vote Visualmente



Fonte: Dos autores.

A dinâmica do **Vote virtualmente** teve a participação de cinco especialistas, dos onze inicialmente convidados e que participaram da oficina de cocriação (Araújo *et al*, 2024). A votação do **Vote Visualmente** teve a participação de 116 indivíduos, dentre eles estudantes, professores, técnicos administrativos e terceirizados do Ifes Campus Vitória.

A análise das respostas dos especialistas demonstrou que o **uso de uma trilha e ilha de direcionamento do chorume** é a alternativa mais adequada para o funil coletor de líquidos, sobretudo o modelo que utiliza uma torneira. No entanto, alguns especialistas expressaram a dificuldade em avaliar essa funcionalidade com base apenas nos vídeos disponibilizados.

O modelo que apresenta maior sensação de **estabilidade** é o “Esqueleto com gavetas” (80%), seguido pelo modelo “Caixotes Empilháveis” (20%). Predileção unânime que também se configura no travamento dos rodízios, por meio da adesão de **rodízios apenas em um dos lados** da composteira.

A maioria dos especialistas (80%) ainda votou no **uso de placas recicladas de resíduos industriais**, tanto por ser um material impermeável e de apelo sustentável, quanto pelo custo compatível com os contraplacados de madeira. Por fim, os especialistas ainda concluíram que o modelo “Caixotes Empilháveis” é o que tem maior potencial de ser fabricado com tecnologias de prototipação rápida (80%).

Entre os voluntários, o modelo “Composteira Vertical” foi considerado o mais adequado para ter em casa, principalmente por ser esteticamente mais agradável e pela facilidade de integrá-lo nos ambientes, já que sua estrutura é compacta e suspensa, além da resolução dos problemas de usabilidade. Porém, ainda na opinião dos voluntários, a composteira “Caixotes Empilháveis” foi a que possui maior potencial de fabricação pelo próprio usuário, sobretudo pela simplicidade na execução do projeto do modelo e pelo uso de menos materiais.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstra a importância da participação dos indivíduos no processo de desenvolvimento e aprimoramento de produtos, sobretudo a composteira que depende do nível de engajamento do indivíduo para ter o desempenho esperado do sistema. No entanto, percebeu-se que os especialistas tiveram dificuldade em transpor para o físico os modelos conceituais digitais, o que mostra fragilidade no método.

Os especialistas tiveram suas escolhas distribuídas entre os modelos apresentados, justificando as escolhas e contribuindo para o aperfeiçoamento de algumas soluções, bem como a combinação entre elas. A maioria dos voluntários selecionou o modelo “Caixotes Empilháveis” que deverá ser continuado, revisto conforme as contribuições dos votantes e aprimorado conforme o feedback dos especialistas.

#### REFERÊNCIAS

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Blucher, 2011.

BRINGHENTI, Jacqueline Rogéria; MILLER, Katia Broeto; COMETTI, Rafaela Recla; NUNES, Fabrício Broedel; SACRAMENTO, Beatriz Torezani; NASCIMENTO, Wilquer. **Aparato Modular para Compostagem Doméstica**. Depositante: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo e Universidade Federal do Espírito Santo. BR 20 2021 008633 0 U2. Depósito: 04 mai. 2021.

COMETTI, Rafaela. **Desenvolvimento e Avaliação de Protótipo de Composteira para Uso em Ambientes Domiciliares**. 168 f. Dissertação (Mestrado profissional em Tecnologias Sustentáveis) - Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

MILLER, Katia Broeto; BRINGHENTI, Jacqueline Rogéria; PINTO, Anna Luiza Kruger; ALVES, Thais Santos. **Revisão Sistemática da Literatura de Técnicas de Avaliação de Usabilidade aplicadas a produtos tangíveis**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 14., 26 a 29 de out. 2022, Rio de Janeiro. Anais... São Paulo: Blucher, 2022. p. 2689-2707.

PRAHALAD, Coimbatore Krishnarao. e RAMASWAMY, Venkat. **Co-creation experiences: The next practice in value creation**. Journal of Interactive Marketing, v. 18, n. 3, p. 5–14, 2004.

OSTERWALDER, Alex; PIGNEUR, Yves; BERNARDA, Greg; SMITH, Alan. **Value Proposition Design: Como construir propostas de valor inovadoras.** São Paulo: HSM do Brasil, 2014.

SACRAMENTO, Beatriz Torezani.; MILLER, Katia Broeto; BRINGHENTI, Jacqueline Rogéria. **Avaliação de usabilidade de protótipo de composteira modular com potenciais usuários.** In: 19º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia, 19º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces e Interação Humano-Computador e IV Jornada de Pesquisa do programa de pós-graduação em Design da UFMA. Anais... Maranhão, 13 a 16 de jun. 2023. São Paulo: Blucher, 2023.

SOARES, Marcelo Marcio. **Metodologia de Ergodesign para o design de produtos: uma abordagem centrada no humano.** São Paulo: Blucher, 2021.

### **Agradecimentos**

Ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), por meio do Edital Universal nº 28/2022; aos especialistas que contribuíram para a busca por novas soluções construtivas da MoBio; e a todos os pesquisadores que já passaram por este projeto.