

AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE MODELO DE COMPOSTEIRA MODULAR

USABILITY EVALUATION OF A MODULAR COMPOST BIN

Beatriz Torezani Sacramento¹, Bach.

beatrizs.torezani@gmail.com e <https://orcid.org/0000-0002-0194-3057>

Katia Broeto Miller², DSc.

katia.miller@ufes.br e <http://orcid.org/0000-0003-1089-7328>

Jacqueline Rogéria Bringhenti¹, DSc.

jacquelineb@ifes.edu.br e <http://orcid.org/0000-0002-2557-9966>

¹Laboratório de Biotecnologia e Sustentabilidade; Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, Brasil

²Laboratório Materialize Ufes; Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, Brasil

Resíduos orgânicos, Compostagem, Sustentabilidade, Avaliação de Usabilidade

A composteira modular MoBio 1.0 foi desenvolvida para a prática da compostagem descentralizada em ambientes domésticos e institucionais de forma simplificada, prática, rápida, limpa e compacta, incorporando as preferências de grupos de potenciais usuários em seu projeto. Este trabalho apresenta a Avaliação de Usabilidade de tal composteira, bem como os resultados obtidos considerando-se as premissas do design de interação e o atendimento das necessidades e expectativas de seus usuários. A metodologia aplicada utilizou os métodos empírico e analítico: Teste de Usabilidade com usuários-voluntários e Avaliação Heurística com especialistas, a partir de critérios sugeridos por Soares (2021). A combinação dos métodos permitiu identificar que os problemas de usabilidade estavam altamente relacionados à segurança, confiabilidade, efetividade, conforto e facilidade de uso do equipamento, concentrando-se sobretudo no módulo funil coletor, na instabilidade do conjunto, nos problemas de operação e nos custos de produção. Tais resultados serão utilizados para futuros aperfeiçoamentos a partir da concepção de alternativas para soluções aos problemas e redesenho do projeto.

Organic waste, Composting, Sustainability, Usability Evaluation

MoBio 1.0 modular compost bin was developed for the practice of decentralized composting in domestic and institutional environments in a simplified, practical, quick, clean, and compact manner, incorporating the preferences of potential user groups in its project. This paper presents the Usability Evaluation of such a compost bin, as well as the results obtained considering the premises of interaction design and the fulfillment of user needs and expectations. The applied methodology utilized empirical and analytical methods: Usability Testing with volunteer users and Heuristic Evaluation with experts, based on criteria suggested by Soares (2021). The combination of methods allowed for the identification that usability issues were highly related to equipment safety, reliability, effectiveness, comfort, and ease of use, primarily focusing on the collector funnel module, assembly instability, operational problems, and production costs. These results will be used for future improvements through conceiving alternatives for solving the issues and redesigning the project.

Recebido em: 29 /08 / 2023

Aceito em: 18 /12/ 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.22570/ergodesignhci.v11i2.2020>



1. Introdução

A compostagem se trata de um processo de decomposição de resíduos orgânicos (RO) por meio da ação de microrganismos (MASSUKADO, 2008), transformando-os em adubo orgânico. Tal processo tem evidenciado uma alternativa factível para minimizar os problemas relativos à vultosa quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados, e que ocasionam diversos impactos ambientais (WANGEN; FREITAS, 2010; SIQUEIRA; ASSAD, 2015).

A compostagem se configura como descentralizada quando praticada em menor escala, com o tratamento dos RO no seu próprio local de geração. A compostagem doméstica ou caseira é um exemplo, mostrando-se benéfica ao possibilitar a minimização dos custos para o gerenciamento dos RSU (MASSUKADO, 2008). Pode ser realizada em quintais, ou com uso de um equipamento industrializado ou confeccionado artesanalmente, a denominada composteira, que pode ser utilizada em variados ambientes, apresentando uma opção mais higiênica para a prática (KARNCHANAWONG; SURIYANON, 2011).

Com vistas a tornar a compostagem em residências e ambientes institucionais uma prática simplificada, rápida, limpa e compacta, foi projetado e construído um modelo de composteira, denominado MoBio 1.0 (Figura 1), incorporando as preferências de grupos de potenciais usuários (personas).

Os requisitos de projeto da MoBio foram baseados na análise de composteiras existentes disponíveis no mercado, artesanais e em bases de patentes, além de entrevistas com voluntários da Região Metropolitana da Grande Vitória (Espírito Santo), sobre sua experiência e preferências em relação ao uso desse artefato (COMETTI, 2021).

Na concepção e desenvolvimento do projeto foi adotado o conceito de modularidade e o uso da fabricação digital, de modo a fornecer soluções para as diferentes demandas e perfis de usuários.

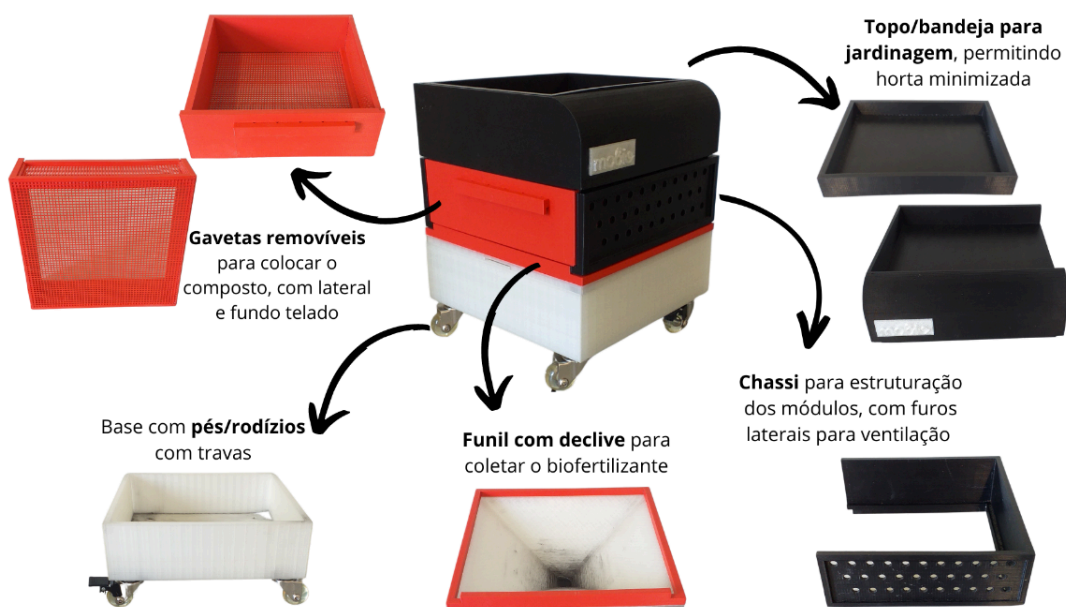


Figura 1 – Módulos componentes da MoBio 1.0
Fonte: Adaptado de Sacramento, Miller e Bringhenti (2023).

A MoBio foi depositada em pedido de patente de inovação (BRINGHENTI *et al.*, 2021) junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Foi fabricada com uso do ácido polilático (PLA), um polímero biodegradável, e seus módulos são feitos a partir da impressão 3D, onde cada peça é confeccionada individualmente, sendo depois encaixadas ou coladas, conforme projeto. O equipamento foi concebido para possuir 60 cm de largura e profundidade, contudo, devido às limitações da impressora utilizada, o modelo para testes foi impresso em escala reduzida, com 43% da escala original. No modelo foram utilizados 5 kg de PLA, com o custo de R\$98,00/kg do material, totalizando R\$490,00 para sua fabricação. Atualmente, o modelo encontra-se em processo de avaliação e aperfeiçoamento para melhorar seus aspectos de usabilidade.

Soares (2021) indica que projetos inadequados só são identificados a partir da interação dos usuários com os produtos, dos quais são observadas as necessidades de melhoria e qualidades gerais. Para essa finalidade, são aplicados métodos para a “avaliação do projeto em termos de segurança, eficácia, robustez, confiabilidade, conforto, compatibilidade dimensional, facilidade de uso, estética e [...] aspectos de prazer” (SOARES, 2021, p. 52).

Segundo a ABNT (2021, p. 2), um produto de consumo é destinado à aquisição pelos indivíduos para que utilizem dele com finalidades pessoais, e não profissionais. Assim, visando tornar a MoBio um equipamento de compostagem funcional e atrativo, iniciaram-se trabalhos interdisciplinares para o seu aperfeiçoamento, com o interesse em sua disponibilização futura no mercado.

Considerando que em trabalhos pretéritos Cometti (2021) e Nunes (2021) haviam se debruçado, respectivamente, sobre o estudo da funcionalidade e avaliação da estética da MoBio, buscou-se avaliar a usabilidade do modelo, considerando as premissas do design de interação e visando atender às necessidades e expectativas de seus usuários.

A usabilidade, segundo a norma NBR 9241-11 (ABNT, 2021, p. 2), pode ser definida como “a extensão na qual um sistema, produto ou serviço pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico”.

Logo, este trabalho teve por objetivo a avaliação de usabilidade de um modelo de composteira modular, identificando seus problemas de usabilidade por meio da correlação aos critérios sugeridos pelo professor doutor Marcelo M. Soares, buscando compreender os pontos críticos e de alta prioridade para melhorias na MoBio.

2. Referencial Teórico

A avaliação de usabilidade pode ser realizada por diferentes modelos. O modelo empírico, cuja avaliação acontece junto a usuários reais, abrange os métodos de observação sistemática (Teste de Usabilidade), inquirição e experiência controlada. Há também o modelo analítico, cuja avaliação é realizada por especialistas, sendo a inspeção o principal método utilizado (MARTINS *et al.*, 2013).

O Teste de Usabilidade é aplicado com a finalidade de observar a interação de usuários típicos com um determinado produto, sendo executadas atividades comuns para as quais foi desenvolvido, havendo o controle de um avaliador e a realização de filmagens. Ademais, é comumente conduzido em ambientes controlados, como laboratórios (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005), permitindo uma coleta de dados mais eficiente, com maior controle sobre as características da experiência por cada usuário, bem como as condições de realização da pesquisa (RAZAK *et al.*, 2010). Em tais testes, conforme apontam Dumas e Redish (1999 apud PREECE; ROGERS; SHARP, 2005), é comum a participação de 5 a 12 pessoas.



A observação sistemática com a aplicação do Teste de Usabilidade com usuários mostra-se o método mais frequentemente utilizado nas avaliações de usabilidade de produtos tangíveis (MILLER *et al.*, 2022).

Dentre as técnicas baseadas nos modelos empíricos, há a Pensando em Voz Alta (*Thinking Aloud Protocol*), com a qual os usuários são incentivados a expressar em voz alta o que fazem e pensam durante a interação com o produto em avaliação. Suas variantes compreendem o Protocolo de Questionamentos, Testes para Medição de Desempenho e Aprendizagem por Co-descoberta. Há também as técnicas de Observações em Campo e Grupos Focais, bem como Entrevistas e Questionários (CATECATI *et al.*, 2018), que podem ser aplicados em combinação ao teste com usuários (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005).

A técnica de Avaliação Heurística, cuja proposição inicial foi originada pelos autores Jakob Nielsen e Rolf Molich, se destaca entre os métodos de inspeção e envolve a avaliação de um objeto por especialistas, orientados por um conjunto de princípios de usabilidade (NIELSEN, 1994). A partir destes, inspecionarão o objeto de modo a identificar problemas existentes, e com os quais os usuários reais poderão se defrontar (PREECE; ROGERS; SHARP, 2005). O indicado por Nielsen (1994 apud PREECE; ROGERS; SHARP, 2005) é que tal avaliação seja realizada por no mínimo 5 especialistas, pois estes conseguem identificar 75% dos problemas de usabilidade presentes no objeto avaliado (Figura 2).

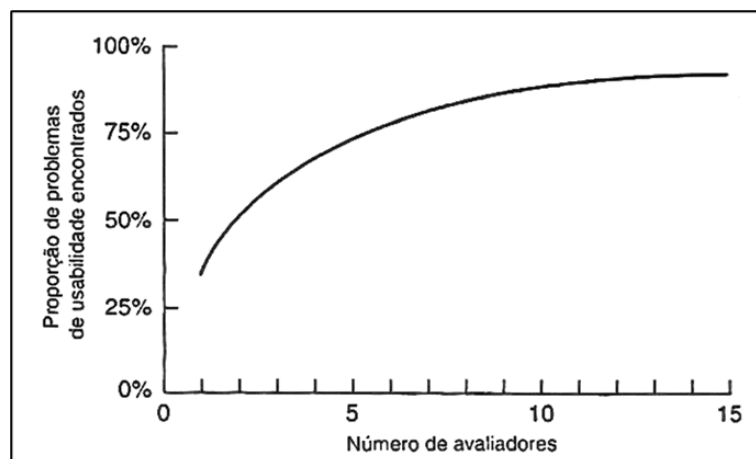


Figura 2 – Proporção de problemas de usabilidade identificados por vários especialistas em uma Avaliação Heurística
Fonte: Nielsen (1994 apud PREECE; ROGERS; SHARP, 2005, p. 432).

Entre outras técnicas cuja avaliação é realizada por especialistas estão o Passo a Passo Cognitivo e a Inspeção de Características e Funcionalidades Baseadas em Perspectiva (CATECATI *et al.*, 2018). No entanto, a Avaliação Heurística mostra-se como a mais utilizada dentre os métodos de inspeção (MARTINS *et al.*, 2013).

Com o passar dos anos, diversos autores propuseram princípios e dimensões para as avaliações de usabilidade. Nielsen (1993 apud FALCÃO; SOARES, 2013), propôs a aplicação das dimensões facilidade de aprendizado, eficiência no uso, facilidade de memorizar, poucos erros e satisfação; Shackel (2009 apud SOARES, 2021), propunha a avaliação da eficácia, facilidade de aprendizado, flexibilidade e atitude. Tais dimensões foram originalmente sugeridas pelos autores para a avaliação de softwares.

Jordan (1998 apud SOARES, 2021), propunha avaliar produtos com o uso das dimensões consistência, compatibilidade, capacidade dos usuários, feedback, controle do usuário, clareza visual, prevenção e correção de erros, priorização da funcionalidade e informação, transferência adequada de tecnologia e explicitação.

Leventhal e Barnes (2007 apud SOARES, 2021), desenvolveram uma avaliação híbrida, tanto para softwares como para produtos, com o uso das dimensões frequência, rigidez, facilidade de uso, facilidade de aprendizado e reaprendizado, variáveis do usuário, restrições da situação, correspondência de tarefas, flexibilidade e satisfação do usuário.

Kim e Han (2008), a partir de uma aprofundada revisão de literatura, propuseram 18 dimensões para a avaliação de produtos eletrônicos. Dentre as dimensões que propunham, se diferenciavam das dos demais autores a modelagem, adaptabilidade, acessibilidade, previsibilidade, perdão, prestatividade e informativa.

Em meio a isso, a versão atualizada da NBR ISO 9241-11, de 2021, estende a aplicação dos princípios de usabilidade, além da avaliação de sistemas computacionais e digitais, para produtos de consumo e industriais, assim como serviços e ambientes construídos. Dessa forma, propõe a avaliação da Eficácia, Eficiência e Satisfação.

No entanto, compreendeu-se que os princípios recomendados por tais referências são muito voltados à avaliação de sistemas e, quando o contrário, apresentam-se em quantidade insuficiente para uma avaliação abrangente da MoBio.

Em busca de princípios aplicáveis a esta pesquisa, observam-se os critérios apresentados por Marcelo M. Soares em seu livro Metodologia de Ergodesign para o Design de Produtos: uma abordagem centrada no humano. O autor propõe a avaliação de 10 critérios (SOARES, 2021, p. 53-54):

Segurança: possibilidade de manusear um produto sem risco de danos, lesão ou morte provocados por falhas, mau funcionamento e erros no uso normal ou mau uso previsível do produto e de seus componentes.

Efetividade: característica de um produto que lhe permite realizar a tarefa a que se destina de maneira eficiente, com uma quantidade razoável de esforço humano para produzir o efeito pretendido.

Adequação: característica que um produto deve ter para se ajustar às exigências sociais e terapêuticas (no caso de produtos para a pessoa deficiente).

Robustez: qualidade que um produto deve apresentar para resistir a falhas e a um uso ocasionalmente indevido.

Confiabilidade: probabilidade de um item desempenhar uma função necessária sob determinadas condições por tempo determinado, significa confiança que o produto irá desempenhar a função a que se destina, de forma satisfatória, por um período de tempo definido.

Conforto: qualidade de um produto para proporcionar bem-estar físico e mental durante qualquer atividade relacionada ao seu uso.

Compatibilidade dimensional: característica de um produto dimensionalmente adequado às características anatômicas e antropométricas dos usuários e às restrições físicas do ambiente em que deve ser usado.

Facilidade de uso: atributo de um produto que não exige força, esforço ou atenção excessivos durante o uso.

Estética: virtude de um produto ser agradável ao usuário em termos de aparência visual, som, cheiro e sensação.

Bom valor: capacidade de um produto em oferecer uma boa relação custo-benefício na compra, na manutenção e no reparo de peças e componentes.

Estes se mostraram factíveis para abordagem, bem como em quantidade oportuna, considerando que a MoBio se trata de um futuro produto de consumo. Logo, os critérios de Soares (2021) foram adotados como as heurísticas para avaliação neste trabalho.



3. Metodologia

Martins *et al.* (2013) apontam a complexidade da avaliação de usabilidade, indicando que a abordagem de um único método pode se mostrar insuficiente para uma avaliação completa e profunda dos aspectos de um produto ou serviço.

Assim, tendo em mente a realização de uma pesquisa abrangente sobre a MoBio 1.0, decidiu-se por serem aplicadas as técnicas mais utilizadas em trabalhos correlatos, relacionadas aos modelos empírico e analítico para a sua avaliação de usabilidade. Na avaliação com usuários, correspondente ao primeiro modelo, utilizou-se o método de observação sistemática, com o Teste de Usabilidade e aplicação da técnica Pensando em Voz Alta; na avaliação com especialistas, foi empregado o método de inspeção, com a técnica de Avaliação Heurística, de modo a corroborar e aprofundar os dados obtidos na etapa anterior.

Dessa forma, têm-se as seguintes etapas metodológicas: (i) busca dos voluntários; (ii) observação sistemática dos usuários no Teste de Usabilidade, e registro em vídeo da execução das tarefas propostas; (iii) Avaliação Heurística e aplicação de questionário; (iv) sistematização e análise dos resultados.

A Figura 3 apresenta fluxograma detalhando as etapas da avaliação de usabilidade aplicadas nesta pesquisa.

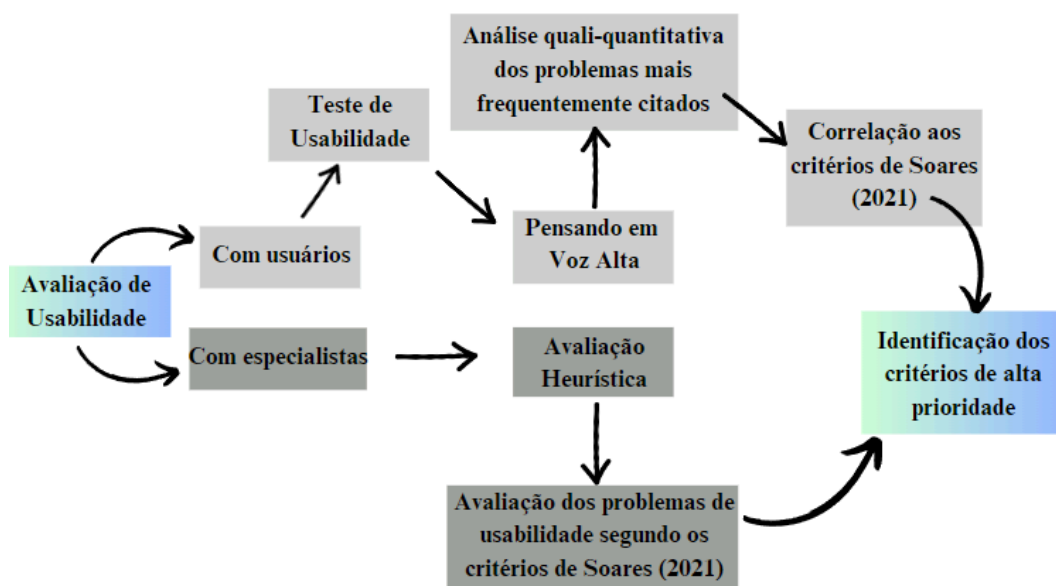


Figura 3 – Fluxograma das etapas de avaliação de usabilidade
Fonte: Elaborado pelas autoras.

As informações sobre a MoBio 1.0 mencionadas na Introdução foram repassadas aos voluntários desta pesquisa, de modo a contribuir em sua avaliação do modelo.

3.1. Teste de Usabilidade

Para o Teste de Usabilidade buscou-se 12 voluntários usuários, dentre pessoas internas e externas ao Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Vitória, de modo que possuísem diferentes experiências acerca da compostagem doméstica. Logo, 4 dos voluntários mostraram não ter realizado a compostagem até aquele momento; 4 pessoas possuíam uma composteira em casa e eram praticantes, e 4 usuários haviam desistido da

prática em decorrência de fatores limitantes, como proliferação de insetos, mau odor e falta de tempo, problemas estes que também foram observados por outros autores, como Lekammudiyanse e Gunatilake (2009).

A aplicação do Teste de Usabilidade ocorreu individualmente com os voluntários, em salas de aula vazias do campus, garantindo que efetuassem as tarefas propostas em ambiente controlado, sem interrupções ou distrações. Tais tarefas compreenderam atividades representativas do contexto de manejo de uma composteira domiciliar, e não exigiram a duração de um ciclo completo de maturação do composto pronto que, conforme a literatura, pode levar 30 dias ou mais (JAYAPRAKASH; LOHIT; ABHILASH, 2018). Logo, para a testagem do modelo no período máximo uma hora, por cada usuário, foram propostas as tarefas seguintes:

1. Preparar e umedecer o material orgânico, e o colocar dentro da MoBio;
2. Adicionar a dose de serragem na proporção de $\frac{1}{4}$ da quantidade do material orgânico que foi colocado na composteira;
3. Realizar a aeração (revolvimento) da mistura de materiais;
4. Esvaziar o depósito de líquido (biofertilizante);
5. Esvaziar a gaveta com a mistura de resíduos orgânicos e serragem.

Durante a realização do teste, os usuários foram incentivados a expressar suas dúvidas e opiniões em voz alta, permitindo o registro fidedigno de suas reações por meio da gravação de vídeo e posterior análise pelas pesquisadoras. Com tais registros foi possível identificar comportamentos de cansaço, confusão e frustração durante a interação com a MoBio.

Os dados qualitativos obtidos passaram por categorização e foram sintetizados, para transmitir a ideia central do problema de usabilidade identificado, bem como quantificados. Assim, foi possível enfocar os problemas de usabilidade mais críticos, bem como relacioná-los aos critérios de Soares (2021), conforme as definições apresentadas pelo autor a cada critério.

3.2. Avaliação Heurística

Para a Avaliação Heurística, 5 especialistas foram convidados. Estes possuíam a pós-graduação como grau mínimo de escolaridade, e experiência nas áreas de design, meio ambiente e resíduos sólidos, sendo pessoas conhecidas das autoras, considerando a prevista dificuldade de aceite e disponibilidade de pessoas com menor vínculo.

A avaliação com especialistas foi realizada em meio remoto, garantindo maior participação, bem como considerando a preocupação com a integridade do modelo, após o expressivo número de manipulações realizadas no Teste de Usabilidade.

Para a Avaliação Heurística foi elaborado um vídeo de 30 minutos, que apresentava o teor da pesquisa, os detalhes dos componentes da MoBio 1.0 (Figura 4), bem como um compilado de recortes das gravações de vídeo do Teste de Usabilidade, que exibiam as situações experienciadas pelos usuários durante o teste físico com o modelo (Figura 5). O áudio dos recortes foi ocultado, para não influenciar na avaliação dos especialistas. Tal instrumento de pesquisa foi disponibilizado temporariamente em uma plataforma online de compartilhamento de vídeos, para acesso facilitado.

Combinado ao vídeo, os especialistas receberam um material de apoio que explicitava sobre os 10 critérios sugeridos por Soares (2021), que serviram de guia para sua avaliação. O material possuía também um questionário onde, conforme os problemas de usabilidade observados na MoBio, deveriam assinalar seu grau



de concordância acerca dos critérios estabelecidos. Os resultados tiveram tratamento de dados quantitativo, com adaptação das metodologias aplicadas por Mendonça *et al.* (2014) e Santana *et al.* (2016) em suas pesquisas sobre usabilidade, e que se basearam no trabalho de Jakob Nielsen. Os especialistas também receberam espaço no material de apoio para apresentarem suas opiniões e sugestões de melhoria ao modelo.

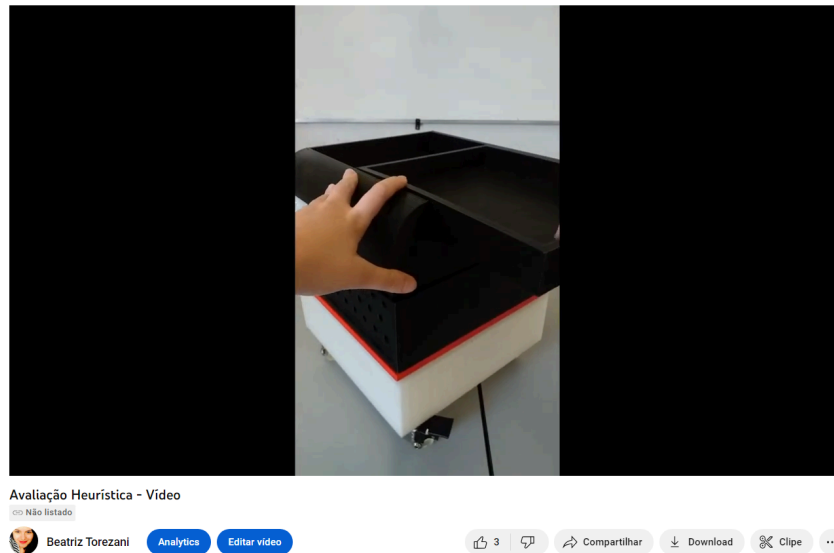


Figura 4 – Apresentação dos módulos da MoBio 1.0 no vídeo
Fonte: Elaborado pelas autoras.



Figura 5 – Execução das tarefas sendo apresentada no vídeo
Fonte: Elaborado pelas autoras.

O Quadro 1 indica as notas equivalentes para as três escalas de gravidade passíveis de atribuição aos critérios, conforme a avaliação dos especialistas aos problemas de usabilidade da MoBio. Tais notas foram analisadas segundo a sua frequência.



NÍVEL DE CONCORDÂNCIA	NOTA EQUIVALENTE
Nenhum problema de usabilidade. Não concordo que seja um problema de usabilidade.	1,00
Problema de usabilidade menor. Deve ser dada prioridade baixa à solução deste problema.	0,50
Grande problema de usabilidade. Importante para corrigir. Deve ser dada alta prioridade.	0,00

Quadro 1 – Notas equivalentes para a escala de gravidade da Avaliação Heurística
Fonte: Sacramento (2023, p. 56).

4. Discussão dos Resultados

Os comentários expressados em voz alta pelos usuários no Teste de Usabilidade foram categorizados e quantificados, sendo apresentados na Tabela 1.

CATEGORIA DE COMENTÁRIO	FREQUÊNCIA DE CITAÇÃO
Aparência positiva da MoBio	12
Dificuldade na operação do funil coletor de chorume	10
Tela da gaveta com furos muito grandes	6
Instabilidade no manuseio da MoBio	5
Fabricação onerosa	4
Dificuldade para encaixe dos módulos da MoBio	2
Uso positivo para os rodízios	2
Dificuldade para travamento dos rodízios	2
Falta de manual de uso	2
Módulos topo e base pouco úteis	1
Poucos furos no chassi	1

Tabela 1 – Categorização e quantificação dos comentários realizados no teste com usuários
Fonte: Adaptado de Sacramento, Miller e Bringhenti (2023).

A aparência do modelo foi apontada como positiva pelos 12 voluntários. Entretanto, na observação sistemática e nas opiniões expressadas foi possível observar problemas relativos à falta de higiene na execução das tarefas: o líquido simulando o biofertilizante vazava do funil coletor devido às ranhuras em seu declive provenientes da impressão 3D, assim como a mistura de resíduos escapava pelos furos da tela da gaveta, percebidos como grandes demais, gerando frustração.

Ainda sobre o funil coletor, para a realização da Tarefa 4 os usuários necessitavam desencaixar todos os módulos para acesso ao componente e, para prosseguir à Tarefa 5, deveriam remontá-los. Tal fato gerou confusão e frustração nos voluntários, havendo dificuldade para o acesso ao funil devido à rigidez dos encaixes das peças. Ademais, alguns indicaram dificuldade para a montagem dos módulos em um primeiro uso e que o mesmo não era intuitivo, pois não haviam indicações dos sentidos de encaixe.



Frente ao exposto, para a categoria de comentário “Dificuldade na operação do funil coletor” foi possível observar, durante o Teste de Usabilidade, dois problemas relacionados, sendo a dificuldade de acesso ao módulo e que o mesmo não cumpria a sua função de armazenamento do líquido. Logo, para as demais análises tal categoria foi desmembrada em dois problemas resultantes. Observou-se também a falha na estabilidade dos módulos, pois se desencaixavam quando a MoBio era movimentada, além da falta de travas em todos os 4 rodízios, sendo que 2 deles as possuíam, e mesmo estas se encontravam rígidas e exigiam esforço para travamento. Ainda, a fabricação da MoBio foi apontada como onerosa, devido à aplicação do PLA na confecção do equipamento. Comentários menos frequentes relacionados à pouca finalidade percebida nos módulos topo e base, a necessidade de mais furos de ventilação no chassi e de manual de instruções para o uso da MoBio, que se mostrou relevante quando considerados os demais problemas, também foram considerados na análise. Verificados os problemas de usabilidade junto aos usuários, eles foram categorizados e correlacionados aos critérios de usabilidade estabelecidos por Soares (2021), como mostra o Quadro 2.

PROBLEMA DE USABILIDADE	CRITÉRIOS DE USABILIDADE									
	Segurança	Efetividade	Adequação	Robustez	Confiabilidade	Conforto	Compatibilidade de dimensão	Facilidade de Uso	Estética	Bom valor
Falta de manual de uso								X		
Dificuldade de acesso ao funil coletor de chorume	X							X		
O funil coletor de chorume não cumpre sua função	X	X		X	X	X				
Instabilidade dos módulos da MoBio	X			X	X					
Instabilidade na abertura da gaveta	X	X		X	X	X		X		
Furos muito grandes no fundo telado da gaveta		X			X	X				
Poucos furos no chassi					X					
Dificuldade no travamento dos pés/rodízios	X			X	X					
Falta de travamento em todos os pés/rodízios	X			X	X					
Módulos topo e base pouco úteis		X								
Alto custo de fabricação da MoBio										X
FREQUÊNCIA	6	4	0	5	7	3	0	3	0	1

Quadro 2 – Correlação dos critérios de usabilidade de Soares (2021) e os problemas identificados na MoBio
 Fonte: Elaborado pelas autoras.



Em síntese, o Teste de Usabilidade permitiu identificar que os problemas da MoBio 1.0 estavam altamente relacionados à confiabilidade, segurança, robustez, efetividade, conforto e facilidade de uso do equipamento por seus usuários. Houve ainda um sutil destaque para problemas relativos ao critério Bom Valor.

Quanto à Avaliação Heurística, a Tabela 2 apresenta as pontuações atribuídas por cada especialista aos critérios estabelecidos para a avaliação.

ESPECIALISTA	CRITÉRIOS DE USABILIDADE									
	Segurança	Efetividade	Adequação	Robustez	Confiabilidade	Conforto	Compatibilidade de Dimensional	Facilidade de uso	Estética	Bom valor
E1	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50
E2	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	0,00	1,00	0,50
E3	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50
E4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E5	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00	0,00
MODA	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50

Tabela 2 – Pontuações atribuídas pelos especialistas aos critérios de pesquisa
 Fonte: Adaptado de Sacramento (2023).

Na análise das modas apresentadas na tabela, percebe-se que nenhum critério foi considerado como de alta prioridade. No entanto, Robustez e Bom Valor foram apontados como “Problema de usabilidade menor”. Para os mesmos, quando analisada a pontuação individual conferida pelos especialistas, observa-se que E2 e E5 atribuíram, respectivamente, “Grande problema de usabilidade”.

Sobre o critério Bom Valor, foi possível relacioná-lo ao problema de fabricação onerosa da MoBio, sinalizado pelos usuários no Teste de Usabilidade. Ademais, em suas observações o especialista E2 apontou o valor elevado da MoBio ao serem acrescentados os custos com investimento da impressora 3D, da própria impressão do modelo e da propriedade intelectual vinculada. O especialista E3 destacou o fato de o modelo em teste possuir escala reduzida, e que o seu custo total de fabricação seria ainda maior em sua versão final (SACRAMENTO, 2023).

Quanto à Robustez, o especialista E3 observou a dificuldade de utilização da gaveta de compostagem que, se puxada além do limite, tendia a cair, desestabilizando o conjunto, evidenciando assim um problema do desenho ou concepção do modelo; sugeriu, dessa forma, a eliminação do sistema de correr, onde considerou que a montagem, desmontagem e manuseio da MoBio deveriam acontecer por meio de empilhamento. O especialista E5 indicou a importância de componentes que garantissem a resistência do movimento da gaveta, bem como o especialista E1 indicou que ela deveria possuir travas. Ainda, o especialista E2 apontou a fragilidade dos encaixes das peças da MoBio, tendo destacado a tarefa de retirada do chorume, na qual enfatizou a dificuldade dos usuários para o desencaixe dos módulos e consequente acesso ao funil coletor, para a finalização da tarefa (SACRAMENTO, 2023).



Compreende-se, por meio destas observações, que os especialistas evidenciaram os problemas de instabilidade e dificuldade para encaixe dos módulos da MoBio. Dessa forma, salientou-se a criticidade do modelo em relação à falta de resistência a possíveis falhas e usos ocasionalmente indevidos.

Ainda na análise individual das notas, observa-se que o especialista E2 apontou alta prioridade ao critério Facilidade de Uso. Acerca disto, observou a dificuldade para a separação das peças e a coleta do chorume, tendo apontado que esta última seria dificultosa no modelo em escala real, com 60 cm de lado e cheio do líquido; sugeriu a concepção de um fundo inclinado para um dos lados, com a instalação de uma torneira para garantir maior facilidade na remoção do líquido. O especialista E5 também indicou a instalação de uma torneira para facilitar a tarefa, tendo sugerido ainda a concepção de uma gaveta para armazenamento do líquido, de modo a facilitar o processo de sua retirada (SACRAMENTO, 2023).

Os resultados permitiram depreender que os dois grupos de voluntários evidenciaram os problemas relacionados ao módulo funil coletor, que se mostrou de alta prioridade para resolução. Em contrapartida, a avaliação da estética da MoBio pelos especialistas foi semelhante à avaliação dos usuários, onde os dois grupos a consideraram um aspecto positivo no modelo.

Por último, relacionam-se tais resultados às conclusões de Jayaprakash, Lohit e Abhilash (2018), onde em sua pesquisa acerca do design e desenvolvimento de um protótipo de composteira doméstica, os autores observaram que para produtos já existentes, a escolha do usuário parte da facilidade de uso, assim como a estética, baixo custo e fácil transporte do produto, este que demanda segurança e confiabilidade pelo usuário. Logo, mostraram-se aspectos prioritários, o que também foi observado nas constatações desta pesquisa.

5. Conclusão

A aplicação combinada dos métodos empírico e analítico para a avaliação da usabilidade da MoBio 1.0 mostrou-se adequada, permitindo identificar os problemas mais críticos do modelo, apontados por usuários e especialistas.

A aplicação das técnicas Pensando em Voz Alta e Avaliação Heurística foi proveitosa, sendo que esta última corroborou os resultados obtidos na primeira etapa, e conferiu mais abrangência e completude à avaliação da usabilidade da MoBio.

Destaca-se que os critérios avaliados como os mais alinhados aos problemas de usabilidade identificados foram a efetividade, conforto, facilidade de uso, confiabilidade, robustez e segurança do equipamento, e receberão atenção especial para os futuros aperfeiçoamentos visados, a partir da concepção de alternativas para soluções aos problemas e redesenho do projeto.

Para pesquisas futuras, deve-se atentar ao estudo de novos materiais para a fabricação da MoBio, sendo que o uso do PLA como o único material utilizado em sua fabricação demonstrou-se muito oneroso e ineficiente para aplicação no módulo funil coletor.

6. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 9241-11**: Ergonomia da interação humano-sistema Parte 11: Usabilidade: Definições e conceitos. Rio de Janeiro, 2021.

BRINGHENTI, J. R.; MILLER, K. B.; COMETTI, R. R.; NUNES, F. B. S.; SACRAMENTO, B. T.; NASCIMENTO, W. M. **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. Disponível em:



<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1610878&SearchParameter=20%202021%20008633%2000%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 ago. 2023.

CATECATI, T.; FAUST, F.; ROEPKE, G.; ARAUJO, F. S.; ALBERTAZZI, D.; RAMIREZ, A. R. G.; FERREIRA, M. G. G. Métodos para a Avaliação da Usabilidade no Design de Produtos. **DAPesquisa**, v. 6, n. 8, p. 564-581, 5 nov. 2018.

COMETTI, R. R. **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.

FALCÃO, C. S.; SOARES, M. M. Usabilidade de Produtos de Consumo: uma análise dos conceitos, métodos e aplicações. **Estudos em Design**, v. 21, n. 2, p. 01-26, 2013.

JAYAPRAKASH, S.; LOHIT, H. S.; ABHILASH, B. S. Design and Development of Compost Bin for Indian Kitchen. **International Journal of Waste Resources**, v. 08, n. 01, p. 1-5, 2018.

KARNCHANAWONG, S.; SURIYANON, N. Household Organic Waste Composting Using Bins with Different Types of Passive Aeration. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 55, n. 5, p. 548-553, 2011.

KIM, J.; HAN, S. H. A Methodology for Developing a Usability Index of Consumer Electronic Products. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, n. 3-4, p. 333-345, 2008.

LEKAMMUDIYANSE, L. M. M. U.; GUNATILAKE, S. K. Efficiency of the household compost bin as a waste management technique in Sri Lanka. **International Journal of Basic and Applied Sciences IJBAS-LIENS**, v. 10, n 1, p. 89-94, nov. 2009.

MARTINS, A. I.; QUEIRÓS, A.; ROCHA, N. P.; SANTOS, B. S. Avaliação de Usabilidade: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação**, n. 11, 2013.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 204 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

MENDONÇA, G. S.; ANDRADE, A. O.; PEREIRA, A. A.; MILAGRE, S. T. Detecção de Problemas de Usabilidade em um Monitor Multiparamétrico através de Avaliação Heurística. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB), 24., 13 e 17 de out. 2014, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CBEB, 2014, p. 1636-1639.

MILLER, K. B.; BRINGHENTI, J. R.; PINTO, A. L. K. V. R.; ALVES, T. S. 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.

NIELSEN, J. **How to Conduct a Heuristic Evaluation**. 1994. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>. Acesso em: 6 jul. 2022.



NUNES, F. B. S. **MoBio: desenvolvimento de composteira típica doméstica**. 76 f. TCC (Graduação em Design) - Departamento de Desenho Industrial, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de Interação: além da interação humano-computador**. Reimpressão 2008. Porto Alegre: Bookman, 2005. 548 p.

RAZAK, F. H. A.; HAFIT, H.; SEDI, N.; ZUBAIDI, N. A.; HARON, H. Usability Testing with Children: Laboratory vs field studies. *In: International Conference on User Science and Engineering (i-USer 2010)*. **Anais...** 2010

SACRAMENTO, B. T. **MoBio 2.0: aperfeiçoamento de composteira modular fundamentado na abordagem centrada no usuário**. 2023. 167 f. Monografia (Graduação) - Curso Superior de Engenharia Sanitária e Ambiental - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023.

SACRAMENTO, B. T.; MILLER, K. B.; BRINGHENTI, J. R. Avaliação de usabilidade de protótipo de composteira modular com potenciais usuários. *In: ERGODESIGN & USIHC*, 19., 13 a 16 de jun. 2023, Maranhão. **Anais...** São Paulo: Blucher, 2023.

SANTANA, C. A.; ALCANTRA, R. A.; SIEBRA, S. A.; ÁVILA, B. T. Comparando Métodos de Avaliações de Usabilidade, de Encontrabilidade e Experiência do Usuário. **Informação & Tecnologia (ITEC)**, v. 3, n. 1, p. 83–101, 2016.

SIQUEIRA, T. M. O. de; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de São Paulo (Brasil). **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 243-264, dez. 2015.

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

WANGEN, D.; FREITAS, I. **Compostagem Doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 5, n. 2, p. 81-88, 2010.

Agradecimentos

Aos colegas Rafaela Recla Cometti e Fabrício Broedel Silva Nunes por seus trabalhos anteriores que possibilitaram a concepção da MoBio 1.0, objeto deste estudo, aos voluntários participantes nesta pesquisa e ao apoio administrativo, financeiro e ferramental do Instituto Federal do Espírito Santo e da Universidade Federal do Espírito Santo.

