

DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO PARA APLICAÇÃO DA MODULARIZAÇÃO NO DESIGN DE PRODUTOS EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA DO SUL DO BRASIL

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE APPLICATION OF MODULARIZATION TO PRODUCT DESIGN IN A FURNITURE INDUSTRY IN SOUTHERN BRAZIL

Nicolas Chaves Mieth*  E-mail: nicolascm239@gmail.com
Cleidiane do Amaral*  E-mail: cleidiane.amaral16@gmail.com
Vanessa de Oliveira*  E-mail: vanessadeoliveiraa@hotmail.com
Jonatha dos Santos*  E-mail: santos.jonatha@hotmail.com
Miriam Borchardt*  E-mail: miriam@unisinis.br

*Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinis) São Leopoldo, RS, Brasil.

Resumo: O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um método para aplicação da modularização no design de produtos em uma empresa moveleira do sul do Brasil. A pesquisa baseou-se na abordagem metodológica *Design Science Research* (DSR), em razão de sua natureza aplicada e voltada à solução de problemas reais. O método proposto foi estruturado a partir das ferramentas *Modular Function Deployment* (MFD), *Design Structure Matrix* (DSM) e *Product Lifecycle Management* (PLM), integradas ao processo de desenvolvimento de produtos da empresa estudada. Para validação, foi conduzido um teste piloto no desenvolvimento de uma nova linha de produtos modulados. Os resultados indicaram que a aplicação combinada das ferramentas proporcionou ganhos expressivos em padronização, rastreabilidade e redução de retrabalhos, além de maior flexibilidade no design e ampliação da variedade de produtos ofertados. Verificou-se também que a modularização favoreceu a customização em massa e a integração entre os setores de engenharia, design e produção. Como desafios, destacaram-se os custos iniciais de reconfiguração e a necessidade de mudança cultural organizacional. O estudo contribuiu com um método prático e replicável para a adoção da modularização em empresas moveleiras, fortalecendo sua competitividade e eficiência produtiva.

Palavras-chave: Modularização. Design de Produto. Indústria Moveleira. MFD. DSM. PLM.

Abstract: This study aimed to develop a method for applying modularization in product design within a furniture company located in southern Brazil. The research was based on the Design Science Research (DSR) approach, due to its applied nature and focus on solving real-world problems. The proposed method was structured using the Modular Function Deployment (MFD), Design Structure Matrix (DSM), and Product Lifecycle Management (PLM) tools, integrated into the company's product development process. To validate the approach, a pilot test was carried out through the development of a new line of modular wardrobes. The results showed that the combined application of these tools led to significant improvements in standardization, traceability, and reduction of rework, as well as greater design flexibility and a broader product variety. It was also observed that modularization favored mass customization and integration among the engineering, design, and manufacturing departments. The main challenges identified included the initial reconfiguration costs and the need for cultural and organizational change. The study contributed a practical and replicable method for adopting modularization in the furniture industry, enhancing competitiveness and production efficiency.

Keywords: Modularization. Product Design. Furniture Industry. MFD. DSM. PLM.

1 INTRODUÇÃO

O design de produto ocupa uma posição estratégica no desenvolvimento de soluções que combinam funcionalidade, estética, viabilidade econômica e eficiência produtiva. No setor moveleiro, especialmente em empresas que atuam com móveis seriados, o design é essencial para enfrentar as crescentes demandas de mercado por personalização, flexibilidade e redução de custos (Hou *et al.*, 2022).

Diante do cenário desafiador de crescente demanda por variedade de produtos e necessidade de redução de custos, a modularização incorporada ao design de produto surge como uma estratégia eficiente (González-Vega, 2015; Falheiro *et al.*, 2022). Essa abordagem propõe a construção de produtos a partir de módulos funcionais e intercambiáveis, permitindo variações com base em componentes padronizados, sem comprometer a eficiência produtiva (Hou *et al.*, 2022). Além disso, o design modular contribui para a redução dos custos totais, encurtamento de prazos e melhor gestão de variantes e automação na fabricação (Hou *et al.*, 2022; Falheiro *et al.*, 2022).

A modularização também está fortemente associada à inovação incremental, pois permite melhorias contínuas em componentes sem comprometer a arquitetura do sistema (González-Vega, 2015). Essa abordagem reduz a variabilidade, amplia a flexibilidade dos projetos e viabiliza a customização em massa com eficiência, mesmo em ambientes produtivos complexos (Falheiro *et al.*, 2022). Além disso, possibilita o desenvolvimento paralelo de módulos, acelerando o *time-to-market* e favorecendo respostas ágeis às mudanças de mercado (Persson; Lantz, 2022; Johan; Jacob, 2015). A padronização de componentes e a integração de sistemas automatizados otimizam os processos produtivos e fortalecem a competitividade das empresas (Hou *et al.*, 2022).

No entanto, a adoção da modularização implica transformações profundas, desde o projeto até a produção e logística (Persson; Lantz, 2022). Entre os principais desafios estão os custos iniciais para reconfiguração de sistemas e produtos, principalmente em empresas com portfólios consolidados (Johan; Jacob, 2015). A transição exige padronização de interfaces e cooperação entre setores como

engenharia, projeto e suprimentos (Wang *et al.*, 2022). Também impacta diretamente a cadeia de suprimentos, demandando reorganização dos estoques, embalagens e logística (Falheiro *et al.*, 2022). Além disso, há a necessidade de uma mudança cultural organizacional, com foco em inovação contínua e colaboração (González-Vega, 2015), e de alinhamento estratégico com os objetivos de produto e produção (Hou *et al.*, 2022).

Além dos aspectos técnicos e organizacionais, é importante considerar como esses desafios se manifestam de forma prática em diferentes setores da indústria. Um exemplo particularmente relevante é o setor moveleiro brasileiro, que reúne características produtivas complexas, forte presença no mercado interno e necessidade constante de inovação diante das pressões competitivas e da volatilidade econômica. O setor é composto por mais de 21,7 mil empresas e emprega diretamente cerca de 270 mil pessoas, consolidando o Brasil como o maior produtor de móveis da América Latina e o sexto maior do mundo (ABIMÓVEL, 2024). Apesar de sua relevância, registrou uma queda de 1,3% na produção em 2023, totalizando 398 milhões de peças, com retração de apenas 0,5% no faturamento, o que indica resiliência em um cenário econômico adverso (Revista Haus, 2024; Abimóvel, 2024b). Nesse contexto, a modularização surge como uma alternativa estratégica, permitindo maior variedade de produtos com controle de custos e aumento da eficiência (Johan; Jacob, 2015).

Além disso, oferecer soluções personalizadas com eficiência torna-se um diferencial competitivo importante diante da concorrência nacional e internacional (Setor Moveleiro, 2025). A modularização favorece ganhos de escala, agilidade produtiva e maior adaptação às preferências dos consumidores (Persson; Lantz, 2022). A expansão do comércio eletrônico, combinada ao uso de configuradores digitais, amplia ainda mais a capacidade das empresas de ofertar produtos personalizados a públicos diversos (Falheiro *et al.*, 2022).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um método prático para aplicação da modularização no design de produtos em uma indústria moveleira do sul do Brasil, considerando sua atuação na produção de móveis seriados. Busca-se propor uma abordagem prática que auxilie na estruturação de

produtos modulares, favorecendo a flexibilidade no design, a ampliação da variedade de modelos ofertados por e-commerce e a otimização dos custos de produção.

Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação integrada das ferramentas *Modular Function Deployment* (Implantação Funcional Modular), *Design Structure Matrix* (Matriz de Estrutura de Projeto) e *Product Lifecycle Management* (Gestão do Ciclo de Vida do Produto) possibilitou estruturar um método eficiente para o desenvolvimento de produtos modulares na empresa estudada. A proposta permitiu reduzir retrabalhos, aumentar a padronização de componentes e aprimorar a integração entre design, engenharia e manufatura. O teste piloto, realizado no desenvolvimento de uma nova linha de roupeiros modulados, evidenciou ganhos de flexibilidade, racionalização produtiva e maior alinhamento às demandas do e-commerce, confirmando o potencial da modularização como estratégia para aprimorar a eficiência e a competitividade no setor moveleiro.

Este artigo está estruturado em seis seções principais. Inicialmente, a introdução apresenta o contexto e os objetivos do estudo. Em seguida, o referencial teórico explora os conceitos relevantes para a pesquisa. A seção de metodologia descreve os procedimentos adotados para o desenvolvimento do trabalho. Na sequência, são apresentados e discutidos os resultados obtidos. A conclusão sintetiza as principais descobertas e implicações do estudo. Por fim, as referências utilizadas para embasar a pesquisa são listadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Modularização

A modularização é uma abordagem estratégica aplicada ao desenvolvimento de produtos com o objetivo de lidar com a complexidade e a diversidade de demandas do mercado. Trata-se de um processo de decomposição funcional, em que um produto é dividido em unidades menores, os módulos, que são estruturalmente independentes, mas integráveis por meio de interfaces padronizadas (Persson; Lantz, 2022).

A modularização permite que partes do produto sejam projetadas e gerenciadas como unidades relativamente independentes, possibilitando substituição,

atualização ou reconfiguração sem impactar todo o sistema. Essa abordagem aumenta a flexibilidade do portfólio e reduz a complexidade interna, uma vez que diferentes variantes podem ser compostas a partir de um conjunto limitado de módulos padronizados (González-Vega *et al.*, 2015).

A estrutura modular facilita o desenvolvimento paralelo de diferentes partes do produto, reduz o tempo de desenvolvimento e viabiliza a personalização em massa. Com isso, torna-se possível atender à variedade de preferências dos consumidores sem os custos elevados que seriam esperados em modelos totalmente personalizados (Fan *et al.*, 2024).

Além do aspecto técnico, a modularização está fortemente relacionada à padronização de interfaces e à definição clara da arquitetura do produto. A escolha correta de quais componentes devem ser padronizados e quais podem ser variáveis é fundamental para garantir a eficácia do sistema modular (Wang *et al.*, 2022).

No setor moveleiro, a aplicação da modularização permite a criação de sistemas de mobiliário flexíveis, adaptáveis a diferentes ambientes e preferências de uso, promovendo ganhos logísticos, redução de inventário e otimização da produção (FAN *et al.*, 2024). Essa estratégia ainda amplia a escalabilidade dos produtos e favorece sua manutenção, expansão ou reconfiguração ao longo do tempo.

2.2 Modularização no Design

No desenvolvimento de produtos, a modularização no design se traduz em uma estratégia projetual voltada à criação de famílias de produtos por meio da decomposição da solução em componentes autônomos, mas conectáveis, com interfaces definidas. Essa abordagem viabiliza a criação de múltiplas variantes de um mesmo produto base, com economia de escala e consistência funcional (Johan; Jacob, 2015).

Esse modelo permite ao projetista definir partes intercambiáveis e combináveis, otimizando o processo criativo sem perder coerência estética e funcional (González-Vega, 2015). Em empresas que trabalham com grandes portfólios e necessidade de rápida adaptação, como no setor moveleiro, o design modular viabiliza a criação de famílias de produtos com alta compatibilidade estrutural e visual. Um exemplo é a abordagem adotada pela IKEA, que utiliza unidades padronizadas que podem ser

combinadas conforme a preferência do consumidor, permitindo flexibilidade de uso sem comprometer a eficiência industrial (Johan; Jacob, 2015).

O avanço das tecnologias digitais também tem ampliado o potencial do design modular. Ferramentas como os configuradores inteligentes integram parâmetros de engenharia diretamente nas decisões de design, oferecendo opções realistas e viáveis em tempo real para os consumidores, especialmente em ambientes de e-commerce (Falheiro *et al.*, 2024). Além de facilitar a customização, essa integração torna o design mais ágil e alinhado às capacidades produtivas.

2.3 Ferramentas e métodos para estruturação e implementação da modularização

A aplicação eficaz da modularização depende de ferramentas e métodos que auxiliem na análise funcional, na identificação de interfaces e na estruturação lógica dos módulos. Dentre as abordagens mais consolidadas na literatura e na prática industrial destacam-se a *Design Structure Matrix* (DSM), o *Modular Function Deployment* (MFD) e os sistemas de *Product Lifecycle Management* (PLM).

A *Design Structure Matrix* (DSM) é uma técnica baseada em uma matriz que permite representar visualmente as dependências entre componentes, funções ou subsistemas de um produto. No contexto da modularização, a DSM é utilizada para identificar elementos que possuem forte interdependência e agrupá-los em módulos com alta coesão interna e baixo acoplamento externo, favorecendo a flexibilidade e a reconfiguração do produto (Forti *et al.*, 2022). Essa abordagem facilita decisões de divisão funcional e evidencia onde interfaces padronizadas devem ser estabelecidas para permitir intercambialidade.

Já o *Modular Function Deployment* (MFD) é um método estruturado que conecta os requisitos do cliente às funções do produto, e destas aos módulos físicos, por meio de uma sequência de cinco etapas principais: (1) identificação das necessidades do cliente, (2) definição de funções do produto, (3) solução técnica para cada função, (4) avaliação das interfaces e (5) estruturação da arquitetura modular (Johan; Jacob, 2015). O MFD é especialmente útil em ambientes que exigem

customização em massa, pois permite alinhar o projeto modular às expectativas de valor percebido pelo usuário final.

Complementando essas abordagens analíticas, os sistemas de *Product Lifecycle Management* (PLM) representam a infraestrutura digital que viabiliza a gestão integrada de produtos modulares ao longo de todo o seu ciclo de vida. Esses sistemas controlam versões de módulos, variantes, documentos técnicos, listas de materiais (BOMs) e fluxos de aprovação de mudanças, conectando design, engenharia, produção e cadeia de suprimentos (Falheiro *et al.*, 2022). A adoção de soluções PLM permite gerenciar famílias de produtos modulares com eficiência, promovendo rastreabilidade, consistência e agilidade na introdução de novos módulos.

Para facilitar a compreensão das diferenças e aplicações dessas ferramentas, o Quadro 1 apresenta uma síntese comparativa entre MFD, DSM e PLM, destacando seus focos principais e etapas ou componentes-chave.

Quadro 1 – Comparativo entre as ferramentas MFD, DSM e PLM aplicadas à modularização

Ferramenta	Foco Principal	Etapas ou Componentes-Chave
Modular Function Deployment (MFD)	Conectar necessidades do cliente às funções e módulos físicos do produto	1. Identificar necessidades do cliente 2. Definir funções do produto 3. Propor soluções técnicas 4. Avaliar interfaces 5. Estruturar arquitetura modular
Design Structure Matrix (DSM)	Visualizar e analisar dependências entre componentes ou funções do sistema	1. Construção da matriz de dependências 2. Identificação de agrupamentos/módulos 3. Avaliação de coesão e acoplamento 4. Redefinição da arquitetura com base nas interações
Product Lifecycle Management (PLM)	Gerenciar dados, versões e processos de produtos ao longo do ciclo de vida	1. Cadastro técnico de produtos e módulos 2. Controle de versões, BOMs e documentos 3. Gestão de mudanças 4. Integração com CAD, ERP e workflows

Fonte: Elaborado pelos Autores

2.4 Impactos da implementação da modularização na manufatura

A implementação da modularização gera impactos relevantes em múltiplas dimensões da empresa, desde o desenvolvimento do produto até sua entrega ao consumidor final. Do ponto de vista industrial, a modularização permite maior flexibilidade na produção e possibilita a customização em massa com menores perdas operacionais. A reutilização de módulos reduz a complexidade no controle de estoques e na logística interna, além de facilitar a montagem e a manutenção dos produtos (Gonzáles-Vega, 2015). Essa abordagem também melhora a integração entre etapas do processo produtivo, promovendo sinergia entre engenharia, manufatura e suprimentos (Fan *et al.*, 2024).

Contudo, os impactos da modularização não são isentos de desafios. Um dos principais obstáculos é o alto custo inicial de transição, que inclui a reconfiguração de linhas de produção, aquisição de novos ferramentais e adaptação de fornecedores. Em empresas com estruturas rígidas ou pouco digitalizadas, essas mudanças podem provocar interrupções operacionais e gerar resistências internas (Johan; Jacob, 2015).

Barreiras culturais, falta de integração entre equipes e baixa familiaridade com ferramentas específicas dificultam a aplicação plena da modularidade em empresas com estruturas tradicionais. A gestão da mudança torna-se, portanto, um fator crítico para o sucesso da implementação. Além disso, a dependência de fornecedores especializados para produzir determinados módulos pode gerar vulnerabilidades na cadeia de suprimentos (Johan; Jacob, 2015).

Por fim, os efeitos sobre a sustentabilidade também apresentam dualidade. Por um lado, o design modular permite a substituição de partes específicas, prolongando a vida útil dos produtos e reduzindo o descarte total. Por outro, a necessidade de embalar e transportar módulos separadamente pode aumentar o uso de materiais de embalagem e o volume de resíduos gerados, especialmente em operações de e-commerce (Gonzáles-Vega, 2015). Esses efeitos devem ser mitigados com planejamento logístico e práticas de economia circular.

2.5 Impacto da modularização no e-commerce

A modularização tem exercido um papel cada vez mais estratégico na transformação do *e-commerce*, especialmente no setor moveleiro. Isso ocorre porque produtos modulares viabilizam a customização em massa, ao mesmo tempo em que mantêm a eficiência produtiva e o controle de custos. Essa abordagem permite que os clientes escolham combinações personalizadas de módulos pré-definidos, sem comprometer prazos e margens (Falheiro *et al.*, 2022).

Além disso, a modularidade facilita a logística no *e-commerce*, pois os módulos podem ser embalados, transportados e montados com mais facilidade. Isso reduz custos de envio, aumenta a robustez no transporte e simplifica o armazenamento e a gestão de estoque, elementos essenciais para empresas que operam em escala digital (Falheiro *et al.*, 2022).

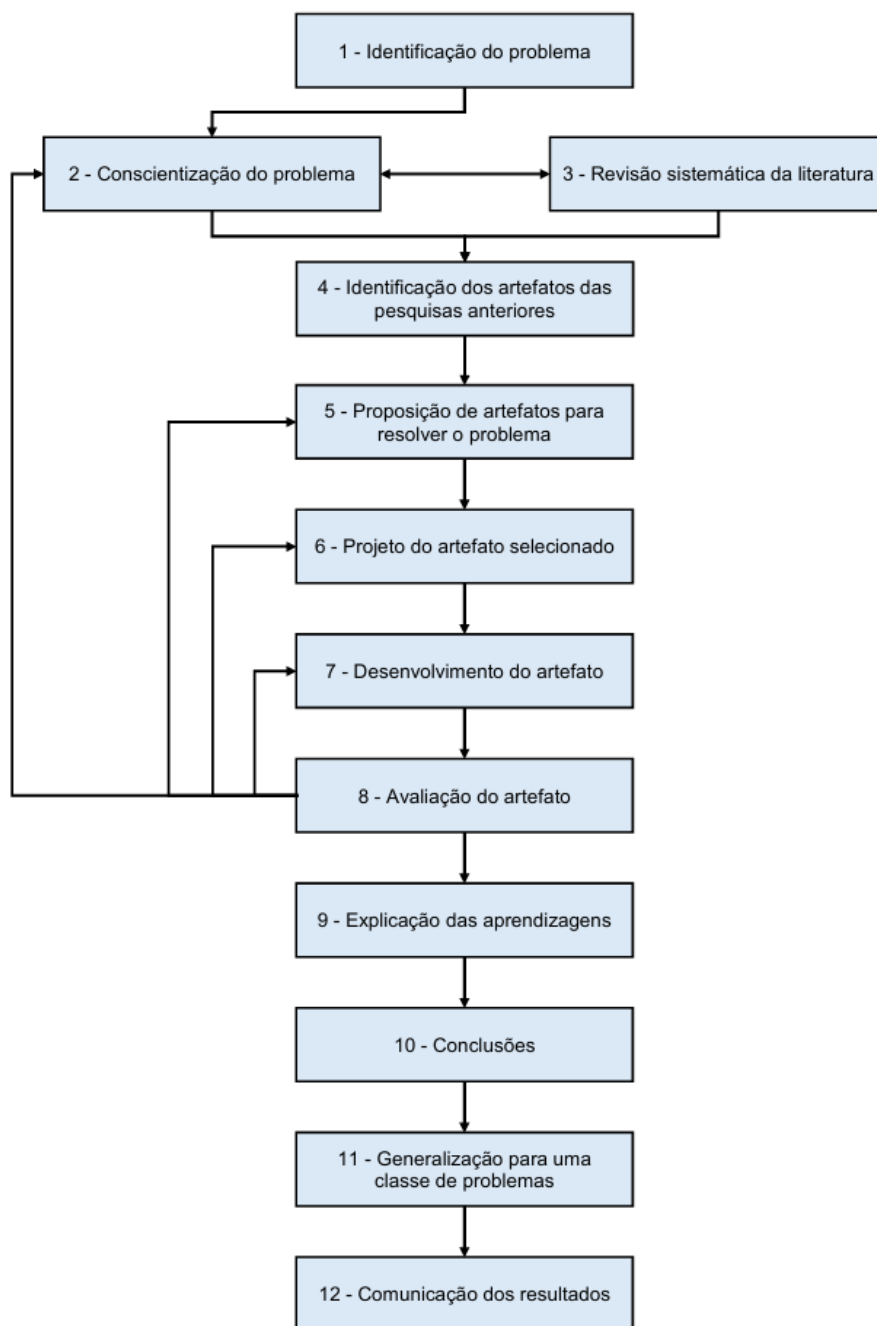
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Design Science Research (DSR)

A presente pesquisa fundamenta-se na abordagem metodológica *Design Science Research* (DSR), por sua natureza aplicada e voltada à construção de soluções práticas fundamentadas teoricamente (Lacerda *et al.*, 2013). O DSR organiza-se em doze etapas, conforme a figura 1.

O DSR é especialmente adequado quando se busca alinhar a solução de um problema real com o rigor metodológico exigido pela pesquisa acadêmica, como é o caso deste estudo, que tem como objetivo o desenvolvimento de um método para aplicação da modularização no design de produtos em uma empresa moveleira.

Figura 1 – Etapas da *Design Science Research*



Fonte: Adaptado pelos Autores de (DRESCH et al, 2015).

3.2 Método de Trabalho

Este estudo segue as doze etapas estabelecidas pela abordagem Design Science Research (DSR), conforme proposta por Dresch (2015), iniciando pela identificação do problema enfrentado pela organização pesquisada: “como

desenvolver um método para aplicar a modularização no design de produtos em uma empresa moveleira, promovendo variedade, padronização e controle de custos, sem comprometer a personalização?”. Essa pergunta partiu da constatação, junto à equipe de engenharia da empresa, de que não havia uma sistemática formal para estruturação de produtos modulares na indústria moveleira, dificultando a eficiência no desenvolvimento de novos modelos e a reutilização de componentes já projetados.

Na segunda etapa, buscou-se justificar a relevância prática e acadêmica do tema por meio de discussões com profissionais da empresa. Verificou-se que a falta de modularização formalizada impactava diretamente nos custos de desenvolvimento, no tempo de lançamento de novos produtos e na capacidade de atender às variações do mercado.

Na terceira etapa, realizou-se uma revisão da literatura com foco em modularização de produtos, suas aplicações no setor moveleiro e métodos associados ao design modular, como DSM, MFD e PLM. A busca foi realizada em bases como ScienceDirect, Scopus, EBSCOhost, Google Scholar e IEEE Xplore, utilizando combinações de palavras-chave como “*product modularization*”, “*furniture design modularity*”, “*design structure matrix*”, “*modular function deployment*” e “*product lifecycle management*”. Após uma triagem inicial, foram selecionados 23 artigos científicos, 1 dissertação e 2 relatórios técnicos, totalizando 26 documentos considerados relevantes para a análise. A seleção foi feita com base na leitura dos resumos e pertinência ao contexto industrial moveleiro, especialmente em ambientes de produção sob demanda e personalização em massa.

Na quarta etapa, foram identificados artefatos anteriores relacionados à modularização, como o *Modular Function Deployment* (MFD), o uso da *Design Structure Matrix* (DSM) e sistemas de *Product Lifecycle Management* (PLM). Esses artefatos foram analisados e serviram de base para a construção do método proposto, avaliando suas vantagens, limitações e aplicabilidade ao contexto da empresa estudada.

Na quinta etapa, foi elaborada a proposta do artefato prático sob a forma de um método estruturado para aplicação da modularização, composto por fases que orientam desde o levantamento funcional dos produtos até a gestão das variantes. Essa estrutura foi fundamentada na literatura revisada e nas demandas identificadas

junto à equipe de engenharia da empresa moveleira, garantindo aderência às necessidades reais do processo produtivo.

Na sexta etapa, foi desenvolvido o projeto do artefato, representado em um fluxograma com as etapas principais do método, relacionando entrada, processo, ferramentas utilizadas (DSM, MFD e PLM) e resultados esperados. O objetivo foi criar um modelo visual de fácil entendimento e uso prático pela equipe técnica da empresa.

Na sétima etapa, procedeu-se ao desenvolvimento detalhado do artefato, com a descrição operacional de cada fase, instruções para aplicação das ferramentas e exemplos práticos baseados em produtos reais. Essa etapa consolidou o método proposto e serviu de guia para a aplicação em ambiente industrial.

Na oitava etapa, realizou-se a validação prática do método por meio de um teste piloto no desenvolvimento de uma nova linha de roupeiros modulados. O teste avaliou a clareza e aplicabilidade das etapas, a compatibilidade com os processos internos e o impacto na redução de retrabalhos e no tempo de desenvolvimento. A aplicação prática evidenciou resultados positivos, como maior padronização de componentes e melhor integração entre as áreas de design, engenharia e manufatura.

Na nona etapa, foram registradas as aprendizagens obtidas durante a execução do projeto-piloto, considerando os ajustes necessários e as contribuições dos especialistas envolvidos. Essa sistematização permitiu identificar desafios, limitações e oportunidades de aprimoramento do método, aprimorando sua maturidade e adaptabilidade ao contexto organizacional.

Na décima etapa, o método foi consolidado em sua versão final, incorporando os ajustes realizados a partir da aplicação prática e da avaliação conjunta com a equipe técnica. Nessa fase, foram evidenciados os benefícios diretos da abordagem, como o reaproveitamento de módulos, a redução do tempo de desenvolvimento e a ampliação do portfólio. Na décima primeira etapa, foi conduzida uma análise de generalização, avaliando a possibilidade de aplicar o método a outras categorias de produtos e a diferentes empresas do setor moveleiro que enfrentem desafios semelhantes de customização em massa e eficiência produtiva.

Por fim, na décima segunda etapa, foi realizada a comunicação dos resultados, por meio da elaboração deste artigo científico, apresentando o método desenvolvido,

sua aplicação prática e as contribuições obtidas tanto para a empresa quanto para o avanço acadêmico no campo da modularização aplicada ao design de móveis.

4 RESULTADOS

O estudo foi conduzido em uma empresa moveleira localizada na região sul do Brasil, especializada na fabricação seriada de móveis residenciais. A organização possui expressiva atuação no mercado nacional e internacional, com forte presença no comércio eletrônico e foco em oferecer soluções de mobiliário acessíveis, adaptáveis e personalizáveis. Embora a empresa apresente forte atuação no setor, seu processo de desenvolvimento de produtos ainda segue uma lógica sequencial e não dispõe de uma metodologia estruturada de modularização. Essa configuração favorece a ocorrência de retrabalhos, compromete a rastreabilidade e restringe a reutilização de componentes em diferentes famílias de produtos.

4.1 Fluxo Atual

O processo de desenvolvimento de produtos da empresa estudada é estruturado em uma sequência de etapas que buscam garantir a viabilidade técnica e econômica das soluções propostas. As principais fases são:

- **Solicitação de desenvolvimento:** etapa inicial em que novas demandas são formalizadas pela área comercial.
- **Concepção visual do produto:** criação das primeiras propostas estéticas e funcionais, considerando tendências e identidade da marca.
- **Modelagem 3D e cálculo de aproveitamento de painéis de MDP e MDF:** desenvolvimento digital do produto e análise da eficiência do uso dos painéis de MDP e MDF.
- **Cálculo de custo:** estimativa de custo do produto com base nos materiais e processos envolvidos.
- **Programação de furação das peças:** definição dos pontos de usinagem necessários para a montagem do produto.

- **Prototipagem:** construção de um modelo físico para validação das características técnicas e estéticas.
- **Análise junto aos *stakeholders* (partes interessadas em uma empresa ou projeto):** revisão do protótipo com as áreas envolvidas (setor comercial, marketing e exportação) caso seja reprovado, o processo retorna às etapas iniciais.
- **Desenvolvimento das embalagens:** definição das dimensões, proteções e adequação logística das embalagens do produto.
- **Cadastro no ERP:** registro do produto e de suas informações técnicas no sistema integrado da empresa.
- **Cadastro da programação de furação nas fichas de produção:** padronização das informações de usinagem para o chão de fábrica.
- **Produção do modelo referencial:** fabricação do primeiro lote para testes em condições reais de produção.
- **Desenvolvimento do manual de montagem:** elaboração das instruções visuais e escritas para o consumidor final.
- **Revisão geral:** verificação final de todas as informações técnicas desenvolvidas ao longo do projeto.
- **Liberação para ordens de produção:** autorização para a fabricação em escala.
- **Acompanhamento do lote piloto:** monitoramento inicial da produção para identificar ajustes necessários.

4.2 Proposta de Transição

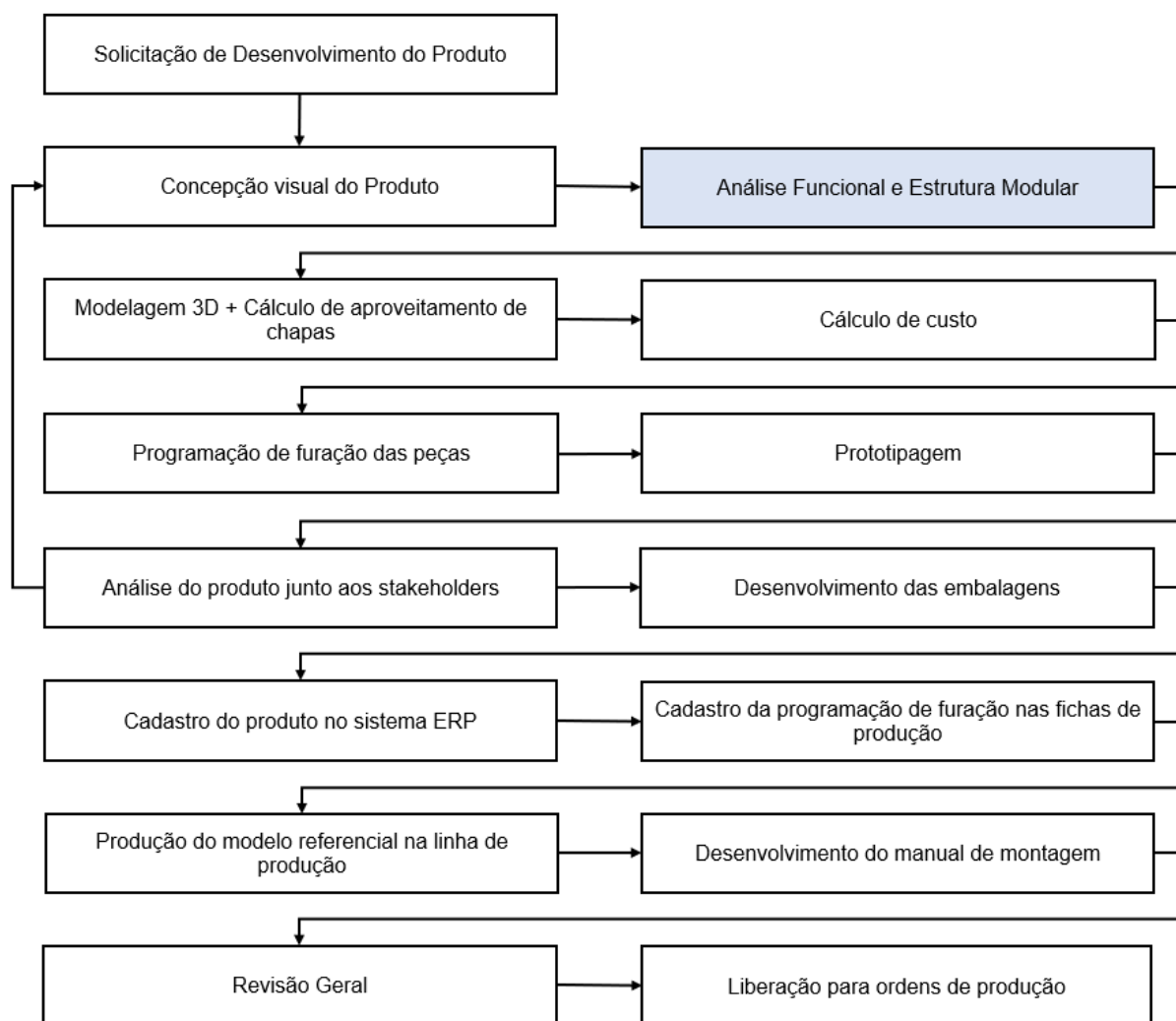
A proposta de transição busca estruturar melhorias no processo de desenvolvimento de produtos por meio da incorporação gradual das ferramentas estudadas: *Design Structure Matrix* (DSM), *Modular Function Deployment* (MFD) e *Product Lifecycle Management* (PLM). O objetivo é reduzir retrabalhos, melhorar a rastreabilidade das informações e criar bases sólidas para a aplicação da modularização no design de produtos.

Um dos principais ajustes propostos está na inserção da análise funcional e da estruturação modular logo após a etapa de concepção visual do produto. No processo atual, a concepção visual é realizada pela equipe de design sem o apoio de uma abordagem sistemática voltada à modularização, o que dificulta o alinhamento técnico desde as fases iniciais. Assim, a análise funcional serviria como um elo entre o design estético e as necessidades de engenharia, permitindo que as funções do produto fossem decompostas e vinculadas a potenciais módulos antes mesmo da modelagem e prototipagem.

Nesse contexto, a DSM pode ser utilizada para mapear interdependências entre componentes e funções, auxiliando na definição de agrupamentos com alta coesão interna. A MFD orienta a tradução das necessidades do cliente em funções de produto e destas em módulos físicos, garantindo que as escolhas de design estejam diretamente ligadas ao valor percebido pelo usuário. Já o PLM desempenha um papel de suporte digital, permitindo registrar e gerenciar versões de módulos, variantes e documentação técnica de forma integrada ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

Com isso, a transição proposta não se limita a incluir novas ferramentas, mas também a reposicionar etapas estratégicas do fluxo, de modo a antecipar decisões técnicas que hoje só são tomadas após a prototipagem. Essa reorganização tem o potencial de reduzir custos de desenvolvimento, encurtar o tempo de lançamento e aumentar a consistência na reutilização de componentes. A figura 2 ilustra o fluxograma da proposta de transição.

Figura 2 – Fluxograma da Proposta de Transição



Fonte: Elaborado pelos Autores

4.3 Teste Piloto

Com o objetivo de validar o método de transição proposto, foi conduzido um teste piloto voltado ao desenvolvimento de uma nova linha de roupeiros modulados. Essa linha foi composta por cinco módulos: três com 80 cm de largura, um com 40 cm e um módulo de canto em ângulo de 90 graus. O projeto priorizou a intercambialidade de peças estruturais: laterais, bases, tampos, prateleiras, portas e componentes de gavetas e a padronização de ferragens, como dobradiças, puxadores, cabideiros e corrediças. Essa abordagem visou ampliar a flexibilidade de combinações possíveis, reduzindo a complexidade de produção e de gestão de estoque.

Na primeira fase, foi aplicado o *Modular Function Deployment* (MFD), que auxiliou a converter os requisitos levantados junto à equipe comercial e consumidores em funções de produto. Entre os principais pontos destacados estavam a oferta de diferentes dimensões de roupeiros, a inclusão de prateleiras ajustáveis, gavetas funcionais, acessórios como cabideiros e calceiros, além de diferenciais estéticos e de usabilidade que aumentassem o valor percebido pelo consumidor. Essas necessidades foram desdobradas nos módulos desenvolvidos, como módulos de 80 cm e 40 cm de largura, além do módulo de canto e conciliadas com componentes já existentes em outras linhas de produtos, como dobradiças, puxadores, corrediças e demais ferragens. Esse processo permitiu alinhar a nova linha de roupeiros à estratégia modular da empresa, garantindo maior sinergia com o portfólio em produção.

Embora a *Design Structure Matrix* (DSM) não tenha sido aplicada integralmente nesta etapa, sua análise indicou potencial para mapear as interdependências entre funções e componentes dos produtos. A partir dessa perspectiva, seria possível identificar, por exemplo, a forte dependência existente entre as laterais e a configuração interna dos módulos relação que evidenciaria a possibilidade de unificação das laterais para os módulos de 80 cm de largura, reduzindo a variedade de peças necessárias. Além disso, a aplicação da DSM poderia permitir a unificação de bases, tampos, prateleiras, portas e rodapés, uma vez que esses elementos compartilham características dimensionais e funcionais semelhantes. Dessa forma, o uso da DSM poderia contribuir para estruturar uma arquitetura de produto mais racional, garantindo maior intercambialidade e simplificação do processo produtivo.

Por fim, o *Product Lifecycle Management* (PLM) foi empregado para consolidar a documentação e organizar as variantes da nova linha. Cada módulo foi registrado no sistema com sua lista de materiais (BOM) estruturada, conectando componentes comuns e específicos. O PLM permitiu gerenciar versões de módulos de forma centralizada, além de registrar alterações aprovadas durante o processo de prototipagem. Isso garantiu maior rastreabilidade e reduziu a possibilidade de inconsistências entre áreas, como engenharia, suprimentos e produção.

Um aspecto estratégico desse desenvolvimento é que a linha de roupeiros foi integrada ao restante do portfólio modular da empresa, composto por móveis já

existentes, como mesas de cabeceira, aéreos de cozinha, escrivaninhas, penteadeiras, cômodas, cabeceiras e painéis. A padronização de peças e ferragens permitiu sinergias entre diferentes categorias de produtos, aumentando a escalabilidade da produção, a consistência estética e a flexibilidade de combinações oferecidas ao consumidor. De maneira geral, o MFD garantiu alinhamento às necessidades dos clientes, a DSM aumentará a consistência e a padronização técnica, e o PLM viabilizou a gestão integrada das informações de produto.

4.4 Avaliação da Proposta e Lote Piloto com a Equipe Técnica da Empresa

Após a conclusão e análise do lote piloto, foi conduzida uma avaliação estruturada das propostas de aprimoramento do processo de desenvolvimento de produtos junto aos principais representantes das áreas envolvidas. O grupo de discussão foi composto pelo Coordenador do Departamento Técnico — responsável pela integração entre Planejamento e Controle da Produção (PCP), Engenharia, Desenvolvimento de Produto, Custos e Assistência Técnica, pelo Coordenador de Qualidade, Supervisor de PCP, engenheiros de Produção e Mecânica, Analistas de Engenharia de Produto, além do designer da equipe. Essa composição assegurou uma visão multidisciplinar, abrangendo aspectos de projeto, manufatura, qualidade, custos e estética, elementos fundamentais para o êxito de um sistema modular.

Inicialmente, foi observado que durante a produção do primeiro lote de referência, foi possível mensurar indicadores de qualidade relacionados ao retrabalho. O percentual de peças que necessitaram retrabalho foi de 0,99%, desempenho superior ao observado em uma linha similar da empresa, que apresenta média histórica de 1,59%. Essa redução sugere que a padronização de componentes, a definição clara da arquitetura modular e o uso das ferramentas DSM, MFD e PLM contribuíram para diminuir variações indesejadas no processo produtivo.

De modo geral, as discussões evidenciaram consenso quanto à relevância estratégica da modularização para o futuro da empresa, especialmente diante de seu posicionamento no mercado de e-commerce e da necessidade crescente de oferecer produtos customizáveis sem comprometer a eficiência produtiva. Destacou-se que a modularização não deve ser tratada apenas como uma técnica de projeto, mas como

uma diretriz organizacional, capaz de alinhar design, engenharia e manufatura sob uma mesma lógica construtiva. Os profissionais ressaltaram que a adoção plena da modularização pode ampliar significativamente a flexibilidade do portfólio, promover a padronização de componentes e ferragens, e reduzir o tempo de desenvolvimento de novos produtos, sem perda da identidade visual ou da qualidade percebida. Além disso, a padronização arquitetural e a reutilização de módulos entre diferentes linhas foram vistas como oportunidades para ganhos de escala, redução de estoques e simplificação logística.

Outro ponto amplamente discutido foi a viabilidade da implementação de um sistema de *Product Lifecycle Management* (PLM) como suporte digital ao processo de desenvolvimento modular. Os participantes reconheceram o PLM como uma ferramenta essencial para garantir a rastreabilidade das informações, a consistência entre as versões de módulos e o controle de mudanças ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos. No entanto, ponderou-se que a adoção desse tipo de sistema requer avaliação detalhada de custos, uma vez que as licenças e a manutenção de softwares PLM envolvem investimentos consideráveis. Ainda assim, a equipe técnica concordou que, mesmo em um primeiro estágio, seria possível implementar práticas de gestão inspiradas no PLM por meio de soluções internas já existentes. Nesse sentido, a empresa tem utilizado um servidor interno dedicado ao armazenamento centralizado de dados de produto, onde são mantidos os registros de revisões, documentações técnicas e listas de materiais, promovendo maior integração e rastreabilidade entre as áreas de engenharia, produção, PCP e desenvolvimento de produto. Essa iniciativa tem funcionado como um passo inicial rumo à digitalização completa do ciclo de vida dos produtos e à futura adoção de um sistema PLM formalizado.

Por fim, foi proposta a inclusão de uma etapa de análise de custos já nas fases iniciais do desenvolvimento, integrando-a às etapas de concepção e modelagem. Sugeriu-se a criação de uma biblioteca digital de peças e componentes contendo informações atualizadas sobre custos de materiais, ferragens e processos produtivos. Essa base permitiria que os projetistas verificassem, desde a concepção, se as soluções propostas se enquadram nas premissas econômicas e estratégicas do projeto, reduzindo retrabalhos no desenvolvimento e aumentando a previsibilidade

dos custos. Essa medida foi considerada especialmente relevante em um contexto de alta variabilidade de produtos e margens de contribuição estreitas, características comuns às operações de e-commerce no setor moveleiro.

De maneira geral, a avaliação conduzida com a equipe técnica reforçou a pertinência das propostas apresentadas e demonstrou o interesse da organização em avançar na adoção de práticas de modularização de forma estruturada e gradual. O alinhamento entre as áreas envolvidas mostrou-se fundamental para consolidar uma cultura de desenvolvimento orientada à modularidade, sustentada por ferramentas digitais e por uma visão sistêmica do ciclo de vida dos produtos.

4.5 Proposta Futura

A proposta futura representa o cenário de evolução e amadurecimento do processo de desenvolvimento de produtos na empresa, tendo a modularização como diretriz organizacional e não apenas como uma técnica de projeto. A partir das discussões conduzidas com a equipe técnica, definiu-se uma visão de futuro baseada na integração entre design, engenharia e manufatura sob uma lógica construtiva modular, sustentada por ferramentas digitais e processos colaborativos.

Nesse estágio de maturidade, a modularização passa a orientar todas as etapas de desenvolvimento de produto, desde a concepção até a produção, promovendo maior alinhamento entre áreas. A equipe de design, já familiarizada com os princípios e ferramentas de modularidade, considera desde a fase inicial de concepção os aspectos funcionais, técnicos e econômicos que influenciam a estrutura dos módulos e sua intercambialidade.

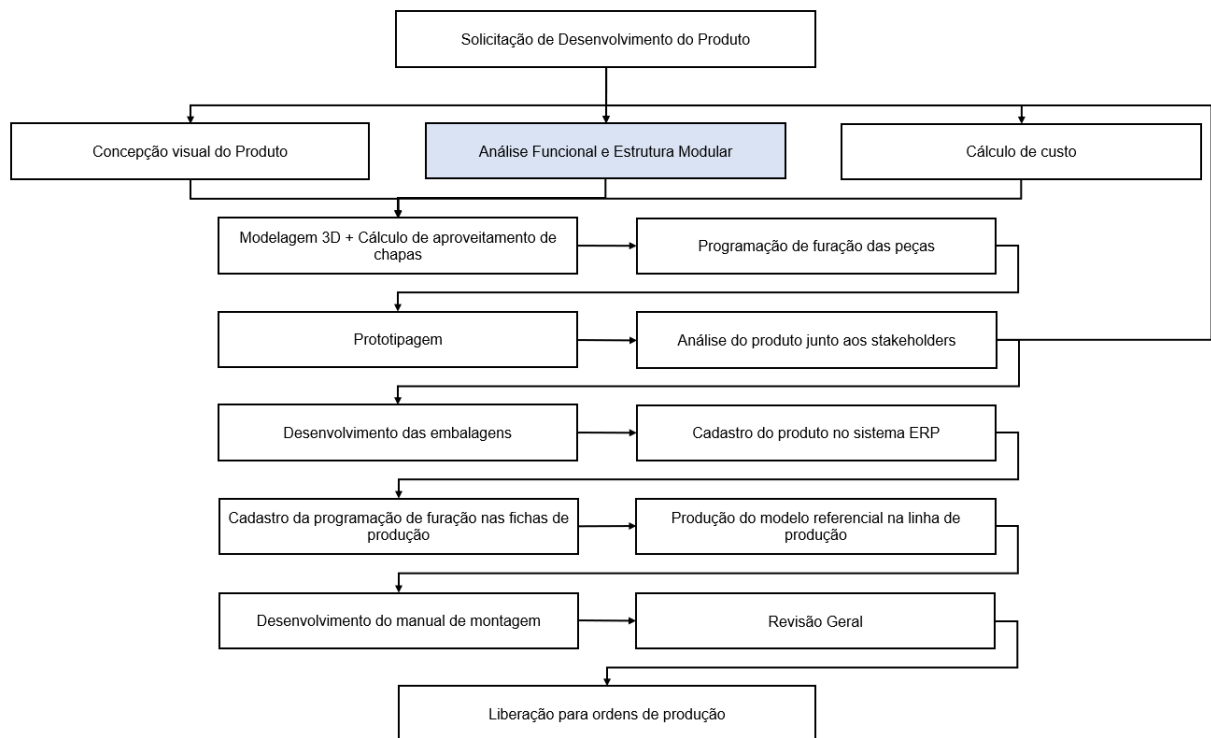
Uma das evoluções propostas é a incorporação sistemática da análise de custos nas fases iniciais do desenvolvimento. Essa prática será viabilizada pela criação de uma biblioteca digital de peças e componentes, contendo informações atualizadas sobre materiais, ferragens e processos produtivos. Assim, os projetistas poderão avaliar, já durante a concepção visual e a modelagem, se as soluções propostas atendem às premissas econômicas e produtivas do projeto, reduzindo retrabalhos e aumentando a previsibilidade dos custos.

Outro avanço previsto é a consolidação da infraestrutura digital por meio da ampliação das práticas de gestão inspiradas no *Product Lifecycle Management* (PLM). A empresa pretende evoluir gradualmente da atual estrutura baseada em um servidor interno para um sistema PLM completo, capaz de gerenciar versões de módulos, listas de materiais (BOMs), revisões e fluxos de aprovação. Essa digitalização proporcionará rastreabilidade total das informações e maior integração entre os setores de design, engenharia, PCP, manufatura e suprimentos, fortalecendo a governança do ciclo de vida dos produtos.

Além disso, a proposta futura contempla a expansão da padronização arquitetural e funcional para outras linhas do portfólio, aproveitando os resultados obtidos com o teste piloto dos roupeiros modulados. Essa expansão permitirá ampliar o reaproveitamento de módulos e ferragens entre categorias de produtos, gerando ganhos de escala, simplificação logística e consistência estética.

Por fim, o cenário futuro pode evoluir para que o desenvolvimento modular se torne parte integrante da cultura organizacional da empresa, sustentado por treinamentos contínuos e pela colaboração entre áreas. O fortalecimento dessa cultura tende a favorecer uma gestão mais sistêmica do desenvolvimento de produtos, orientada à eficiência, flexibilidade e inovação, contribuindo para a consolidação da modularização como uma prática estratégica no setor moveleiro. A figura 3 apresenta o fluxograma da proposta de implementação futura.

Figura 3 – Fluxograma da Proposta Futura



Fonte: Elaborado pelos Autores.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A aplicação do método proposto e a realização do lote piloto permitiram compreender de forma prática os benefícios e desafios associados à implementação da modularização no design de produtos no contexto moveleiro. Os resultados obtidos evidenciam que as ferramentas MFD, DSM e PLM, quando aplicadas de maneira integrada, contribuem para o alinhamento entre as áreas de design, engenharia e manufatura, favorecendo a padronização e o reaproveitamento de componentes em diferentes famílias de produtos (Johan; Jacob, 2015).

De maneira semelhante ao que foi descrito na literatura, verificou-se que a modularização desempenha papel estratégico na busca por maior eficiência e flexibilidade, especialmente em empresas que atuam no comércio eletrônico (Falheiro *et al.*, 2022). No caso estudado, a adoção de módulos padronizados para uma nova linha de produtos reduziu a complexidade de produção e simplificou a gestão de estoque, além de possibilitar maior variedade de combinações de produtos sem

comprometer o custo operacional. Esse resultado reforça as conclusões apresentadas que apontam a modularidade como um meio eficaz de lidar com a diversidade de produtos em ambientes produtivos complexos (Persson; Lantz, 2022).

A análise funcional e a aplicação da *Design Structure Matrix* (DSM) demonstraram-se fundamentais para identificar dependências entre componentes e estabelecer agrupamentos modulares de alta coesão, o que permitiu estruturar uma arquitetura de produto mais racional, com interfaces padronizadas (Forti *et al.*, 2022). Essa ferramenta também potencializou a comunicação entre os setores técnicos, permitindo que decisões de modularização fossem tomadas com base em evidências estruturais e funcionais do produto, favorecendo a integração entre engenharia e design (Wang *et al.*, 2022).

O uso do Modular Function Deployment (MFD) serviu como elo entre as necessidades do cliente e a configuração técnica dos produtos, garantindo que o desenvolvimento da nova linha de roupeiros estivesse alinhado às expectativas de valor percebido pelo consumidor final (González-Vega, 2015; Hou *et al.*, 2022). Essa abordagem permitiu que as decisões de projeto fossem tomadas de forma sistematizada, orientando a transição entre as etapas de concepção e engenharia e reduzindo o risco de retrabalhos (Johan; Jacob, 2015).

No âmbito da gestão digital do ciclo de vida do produto, observou-se que a implementação parcial do *Product Lifecycle Management* (PLM), ainda que de forma experimental, já proporcionou ganhos expressivos em rastreabilidade e integração de dados (Falheiro *et al.*, 2022). A prática adotada pela empresa, baseada em um servidor interno para centralização das informações técnicas e controle das revisões, mostrou-se coerente com os princípios do PLM, conforme descrito na literatura, ao permitir maior integração entre as áreas de engenharia, PCP, manufatura e desenvolvimento de produto, representando um avanço significativo rumo à digitalização completa do processo (Wang *et al.*, 2022).

A discussão com a equipe técnica reforçou ainda a importância de incorporar a análise de custos nas etapas iniciais do desenvolvimento de produto, utilizando uma biblioteca digital de peças e componentes com dados atualizados de materiais e ferragens. Essa prática é coerente com as recomendações que defendem a vinculação da modularização à viabilidade econômica e à gestão da variabilidade

(Wang *et al.*, 2022). A antecipação dessa análise possibilita uma visão mais precisa sobre a adequação das propostas às premissas econômicas e estratégicas da empresa, reduzindo retrabalhos e aumentando a previsibilidade financeira (Falheiro *et al.*, 2022).

De maneira geral, a experiência prática obtida durante a aplicação do método corrobora a literatura recente sobre modularização no setor moveleiro, que a reconhece como um vetor de competitividade e inovação (Falheiro *et al.*, 2022; Persson; Lantz, 2022). A empresa estudada demonstrou que é possível iniciar a transição para um modelo de desenvolvimento modular de forma gradual, priorizando a padronização de componentes, o uso de ferramentas digitais acessíveis e a integração progressiva entre setores. Tal abordagem evidencia que a modularização, além de promover ganhos operacionais, contribui para o fortalecimento do alinhamento estratégico e cultural da organização, estimulando a colaboração entre áreas e a busca contínua por eficiência e inovação (González-Vega, 2015; Hou *et al.*, 2022).

Apesar dos resultados positivos, a implementação da modularização também evidenciou desafios relevantes que precisam ser considerados para sua consolidação plena. Entre eles, destaca-se a necessidade de mudanças culturais e de mentalidade entre as equipes de projeto e produção, que por vezes ainda estão habituadas a processos lineares e pouco integrados. A definição das interfaces entre módulos mostrou-se uma tarefa complexa, exigindo análises detalhadas para evitar incompatibilidades e perda de desempenho estrutural ou estético dos produtos. Além disso, a padronização excessiva pode limitar a liberdade criativa do design se não for acompanhada por diretrizes claras de personalização e atualização de portfólio.

A adoção de ferramentas digitais mais robustas, como o PLM, também apresenta barreiras relacionadas a custos de implementação, curva de aprendizado e integração com sistemas existentes, o que reforça a importância de uma adoção gradual e planejada. Esses fatores indicam que o sucesso da modularização depende não apenas da aplicação técnica das ferramentas, mas também de um processo contínuo de aprendizagem organizacional e alinhamento estratégico entre as áreas envolvidas.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um método para aplicação da modularização no design de produtos em uma empresa moveleira do sul do Brasil, integrando conceitos de flexibilidade, padronização e customização em um modelo sistemático de desenvolvimento. Fundamentado na abordagem *Design Science Research* (DSR), o trabalho permitiu a construção e a validação de um artefato aplicado em ambiente real, unindo rigor científico e relevância prática (Dresch *et al.*, 2015).

A aplicação do método demonstrou que a modularização é uma estratégia viável e eficaz para empresas do setor moveleiro, sobretudo aquelas inseridas no mercado de e-commerce, que demandam agilidade e personalização em massa. O uso integrado das ferramentas MFD, DSM e PLM contribuiu para a racionalização da arquitetura dos produtos, a redução de retrabalhos e a melhoria da rastreabilidade das informações técnicas (Falheiro *et al.*, 2022). A modularização também permitiu ampliar a variedade de produtos sem comprometer a eficiência produtiva, confirmando seu papel estratégico para a competitividade organizacional (Persson; Lantz, 2022; Hou *et al.*, 2022).

Os resultados evidenciaram que a *Design Structure Matrix* (DSM) e o *Modular Function Deployment* (MFD) são ferramentas complementares na definição de módulos e na tradução das necessidades dos clientes em soluções técnicas (FORTI *et al.*, 2022; Johan; Jacob, 2015). Já a implementação parcial do *Product Lifecycle Management* (PLM), por meio de um servidor interno, possibilitou avanços significativos na integração de dados e no controle de revisões, representando um passo importante rumo à digitalização do ciclo de vida dos produtos (Falheiro *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2022).

No âmbito acadêmico e gerencial, o estudo contribui para o avanço do conhecimento ao apresentar uma abordagem metodológica replicável, que conecta o design de produto às práticas de engenharia e manufatura. Além disso, abre oportunidades para novas pesquisas voltadas à ampliação da aplicação da modularização em contextos industriais.

Entre as sugestões para estudos futuros, destaca-se a necessidade de aprofundar a integração digital do processo por meio da implementação completa de sistemas PLM e de sua conexão com sistemas ERP e CAD, permitindo o gerenciamento em tempo real de variantes, listas de materiais e revisões (Falheiro *et al.*, 2022). Sugere-se também a ampliação da aplicação do método em diferentes categorias de móveis, a fim de avaliar sua adaptabilidade a produtos com distintos níveis de complexidade e variação dimensional (Persson; Lantz, 2022).

Outra vertente promissora para futuras pesquisas consiste na estruturação de um modelo de mensuração de desempenho produtivo e econômico associado à modularização. Essa proposta envolve o desenvolvimento de uma estrutura de tempos padrão, custos de produção e tempos de setup, permitindo mensurar de forma objetiva os impactos da modularização sobre indicadores como tempo de ciclo, eficiência global dos equipamentos (OEE), custo unitário, *lead-time* (tempo de atravessamento) e produtividade. Essa abordagem, fundamentada em princípios da engenharia de produção, permitiria avaliar quantitativamente as melhorias obtidas com a modularidade e fornecer subsídios para decisões de investimento e expansão de portfólio (Wang *et al.*, 2022; Gonzáles-Vega, 2015).

Por fim, recomenda-se a investigação dos impactos organizacionais e culturais da adoção da modularização, incluindo aspectos relacionados à gestão do conhecimento, ao treinamento das equipes e à integração entre áreas multidisciplinares. Essa análise contribuiria para compreender como a modularização pode ser consolidada como um processo contínuo de inovação dentro das empresas do setor moveleiro (Hou *et al.*, 2022; Falheiro *et al.*, 2022).

REFERÊNCIAS

ABIMÓVEL. **As vozes da indústria de móveis no Brasil**: um retrato da diversidade e da integração do setor moveleiro nacional. Abimóvel, 16 out. 2024.

Disponível em: <https://abimovel.com/as-vozes-da-industria-de-moveis-no-brasil-um-retrato-da-diversidade-e-da-integracao-do-setor-moveleiro-nacional/>.

Acesso em: mai. 2025.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. **Design Science Research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

FALHEIRO, G. M. *et al.* Application of modularization and PLM tools to support product customization in the furniture industry. **Procedia CIRP**, v. 106, p. 8–13, 2022.

FORTI, A. W.; RAMOS, C. C.; MUNIZ JR., J. Integration of the Design Structure Matrix (DSM) and Modular Function Deployment (MFD) methods applied to mass customization aiming product modularization: a case study on heavy vehicle suspension. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 12, p. e438111229134, 2022.

GONZÁLES-VEGA, C. A. Product modularity from an eco-design and mass customization perspective: a literature review. **EcorFAN Journal Spain**, v. 6, n. 11, p. 1–17, 2015.

HOFFENBERG, M.; FAN, Z.; SUZIC, N. A framework for modeling product architecture modularity towards sustainability: a multi-domain modeling approach. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 35, p. 2055–2070, 2024.

HOU, Z. *et al.* A knowledge-driven approach for platform-based modular design of customized furniture. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 71, p. 102175, 2022.

JOHAN, J.; JACOB, J. **Modularization strategy**: designing and managing modular product architecture in the furniture industry. 2015. Examensarbete (Bachelor Thesis) – Lund University, Lund, 2015.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. Proposta de um método de pesquisa para a engenharia de produção: Design Science Research. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013, Salvador. Anais [...]. Salvador: ABEPRO, 2013.

PERSSON, J.; LANTZ, B. Modularization and product variety in the furniture industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 33, n. 10, p. 1–22, 2022.

REVISTA HAUS. **Indústria moveleira encerra 2023 com queda na produção, mas consumo dá sinais de resiliência**. Revista Haus, 11 mar. 2024.

Disponível em: <https://revistahaus.com.br/negocios/industria-moveleira-encerra-2023-com-queda-na-producao-mas-consumo-da-sinais-de-resiliencia/>.

Acesso em: mai. 2025.

SETOR MOVELEIRO. **Inovação e sustentabilidade: o futuro da indústria moveleira brasileira**. Setor Moveleiro, 14 jan. 2025.

Disponível em: <https://setormoveleiro.com.br/inovacao-e-sustentabilidade-o-futuro-da-industria-moveleira-brasileira/>.

Acesso em: mai. 2025.

WANG, L. *et al.* A model-based approach to facilitate product modularity and variability management. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 74, p. 102317, 2022.

Biografia do(s) autor(es)

Nicolas Chaves Mieth

Graduando em Gestão da Produção Industrial pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), em São Leopoldo, RS, Brasil. Atua como Analista de Custos, com experiência como analista sênior de engenharia e desenvolvimento de produtos, além de atuação como analista de PCP em uma indústria moveleira. Também possui vivência em chão de fábrica, contribuindo para a integração entre planejamento, custos e operações. Seus principais temas de interesse incluem gestão de operações, desenvolvimento de produtos, análise de custos e otimização de processos industriais.

Cleidiane do Amaral

Graduanda em Gestão da Produção Industrial pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), em São Leopoldo, RS, Brasil. Possui experiência profissional consolidada na área de Controle de Qualidade em indústria de alimentos. Seus principais temas de interesse e pesquisa abrangem Gestão de Processos de Abate e Desossa, Sistemas de Qualidade e Otimização da Produção Industrial.

Vanessa de Oliveira

Graduanda em Gestão da Produção Industrial na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, campus São Leopoldo-RS. Atualmente desempenha o cargo de Auxiliar de PCP em uma empresa em estruturas metálicas de grande porte com aplicação em pátios de madeira no ramo de celulose, tecnologia e energia.

Jonatha dos Santos.

Graduando em Gestão da Produção Industrial pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), em São Leopoldo, RS, Brasil. Atualmente atua na área comercial, com foco em contratos administrativos e licitações, aliando conhecimento técnico e visão estratégica do negócio. Tem interesse em gestão de operações, otimização de processos e análise de desempenho.

Miriam Borchardt

Doutora em Engenharia de Produção. Atualmente desempenha o cargo de professora e pesquisadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.



Artigo recebido em: 03/12/2025 e aceito para publicação em: 23/09/2026

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i3.5774>