

**INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS AO SISTEMA
TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO DE MÓVEIS EM MADEIRA:
análise de viabilidade e sustentabilidade dos processos**

*QUALITATIVE ANALYSIS ON THE FEASIBILITY OF INTEGRATING
DIGITAL TECHNOLOGIES INTO TRADITIONAL WOODEN FURNITURE
MANUFACTURING PROCESSES*

MSc. Anamaria Ribeiro de Lima Carvalho

PPGAU/FAUED/UFU

anamaria.carvalho@ufu.br

PhD. Viviane dos Guimarães Alvim Nunes

PPGAU/FAUED/UFU

viviane.nunes@ufu.br

PROJÉTICA


COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Carvalho, A. R. L.; Nunes, V. G. A. INTEGRAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS AO SISTEMA TRADICIONAL DE FABRICAÇÃO DE MÓVEIS EM MADEIRA: análise de viabilidade e sustentabilidade dos processos. *Projética*, 15(3). p1-29 <https://doi.org/10.5433/2236-2207.2024.v15.n3.49067>

DOI: 10.5433/2236-2207.2024.v15.n3.49067

Submissão: 03-10-2023

Aceite: 06-08-2024



RESUMO: Atualmente, a crescente demanda por tecnologias digitais aponta a necessidade de novos caminhos para as práticas produtivas tradicionais. A Indústria 4.0 sugere novos cenários produtivos ainda incipientes no setor moveleiro brasileiro. Este artigo analisa a viabilidade de integrar processos tradicionais de fabricação de móveis em madeira às tecnologias digitais e, assim, ampliar as perspectivas sustentáveis de criação, produção, de abertura de novos mercados e de formação de novos profissionais. A pesquisa contemplou: revisão bibliográfica, survey e estudos de caso. Os resultados apontam a existência de iniciativas de aproximação das técnicas tradicionais de marcenaria com o sistema de fabricação digital utilizando a madeira maciça, a possibilidade de integração de saberes e suas tecnologias. Além disso, os achados indicam a necessidade de ações articuladas entre academia, empresas e profissionais, geradas a partir de uma visão sistêmica de todo o setor.

Palavras-chave: marcenaria tradicional; fabricação digital; inovação sustentável em design.

ABSTRACT: *Currently, the growing demand for digital technologies highlights the need for new paths to traditional production practices. Industry 4.0 suggests new production scenarios that are still incipient in the Brazilian furniture sector. This article analyzes the feasibility of integrating traditional wooden furniture manufacturing processes with digital technologies and, with it, expanding sustainable perspectives for creation, production, opening new markets and training new professionals. The research included: bibliographic review, survey and case studies. The results indicate the existence of initiatives to bring traditional carpentry techniques closer to the digital manufacturing system using solid wood and the possibility of integrating knowledge and its technologies. Furthermore, the findings indicate the need for coordinated actions between academia, companies and professionals, generated from a systemic view of the entire sector.*

Keywords: first traditional joinery; digital wood joints; sustainable innovation design.

INTRODUÇÃO

O nível de tecnologia característico da Quarta Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0 demanda novos cenários na produção moveleira. Tendo em vista o predomínio de práticas de marcenaria tradicional pela maioria das pequenas empresas e profissionais do setor, observa-se que o conhecimento técnico em relação aos processos produtivos associando processos de fabricação digital e o uso de madeira maciça é ainda incipiente.

Iniciada no final do século XX, a introdução da fabricação digital na movelaria foi uma das grandes mudanças no setor moveleiro do Brasil e vem, cada vez mais, ocupando os ambientes produtivos das empresas de médio e grande porte. Diversos fatores, dentre eles: a abertura da economia, o desenvolvimento de tecnologia de materiais, a preocupação com a sustentabilidade ambiental, mudanças de comportamento do consumidor, e outros aspectos, fizeram com que o tradicional sistema de fabricação de mobiliário se atentasse para seus processos produtivos.

Tradicionalmente visto como um setor que atua com fabricação artesanal, ao longo de sua história, a indústria moveleira nacional buscou incorporar as novas tecnologias de produção em maior ou menor grau, dependendo do contexto. Vale mencionar que o segmento de móveis está entre os mais importantes da Indústria de Transformação no país, não só pelo valor da sua produção, mas também pelo seu potencial de geração de empregos (Abimóvel, 2019; Gorini, 2000).

Segundo Wang e Wu (2015, p. 404), a incorporação de tecnologias na fabricação de móveis para auxiliar o trabalho humano tem contribuído para a evolução e valorização dos processos artesanais. Assim, as tecnologias digitais podem ser grandes aliadas na continuidade dos saberes tradicionais voltados à produção de móveis em escalas diversas. Embora com os avanços tecnológicos ocorridos nos últimos 20 anos seja possível observar uma consolidação do setor moveleiro

do país, ainda há grande desconhecimento e falta de domínio técnico em relação aos processos de fabricação digital (Orciuoli, 2012, p. 653).

No recorte específico deste estudo - **marcenaria tradicional e tecnologia digital**, a adoção das tecnologias de informação orientadas ao design e à fabricação de móveis aponta para a necessidade de formação e capacitação de profissionais que permita uma ressignificação do conhecimento, um novo *modus operandi*.

Para compreender a dinâmica e as barreiras em torno da integração de novos sistemas utilizando tecnologias em processos de fabricação que ainda utilizam mão de obra artesanal, vários autores (Cheatle; Jackson, 2015; Wang; Wu, 2015; Zheng; Do; Budd, 2017) têm olhado a marcenaria como ferramenta de suporte à criatividade em processos colaborativos.

O presente artigo é resultado de uma pesquisa qualitativa e exploratória que investigou, portanto, a viabilidade de integração de técnicas tradicionais na fabricação de móveis em madeira maciça combinadas às tecnologias digitais, visando a continuidade dos saberes e a inovação sustentável do setor no Brasil. Os métodos utilizados foram: revisão bibliográfica, *survey* com 21 designers que criam e produzem móveis em madeira maciça e estudos de caso (com entrevistas) de três marcenarias que atuam como espaço compartilhado. Em razão do contexto pandêmico COVID-19, as entrevistas semi-estruturadas, que geraram as bases de dados para os casos, ocorreram em ambiente virtual. A pesquisa foi registrada na Plataforma Brasil (Processo CAAE: 59075822.6.0000.5152) e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Uberlândia.

Este artigo está dividido em 5 seções: 1) introdução que contextualiza o tema; 2) referencial teórico sobre a produção de móveis em madeira e os sistemas da marcenaria tradicional e digital; 3) procedimentos metodológicos; 4) discussão dos principais resultados e; 5) considerações finais.

MARCENARIA: DO OFÍCIO TRADICIONAL À FABRICAÇÃO DIGITAL DE MÓVEIS EM MADEIRA

De acordo com o relatório de acompanhamento setorial, a indústria moveleira está segmentada sob diferentes critérios (matéria-prima, uso ao qual se destina - ex: residenciais ou institucionais, processo produtivo, design) (UNICAMP; ABDI, 2008). Quanto ao processo produtivo, são identificados diversos sistemas de organização e fabricação como, por exemplo, produção em série, fabricação de móveis sob medida ou planejados e fabricação de peças únicas sob encomenda (Galinari; Teixeira Júnior; Morgado, 2013).

Os móveis são classificados quanto ao design, sendo: 1. os retilíneos, cuja matéria-prima principal é derivada da madeira, a exemplo dos painéis de Medium Density Fiberboard (MDF), chapas de compensado e Oriented Strand Board (OSB) e 2. os torneados, cuja principal matéria-prima é a madeira maciça, que associam formas e detalhes mais sofisticados em seu conjunto (Gorini, 2000).

Historicamente no Brasil, os processos de fabricação artesanais de móveis começaram a ser substituídos pela mecanização no final do século XIX, como reflexo da industrialização que começava a se firmar baseada no modelo europeu de produção. A herança artesanal característica do ofício de marceneiro é oriunda principalmente dos portugueses, das culturas africanas e indígenas e também dos imigrantes italianos, espanhóis e alemães que chegaram no país no final do século XIX e início do século XX (Arruda, 2009; Bardi, 1981; Santi, 2013).

Nas primeiras décadas do século XX, como reflexo do desenvolvimento urbano e da sociedade, a produção buscava atender a demanda do crescimento do mercado tanto para móveis residenciais e institucionais. A partir daí começam os desafios da produção industrial: padronização de seus produtos para uma produção em larga escala por preços acessíveis mantendo a qualidade do produto e melhorando os processos (Santi, 2013, p. 29).

Em meados do século XX, devido aos desdobramentos da Segunda Guerra Mundial e a interrupção das importações, a expansão industrial gerou uma conscientização sobre a necessidade de estruturação de um caminho próprio. Soma-se a isso, a vinda de imigrantes europeus contribuindo cultural e profissionalmente para o legado das técnicas de marcenaria.

Na década de 1960, a construção de Brasília intensificou a produção de móveis residenciais e institucionais estimulando designers e arquitetos a abrirem suas próprias fábricas desenvolvendo produtos com maior racionalidade, na tentativa de padronizar e aumentar a escala de produção para conseguir fabricar um móvel a preço mais acessível voltado à classe média (Santi, 2013). Nesta fase, a madeira é utilizada predominantemente em sua forma maciça, mas há também a utilização das chapas industrializadas de madeira compensada, voltada à fabricação de móveis de escritório em escala industrial.

Segundo Teixeira (1996), este cenário na década de 1960, no qual arquitetos e artistas desenhavam móveis voltados para a fabricação em série, começava a dar sinais sobre a necessidade de formação profissional em desenho industrial para o mercado em expansão à época.

Entre 1980 e 1990, a informática começa a habitar os ambientes domésticos e fabris e a indústria brasileira começa a dar os primeiros passos do desenvolvimento tecnológico (Teixeira, 1996). A demanda por móveis residenciais promove o aumento de indústrias no setor, mas também faz emergir as microempresas, a partir de iniciativas particulares de profissionais para viabilizar suas criações produzindo de forma semi-industrial. Vale destacar no período, a iniciativa da empresária e designer Etel Carmona que criara uma fábrica de móveis com o intuito principal de resgatar as técnicas tradicionais da marcenaria aplicadas ao móvel de madeira produzido em série (Santos, 2017). Na mesma linha, diversos designers tornaram-se empresários do setor moveleiro com grande parte de suas criações ligadas a projetos arquitetônicos, no início, de produção sob encomenda e, posteriormente, em pequena escala (Teixeira, 1996).

A abertura da economia nos anos de 1990 favoreceu a incorporação de novas tecnologias na produção de mobiliário no Brasil. Os investimentos voltados para a renovação dos parques fabris, automação e controle de qualidade proporcionaram a melhoria da qualidade dos processos possibilitando o aumento da escala de produção e o crescimento expressivo das exportações alcançando os maiores patamares entre 1995 e 1997 (Gorini, 2000). Desde então, a integração de tecnologias digitais na manufatura possibilitou consideráveis transformações para a indústria moveleira, como também para as pequenas e médias empresas e empreendedores individuais. Além disso, a adoção do design no Brasil acontecia em vários âmbitos e passava a ser visto como uma importante ferramenta de gestão (Magri, 2015).

No final do século XX, o panorama da produção moveleira apresenta grande diversificação, principalmente pela necessidade de acompanhar as exigências do público consumidor atento aos padrões de qualidade, aos aspectos de ergonomia, funcionalidade e estética atrelados ao apelo da sustentabilidade que começava a se firmar em todos os setores da sociedade (Santos, 2017). Já na primeira década do século XXI, a fabricação digital também passou a ser vivenciada por empresas e designers por meio do compartilhamento de projetos de mobiliário em plataformas digitais, com códigos abertos (*open source*), para serem fabricados com chapas de compensado usinadas em máquinas do tipo Router CNC (Controle Numérico Computadorizado).

A expansão das tecnologias de fabricação digital, com os chamados “FabLabs” (*Fabrication Laboratory*), marcou uma nova fase de ruptura do modelo tradicional na produção de móveis com o uso de derivados da madeira e as suas contribuições para a disseminação da cultura da sustentabilidade em função da agilidade na fabricação, redução do consumo de energia e desperdício de material. Esse é o novo contexto tecnológico característico da Indústria 4.0 que se apresenta no século XXI.

Sobre isso, Cardoso (2012) afirma que a informatização gradativa dos sistemas de comando e controle da produção torna-se, cada vez mais, uma realidade na fabricação industrial de pequenos lotes ou mesmo de peças únicas, exclusivas e/

ou customizadas. Para acompanhar as demandas do mercado externo, algumas vantagens competitivas foram posicionadas como prioridade no sistema de gestão das indústrias: a adoção de novas matérias-primas, o uso de tecnologias visando a melhoria da qualidade, a utilização da madeira de reflorestamento com selo de certificação, a valorização do design como ferramenta no desenvolvimento dos produtos, as melhorias no sistema de logística e a distribuição e aproximação da indústria com o consumidor final (Guerreiro, 2012).

No contexto atual, a produção de mobiliário no Brasil varia entre métodos artesanais e industriais (Santi, 2013). A atividade das marcenarias é registrada em quase todo o território nacional (Galinari; Teixeira Júnior; Morgado, 2013) e realizada, na maioria das vezes, por marceneiros que aprenderam o ofício em família, e atuam na produção de móveis customizados para atender aos clientes, no controle dos processos e no gerenciamento do seu próprio negócio (Ferreira *et al.*, 2008; Gorini, 2000; Zurlo; Nunes, 2016).

Esta realidade, porém, induz a uma crescente dificuldade do setor em obter mão-de-obra qualificada para o atendimento da demanda em três cenários: 1. das grandes empresas que utilizam tecnologia de ponta; 2. das médias e pequenas empresas que utilizam processos produtivos modernos e, 3. de empresas que necessitam de profissionais com conhecimento dos processos artesanais de produção (Santi, 2013).

Nesse contexto, visando aproximar o mundo digital do fazer artesanal, dar um novo significado aos processos da marcenaria tradicional e abrir novas perspectivas de criação, produção e mercado, novas ferramentas e infraestruturas computacionais têm sido inseridas nos processos de produção de mobiliário.

As tecnologias mais adequadas voltadas para a fabricação de mobiliário são encontradas dentro da Engenharia Auxiliada por Computador (CAE), através de sistemas de simulações numéricas - Desenvolvimento do Método de Elemento Finito (FEM) e produção de Controle Numérico de Computador (CNC). Graças a

essas tecnologias avançadas, uma junta “rabo de andorinha”, por exemplo, pode ser executada com facilidade e precisão, agregando valor ao design de móveis contemporâneos (Simek; Sebera, 2010, p. 2).

As junções de madeira produzidas com tecnologias digitais vêm sendo estudadas desde os anos 1990 em laboratórios de pesquisa como o da Hochschule für Gestaltung Offenbach, liderado pelo Prof. Jochen Gros e o Designer Friedrich Sulzer, adaptando os modelos tradicionais para os cortes em CNC (Instituto de Inovação, Competitividade e Design, 2020).

Reforçando a relevância dos estudos nessa área, entre 2015 a 2019, uma pesquisa conduzida por docentes e alunos da PUC-RJ/Brasil buscou reproduzir encaixes tradicionais de madeira utilizando sistemas de modelagem tridimensional (utilizando o software Rhinoceros) e de manufatura digital (CAD/CAM e sistemas de corte a laser e CNC Router) (Favero, 2020).

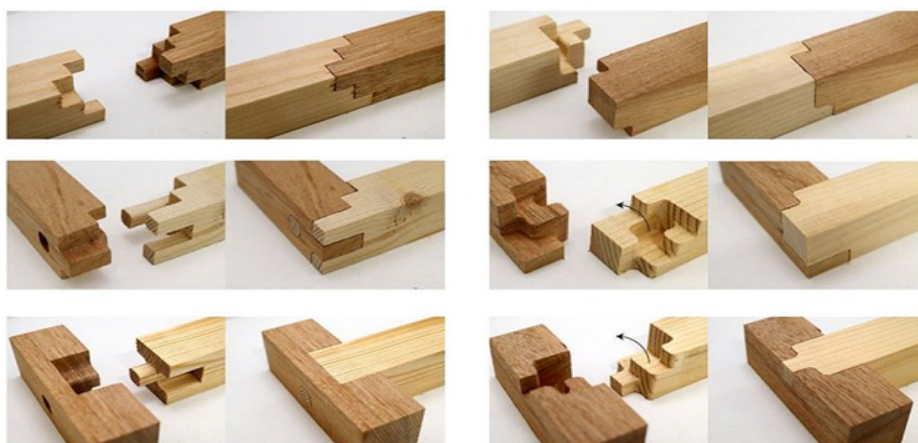
Figura 1 - Fotos de encaixes produzidos através de sistema digital



Fonte: Fávero (2020).

Outro exemplo é o sistema Tsugite (Fig.2), desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Informática Criativa da Universidade de Tóquio. A equipe criou um aplicativo de design 3D para simplificar o projeto dos encaixes de madeira, gerando uma interface direta com máquinas CNC que, transforma o projeto em instruções para uma máquina fresadora que, por sua vez, produz os componentes projetados com precisão e rapidez.

Figura 2 - Modelos de encaixes produzidos através do sistema Tsugite



Fonte: Larsson *et al.* (2020)

É notório o vasto repertório de encaixes ou articulações para execução e montagem de artefatos de madeira, não apenas como elementos estruturais, mas também como elementos que agregam valor estético ao design. Nesse cenário, as tecnologias de fabricação CNC têm grande potencial de desenvolvimento e aplicação na fabricação de móveis em madeira e podem promover melhorias nos sistemas que utilizam processos tradicionais (Booth; Plunkett, 2015).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa foi desenvolvida em duas fases: a primeira, para a constituição de referencial teórico e a segunda, de coleta de dados em campo. A pesquisa bibliográfica (Gil, 2008) constituiu-se na revisão de literatura sobre os temas da marcenaria tradicional e fabricação digital. A segunda fase constituiu-se na coleta de dados com profissionais e gestores de espaços (marcenarias compartilhadas) utilizando-se os métodos *Survey* e Entrevistas semi-estruturadas para a realização dos Estudos de Caso, conforme Santos (2018).

A seleção dos participantes adotou a amostragem por conveniência (não probabilística e não aleatória). Segundo Mattar (1996), nesse tipo de amostra, o pesquisador usa do seu julgamento para selecionar os membros da amostragem levando em consideração aspectos como: facilidade de acesso aos elementos da população, disponibilidade de tempo, recursos financeiros e humanos, disponibilidade ou não de ter os elementos da população representatividade desejada ou necessária.

Assim, a seleção foi feita a partir de buscas em mídias impressas e eletrônicas específicas sobre design do móvel brasileiro contemporâneo, tendo como critério inicial “designers que criam e produzem mobiliário em madeira maciça utilizando os dois sistemas de fabricação: o tradicional e o digital”, momento em que foram identificados cerca de noventa designers brasileiros. Com o intuito de refinar a amostra, foram definidos os seguintes critérios complementares: profissionais com produção desde os anos 1990 aos dias atuais, com premiações, e reconhecidos por organizações e entidades que fomentam o trabalho autoral dos designers brasileiros (por exemplo, Abimóvel, Museu da Casa Brasileira, Sindimóveis e Apex Brasil). A etapa resultou na seleção de 30 profissionais com premiações nacionais e internacionais de design como, por exemplo, o PRÊMIO SALÃO DESIGN que acontece anualmente no Brasil, Prêmio Design MCB, promovido pelo Museu da Casa Brasileira, iF Design Award e o A´DESIGN AWARD & COMPETITION, em nível internacional.

Para a condução da *Survey* foi utilizado um questionário em formato digital, com perguntas abertas e fechadas contemplando os processos de marcenaria tradicional e de fabricação digital, e aspectos de sustentabilidade e inovação na produção de móveis em madeira. Antes do envio do documento aos profissionais selecionados, realizou-se um teste-piloto do questionário, que foi encaminhado a 10 profissionais selecionados de forma não aleatória, segundo os critérios de julgamento do pesquisador (Santos, 2018). Os participantes deveriam responder ao formulário em formato digital para averiguar possíveis falhas no instrumento. Após os ajustes sugeridos pelos respondentes do teste-piloto, o questionário foi enviado aos 30 designers selecionados, acompanhado de “Carta Convite” contendo os objetivos da pesquisa e outros aspectos, conforme orientações do Comitê de Ética em Pesquisa.

Para melhor compreender a integração de técnicas tradicionais às tecnologias digitais no contexto da produção em pequena escala, foram realizados estudos de caso de três empresas. O critério de seleção adotado foi a caracterização do espaço como marcenaria compartilhada, ou seja, a configuração das empresas como espaços de fomento para a produção, ensino e aprendizagem de técnicas de marcenaria (Quadro 1).

Quadro 1 - Empresas participantes da pesquisa

EMPRESAS	DESCRIÇÃO
A	São Paulo/SP: voltada ao ensino de marcenaria colaborativa; estimula o compartilhamento de informações e conhecimento, promovendo a cultura da vivência em comunidade.
B	São Paulo/SP: voltada aos profissionais do setor moveleiro, pequenos e médios fabricantes que necessitam de infraestrutura (máquinas e equipamentos) para produzir; espaço compartilhado; eventualmente oferece cursos voltados para o ensino de marcenaria.
C	Cruzeiro/SP: voltada à expansão dos conhecimentos em marcenaria, de forma sustentável, promoção de novos negócios, geração de renda e significado na vida das pessoas.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Conforme mencionado, os protocolos para a realização da *Survey* e dos Estudo de Caso foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Uberlândia na Plataforma Brasil. Em respeito ao contexto pandêmico da COVID-19, ficou estabelecido que seriam realizados em ambiente virtual e a identidade dos participantes não seria divulgada.

PRINCIPAIS RESULTADOS

SURVEY: QUESTIONÁRIO ORIENTADO AOS DESIGNERS

O questionário em formato eletrônico foi enviado para os 30 designers selecionados, mas apenas 21 retornaram suas respostas. Sobre o perfil dos respondentes, foram obtidos os seguintes dados: cinco profissionais atuam no contexto da produção sob encomenda, oito estão vinculados a uma produção em pequena escala, quatro trabalham com produção em média escala e quatro projetam mobiliário para indústrias que produzem em larga escala.

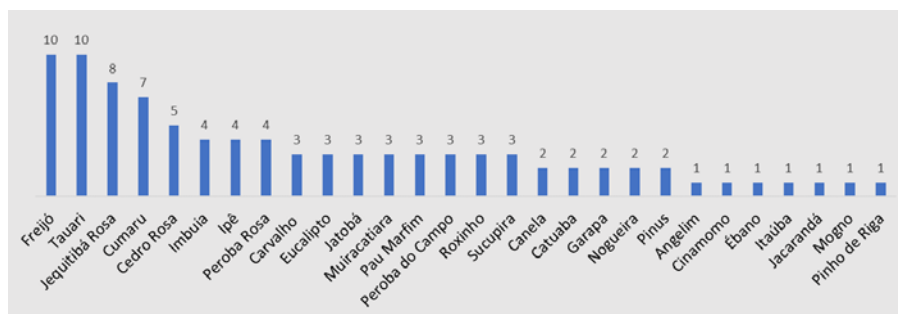
Composto por 13 questões, o questionário buscou coletar informações relacionadas aos elementos que caracterizam a marcenaria tradicional, à madeira como principal matéria-prima, ao emprego de tecnologias digitais na produção de móveis em madeira, como também aos aspectos de inovação e sustentabilidade.

Para os designers respondentes, os elementos que caracterizam a marcenaria tradicional são: 1) madeira como principal matéria-prima; 2) habilidade técnica e manual para a execução de encaixes mesmo com a utilização de máquinas; e 3) relação direta com a matéria-prima; 4) herança cultural.

Dentre as espécies de madeira mais utilizadas, as mais citadas foram: 1. Freijó e Tauari (10 menções), 2. Jequitibá Rosa (8 menções) e Cumaru (7 menções), 3. Cedro Rosa (5 menções), 4. Imbuia, Ipê, Peroba Rosa (3 menções). Outras como, Carvalho, Eucalipto, Jatobá, Muiracatiara, Pau Marfim, Roxinho, Sucupira, Canela, Catuaba,

Garapa, Nogueira, Pinus, Angelim, Cinamomo, Ébano, Itaúba, Jacarandá, Mogno e Pinho de Riga receberam entre três e uma menção, conforme mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 - Madeiras mais utilizadas pelos designers em suas criações

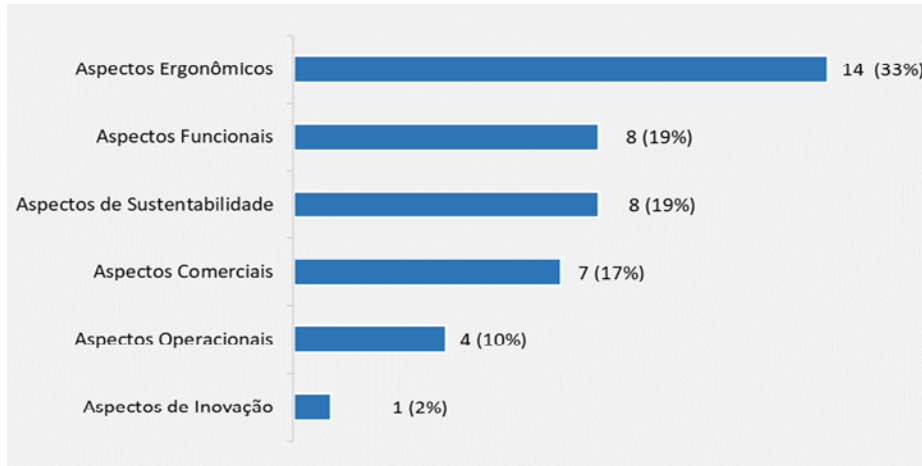


Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Quanto ao emprego de tecnologias digitais no processo de desenvolvimento de mobiliário pelo grupo respondente, observou-se que as máquinas digitais do tipo CNC e softwares compatíveis com o sistema CAD/CAM são utilizados pelos designers vinculados a empresas que produzem em grande escala. Conforme levantado no estudo, designers que atuam em pequena escala não utilizam tecnologias digitais, mas desejam incrementar sua produção mediante a integração de tecnologias ao processo.

Para entender a importância dos aspectos de sustentabilidade e inovação na criação e no desenvolvimento do móvel, uma das questões solicitou aos designers a indicação de aspectos mais relevantes no processo de projeto, dentre algumas opções. Como pode ser observado no gráfico 2, os “aspectos ergonômicos” foram a resposta mais apontada (14 indicações), seguidos pelos aspectos funcionais e de sustentabilidade (8 indicações).

Gráfico 2 - Aspectos relevantes no processo de projeto



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Os respondentes também foram questionados sobre as ações mais praticadas para reduzir o impacto ambiental durante o processo produtivo (gráfico 3). Cada respondente deveria apontar quatro respostas. Entre as ações sugeridas, a mais apontada foi a “criação de móveis com maior durabilidade” (12 respostas), seguida pelo “aproveitamento máximo da matéria prima” (11 respostas), tendo sido apontada unanimemente pelos profissionais que trabalham com produção em média escala. Em terceira posição está a “análise e utilização de materiais de baixo impacto ambiental” (7 respostas). Nesta alternativa, constatou-se um equilíbrio entre os respondentes dos quatro perfis, sinalizando que a preocupação com a escolha e a aquisição da matéria-prima é um fator presente no planejamento do produto independente da escala de produção.

Gráfico 3 - Ações praticadas para reduzir o impacto ambiental da atividade

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

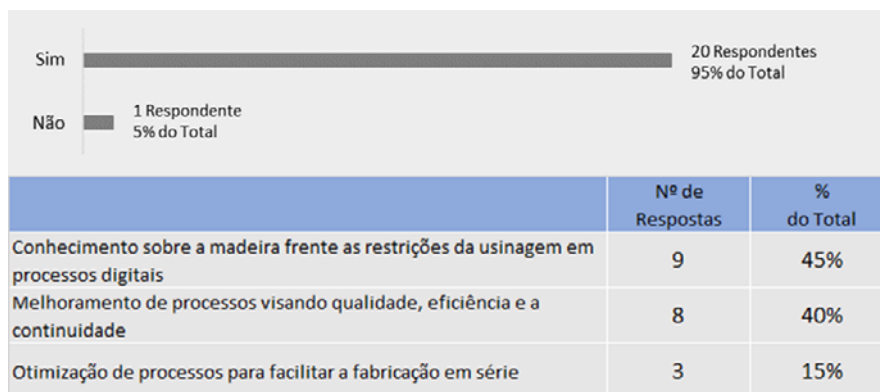
Em um formato de resposta aberta, uma das questões buscou compreender, de que maneira os designers alinham a inovação e o design na promoção do desenvolvimento sustentável. Para facilitar a análise, as respostas foram categorizadas por tema, a saber: materiais, processos, design e consumo.

Em relação às respostas que apontaram para a utilização de *materiais* sustentáveis, ficou evidente sobre o uso de madeira de reflorestamento e madeiras certificadas. Quanto aos *processos*, as respostas apontaram para a necessidade de implementação de processos produtivos mais eficientes e o uso de ferramentas de design. As respostas atribuídas ao *design* apontaram para a criação de produtos mais duráveis, capazes de transmitir a cultura da sustentabilidade, a necessidade de utilização de metodologias de design para o desenvolvimento de produtos e promoção do design atemporal. E sobre o *consumo*, foi apontado que o design deve promover a mudança de hábitos de consumo tornando os produtos mais eficientes e duradouros.

Nas questões sobre a viabilidade de integração de processos da marcenaria tradicional ao sistema de fabricação digital, as respostas demonstraram que 20 profissionais consideraram ser possível integrar os dois sistemas e apenas um

designer discorda. Além de responderem “SIM” ou “NÃO”, as respostas deveriam ser justificadas. Em virtude da diversidade de respostas, estas foram analisadas e categorizadas por tema (Gibbs, 2009), conforme mostra o gráfico 4.

Gráfico 4 - Sobre a viabilidade de integração dos sistemas de fabricação



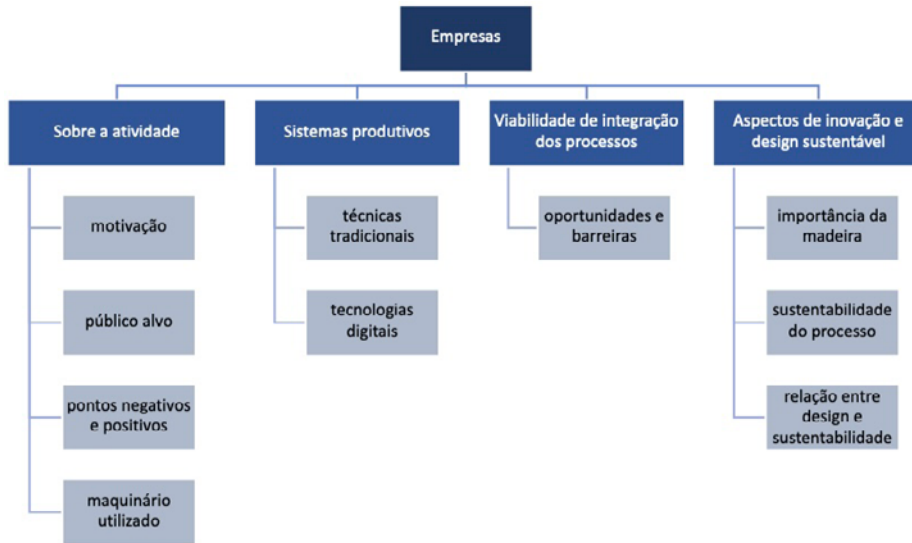
Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Segundo os respondentes, antes que haja a integração entre os sistemas produtivos (digital e artesanal), é necessário maior conhecimento sobre a madeira e as restrições que a variedade de espécies impõem à usinagem, principalmente nos sistemas digitais que utilizam fresadoras CNC.

ESTUDO DE CASO: MARCENARIAS COMPARTILHADAS

As entrevistas com os gestores das três marcenarias compartilhadas foram realizadas com o suporte da plataforma digital *Microsoft Teams* seguindo o protocolo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Plataforma Brasil. A figura 3 apresenta a estrutura guia de análise das entrevistas.

Figura 3 - Estrutura de Análise das entrevistas



Fonte: Elaborado pelas autoras (2023)

Após a transcrição das entrevistas, foi realizada a categorização temática (Gibbs, 2009) com base nos dados identificados e codificados permitindo a análise qualitativa do conjunto de respostas, em relação à quatro aspectos, a saber: modelo de atividade, técnicas de produção, viabilidade de integração de sistemas e inovação e design sustentável.

Para compreender o modelo de atividade praticado pela marcenaria compartilhada, as informações que subsidiaram a análise foram: a motivação do negócio, o público alvo, os pontos positivos e negativos da atividade e o maquinário necessário.

Outro aspecto de análise buscou entender como são abordadas as técnicas tradicionais e as tecnologias digitais tanto na prática quanto nos cursos de formação oferecidos pelas empresas citadas.

Sobre a viabilidade de integração dos dois sistemas (tradicional e digital), tema central deste artigo, foram analisados as oportunidades e os entraves, de acordo com as respostas dos entrevistados.

O quarto aspecto analisado está vinculado aos temas de inovação e design sustentável, sendo utilizados como elementos de análise a importância da madeira e a relação entre design e sustentabilidade.

DISCUSSÃO

A partir da análise das entrevistas, foi possível compreender que as marcenarias compartilhadas se apresentam como um modelo de atividade recente no Brasil, voltado para produção e ensino de marcenaria. Em geral, é uma estrutura dirigida ao público que se interessa por este ofício e deseja construir seus próprios objetos, como também para profissionais do setor que necessitam de espaço com maquinário específico para viabilizar a sua produção.

Como pontos positivos da atividade foram citados: estímulo à troca de experiência e conhecimentos; favorecimento do processo criativo; diminuição da ociosidade de maquinário disponível e geração de novas oportunidades de negócios além do fomento ao espírito de comunidade. De acordo com os entrevistados, os pontos negativos operacionais das estruturas compartilhadas são o surgimento de possíveis conflitos (de interesse e no uso dos espaços/equipamentos) e os riscos de acidente de trabalho. Por outro lado, esses aspectos podem ser vistos também como uma oportunidade para o fortalecimento das capacidades de gestão organizacional e administrativa dos espaços.

Sobre os tipos de maquinários necessários para sua operação, foram mencionados todos os equipamentos estacionários geralmente utilizados nas marcenarias artesanais ou semi-industriais, ferramentas elétricas de mesa, portáteis e manuais

além de máquinas para fabricação digital do tipo Fresadoras CNC, cortadoras a *laser* e impressoras 3D. Destaca-se que operação das máquinas requer um treinamento específico e instruções sobre o funcionamento e o manuseio do equipamento. Somente após o treinamento, é permitido aos usuários operarem as máquinas.

Em relação à modalidade mais praticada e procurada para os cursos, está a aprendizagem sobre a marcenaria tradicional e marcenaria básica. Os cursos têm duração variada, geralmente em torno de três meses e a abordagem não se restringe apenas ao conhecimento técnico, mas inclui também o estímulo à criatividade. Além disso, são oferecidos cursos para fabricação de móveis planejados utilizando materiais como o *Medium Density Fiberboard* (MDF). O sistema digital é adotado com menor intensidade, pois existe uma carência de conhecimentos relativos tanto ao aspecto projetual (do design dos objetos a partir do suporte de ferramentas digitais/softwares) quanto ao operacional (de manuseio dos equipamentos), dificultando inclusive a contratação de profissionais instrutores.

Sobre a viabilidade de integração dos dois sistemas de produção (tradicional e digital), constatou-se que esta prática já acontece em algumas empresas nas quais o volume de produção justifica o investimento da tecnologia digital e o aprimoramento técnico dos recursos humanos. Acredita-se que a carência de ofertas para a formação técnica específica voltada à fabricação digital, a falta de oportunidades de aproximação com tais equipamentos ou, em alguns casos, a baixa escolaridade de operários do setor para lidar com tecnologias computacionais são aspectos que podem afetar diretamente a difusão dessa prática produtiva. Esses aspectos indicam alguns desafios de ordem prática para a implementação de sistemas digitais de produção e, conseqüentemente, para a integração dos sistemas – tradicional e digital.

Dentre as oportunidades relacionadas à integração dos sistemas, está o possível aumento produtivo em função da agilidade do processo e seu potencial para a replicabilidade. Somado a isso está a facilidade de produzir móveis com encaixes

precisos que facilitam a sua montagem sem a necessidade de cola ou parafusos, devido à exatidão do corte.

Vale ressaltar ainda que um dos maiores entraves que dificultam esta aproximação recai sobre a dificuldade de criar normas e sistematizar processos para a usinagem de madeira maciça devido à extensa variedade e heterogeneidade desta matéria-prima. O gráfico 1, por exemplo, apontou o uso de quase 30 tipos de madeira maciça pelos designers. Assim, torna-se imprescindível desenvolver estudos para caracterizar os efeitos gerados no processo de usinagem, de acordo com as propriedades físicas e mecânicas do material. Tais estudos representam também uma oportunidade para a formação teórica (e prática) dos designers e marceneiros, com implicações diretas para o design de móveis a partir do conhecimento aprofundado do material – manuseio, resistência, coloração, acabamento - e adequação para suas diversas aplicações.

Em relação ao uso da madeira, a preocupação com a garantia do suprimento de forma sustentável é um dos aspectos prioritários de gestão, pois ela é a principal matéria-prima do sistema produtivo. A utilização da madeira de forma legal e eficiente, com menos geração de resíduos, a preocupação com a cadeia produtiva e com o ciclo de vida no desenvolvimento do produto foram citados como princípio de contribuição dos designers para a promoção da cultura da sustentabilidade.

Embora esses aspectos tenham sido apontados na *survey*, entende-se que as menções à criação de móveis mais duráveis ou à otimização da matéria prima (menos desperdício) na produção, por exemplo, podem estar relacionadas às questões de competitividade e custo-benefício do produto e não, necessariamente, à uma consciência ambiental do designer. Nesse sentido, uma das oportunidades de integração das tecnologias tradicional e digital está também na contribuição para uma formação profissional ampliada que ultrapassa a tecnológica-técnica-prática, incluindo uma formação ética-ambiental que possibilite a compreensão integral dos impactos resultantes das escolhas projetuais e da produção dos objetos.

Como discutido, a história da utilização da madeira como principal matéria-prima do setor moveleiro do Brasil remonta ao período de colonização e permanece até o momento atual. Assim, considera-se de fundamental importância intensificar as práticas sustentáveis para garantir a preservação deste recurso, permitindo a continuidade do sistema produtivo com benefícios para a sociedade, como um todo.

Uma das empresas entrevistadas enfatiza ainda a necessidade de intensificar o aproveitamento de materiais possivelmente destinados ao lixo, mas que podem ser reinseridos na produção de mobiliário, expandindo a cultura da sustentabilidade. As figuras 3 e 4 apresentam objetos criados por esta empresa a partir de antigos postes de madeira de energia elétrica. O reaproveitamento de materiais, além de ser uma prática sustentável, estimula a criatividade e a inovação, como potencial fator de diferenciação no mercado.

Figura 4 e 5 - Banco e banquetas utilizando madeiras provenientes de postes de madeira



Fonte: Fabrico Home (2022).

Por fim, as entrevistas apontaram que a inovação e a sustentabilidade estão implícitas nas ações desenvolvidas pelas marcenarias compartilhadas. A preocupação com os aspectos do design sustentável ficou, porém, mais evidente, concentrando-se na dimensão ambiental, particularmente nos mecanismos de proteção para a

correta exploração e aproveitamento total da madeira. Aos designers foi atribuído o potencial para promover mudanças em relação à exploração de recursos naturais e ao consumo responsável no desenvolvimento de produtos, ou seja, a utilização eficiente da matéria-prima com menos geração de resíduos no processo produtivo e a preocupação com o ciclo de vida.

Entretanto, vale destacar que a fiscalização efetiva da cadeia da madeira no Brasil ainda é um grande desafio pois, embora as madeireiras comercializem a matéria-prima com documentação garantindo sua origem e procedência, existem casos de certificação falsa que podem comprometer a licitude do mercado madeireiro. Nesse sentido, é necessário que os profissionais e marcenarias (compartilhadas ou não) estejam atentos à toda a cadeia produtiva da madeira, especialmente as oriundas de manejo controlado, diferentes das florestas plantadas de pinus e eucalipto, por exemplo, para garantir sua efetiva sustentabilidade.

No que se refere à inovação, pode-se relacionar o modelo organizacional da atividade compartilhada, como espaço colaborativo de aprendizagem, ao potencial transformador da inovação social na qual o conhecimento e a criatividade são exercitados de maneira flexível rompendo padrões consolidados, a partir do envolvimento de pessoas de perfis diferentes e interesses comuns que, ao colaborar, contribuem para a construção de novos conhecimentos e para a mudança social (Manzini, 2008).

CONCLUSÃO

Diante do cenário do avanço de tecnologias digitais em praticamente todos os setores produtivos, torna-se imperativo atentar para a formação de profissionais do setor moveleiro para que sejam capazes de acompanhar as possibilidades de desenvolvimento e soluções para todos os portes de negócios visando atender as demandas do mercado, de forma consciente e responsável.

O processo de abertura e colaboração, facilitado pelo uso de tecnologias digitais, possibilita novas formas de projetar, fabricar e distribuir, propiciando o surgimento de configurações socioeconômicas inovadoras e potencializando o papel do designer no sistema de produção e consumo mais sustentáveis. Ademais, o acesso e o compartilhamento destas tecnologias incentiva a prática de projetos colaborativos e o aprendizado participativo, favorecendo a inovação tecnológica e social. Modelos tradicionais de fabricação estão sendo reavaliados e ressignificados.

Durante a pesquisa, um dos aspectos apontados como um entrave para a produção de móveis em pequena escala foi o alto custo atribuído à tecnologia CNC. Por essa razão, as marcenarias compartilhadas podem representar uma nova oportunidade para o fomento do empreendedorismo e o avanço do conhecimento em tecnologias digitais contribuindo não somente para o desenvolvimento tecnológico do setor, mas também para o desenvolvimento social por meio da qualificação da mão-de-obra e ampliação do conhecimento por parte dos operadores.

A exemplo do sistema *"Tsugite"* desenvolvido no Japão a partir dos modelos tradicionais mais utilizados na carpintaria, cuja principal matéria-prima é a madeira, a marcenaria no Brasil é uma atividade que conserva aspectos de tradição de várias culturas e podem ser ressignificados com a integração das tecnologias digitais na execução de encaixes de madeira. O grande desafio está em identificar as ferramentas capazes de apoiar esta integração visando orientar novas diretrizes para a formação de profissionais com competências para conciliar a gestão da tecnologia, a essência do trabalho artesanal e a cultura da sustentabilidade.

Ainda conforme apontado, o sistema digital de produção ainda depende do tradicional pois o conhecimento da matéria-prima e das técnicas de encaixe e montagem inerentes ao sistema tradicional é essencial na definição dos parâmetros para a otimização dos processos do sistema digital. A materialidade, aspecto indissociável do sistema tradicional, também não pode ser anulada pelas

tecnologias digitais, pois não é possível perceber o toque das fibras de uma madeira através de códigos numéricos.

Por fim, entende-se que a eficiência da produção e efetiva redução do desperdício de matéria-prima demanda o desenvolvimento de estudos aprofundados sobre as propriedades das diferentes espécies de madeiras em relação à usinabilidade das mesmas. De forma complementar, a fabricação digital aplicada ao uso da madeira maciça também requer um desdobramento teórico e prático que torne possível seu avanço na formação ou capacitação técnica de novos profissionais, sejam eles designers, artistas, marceneiros que atuam tanto na criação/concepção de objetos de madeira quanto na própria fabricação ou, idealmente, em ambos os processos. Somente a partir de uma série de iniciativas implementadas de forma articulada será possível orientar (e contribuir para a adoção de) práticas mais sustentáveis no setor moveleiro, tanto em termos de integração de processos produtivos digitais e tradicionais quanto de design de produtos de madeira maciça, com alto valor agregado, social e culturalmente referenciados e com respeito ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

1. ABIMÓVEL. *Divulga dados do setor de móveis*. Dados e informações sobre a Indústria e Comércio de Móveis. Abimóvel, jun. 2019. Disponível em: <http://abimovel.provisorio.ws/index.php?url=noticia/abimovel-divulga-dados-do-setor-de-moveis,258>. Acesso em: 30 mar. 2023.
2. ARRUDA, Glória Lucía Rodríguez Correia de. *O design na indústria moveleira brasileira e seus aspectos sustentáveis: estudo de caso no polo moveleiro de Arapongas-Pr*. 2009. Dissertação (Mestrado em Design) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/89711?show=full>. Acesso em: 2 jun. 2021.
3. BARDI, Pietro M. *Mestres, artífices, oficiais e aprendizes no Brasil*. Arte e cultura. São Paulo: Raízes Artes Gráficas, 1981.
4. BOOTH, Sam; PLUNKETT, Drew. *Mobiliário para o design de interiores*. Tradução de Alexandre Salvaterra. São Paulo: Editorial Gustavo Gili, 2015.
5. CHEATLE, Amy; JACKSON, Steven J. Digital entanglements: craft, computation and collaboration in fine art furniture production. *In: ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK & SOCIAL COMPUTING (CSCW '15)*, 18th, 2015, Vancouver, Canada. *Proceedings [...]*. New York, NY: Association for Computing Machinery, 2018. p. 958--968. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1145/2675133.2675291>. Acesso em: 2 fev. 2021.
6. FABRICO HOME. *Banco e banquetas de madeira*. Instagram: @fabrico_home. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/Cnw45-AuPpi/>. Acesso em: 29 nov. 2022.
7. FAVERO, Marcos. *Fabricação digital, tectônica e projeto - catálogo de encaixes em madeira*. *Vitruvius Arquitectos*, São Paulo, ano 21, n.

- 242.02, jul. 2020. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/21.242/7809>. Acesso em: 2 fev. 2021.
8. FERREIRA, Marcos; GORAYEB, D.; ARAÚJO, R.; MELLO, C; BOEIRA, J.L.F. *Relatório de acompanhamento setorial*. Campinas: UNICAMP-IE-NET, 2008.
 9. GALINARI, Rangel; TEIXEIRA JÚNIOR, Job R.; MORGADO, Ricardo R. *A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas*. Rio De Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2013. Setorial n. 37, p. 227-272. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1516>. Acesso em: 5 jun. 2021.
 10. GIBBS, Graham. *Análise de dados qualitativos*. Tradução de Artmed Editora. Porto Alegre: Artmed, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/r4FdF5GjphXnyPKYmpDWZFx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 nov. 2022.
 11. GORINI, Ana Paula F. *A indústria de móveis no Brasil*. Curitiba: Alternativa Editorial, 2000.
 12. GUERREIRO, Ériko Daniel Ricardi. *Estratégias de produção em microempresas de marcenaria*. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2012.
 13. INSTITUTO DE INOVAÇÃO, COMPETITIVIDADE E DESIGN. Encaixes tradicionais de madeiras adaptados para CNC! Porto Alegre: IICD: UFRGS, 2020. <https://www.ufrgs.br/iicd/2018/05/30/encaixes-tradicionais-de-madeiras-adaptados-para-cnc/>. Acesso em: 17 maio 2021.
 14. LARSSON, Maria; HIRONORI, Yoshida; NOBUYUKI, Umetani; TAKEO, Igarashi. *Tsugite: interactive design and fabrication of wood joints*. In: Annual ACM SYMPOSIUM ON USER INTERFACE SOFTWARE AND TECHNOLOGY, 33rd, 2020 - Virtual Event USA. *Proceedings* [...]. New York, NY: Association for Computing Machinery, 2020. DOI:10.1145/3379337.3415899

15. MAGRI, Paulo Henrique G. *A digitalização do design de mobiliário no Brasil: panorama e tendências*. 2015. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002709562>. Acesso em: 20 jan. 2021.
16. MANZINI, Ezio. *Design para inovação e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais*. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.
17. MATTAR, Fauze N. *Pesquisa de marketing*. São Paulo: Editora Atlas, 1996.
18. ORCIUOLI, Affonso. Marcenaria digital: design e fabricação sustentável. *In: SIGRADI 2012 - FORMA (IN) FORMAÇÃO*, 2012, Fortaleza, CE. *Anais [...]*. Fortaleza: SIGraADi, 2012. p. 653 - 656.
19. SANTI, Maria Angélica. *Mobiliário no Brasil: origens da produção e da industrialização*. São Paulo: Senac, 2013.
20. SANTOS, Aguinaldo. *Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduando em design e áreas afins*. Curitiba: Insight, 2018.
21. SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos. *Móvel moderno no Brasil*. São Paulo: Editora Senac: Editora Olhares, 2017.
22. SIMEK, Milan; SEBERA, Vaclav. Traditional furniture joinery from the point of view of advanced technologies. *In: INTERNATIONAL CONVENTION OF SOCIETY OF WOOD SCIENCE OF TECHNOLOGY AND UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE - TIMBER COMMITTEE*. 2010, Geneva, Switzerland. *Proceedings [...]*. Disponível em <https://www.swst.org/wp/meetings/AM10/pdfs/WS-74%20Simek%20Servera%20Paper.pdf> Acesso em: 17 maio 2021.
23. TEIXEIRA, Maria Angélica. *Mobiliário residencial brasileiro: criadores e criações*. Uberlândia: Editora Zardo, 1996.

24. UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS; ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Relatório de acompanhamento setorial indústria moveleira*. Campinas, SP: Unicamp; Brasília, DF: ABDI, 2008. v. 1. Disponível em: https://www3.eco.unicamp.br/neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/moveleira_vol-I_junho2008.pdf. Acesso em: 28 abr. 2022.
25. WANG, Jun; WU, Zhihui. The application of traditional and innovative technologies in studio furniture. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTROMECHANICAL CONTROL TECHNOLOGY AND TRANSPORTATION*, 2015, Zhuhai City, China. *Proceedings* [...]. Dordrecht: Atlantis Press, 2015. p. 404-409. DOI: <https://dx.doi.org/10.2991/icectt-15.2015.77>
26. ZHENG, Clement; DO, Ellen Yi-Luen; BUDD, Jim. Joinery: parametric joint generation for laser cut assemblies. *In: C&C '17: PROCEEDINGS OF THE 2017 ACM SIGCHI CONFERENCE ON CREATIVITY AND COGNITION*, 2017, Singapore. *Proceedings* [...]. United States: SIGCHI, 2017. p. 63-74.
27. ZURLO, Francesco; NUNES, Viviane dos Guimarães A. *Designing pilot projects as boundary objects: a Brazilian case study in the promotion of sustainable design*. Milão: POLIMI SpringerBriefs; Cham, Heidelberg: Springer, 2016. E-book. ISBN 978-3-319-23141-9. DOI 10.1007/978-3-319-23141-9. 2016