



BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA ADOÇÃO DA IoT NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MÓVEIS

Dusan Schreiber ¹
Cristiane Froehlich ²
Alexandre André Feil ³
Wilson José Becker ⁴
Bruna Haubert ⁵

RESUMO

Objetivo: Verificar as possíveis contribuições da adoção da IoT (Internet das Coisas) no processo de fabricação de móveis para mitigar o impacto ambiental.

Referencial teórico: Com o intuito de construir a lente teórica, para interpretar os dados empíricos, os autores revisaram a literatura científica que versa sobre Manufatura Verde, Tecnologia IoT, bem como uma caracterização do Mercado Moveleiro.

Método: Optou-se pela estratégia de estudo de caso único, em uma das maiores fabricantes de móveis do Brasil, abordagem qualitativa, coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores da organização investigada, diretamente vinculados a processos de manufatura, além de levantamento documental, a partir de registros internos da indústria e observação sistemática participante.

Resultados e conclusão: Os resultados da pesquisa evidenciaram que a indústria Alfa adota a tecnologia IoT, tanto para maior eficiência produtiva, como para mitigar os impactos ambientais, em relação ao melhor controle da matriz energética, de consumo de insumos no processo produtivo e para evitar/diminuir a ocorrência de retrabalho, de controle de movimentação interna e de otimização do espaço para armazenamento de insumos e de produtos acabados.

Implicações da pesquisa: Como contribuições gerenciais destaca-se o conjunto de evidências empíricas que apontam para a viabilidade técnica de adoção da tecnologia IoT no setor analisado, tanto para maior eficiência do processo produtivo como para **mitigar o impacto ambiental, o que pode induzir mais pesquisas acadêmicas e assim beneficiar a sociedade.**

Originalidade/valor: Trata-se de um estudo ainda pouco explorado na literatura científica.

Palavras-chave: Impacto Ambiental, Indústria de Móveis, Internet das Coisas, Indústria 4.0.

¹ Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: dusan@feevale.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4258-4780>

² Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: cfroehlich@feevale.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7198-6469>

³ Universidade UNIVATES, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: afeil@univates.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2217-3351>

⁴ Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: wilson.becker@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5585-7779>

⁵ Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: bruhaubert@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0535-3572>



ENVIRONMENTAL BENEFITS ARISING FROM THE ADOPTION OF IoT IN THE FURNITURE MANUFACTURING PROCESS

ABSTRACT

Purpose: Verify the possible contributions of adopting IoT (Internet of Things) in the furniture manufacturing process to mitigate environmental impact.

Theoretical background: In order to build the theoretical lens to interpret the empirical data, the authors reviewed the scientific literature about Green Manufacturing, IoT Technology, as well as a characterization of the Furniture Market.

Method/design/approach: We opted for a single case study strategy, in one of the largest furniture manufacturers in Brazil, a qualitative approach, data collection through semi-structured interviews with managers of the investigated organization, directly linked to manufacturing processes, in addition to documentary survey, from internal industry records and systematic participant observation.

Results and conclusion: The research results showed that the Alfa industry adopts IoT technology, both to improve productive efficiency and to mitigate environmental impacts, in relation to better control of the energy matrix, consumption of inputs in the production process and to avoid/reduce the occurrence rework, control of internal movement and optimization of space for storing inputs and finished products.

Research implications: As managerial contributions, we highlight the set of empirical evidence that points to the technical feasibility of adopting IoT technology in the furniture manufacturing, both to improve efficiency in the production process and to mitigate the environmental impact, which can induce further academic research and thus benefit the society.

Originality/value: This is a study that is still little explored in the scientific literature.

Keywords: Environmental Impact, Furniture Industry, Internet of Things, Industry 4.0.

BENEFICIOS AMBIENTALES DE ADOPTAR IoT EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE MUEBLES

RESUMEN

Objetivo: Verificar los posibles aportes de la adopción de IoT (Internet de las Cosas) en el proceso de confección de muebles para mitigar el impacto ambiental.

Referencia teórica: Para construir la lente teórica, interpretar los datos empíricos, los autores revisaron la literatura científica que trata de la Fabricación Verde, la Tecnología de IoT, así como una caracterización del Mercado de Muebles.

Método: Se eligió la estrategia de estudio de caso único, en uno de los mayores fabricantes de muebles de Brasil, enfoque cualitativo, recolección de datos a través de entrevistas semiestructuradas a directivos de la organización investigada, directamente vinculados a procesos de fabricación, así como encuesta documental, a partir de registros internos de la industria y observación sistemática participante.

Resultados y conclusión: Los resultados de la investigación mostraron que la industria Alfa adopta la tecnología IoT, tanto para una mayor eficiencia productiva, como para mitigar impactos ambientales, en relación con un mejor control de la matriz energética, el consumo de insumos en el proceso de producción y evitar/disminuir la ocurrencia de retrabajos, control del movimiento interno y optimización del espacio para el almacenamiento de insumos y productos terminados.

Implicaciones de la investigación: Como aportes gerenciales se destaca el conjunto de evidencias empíricas que apuntan a la viabilidad técnica de adoptar la tecnología IoT en el sector analizado, tanto para una mayor eficiencia del proceso productivo como para mitigar el impacto ambiental, lo que puede inducir más investigación académica y así beneficiar a la sociedad.

Originalidad/valor: Se trata de un estudio poco explorado todavía en la literatura científica.



Palabras clave: Impacto Ambiental, Industria Del Mueble, Internet De Las Cosas, Industria 4.0.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1 INTRODUÇÃO

A fabricação de móveis, juntamente com elaboração de vestimentas, calçados e preparo de alimentos, é considerada uma das atividades econômicas mais tradicionais da humanidade, pois desde seus primórdios, o ser humano precisava adaptar o seu habitat, para sua melhor organização e assegurar sua sobrevivência (Litchfield, 2011). Mesmo que de maneira improvisada, o ser humano se adaptou ao contexto e desenvolveu a capacidade de reconhecer o valor de uso de materiais encontrados na natureza e transformá-los em objetos de uso pessoal (Montenegro, 1995). A madeira, encontrada em abundância na natureza, representou a matéria prima preponderante no referido processo de transformação (Lopes, 2004).

Ao longo do tempo, com o aumento exponencial da população humana, associada ao aprimoramento da capacidade cognitiva e avanços científicos e tecnológicos, a demanda do ser humano tanto por itens de consumo como por bens duráveis, como mobiliário, também cresceu, tensionando a relação do ser humano com o meio natural (Oates, 1981; Litchfield, 2011; Pang & Zhang, 2019). A exploração de reservas naturais para atender a contínua e crescente demanda da população humana resultou na precarização do meio ambiente, cujos sinais mais evidentes foram percebidos, especialmente, a partir do século passado, com a ocorrência de diversos episódios de catástrofes naturais, em todos os continentes (Toke & Kalpande, 2019).

A preocupação com o evidente agravamento da qualidade ambiental motivou o surgimento de iniciativas de articulação de grupos sociais para repercutir e visibilizar os riscos ao meio ambiente, decorrente de atividades antrópicas, bem como para pressionar os representantes legais, na maioria dos países, para promulgar legislação de proteção ao meio ambiente. Este processo de articulação da sociedade civil organizada se intensificou, especialmente nas últimas décadas, com resultados positivos (Freitas, 2012). Atualmente maioria dos países já possui legislação de proteção ambiental consistente e robusta, para regular tanto a vida de pessoas físicas, como a atuação de organizações, públicas ou privadas, que geram impacto ambiental (Schreiber, 2023).

Ao mesmo tempo, os avanços científicos e tecnológicos, notadamente nas últimas décadas, contribuíram, de forma relevante, para melhorar a condição de vida do ser humano,



com a concepção e introdução de máquinas e equipamentos em atividades pesadas e insalubres, bem como para seu lazer, entretenimento, saúde e segurança. Dentre dos mencionados avanços destaca-se a rede mundial de computadores, a internet, em especial a democratização do acesso à mesma, nos últimos trinta anos, para empresas e pessoas físicas, tanto por meio de computadores, como pela utilização de aplicativos em equipamentos móveis, como celulares (Zhong *et al.*, 2017; Xu, Xu & Li, 2018).

No âmbito empresarial os referidos avanços em eletrônica e computação embasaram o desenvolvimento de amplo leque de tecnologias direcionadas para a automação de processos operacionais, com aumento expressivo de níveis de produtividade, eficiência, redução de tempos de produção e de volumes de resíduos gerados (Wang *et al.*, 2016). A profusão de novas tecnologias, especialmente as digitais, motivou o grupo de pesquisadores alemães a propor, no ano 2010, o conceito da indústria 4.0 que reuniu o conjunto de nove tecnologias específicas, dentre as quais está a IoT (internet das coisas).

As organizações, especialmente as indústrias, analisaram e identificaram diversas funcionalidades da IoT que poderiam contribuir para alcançar mais altos níveis de eficiência produtiva e auxiliar na organização e gestão de processos operacionais. Além disso, recentemente, foi evidenciado, também, o potencial da IoT para mitigar os impactos ambientais, a partir de sua adoção em processos operacionais (Sacomano *et al.*, 2018).

Nesta perspectiva, o objetivo da pesquisa consistiu em verificar as possíveis contribuições da adoção da IoT no processo de fabricação de móveis para mitigar o impacto ambiental. A representatividade do objeto analisado motivou a opção metodológica pela estratégia de estudo de caso único, abordagem qualitativa, com a coleta de dados empíricos por meio de entrevistas em profundidade, observação sistemática participante e levantamento documental. Os dados empíricos obtidos ao longo do estudo foram submetidos à análise de conteúdo.

O trabalho inicia com esta introdução, sendo sequenciado com a revisão teórica sobre Manufatura Verde, Tecnologia IoT e descrição breve do Mercado Moveleiro. Em seguida, detalha-se o percurso metodológico adotado na pesquisa. O tópico de Análise e discussão de resultados é apresentado na sequência, juntamente com as Considerações finais e Referências.



2 MANUFATURA VERDE

A atividade industrial, que é considerada a segunda maior atividade geradora de impactos ambientais (Riege, Staudt & Daroit, 2012; Oliveira Neto *et al.*, 2015), desencadeia diversos problemas como a poluição de corpos hídricos com o descarte inadequado de resíduos, a devastação de florestas, poluição atmosférica e aquecimento global com emissão de gases de efeito estufa, além de impactos que desencadeiam o desbalanço da cadeia alimentar, impactos na saúde humana, na fauna e flora, dentre outros efeitos nocivos ao planeta de modo geral.

Entende-se que os sistemas econômicos precisam se sustentar, para manter em equilíbrio os sistemas sociais, suprindo as necessidades humanas. No entanto, é preciso prioritariamente manter os recursos naturais que fornecem subsídios aos sistemas anteriores, e é neste ciclo que a sustentabilidade deve se estabelecer. É preciso compreender que a indústria moderna, impulsionada pela crescente demanda da sociedade consumidora, avança alarmantemente na exploração de recursos de forma simultânea à degradação ambiental, provocada em consequência da sua atividade, comprometendo diretamente a sustentabilidade. Neste sentido, em crítica à inércia em relação aos impactos provocados, Freitas (2012) relata que o desenvolvimento econômico, ou social, que nega os aspectos ambientais, é insustentável.

Para tornar um processo de manufatura verde, Toke e Kalpande (2019) descrevem alguns princípios como elementos determinantes para obtenção de um resultado efetivamente verde. Dentre os aspectos elucidados, citam-se: a atuação e engajamento da alta gerência, o engajamento e treinamento dos colaboradores da organização, o gerenciamento e estabelecimento de critérios de homologação de fornecedores, o gerenciamento adequado de informações, investimentos em tecnologias de suporte à manufatura verde e logística, bem como investimento em novos conhecimentos para os colaboradores.

Para Rehman, Seth e Shrivastava (2016) os principais impulsionadores da manufatura verde são: comprometimento da alta administração, processos verdes, design, compras/marketing, embalagem, transporte, logística reversa, envolvimento total dos funcionários, gestão de fornecedores, opinião pública, valor para os acionistas, redução de custos, legislação atual e futura, pressão dos pares, economia de custos, competitividade, demanda do cliente, pressão da cadeia de suprimentos.

Além dos fatores ressaltados, Toke e Kalpande (2019) e Pang e Zhang (2019), complementam que a lógica do pensar verde deve ser inserida no planejamento, tanto da produção quanto na política de compras de insumos. Da mesma forma que se deve pensar na



adoção de fontes de energias limpas e renováveis, adoção de indicadores para controle e monitoramento de energia, águas residuais, emissões atmosféricas e resíduos sólidos.

No tocante a gestão adequada de resíduos, destaca-se a Lei Federal 12.305 (Brasil, 2010) que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual compreende um conjunto de diretrizes que orientam estados e municípios brasileiros na gestão dos resíduos sólidos e sugere instrumentos que permitem o enfrentamento dos problemas gerados em função do manejo inadequado dos resíduos. A PNRS objetiva promover a não geração, redução, reutilização e tratamento de resíduos sólidos, bem como a destinação final ambientalmente correta dos resíduos e a redução do uso dos recursos naturais no processo produtivo, fatores que estão alinhados aos princípios da Manufatura Verde. A PNRS surge como apoio para nortear as indústrias no manejo destes resíduos com práticas adequadas (Schreiber, 2023).

Cabe destacar que o impacto das práticas e iniciativas verdes varia de acordo com o setor. Neste sentido, Rehman, Seth e Shrivastava (2016) relatam que tais práticas contribuem com resultados positivos tanto em desempenho financeiro quanto ambiental. Busca-se com a manufatura verde maximizar a eficiência de materiais e energia, criar valor a partir de resíduos, transição para processos renováveis, entregar funcionalidade em vez de propriedade e adotar uma função de administração (Bocken *et al.*, 2014, Rehman, Seth & Shrivastava, 2016).

De modo geral, a adoção de medidas atreladas aos princípios de manufatura verde tem se demonstrado essencial, para contribuir com um cuidado global para com o meio ambiente, visto que os relatórios ambientais evidenciam um consumo demasiado de recursos naturais. Neste sentido, Wang *et al.* (2016) evidenciam dois aspectos sobre a insustentabilidade do paradigma industrial atual. Como primeiro aspecto, os autores expõem os níveis de impacto da produção industrial no meio ambiente, fato que contribui severamente com o aquecimento global e o aumento da poluição ambiental.

Além disso, Wang *et al.* (2016) e Schreiber (2023) apontam negativamente o consumo de derivados do petróleo e carvão, recursos não renováveis, bem como o envelhecimento da população que oferta decrescentemente a força de trabalho. Estes são fatores que devem ser considerados para repensar sistemas operacionais de manufatura. O desenvolvimento tecnológico pode facilitar a implementação de práticas verdes em indústrias, oportunizando a concepção de fábricas inteligentes, com sistemas mais eficientes em termos de consumo de recursos e responsabilidade ambiental.



3 INTERNET DAS COISAS - IoT

A IoT (*internet-of-things*) é considerada uma mudança paradigmática do uso da internet, por facultar a sua aplicação em objetos (coisas), permitindo o compartilhamento de dados gerados em tempo real acerca de situações específicas, subsidiando o processo de tomada de decisão ou intervenção. Desta forma, possibilita-se adoção de ações e medidas preditivas, com redução de riscos e de custos, contribuindo, também, para a sustentabilidade da operação (Chan *et al.*, 2012).

Miorandi *et al.* (2012) afirmam que as coisas que são conectadas à internet assumem uma identidade própria, por possuir nome e endereço, ter capacidade e relativa autonomia no processo de geração e processamento de dados, bem como de ações, específicas, condicionadas a contextos pré-definidos, relacionados aos dados gerados. Nesta perspectiva Li *et al.* (2011) e Solima *et al.* (2016) constataram que o conceito de IoT converge para os seguintes elementos estruturantes: sensor, roteador, dispositivo de comunicação e aplicação/ *software*, hospedado na nuvem. Cabe ressaltar, ainda, a variedade de aplicações/ programas, de monitoramento, da rede de sensores e de dispositivos eletrônicos, que podem ser controlados remotamente pela internet.

Minerva, Biru e Rotondi (2015) perceberam divergências conceituais da IoT e sugeriram a sua definição como um conjunto ou rede de itens que são necessários para a operacionalização da IoT, com destaque para sensores, *software* e internet. Vale ressaltar que a concepção da referida tecnologia não é recente, tendo sua origem no trabalho seminal do cientista de computação Mark D. Weiser, publicado na revista *Scientific American* (1991) no qual ele detalhou o conceito de computação ubíqua, já prevendo que os computadores e dispositivos de processamentos computacional de dados, seriam adotados cada vez mais pelas indústrias, facultando a sua onipresença, tanto em ambientes fabris, como no cotidiano das pessoas.

Em um ambiente de manufatura inteligente habilitada para atuação com IoT, pressupõe-se que ocorram interações pessoa-pessoa, pessoa-máquina e máquina-máquina. A coleta de dados ocorre em tempo real por meio de dispositivos interconectados em rede (Zhong *et al.*, 2017). A IoT não pode ser considerada apenas como a conectividade de máquina a máquina. A sua definição se estende, ao criar uma rede inteligente invisível que pode ser controlada e programada, tornando objetos físicos inteligentes e que se comunicam instantaneamente e de forma independente (Bongomin *et al.*, 2020).

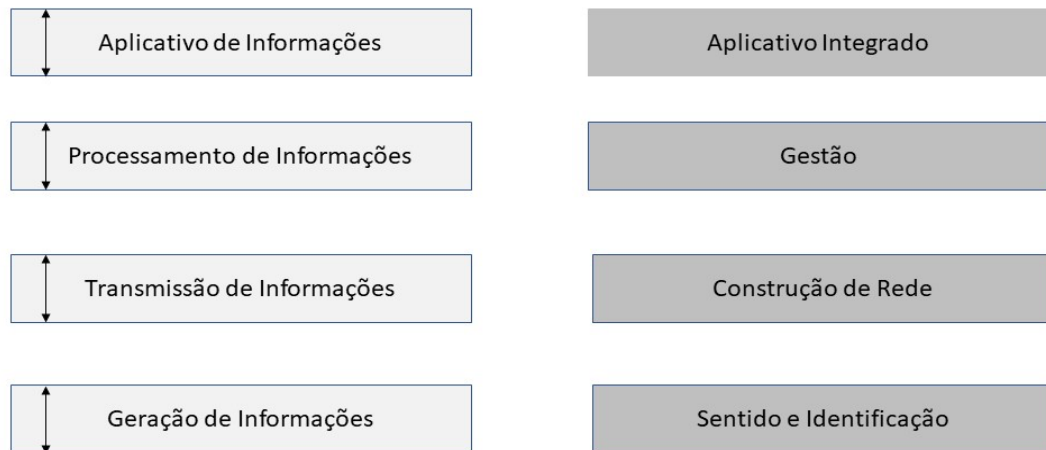


A IoT refere-se à interconexão digital de dispositivos com a internet. Xu, Xu e Li (2018) descrevem três camadas no ambiente de IoT, sendo elas: camada de plataforma, camada de aplicação e camada de soluções da indústria. A camada da plataforma IoT conecta dispositivos para receber e transmitir dados e transmite informações dos dispositivos para a camada de aplicativo. A camada de aplicação avalia o status do equipamento e integra a IoT com técnicas de processamento cognitivo, como: análise de dados, automação e aprendizado de máquina para avaliar os fatores dinâmicos que contribuem para a produção. A tomada de decisão é impulsionada pela análise dos dados coletados e processados através da rede IoT. A camada de soluções do setor adiciona o conhecimento do domínio à camada de aplicativo.

Sob outra perspectiva, Bongomin *et al.* (2020) apresentam três camadas como arquitetura arquetípica, sendo: (i) camadas de percepção, com sensores para adquirir dados, (ii) camadas de rede que atua como plataforma de transmissão de dados, e (iii) camadas de aplicação onde o ambiente inteligente é criado. Este modelo conceitual é corroborado por Nozari *et al.* (2021), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1

Arquitetura da Internet das Coisas



Fonte: Nozari *et al.* (2021, p. 82).

A primeira camada é representada pela geração de informações, na qual os dados são detectados por meio de sensores, atuadores e *tags*, construídos e programados com este propósito. Na segunda camada as informações são compartilhadas por meio de rede sem fios. Na terceira camada ocorre o processamento de informações, com base em *softwares* específicos e diferentes características e finalidades. Na última, quarta camada, os dados gerados são



transformados em informações, em formato factível de ser utilizado pelo usuário final, com suporte à tomada de decisão (Nozari *et al.*, 2021).

Como exemplo, Xu, Xu e Li (2018) citam uma empresa de produção de cimento que aplicou a tecnologia IoT com algoritmos avançados de aprendizado de máquina para estimar a tendência de consumo de energia. Conforme os resultados evidenciados, o aplicativo otimizou o consumo de energia da empresa, reduzindo em 10% o consumo. A IoT também é conhecida como computação onipresente, inteligência ambiental ou ainda, eletrônica distribuída (Xu, Xu & Li, 2018).

O RFID (identificação por radiofrequência) é um dos pilares da IoT. Desde a década de 1980, o RFID tem sido utilizado para identificar e rastrear objetos. Possui aplicabilidade em diversos setores, incluindo manufatura. Em sua concepção, o RFID é uma tecnologia que utiliza comunicação sem fio. Embora esta tecnologia tenha sido desenvolvida inicialmente para fins de rastreamento e identificação, atualmente tem atendido outras aplicações, o que levou ao desenvolvimento de uma nova gama de sensores sem fio baseados em RFID (Xu, Xu & Li, 2018, Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2019).

Sintetizando a relação entre este arcabouço de tecnologias, Chituc, Azevedo e Toscano (2009) e Lu (2017) mencionam o conceito de interoperabilidade da Indústria 4.0, referindo-se à operação em rede, em que é possível 2 ou mais sistemas se comunicarem e utilizarem funcionalidades, um de outro. A interoperabilidade da Indústria 4.0, pode conceber a síntese de *softwares*, promovendo soluções para o contexto empresarial. Os princípios da interoperabilidade são: acessibilidade, multilinguismo, segurança, privacidade, subsidiariedade, uso de padrões abertos, software de código aberto e soluções multilaterais (Lu, 2017).

Schwab (2017) afirma que o cenário previsto foi viabilizado principalmente pelos avanços tecnológicos que resultaram na redução do tamanho de componentes eletrônicos, bem como do custo de fabricação de semicondutores, como consequência da escala alcançada. Uma outra característica que favorece a adoção da IoT, segundo Adi *et al.* (2020), é a possibilidade de armazenamento dos dados gerados, em nuvem, à disposição de processamento em tempo real ou a posteriori. Sacomano *et al.* (2018) destacam, também, que a utilização da IoT pode oferecer novas oportunidades de negócios, contribuindo para a consolidação do modelo de cidades inteligentes, bem como indicar alternativas para tornar a manufatura sustentável. Corrêa (2019) complementa a lista de benefícios com a constatação de que a informação pode fluir nos dois sentidos, viabilizando as atualizações e manutenções remotas.



4 MERCADO MOVELEIRO

Compreender os pontos fracos, identificar as ameaças e os pontos fortes do mercado moveleiro, é considerado essencial para demonstrar as principais características deste setor econômico. A cadeia produtiva moveleira se caracteriza por um panorama complexo, com múltiplos insumos, como equipamentos e máquinas, madeira (preferencialmente certificada), metal, plástico, couro, espuma, tecido, como principais materiais, sendo extraídos, fabricados e vendidos, para, e por, diversos atores que atuam na cadeia de fornecimento de móveis, como fabricantes, distribuidores e varejistas (Dalalah *et al.*, 2022). As matérias-primas são transformadas em produtos com vários níveis de integração das mesmas, como produtos constituídos predominantemente por uma delas, como madeira, metal, ou combinação complexa destes (Silva, Massote & Lima, 2022). Os produtos são vendidos aos distribuidores e varejistas, que os vendem aos consumidores, no mercado nacional ou no exterior. Os operadores logísticos prestam serviços de transporte de matérias-primas ou produtos, desde fornecedores até distribuidores, varejistas e consumidores. Todo esse processo é mediado por agentes financiadores e deve seguir leis e normas que regulam as relações entre fornecedores e consumidores, sendo monitorado pelo governo e pelos sindicatos.

Como integrantes da cadeia produtiva moveleira, além das próprias indústrias e seus fornecedores, podem ser destacados agentes financeiros e órgãos governamentais. Segundo a Fiep (2017), o elo entre a cadeia produtiva e os setores de apoio é essencial para o desenvolvimento da cadeia moveleira. Não são apenas mencionadas as relações governo/empresas, mas também as relações entre instituições com sistemas de aprendizagem, sindicatos, empregadores e empregados.

O setor de fabricação de móveis costuma ser classificado de acordo com a matéria-prima mais utilizada no processo produtivo. A classificação publicada em 2007, realizada pela Comissão Nacional de Classificação (CONCLA)/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que administra a CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), publicou a versão 2.0 e apresenta 4 classificações, sendo madeira, metal, outros materiais e colchões (IBGE, 2021). Apesar de utilizar materiais diferentes, conforme especificado na Tabela 1, o insumo mais comum no setor moveleiro é a madeira. Quanto ao uso, os móveis são classificados em residenciais, de escritório e institucionais (restaurantes, hospitais, auditórios, cinemas, hotéis, escolas e outros) (Brainer, 2019).

**Tabela 1***Classificação do mercado moveleiro com base nas matérias-primas*

Grupo	Classe	Subclasse	Descrição
31	3101-2	3101-2/00	Móveis feitos predominantemente de madeira
	3102-1	3102-1/00	Móveis feitos predominantemente de metal
	3103-9	3103-9/00	Móveis feitos de outros materiais
	3104-7	3104-7/00	Produção de colchões

Fonte: Adaptado de IBGE (2021).

Os maiores produtores e consumidores de móveis no mundo são: a China, a União Europeia e os Estados Unidos (Brainer, 2019). A tabela 2 apresenta o cenário mundial dos principais *players* do setor moveleiro em 2017 em relação ao Brasil, considerando produção, consumo próprio, exportação e importação. No mercado mundial, considerando o volume de produção, a China lidera com 39,3% enquanto o Brasil tem uma participação de apenas 4,03%. Em relação ao consumo, a China ocupa o topo com 27,85% do mercado, enquanto o Brasil representa 3,99%. Vale ressaltar que os valores da Tabela 2 são expressos na unidade de milhões de dólares (US\$) (Brainer, 2019).

Tabela 2*Comparando o mercado mundial de móveis com o do Brasil*

Países	Produção	%	Consumo	%	Exportação	%	Importação	%
China	164.358	39,3	117.010	27,85	50.155	32,43	2.807	1,79
União Européia	91.535	21,88	87.408	20,81	65.065	42,06	60.938	38,93
EUA	51.719	12,37	94.514	22,50	7.344	4,75	50.140	32,03
Brasil	16.854	4,03	16.778	3,99	622	0,4	546	0,3
Outros países	93.749	22,42	104.379	22,85	31.491	20,36	42.120	26,95
Total	418.215	100	420.089	100	154.677	100	156.551	100

Fonte: Adaptado de Brainer (2019).

Além disso, na Tabela 2 evidencia-se que nos países da União Europeia a relação entre produção e consumo resulta num excedente de 4,72%. É importante notar que os países da UE exportam 71,08% da sua produção, o que significa 42,06% do total das exportações mundiais e importam 38,93% do mercado mundial para consumo. Esse superávit é explicado pelo fato da Alemanha e Itália serem considerados os países onde são fabricados produtos com design diferenciado e qualidade superior, contribuindo para estimular o consumo de móveis produzidos em seu território, sendo referência para outros países. Os EUA e a União Europeia são responsáveis por 70,95% de todas as importações, sendo 32,03% destinados apenas aos EUA. O Brasil exporta apenas 0,4% da demanda mundial.



O IEMI (2021) demonstra que o setor moveleiro em 2019 contava com aproximadamente 19 mil fabricantes de móveis, com aproximadamente 270 mil pessoas empregadas direta ou indiretamente. Brainer (2019) destaca que no Brasil foram identificados 46 *clusters* moveleiros em 11 estados: Amazonas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, São Paulo, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A madeira representa a principal matéria-prima na produção de móveis, que na região Sul representa 88,6%; no Centro-Oeste, 86,7%; Sudeste, 85,9%; Norte, 82,0%; e no Nordeste, 78,7% (Brainer, 2019). Conforme Movergs (2020), o Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor de móveis do país que gerou 36.066 empregos diretos em 2019. Em 2020, o relatório previa receita líquida de R\$ 8,22 bilhões. De modo geral, percebe-se um mercado crescente, no qual países como Estados Unidos, China e países da União Europeia se destacam, tanto no consumo quanto na produção, e ocupam atualmente a posição de liderança. No entanto, a quota de mercado dos países emergentes está a aumentar em importância.

5 METODOLOGIA

Em face do objetivo da pesquisa, optou-se pela estratégia de estudo de caso único, em uma indústria de grande porte, denominada Alfa, localizada na região sul do país. Esta decisão dos procedimentos metodológicos encontra amparo em autores como Demo (2022), Flick (2012), Marconi e Lakatos (2017) e Yin (2015). Nessa perspectiva julgou-se como mais apropriada a abordagem qualitativa, pela necessidade de analisar os processos operacionais, seus impactos ambientais e, na sequência, analisar os benefícios ambientais decorrentes da adoção da tecnologia IoT, promovendo alinhamento da manufatura aos preceitos de sustentabilidade ambiental.

A opção pelo estudo de caso único se justifica pela relevância da indústria analisada, por ser a terceira maior fabricante de móveis da região sul do Brasil, que compreende três estados, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. No ranking nacional a empresa está entre as trinta maiores. A referida posição no ranking se mantém inalterada nos últimos 10 anos, o que se justifica pelas características de indústrias moveleiras de grande porte, que para aumentar sua participação no mercado precisariam captar consumidores de seus concorrentes diretos. Este esforço demandaria um investimento adicional que dificilmente se pagaria no prazo considerado adequado.

Em março de 2024 a empresa empregava aproximadamente 1.100 pessoas, alocadas tanto na área de manufatura, como em setores administrativos. A linha de produção é



constituída de fabricação de móveis seriados, estofados, colchões, além de outros produtos relacionados.

A empresa iniciou originalmente a sua operação apenas com foco no atendimento ao mercado interno, mas, depois de alguns anos percebeu a necessidade de se voltar, também, para o mercado externo. A exportação de móveis é um processo complexo, pois exige do fabricante nacional conhecer as normas técnicas que regulam a comercialização de móveis no país de destino, promover ajustes internos tanto no design de produtos, como no sistema logístico, para viabilizar a operação. Ainda se faz necessário apropriar-se da legislação concernente, principalmente de proteção ao consumidor local.

Esta empresa incorporou o atendimento ao mercado externo à sua estratégia, criou um setor específico para operações internacionais, realizou investimentos na sua planta fabril, bem como a capacitação de pessoas e conseguiu, desta forma, oportunidades para exportar seus produtos. Com crescimento contínuo da receita decorrentes de exportação, ano após ano, o percentual de vendas no exterior alcançou 9% do total de receitas, no ano 2023.

Considerando a caracterização da necessidade de dados empíricos para facultar a análise do problema exposto e alcance do objetivo da pesquisa, os autores optaram pela coleta de dados por meio de entrevistas com profissionais da empresa que tivessem legitimidade para opinar sobre o tema. Para identificar e selecionar os entrevistados foi criado um conjunto de critérios de inclusão, a saber: (i) tempo mínimo de 5 anos de experiência na área de operações; (ii) formação técnica, seja em nível médio (SENAI) ou superior (Engenharias ou Administração com foco na Produção); (iii) tempo mínimo de 10 anos na empresa, na unidade de fabricação de móveis ou em indústrias concorrentes, do mesmo segmento; (iv) comprovado conhecimento de tecnologias da indústria 4.0 (por meio de um questionário previamente aplicado). Foram selecionados 10 profissionais para serem entrevistados. Todos os entrevistados são de gênero masculino, encontram-se na faixa etária entre 44 e 61 anos e ocupam cargos de gerência na empresa. A individualização dos dados por entrevistado foi vedada pela direção da empresa, em atendimento a normatização da LGPD.

Com o intuito de minimizar o viés da técnica de coleta de dados por meio de entrevistas com os profissionais selecionados e, também, para atender à premissa de triangulação de fontes de dados empíricos, recomendada por Yin (2015), realizou-se, de forma complementar, a coleta de dados por meio de levantamento documental e observação sistemática participante. A coleta ocorreu no primeiro semestre do ano de 2023.

Os dados empíricos obtidos foram submetidos à análise de conteúdo, seguindo as etapas indicadas por Bardin (2016). São elas: (i) pré-análise (leitura do material coletado, seleção de



textos alinhados com o objetivo da pesquisa); (ii) exploração do material (codificação, categorização e enumeração); e (iii) tratamento dos dados empíricos por meio de inferência e interpretação (atribuição de significado relacionando com as categorias analíticas).

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A empresa Alfa segmento indústria possui as unidades de negócios estofados, móveis de madeira, colchões, impressão e móveis corporativos. Nesta pesquisa foram analisadas as unidades de negócio estofados e móveis de madeira. Os produtos que compõe essas duas unidades de negócio são: sofás retrateis, fixos, poltronas, *puff's*, cadeiras reclináveis, cabeceiras de camas, mesas e cadeiras de jantar, balcões, aparadores, bancos, escrivaninhas, cristaleiras, espelhos emoldurados, mesas de centro, mesas de apoio, banquetas entre outros. Julga-se importante compreender o cenário industrial da empresa Alfa para compreender o contexto atual da organização, bem como identificar as características do ambiente social, no qual os entrevistados encontram-se inseridos e pelo qual podem ser influenciados, como destacam Demo (2022), Flick (2012), Marconi e Lakatos (2017).

Nessa perspectiva foram descritas e analisadas as áreas produtivas como a metalúrgica, espumas, costura dos estofamentos, gradeio e secagem de madeira e marcenaria, além de setores considerados finais, ou seja, de fabricação do produto pronto móveis e estofados e por fim, o processo de expedição dos itens. Completando a abordagem do sistema produtivo, como todo, descreveram-se as atividades dos setores de apoio considerados áreas administrativas e de suporte a produção. Ritzman e Krajewski (2005), Slack, Chambers e Johnston (2009), Corrêa e Corrêa (2011) e Moreira (2009) citam como operações administrativas e que dão suporte a manufatura, operações como planejamento, programação e controle de produção, análise de métodos de trabalho, administração de projetos e desenvolvimentos de produtos entre outros e que são funções e operações importantes para o sucesso de qualquer organização, uma vez que trabalham para reduzir custos, investimentos, aumento da capacidade, pesquisa e aplicação de inovações tecnológicas, aproveitamento eficiente dos recursos físicos e intelectos através da construção de habilidades operacionais e de conhecimento dentro das empresas. Destacam-se, nesse sentido, os processos e as operações das áreas administrativas como, o desenvolvimento de produto, que engloba a área de criação, modelagem, engenharias, setor do planejamento, programação e controle da produção (PPCP), arranjos físicos e administração de projetos.

A concepção/projeto dos produtos começa com os designers da empresa no setor de criação. Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 88) afirmam que projetar um exercício conceitual



que concebe aparência, o arranjo e a estrutura de algo antes de construí-lo, porém, precisa funcionar na prática. Na empresa Alfa, com base nas tendências, inspiração do designer e troca de ideias com o setor comercial, nasce o desenho, que precisa de aprovação dos líderes de áreas como comercial e desenvolvimento, identificando quais modelos serão lançados em feiras e quais serão criados, mas não vão ser apresentados em feiras, mas serão lançados após as feiras.

Moreira (2009) afirma que a fase do desenvolvimento do projeto de produto conta com várias etapas, desde a geração de ideias, até o projeto final. Na empresa Alfa, em conjunto, a partir do projeto inicial, o desenho é encaminhado para a modelagem que faz o desenvolvimento de um protótipo. Esse protótipo pode sofrer alterações durante o processo de confecção de acordo com o design até que esteja dentro do visual esperado. O protótipo é submetido à validação do setor comercial e do PPCP, que dialogam com o modelista do produto, com o coordenador da engenharia de produto e o designer. Após a aprovação, faz-se o cadastro do produto no sistema, juntamente com as instruções de produção, que constam os desenhos das peças, medidas, quantidades, instruções de montagem, embalagem, instruções quanto a ficção de etiquetas e *tags* entre outras informações importantes para a confecção do produto. Também é elaborado o programa das peças que possuem roteiro em máquinas CNC's (controle numérico por computador) para que quando o produto chegue até a máquina, seja somente necessário importar o programa da usinagem. Este processo está alinhado com as recomendações da literatura científica que versa sobre a adoção de novas tecnologias na indústria do mobiliário (Silva, Massote & Lima, 2022).

Após, comercial e setor de criação definem a composição do item e quantidade a ser feito como lote piloto no setor produtivo para que este também possa fazer as avaliações em termos de produção. PPCP faz a programação do item e a engenharia faz impressão das fichas de materiais e roteiro que acompanham o piloto sendo entregue para todos os setores envolvidos. Quando a confecção do lote piloto é finalizada, ocorre a reunião para avaliar o processo produtivo do item com presença do coordenador de PPCP, coordenador e monitor do setor final, design, coordenador da engenharia de produto, analista de engenharia de produção da área, coordenadora da área de costura do revestimento e profissional da área de criação que faz os registros dos apontamentos trazidos pelos envolvidos. Após a reunião são feitos os ajustes e o produto é autorizado para a produção em série, seguindo as boas práticas de fabricação, descritas por Dalalah *et al.* (2022).

O processo de fabricação de móveis consome água e, portanto, a adoção de medidas para a redução deste consumo é considerada importante, sob a perspectiva de implementação de manufatura sustentável (Litchfield, 2011). A maioria das indústrias de móveis, tanto no



Brasil, como no exterior, já tem implementado diversos controles visando o consumo racional do recurso hídrico que, além de ter custo econômico, também tem valor social inestimável, razão pela qual a sociedade e seus representantes (governo) exercem pressão sobre os agentes econômicos, para adotar medidas de mitigação de sua utilização. Maior parte das iniciativas empreendidas compreendem ações de conscientização de seus colaboradores e controles manuais, com instalação de redutores de vazão, reutilização de água cinza, entre outros. No entanto, diversas pesquisas, realizadas principalmente no exterior, evidenciaram iniciativas de adoção de tecnologias da indústria 4.0 para o controle e consequente redução do consumo de água (Dalalah *et al.*, 2022; Lu, 2017). Por esse motivo, esta foi a primeira pergunta do roteiro de questões.

Dois entrevistados entenderam que o consumo de água não é relevante na indústria moveleira, para justificar o investimento de adotar a tecnologia IoT, mas entendem que tecnicamente a sua adoção, para este fim, é viável. Já dois entrevistados percebem que além de ser tecnicamente viável, a adoção da tecnologia IoT para reduzir o consumo de água, também é prioritária a referida adoção, sob a perspectiva econômica e social. Seis entrevistados concordaram com a viabilidade técnica da adoção IoT para reduzir o consumo de água e entendem que é relevante a sua adoção, porém não representa uma prioridade. A percepção evidenciada está alinhada com os achados empíricos de Silva, Massote e Lima (2022).

Já para o controle de consumo de energia elétrica, dos dez entrevistados, oito foram unânimes, expressando a sua percepção tanto de viabilidade técnica, como econômica, ou seja, que o investimento na adoção da IoT para esta finalidade seguramente se pagaria. Apenas dois entrevistados se mostraram reticentes, novamente, em relação a viabilidade e, portanto, priorização, sob a perspectiva econômica. Diversos estudos sobre o tema, em diversas atividades econômicas, evidenciam que a adoção da IoT para esta finalidade é a mais recorrente e com resultados positivos gerados em curto prazo (Schreiber, 2023).

Um posicionamento similar foi evidenciado na questão de adoção da tecnologia IoT ao longo do processo de fabricação, com o intuito de reduzir o desperdício de insumos e de retrabalho durante a operação de manufatura. Nove entrevistados foram unânimes ao manifestar a sua percepção quanto a necessidade de priorizar a adoção da referida tecnologia, com este propósito, por entender a adoção viável técnica e economicamente. Apenas um entrevistado expressou suas dúvidas quanto à viabilidade econômica, por entender que o custo do desperdício é reduzido, bem como de ocorrência de retrabalho, não justificando este investimento. A literatura científica ampara a percepção evidenciada, não apenas na indústria



do mobiliário, mas em outros setores econômicos também (Sacomano, 2018; Solima *et al.* 2016).

A indústria moveleira é reconhecida por sinais inequívocos de poluição atmosférica, decorrente de queima de resíduos, combustível de origem fóssil para caldeiras, entre outras finalidades (Lopes, 2004; Freitas, 2012). Esta prática é visibilizada pela comunidade do entorno, por meio de fumaça, de consistência variada. Novas tecnologias oferecem soluções para mitigar as emissões atmosféricas impactantes. No entanto, apenas metade dos entrevistados julgam ser viável a adoção das tecnologias da indústria 4.0 para esta finalidade, por entender que há meio de menor custo que podem oferecer resultado similar. Mas outra metade dos entrevistados entendem que a adoção de medidas tradicionais de controle, monitoramento e retenção de emissões atmosféricas impactantes ao meio ambiente são de baixa eficiência, sendo assim desejável e viável, tanto técnica como economicamente, a adoção das tecnologias da indústria 4.0 para esta finalidade. O investimento na infraestrutura IoT está sendo gradativamente reduzido, na medida em que o efeito de escala se consolida, mas ainda é relativamente alto, o que pode resultar em tempo de retorno do investimento que excede a expectativa, como evidenciaram Nozari *et al.* (2021), Schwab (2017) e Schreiber (2023).

Outra característica tradicional da indústria moveleira é a intensiva utilização de produtos químicos e de insumos não recicláveis no processo de fabricação (Litchfield, 2011). Segundo os dez entrevistados, tanto a redução, como substituição de produtos químicos, muitas vezes tóxicos, bem como de insumos não recicláveis, não é algo viável, nem mesmo tecnicamente, por fragilizar o produto final, sob a perspectiva de benefícios esperados pelo usuário. Por esse motivo, nem mesmo o avanço das novas tecnologias, especialmente a adoção das tecnologias da indústria 4.0 poderia contribuir nesse sentido (Miorandi, 2012; Schreiber, 2023). Apenas 4 entrevistados entenderam que a adoção destas tecnologias poderia contribuir para reduzir o volume de insumos não recicláveis e tóxicos, e 1 entrevistado entendeu que a adoção das tecnologias poderia contribuir para reduzir a quantidade de produtos químicos utilizados no processo de fabricação de móveis.

A pegada de carbono decorrente de atividades logísticas, tanto internas como externas, também é considerada relevante pela literatura científica (Lu, 2017; Nozari *et al.*, 2021). Esta constatação motivou a pesquisa, na empresa em análise, de ações que poderiam ser beneficiadas com a adoção da tecnologia IoT, sob a perspectiva de mitigação do impacto ambiental, no tocante à redução de movimentação interna e, também, otimização do uso do espaço interno, para armazenamento de insumos e produtos acabados. Todos os entrevistados foram unânimes em afirmar que a IoT, por meio de sensores, interligados em rede e conexão *wifi*, é muito eficaz



para indicar alternativas de redução de movimentação desnecessária, bem como para orientar a melhor forma de aproveitar o espaço interno.

Já em relação ao transporte externo e uso otimizado de containers e espaço dos caminhões houve divergências nas respostas. Seis entrevistados perceberam funcionalidades da IoT que poderiam contribuir para mitigar o impacto ambiental e entendem que a adoção da referida tecnologia seria viável técnica e economicamente. Quatro entrevistados discordaram da percepção da relevância e da viabilidade econômica da referida adoção, expressando dúvidas em relação à eficiência da tecnologia embarcada, para gerar os resultados que pudessem demonstrar a efetividade da redução da pegada de carbono. O investimento, ainda relativamente alto, para a adoção da IoT, conforme já destacado, continua sendo interpretado como um dos maiores obstáculos, principalmente em processos cujos custos não são comumente apurados e analisados ou em atividades terceirizadas (Silva, Massote & Lima, 2022; Schreiber, 2023).

A dispersão similar das respostas foi encontrada também em relação ao questionamento acerca da contribuição da IoT para a redução de volume de embalagens utilizadas plásticas, cartonadas e de madeira. A literatura científica trata o tema de embalagens como um desafio crescente e relevante para maioria das organizações, em face dos obstáculos para articulação dos agentes econômicos envolvidos, para viabilizar a logística reversa (Schreiber, Sander & Vier, 2023). Na indústria moveleira as embalagens são consideradas essenciais, para a proteção tanto dos insumos, bem como do produto final. Portanto, havia a expectativa dos pesquisadores que os entrevistados reconhecessem a relevância da temática e sugerissem adoção de novas tecnologias, como IoT, para auxiliar na gestão de embalagens. No entanto, apenas quatro entrevistados se posicionaram a favor de adoção da IoT para apoiar o processo de gestão das embalagens, bem como contribuir para a redução do volume delas utilizado pela empresa.

Adoção da IoT para viabilizar a redução de volume de efluentes líquidos da produção e da manutenção predial, a serem tratados, bem como para aumentar o volume de materiais reciclados e reutilizados, foi abordada na sequência, devido ao destaque que estes aspectos obtiveram na revisão da literatura (Freitas, 2012; Silva, Massote & Lima, 2022). No entanto, apenas quatro entrevistados entendem que a adoção da IoT seria relevante e viável para gerar os referidos benefícios ambientais. Os demais entrevistados, que se manifestaram contrários à adoção da IoT para este fim, justificaram o seu posicionamento com base na constatação de baixo impacto da fabricação de móveis na geração de efluentes, seja da produção ou da manutenção predial, bem como no volume reduzido de materiais reciclados e reutilizados.

A situação se alterou na questão relacionada com a possibilidade de redução de volume de produtos químicos utilizados na limpeza de máquinas e equipamentos, bem como para



manutenção, especialmente, a sua lubrificação. Os entrevistados afirmaram que o tipo de atividade econômica demanda intensiva utilização do parque fabril e, conseqüentemente, exige que as máquinas e equipamentos estejam sempre em excelente estado de conservação e prontos para uso, constatação alinhada com a teoria revisada (Litchfield, 2011). Por esse motivo sete dos dez entrevistados entendem que a adoção da IoT é viável tanto técnica como economicamente, além de altamente recomendável.

A última questão procurou evidenciar se a IoT poderia auxiliar na redução do volume de resíduos a ser destinado ao aterro sanitário. Trata-se de um assunto crítico, sob a perspectiva social, em virtude do ritmo acelerado com o qual os aterros atuais caminham para a etapa de selamento e indisponibilidade, em virtude de volumes crescentes de resíduos aterrados (Schreiber, Sander & Vier, 2023). Seis entrevistados demonstraram a mesma preocupação, indicando como viável a contribuição da tecnologia IoT para identificar resíduos que poderiam ser reaproveitados internamente, seja por meio de reutilização (reintrodução no processo fabril) ou reciclagem, sem a necessidade de direcionar o resíduo para aterro sanitário.

A figura 1 apresenta a síntese dos resultados da pesquisa, das três fontes de coleta de dados empíricos, a saber, entrevistas, observação sistemática participante e levantamento documental.

Figura 1

Síntese dos resultados da pesquisa

Adoção da IoT para:	Entrevistados	Observação participante	Levantamento documental
Reduzir o consumo de água.	2 – desnecessário; 2 – necessário, viável e prioritário; 6 – viável, mas não prioritário.	Tecnicamente viável, mas o valor do investimento retorna apenas no longo prazo.	Discutido poucas vezes (fonte – registros internos).
Reduzir consumo de energia elétrica.	8 – viável técnica e economicamente e prioritário; 2 – viável, mas não é prioritário.	Viável técnica e economicamente, em todos os setores da empresa.	Já foram contatadas empresas para orçar a implementação, que já ocorreu em alguns setores.
Reduzir o desperdício de insumos e de retrabalho durante a operação de manufatura.	9 – viável técnica e economicamente e prioritário; 1 – viável, necessário, mas não é prioritário.	Viável técnica e economicamente e já em processo de implantação.	Já ocorre a implantação em alguns processos operacionais, com resultados positivos.
Ações de controle, monitoramento e retenção de emissões atmosféricas.	5 – viável técnica e economicamente e prioritário;	Viável técnica e economicamente e em processo de estudos preliminares para adoção.	Registro de reuniões para planejar a implantação da IoT com esta finalidade.



	5 – viável, mas não é prioritário.		
Reduzir a utilização de produtos químicos e de insumos não recicláveis no processo de fabricação.	As características do setor obstaculizam as duas ações, com ou sem a IoT. 4 – pode ser viável, mas difícil de implementar.	A fabricação de móveis é ainda muito dependente de produtos químicos, bem como de insumos não recicláveis.	Já ocorreram reuniões para discutir o tema, mas não houve avanços em implementação de ações concretas.
Reduzir movimentação interna e otimização do uso do espaço interno, para armazenamento de insumos e produtos acabados.	Percepção unânime dos entrevistados de que a IoT, por meio de sensores, interligados em rede e conexão <i>wifi</i> , é muito eficaz para indicar alternativas de redução.	Diversos sensores já foram instalados nas dependências da empresa, com conexão <i>wifi</i> e os dados gerados são usados em análises.	Investimentos estão sendo realizados nos últimos anos, com esta finalidade, com resultados econômicos evidenciados e comprovados.
Otimizar transporte externo e de uso de containers e espaço dos caminhões.	6 – viável técnica e economicamente e prioritário; 4 – viável, mas não é prioritário.	Percebe-se que as empresas contratadas para o transporte se esforçam para encontrar alternativas, para reduzir os custos.	Como ALFA é de grande porte, há muitas empresas de transporte interessadas na parceria. Algumas já utilizam a IoT para reduzir os custos.
Reduzir volume de embalagens utilizadas plásticas, cartonadas e de madeira.	Apenas 4 entrevistados são favoráveis à adoção da IoT para apoiar o processo de gestão das embalagens, contribuindo, assim, para reduzir seu volume.	Devido à intensa utilização das embalagens, torna-se um desafio. Antes de adotar IoT será necessário rever os processos de gestão das embalagens.	O assunto de embalagens é pautado com frequência em reuniões, em que diversas alternativas já foram analisadas, inclusive a adoção da IoT. Mas ainda não se avançou na ideia.
Reduzir volume de efluentes líquidos da produção e da manutenção predial, a serem tratados, e aumentar o volume de materiais reciclados e reutilizado.	4 – viável técnica e economicamente e prioritário; 6 – viável, mas não é prioritário.	Para reduzir volume de efluentes seria necessário rever e reorganizar os processos, antes de adotar IoT. Já para aumentar a utilização de materiais reciclados precisa rever o design dos produtos.	Os dois temas, de redução de volume de efluentes líquidos da produção e da manutenção predial, bem como maior utilização de materiais reciclados já foi tratado em reuniões, mas não foi priorizado, portanto, não avançou, seja com ou sem IoT.
Reduzir volume de produtos químicos utilizados na limpeza de máquinas e equipamentos, bem como para manutenção, especialmente, a sua lubrificação.	7 dos 10 entrevistados consideram a adoção da IoT viável tanto técnica como economicamente, além de altamente recomendável.	Apesar da complexidade do processo, entende-se que é viável e desejável o referido investimento.	O tema já foi abordado em reuniões e o setor de manutenção foi encarregado de apresentar uma proposta.
Reduzir volume de resíduos a ser destinado ao aterro sanitário.	6 – viável técnica e economicamente e prioritário; 4 – viável, mas não é prioritário.	O custo de adoção da IoT seria elevado e poderia demorar mais de 10 anos para se pagar. Mas é algo viável.	O assunto já foi abordado em reuniões, mas não avançou na implementação.

Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados evidenciam que a empresa Alfa tem consciência dos impactos ambientais gerados pela fabricação de móveis, mas devido à elevada complexidade da estrutura organizacional, de processos operacionais já consolidados, bem como do parque fabril,



constituído de máquinas e equipamentos integrados de forma a propiciar maior taxa de eficiência produtiva, a redução do impacto ambiental e da pegada de carbono, sem ou com adoção da IoT, representa um desafio relevante. No entanto, apesar da referida complexidade e obstáculos, o processo de adoção de novas tecnologias, da indústria 4.0, especialmente da IoT, está em curso e poderá oferecer importantes contribuições para a sustentabilidade organizacional.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fabricação de móveis é considerada uma das mais tradicionais atividades da humanidade, com reduzida adoção de novas tecnologias, notadamente em seus processos operacionais. Além disso, a indústria de móveis, mesmo na atualidade, com a crescente utilização de madeira certificada e de insumos provenientes de resíduos reciclados, é uma atividade econômica de relevante impacto ambiental.

Nesta pesquisa, realizada em uma das maiores indústrias de móveis do país, buscou-se verificar as possíveis contribuições da adoção da IoT no processo de fabricação de móveis para mitigar o impacto ambiental. Os dados empíricos foram coletados por meio de entrevistas em profundidade, com dez profissionais selecionados de acordo com o *check-list* elaborado previamente e negociado com a empresa, complementado com a observação sistemática participante e levantamento documental. Os dados empíricos coletados foram submetidos à análise de conteúdo.

Segundo a literatura científica revisada e, também, de acordo com as fontes de dados empíricos do estudo, o processo de fabricação de móveis apresenta vários aspectos críticos, sob a perspectiva de impacto ambiental. Os referidos aspectos constituíram, neste estudo, as categorias de análise, que nortearam a elaboração dos instrumentos de pesquisa, tanto o roteiro de perguntas, utilizado em entrevistas, como de *check-list*, usado para observação participante e levantamento documental.

Os resultados da pesquisa evidenciaram que a indústria Alfa já adota a tecnologia IoT, tanto para maior eficiência produtiva, como para mitigar os impactos ambientais, em relação ao melhor controle da matriz energética, de consumo de insumos no processo produtivo e para evitar/diminuir a ocorrência de retrabalho, de controle de movimentação interna e de otimização do espaço para armazenamento de insumos e de produtos acabados. No tocante à redução de produtos químicos e lubrificantes utilizados para a manutenção de máquinas e equipamentos o



processo está avançando na direção de implementação de controle por meio de IoT, associado a outras tecnologias, como processamento na nuvem.

Nos demais aspectos analisados, considerados relevantes pela literatura científica revisada, bem como de alguns dos entrevistados, a empresa está em processo de análise, avaliação e planejamento, com diferentes perspectivas de implementação, com ou sem IoT. O obstáculo mencionado com maior frequência refere-se à inviabilidade econômica ou viabilidade econômica não suficientemente embasada, o que fragiliza suas chances de priorização na alocação de recursos financeiros.

Dentre das limitações da pesquisa pode-se citar a estratégia adotada, de estudo de caso único, que mesmo considerando a representatividade da empresa analisada (uma das maiores do país) pode dificultar a generalização dos resultados do estudo. Apesar da referida limitação, os autores entendem que os resultados contribuem para o avanço do conhecimento em relação a alternativas que as novas tecnologias, especialmente as da indústria 4.0, podem oferecer, em diversos setores econômicos, para mitigar o impacto ambiental. Por esse motivo, sugere-se, a título de continuidade de pesquisas, realizar estudos com outras estratégias e abordagens de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Adi, E., Anwar, A., Baig, Z. A., & Zeadally, S. (2020). Machine learning and data analytics for the IoT. *Neural Computing and Applications*, 32(5).
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo, SP: Edições 70. 279 p. ISBN 9788562938047.
- Bocken, N. M. P. *et al.* (2014). A Literature and Practice Review to Develop Sustainable Business Model Archetypes. *Journal of cleaner production*, 65, 42-56.
- Bongomin, O. *et al.* (2020). Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0. *Journal of Engineering*, 3(1).
- Brainer, M. S. C. P. (2019). Setor Moveleiro. *Caderno setorial*. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, Banco do Nordeste, Ano 4, Nº 89, Fortaleza, Ceará.
- Brasil. (2010). Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF.
- Chan, M., Estève, D., Fourniols, J.Y., Escriba, C., & Campo, E. (2012). Smart wearable systems: current status and future challenges. *Artif. Intell. Med.* 56 (3), 137–156.
- Chituc, C., Azevedo, A., & Toscano, C. (2009). A framework proposal for seamless interoperability in a collaborative networked environment. *Computers in industry*, 60(5), 317-338.



- Corrêa, H. L., & Corrêa, C. A. (2011). *Administração de produção e operações - manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2 ed. São Paulo: Atlas. 690p.
- Correa, H. L. (2019). *Administração de cadeias de suprimentos e logística: integração na era da Indústria 4.0*. São Paulo: Atlas.
- Dalalah, D., Khan, S. A., Al-Ashram, Y., Albeetar, S., Ali, Y. A., & Alkhouli, E. (2022). An integrated framework for the assessment of environmental sustainability in wood supply chains. *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102429. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102429>
- Demo, P. (2022). *Avaliação qualitativa*. 1. ed. Campinas: Autores Associados. 1 recurso online. ISBN 9786588717691.
- FIEP, Federação das Indústrias do Estado do Paraná. (2017). *Panorama setorial: indústria de móveis: Paraná 2017*. Federação das Indústrias do Estado do Paraná. Curitiba, Paraná, ISBN: 978-85-61268-10-7, p. 104.
- Flick, U. (2012). *Introdução à Metodologia de Pesquisa*. 1. Porto Alegre, RS: Penso. recurso on-line. ISBN 9788565848138.
- Freitas, J. (2012). *Sustentabilidade: Direito ao futuro*. Belo Horizonte: Editora Fórum.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística / Comissão Nacional de classificação. (2021). *Sistema de busca de atividades do CNAE*. Recuperado em: 10 out. 2023, de: <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html>
- IEMI, Inteligência de mercado. (2021). *Mercado de Móveis e Colchões*. Estimativas e Comportamento Pós Pandemia. São Paulo.
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The Impact of Digital Technology and Industry 4.0 on The Ripple Effect and Supply Chain Risk Analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829-846.
- Li, J. *et al.* (2021). An empirical investigation of trust in AI in a Chinese petrochemical enterprise based on institutional theory. *Scientific Reports*, 11, N°13564.
- Litchfield, F. H. (2011). *A history of furniture*. Bremen, Deutschland: Dogma.
- Lopes, C. S. (2004). *Estudos de história do mobiliário*. Porto: Gabinete de Estudos de Artes Decorativas da Universidade Católica Portuguesa. ISBN 972-99088-0-X
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *J. Ind. Inf. Integrat.*, 6, 1–10.
- Marconi, M. A., & Lakatos, E. M. (2017). *Fundamentos de metodologia científica*. 8. ed. São Paulo, SP: Atlas. 346 p. ISBN 9788597010121.
- Minerva, R., Biru, A., & Rotondi, D. (2015). Towards a definition of the Internet of Things (IoT). *IEEE Internet of Things*, 27 Maio.



- Miorandi, D. *et al.* (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
- Montenegro, R. (1995). *Guia da história do Mobiliário*. Lisboa: Editorial Presença.
- Moreira, D. A. (2009). *Administração da Produção e Operações*. 2º ed. São Paulo: Cengage Learning, 624 p.
- Nozari, H., *et al.* (2021). Big data analysis of IoT-based supply chain management considering FMCG industries. *Business Informatics*, 15(1), 78-96.
- Oates, P. B. (1981). *História do mobiliário ocidental*. Lisboa: Editorial Presença.
- Pang, R., & Zhang, X. (2019). Achieving Environmental Sustainability in Manufacture: A 28-Year Bibliometric Cartography of Green Manufacturing Research. *Journal of Cleaner Production*, 233, 84-99.
- Rehman, M. A., Seth, D., & Shrivastava, R. L. (2016). Impact of green manufacturing practices on organisational performance in Indian context: An empirical study. *Journal of Cleaner Production*, 137(20), 427-448.
- Riegel, I. C., Staudt, D., & Daroit, D. (2012). Identificação de Aspectos Ambientais Relacionados à Produção De Embalagens de Perfumaria: Contribuição para Projetos Sustentáveis. *Gestão & Produção*, 19(3), 633-645.
- Ritzman, L. P., & Krajewski, L. J. (2005). *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 431 p.
- Sacomano, J. B. *et al.* (2018). *Indústria 4.0: conceitos e fundamentos*. São Paulo: Blucher.
- Schreiber, D. (2023). Technologies of Industry 4.0 to Foster Green Manufacturing in Footwear Production in Brazil. *International Journal of Business Innovation and Research* (Print), 1, 1-21.
- Schreiber, D., Sander, S. C., & Vier, M. (2023). Reverse Logistics in Footwear Production: In The Stage After Returned From Consumer. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 17(1), e03160. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-017>
- Schwab, K. (2017). **A Quarta Revolução Industrial**. 1 ed. São Paulo: Edipro. 159 p.
- Silva, G. H. D. E, Massote, A. A., & Lima, F. (2022). Reality Capture as a Tool for Digital Integration of the Planned Furniture Industry Measuring Process. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology* (PICMET), Portland, OR, USA, 1-13, doi: 10.23919/PICMET53225.2022.9882610.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da Produção*. 3º ed. São Paulo: Atlas. 703 p.
- Solima, L., Della Peruta, M.R., & Del Giudice, M. (2016). Object-generated content and knowledge sharing: the forthcoming impact of the internet of things. *J. Knowl. Econ*, 7(3), 738–752.



- Toke, L. K., & Kalpande, S. D. (2019). Critical Success Factors of Green Manufacturing for Achieving Sustainability in Indian Context. *International Journal of Sustainable Engineering*, 12(6), 415-422.
- Wang, S. *et al.* (2016). Towards Smart Factory for Industry 4.0: A Self-organized Multi-agent System with Big Data Based Feedback And Coordination. *Computer Networks*, 101, 158-168.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the Art and Future Trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Yin, R. K. (2015). *Estudo de caso: Planejamento e Métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora.
- Zhong, R. Y. *et al.* (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616-630.