



Análise da viabilidade de adoção da tecnologia Big Data para sustentabilidade em indústria moveleira

Dusan Schreiber¹ Bruna Haubert¹ Cristiane Froehlich¹ Alexandre André Feil

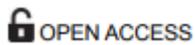
Vilson José Becker¹ e Gustavo de Oliveira Hanauer¹



Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, Brasil¹



Univates, Lajeado, RS, Brasil²



Notas dos Autores

Os autores declaram que não há conflitos de interesses.

Autor correspondente: Dusan Schreiber - dusan@feevale.br

Recebido: 30 out. 2024

Versão do autor aceita publicada online: 22 jan. 2025

Publicado online: 31 jan. 2025

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Schreiber, D., Haubert, B., Froehlich, C., Feil, A. A., Becker, V. J., & Hanauer, G. O. (2025, artigo aceito online). Análise da viabilidade de adoção da tecnologia Big Data para sustentabilidade em indústria moveleira. *Exacta*, artigo aceito online.

<https://doi.org/10.5585/2025.27670>

Resumo

A indústria de móveis representa uma atividade econômica tradicional com relevante impacto ambiental, caracterizada também pelo ritmo lento na adoção de tecnologias avançadas. A literatura científica aponta que diversas tecnologias da indústria 4.0 podem contribuir para maior eficiência produtiva e mitigação do impacto ambiental. Este estudo teve como objetivo verificar as contribuições da adoção do Big Data no processo de fabricação de móveis para mitigar o impacto ambiental. Além do estudo de caso único, utilizou-se abordagem qualitativa e coleta de dados por entrevistas com dez profissionais, observação participante e levantamento documental. Os resultados mostraram que a empresa adota o Big Data tanto para maior eficiência produtiva quanto para mitigar impactos ambientais, melhorando o



controle da matriz energética, consumo de insumos e evitando/reduzindo retrabalho, controlando a movimentação interna e otimizando o espaço de armazenamento. Algumas aplicações da tecnologia foram consideradas viáveis tecnicamente, mas não economicamente, como no controle de consumo de água e efluentes, bem como na gestão de embalagens de polímero, reforçando a necessidade de registro sistemático de custos envolvidos para respaldar as decisões gerenciais.

Palavras-chave: impacto ambiental, indústria de móveis, Big Data, indústria 4.0

Abstract

Analysis of the feasibility of adopting Big Data technology for sustainability in the furniture industry

The furniture industry is a traditional economic activity with a significant environmental impact, also characterized by the slow pace of adoption of advanced technologies. Scientific literature indicates that several Industry 4.0 technologies can contribute to greater production efficiency and mitigation of environmental impact. This study aimed to verify the contributions of adopting Big Data in the furniture manufacturing process to mitigate environmental impact. In addition to the single case study, a qualitative approach was used and data collection was carried out through interviews with ten professionals, participant observation and document survey. The results showed that the company adopts Big Data both for greater production efficiency and to mitigate environmental impacts, improving control of the energy matrix, consumption of inputs and avoiding/reducing rework, controlling internal movement and optimizing storage space. Some applications of the technology were considered technically viable, but not economically, such as in the control of water and effluent consumption, as well as in the management of polymer packaging, reinforcing the need for systematic recording of costs involved to support management decisions.

Keywords: environmental impact, furniture industry, Big Data, industry 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 (Litchfield, 2011; Oates, 1981). 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 (Pang & Zhang, 2019).

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 (Roblek, Meško & Podbregar, 2021).

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 (Xu, Xu & Li, 2018; Zhong et al., 2017).

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 2011, o conceito da indústria 4.0 que reuniu o conjunto de nove tecnologias específicas, dentre as quais destaca-se Big Data (Raj, et al., 2020).

As organizações, especialmente as indústrias, analisaram e identificaram diversas funcionalidades da Big Data 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 Big Data 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 Big Data no processo de fabricação de móveis para mitigar o impacto ambiental. Portanto propõe-se investigar o uso do Big data e Analytics em empresa moveleira, pois constatou-se que há uma escassez de estudos que investiguem o uso do Big Data especificamente para mitigar os impactos ambientais na indústria moveleira, especialmente no Brasil (Schreiber et al., 2024). Assim, a questão de pesquisa, norteadora do estudo, foi formulada como: “Quais impactos ambientais a tecnologia Big Data poderia mitigar em uma fábrica de móveis? A partir da pergunta de pesquisa o pressuposto é que a referida tecnologia poderá contribuir, principalmente, para otimizar os processos operacionais, reduzindo desperdícios de insumos e de horas de pessoas e de máquinas, bem como melhor eficiência energética.

A representatividade do objeto analisado, baseada na sua posição de destaque no ranking nacional de fabricantes de móveis (dentre os cinco maiores do país, segundo Schreiber et al. (20204), 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. Como, pela exigência da organização, os participantes da pesquisa não foram identificados, não foi firmado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, não sendo considerados dados sensíveis, à luz de ditames de LGPD.

Os dados empíricos obtidos ao longo do estudo foram submetidos à análise de conteúdo, seguindo as recomendações da literatura científica (Bardin, 2016) em etapas de codificação, categorização e inferência. Na pré-análise foi realizada a leitura flutuante do material coletado, de entrevistas transcritas, documentos consultados e observações presenciais, resultando na seleção dos elementos de análise à luz de categorias analíticas definidas a priori, que compreende a etapa de exploração do material. Na etapa final, de interpretação, foi realizada leitura detida dos materiais selecionados e interpretados à luz de revisão teórica.

O trabalho, cujos resultados podem contribuir tanto para o avanço da área de conhecimento acadêmico sobre o processo de adoção de tecnologia Big Data no ambiente industrial, como para os gestores organizacionais, com indicação sobre os benefícios gerados a partir de sua adoção, inicia com esta introdução, sendo sequenciado com a revisão teórica sobre Manufatura Verde e tecnologia Big Data. 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

Compreende-se que a fumaça expelida pelas chaminés das indústrias, que outrora demonstrava crescimento e desenvolvimento econômico, como uma forma de combinação entre ciência e tecnologia, atualmente, passou a ser motivo de reprovação pela sociedade. A demonstração de maior preocupação com as questões ambientais é evidente, visto que, os resultados desta prática são positivos (Waheed et al., 2020).

Neste contexto, nota-se que as organizações não estão apenas experienciando as exigências da legislação que impõe seu rigor, mas estão, também, observando uma mudança de comportamento por parte da sociedade, a qual tem demonstrado, ainda que de forma incipiente, certa demanda por produtos ecologicamente corretos. Tal demanda, acaba por impor uma maior responsabilidade das organizações em relação ao impacto das suas atividades no meio ambiente (Barbieri, 2016; Naime & Borella, 2012)

O consumo atual dos recursos naturais, se considerado contínuo e a longo prazo, está além dos limites de capacidade do planeta. As práticas de Manufatura Verde podem contribuir positivamente com a redução deste quadro e com os objetivos de sustentabilidade. Neste contexto, a Manufatura Verde objetiva desenvolver produtos que gerem pouco ou nenhum impacto ambiental. Usualmente, os produtos considerados verdes ou ecológicos podem ser produzidos a partir de resíduos reciclados e/ou fabricados com métodos mais eficientes, no que tange ao consumo de recursos naturais, humanos e fontes não renováveis (Deif, 2011; Tsai & Lai, 2018).

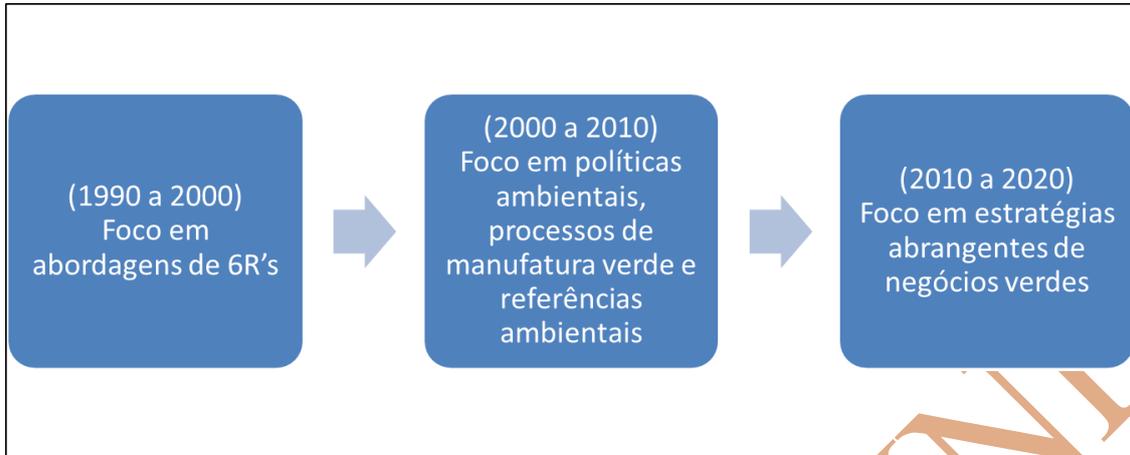
O termo Manufatura Verde também é associado a tecnologias de energia sustentável como fotovoltaicas, turbinas eólicas, biorreatores e biofiltração. Objetivando reduzir a entrada de fontes não renováveis, e reduzir a saída de efluentes no processo produtivo industrial, incentiva-se o reaproveitamento para, por exemplo, transformar em subprodutos ao invés de dispor ao meio ambiente de maneira incorreta.

A Manufatura Verde propõe reduzir de forma significativa o esforço pós-produção, para mitigar ou anular os impactos ambientais, conforme sugerem Baines et al. (2012) e Bossle et al. (2016). Os referidos autores relacionam a Manufatura Verde à capacidade de construir um sistema de produção capaz de reduzir os outputs indesejados, como resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos.

As práticas de manufatura verde buscam, em suma, retardar o esgotamento de recursos naturais, que são consumidos de forma incorreta por parte das indústrias. Neste sentido, Rehman, Seth e Shrivastava (2016) enfatizam práticas como racionalização de peças, reutilização de componentes. Os autores relatam ênfase nos 6Rs: reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar, redesenhar e remanufaturar. No entanto, as práticas não se restringem a essas questões, incluem também o gerenciamento adequado de resíduos, práticas voltadas à proteção ambiental, conformidade regulatória e outros aspectos associados.

Figura 1

Mudanças da Manufatura verde ao longo dos anos



Fonte: adaptado de Rehman, Seth e Shrivastava (2016)

Conforme ilustrado na Figura 1, o escopo da Manufatura Verde tem se atualizado ao longo dos anos, incorporando abordagens mais abrangentes e de gestão. De forma complementar, no âmbito de normativas, cabe destacar a série 14.000 (normas de padrões ambientais), a certificação ISO 14.001 é um sistema de gestão ambiental que visa a proteção do meio ambiente, mitigação de impactos ambientais e aumento de desempenho ambiental (Schreiber, 2023). A partir da atualização da ISO 14.001 em 2015, deu-se mais ênfase em promover melhorias no desempenho ambiental, incorporando além de questões estratégicas, a preocupação com a cadeia de valor, ciclo de vida do produto, entre outros aspectos.

Como justificativa à adoção de práticas de Manufatura Verde, Deif (2011) aponta 3 aspectos principais: (1) eficiência ecológica, (2) participação de mercado e (3) adequação às normas e diretrizes governamentais. Em relação ao aspecto da eficiência ecológica, Deif (2011) relata que tempo e energia é dinheiro, sendo assim, desenvolver um produto de forma mais eficiente, que consuma menos recursos ou energia é uma estratégia expectável. Corroborando o exposto, produzir com menos desperdícios, além de ser ecológico, é economicamente atrativo. Waheed et al. (2020) associa a adoção de práticas verdes a ganhos de vantagem competitiva, contribui também para a imagem verde da empresa. A priori, o investimento em iniciativas de Manufatura Verde se reverterá em economia como resultado de um sistema mais eficiente. No tocante à participação de mercado, entende-se que o consumidor tem valorizado empresas que adotam medidas de responsabilidade ambiental. Por fim, em função da larga escala de geração de resíduos, a adequação às normas é obrigatória.

3 Big Data

Na análise da relação entre tecnologias da Indústria 4.0 e a cadeia de suprimentos, Ramirez-Pena et al. (2020) destacam o Big Data como um fator chave na promoção da excelência operacional, pois facilita medidas de redução de custos e contribui para aumentar a

satisfação do cliente. A união entre sistemas físicos (máquinas, transportadores e produtos) e sistemas de informação geram dados chamados de Big Data (Lee, Bagheri & Kao, 2015; Wang et al., 2016) que ao serem processados, podem retornar comandos específicos para as máquinas, possibilitando um processo de aprendizagem.

A manufatura inteligente se tornou o foco da transformação da indústria, e a base da inteligência desta transformação vem dos dados. O conceito de Big Data é um grande conjunto de dados com mais complexidade e que podem ser processados em alta velocidade, para gerar informações valiosas a tomadas de decisão. Wang et al. (2016) relatam que a análise de Big Data pode fornecer feedback e coordenação globais para obter alta eficiência.

Para Bongomin et al. (2020) o Big Data é definido em termos de grandes blocos de dados que tem 6 características principais: volume, variedade, velocidade, veracidade, valor e complexidade. Os autores referem que, o avanço contínuo das tecnologias é necessário para moldar os movimentos da Indústria 4.0 e espera-se que a partir desta evolução, estruturas mais sofisticadas de softwares de Big Data surjam, para lidar com a grande quantidade de dados.

A análise de dados de Big Data também pode fornecer resultados estatísticos aos usuários para fins de controle e os usuários podem ajustar a configuração do sistema, através de terminais remotos (Wang et al., 2016). O processamento de informações em tempo real em uma indústria, facilita o auxílio às pessoas para controlar comportamentos de objetos inteligentes, por exemplo, e a partir disso gerar indicadores de desempenho para a rede.

Qi e Tao (2018) descrevem conceitualmente que na manufatura, o Big Data envolve um grande volume de dados estruturados (com estrutura predefinida, como tabelas e quadros, o que facilita a consulta e análise), semiestruturados (com estrutura definida, mas não rígida, exportados em formatos como XML, JSON e YAML) e não estruturados (não seguem estrutura predefinida) gerados a partir do ciclo de vida do produto. Os dados de fabricação que podem ser coletados por meio de IoT em tempo real, passam por análises de Big Data baseado em computação em nuvem. Conforme evidenciam Qi e Tao (2018), ao realizar tal processo, fabricantes identificaram gargalos de processos, identificando problemas com suas respectivas causas e efeitos, em que puderam atuar para aumentar a eficiência. O gerenciamento de linhas de produção baseado em Big Data favorece uma produção mais enxuta e competitiva. Extrair o valor de dados massivos por meio de algoritmos poderosos, é a chave para melhorar a competitividade.

Qi e Tao (2018) descrevem a variedade de dados que podem compor o banco de dados, entre recursos de fabricação, incluindo dados de equipamentos, de produtos, de recursos de produção e dados do ambiente (temperatura, umidade, qualidade do ar). Dados de gerenciamento de sistemas como MES, ERP, CRM, esses dados incluem projetos, expedição de pedidos, planejamento de produção e distribuição de materiais, vendas, finanças, dentre

outros dados possíveis. Também podem ser dados oriundos da internet, incluindo dados de usuários em plataformas de e-commerce, redes sociais e também dados públicos de outros sites.

A tecnologia Big Data compreende o processo de geração de volume expressivo de dados, normalmente fornecido de forma contínua, por máquinas, sensores instalados no ambiente operacional, em diferentes espaços, com o intuito de monitorar variáveis como umidade, vibração, temperatura, luminosidade, intensidade de fluxo de gases ou líquidos, entre outros. Ampliando o escopo, para o ambiente organizacional, além da área de operações, a referida tecnologia também se adequa para receber dados de setores de suporte, como marketing e vendas, sistema logístico e de cadeia de suprimentos, controladoria, gestão de pessoas, contábil e financeiro, com o propósito de facultar a análise sistêmica de dados e subsidiar o processo decisório organizacional (Qi & Tao, 2018).

O processo de receber, armazenar e exportar dados para análise, que representa a essência da tecnologia Big Data, também se torna cada vez mais desafiadora para as organizações e seus gestores, que precisam criar rotinas, métodos e técnicas para modelar os dados armazenados, em suporte à tomada de decisão, com custos reduzidos e agilidade compatível com a velocidade de transformação dos mercados. Apenas desta forma a tecnologia Big Data será capaz de gerar valor agregado à operação (Sivarajah et al., 2017).

A pesquisa conduzida por Henke et al (2016) evidenciou a contribuição de gerenciamento de dados para a constituição de vantagem competitiva sustentável às organizações. Os autores constataram, a partir dos resultados do estudo, que maioria das empresas analisadas conseguem aproveitar apenas 30% do potencial efetivo dos dados disponíveis, para obter a referida vantagem competitiva. Quatro anos antes, McAfee e Brynjolfsson (2012) já demonstraram que as empresas que conseguem utilizar os dados disponíveis para a tomada de decisão, são mais competitivas e lucrativas, do que as empresas concorrentes, de porte similar e que operam na mesma atividade econômica.

De acordo com Nagorny et al (2017) a adoção de rotinas e técnicas avançadas na captura e análise de dados, por meio da tecnologia Big Data, contribui para a consolidação do modelo de manufatura inteligente. Para tanto é necessário assegurar que os dados analisados sejam atuais, oriundos da área de operações e manufatura, os dados sejam apresentados (exportados) em formato que permite modelagem, tratamento e análise, sejam dados completos e corretos. Vale destacar, ainda, que é importante observar as especificidades operacionais de cada empresa, na etapa de planejamento de captura de dados, considerando que as empresas apresentam diferentes características, de acordo com a sua atuação no mercado.

Big Data armazena volume muito elevado e variado de dados, que são processados em alta velocidade, o que dificilmente poderia ser realizado de forma tradicional (Wang et al., 2016). Por meio de Big Data as tecnologias da indústria 4.0 extraem dados de vários formatos,

com o intuito de processá-los e fornecer informações que possam ser utilizadas para a tomada de decisão, em uma ampla variedade de situações (Zhou et al., 2015). O processo decisório respaldado em informações oriundas do Big Data resulta, na maioria das vezes, em menos erros, bem como aumenta a capacidade de interpretar cenários altamente complexos (Kang et al., 2016).

Nos últimos anos diversos estudos foram realizados com o intuito de evidenciar potenciais contribuições das tecnologias da indústria 4.0 para promover práticas sustentáveis, visando a consolidação do modelo de manufatura verde, com destaque para os segmentos metal mecânico e alimentício (Salimova, Vukovic & Guskova, 2020). Dentre as tecnologias da indústria 4.0 a IoT, Big Data e Analytics ofereceram benefícios de forma mais célere, em menor tempo pós implantação e menor valor de investimento.

A percepção similar é compartilhada por Khan, Ahmad e Majava (2021) que evidenciaram, por meio de dados empíricos em diversas organizações, as contribuições do conjunto das tecnologias da indústria 4.0, com destaque para IoT, Big Data, Computação na nuvem e Inteligência Artificial, para práticas sustentáveis no âmbito da manufatura verde, bem como para a estruturação de processo de economia circular.

4 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 Big Data, 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 (Schreiber et al., 2024). 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. Sob a perspectiva metodológica, a opção pelo estudo de caso único se justifica na medida em que oferece a oportunidade de maior apropriação do contexto organizacional, para evidenciar aspectos estruturantes que facultam compreender o fenômeno investigado.

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, sendo que seis possuem formação superior completa, dois formação superior incompleta e dois formação técnica em nível médio. A individualização dos dados por entrevistado foi vedada pela direção da empresa, em atendimento a normatização da LGPD. No início das entrevistas foi averiguado o nível dos conhecimentos acerca de Big Data e Analytics, por meio de conceitos estruturantes e exemplos do ambiente industrial de fabricação de móveis.

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.

Entende-se que desta forma a abordagem qualitativa adquire características de maior robustez. 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). Todas as etapas foram realizadas pelos pesquisadores, sem auxílio de software, por entender que havia necessidade de apropriação de conteúdo do material coletado, o que facultou a identificação de categorias de análise, a priori, bem como as que emergiram, ao longo da interpretação e inferência, como a compreensão do processo operacional, por meio de combinação de atividades e tarefas, executadas por pessoas e por máquinas e equipamentos.

5 Análise dos resultados e discussão

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, *puffs*, 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 Big Data, mas entendem que tecnicamente a sua adoção, para este fim, é viável. Oito entrevistados se posicionaram contrariamente à adoção da Big Data, por entender que seria desnecessário. A percepção evidenciada está alinhada com os achados empíricos de Silva, Massote e Lima (2022).

Para o controle de consumo de energia elétrica, dos dez entrevistados, quatro se expressaram a favor da adoção, considerando a mesma viável tanto técnica como economicamente. No entanto seis entrevistados se mostraram reticentes em relação a viabilidade econômica da Big Data para o controle de energia elétrica. Diversos estudos sobre o tema, em diferentes atividades econômicas, evidenciam que a adoção da Big Data para esta finalidade é recorrente e gera resultados positivos já em curto prazo (Schreiber, 2023).

Um posicionamento similar foi evidenciado na questão de adoção da Big Data ao longo do processo de fabricação, com o intuito de reduzir o desperdício de insumos e de retrabalho durante a operação de manufatura. Cinco 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. No entanto outros cinco entrevistados expressaram 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 julgaram ser viável a adoção de Big Data para esta finalidade, por entender que há meios de menor custo que podem oferecer resultado similar. O investimento na infraestrutura Big Data 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 2 entrevistados entenderam que a adoção destas tecnologias poderia contribuir para reduzir o volume de insumos não recicláveis, químicos e tóxicos 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 Big Data, 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. Sete dos dez entrevistados afirmaram que a Big Data é muito eficaz para indicar alternativas de redução de movimentação desnecessária, bem como para orientar a melhor forma de aproveitar o espaço interno.

Em relação ao transporte externo e uso otimizado de containers e espaço dos caminhões cinco entrevistados perceberam funcionalidades da Big Data que poderiam contribuir para mitigar o impacto ambiental e entendem que a adoção da referida tecnologia seria viável técnica e economicamente. Outros cinco 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 Big Data, 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 Big Data 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 Big Data, para auxiliar na gestão de embalagens. No entanto, apenas dois entrevistados se posicionaram a favor de adoção da Big Data para apoiar o processo de gestão das embalagens, bem como contribuir para a redução do volume delas utilizado pela empresa. Considerando que a adoção da tecnologia Big Data é orientada em termos de grandes blocos de dados que tem 6 características principais: volume, variedade, velocidade, veracidade, valor e complexidade (Bongomin et al. (2020) entende-se que, a priori, se justificaria sua adoção, visto que apesar do volume utilizado no segmento ser menor, na comparação com outros setores industriais, principalmente de bens de consumo, é considerado relevante, conforme ressaltou o entrevistado 3, que exerce atualmente função na operação da empresa, mas já coordenou área de suprimentos. Além do volume alto, também apresenta variação significativa de formato, visando atender as especificidades do portfólio de produtos fabricados pela empresa (variedade, velocidade, veracidade, valor e complexidade). De forma similar, considerando as 6 características citadas, a redução da movimentação interna e otimização do uso do espaço interno também poderia ser beneficiada com a adoção da referida tecnologia, considerando a complexidade dos processos operacionais, necessidade de redução de custos com horas máquina e de pessoas, com eliminação/ mitigação tanto de movimentação desnecessária, como de ocupação de metro quadrado do espaço disponível.

Adoção da Big Data 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 dois entrevistados entendem que a adoção da Big Data seria relevante e viável para gerar os referidos benefícios ambientais. Os demais entrevistados, percebem que o investimento não compensaria a obtenção de benefícios ambientais justificando 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. O resultado similar foi constatado 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. O resultado conflita com a teoria revisada (Litchfield, 2011).

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). No entanto apenas dois entrevistados demonstraram a mesma preocupação, indicando como viável a contribuição da Big Data 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 tabela 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.

ARTIGO ONLINE

Tabela 1

Análise dos resultados da adoção de Big Data em práticas sustentáveis

Adoção da Big Data para:	Entrevistados	Observação participante	Levantamento documental
Reduzir o consumo de água (volume)	2 – viável, mas não prioritário 8 – desnecessário	Tecnicamente viável, mas economicamente não se justifica.	Discutido poucas vezes (fonte – registros internos).
Reduzir consumo de energia elétrica (quantidade de kWh)	4 – viável técnica e economicamente e prioritário; 6 – viável, mas não é prioritário.	Viável técnica e economicamente.	Atas de reuniões indicam que Big Data tem sido orientado para o marketing.
Reduzir o desperdício de insumos e de retrabalho durante a operação de manufatura (Qtde e valor)	5 – viável técnica e necessário; 5 – viável, mas não é prioritário.	Viável técnica e economicamente e já foi discutido em reuniões da Manufatura.	Priorização da tecnologia para relacionamento com os clientes e fornecedores.
Ações de controle, monitoramento e retenção de emissões atmosféricas (volume – m ³)	5 – viável técnica e economicamente e prioritário; 5 – viável, mas não é prioritário.	Viável técnica e economicamente e em processo de estudos preliminares para adoção.	Registro de reuniões para planejar a implantação da Big Data com esta finalidade.
Reduzir a utilização de produtos químicos e de insumos não recicláveis no processo de fabricação (volume, litros e kg)	As características do setor obstaculizam as duas ações, com ou sem a Big Data. 2 – viável e importante.	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 (m ²)	7 entrevistados entendem que Big Data é muito eficaz para indicar alternativas de redução.	Já há geração de dados, armazenados na nuvem e processados, com emissão de relatórios para análises.	Investimentos estão previstos para esta finalidade, devido a potenciais resultados econômicos comprovados.
Otimizar transporte externo e de uso de containers e espaço dos caminhões (m ³)	5 – viável técnica e economicamente e prioritário; 5 – viável, mas não é prioritário.	Percebe-se que as empresas contratadas para o transporte se esforçam para encontrar alternativas, para reduzir os custos.	Algumas empresas logísticas já utilizam a Big Data, conforme relatórios recebidos.
Reduzir volume de embalagens utilizadas plásticas, cartonadas e de madeira (qtde)	Apenas 2 entrevistados são favoráveis à adoção da Big Data para apoiar o processo de gestão das embalagens, contribuindo, assim, para reduzir seu volume.	Antes de adotar Big Data 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 uso da Big Data.
Reduzir volume de efluentes líquidos da produção e da manutenção predial, a serem tratados, e aumentar o volume de materiais reciclados e reutilizado (volume em litros e kg)	2 – viável técnica e economicamente e importante; 8 – viável, mas desnecessário	Para reduzir volume de efluentes seria necessário rever e reorganizar os processos, antes de adotar Big Data.	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 prever adoção da Big Data.
Reduzir volume de produtos químicos utilizados na limpeza de máquinas e equipamentos, bem como para manutenção, especialmente, a sua lubrificação (volume em litros e kg)	Apenas dois entrevistados consideram a adoção da Big Data viável e importante.	Apesar da complexidade do processo, entende-se que é viável e desejável o referido investimento.	Uso de Big Data para esta finalidade já foi abordado em algumas reuniões, mas não se avançou na discussão.
Reduzir volume de resíduos a ser destinado ao aterro sanitário (volume em m ³ e kg)	2 – viável e importante; 8 – desnecessário	O custo seria elevado, sem clareza de benefícios gerados.	O assunto não foi discutido

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 Big Data, 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 Big Data, está em curso e poderá oferecer importantes contribuições para a sustentabilidade organizacional.

6 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 Big Data 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 Big Data em outros setores da empresa, como Marketing e Gestão de Fornecedores, mas a Manufatura, Logística ainda não foram contemplados. No entanto os entrevistados, gestores das áreas operacionais da empresa percebem que Big Data poderia contribuir 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, redução de produtos químicos e

lubrificantes utilizados para a manutenção de máquinas e equipamentos, preferencialmente associado a outras tecnologias da indústria 4.0.

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 Big Data. 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. Além disso, a ausência de mulheres entre os entrevistados pode ser vista como uma limitação da amostra, o que pode afetar a representatividade das percepções sobre o tema pesquisado. Apesar das referidas limitações, 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, especialmente no setor que foi analisado, de fabricação de móveis, como, também, para evidenciar formas de superar o obstáculo da viabilidade econômica, sugerindo soluções ou exemplos de boas práticas de empresas que adotaram tecnologias semelhantes com sucesso.

Referências

- Baines, T., Brown, S., Benedettini, O., & Ball, P. D. (2012). Examining green production and its role within the competitive strategy of manufacturers. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1), 53-87., p. 53.
- Barbieri, J. C. (2016) *Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos*. 4ª. Edição. São Paulo: Saraiva, 2016.
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo*. São Paulo, SP: Edições 70. 279 p. ISBN 9788562938047.
- Bongomin, O., Gilibrays Ocen, G., Oyondi Nganyi, E., Musinguzi, A., & Omara, T. (2020). Exponential disruptive technologies and the required skills of industry 4.0. *Journal of Engineering*, 2020(1), 4280156.
- Borges, I. B., Alves, J. L., Lima, L. K. A. de, & Nadea, J. de. (2022). Indústria 4.0: impactos das novas tecnologias no gerenciamento de projetos. *Exacta*, 20(4), 832–860. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.18618>
- Bossle, M. B., de Barcellos, M. D., Vieira, L. M., & Sauvée, L. (2016). The drivers for adoption of eco-innovation. *Journal of Cleaner production*, 113, 861-872.

- da Costa Neto, L. G., & Campos, F. C. de. (2023). Oportunidades de aplicações de Business Intelligence no contexto da indústria 4.0: revisão sistemática da literatura 2015-2020. *Exacta*, 21(2), 503–519. <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.19525>
- Deif, A. M. (2011) A System Model for Green Manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 14, p. 1553-1559, 2011.
- Demo, P. (2022). *Avaliação qualitativa*. 1. ed. Campinas: Autores Associados. 1 recurso online. ISBN 9786588717691.
- 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.
- Henke, N., Bughin, J., Chui, M., Manyika, J., Saleh, T., Wiseman, B., & Sethupathy, G. (2016). THE AGE OF ANALYTICS: COMPETING IN A DATA-DRIVEN WORLD. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/ourinsights/the-age-of-analytics-competing-in-a-data-driven-world>.
- Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J.Y., Kim, B.H., Noh, S. Do. (2016) Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. *Int. J. Precis. Eng. Manuf. - Green Technol.* 3, 111e128. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40684-016-0015-5>.
- Kevin, Nagorny, Pedro, Lima-Monteiro., Jose, B., Armando, W., C. (2017). Big Data Analysis in Smart Manufacturing: A Review. *Int'l J. of Communications, Network and System Sciences*, 10(3):31-58. DOI: <https://doi.org/10.4236/IJCNS.2017.103003>.
- Khan I.S, Ahmad M.O & Majava J. (2021) Industry 4.0 and sustainable development: a systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. **J Clean Prod**;297:126655
- Lee, J.; Bagheri, B.; Kao, H. (2015) A Cyber-physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems. *Manufacturing Letters*, v. 3, p. 18-23, 2015.
- 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.
- Mcafee, A.; Brynjolfsson, E. (2012) Big Data: The Management Revolution, *Harvard Business Review*, Massachusetts, Estados Unidos, 9 p., Reimpressão HBR R1210C, outubro.
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (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.
- Naime, R.; Borella, I. L. (2012) Transformar a Gestão Ambiental Integrada em Vantagem Competitiva. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 6, n. 6, p. 1025-1042, 2012.
- Nozari, H., Fallah, M., Kazemipoor, H., & Najafi, S. E. (2021). Big data analysis of IoT-based supply chain management considering FMCG industries. *Бизнес-информатика*, 15(1 (eng)), 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.
- Qi, Q.; Tao, F. (2018) Digital Twin and Big Data Towards Smart Manufacturing and Industry 4.0: 360 Degree Comparison. *IEEE Access*, v. 6, p. 3585-3593.
- Raj A., et al. (2020) Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: an inter-country comparative perspective. **Int J Prod Econ**;224:107546
- Ramirez-Peña, M., Sotano, A. J. S., Pérez-Fernandez, V., Abad, F. J., & Batista, M. (2020). Achieving a sustainable shipbuilding supply chain under I4. 0 perspective. *Journal of Cleaner Production*, 244, 118789.
- 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.
- Ritzman, L. P., & Krajewski, L. J. (2005). *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 431 p.
- Roblek V., Meško M., Podbregar I. (2021) Mapping of the Emergence of Society 5.0: A Bibliometric Analysis. **Organizacija**;54(4):293-305
- Sacomano, J. B., Gonçalves, R. F., Bonilla, S. H., da Silva, M. T., & Sátyro, W. C. (2018). *Indústria 4.0*. Editora Blucher.
- Salimova T., Vukovic N. & Guskova N. (2020) Towards sustainability through Industry 4.0 and Society 5.0. **Int Rev**;3-4:48-54
- 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. DOI: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n1-017>

- Schreiber, D., Froehlich, C., Feil, A. A., & Becker, V. J. (2024). Industry 4.0 technologies in a brazilian furniture industry. *Revista De Administração Da UFSM*, 17(2), e2. <https://doi.org/10.5902/1983465974934>
- 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: <https://doi.org/10.23919/PICMET53225.2022.9882610>.
- Sivarajah, U., Kamal, M. M., Irani, Z., & Weerakkody, V. (2017). Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods. *Journal of business research*, 70, 263-286.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da Produção*. 3^o 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.
- Tsai, W.; Lai, S. (2018) Green Production Planning and Control Model with ABC under Industry 4.0 for the Paper Industry. *Sustainability*, v. 10, n. 8, p. 2932, 2018.
- Vido, M., Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Oliveira Neto, G. C. de, & Bezerra, F. E. (2024). Avançando a manufatura sustentável em engenharia de produção: estudo de caso sobre Indústria 4.0 e economia circular no setor industrial. *Exacta*, e27304. <https://doi.org/10.5585/2024.27304>
- Waheed, A., Zhang, Q., Rashid, Y., Tahir, M. S., & Zafar, M. W. (2020). Impact of green manufacturing on consumer ecological behavior: Stakeholder engagement through green production and innovation. *Sustainable Development*, 28(5), 1395-1403.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (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., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616-630.
- Zhou, K., Liu, T., Zhou, L. (2015) Industry 4.0: towards future industrial opportunities and challenges. In: *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2015 12th International Conference on. IEEE, pp. 2147-2152, 2015. August.