

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

**UMA ANÁLISE DE PERSPECTIVAS ORGANIZACIONAIS
NA SERVITIZAÇÃO DIGITAL DA MANUFATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

MÁRCIO JOSÉ PADOVAN DE ANTÔNIO

SÃO PAULO

2024

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP

**UMA ANÁLISE DE PERSPECTIVAS ORGANIZACIONAIS
NA SERVITIZAÇÃO DIGITAL DA MANUFATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Lúcia Figueiredo Facin

Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação.

Linha de Pesquisa: Redes de Empresas e Planejamento da Produção.

Projeto de Pesquisa: Gestão da Produção e Inovação na Agricultura, Indústria e Serviços

MÁRCIO JOSÉ PADOVAN DE ANTÔNIO

SÃO PAULO

2024

Antônio, Márcio José Padovan de.

Uma análise de perspectivas organizacionais na servitização digital da manufatura / Márcio José Padovan de Antônio. – 2024. 101 f. : il. color.

Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2024.

**Área de concentração: Gestão de Sistemas de Operação.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Lúcia Figueiredo Facin.**

1. Digitalização. 2. Servitização. 3. Competências organizacionais. 4. Sustentabilidade. I. Facin, Ana Lúcia Figueiredo (orientadora). II. Título.

Ficha elaborada pelo Bibliotecário Rodney Eloy CRB8-6450

MÁRCIO JOSÉ PADOVAN DE ANTÔNIO

**UMA ANÁLISE DE PERSPECTIVAS ORGANIZACIONAIS NA
SERVITIZAÇÃO DIGITAL DA MANUFATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP, para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em: _____

BANCA EXAMINADORA

_____/_____/_____
Profa. Dra. Ana Lúcia Figueiredo Facin – Orientadora
Universidade Paulista (UNIP)

_____/_____/_____
Prof. Dr. Rodrigo Franco Gonçalves
Universidade Paulista (UNIP)

_____/_____/_____
Prof. Dr. Renato, de Campos
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Dedico esta dissertação, in memoriam, aos meus pais, Assef de Antônio e Odette Padovan de Antônio, cuja dedicação, amor e exemplo de vida moldaram quem sou e me guiaram até aqui.

Dedico-o também à minha esposa, Renilde Maria dos Santos, a quem agradeço pelo amor, pela paciência e pelo apoio inabaláveis durante toda esta jornada.

Dedico-o ainda à minha irmã, Márcia, e aos meus sobrinhos, André e Andressa, que sempre me inspiraram com sua força e entusiasmo, e me motivaram a continuar perseverando em cada etapa deste caminho..

AGRADECIMENTOS

Meu sincero agradecimento ao Prof. Dr. Willian Ramalho Feitosa, professor do IFSP - Campus Pirituba, por me incentivar a transformar minha experiência profissional nos meus primeiros artigos, fato que se tornou os primeiros passos nessa jornada acadêmica.

Agradeço à Profa. Dra. Márcia Terra da Silva, que me abriu as portas para o Mestrado, orientando-me com generosidade desde antes do início do processo seletivo e acompanhando-me durante toda a caminhada com apoio inestimável em cada etapa.

Agradeço à Profa. Dra. Ana Facin, que assumiu a orientação em meio a um processo e me conduziu da melhor forma possível com sabedoria e dedicação, para a conclusão deste trabalho.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), cujos ensinamentos foram de grande valor e contribuição para meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Agradeço também à equipe da secretaria e ao corpo administrativo do programa pelo apoio constante, com uma menção especial à Sra. Márcia Nunes, que me orientou e confortou nos momentos mais difíceis.

Agradeço aos colegas de jornada, que compartilharam desafios e conquistas. Especialmente agradeço aos meus amigos Joel Porto Alves, com quem dividi conhecimentos e aprendizados, e Robson Jeremias, que fraternalmente muito me incentivou ao longo dessa caminhada.

Além disso, expresso minha gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pelo apoio essencial para a realização deste trabalho, por meio do financiamento proporcionado (Código de Financiamento 001). Sem este suporte, o desenvolvimento da pesquisa não teria sido possível.

Por fim, deixo registrada minha gratidão a Deus, por tornar possível esta experiência transformadora.

RESUMO

O avanço da digitalização nas últimas décadas e a crescente adoção da servitização digital têm transformado a maneira como as indústrias de manufatura operam, geram valor e se relacionam com seus clientes. Essa transformação exige um estudo aprofundado sobre os impactos dessas inovações, especialmente no que diz respeito às perspectivas organizacionais. Esta dissertação justifica-se pela possibilidade de compreender como a digitalização e a servitização, quando aplicadas de forma integrada, afetam (i) os Sistemas Sociotécnicos, (ii) a Estratégia e a Capacidade organizacionais, (iii) a Gestão de recursos humanos e as Competências individuais, (iv) a Cultura organizacional e a Liderança e (v) a Organização do trabalho e a Cooperação humano máquina, em um cenário global de competitividade e demanda crescente por sustentabilidade. O estudo explora três pilares centrais: a adoção de tecnologias digitais (IoT, *Big Data* e IA) no setor de manufatura, a transição para a servitização digital, que integra produtos e serviços, e o impacto dessas mudanças em algumas das perspectivas organizacionais discutidas na literatura sobre o tema da servitização digital da manufatura. A pesquisa apresenta seus resultados por meio de três artigos. O primeiro discute a implementação de ferramentas digitais, revelando como elas otimizam a produção e personalizam os serviços. O segundo artigo explora algumas perspectivas organizacionais que devem ser consideradas para enfrentar as transformações tecnológicas e sociais na servitização digital. Neste trabalho, a pesquisa adota uma perspectiva sociotécnica para analisar como sistemas tecnológicos impactam as estratégias, as capacidades organizacionais e o desenvolvimento de competências individuais. A liderança e a cultura organizacional são abordadas como catalisadoras de inovação e engajamento, enquanto a organização do trabalho foca na cooperação eficiente entre pessoas e sistemas automatizados. Por fim, o terceiro artigo explora a transformação dos modelos de negócio no contexto da servitização digital por meio de pesquisa empírica, destacando como a logística reversa da NESPRESSO® exemplifica a integração entre sustentabilidade e inovação. Essa abordagem reflete a adoção de soluções digitais para otimizar processos, fortalecer o relacionamento com os clientes e criar valor agregado, alinhando práticas ambientais a estratégias tecnológicas. Os resultados confirmam que a integração da digitalização e da servitização pode exigir mudanças

organizacionais em diversas perspectivas. Além disso, a integração dessas estratégias operacionais pode auxiliar na promoção das práticas de sustentabilidade. Este trabalho conclui que a transição para a servitização digital depende não apenas da implementação de novas tecnologias, mas também da preparação organizacional para desenvolver e adaptar as organizações para lidar com esse novo cenário.

Palavras chaves: Digitalização, Servitização, Competências Organizacionais, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The advancement of digitalization in recent decades and the growing adoption of digital servitization have transformed how manufacturing industries operate, generate value, and interact with their customers. This transformation calls for an in-depth examination of the impacts of these innovations, particularly from an organizational perspective. This dissertation is justified by the opportunity to understand how digitalization and servitization, when applied in an integrated manner, affect (i) Sociotechnical Systems, (ii) Organizational Strategy and Capability, (iii) Human Resource Management and Individual Competencies, (iv) Organizational Culture and Leadership, and (v) Work Organization and Human-Machine Cooperation in a global context of competitiveness and increasing demand for sustainability.

The study explores three central pillars: the adoption of digital technologies (IoT, Big Data, and AI) in the manufacturing sector, the transition to digital servitization—which integrates products and services—and the impact of these changes on several organizational perspectives discussed in the literature on digital servitization in manufacturing. The research presents its findings through three articles. The first discusses the implementation of digital tools, revealing how they optimize production and personalize services. The second article examines the organizational competencies needed to address technological and social transformations, highlighting human-machine interaction as a central element. Here, the research adopts a sociotechnical perspective to analyze how technological systems impact strategies, organizational capabilities, and the development of individual competencies. Leadership and organizational culture are addressed as catalysts for

innovation and engagement, while work organization focuses on efficient cooperation between people and automated systems.

The third article explores the transformation of business models within the context of digital servitization, highlighting how NESPRESSO®'s reverse logistics exemplifies the integration of sustainability and innovation. This approach reflects the adoption of digital solutions to optimize processes, strengthen customer relationships, and create added value by aligning environmental practices with technological strategies. The findings suggest that integrating digitalization and servitization may require organizational changes across multiple perspectives. Furthermore, the integration of these operational strategies can support the promotion of sustainability practices.

This work concludes that the transition to digital servitization depends not only on implementing new technologies but also on organizational readiness to develop and adapt to this new landscape.

Keywords: Digitalization, Servitization, Organizational Competencies, Sustainability.

UTILIDADE

O estudo das perspectivas organizacionais da servitização digital na manufatura, abordado nesta dissertação, está diretamente relacionado a dois dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

De acordo com as diretrizes do Programa de Pós-Graduação da UNIP, que destacam a importância de pesquisas alinhadas aos ODS, a Tabela 1 apresenta as relações e oportunidades identificadas nesta pesquisa com esses objetivos.

Tabela 1 - Relação de oportunidades x ODS

ODS	ITEM	META
9 Industria, Inovação e Infraestrutura	9.5	Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente nos países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento
12 Consumo e Produção responsáveis	12.6	Incentivar as empresas, especialmente as empresas grandes e transnacionais, a adotar práticas sustentáveis e a integrar informações de sustentabilidade em seu ciclo de relatórios

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Descrição da organização da pesquisa	22
---	----

CAPÍTULO 4 – ARTIGO 1

Figura 02. Síntese do artigo 1.....	32
-------------------------------------	----

Figura 03. Fluxo da RSL e Protocolo	35
---	----

CAPÍTULO 4 – ARTIGO 2

Figura 04. Síntese do artigo 02.....	37
--------------------------------------	----

Figura 05. Fluxo da RSL e Protocolo	40
---	----

Figura 06. Perspectivas Organizacionais na Pesquisas sobre Servitização Digital...	42
--	----

CAPÍTULO 4 – ARTIGO 3

Figura 07. Síntese do artigo 03.....	43
--------------------------------------	----

Figura 08. Fluxo de logística reversa e aplicação das tecnologias habilitadoras.....	47
--	----

CAPÍTULO 4.4 – Discussão final sobre a integração dos artigos

Figura 09. Integração dos Artigos da Dissertação.....	52
---	----

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 01. Relação de oportunidades x ODS	10
---	----

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Tabela 02. Descrição das Fases Metodológicas da Dissertação.....	31
--	----

LISTA DE ABREVIações

AR - Realidade Aumentada

IA – Inteligência Artificial

IoT – Internet das coisas

ODS – Objetivo do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
1.1. Introdução	15
1.2. Justificativa.....	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo Geral	19
1.3.2. Objetivos Específicos	20
1.4. Estrutura da Pesquisa	21
2. CAPÍTULO II - REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1. Impactos organizacionais da servitização digital	23
2.2. Desafios e barreiras na adaptação das competências para a servitização digital	25
2.3. Estratégias para o desenvolvimento de competências na era da servitização digital.....	27
3. CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....	30
4. CAPÍTULO IV – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	32
4.1. Artigo 1	32
4.1.1. Introdução.....	33
4.1.2. Revisão de literatura.....	33
4.1.3. Metodologia.....	35
4.1.4. Resultados e discussões.....	36
4.2. Artigo 2 (Em desenvolvimento)	37
4.2.1. Introdução.....	37
4.2.2. Metodologia.....	39
4.2.3. Resultados Parciais e Discussões.....	41
4.3. Artigo 3	43
4.3.1. Introdução.....	44
4.3.2. Resumo da Literatura.....	44
4.3.3. Metodologia.....	45
4.3.4. Estudo de caso.....	46
4.3.5. Aplicação das Tecnologias Habilitadoras na Logística Reversa.....	47
4.3.6. Considerações.....	49
4.4. Discussão final sobre a integração dos artigos	49

5. CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
5.1. Conclusões gerais.....	53
5.2. Contribuições para teoria e para a prática	55
5.3. Limitações da pesquisa	56
5.4. Sugestões para trabalhos futuros.....	57
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A – ARTIGO 1	64
APÊNDICE B – ARTIGO 2	83
APÊNDICE C – ARTIGO 3	84
ANEXO A – PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA E PESQUISA.....	99

CAPÍTULO I

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1 Introdução

O avanço tecnológico e a transformação digital têm impactado profundamente a forma como as empresas conduzem seus negócios e interagem com seus clientes. Ao mesmo tempo, empresas de manufatura em diversas partes do mundo, especialmente em economias desenvolvidas e ocidentais, têm se dedicado continuamente a expandir seus negócios de serviços, buscando evitar a comoditização (RABETINO *et al.*, 2018; KOHTAMÄKI *et al.*, 2019; BAINES *et al.*, 2020). Essa tendência tem sido amplamente documentada na pesquisa acadêmica sobre servitização (VANDERMERWE; RADA, 1988). Embora serviços associados a produtos tenham sido tradicionalmente oferecidos por empresas de manufatura, foi apenas a partir da segunda metade da década de 1980 que a servitização se consolidou como uma estratégia para agregar valor (GEBAUER, 2008; KOWALKOWSKI *et al.*, 2015; RABETINO *et al.*, 2021b). A servitização representa uma transformação fundamental na dinâmica de mercado, caracterizada pela transição do modelo transacional, que se concentra na comercialização de bens tangíveis, para um modelo relacional, em que a oferta integrada de produtos e serviços torna-se o foco principal das organizações (VANDERMERWE; RADA, 1988; BAINES *et al.*, 2007; MARTINEZ *et al.*, 2017; DÍAZ-GARRIDO *et al.*, 2018; BAINES *et al.*, 2020). Esse movimento implica não apenas a reorientação do modelo de negócios, mas também exige ajustes profundos em diferentes áreas da organização, envolvendo desde a alocação de recursos até a reconfiguração da estrutura organizacional (ZAHIR, M *et al.*, 2020). Processos internos e capacidades organizacionais devem ser adaptados e aprimorados para sustentar essa nova abordagem, que demanda maior flexibilidade e uma visão de longo prazo nas relações com os clientes e no desenvolvimento contínuo de soluções inovadoras e integradas (GONI, J *et al.*, 2022).

A digitalização tem sido reconhecida como uma força transformadora significativa na sociedade e nos negócios (PORTER; HEPPELMAN, 2014;

OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016; SJÖDIN *et al.*, 2020). Especificamente na indústria, a digitalização está associada à adoção crescente de tecnologias digitais para conectar pessoas, sistemas, empresas, produtos e serviços (OESTERREICH; TEUTEBERG, 2016; GOBBLE, 2018; VERHOEF *et al.*, 2019). Tecnologias como Internet das Coisas, análise de *Big data*, computação em nuvem, automação, sensores e manufatura aditiva têm possibilitado a criação de produtos inteligentes e serviços digitais (LIAO *et al.*, 2017; YIN; STECKE; LI, 2018; FAVORETTO *et al.*, 2022), transformando modelos de negócios e ampliando as oportunidades de criação e captura de valor (GEBAUER *et al.*, 2020; KAMALALDIN *et al.*, 2020; FAVORETTO *et al.*, 2022).

Neste contexto, a servitização e a digitalização são consideradas inovações nos modelos de negócios (FRANK *et al.*, 2019; COREYNEN *et al.*, 2020). Embora cada uma tenha origem em campos distintos - gestão e engenharia para a servitização, e informática para a digitalização - elas se complementam em termos de valor (PASCHOU *et al.*, 2020; PIROLA *et al.*, 2020). Empresas de manufatura podem oferecer serviços sem a adoção de tecnologias digitais, assim como podem investir em digitalização sem focar na oferta de serviços (RADDATS *et al.*, 2019; VERHOEF *et al.*, 2019). No entanto, a literatura recente reconhece a interconexão entre essas inovações e tem explorado suas interações (COREYNEN; MATTHYSSENS; VAN BOCKHAVEN, 2017; FRANK *et al.*, 2019; KOHTAMÄKI *et al.*, 2019; PASCHOU *et al.*, 2020; ZHOU; SONG, 2021; FAVORETTO *et al.*, 2022). Para ilustrar, imagine a Caterpillar, uma empresa conhecida por fabricar equipamentos pesados como escavadeiras e tratores. Tradicionalmente, a empresa vendia apenas esses equipamentos. Usando sensores conectados à Internet das Coisas (IoT), os equipamentos agora enviam dados em tempo real sobre seu funcionamento e, com a digitalização, a empresa transformou seu modelo de negócios ao oferecer serviços adicionais, como monitoramento remoto e manutenção preditiva.

Como resultado da aplicação dessas tecnologias, diversos benefícios são obtidos. Caso um problema seja detectado, a Caterpillar pode resolvê-lo antes que o equipamento apresente falhas, evitando assim interrupções nas operações. Além disso, por meio da análise de *Big data*, a empresa é capaz de otimizar o desempenho das máquinas, ajustando-as automaticamente para maior eficiência, o que leva a um menor consumo de combustível e menos desgaste. Essa abordagem não só melhora

a eficiência operacional e reduz os custos, como também aumenta a confiabilidade e a vida útil dos equipamentos, proporcionando um serviço mais completo e permitindo que as operações ocorram sem preocupações adicionais (GEORGE, B; NOJABAEI, B, 2023).

Estudos enfatizam a sinergia entre servitização e digitalização, evidenciando seu potencial para reforço mútuo (MARTÍN-PEÑA; DÍAZ-GARRIDO; SÁNCHEZ-LÓPEZ, 2018; PASCHOU *et al.*, 2020; PIROLA *et al.*, 2020). A servitização digital surge como uma abordagem transformacional em que empresas de produtos adaptam seus modelos de negócios para centrar-se em serviços, apoiados por tecnologias digitais para reconfigurar processos, capacidades, produtos e serviços, visando melhorar o valor para clientes e a aumentar o desempenho organizacional (FAVORETTO *et al.*, 2022).

Embora os benefícios da adoção da servitização digital sejam amplamente reconhecidos, há uma necessidade premente de investigar os impactos que a implementação dessa estratégia traz para as empresas (COREYNEN; MATTHYSENS; VAN BOCKHAVEN, 2017; PIROLA *et al.*, 2020; TRONVOLL *et al.*, 2020; FAVORETTO *et al.*, 2022). A compreensão dos processos de transformação exigidos pela servitização digital é essencial para guiar tanto a pesquisa quanto a prática empresarial (FRANK *et al.*, 2019; GEBAUER *et al.*, 2020; SJÖDIN *et al.*, 2020).

A servitização digital não apenas amplia a complexidade da servitização tradicional, como também demanda uma significativa reestruturação organizacional e desenvolvimento de novas capacidades tecnológicas (VENDRELL-HERRERO *et al.*, 2019; GEBAUER *et al.*, 2020; FAVORETTO *et al.*, 2022). É fundamental explorar como esse processo de transformação se desenrola nas empresas de manufatura, adotando abordagens metodológicas que considerem a dinâmica processual dessa mudança (CHEN *et al.*, 2021; RABETINO *et al.*, 2021a; STRUYF *et al.*, 2021).

A pesquisa e a prática empresarial necessitam de estruturas sistemáticas e holísticas para apoiar a implementação da servitização digital, abordando seus desafios específicos no contexto das empresas de manufatura (PASCHOU *et al.*, 2020; STRUYF *et al.*, 2021; FAVORETTO *et al.*, 2022). Este estudo se concentra nos desafios associados ao processo de transformação para a servitização digital em empresas de manufatura.

1.2 Justificativa

A servitização digital é um tema de grande relevância científica devido às transformações significativas que ocorrem na indústria de manufatura e nos modelos de negócio (RADDATS *et al.*, 2019; BAINES *et al.*, 2020). O estudo desse fenômeno possibilita avanços teóricos e empíricos, fornecendo *insights* sobre como as empresas podem se adaptar e aproveitar as oportunidades oferecidas pelas tecnologias digitais (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; TRONVOLL *et al.*, 2020). Compreender a servitização digital pode suscitar grande interesse de pesquisadores, acadêmicos e profissionais que desejem explorar as interações entre a manufatura, os serviços e as tecnologias digitais, que desejem contribuir para o desenvolvimento de estratégias eficazes e práticas (RABETINO *et al.*, 2021b).

A transformação digital e a servitização provocam mudanças nos modelos de negócios e nas empresas (BAINES *et al.*, 2020; PASCHOU *et al.*, 2020). A digitalização implica mudanças no processo de servitização tradicional (SJÖDIN *et al.*, 2020; FAVORETTO *et al.*, 2022). O processo de transformação para a servitização digital congrega elementos tanto da servitização quanto da digitalização (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; TRONVOLL *et al.*, 2020). É essencial estabelecer um entendimento sobre o contexto, sobre o conteúdo e sobre o processo de transformação para a servitização digital, a fim de que as empresas de manufatura possam implementar essa estratégia de forma eficaz (BAINES *et al.*, 2020; RABETINO *et al.*, 2021b).

Além da relevância científica, a servitização digital também apresenta uma importância social significativa. Do ponto de vista social, essa transformação impulsiona a inovação e o desenvolvimento econômico, uma vez que as empresas podem criar novas fontes de receita e empregos relacionados aos serviços digitais (PASCHOU *et al.*, 2020; SJÖDIN *et al.*, 2020). Além disso, a servitização digital pode melhorar a experiência do cliente, fornecendo soluções personalizadas e mais completas (FAVORETTO *et al.*, 2022). Do ponto de vista acadêmico, o estudo da servitização digital contribui para a compreensão dos desafios e das oportunidades enfrentados pelas empresas em um contexto de rápida evolução tecnológica (CHEN *et al.*, 2021). As pesquisas nessa área promovem o avanço do conhecimento em campos como estratégia empresarial, inovação, marketing e gestão de operações,

proporcionando *insights* valiosos para a academia e orientando práticas eficazes para as organizações (GEBAUER *et al.*, 2020).

O interesse acadêmico na servitização digital é justificado pela necessidade de entender como as tecnologias digitais podem afetar a prestação de serviços e como as empresas podem transformar seus processos de manufatura para se alinhar a essa nova realidade (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; PASCHOU *et al.*, 2020; SJÖDIN *et al.*, 2020). A exploração desse campo de estudo é uma das prioridades de pesquisa para acadêmicos, visto que ainda são escassas as evidências empíricas que esclarecem essa transformação.

Dada a relevância acadêmica e prática da servitização digital, é essencial explorar suas dimensões: contexto, conteúdo e processo (KOHTAMÄKI *et al.*, 2019; GEBAUER *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2021). Reconhecer como uma empresa de manufatura pode fazer seu processo de transformação para a servitização digital é uma importante lacuna de pesquisa (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; PASCHOU *et al.*, 2020; SJÖDIN *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2021). Portanto, a presente dissertação busca responder à questão geral de quais são os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura sob a perspectiva organizacional

Raddats *et al.* (2019) destacam a importância tanto acadêmica quanto prática da servitização digital, enfatizando que a pesquisa nesse campo é uma prioridade, dado o impacto das tecnologias digitais na prestação de serviços. No entanto, há uma escassez de evidências empíricas que clarifiquem como as empresas de manufatura estão se transformando para adotar a servitização digital, considerando as dimensões de contexto, de conteúdo e de processo (KOHTAMÄKI *et al.*, 2019; GEBAUER *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2021). Portanto, entender quais são os impactos desta transformação já indica uma importante lacuna na pesquisa atual sobre o tema da *servitização digital* (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; 2021; PASCHOU *et al.*, 2020; SJÖDIN *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2021).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Algumas premissas apoiam esta dissertação. São elas I). As mudanças que, nos modelos de negócios e nas empresas podem ser influenciadas por diversos fatores, entre eles, se destacam o processo de transformação digital e a servitização (BAINES *et al.*, 2020; PASCHOU *et al.*, 2020). Esses fatores, embora relevantes, interagem com outros elementos contextuais e organizacionais, moldando os modelos de negócios de maneiras distintas. II) A digitalização que tem o potencial de modificar o processo de servitização tradicional, abrindo novas oportunidades e desafios para as empresas (SJÖDIN *et al.*, 2020; FAVORETTO *et al.*, 2022), apesar de seus efeitos poderem variar de acordo com o setor e a estratégia adotada. III) O processo de transformação que, para a servitização digital envolve uma integração dinâmica entre elementos da servitização e da digitalização (KOHTAMÄKI *et al.*, 2020; TRONVOLL *et al.*, 2020), o mesmo processo é influenciado por fatores tecnológicos, organizacionais e mercadológicos, que podem variar conforme o contexto de cada empresa. IV). Para facilitar a implementação dessa estratégia nas empresas de manufatura, é necessário que se compreenda o impacto dessa transformação digital no processo de servitização, isto leva em consideração o contexto, o conteúdo e o processo envolvidos, além de outros fatores que também afetam essa dinâmica (BAINES *et al.*, 2020; RABETINO *et al.*, 2021b).

Nesta dissertação focamos na discussão sobre as perspectivas organizacionais dessa transformação. Nesse sentido, o objetivo geral desta pesquisa é analisar os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional. Num cenário de crescente digitalização e automação industrial, a transição para a servitização digital exige, por exemplo, que os trabalhadores desenvolvam novas competências alinhadas às mudanças tecnológicas e às práticas organizacionais sustentáveis.

1.3.2 Objetivos Específicos

Esta dissertação tem como objetivos específicos:

OE1 – Investigar a digitalização da servitização analisando as principais tecnologias facilitadoras para sua implementação (Artigo 1);

OE2 - Identificar quais perspectivas de estudos organizacionais são usadas na literatura para entender a servitização digital na Indústria de manufatura (Artigo 2)

OE3 - Analisar como a digitalização e as ferramentas tecnológicas facilitam a implementação de práticas sustentáveis na servitização. (Artigo 3)

1.4 Estrutura da pesquisa

Esta pesquisa está organizada em cinco capítulos. A Figura 01 (que vem em sequência à apresentação dos conteúdos dos capítulos) ilustra a estrutura de todo conteúdo desenvolvido

Capítulo 1: ele apresenta a introdução, abordando a ideia central, o contexto em que o estudo está inserido, os objetivos principais e as justificativas para a realização da pesquisa.

Capítulo 2: ele oferece a fundamentação teórica, detalhando o referencial utilizado para explorar e demonstrar a evolução do tema proposto.

Capítulo 3: ele descreve os materiais e métodos utilizados no desenvolvimento da dissertação, além de incluir a apresentação de três artigos que complementam a análise. Dois artigos foram publicados, o Artigo 1 em um periódico e o Artigo 3 em um Congresso de abrangência nacional e o Artigo 2 foi submetido a um periódico.

Capítulo 4: ele exhibe as produções bibliográficas relacionadas aos artigos elaborados ao longo do desenvolvimento da dissertação.

- ✓ Artigo 1: Ferramentas para a implantação da Digitalização na Servitização das Manufaturas (publicado)
- ✓ Artigo 2: Perspectivas Organizacionais na Servitização Digital: uma Revisão Sistemática e Implicações para a Indústria da Manufatura (submetido a um periódico nacional)

- ✓ Artigo 3: Servitização e Sustentabilidade: A Logística Reversa das Cápsulas de Café da NESPRESSO® como Modelo de Negócio Integrado (publicado nos Anais do ENEGEP 2024)

Capítulo 5: ele apresenta as contribuições para a teoria e para a prática. Também são apresentadas as limitações da pesquisa e algumas recomendações para pesquisas futuras.



Figura 01 – Descrição da organização da pesquisa

Fonte: autor (2024)

CAPÍTULO II

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Impactos organizacionais da servitização digital

A adoção da servitização digital na indústria de manufatura exige uma reestruturação organizacional significativa, abrangendo a redefinição de funções, de responsabilidades e de processos de trabalho (PASCHOU *et al.*, 2020). Essa transformação vai além da simples introdução de novas tecnologias; ela envolve uma reconfiguração profunda dos processos e das interações entre diferentes áreas nas empresas (COREYNEN *et al.*, 2017). A servitização digital está impulsionando uma mudança estrutural no setor, afetando diretamente as competências exigidas dos trabalhadores.

Historicamente, as competências dos trabalhadores na manufatura eram predominantemente focadas em habilidades técnicas específicas, necessárias para operar e manter equipamentos. Com a crescente integração de tecnologias digitais nos processos produtivos, as demandas de competências evoluíram. Atualmente, além das habilidades técnicas tradicionais, é necessário que os trabalhadores desenvolvam habilidades digitais para interagir com novas ferramentas e sistemas (BAINES *et al.*, 2020). Esse movimento exige das empresas investimentos não apenas em tecnologias, mas também em programas de capacitação que preparem os trabalhadores para essas novas exigências.

Além dos impactos tecnológicos e econômicos, a servitização digital também desempenha um papel importante no avanço da sustentabilidade social e ambiental. A sustentabilidade ambiental está diretamente ligada à capacidade das organizações de integrar tecnologias que otimizem o uso de recursos e reduzam desperdícios (KUYS, B.; KOCH, C.; RENDA, G., 2021). Tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e *machine learning*, por exemplo, possibilitam a manutenção preditiva e o monitoramento em tempo real, o que resulta em processos mais eficientes e em diminuição de impactos ambientais (GILCHRIST, 2016; COMPARE, 2019). Esses avanços também promovem a transição para uma economia circular, em que os

recursos são reutilizados e o ciclo de vida dos produtos é estendido (COREYNEN *et al.*, 2017).

A sustentabilidade social, por outro lado, emerge como um aspecto crucial nesse contexto. O foco crescente em serviços demanda uma maior orientação ao cliente, o que implica no fortalecimento das habilidades sociais e comportamentais dos trabalhadores. Essa evolução promove maior integração entre áreas como TI, engenharia e atendimento ao cliente, incentivando a colaboração interdisciplinar e o trabalho em equipe (KOHTAMÄKI *et al.*, 2019). Além disso, a ênfase na qualidade do serviço e na personalização de soluções reflete o compromisso das organizações com o bem-estar e a satisfação do cliente, um elemento central da sustentabilidade social (BAINES *et al.*, 2020; GRUBIC, 2018).

No contexto da digitalização, os trabalhadores precisam dominar um conjunto robusto de novas competências técnicas. Entre essas, destacam-se a análise de dados, programação básica e o conhecimento aprofundado de sistemas digitais (OESTERREICH & TEUTEBERG, 2016). Tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) desempenham um papel crucial na modernização dos processos industriais, permitindo o monitoramento remoto de equipamentos e a geração de grandes volumes de dados em tempo real (GILCHRIST, 2016). A interpretação desses dados e a capacidade de responder rapidamente a anomalias exigem que os trabalhadores possuam uma compreensão sólida de sistemas de TI e técnicas de análise de dados (FRANK *et al.*, 2019).

A digitalização também transforma fundamentalmente os processos de trabalho tradicionais, como exemplificado pela manutenção preditiva. Anteriormente, a manutenção preventiva baseava-se em cronogramas fixos, mas com sensores IoT e algoritmos de *machine learning*. No hodierno é possível prever falhas e programar a manutenção de forma otimizada, aumentando a eficiência operacional (COMPARE 2019). Essa mudança requer que os trabalhadores adquiram novas competências em análise preditiva e gerenciamento de manutenção, e competências baseadas em dados (BOKRANTZ *et al.*, 2020).

Além disso, a integração de diferentes sistemas e diferentes tecnologias na fábrica é essencial para a servitização digital. Desde a automação de processos até a gestão da cadeia de suprimentos, essa integração requer um conhecimento técnico abrangente e habilidades em programação e configuração de sistemas (CHIARINI *et*

al., 2021). A capacidade de conectar e fazer com que esses sistemas funcionem de maneira coesa é fundamental para garantir operações eficientes e contínuas.

A digitalização também impõe a necessidade de desenvolver habilidades comportamentais e sociais. No ambiente de servitização digital, a colaboração interdisciplinar é vital, exigindo que os trabalhadores desenvolvam fortes habilidades de comunicação e trabalho em equipe, especialmente ao integrar departamentos como TI, engenharia e atendimento ao cliente (KOHTAMÄKI *et al.*, 2019; COREYNEN *et al.*, 2017). Essa colaboração promove a inovação e garante que os serviços oferecidos sejam alinhados às necessidades dos clientes.

A orientação ao cliente ganha relevância nesse contexto. Com o foco crescente em serviços, os trabalhadores devem estar sintonizados com as expectativas dos clientes, desenvolvendo uma mentalidade voltada para o serviço, nela, a satisfação do cliente e a qualidade do serviço são prioritárias (BAINES *et al.*, 2020). A interação direta com os clientes e a capacidade de adaptar soluções às suas necessidades específicas tornam-se competências cada vez mais valorizadas (GRUBIC, 2018).

Em síntese, a transição para a servitização digital na indústria de manufatura representa um desafio significativo em termos de reestruturação organizacional e desenvolvimento de novas competências. A combinação de habilidades técnicas, digitais e comportamentais é crucial para que os trabalhadores possam se adaptar e prosperar nesse novo ambiente de trabalho (PASCHOU *et al.*, 2020; BAINES *et al.*, 2020; OESTERREICH & TEUTEBERG, 2016; PORTER & HEPPELMANN, 2015; GILCHRIST, 2016; FRANK *et al.*, 2019; COMPARE, 2019., 2014; BOKRANTZ *et al.*, 2020; CHIARINI *et al.*, 2021; GEBAUER *et al.*, 2020; KOHTAMÄKI *et al.*, 2019; COREYNEN *et al.*, 2017; GRUBIC, 2018).

2.2. Desafios e barreiras na adaptação das competências para a servitização digital

A transição para a servitização digital, embora promissora, apresenta uma série de desafios e barreiras significativas que afetam tanto as organizações quanto os trabalhadores. Entre os principais obstáculos estão a resistência à mudança, as disparidades na formação e na educação dos trabalhadores, os elevados custos de

investimento e a complexidade na gestão da inovação e na integração das novas tecnologias.

A resistência à mudança é um dos desafios mais críticos durante a implementação da servitização digital. Trabalhadores podem manifestar resistência ativa, como rejeição explícita a novas práticas, ou passiva, como a falta de engajamento com as mudanças propostas (VENDRELL-HERRERO *et al.*, 2019). Essa resistência geralmente decorre do medo da obsolescência, da insegurança sobre novas tecnologias, ou da relutância em abandonar métodos tradicionais de trabalho.

A falta de entendimento ou confiança nas novas tecnologias também pode alimentar essa resistência, especialmente entre trabalhadores que não possuem uma formação sólida em competências digitais, levando-os a acreditar que suas habilidades serão desvalorizadas ou substituídas pela automação (STRUYP *et al.*, 2021). Para superar esses desafios, é essencial que as empresas invistam em uma gestão de mudança robusta, incluindo comunicação clara, envolvimento ativo dos trabalhadores no processo de transição e programas de treinamento contínuo que mostrem o valor das novas competências adquiridas (KOTTER, 1996).

Outro desafio significativo é a disparidade nas competências educacionais e na formação profissional dos trabalhadores, o que pode gerar um desequilíbrio no conjunto da força de trabalho. Essa desigualdade é observada entre diferentes gerações, entre regiões geográficas e setores da mesma organização (FRANK *et al.*, 2019). A lacuna de habilidades digitais é um problema persistente, com muitos trabalhadores carecendo de conhecimentos básicos em TI e análise de dados, fato que pode resultar em uma adaptação desigual ao novo modelo de servitização digital (COREYNEN *et al.*, 2017).

Para enfrentar essa barreira, as empresas devem implementar programas de treinamento personalizados que atendam às necessidades específicas de diferentes grupos de trabalhadores. Métodos de aprendizagem adaptativa, que ajustam o conteúdo de treinamento às habilidades dos trabalhadores, e o uso de tecnologias como simuladores e realidade aumentada, podem ser eficazes na nivelção das competências (CHIARINI *et al.*, 2021; BOKRANTZ *et al.*, 2020).

A transição para a servitização digital também envolve custos significativos, tanto em termos de investimento em novas tecnologias quanto em programas de desenvolvimento de competências. Esses custos podem ser uma barreira,

especialmente para empresas menores ou para recursos limitados, o que dificulta a implementação eficaz da digitalização e dos serviços integrados (ELLER, 2020) implementar sistemas de IoT e plataformas de análise de dados requer um investimento inicial substancial e custos contínuos de manutenção e atualização (COMPARE, 2019). Além disso, o desenvolvimento das competências dos trabalhadores representa um investimento significativo em capital humano, necessário para garantir que os trabalhadores possam operar e maximizar o uso das novas tecnologias (DOST *et al.*, 2016).

Por fim, a servitização digital exige uma gestão eficaz da inovação e uma integração cuidadosa das novas tecnologias nos processos existentes. A integração tecnológica bem-sucedida requer uma abordagem sistêmica que alinhe todas as partes da organização com os objetivos da servitização digital (BAINES *et al.*, 2020). A gestão da inovação deve ser proativa, enfatizando a experimentação, o aprendizado contínuo e a adaptação. Empresas que cultivam uma cultura de inovação e estão dispostas a ajustar seus processos à medida que novas tecnologias são implementadas têm mais chances de sucesso na transição para a servitização digital (GEBAUER *et al.*, 2020).

A adaptação das competências para a servitização digital é complexa e exige uma abordagem estratégica para superar as barreiras e os desafios, garantindo que as organizações e seus trabalhadores estejam preparados para aproveitar plenamente as oportunidades oferecidas pela digitalização.

2.3. Estratégias para o desenvolvimento de competências na servitização digital

O desenvolvimento das competências dos trabalhadores é um dos fatores importantes para garantir a eficácia e a sustentabilidade dos novos modelos de negócios digitais na servitização digital. A transição para o novo exige que os trabalhadores adquiram não apenas habilidades técnicas avançadas, mas também competências comportamentais e uma mentalidade voltada para a inovação e a adaptabilidade. Diversas estratégias podem ser adotadas para promover o desenvolvimento dessas competências e preparar os trabalhadores para os desafios da digitalização (TÖYTÄRI, RAJALA, & ALEJANDRO, 2015).

Uma das principais estratégias envolve a capacitação em tecnologias emergentes. O treinamento em Internet das Coisas (IoT) e *Big data*, por exemplo, é fundamental para capacitar os trabalhadores a lidar com a coleta, a análise e a interpretação de grandes volumes de dados gerados por dispositivos conectados (PORTER & HEPPELMANN, 2014). Além disso, é importante que os trabalhadores entendam como integrar essas tecnologias aos processos de produção e manutenção, otimizando a eficiência operacional e reduzindo os custos.

A automação e a inteligência artificial (IA) também são pilares da servitização digital, e a requalificação dos trabalhadores para operar sistemas automatizados e colaborar com máquinas inteligentes é necessária para garantir diagnósticos precisos e rápidos (FRANK *et al.*, 2019). Tecnologias como a realidade aumentada (AR) e a realidade virtual (VR) oferecem treinamentos em ambientes simulados, permitindo que os trabalhadores adquiram experiência prática sem riscos. Ao mesmo tempo que elas facilitam a visualização de dados complexos e melhoram a tomada de decisões (Lanza *et al.*, 2018).

Além das competências técnicas, o desenvolvimento de habilidades comportamentais e sociais é igualmente importante. A adaptabilidade e a flexibilidade são competências críticas, pois os trabalhadores precisam se ajustar rapidamente às mudanças tecnológicas e organizacionais. Programas de treinamento focados nessas habilidades ajudam a preparar os trabalhadores para as novas exigências do mercado e as mudanças nos processos de trabalho (KOHTAMÄKI *et al.*, 2019).

A liderança e a gestão de equipes multidisciplinares também ganham destaque, especialmente em um contexto de crescente complexidade e interconexão dos sistemas digitais. Programas de desenvolvimento de liderança que enfatizem a gestão de equipes híbridas, combinando habilidades humanas e tecnológicas, são essenciais para o sucesso na implementação da servitização digital (BAINES *et al.*, 2020). Além disso, fomentar uma cultura de inovação e da criatividade é importante para que os trabalhadores possam contribuir com novas ideias e soluções para os desafios emergentes, mantendo as empresas competitivas no ambiente digital (GEBAUER *et al.*, 2020).

Por fim, a promoção de uma cultura organizacional de aprendizado contínuo é vital para garantir que os trabalhadores mantenham suas competências atualizadas em um ambiente de constante evolução tecnológica. As empresas devem oferecer

programas de educação continuada, como *e-learning* e *workshops* regulares, e incentivar o aprendizado do trabalhador ao longo da vida para aumentar o engajamento da mão de obra (VENDRELL-HERRERO *et al.*, 2019). Programas de mentoria e compartilhamento de conhecimento entre trabalhadores experientes e novos funcionários também são estratégias eficazes para facilitar a transferência de conhecimento e alinhar as competências com os objetivos estratégicos da empresa (GRUBIC, 2018). A implementação de sistemas de avaliação contínua e o reconhecimento das competências adquiridas podem motivar os trabalhadores a se engajarem em programas de capacitação, reforçando a cultura de desenvolvimento contínuo e de adaptação (CHIARINI *et al.*, 2021).

A servitização digital exige uma abordagem abrangente para o desenvolvimento de competências, combinando treinamento técnico, desenvolvimento comportamental e cultura de aprendizado contínuo (KOHTAMÄKI *et al.*, 2019). Essa estratégia é fundamental para garantir que os trabalhadores estejam preparados para enfrentar os desafios da digitalização e contribuir para o sucesso das organizações, alinhando-se diretamente às questões de pesquisa desta dissertação, que analisa os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional. Assim, os objetivos deste estudo são atingidos ao se explorar as melhores práticas e estratégias que assegurem a adaptação eficaz da força de trabalho ao novo cenário tecnológico.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA

Esta dissertação adota uma estrutura de artigos e foi desenvolvida em três fases, cada uma dedicada a cumprir objetivos específicos relacionados aos impactos da digitalização e da servitização nas indústrias de manufatura. Os métodos utilizados variam conforme a natureza de cada fase, abrangendo revisões sistemáticas e estudos de caso.

A primeira fase consistiu em uma revisão sistemática da literatura, cujo objetivo foi identificar as ferramentas facilitadoras da digitalização no processo de servitização. Esta análise resultou na elaboração do artigo 1, intitulado "Ferramentas para a Implantação da Digitalização na Servitização das Indústrias de Manufatura."

A segunda fase consistiu em uma revisão na base de dados *Scopus*, com o objetivo de explorar algumas perspectivas organizacionais utilizadas na literatura para compreender a servitização digital na indústria de manufatura. Esta análise resultou no desenvolvimento do artigo 2, atualmente em progresso e provisoriamente intitulado: " Perspectivas Organizacionais na Servitização Digital: Uma Revisão Sistemática e Implicações para a Indústria da Manufatura".

Na terceira fase foi realizado um estudo de caso que analisa a logística reversa aplicada no setor de café. O estudo de caso foi desenvolvido com base em dados primários e secundários, incluindo entrevistas com gestores e análise documental sobre as operações de coleta e reciclagem de cápsulas usadas. O artigo gerado a partir desta fase, intitulado "Logística Reversa na Servitização Sustentável: o Caso da NESPRESSO® ", destacou como a digitalização facilitou a integração de práticas sustentáveis nos modelos de negócios servitizados.

Tabela 2: Descrição das Fases Metodológicas da Dissertação

Fase	Objetivo Específico	Método	Resultados (Artigos)
1ª	Investigar a digitalização da servitização analisando as principais tecnologias facilitadoras para sua implementação	Revisão Sistemática da Literatura utilizando as bases de dados da <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i>	Artigo 1: Ferramentas para a implantação da Digitalização na Servitização das Indústrias de manufatura.
2ª	Identificar quais perspectivas de estudos organizacionais são usadas na literatura para entender a servitização digital na Indústria de manufatura	Revisão Sistemática da Literatura utilizando a base de dados <i>Scopus</i>	Artigo 2: Perspectivas Organizacionais na Servitização Digital: Uma Revisão Sistemática e Implicações para a Indústria da Manufatura
3ª	Analisar como a digitalização e as ferramentas tecnológicas facilitam a implementação de práticas sustentáveis na Servitização	Análise de dados secundários e estudo de caso	Servitização e Sustentabilidade: A logística Reversa das Cápsulas de Café na NESPRESSO® como Modelo de Negócio Integrado

Fonte: – Autor (2024)

CAPÍTULO IV

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo sintetiza e integra os três artigos elaborados para atender ao objetivo geral desta pesquisa. Os artigos foram formatados conforme as normas das revistas para às quais foram submetidos e estão incluídos nos apêndices desta dissertação.

4.1 Artigo 1

A Figura 02 traz a síntese do artigo intitulado "Ferramentas para a Implementação da Digitalização na Servitização das indústrias de Manufatura". Em seguida, é fornecido um resumo de cada capítulo do artigo.

Objetivo do Artigo	Analisar os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional.
Objetivo Específico da Dissertação	Investigar a digitalização da servitização analisando as principais tecnologias facilitadoras para sua implementação
Metodologia	Consiste em uma revisão sistemática da literatura, focada em identificar as principais ferramentas tecnológicas facilitadoras da digitalização na servitização das manufaturas. Foram utilizadas bases de dados como Web of Science e Scopus, com as palavras-chave "servitization", "digital servitization", "industry 4.0", entre outras. Após a seleção de 17 artigos relevantes, foi realizada uma análise bibliométrica, utilizando o software VOSviewer para mapear e classificar as tecnologias mais citadas e suas aplicações na indústria. Os resultados foram organizados em categorias, como IoT, IA, Big Data, entre outras, e suas contribuições para a digitalização.
Principais Resultados	Identificar as tecnologia chaves
Principais Contribuição	Identificação das tecnologias facilitadoras (IoT, IA, Big Data, Cloud Computing, etc.) para a digitalização da servitização nas manufaturas, mostrando como essas ferramentas transformam os modelos de negócio e oferecem vantagens competitivas ao integrar serviços avançados aos produtos.
Submissão	Publicado na Revista Gestão e Secretariado (GeSec), São Paulo, SP, v. 14, n. 11, 2023, p.19734-19752.DOI: http://doi.org/10.7769/gesec.v14i11.2683

Figura 02 – Síntese do artigo 01

Fonte:– Autor (2024)

4.1.1 – Introdução

A Indústria 4.0 tem impulsionado transformações significativas nos modelos de negócios e operações industriais, alavancadas pela integração de tecnologias digitais avançadas e pela crescente demanda por produtos personalizados e de alta qualidade. A servitização, que envolve a adição de serviços aos produtos, destaca-se como uma estratégia essencial para empresas que buscam inovação e valor agregado. A convergência entre digitalização e servitização permite oferecer soluções personalizadas e interconectadas, mas a implementação dessa abordagem enfrenta desafios, como a adaptação organizacional, a integração tecnológica e o desenvolvimento de novas competências.

O artigo se propõe a investigar as principais ferramentas facilitadoras para a digitalização da servitização na Indústria 4.0, com o objetivo de identificar tecnologias que podem contribuir para a criação de valor nas operações industriais. A pesquisa busca entender como essas ferramentas podem superar os desafios enfrentados pelas empresas e garantir uma implementação eficaz dessa estratégia. Por meio de uma revisão sistêmica da literatura, o estudo mapeia as tecnologias mais citadas, discutindo suas contribuições e os desafios enfrentados. A pesquisa também oferece recomendações práticas para empresas que buscam adotar a digitalização da servitização e se diferenciar no mercado.

4.1.2 - Revisão de literatura

A servitização é uma estratégia de negócios que envolve a integração de serviços aos produtos tradicionais, criando soluções completas e personalizadas para os clientes. Inicialmente definida por Vandermerwe e Rada (1988), a servitização vai além da simples adição de serviços complementares, ela representa uma transformação no modo como as empresas de manufatura agregam valor e geram novas fontes de receita. A digitalização e as tecnologias, tais como a Internet das Coisas (IoT), têm permitido o desenvolvimento de serviços avançados e personalizados, além de promover a inovação nos modelos de negócios (MARTÍN-

PEÑA *et al.*, 2018). Entretanto, essa abordagem também apresenta desafios, exigindo mudanças operacionais e inovação contínua.

A transformação digital desempenha um papel central nesse processo, redefinindo os modelos de negócio, de operações e de interações com clientes por meio da digitalização de dados e de processos (GRADILLAS & THOMAS, 2023). A digitalização, como componente fundamental, envolve a conversão de informações em formatos digitais, permite automação e criação de novos serviços e modelos de negócios. Essa transformação é essencial para a evolução da servitização e para o surgimento de serviços digitais avançados (SHEN *et al.*, 2021). A digitalização, por sua vez, vai além da digitalização de processos, essa competência altera o comportamento e a interação entre indivíduos e organizações, criando novas realidades socioeconômicas e oportunidades de inovação (GRADILLAS & THOMAS, 2023).

A servitização digital surge da interseção entre servitização e digitalização, expande a oferta de produtos com serviços digitais agregados, como monitoramento remoto, manutenção preditiva e análise de dados, habilitados por IoT e computação em nuvem (MARTÍN-PEÑA *et al.*, 2018). Essa abordagem permite que as empresas ofereçam soluções mais personalizadas e criem novos modelos de negócios, o que fortalece sua posição competitiva no mercado. No entanto, a implementação da servitização digital também apresenta desafios, exige inovação constante e adaptação às mudanças do mercado.

As tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT) e a análise de *Big Data* (BDA), são cruciais para o sucesso da servitização digital. A IoT conecta objetos físicos a sistemas inteligentes, permite a coleta e análise de dados em tempo real, promove a criação de novos serviços e a eficiência operacional (PAIOLA & GEBAUER, 2020). A análise de *Big Data*, por sua vez, transforma grandes volumes de dados em *insights* estratégicos, é fundamental para a criação de valor e inovação nas indústrias, potencializa o uso da IoT e da Indústria 4.0.

O texto destaca a importância da servitização, da digitalização e da integração de tecnologias avançadas para transformar empresas de manufatura em prestadoras de serviços digitais, eles criam modelos de negócios e fortalecem sua competitividade no mercado.

4.1.3 – Metodologia

Este estudo realizou uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar as principais tecnologias que facilitam a digitalização da servitização no contexto da Indústria 4.0. A pesquisa foi orientada pela seguinte pergunta: "Quais são as principais tecnologias facilitadoras utilizadas na digitalização da servitização na Indústria 4.0?" Para isso, foi utilizado um protocolo baseado no *Guia Sistemático para Revisão da Literatura de Okoli* (2015), e o processo de seleção dos artigos foi conduzido com o uso de *strings* de busca em bases de dados acadêmicas como *Web of Science* e *Scopus*. A Figura 03 representa o fluxo e o protocolo da RSL.

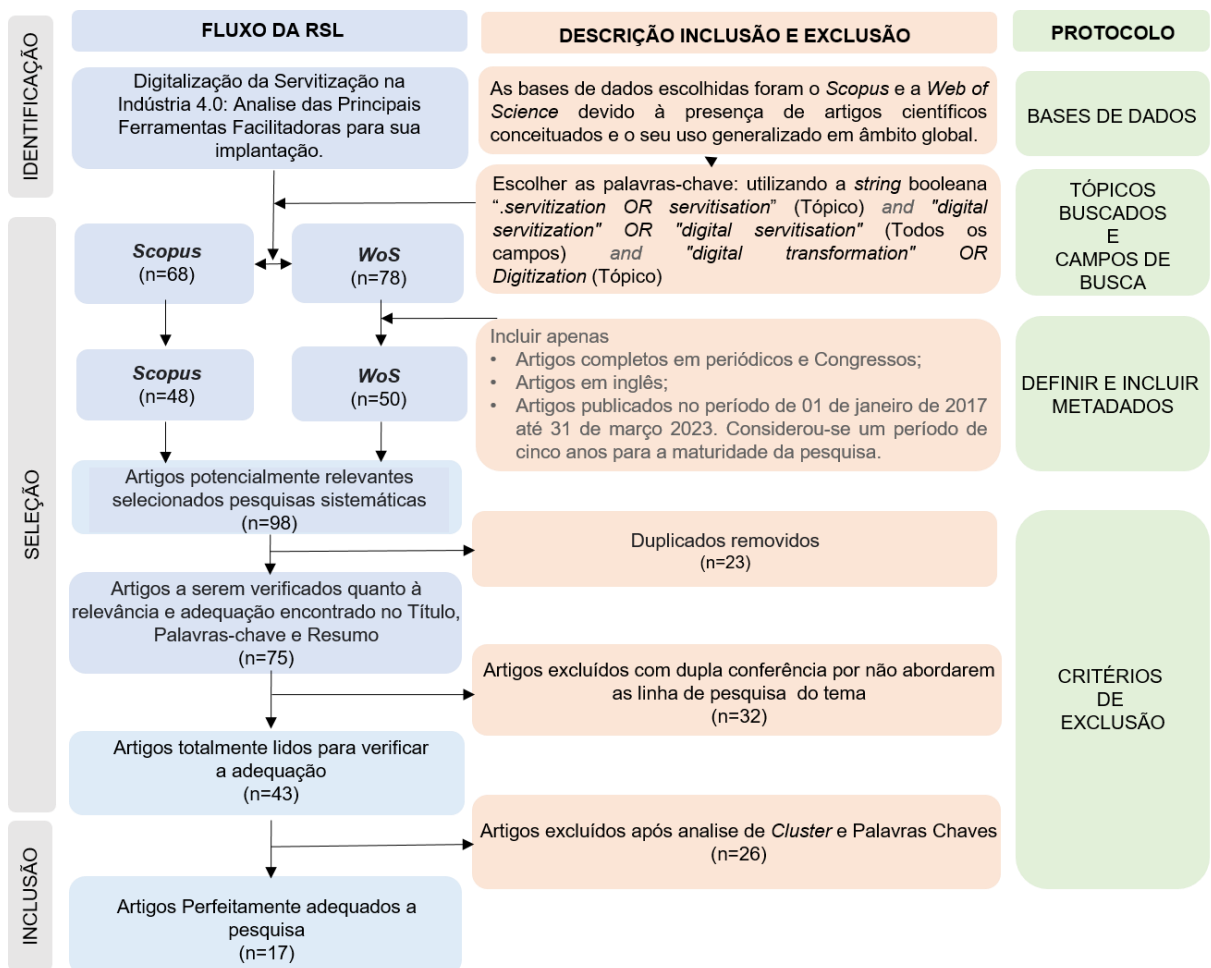


Figura 03 – Fluxo da RSL e Protocolo –

Fonte: Baseado em Okoli (2015)

A análise bibliométrica realizada com o software *VOSviewer* permitiu a construção de uma rede de coocorrência de palavras-chave extraídas dos artigos

selecionados. Após o pré-processamento dos dados para eliminar duplicatas e erros, as palavras-chave foram agrupadas em *clusters* temáticos, revelando padrões e temas relevantes na literatura sobre servitização digital. O estudo identificou tendências e ferramentas facilitadoras mais utilizadas na digitalização da servitização, oferecendo insights sobre a produção científica relacionada ao tema.

4.1.4 – Resultados e Discussões

O estudo realizou uma análise bibliométrica com o uso do software *VOSviewer*, identificando 90 ocorrências de tecnologias facilitadoras da digitalização da servitização na Indústria 4.0. As principais tecnologias destacadas foram a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), ambas com uma frequência de 17,78%. A IoT promove a interconexão entre dispositivos e máquinas, permite a coleta de dados e desenvolvimento de soluções inovadoras para serviços. A IA, na sua vez, melhora a eficiência e personalização dos serviços, atende melhor as necessidades dos clientes.

A Realidade Aumentada (AR) e o *Big Data Analytics* também se destacaram, cada um com 12,22% de ocorrência. A AR oferece experiências mais imersivas para os usuários, enquanto o *Big Data Analytics* é crucial para a análise estratégica de grandes volumes de dados. Outras tecnologias como Blockchain e *Data Analytics* apareceram com 7,78% de ocorrência, são utilizadas para garantir a segurança das transações e identificar padrões operacionais, respectivamente.

A análise conclui que essas tecnologias são essenciais para o avanço da servitização digital na Indústria 4.0, elas fornecem informações valiosas para pesquisadores e profissionais, orientam empresas na escolha de tecnologias adequadas para a digitalização de seus processos e serviços.

4.2 Artigo 2

A Figura 04 traz a síntese do artigo intitulado “Perspectivas Organizacionais na Servitização Digital: Uma Revisão Sistemática e Implicações para a Indústria da Manufatura” **Artigo se encontra em desenvolvimento.**

Objetivo do Artigo	Analisar os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional.
Objetivo Específico da Dissertação	Identificar quais perspectivas de estudos organizacionais são usadas na literatura para entender a servitização digital na Indústria de manufatura.
Metodologia	Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar as principais perspectivas organizacionais utilizadas em estudos sobre servitização digital, um fenômeno que tem ganhado relevância com o avanço das tecnologias da Indústria 4.0. A servitização, o processo de adicionar serviços aos produtos oferecidos, não é uma ideia nova, mas a digitalização acelerou a adoção desse modelo, resultando em mudanças profundas nos modelos de negócios e nas estruturas organizacionais das empresas manufatureiras. (em desenvolvimento)
Principais Resultados	Em desenvolvimento
Principais Contribuição	Em desenvolvimento
Submissão	Em desenvolvimento

Figura 04 – Síntese do artigo 02
Fonte:– Autor (2024)

4.2.1 – Introdução

O artigo explora as diferentes perspectivas organizacionais utilizadas na literatura sobre servitização digital. Embora a servitização seja um conceito que já vem

sendo discutido desde o século XIX, a digitalização acelerou essa tendência, e levou a um aumento de estudos sobre servitização digital nos últimos anos.

A servitização, o movimento para adicionar serviços às suas ofertas, é familiar às empresas de manufatura. SCHMENNER (2009) descreveu práticas semelhantes em empresas americanas no século XIX, quando um fabricante de máquinas de costura começou a oferecer cursos de costura para aproximar-se dos clientes e ganhar a sua confiança. Por outro lado, a digitalização é um movimento mais recente que envolve a implementação da tecnologia digital no sistema de produção ou a sua incorporação ao próprio produto. Esse processo pode permitir a extração de informações da realidade tangível e criar sua sombra digital na nuvem, abrindo uma série de oportunidades para quem tem permissão de acesso (DALENOGARE et al., 2023).

Embora sejam dois movimentos organizacionais diferentes, a tecnologia digital acelerou a tendência de algumas empresas de servitizar e modificar os seus modelos de negócio (WIELAND et al., 2017), permitindo a adição de serviços digitais aos produtos que produzem, o que levou à criação de uma nova linha de investigação sobre servitização digital. (VENDRELL-HERRERO et al. 2017).

A literatura sobre servitização identificou a necessidade de mudanças na estratégia (RADDATS; KOWALKOWSKI, 2014) e a correspondente mudança nos elementos do design organizacional — estrutura, gestão de recursos humanos, cultura, papéis dos trabalhadores (GEBAUER; FISCHER; FLEISCH, 2010) — competências individuais e organizacionais (JUNIOR; SILVA, 2016) e capacidades (RADDATS et al., 2019). No entanto, o fenómeno da servitização digital é mais recente e ainda não tem sido estudado sob diferentes perspectivas organizacionais,

O termo “perspectiva organizacional” refere-se à teoria organizacional que sustenta a estrutura de análise da pesquisa. Ter diversas perspectivas de análise permite aos gestores e pesquisadores compreender melhor o fenómeno, uma vez que cada perspectiva mostra e explica uma parte ou um atributo da organização, que, em conjunto, dão uma imagem mais detalhada e precisa da situação (MORGAN, 2006). Assim, um passo crítico no desenvolvimento da literatura é construir uma visão mais ampla que inclua as perspectivas organizacionais essenciais, os impulsionadores e as barreiras das mudanças, e a abrangência dos atores, atividades e tecnologias envolvidas na análise. Neste sentido, este artigo pretende responder à pergunta:

Quais perspectivas organizacionais são utilizadas na literatura em pesquisas sobre servitização digital?

4.2.2 – Metodologia

Para esse estudo foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar quais perspectivas de estudos organizacionais são usadas na literatura para entender a servitização digital na indústria de manufatura. A pesquisa foi orientada pela seguinte pergunta: "Quais perspectivas organizacionais são utilizadas na literatura em pesquisas sobre servitização digital?" e está detalhada na Figura 05. Para isso, foi utilizado um protocolo baseado no Guia Sistemático para Revisão da Literatura de Okoli (2015).

Primeiro, foi escolhida a base de dados da Scopus da Elsevier pois os artigos científicos indexados nesta base são revisados por pares, seu uso generalizado globalmente e também a possibilidade de utilizar um recurso disponível, por meio do qual um conjunto de metadados pode ser coletado para realizar uma análise bibliométrica. Na etapa seguinte, três sequências de pesquisa foram formadas para relacionar o contexto da Indústria 4.0 (especialmente transformação digital), o contexto de servitização e as perspectivas organizacionais. A pesquisa no banco de dados Scopus no título, palavras-chave e resumo usando a intersecção das três sequências retornou 26 estudos. Apenas artigos completos e trabalhos de conferência em inglês permaneceram em nossa amostra de 22 estudos. O título, as palavras-chave e o resumo foram lidos para verificar se o assunto dos estudos era adequado para nossa investigação, resultando em uma amostra de 20 estudos. Os 20 estudos foram lidos integralmente para verificar a adequação com dupla verificação pela equipe de pesquisa, e a amostra final de 18 estudos foi considerada para abordar nosso foco de pesquisa.

Uma vez selecionado o conjunto de dados, utilizamos o software VOSViewer para realizar uma análise bibliométrica dos 18 artigos selecionados. Foram realizadas análises de coocorrência de palavras-chave, cocitação e acoplamento bibliográfico.

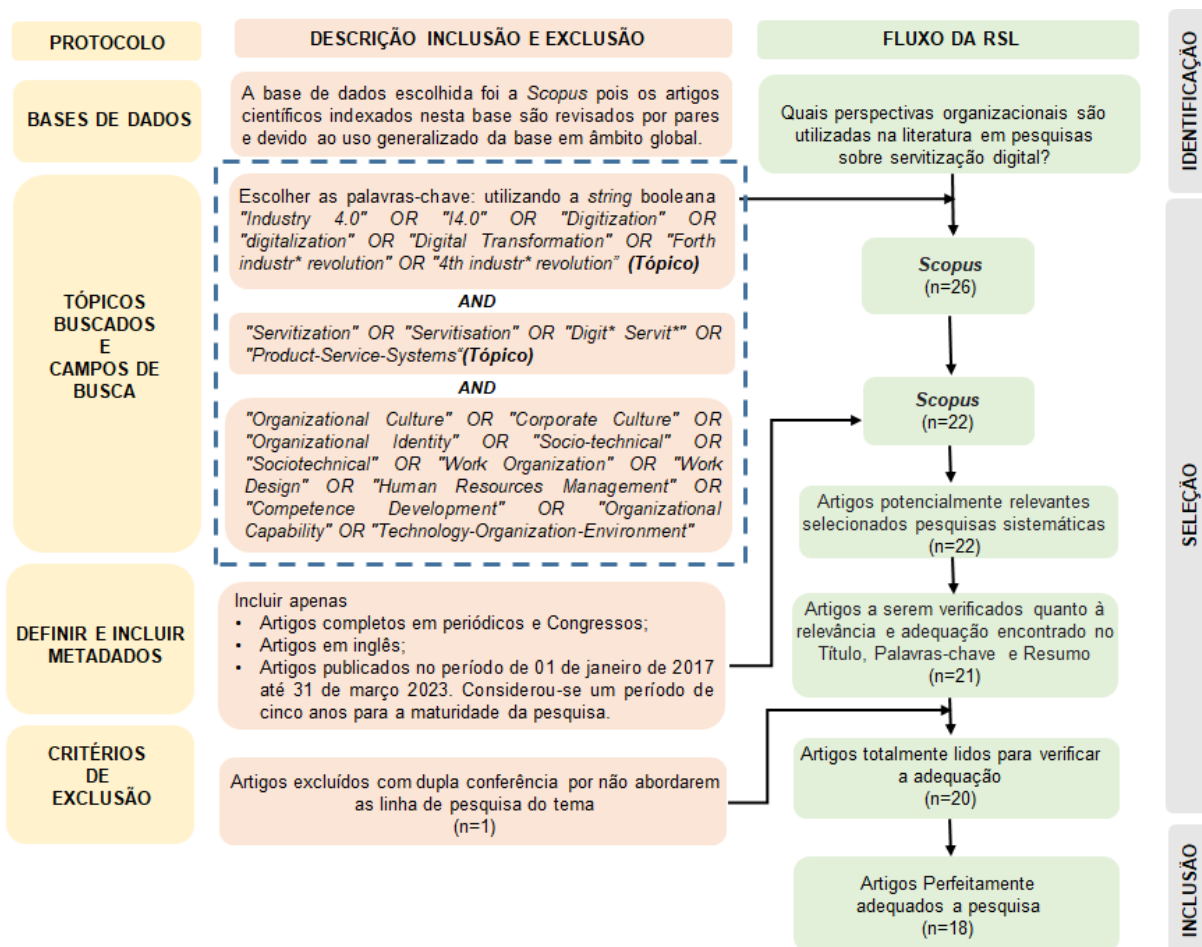


Figura 05 – Fluxo da RSL e Protocolo –

Fonte: Baseado em Okoli (2015)

A análise bibliométrica consistiu em etapas: (1) Primeiramente exportamos os metadados para um arquivo, após selecionar os artigos na base de dados Scopus. (2) Este arquivo foi então importado para o software VOSviewer, utilizado para construir as redes utilizadas para analisar os artigos selecionados. O VOSViewer agrupou os metadados dos artigos em *clusters* de acordo com os temas de pesquisa, as palavras-chave, referências e artigos mais cocitados. (3) Após gerar as redes no VOSviewer, identificamos padrões, temas relevantes e a estrutura geral da literatura sobre o assunto. As ferramentas de visualização do software nos auxiliaram a analisar a distribuição dos *clusters*, a proximidade entre os termos e outras métricas bibliométricas disponíveis.

A partir das informações geradas e visualizadas, interpretamos os resultados e fizemos uma análise de conteúdo sobre a produção científica relacionada ao tema

estudado. Identificamos tendências sob as perspectivas dos estudos organizacionais que foram utilizadas para compreender as transformações rumo à servitização digital.

4.2.3 – Resultados Parciais e Discussões

Os resultados mostram que a transformação digital requer mudanças abrangentes em estratégia, em cultura organizacional, em competências individuais e em design organizacional. Cinco principais perspectivas organizacionais foram identificadas na literatura (Figura 06):

- 1) **Estratégia e Capacidades organizacionais** – A servitização é vista como uma estratégia que exige mudanças em elementos organizacionais, como cultura, estrutura e gestão de recursos humanos. O conceito de Capacidades Dinâmicas é central para a adaptação contínua ao ambiente digital.
- 2) **Cultura Organizacional e Liderança** – A adaptação da cultura e da liderança é fundamental à transição para a digitalização, com uma cultura de aprendizagem crítica para o sucesso da Indústria 4.0.
- 3) **Organização do Trabalho e Cooperação Humano-Máquina** – A cooperação entre humanos e máquinas e a reorganização do trabalho para aproveitar as novas tecnologias são aspectos centrais da servitização digital.
- 4) **Gestão de Recursos Humanos e Competências Individuais** – A aquisição e o desenvolvimento de novas competências para lidar com as tecnologias digitais e a transformação da oferta de produtos em serviços são indispensáveis.
- 5) **Sistemas Sociotécnicos** – A integração de sistemas técnicos e sociais é necessária para o sucesso da servitização digital.



Figura 06 – Perspectivas Organizacionais na Pesquisas sobre Servitização Digital

Fonte:– Autor (2024)

Uma análise de coocorrência de palavras-chave e as demais redes geradas pelo software de análise bibliográfica revela que o foco principal da literatura está na transição de modelos de negócios tradicionais para modelos digitais, revela ainda a necessidade de adaptação organizacional para aproveitar ao máximo as oportunidades da Indústria 4.0.

4.3 - Artigo 3

A Figura 07 traz a síntese do artigo intitulado “Servitização e Sustentabilidade: a Logística Reversa das Cápsulas de Café na NESPRESSO® como Modelo de Negócio Integrado”. ". Em seguida, é fornecido um resumo de cada capítulo do artigo..

Objetivo do Artigo	Analisar os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional.
Objetivo Específico da Dissertação	Analisar como a digitalização e as ferramentas tecnológicas facilitam a implementação de práticas sustentáveis na servitização.
Metodologia	A metodologia utilizada no artigo combina uma abordagem qualitativa com análise documental, entrevistas semiestruturadas e estudo de caso. A análise documental incluiu a revisão de relatórios de sustentabilidade e políticas de gestão de resíduos da Nespresso.. O estudo de caso focou nas modalidades de devolução de cápsulas usadas, como pontos de coleta, entrega verde e operação Milk Run. Os dados foram analisados qualitativamente para identificar padrões, tendências e percepções sobre a eficácia das práticas sustentáveis da Nespresso
Principais Resultados	O artigo encontrado aborda as práticas de logística reversa da Nespresso, com ênfase na gestão sustentável dos resíduos de cápsulas de café. A empresa adota a servitização, integrando produtos e serviços para enfrentar os desafios ambientais relacionados ao descarte de cápsulas, alinhando-se diretamente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.
Principais Contribuição	O artigo demonstra que a adoção da servitização pela Nespresso, ao integrar produtos e serviços sustentáveis, contribui diretamente para o desenvolvimento das competências exigidas pela servitização digital. A implementação de uma logística reversa eficiente, com o uso de tecnologias de rastreamento e automação de processos, permite à empresa monitorar o ciclo de vida das cápsulas de café, assegurando a rastreabilidade e a eficiência na coleta e reciclagem.
Submissão	XLIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), que ocorrerá em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, de 22 a 25 de outubro de 2024. O tema do evento é "Reindustrialização no Brasil"

Figura 07 – Síntese do artigo 03

Fonte:– Autor (2024)

4.3.1 – Introdução

O artigo investiga as práticas de logística reversa adotadas pela NESPRESSO®, com foco na gestão sustentável dos resíduos gerados pelas cápsulas de café. Utilizando a estratégia de servitização, a empresa integra a oferta de produtos e serviços para enfrentar os desafios ambientais associados ao descarte inadequado das cápsulas. O estudo examina diversas modalidades de devolução de cápsulas usadas, incluindo pontos de coleta físicos, sistemas de entrega verde e a operação *Milk Run* voltada para clientes corporativos. Essas práticas, além de promoverem a separação eficiente dos materiais (como borra de café e alumínio), contribuem para a reintegração dos resíduos no processo produtivo, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

A pesquisa destaca que, ao implementar essas iniciativas, a NESPRESSO® não apenas reduz o impacto ambiental e economiza recursos, mas também fortalece sua imagem social. O artigo oferece *insights* relevantes para outras empresas que desejam adotar práticas sustentáveis, demonstra como a logística reversa pode ser integrada com sucesso em um modelo de negócio focado na sustentabilidade, criando valor tanto para o meio ambiente quanto para os *stakeholders* envolvidos.

4.3.2 – Resumo da Literatura

A revisão da literatura do artigo explora três temas principais: a produção de café, a logística reversa e o conceito de servitização, com foco no desenvolvimento de competências organizacionais e na sustentabilidade.

- a) **Produção de Café:** A produção de café, particularmente através de cápsulas, tem aumentado a geração de resíduos, principalmente de alumínio e borra de café. A revisão aborda o processo de cultivo, de colheita e de processamento dos grãos, destaca a necessidade de práticas sustentáveis no descarte das cápsulas, devido ao impacto ambiental gerado pela crescente demanda por conveniência no consumo de café.
- b) **Logística Reversa:** A logística reversa é apresentada como uma solução essencial para a gestão sustentável da cadeia de suprimentos, permitindo que

produtos, como cápsulas de café, sejam retornados ao fabricante para reciclagem e reutilização. Os aspectos estratégicos e operacionais dessa prática incluem coleta, triagem, transporte e rastreabilidade, ajuda as empresas a cumprir normas regulatórias, a reduzir custos e a fortalecer a reputação da marca. Essa abordagem também é essencial para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

- c) **Servitização e Competências:** A servitização é discutida como uma estratégia em que as empresas integram produtos e serviços, oferecendo valor agregado e soluções completas aos consumidores. No caso da NESPRESSO®, essa integração se dá por meio de serviços de logística reversa, o que contribui para a sustentabilidade e melhora a experiência do cliente. Além disso, a implementação de servitização exige o desenvolvimento de novas competências organizacionais, fato que inclui a capacidade de gerenciar processos de reciclagem, de inovar no *design* de serviços e responder às demandas ambientais e regulatórias. Tais competências são essenciais para que as empresas possam adaptar-se à transformação digital e às práticas sustentáveis, elas criam valor tanto para os clientes quanto para o meio ambiente.

4.3.3 – Metodologia

A metodologia do artigo adota uma abordagem qualitativa com foco em um estudo de caso da NESPRESSO®, investigando as práticas de logística reversa para a gestão de resíduos de cápsulas de café. O estudo combina análise documental, entrevistas semiestruturadas e observação direta para coletar dados sobre as iniciativas sustentáveis da empresa.

- a) **Análise Documental:** Foram analisados documentos institucionais fornecidos pela NESPRESSO®, como relatórios de sustentabilidade, políticas de gestão de resíduos e registros de desempenho ambiental. Essa análise permitiu compreender as práticas adotadas e os resultados alcançados pela empresa no âmbito da reciclagem de cápsulas.

- b) **Estudo de Caso:** O estudo de caso focou nas diferentes modalidades de devolução de cápsulas usadas, como os pontos de coleta físicos, os sistemas de entrega verde e a operação *Milk Run*, que atende clientes corporativos. A pesquisa analisou a eficiência operacional, o impacto ambiental e a satisfação dos clientes com as práticas adotadas.

Os dados coletados foram submetidos a uma análise qualitativa, utilizando-se técnicas de análise de conteúdo para identificar padrões, tendências e percepções relevantes sobre as práticas de gestão de resíduos e sua contribuição para a sustentabilidade e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Essa metodologia permitiu avaliar de forma abrangente o impacto das práticas de logística reversa da NESPRESSO®

4.3.4 – Estudo de caso

O estudo de caso do artigo foca nas práticas de **logística reversa** da NESPRESSO® analisa como a empresa implementa soluções sustentáveis para o descarte e a reciclagem de cápsulas de café usadas. Por meio de diversas modalidades de coleta e processamento, a NESPRESSO® busca minimizar o impacto ambiental e integrar a **sustentabilidade** em seu modelo de negócios.

- a) **Modalidades de Coleta:** A NESPRESSO® oferece múltiplas opções para que os consumidores devolvam as cápsulas usadas, incluindo para isto:
- ✓ **Pontos de coleta físicos** em lojas.
 - ✓ **Entrega verde** com coleta nas residências dos consumidores.
 - ✓ **Operação Milk Run** para clientes corporativos, que organiza a coleta regular de cápsulas.
- b) **Processamento das Cápsulas:** As cápsulas coletadas são transportadas para um **centro de reciclagem**, onde são submetidas a um processo de separação mecânica, sem o uso de água. Nesse processo, o alumínio é separado da borra de café:
- ✓ **Alumínio:** Reciclado e reintegrado à cadeia produtiva.
 - ✓ **Borra de café:** Transformada em adubo, promovendo um ciclo

sustentável de uso dos materiais.

- c) **Alinhamento com Sustentabilidade:** As práticas de logística reversa da NESPRESSO® contribuem para a **economia circular**, reduz o desperdício de recursos e minimiza o impacto ambiental. O estudo de caso também evidencia o alinhamento da empresa com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, pois promove a reciclagem e a reutilização de materiais.

4.3.5 – Aplicação das Tecnologias Habilitadoras na Logística Reversa

A Figura 08 apresenta o fluxo reverso das cápsulas da NESPRESSO, destacando os postos-chaves do processo de logística reversa onde são implementadas tecnologias habilitadoras para a digitalização.

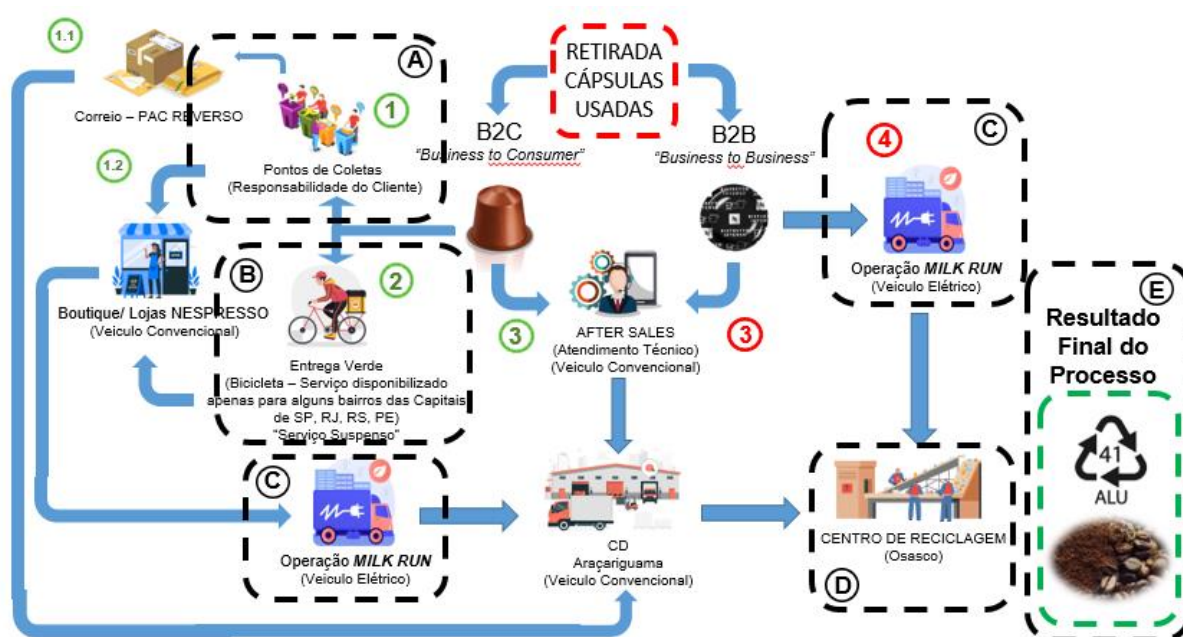


Figura 08 Fluxo de logística reversa e aplicação das tecnologias habilitadoras

Fonte: – Autor (2024)

A aplicação de tecnologias habilitadoras nos (A) pontos de coleta (B2C e B2B) busca otimizar a logística e promover a sustentabilidade dos processos. A utilização da Internet das Coisas (IoT) permite que sensores instalados nesses pontos monitorem, em tempo real, o nível de preenchimento, viabilizando o planejamento eficiente das rotas de coleta e evitando deslocamentos desnecessários ou atrasos.

Além disso, assegura a rastreabilidade completa das cápsulas desde o momento da devolução até a chegada ao centro de reciclagem, promovendo transparência e confiabilidade para clientes e parceiros. Essa solução tecnológica possibilita operações mais eficientes e ambientalmente sustentáveis, alinhadas às exigências do mercado contemporâneo.

No âmbito da (B) entrega verde, a utilização de bicicletas e outros veículos sustentáveis potencializa a eficiência logística e reduz o impacto ambiental. Por meio do uso de Big Data e técnicas de análise de dados, torna-se possível estudar rotas e históricos de coleta e entrega, identificando trajetos mais eficientes para minimizar custos e emissões de carbono e permitindo prever horários de maior fluxo, otimizando o planejamento logístico e priorizando áreas com maior demanda. Essa integração de ferramentas assegura um serviço mais ágil, sustentável e alinhado às expectativas de um mercado orientado à responsabilidade ambiental.

Na operação (C) Milk Run com veículos elétricos, o desempenho logístico e a sustentabilidade das rotas são significativamente aprimorados. O uso de ferramentas habilitadoras possibilita simular, em tempo real, o desempenho dos veículos elétricos e os percursos planejados, otimizando a eficiência energética e reduzindo custos. A integração de Big Data e IoT permite monitorar continuamente a localização dos veículos, o consumo de energia e as condições das vias, possibilitando respostas rápidas a imprevistos e garantindo maior confiabilidade operacional. Essa combinação tecnológica contribui para o equilíbrio entre eficiência logística e responsabilidade ambiental.

No (D) Centro de Reciclagem, a eficiência e a precisão dos processos são significativamente aprimoradas por meio da Automação. Essa tecnologia permite automatizar a separação de cápsulas em alumínio e resíduos orgânicos, reduzindo o tempo de processamento e minimizando erros manuais. Essa abordagem tecnológica não apenas acelera as operações, mas também promove uma gestão de resíduos mais sustentável e inovadora.

No (E) resultado final do processo de produção de alumínio reciclado e gestão de resíduos, destacam-se avanços em transparência e eficiência operacional. O uso de Big Data possibilita uma análise detalhada dos dados de eficiência, relacionando a entrada de cápsulas com a saída de alumínio e resíduos, identificando oportunidades de otimização em diferentes etapas da produção e reciclagem. Essa abordagem

promove maior credibilidade e desempenho, alinhando-se aos princípios de responsabilidade ambiental.

4.3.6 – Considerações

O estudo teve como objetivo examinar as práticas sustentáveis da NESPRESSO® na gestão de resíduos, com foco na responsabilidade ambiental e na sua contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. A análise documental, as entrevistas e o estudo de caso revelaram as diversas iniciativas da empresa, desde a produção até o retorno das cápsulas usadas, com opções de devolução como pontos físicos e serviço de entrega verde. A Operação Milk Run destaca-se por sua eficiência logística, ela resulta em uma taxa de reciclagem de 32% em 2020. Apesar dos desafios, como a educação dos consumidores, a NESPRESSO® se consolida como um modelo de empresa comprometida com a sustentabilidade, garante a sobrevivência de um mercado lucrativo ao promover a devolução e reciclagem das cápsulas usadas.

4.4 – Discussão final sobre a integração dos artigos

A partir das pesquisas realizadas, verificou-se que a servitização digital está se consolidando como uma estratégia para empresas de manufatura que buscam agregar valor aos seus produtos e fortalecer sua posição competitiva no mercado. Assim migra-se de um modelo transacional centrado puramente na venda de produtos para um modelo focado na oferta integrada de produtos e serviços (VANDERMERWE; RADA, 1988; BAINES *et al.*, 2007; MARTINEZ *et al.*, 2017; DÍAZ-GARRIDO *et al.*, 2018; BAINES *et al.*, 2020).

Como destacamos no Artigo 1, a integração de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT), como a Inteligência Artificial (IA) e a *Big Data*, desempenha um papel central nesse processo, à medida em que essas tecnologias não apenas otimizam as operações, mas também viabilizam novos modelos de negócios baseados na personalização e na eficiência. Essas inovações possibilitam o desenvolvimento de serviços avançados, como manutenção preditiva e monitoramento remoto, que atendem de forma precisa às necessidades dos clientes

e do mercado, fato que reforça o papel transformador da digitalização nos processos industriais (SHEN *et al.*, 2021).

No entanto, a transição para a servitização digital vai muito além da simples implementação tecnológica. Conforme apresentado no Artigo 2, essa transformação requer mudanças organizacionais profundas, envolve múltiplas perspectivas que ajudam a compreender e a gerenciar essa complexa adaptação. Uma dessas perspectivas é a de estratégia e de capacidade organizacional, que examina como decisões estratégicas possibilitam às empresas a identificação de oportunidades, desenvolvimento de soluções inovadoras e a reconfiguração de seus recursos para permanecerem competitivas em ambientes dinâmicos. Esse enfoque estratégico impulsiona mudanças em elementos-chave, como cultura corporativa, estrutura organizacional e gestão de recursos humanos, fatores essenciais para alinhar os objetivos de inovação digital às operações da empresa (TEECE, 2007; GEBAUER *et al.*, 2020).

Além disso, a cultura organizacional e liderança desempenha um papel crítico na adaptação à servitização digital. A transição exige uma cultura organizacional voltada ao aprendizado contínuo e à adaptabilidade, promove valores que incentivam a inovação e a colaboração entre equipes. Essa mudança cultural é facilitada por lideranças capazes de direcionar e motivar os colaboradores, criando um ambiente propício para o sucesso da digitalização (IVALDI, SCARATTI & FREGNAN, 2022).

Outra perspectiva essencial é a da organização do trabalho, das tarefas e da cooperação humano-máquina, que analisa como as tecnologias digitais alteram as funções dos trabalhadores e o *design* dos processos. A abordagem sociotécnica destaca a interação entre sistemas sociais e técnicos, busca maximizar a complementaridade entre máquinas e humanos, promove eficiência e produtividade ao mesmo tempo em que reconfigura os papéis e as responsabilidades na organização (CAGLIANO *et al.*, 2019).

A gestão de recursos humanos e de competências individuais também ocupa um lugar central nesse contexto. A digitalização exige novas competências, como habilidades tecnológicas avançadas e capacidade de inovação. Para atender a essas demandas, é fundamental que as empresas desenvolvam estratégias robustas de recrutamento, de treinamento e de avaliação, o que assegura que os colaboradores estejam alinhados aos objetivos da servitização digital (FLORES, XU & LU, 2020).

Finalmente, a perspectiva dos sistemas sociotécnicos evidencia a importância da integração entre tecnologias avançadas, práticas organizacionais e fatores ambientais. Essa abordagem destaca como essas interações criam valor sustentável, posicionando as empresas para responder às demandas de um mercado em constante evolução (RADDATS & KOWALKOWSKI, 2014).

Essa transição organizacional, no entanto, não se limita às transformações internas. Ela também demanda o desenvolvimento de uma mentalidade orientada à inovação e à sustentabilidade. O estudo de caso da NESPRESSO®, apresentado no Artigo 3, exemplifica como a integração de produtos e de serviços pode gerar valor adicional. A empresa implementou práticas de logística reversa, como a reciclagem de cápsulas usadas por meio de iniciativas como pontos de coleta física, entrega verde e a Operação *Milk Run*. Essas ações não apenas alinham-se às expectativas dos consumidores por conveniência, como também reforçam o compromisso ambiental e a imagem da marca.

Por fim, os resultados demonstram que o sucesso na servitização digital depende de uma integração eficaz entre produtos e serviços, o que pode habilitar a criação de modelos de negócios híbridos que combinam bens de alta qualidade com serviços inovadores e sustentáveis. Essa abordagem promove um ciclo de valor robusto, em que a inovação e a responsabilidade social desempenham papéis centrais. Empresas que não conseguem se adaptar a esse novo cenário enfrentam o risco de perder relevância, enquanto aquelas que abraçam a digitalização e a servitização como parte de suas estratégias de longo prazo estão mais bem posicionadas para prosperar em um mercado cada vez mais dinâmico e competitivo.

A Figura 09 apresenta uma representação visual da integração dos três artigos da dissertação, ela demonstra como eles se complementam para atender ao objetivo geral da pesquisa.

“Os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional”

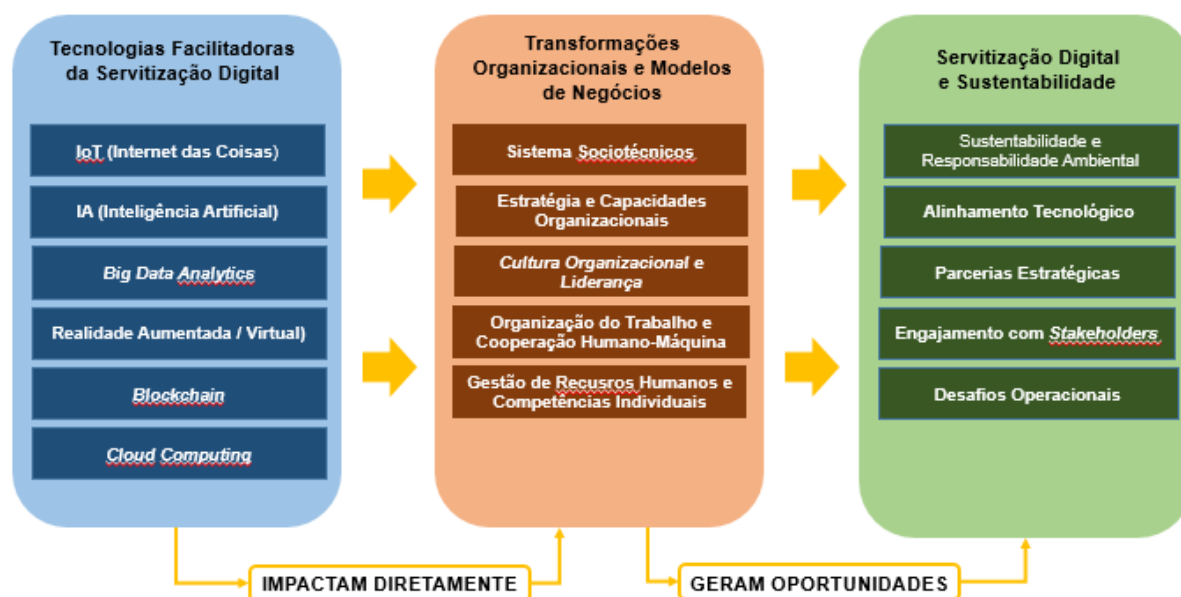


Figura 09 Integração dos Artigos da dissertação

Fonte: – Autor (2024)

Conclui-se que a discussão sobre a digitalização e sobre as perspectivas organizacionais desempenham um papel importante na compreensão da adaptação dos modelos de negócio tradicionais para os modelos de negócios baseados na servitização digital da manufatura. Desempenham ainda função importante nas transformações significativas que ocorrem na forma como as empresas de manufatura se organizam.

A pesquisa também evidenciou que a integração de soluções como IoT, IA e *Big Data*, aliada a uma cultura organizacional voltada à inovação e à sustentabilidade, não apenas otimiza processos e melhora a eficiência. Ela também viabiliza modelos de negócios híbridos que combinam produtos e serviços avançados, em que a servitização digital emerge como um possível catalisador para atender às expectativas do mercado. Ao mesmo tempo, promove responsabilidade ambiental e engajamento com os consumidores.

Dessa forma, a adaptação bem-sucedida a esse novo paradigma exige estratégias que unam tecnologia, adaptação organizacional, sustentabilidade e foco no cliente. Isto consolida a servitização digital como uma força transformadora na busca por um futuro mais inovador, sustentável e competitivo.

CAPÍTULO V

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Conclusões gerais

O objetivo da pesquisa de analisar os impactos do processo de implantação da servitização digital nas empresas de manufatura na perspectiva organizacional foi atendido com o desenvolvimento das pesquisas que foram realizadas e descritas nos artigos que compõe essa dissertação.

O primeiro artigo apresentou uma análise das principais ferramentas digitais facilitadoras para a implementação da servitização digital em empresas de manufatura. Ele destacou que as tecnologias como IoT (Internet das Coisas), IA (Inteligência Artificial) e *Big Data* desempenham papéis essenciais nesse processo. A pesquisa abordou a aplicabilidade e os benefícios dessas tecnologias, enfatizando como elas podem melhorar a oferta de serviços, a experiência do cliente e a competitividade das empresas.

A partir de uma revisão sistemática da literatura, o estudo identificou 17 artigos relevantes e analisou como essas ferramentas estão sendo aplicadas para superar desafios organizacionais e tecnológicos na transição para a servitização digital. Entre as contribuições, o artigo forneceu *insights* práticos e recomendações para empresas que desejam integrar produtos e serviços de forma inovadora e sustentável, alinhadas às demandas contemporâneas do mercado.

O segundo artigo demonstrou que a servitização digital é um processo que exige uma transformação das empresas que ultrapassa a simples adoção de tecnologias digitais, porque exige profundas mudanças organizacionais para integrar produtos e serviços de maneira eficaz e sustentável. Ele explorou diferentes perspectivas organizacionais que ajudam a compreender os impactos dessa transição no setor de manufatura.

Primeiramente, destacou-se a importância de decisões estratégicas e capacidades dinâmicas, que permitem que as empresas identifiquem oportunidades, adaptações às mudanças do mercado e reconfiguração de seus recursos para manter

uma vantagem competitiva. Também foi evidenciado que a cultura organizacional e a liderança desempenham papéis fundamentais, demandam uma mentalidade orientada ao aprendizado contínuo e à inovação, conduzida por líderes capazes de promover colaboração e impulsionar transformações.

Outro ponto abordado foi a reorganização do trabalho, em que a interação entre humanos e máquinas redefine tarefas e processos, e o fato que exige um equilíbrio entre automação e a valorização das capacidades humanas. Além disso, a gestão de recursos humanos foi analisada, o que revelou a necessidade de desenvolver competências específicas nos trabalhadores, como habilidades tecnológicas e analíticas, para atender às exigências do ambiente digital. Por fim, o artigo apresentou a relevância do modelo sociotécnico, no qual a integração entre tecnologia, práticas organizacionais e fatores ambientais é essencial para gerar valor sustentável.

Por fim, o terceiro artigo analisou a logística reversa das cápsulas de café da NESPRESSO®, destacou como a empresa incorporou práticas de sustentabilidade e inovação em seu modelo de negócio por meio da servitização digital. Essa abordagem reflete a integração de bens e de serviços com suporte tecnológico para gerenciar resíduos de maneira mais eficiente e sustentável. A NESPRESSO® implementou diversas soluções, como os pontos de coleta físicos, serviços de entrega sustentável e a operação *Milk Run*, utilizando tecnologia para otimizar o recolhimento e processamento de cápsulas usadas.

As iniciativas evidenciaram um compromisso com a eficiência logística, com destaque para o uso de veículos elétricos e estratégias para redução de emissões de carbono. Além disto, há as práticas inovadoras de reciclagem, como a separação mecânica sem uso de água, que transforma a borra de café em adubo e reintegra o alumínio na cadeia produtiva. A servitização digital permitiu a criação de processos mais conectados e alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, promovendo a redução de resíduos e a economia de recursos naturais.

O estudo revelou que, em 2020, a NESPRESSO® alcançou uma taxa global de reciclagem de 32%, o que reforça como a integração entre tecnologia e sustentabilidade fortalece a gestão ambiental. Concluiu-se que essa combinação de servitização digital e práticas sustentáveis não só aprimora a eficiência operacional da empresa, como também consolida sua posição como líder no setor; oferece ainda um

modelo inspirador para outras organizações que buscam aliar inovação tecnológica e sustentabilidade em seus negócios.

5.2. Contribuições para teoria e para a prática

Os artigos revelaram alguns pontos significativos para a compreensão da relação entre servitização digital e suas implicações organizacionais, destacando-se avanços teóricos e práticos alcançados no campo.

Primeiramente, a evolução da servitização digital em comparação à servitização tradicional foi um tema central nos três artigos. A digitalização foi apontada como um elemento-chave para a expansão de serviços avançados e a personalização. Exemplos de manutenção preditiva, de suporte remoto e de monitoramento em tempo real demonstram que tecnologias como IoT, IA e *Big Data* ampliam o escopo de oferta das empresas e permitem soluções mais personalizadas que atendem as necessidades específicas dos clientes. Este ponto é reforçado pela integração tecnológica, que cria outros modelos de receita e adiciona valor aos clientes, conforme discutido por Paiola e Gebauer (2020), Martín-Peña *et al.* (2019) e outros autores citados.

Em termos de readequação organizacional, os artigos convergem ao destacar que a integração da digitalização exige mudanças culturais, estruturais e processuais nas empresas de manufatura. As organizações precisam adotar uma mentalidade voltada à inovação digital e desenvolver competências em análise de dados, em gestão de sistemas integrados e em interoperabilidade tecnológica.

Além disso, foram identificadas cinco perspectivas organizacionais que precisam ser avaliadas para a transição para a servitização digital na manufatura: estratégia e capacidade organizacional, cultura organizacional e liderança, organização do trabalho e cooperação humano-máquina, gestão de recursos humanos e competências individuais, e sistemas socio-técnicos. Essas dimensões oferecem um *framework* teórico relevante, alinhado com os trabalhos de autores como Gebauer *et al.* (2020).

Outro aspecto observado foi a integração de cadeias de valor e o foco no cliente, que evidenciam como a digitalização fortalece a personalização e a oferta de soluções alinhadas às demandas de mercado. Isso está diretamente relacionado à

transformação organizacional, que inclui o fortalecimento da colaboração interdepartamental, a reestruturação de processos internos e a promoção de uma liderança estratégica para inovação.

Por fim, os textos enfatizam a necessidade de pesquisas futuras para aprofundar as perspectivas apresentadas, com foco em estudos empíricos que analisem a implementação prática da servitização digital e os desafios enfrentados pelas organizações. Investigações sobre impactos culturais, programas de capacitação e estudos de caso setoriais são apontadas como caminhos promissores para ampliar o entendimento sobre os impactos da digitalização na servitização e para consolidar estratégias sustentáveis para empresas de manufatura.

Essas observações reforçam a importância de uma abordagem integrada e interdisciplinar, elas combinam avanços tecnológicos com práticas organizacionais inovadoras, promovem inovação e sustentabilidade na indústria de manufatura.

5.3. Limitações de Pesquisa

Embora os estudos realizados até agora apresentem *insights* valiosos sobre a relação entre digitalização, servitização e sustentabilidade, há algumas limitações que devem ser consideradas.

Primeiramente, as amostras utilizadas nas pesquisas, em termos de casos de estudo, são relativamente limitadas. O foco em empresas específicas, como a NESPRESSO®, fornece uma visão aprofundada, mas pode não refletir a realidade de outras indústrias ou setores. A digitalização e a servitização têm impactos diferentes dependendo do tipo de produto ou de serviço oferecidos. É importante lembrar que as descobertas neste estudo de caso podem não ser diretamente aplicáveis a outras empresas. A referência recai especialmente sobre aquelas que operam em ambientes de negócios com menos recursos tecnológicos ou em regiões onde a conscientização sobre a sustentabilidade é menos desenvolvida.

Outra limitação importante é a dependência de dados qualitativos. Embora as entrevistas e a análise documental ofereçam uma riqueza de informações sobre os processos de transformação digital e servitização, elas são, em grande parte, subjetivas e dependentes das percepções e interpretações dos participantes. Isso pode introduzir parcialidades nos resultados, uma vez que os gestores e funcionários

entrevistados podem destacar os aspectos positivos de suas iniciativas, ao mesmo tempo em que minimizam os desafios e limitações.

Além disso, a pesquisa não explora profundamente as barreiras culturais e organizacionais que podem impedir a implementação bem-sucedida da digitalização e da servitização em empresas tradicionais. A transformação organizacional necessária para adotar tecnologias digitais e práticas de servitização pode enfrentar resistência interna. Essa resistência pode surgir de parte de gestores ou funcionários que estão habituados a processos mais tradicionais e que podem não ter as habilidades necessárias para operar em um ambiente digitalizado. Isso limita a generalização dos resultados para empresas que enfrentam contextos mais complexos de mudança organizacional.

Por fim, há uma falta de análise quantitativa no impacto financeiro dessas transformações. Enquanto a pesquisa discute amplamente os benefícios em termos de eficiência operacional, de sustentabilidade e de competitividade, seria importante quantificar o retorno sobre o investimento (ROI) dessas iniciativas. Isso ajudaria as empresas a entenderem o impacto financeiro da transição para a servitização digital e permitiria uma análise mais precisa dos custos e dos benefícios envolvidos.

5.4. Sugestões para Trabalhos Futuros

Com base nos procedimentos identificados, algumas especificações para pesquisas futuras podem ser sugeridas.

Primeiramente, os estudos futuros deverão focar em amostras mais amplas e diversificadas de empresas e setores. Embora o estudo de caso da NESPRESSO® forneça *insights* valiosos, ele deve ser complementado por pesquisas em outras indústrias, como a automotiva, a farmacêutica e a de equipamentos industriais, onde a servitização digital pode se manifestar de maneiras diferentes. Além disso, incluir empresas de diferentes regiões geográficas poderia ajudar a identificar como fatores culturais e econômicos influenciam a adoção dessas práticas.

Além disso, seria interessante realizar estudos que explorassem métricas quantitativas mais robustas, como o impacto financeiro e o retorno sobre o investimento (ROI) das práticas de servitização digital. Analisar os custos de implementação e manutenção das tecnologias digitais, comparando os benefícios

financeiros, seria útil para os gestores que estão considerando essas práticas em suas próprias empresas.

Outro aspecto a ser explorado é o impacto da cultura organizacional na adoção da digitalização e da servitização. Estudos futuros podem investigar mais profundamente as barreiras organizacionais, como a resistência à mudança, a falta de habilidades técnicas e as dificuldades em integrar novas tecnologias nos processos existentes. Pesquisas nesse campo poderão ajudar as empresas a identificar estratégias para superar essas barreiras e facilitar uma transição mais suave para a servitização digital.

Também seria importante investigar o papel das políticas públicas e de incentivos governamentais na promoção da servitização e da sustentabilidade. Políticas que incentivam a economia circular, a reciclagem e a implementação de tecnologias digitais podem desempenhar um papel crucial na melhoria da adoção dessas práticas, especialmente em mercados emergentes ou em setores mais tradicionais.

Finalmente, uma área promissora de pesquisa seria o impacto da educação e da capacitação dos trabalhadores na implementação bem-sucedida da servitização digital. Estudos poderiam explorar como programas de treinamento específicos, voltados para o desenvolvimento de competências digitais e ambientais, poderiam facilitar a transição organizacional e garantir que os trabalhadores estivessem preparados para operar em um ambiente cada vez mais digitalizado.

REFERÊNCIAS

BAINES, T. et al. Framing the servitization transformation process: a model to understand and facilitate the servitization journey. **International Journal of Production Economics**, v. 221, p. 107463, 2020.

BAINES, T. et al. State-of-the-art in product-service systems. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: **Journal of Engineering Manufacture**, v. 221, n. 10, p. 1543– 1552, 2007.

BOKRANTZ, Jon et al. Smart Maintenance: an empirically grounded conceptualization. **International Journal of Production Economics**, v. 223, p. 107534, 2020.

CAGLIANO, Raffaella et al. The interplay between smart manufacturing technologies and work organization: the role of technological complexity. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 39, n. 6/7/8, p. 913-934, 2019.

CHIARINI, Andrea; KUMAR, Maneesh. Lean Six Sigma and Industry 4.0 integration for Operational Excellence: evidence from Italian manufacturing companies. **Production planning & control**, v. 32, n. 13, p. 1084-1101, 2021.

CHEN, Y. et al. On the road to digital servitization—The (dis) continuous interplay between business model and digital technology. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 41, n. 5, p. 694-722, 2021.

COMPARE, Michele; BARALDI, Piero; ZIO, Enrico. Challenges to IoT-enabled predictive maintenance for industry 4.0. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 7, n. 5, p. 4585-4597, 2019.

COREYNEN, W. et al. Unraveling the internal and external drivers of digital servitization: A dynamic capabilities and contingency perspective on firm strategy. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 265-277, 2020.

COREYNEN, W.; MATTHYSSENS, P.; VAN BOCKHAVEN, W. Boosting servitization through digitization: Pathways and dynamic resource configurations for manufacturers. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 42-53, 2017.

DALENOGARE, Lucas Santos et al. Building digital servitization ecosystems: An analysis of inter-firm collaboration types and social exchange mechanisms among actors. **Technovation**, v. 124, p. 102756, 2023.

DOST, Mir et al. The impact of intellectual capital on innovation generation and adoption. **Journal of Intellectual Capital**, v. 17, n. 4, p. 675-695, 2016.

ELLER, Robert et al. Antecedents, consequences, and challenges of small and medium-sized enterprise digitalization. **Journal of Business Research**, v. 112, p. 119-127, 2020.

FLORES, Emmanuel; XU, Xun; LU, Yuqian. Human Capital 4.0: a workforce competence typology for Industry 4.0. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 4, p. 687-703, 2020.

FAVORETTO, C. et al. From servitization to digital servitization: How digitalization transforms companies' transition towards services. **Industrial Marketing Management**, v. 102, p. 104- 121, 2022.

FRANK, A. G. et al. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 341–351, 2019.

GEBAUER, H. Identifying service strategies in product manufacturing companies by exploring environment-strategy configurations. **Industrial Marketing Management**, v. 37, n. 3, p. 278– 291, 2008.

GEBAUER, H. et al. Digital servitization: Crossing the perspectives of digitization and servitization. **Industrial Marketing Management**, 2020.

GEBAUER, Heiko; FISCHER, Thomas; FLEISCH, Elgar. Exploring the interrelationship among patterns of service strategy changes and organizational design elements. **Journal of service Management**, v. 21, n. 1, p. 103-129, 2010.

GEORGE, Brennan; NOJABAEI, Bahareh. Data Analyses of Quarry Operations and Maintenance Schedules: **A Production Optimization Study**. **Mining**, v. 3, n. 2, p. 347-366, 2023.

GILCHRIST, Alasdair. **Industry 4.0: the industrial internet of things**. Apress, 2016.

GOBBLE, M. M. Digitalization, digitization, and innovation. **Research-Technology Management**, v. 61, n. 4, p. 56–59, 2018.

GONI, J., & LOOY, A.. Process innovation capability in less-structured business processes: a systematic literature review. **Bus. Process. Manag. J.**, 28, 557-584. <https://doi.org/10.1108/bpmj-07-2021-0487> 2022

GRADILLAS, M., & THOMAS, L. D. W. (2023). **Distinguishing digitization and digitalization: A systematic review and conceptual framework**. *Journal of Product Innovation Management*, jpim.12690. <https://doi.org/10.1111/jpim.12690>

GRUBIC, Tonci. Remote monitoring technology and servitization: Exploring the relationship. **Computers in Industry**, v. 100, p. 148-158, 2018.

IVALDI, Silvia; SCARATTI, Giuseppe; FREGNAN, Ezio. Dwelling within the fourth industrial revolution: organizational learning for new competences, processes and work cultures. **Journal of Workplace Learning**, v. 34, n. 1, p. 1-26, 2022.

JUNIOR, Silas Costa Ferreira; DA SILVA, Marcia Terra. Servitization: organizational implications and acquisition of competencies. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 4, p. 1172-1190, 2016.

KAMALALDIN, A. et al. Transforming provider-customer relationships in digital servitization: A relational view on digitalization. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 306-325, 2020.

KOHTAMÄKI, M. et al. Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 380-392, 2019.

KOHTAMÄKI, M. et al. The relationship between digitalization and servitization: The role of servitization in capturing the financial potential of digitalization. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 151, p. 119804, 2020.

KOHTAMÄKI, M. et al. Unfolding the digital servitization path from products to product-service- software systems: Practicing change through intentional narratives. **Journal of Business Research**, v. 137, p. 379-392, 2021.

KOWALKOWSKI, C. et al. What service transition? Rethinking established assumptions about manufacturers' service-led growth strategies. **Industrial Marketing Management**, v. 45, n. 1, p. 59–69, 2015.

LIAO, Y. et al. Past, present and future of Industry 4.0 - A systematic literature review and research agenda proposal. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 12, p. 3609–3629, 2017.

KUYS, Blair; KOCH, Christoph; RENDA, Gianni. The priority given to sustainability by industrial designers within an industry 4.0 paradigm. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 76, 2021.

MARTINEZ, V. et al. Exploring the journey to services. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 66-80, 2017.

MARTÍN-PEÑA, M. L.; DÍAZ-GARRIDO, E.; SÁNCHEZ-LÓPEZ, J. M. The digitalization and servitization of manufacturing: A review on digital business models. **Strategic Change**, v. 27, n. 2, p. 91-99, 2018.

MORGAN, Gareth. **Images of Organization**, (updated edn). Thousand Oaks, CA and London: Sage, 2006.

OESTERREICH, T. D.; TEUTEBERG, F. Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of

a research agenda for the construction industry. **Computers in Industry**, v. 83, p. 121–139, 2016.

OKOLI, C. (2015). A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. **Communications of the Association for Information Systems**, 37. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>

PAIOLA, M.; GEBAUER, H. Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in BtoB manufacturing firms. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 245-264, 2020.

PASCHOU, T. et al. Digital servitization in manufacturing: A systematic literature review and research agenda. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 278-292, 2020.

PIROLA, F. et al. Digital technologies in product-service systems: A literature review and a research agenda. **Computers in Industry**, v. 123, p. 103301, 2020.

PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How smart, connected products are transforming competition. **Harvard Business Review**, v. 92, n. 11, p. 64-88, 2014.

RABETINO, R. et al. Guest editorial: Servitization 2.0: evaluating and advancing servitization- related research through novel conceptual and methodological perspectives. **International Journal of Operations & Production Management**, 2021a.

RABETINO, R. et al. Structuring servitization-related research. **International Journal Operations & Production Management**, v. 38, n. 2, p. 350-371, 2018.

RABETINO, R. et al. The tribes in the field of servitization: Discovering latent streams across 30 years of research. **Industrial Marketing Management**, v. 95, p. 70-84, 2021b.

RADDATS, C. et al. Servitization: A contemporary thematic review of four major research streams. **Industrial Marketing Management**, v. 83, p. 207–223, 2019.

RADDATS, Chris; KOWALKOWSKI, Christian. A reconceptualization of manufacturers' service strategies. *Journal of Business-to-business Marketing*, v. 21, n. 1, p. 19-34, 2014.

SCHMENNER, Roger W. Manufacturing, service, and their integration: some history and theory. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 431-443, 2009.

SHEN, L., SUN, C., & ALI, M. (2021). **Role of Servitization, Digitalization, and Innovation Performance in Manufacturing Enterprises**. *Sustainability*, 13(17), 9878. <https://doi.org/10.3390/su13179878>

SJÖDIN, D. et al. An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach. **Journal of Business Research**, v. 112, p. 478-491, 2020.

STRUYF, B. et al. Toward a multilevel perspective on digital servitization. **International Journal of Operations & Production Management**, 2021.

TEECE, David J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic management journal*, v. 28, n. 13, p. 1319-1350, 2007.

TÖYTÄRI, Pekka; RAJALA, Risto; ALEJANDRO, Thomas Brashear. Organizational and institutional barriers to value-based pricing in industrial relationships. **Industrial Marketing Management**, v. 47, p. 53-64, 2015.

TRONVOLL, B. et al. Transformational shifts through digital servitization. **Industrial Marketing Management**, v. 89, p. 293-305, 2020.

VANDERMERWE, S.; RADA, J. Servitization of business: Adding value by adding services. **European Management Journal**, v. 6, n. 4, p. 314-324, 1988.

VENDRELL-HERRERO, F. et al. Servitization, digitization and supply chain interdependency. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 69-81, 2017.

VERHOEF, P. C. et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. **Journal of Business Research**, v. 122, p. 889-901, 2019.

VERHOEF, Peter C.; BIJMOLT, Tammo HA. Marketing perspectives on digital business models: A framework and overview of the special issue. **International Journal of Research in Marketing**, v. 36, n. 3, p. 341-349, 2019.

WIELAND, Heiko; HARTMANN, Nathaniel N.; VARGO, Stephen L. Business models as service strategy. **Journal of the Academy of Marketing Science**, v. 45, p. 925-943, 2017.

YIN, Y.; STECKE, K. E.; LI, D. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1-2, p. 848-861, 2018.

ZAHIR, M., SHURWERYIMANA, F., & –Rabbou, M. Strategic Choices and Organizational Challenges in Times of Crisis: Illustration of the Experience of Two Moroccan SMEs. **European Journal of Business and Management**, v.12, n.27, p. 34-43, 2020.

ZHOU, C.; SONG, W. Digitalization as a way forward: A bibliometric analysis of 20 years of servitization research. **Journal of Cleaner Production**, v. 300, p. 126943, 2021.

APÊNDICE A – ARTIGO 1



REVISTA DE GESTÃO E SECRETARIADO
MANAGEMENT AND ADMINISTRATIVE
PROFESSIONAL REVIEW
ISSN: 2178-9010

Revista GeSec
São Paulo, SP, Brasil v. 14,
n. 11, p. 19734-19752, 2023

DOI: <http://doi.org/10.7769/gesec.v14i11.2683>

Ferramentas para a implantação da digitalização na servitização das manufaturas

Tools for implementing digitization in the servitization of manufacturing

Márcio José Padovan de Antônio¹

Marcia Terra da Silva²

Ana Lúcia Figueiredo Facin³

Rodrigo Franco Gonçalves⁴

Resumo

Servitização, um conceito que envolve a transição de empresas de manufatura tradicionais para a oferta de serviços de valor agregado, tem surgido como uma estratégia promissora na era da Indústria 4.0. No entanto, a implementação efetiva da digitalização na servitização requer a adoção de ferramentas tecnológicas facilitadoras. Neste artigo, analisaremos as principais ferramentas digitais disponíveis para facilitar a implementação da servitização na Indústria 4.0, identificando sua aplicabilidade e benefícios. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura utilizando as palavras-chave "*servitization*", "*servitisation*", "*digital servitization*", "*digital servitisation*" e "*industry 4.0*" nas bases de dados da *Web of Science* e *Scopus*. A pesquisa resultou em 17 artigos selecionados e analisados. Os resultados revelam que as principais ferramentas tecnológicas utilizadas como facilitadoras da servitização digital

¹ Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista (UNIP), Av. Paulista, 900, Bela Vista, São Paulo - SP, CEP: 01311-000. E-mail: marcio.jpadovan.official@hotmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-1954-1665>

² Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo, Universidade Paulista (UNIP), Av. Paulista, 900, Bela Vista, São Paulo - SP, CEP: 01311-000. E-mail: marcia.terra@uol.com.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5314-4978>

³ Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo, Universidade Paulista (UNIP), Av. Paulista, 900, Bela Vista, São Paulo - SP, CEP: 01311-000. E-mail: affacin@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0379-4574>

⁴ Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo, Universidade Paulista (UNIP), Av. Paulista, 900, Bela Vista, São Paulo - SP, CEP: 01311-000. E-mail: rofranco212@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2206-3136>



são *IoT* (Internet das Coisas), *IA* (Inteligência Artificial) e *Big Data*. Este artigo contribui para a análise das ferramentas facilitadoras adequadas para a digitalização da servitização, fornecendo *insights* para as empresas que desejam aproveitar os benefícios dessa abordagem inovadora. Ao utilizar essas ferramentas digitais, as empresas podem aprimorar sua oferta de serviços, melhorar a experiência do cliente e obter uma vantagem competitiva no cenário em constante evolução da Indústria 4.0. Os resultados deste estudo servem como um recurso para as organizações que buscam a implementação da servitização no contexto da transformação digital.

Palavras-chave: Transformação Digital. Inovação. Digitização. Indústria 4.0

Abstract

Servitization, a concept involving the transition of traditional manufacturing companies towards offering value-added services, has emerged as a promising strategy in the era of Industry 4.0. However, the effective implementation of digitization in servitization requires the adoption of enabling technological tools. In this article, we will examine the key digital tools available to facilitate the implementation of servitization in Industry 4.0, identifying their applicability and benefits. A systematic literature review was conducted using the keywords "servitization," "servitisation," "digital servitization," "digital servitisation," and "industry 4.0" in the Web of Science and Scopus databases. The search resulted in the selection and analysis of 17 articles. The findings reveal that the primary technological tools used to facilitate digital servitization are IoT (Internet of Things), AI (Artificial Intelligence), and Big Data. This article contributes to the analysis of suitable enabling tools for the digitalization of servitization, providing insights for companies looking to harness the benefits of this innovative approach. By utilizing these digital tools, companies can enhance their service offerings, improve customer experiences, and gain a competitive edge in the ever-evolving landscape of Industry 4.0. The results of this study serve as a resource for organizations aiming to implement servitization within the context of digital transformation.

Keywords: Digital Transformation. Innovation. Digitization. Industry 4.0.

Introdução

A Indústria 4.0 tem impulsionado significativas transformações nos modelos de negócio e nas operações industriais, destacando-se como uma das principais revoluções

tecnológicas contemporâneas. Essa revolução emerge da sinergia entre a disponibilidade de tecnologias digitais inovadoras e da crescente demanda dos consumidores por produtos personalizados e de alta qualidade (Bonilla et al., 2018). Essa convergência não apenas oferece a possibilidade de fornecer produtos adaptados às necessidades humanas e de alta qualidade, mas também traz consigo o potencial de contribuir para o bem-estar social, proporcionando condições de trabalho adequadas e redefinindo a relação entre a indústria e a sociedade (Frank et al., 2019). Nesse contexto, a servitização, caracterizada pela integração de serviços avançados aos produtos, emerge como uma estratégia relevante para as empresas que buscam diferenciação e criação de valor para seus clientes (Vandermerwe & Rada, 1988).

A convergência entre a digitalização e a servitização na Indústria 4.0 possibilita a oferta de soluções completas, personalizadas e interconectadas, ampliando as possibilidades de inovação e excelência no atendimento ao cliente. No entanto, a implantação eficaz da digitalização da servitização ainda apresenta desafios e obstáculos a serem superados (Martín-Peña et al., 2019).

Este artigo tem como foco investigar a digitalização da servitização na Indústria 4.0, analisando as principais tecnologias facilitadoras para sua implantação. O estudo visa compreender como a integração de tecnologias digitais avançadas com serviços pode impulsionar a criação de valor nas operações industriais, e quais ferramentas são fundamentais para a implementação bem-sucedida dessa estratégia.

O problema que esta pesquisa busca abordar é o desafio de implementar a digitalização da servitização na Indústria 4.0 de maneira eficiente e eficaz. Embora a combinação de tecnologias digitais com serviços seja reconhecida como uma oportunidade para as empresas se destacarem no mercado, existem desafios complexos relacionados à adaptação organizacional, à integração de processos e tecnologias, bem como ao desenvolvimento de novas competências para fornecer serviços avançados.

A digitalização da servitização apresenta potencial para criar vantagens competitivas significativas, mas a literatura indica que muitas empresas ainda enfrentam dificuldades na implantação dessa estratégia. A transformação organizacional necessária para adotar essa abordagem integrada, a incerteza em relação às tecnologias mais adequadas e o risco de mudança de modelos de negócio são alguns dos fatores que ainda não foram plenamente solucionados na literatura.

Considerando o contexto exposto, a questão de pesquisa que orienta este estudo é: quais são as principais ferramentas facilitadoras para a implantação bem-sucedida da digitalização da servitização na Indústria 4.0?

O objetivo deste artigo é investigar e analisar as principais ferramentas que têm se mostrado fundamentais para a implantação eficiente da digitalização da servitização na Indústria 4.0. Através dessa análise, busca-se fornecer *insights* valiosos para as empresas que desejam adotar essa estratégia e alcançar vantagem competitiva no cenário industrial contemporâneo.

Esta pesquisa contribuirá para a literatura ao identificar e descrever as ferramentas facilitadoras que têm sido apontadas como fundamentais para a implantação da digitalização da servitização. Ao abordar os desafios e oportunidades dessa abordagem estratégica, espera-se fornecer recomendações práticas para as empresas que buscam inovar seus modelos de negócio e aprimorar a experiência do cliente.

Para atingir o objetivo proposto, este estudo utilizará uma abordagem metodológica de revisão sistêmica da literatura para responder à questão específica de pesquisa (Q1):

Q1: Quais são as principais tecnologias facilitadoras utilizadas na digitalização da servitização na indústria 4.0?

A revisão sistêmica da literatura permitirá mapear as principais ferramentas mencionadas na literatura, com destaque para suas contribuições e desafios enfrentados.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: na seção 2, serão apresentados os fundamentos teóricos sobre a digitalização da servitização na Indústria 4.0, revisando a literatura relevante sobre o tema. Na seção 3, será descrito o método de pesquisa adotado para a realização deste estudo. Na seção 4, serão apresentados os principais resultados da revisão bibliográfica e análise dos estudos de caso, com a identificação das ferramentas facilitadoras e serão discutidas as implicações e contribuições da pesquisa. Por fim, na seção 5, serão apresentadas as considerações finais e as recomendações práticas para empresas interessadas em implementar a digitalização da servitização em seus modelos de negócio na Indústria 4.0.

Revisão da Literatura

2.1 Servitização

A servitização é um conceito estratégico que tem ganhado crescente relevância no mundo dos negócios, representando uma mudança fundamental na forma como as empresas geram valor para os clientes (Vandermerwe & Rada, 1988, Frank et al., 2019). Esse movimento vai além da simples adição de serviços complementares, buscando a integração estratégica



dos serviços como parte intrínseca dos produtos oferecidos, resultando em soluções completas e personalizadas.

Definida por Vandermerwe & Rada, (1988) como a expansão das ofertas empresariais por meio de pacotes integrados de produtos, serviços, suporte, autoatendimento e conhecimento, a servitização agrega valor ao negócio principal da empresa. (Vendrell-Herrero et al., 2017) corroboram essa definição, ressaltando a incorporação de serviços como uma estratégia para alcançar vantagens competitivas, especialmente em organizações de manufatura.

A evolução da servitização envolve a transformação da identidade do produto, onde o componente material torna-se inseparável do sistema de serviços (Morelli, 2003) Esse processo permite que as empresas adicionem serviços aos produtos, criando assim novas fontes de receita e valor para os clientes.

No contexto atual, a servitização está se tornando cada vez mais importante para as empresas, especialmente em ambientes *B2B*, sendo impulsionada pela digitalização e pelas possibilidades da Internet das Coisas (*IoT*) (Martín-Peña et al., 2019) A digitalização está permitindo a criação de serviços avançados e personalizados, ampliando ainda mais as possibilidades da servitização.

A transformação de empresas de manufatura em serviços digitais se tornou uma estratégia eficaz para alcançar uma posição favorável no mercado e aumentar a criação de valor (Shen et al., 2021) A servitização não se limita apenas à oferta de serviços avançados relacionados a produtos tradicionais, mas abraça a inovação de modelos de negócios e a adaptação às demandas do mercado (Paiola & Gebauer, 2020).

No entanto, é importante ressaltar que a servitização também apresenta desafios, exigindo mudanças significativas nas práticas e tecnologias operacionais das empresas. A transformação para modelos de negócios centrados em serviços requer reflexão sobre os desafios futuros e a necessidade de inovação contínua (Martín-Peña et al., 2019).

A servitização é uma estratégia de negócios que visa agregar valor e diferenciar-se da concorrência através da oferta de serviços integrados a produtos tradicionais. Com a digitalização e o avanço da *IoT*, novas oportunidades para modelos de negócios baseados em serviços estão sendo criadas, impulsionando a transformação da indústria de manufatura e estabelecendo a servitização como um tema de destaque na literatura atual (Shen et al., 2021). A busca por vantagens competitivas, a co-criação de valor com os clientes e a inovação constante são elementos-chave para o sucesso das empresas que abraçam essa abordagem estratégica.



2.2 Transformação Digital

A transformação digital é um processo estratégico que as organizações vem adotando através dos conceitos de digitalização e digitização como componentes dessa transformação (Gradillas & Thomas, 2023), conceitos avançadas para redefinir seus modelos de negócio, operações internas e interações com clientes, com o objetivo de impulsionar a inovação, melhorar a eficiência e obter vantagem competitiva no contexto da economia digital em constante evolução (Westerman et al., 2014)

2.2.1 Digitalização

A digitalização é um processo fundamental que implica na conversão de informações, dados ou conteúdo analógico para o formato digital, compreendendo dados binários interpretáveis e processáveis por dispositivos eletrônicos e computadores. (Sebastian et al., 2020). Essa transformação envolve a captura, codificação e armazenamento das informações em formato digital, permitindo sua rápida e eficiente manipulação, transmissão e compartilhamento. Através da digitalização, diversos setores, como indústrias, negócios, saúde, cultura e educação, têm passado por significativas transformações, facilitando a automatização de tarefas, o acesso a informações e a criação de ambientes interconectados e inteligentes.

No contexto da economia digital em constante evolução, a digitalização é um elemento central na era da tecnologia da informação e exerce um impacto significativo na forma como as organizações operam e interagem com o mundo. Ela proporciona novas oportunidades para a criação de valor e geração de receita (Sklyar, Kowalkowski, Sörhammar, et al., 2019), caminhando lado a lado com a adoção da servitização (Parida et al., 2015). Essa integração de informações e tecnologias também pode remodelar a natureza das atividades de serviço (Lusch & Nambisan, 2015)

Um dos pontos chave da digitalização é a capacidade de coletar grandes quantidades de dados, abrindo caminho para a criação de novos modelos de negócios e serviços (Martín-Peña et al., 2019). Além disso, a digitalização é um fator importante para a transformação de empresas de manufatura em serviços digitais, permitindo a oferta de serviços avançados relacionados a produtos tradicionais (Shen et al., 2021). A Internet das Coisas (IoT) tem um papel crucial nesse processo, possibilitando a coleta de dados em tempo real para melhorar a

eficiência operacional, a tomada de decisões e a criação de novos serviços (Paiola & Gebauer, 2020).

Dessa forma, a literatura atual destaca a digitalização como um tema relevante, ressaltando sua importância na transformação da indústria de manufatura (Shen et al., 2021). A digitalização tem o potencial de redefinir modelos de negócio, impulsionar a inovação e criar novas oportunidades em diversos setores, consolidando-se como uma tendência em um mundo cada vez mais conectado e tecnológico. As empresas que souberem aproveitar os benefícios da digitalização e se adaptarem a essa realidade em constante evolução estarão melhor posicionadas para se destacarem e prosperarem no cenário econômico atual.

2.2.2 *Digitização*

A digitalização é compreendida como a transformação abrangente do ambiente socioeconômico através dos processos da tecnologia digital. Esse fenômeno resulta em mudanças significativas na forma como as pessoas pensam, se comportam e interagem, criando uma nova realidade socioeconômica. (Gradillas & Thomas, 2023)

A digitalização emerge como um tema de alta relevância para estudiosos da inovação. Seu impacto vai além da simples adoção de tecnologias digitais, influenciando de maneira fundamental o próprio processo de inovação. Além disso, as consequências industriais e sociais dessa transformação são amplas e demandam análises aprofundadas.

A digitalização não apenas implica na adoção de artefatos digitais, mas também altera a mentalidade, comportamento e interações das pessoas. Isso resulta em novas oportunidades de negócios, transformação econômica e uma redefinição da dinâmica social.

Os estudiosos da inovação são desafiados a explorar como a digitalização impacta o processo de inovação em si. Isso envolve examinar como a flexibilidade da tecnologia digital pode ser aproveitada em novas abordagens de design e na reprogramação de artefatos digitais. (Gradillas & Thomas, 2023)

Artefatos digitais abrangem tecnologias, ferramentas e plataformas que lidam com dados digitais. À medida que esses artefatos se tornam mais potentes, acessíveis e compactos, eles são incorporados em artefatos físicos do dia a dia. Isso abre portas para novas oportunidades de inovação e criação de valor. (Sebastian et al., 2020)

A digitalização do ambiente socioeconômico é um processo multifacetado que redefine a forma como vivemos, interagimos e inovamos. Estudiosos e profissionais devem



considerar cuidadosamente suas implicações para abraçar as oportunidades e desafios que surgem nesse cenário em constante evolução. (Shen et al., 2021)

2.3 Servitização Digital

A relação entre servitização e a digitalização levou ao surgimento de uma nova área de pesquisa chamada "servitização digital" (Martín-Peña et al., 2019). Esse conceito descreve a transformação das empresas, especialmente as do setor de manufatura, ao expandirem suas ofertas de produtos para incluir serviços digitais agregados, utilizando tecnologias facilitadoras como análise de dados, inteligência artificial e computação em nuvem.

A servitização digital é vista como uma extensão da servitização tradicional, na qual a digitalização é utilizada para fornecer serviços avançados e personalizados (Martín-Peña et al., 2019). Essa abordagem permite que as empresas ampliem seu escopo de atuação, oferecendo serviços complementares aos produtos físicos tradicionais.

Esses serviços digitais podem incluir monitoramento remoto, manutenção preditiva, atualizações de software, suporte técnico online, análise de dados para tomada de decisões e customização personalizada. A servitização digital proporciona a criação de novas fontes de receita, relacionamentos mais próximos com os clientes e agregação de valor aos produtos. (Feliciano-Cestero et al., 2023)

No contexto da Indústria 4.0, a servitização digital desempenha um papel fundamental na transformação da indústria de manufatura, permitindo que as empresas ofereçam soluções mais completas e personalizadas aos clientes, impulsionadas por tecnologias digitais avançadas. Essas tecnologias permitem a coleta de dados dos produtos, monitoramento de desempenho, manutenção preditiva, suporte remoto e a criação de novos modelos de negócios baseados em serviços. (Vendrell-Herrero et al., 2017). Uma aplicação da servitização digital na Indústria 4.0, é a coleta de dados dos produtos, como máquinas e equipamentos, onde as empresas podem oferecer serviços avançados, como manutenção preditiva, suporte remoto e atualizações de software. Isso permite não apenas uma abordagem mais proativa para atender às necessidades dos clientes, mas também abre portas para novos modelos de negócios baseados em serviços, fortalecendo a posição competitiva das empresas no mercado.

Paiola & Gebauer, (2020) discutem os benefícios e desafios da servitização habilitada para *IoT* em empresas de manufatura B2B. Eles enfatizam a importância da inovação de modelos de negócios para a criação de valor e a sobrevivência no mercado atual. A adoção da servitização digital, aliada à *IoT*, oferece oportunidades significativas para as empresas

desenvolverem serviços personalizados, melhorarem a eficiência operacional e se adaptarem às demandas em constante mudança do mercado (Shen et al., 2021). Por exemplo, uma empresa que produz equipamentos médicos pode oferecer serviços personalizados de monitoramento de desempenho em tempo real, garantindo que os clientes tenham acesso às informações necessárias para otimizar a utilização dos equipamentos.

A servitização digital representa uma transformação das empresas, permitindo a oferta de serviços digitais agregados aos produtos tradicionais. Essa abordagem impulsionada pela digitalização e *IoT* oferece vantagens competitivas, criação de valor e adaptação às necessidades do mercado atual. No entanto, a servitização digital também apresenta desafios que exigem inovação e reflexão sobre os desafios futuros para garantir o sucesso dessa estratégia.

2.4 Tecnologias Digitais: *IoT* e *Big Data Analytics*

2.4.1 *IoT (Internet das Coisas)*

O termo "*IoT*" (*Internet das Coisas*), cunhado por Kevin Ashton em 1999, delinea a transformação de objetos físicos em sistemas conectados e inteligentes. Estes objetos adquirem, compartilham e analisam dados, habilitando soluções avançadas, especialmente em sensoriamento e processamento de informações (Chen et al., 2022). A *IoT* engloba dispositivos diversos, desde sensores até veículos, e apresenta vantagens substanciais em setores como agricultura, saúde e indústria. Apesar de promover inovação e eficiência, a *IoT* enfrenta desafios relativos à segurança e interoperabilidade (Shen et al., 2021). Esta tecnologia desempenha um papel integral na Indústria 4.0, fomentando modelos de negócios inovadores e serviços personalizados (Paiola & Gebauer, 2020).

2.4.2 *Big Data Analytics*

A Análise de *Big Data* (BDA) lida com conjuntos volumosos e complexos de dados que transcendem as capacidades das ferramentas convencionais. Caracterizada pelas "três Vs" (velocidade, variedade e veracidade) (Laney, 2001) a BDA transforma dados em perspicácia significativa. É um fator determinante na transformação da indústria de manufatura (Shen et al., 2021), permitindo a coleta e análise de grandes volumes de dados em tempo real (Martín-Peña et al., 2019). Esta análise de BDA requer a extração de insights de uma gama



diversificada de dados, valendo-se de técnicas avançadas, como algoritmos de aprendizado de máquina. Constitui um componente essencial na tomada de decisões estratégicas em setores como negócios, ciência e medicina. Assim, é considerada uma das tecnologias-chave da transformação digital, desempenhando um papel fundamental na capacitação de aplicações avançadas de IoT e Indústria 4.0 (Paiola & Gebauer, 2020).

Metodologia de Pesquisa

Neste estudo, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura (RSL) com o propósito de identificar as principais tecnologias que facilitam a digitalização da servitização. A pesquisa buscou responder à seguinte pergunta de pesquisa: Quais são as principais tecnologias facilitadoras utilizadas na digitalização da servitização na indústria 4.0? Para realizar a RSL, foram utilizados como referência os trabalhos de (Okoli, 2015; Petticrew & Roberts, [s.d.])

Para a execução da RSL, foi estabelecido um protocolo com base no Guia Sistemático para o Desenvolvimento de Revisão da Literatura de (Okoli, 2015), detalhado na Figura 1.

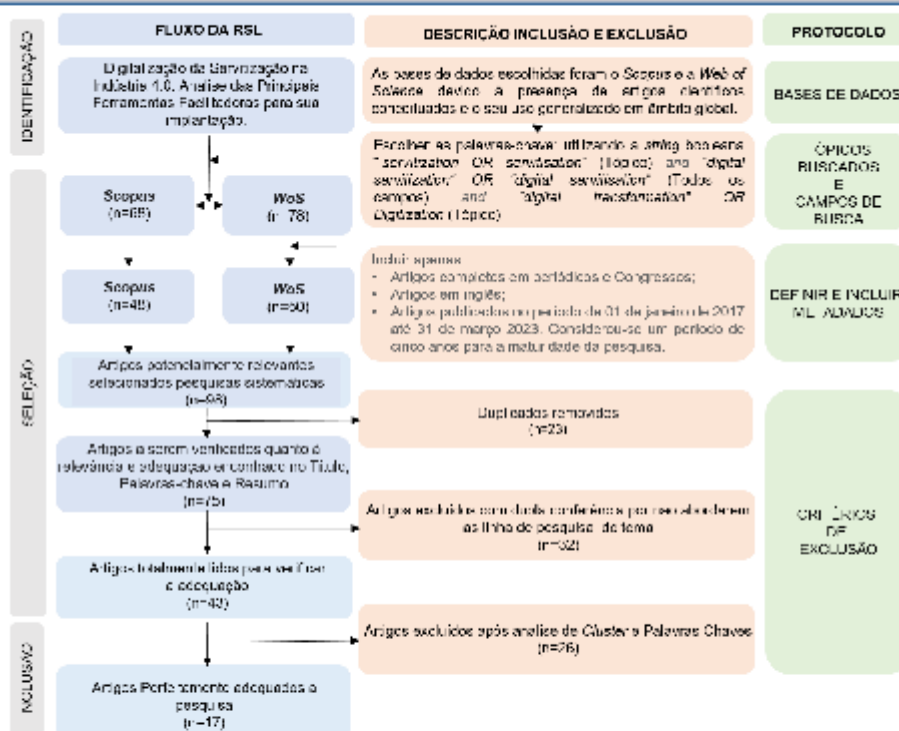


Figura 1 – Fluxo da RSL e Protocolo

Fonte: Baseado em Okoli (2015)

3.1 Análise com o Software VOSviewer

Com o objetivo de contribuir com a análise, foi realizado um estudo bibliométrico baseado em palavras-chave utilizando o software *VOSviewer*. Para isso, um conjunto de artigos relevantes foi coletado nas bases de dados acadêmicas *Web of Science* e *Scopus*, seguindo o processo de seleção por meio de *strings* de busca, conforme demonstrado na Figura 1.

O estudo consistiu em seis etapas distintas: (1) Após a seleção dos artigos nas bases, os metadados foram extraídos em um arquivo de extensão CSV. (2) Esse arquivo foi importado para o *VOSviewer*, onde foi realizado um pré-processamento para garantir a qualidade das informações, removendo palavras-chave duplicadas ou irrelevantes, padronizando termos sinônimos e eliminando erros tipográficos. (3) Com os dados preparados, eles foram novamente importados para o *VOSviewer*, onde foram utilizados para construir a rede de coocorrência de palavras-chave. As palavras-chave mais frequentemente relacionadas foram agrupadas em *clusters* conforme sua temática. (4) Após a geração da rede

de coocorrência pelo *VOSviewer*, foram identificados padrões, temas relevantes e a estrutura geral da literatura sobre o assunto. As ferramentas de visualização do software foram utilizadas para analisar a distribuição dos *clusters*, a proximidade entre os termos e outras métricas bibliométricas disponíveis. (5) Com base nas informações geradas e visualizadas, os resultados foram interpretados e inferências sobre a produção científica relacionada ao tema estudado foram feitas. Foram identificadas tendências na utilização das ferramentas facilitadoras da digitalização.



Figura 2 – Análise da correlação das palavras-chave
Fonte: Elaborado pelos autores.


Apresentação e Discussão dos Resultados

Foram conduzidas as etapas de triagem prática e pesquisa bibliográfica, resultando na identificação de 17 artigos pertinentes sobre o tema. Posteriormente, foi conduzida uma análise para identificar as principais tecnologias facilitadoras e suas aplicações nos 17 estudos abordados. Os resultados dessas análises foram compilados No Quadro 1.

TECNOLOGIAS FACILITADORAS	RESUMO DAS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DAS TECNOLOGIAS NOS ARTIGOS PESQUISADOS	ARTIGOS CITADOS
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)	<ul style="list-style-type: none"> – Principal facilitador na digitalização da servitização – Automatização de processos e tarefas – Serviços personalizados, moldados pelas preferências individuais dos clientes. – Análise de vastas quantidades de dados, revelando padrões e tendências – Otimização dos procedimentos e embasam as decisões. 	(Vendrell-Herrero et al., 2017), (Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Paiola & Gebauer, 2020), (Sjödén et al., 2020), (Tronvoll et al., 2020), (Kamalaldin et al., 2020), (Martín-Peña et al., 2019), (Coreynen et al., 2020), (Sjödén

	<ul style="list-style-type: none"> – Criação de <i>chatbots</i> – Assistentes virtuais – Resolução de questões e acesso a informações sobre produtos e serviços. 	et al., 2021), (Tian et al., 2022), (Paola, Schiavone, Khvatova, et al., 2021), (Shen et al., 2021), (Feliciano-Cestero et al., 2023), (De La Calle et al., 2021), (Chen et al., 2022), (Trček, 2022)
INTERNET DAS COISAS (IOT)	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologias preponderantes na digitalização da servitização na indústria 4.0. – Coleta em tempo real de dados – Catalisar o desenvolvimento de novos modelos de negócios centrados em serviços. – Integração com outras tecnologias, 	(Vendrell-Herrero et al., 2017), (Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Paola & Gebauer, 2020), (Sjödin et al., 2020), (Tronvoll et al., 2020), (Kamalaldin et al., 2020), (Martín-Peña et al., 2019), (Coreynen et al., 2020), (Sjödin et al., 2021), (Tian et al., 2022), (Paola, Schiavone, Grandinetti, et al., 2021), (Paola, Schiavone, Khvatova, et al., 2021), (Shen et al., 2021), (Feliciano-Cestero et al., 2023), (De La Calle et al., 2021), (Chen et al., 2022)
REALIDADE AUMENTADA (AR)	<ul style="list-style-type: none"> – Fornecer informações em tempo real sobre o desempenho do produto – Fornece suporte remoto para serviços. – Fornece informações sobre o produto, como manuais de instruções, 	(Vendrell-Herrero et al., 2017), (Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Sjödin et al., 2020), (Tronvoll et al., 2020), (Kamalaldin et al., 2020), (Martín-Peña et al., 2019), (Coreynen et al., 2020), (Sjödin et al., 2021), (Tian et al., 2022), (Feliciano-Cestero et al., 2023), (De La Calle et al., 2021), (Trček, 2022)
BIG DATA ANALYTICS	<ul style="list-style-type: none"> – Processar grandes quantidades de dados coletados pela IoT e outros sistemas. – Identificar padrões e insights que podem ser usados para melhorar o desempenho do produto e fornecer serviços personalizados. – Visualização de dados para melhorar a compreensão e a tomada de decisões baseadas em dados 	(Vendrell-Herrero et al., 2017), (Paola & Gebauer, 2020), (Sjödin et al., 2020), (Tronvoll et al., 2020), (Coreynen et al., 2020), (Sjödin et al., 2021), (Paola, Schiavone, Grandinetti, et al., 2021), (Paola, Schiavone, Khvatova, et al., 2021), (Shen et al., 2021), (Feliciano-Cestero et al., 2023), (De La Calle et al., 2021), (Trček, 2022)
BLOCKCHAIN	<ul style="list-style-type: none"> – Garantir a segurança e a privacidade dos dados do cliente, – Rastrear a origem dos produtos e serviços digitais. – Criar registros imutáveis e transparentes de transações, – Rastrear a origem dos produtos e serviços digitais – Garantir a autenticidade e a integridade dos dados do cliente. – Criar contratos inteligentes, que são programas de computador que executam automaticamente os termos de um contrato quando as condições são atendidas. 	(Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Sjödin et al., 2020), (Tronvoll et al., 2020), (Martín-Peña et al., 2019), (Coreynen et al., 2020), (Feliciano-Cestero et al., 2023), (De La Calle et al., 2021)
DATA ANALYTICS	<ul style="list-style-type: none"> – Análise de dados como uma das tecnologias facilitadoras que podem ser usadas para criar soluções de <i>Digital Servitization</i> que ofereçam valor aos clientes e às empresas 	(Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Paola & Gebauer, 2020), (Kamalaldin et al., 2020),

Aplicação das Tecnologias Habilitadoras na Logística Reversa

	Ferramentas para a implantação da digitalização na servitização das manufaturas	19747
---	---	-------

		(Sjödin et al., 2021), (Sjödin et al., 2021), (Tian et al., 2022)
CLOUD COMPUTING	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologia que permite o armazenamento, acesso e processamento de grandes quantidades de dados gerados por sensores e atuadores incorporados em produtos IoT. 	(Paola & Gebauer, 2020), (Tian et al., 2022), (Paola, Schiavone, Khvatova, et al., 2021), (Trček, 2022)
REALIDADE VIRTUAL (VR)	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologias facilitadora na digitalização da servitização. – Criar experiências imersivas para os clientes, permitindo que eles visualizem produtos e serviços digitais em um ambiente virtual. – Treinar funcionários e melhorar a eficiência operacional, permitindo que eles simulem situações de trabalho em um ambiente virtual antes de executá-las na vida real. 	(Coreynen et al., 2020), (Sjödin et al., 2021), (De La Calle et al., 2021), (Trček, 2022)
AUTOMAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> – Executar tarefas ou processos sem necessidade de intervenção direta humana, – Ampliar eficiência e precisão, – Produtos personalizados e sob demanda. – Sistemas automatizados de atendimento ao cliente e gerenciamento de estoque. 	(Tronvoll et al., 2020), (Martín-Peña et al., 2019)
IMPRESSÃO 3D	<ul style="list-style-type: none"> – Construção de objetos tridimensionais de forma incremental, seguindo um modelo digital predefinido. – Produção de peças de reposição personalizadas e sob demanda, 	(Sjödin et al., 2020),
PLATAFORMAS DIGITAIS	<ul style="list-style-type: none"> – Integrar dados de várias fontes – Fornecer unificação dos serviços e produtos oferecidos pela empresa. – Personalizados serviços aos clientes. – Integração de plataformas digitais com outras tecnologias, 	(Sklyar, Kowalkowski, Tronvoll, et al., 2019), (Sjödin et al., 2021)
ROBÓTICA	<ul style="list-style-type: none"> – Domínio do design, Construção e operação de máquinas programáveis conhecidas como robôs, capazes de realizar tarefas de maneira autônoma ou semi-autônoma. – Melhorar desempenho no setores de serviços 	(Tronvoll et al., 2020), (Martín-Peña et al., 2019)
CIBERSEGURANÇA	<ul style="list-style-type: none"> – Garantir a segurança dos sistemas ciberfísicos e outros sistemas digitais – Proteger os dados e sistemas críticos contra ameaças cibernéticas. 	(Trček, 2022)
MACHINE LEARNING (ML)	<ul style="list-style-type: none"> – Tecnologia habilitadora da <i>Digital Servitization</i> – Analisar grandes volumes de dados e identificar padrões e insights. Melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços oferecido, – Desenvolver novos serviços baseados em dados e modelos de negócios centrados em serviços. 	(Tronvoll et al., 2020)
SISTEMAS CIBERFÍSICOS	<ul style="list-style-type: none"> – Interação entre elementos físicos e sistemas computacionais; – Papel fundamental na transição para a era da Indústria 4.0; – Robôs autônomos que combinam componentes tangíveis e virtuais; Sistemas com a habilidade de monitorar e gerir processos físicos em tempo real; – Eficiência e flexibilidade no ambiente produtivo. 	(Trček, 2022)

Quadro 1 - Relação das principais tecnologias facilitadoras e suas aplicações na prática
 Fonte: Elaborado pelos autores.



4.1 Resultado da Classificação após Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica conduzida com o auxílio do software *VOSviewer*, resultou em 90 ocorrências de tecnologias facilitadoras e ofereceu uma visão abrangente e esclarecedora das principais tecnologias empregadas na digitalização da servitização na indústria 4.0. Os dados coletados e processados revelaram a frequência de ocorrência de diferentes tecnologias nas publicações acadêmicas e científicas relacionadas ao tema.

Os dois principais destaques nesse estudo foram a "Internet das Coisas (IoT)" e a "Inteligência Artificial (IA)", ambas com uma taxa de ocorrência significativa de 17,78%. A Internet das Coisas é uma tecnologia essencial para a Indústria 4.0, possibilitando a interconexão e comunicação entre dispositivos e máquinas, o que resulta em uma maior coleta de dados sobre o cliente, possibilitando o desenvolvimento de soluções inteligentes e inovadoras para os serviços oferecidos (Paiola & Gebauer, 2020).

A Inteligência Artificial, por sua vez, também exerce um papel fundamental na transformação digital da servitização. Com suas capacidades avançadas de aprendizado de máquina e análise de dados, a IA aprimora a eficiência e a personalização dos serviços, permitindo a entrega de soluções altamente adaptadas às necessidades dos clientes (Sjodin et al., 2021).

Outra tecnologia relevante é a "Realidade Aumentada (AR)", que obteve 12,22% de ocorrência. A AR tem ganhado destaque nas últimas décadas como uma ferramenta para aprimorar a interação do usuário com os serviços, proporcionando uma experiência mais imersiva e enriquecedora (Trček, 2022).

Além disso, "*Big Data Analytics*" também se destacou com 12,22% de ocorrência, demonstrando a importância da análise de grandes volumes de dados na tomada de decisões estratégicas e no desenvolvimento de soluções baseadas em evidências (Sjodin et al., 2020).

Outras tecnologias com taxas de ocorrência relevantes incluem "*Blockchain*" e "*Data Analytics*", ambas com 7,78%. O uso de *Blockchain* vem crescendo na Indústria 4.0 para garantir a segurança e a confiabilidade nas transações e compartilhamento de informações. (Vendrell-Herrero et al., 2017) Já o "*Data Analytics*" possibilita identificar padrões e tendências relevantes, impulsionando a inovação e a eficiência operacional. (Tronvoll et al., 2020)

As demais tecnologias apresentaram taxas de ocorrência variadas, indicando suas contribuições específicas para a digitalização da servitização na Indústria 4.0.



A análise bibliométrica realizada com o *VOSviewer* permitiu a identificação das principais tecnologias facilitadoras da digitalização da servitização na indústria 4.0. As informações obtidas são relevantes para pesquisadores e profissionais que buscam compreender as tendências e avanços nesse campo, além de orientar empresas e organizações na adoção das tecnologias mais adequadas para suas estratégias de digitalização de serviços e processos.

Considerações Finais

Neste estudo, buscamos responder à questão de pesquisa: "Quais são as principais tecnologias facilitadoras utilizadas na digitalização da servitização na indústria 4.0?". Com base nos resultados obtidos, podemos afirmar que as tecnologias mais relevantes e amplamente utilizadas para a digitalização da servitização são a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA), ambas com 17,78% de ocorrência nas pesquisas analisadas.

Esses resultados são consistentes com o cenário atual da indústria 4.0, em que a convergência entre a internet das coisas e a inteligência artificial tem desempenhado um papel crucial na transformação digital de processos produtivos e serviços. A IoT possibilita a conexão e comunicação entre dispositivos e máquinas, permitindo a coleta de dados em tempo real e a tomada de decisões mais precisas e rápidas. Por outro lado, a IA oferece capacidades de aprendizado, análise de dados e automação que aprimoram a eficiência e a personalização dos serviços oferecidos.

Além disso, destacamos que a Realidade Aumentada (AR) e o *Big Data Analytics* também são tecnologias significativas com 12,22% de ocorrência cada uma. A AR tem sido cada vez mais adotada para aprimorar a interação do usuário com os serviços, permitindo uma experiência mais imersiva e envolvente. Enquanto o *Big Data Analytics* oferece insights valiosos a partir do processamento e análise de grandes volumes de dados, possibilitando a identificação de padrões e tendências relevantes para aprimorar a tomada de decisões e a oferta de serviços personalizados.

Apesar dos resultados positivos, é importante ressaltar as limitações deste estudo. O recorte de escopo realizado pode ter deixado de fora algumas tecnologias emergentes e importantes para a digitalização da servitização. Além disso, a análise se concentrou apenas nas palavras-chave utilizadas nos artigos selecionados, não contemplando outros aspectos relevantes que poderiam influenciar os resultados.

No que diz respeito às contribuições teóricas, este estudo proporciona uma visão contemporânea das principais tecnologias capacitadoras para a digitalização no contexto da servitização na Indústria 4.0. Essas informações são de grande valor tanto para pesquisadores quanto para profissionais que desejam compreender as tendências nas aplicações das ferramentas que impulsionam o desenvolvimento de novos serviços e abordagens de servitização. No âmbito prático, os resultados têm o potencial de guiar empresas e organizações na definição de suas trajetórias e alocação de recursos em tecnologias mais alinhadas com suas estratégias de digitalização de serviços e aprimoramento de processos.

Para futuros estudos, sugerimos ampliar o escopo de análise para incluir outras tecnologias emergentes, bem como explorar os impactos dessas tecnologias na eficiência operacional, na experiência do cliente e nos modelos de negócios das empresas. Além disso, investigações mais aprofundadas sobre os desafios e as melhores práticas na implementação dessas tecnologias na indústria 4.0 seriam enriquecedoras para a comunidade acadêmica e empresarial.

Referências

- Bonilla, S., Silva, H., Terra Da Silva, M., Franco Gonçalves, R., & Sacomano, J. (2018). **Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges.** *Sustainability*, 10(10), 3740. <https://doi.org/10.3390/su10103740>
- Chen, K.-L., Lassen, A., Li, C., & Möller, C. (2022). **Exploring the value of IoT data as an enabler of the transformation towards servitization: An action design research approach.** *European Journal of Information Systems*, 1–27. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2022.2046515>
- Coreynen, W., Matthyssens, P., Vanderstraeten, J., & Van Witteloostuijn, A. (2020). **Unravelling the internal and external drivers of digital servitization: A dynamic capabilities and contingency perspective on firm strategy.** *Industrial Marketing Management*, 89, 265–277. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.014>
- De La Calle, A., Freije, I., & Oyarbide, A. (2021). **Digital Product–Service Innovation and Sustainability: A Multiple-Case Study in the Capital Goods Industry.** *Sustainability*, 13(11), 6342. <https://doi.org/10.3390/su13116342>
- Feliciano-Cestero, M. M., Ameen, N., Kotabe, M., Paul, J., & Signoret, M. (2023). **Is digital transformation threatened? A systematic literature review of the factors influencing firms' digital transformation and internationalization.** *Journal of Business Research*, 157, 113546. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113546>
- Frank, A. G., Mendes, G. H. S., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). **Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective.** *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 341–351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>



- Gradillas, M., & Thomas, L. D. W. (2023). Distinguishing digitization and digitalization: A systematic review and conceptual framework. *Journal of Product Innovation Management*, jpim.12690. <https://doi.org/10.1111/jpim.12690>
- Kamalaldin, A., Linde, L., Sjödin, D., & Parida, V. (2020). Transforming provider-customer relationships in digital servitization: A relational view on digitalization. *Industrial Marketing Management*, 89, 306–325. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.004>
- Laney, D. (2001). *3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety* [Documents]. STUDYLIB. <https://studylib.net/doc/8647594/3d-data-management--controlling-data-volume--velocity--an...#>
- Lusch, R. F., & Nambisan, S. (2015). Service Innovation: A Service-Dominant Logic Perspective. *Service Innovation: A Service-Dominant Logic Perspective*, 39(1), 155–175. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2015/39.1.07>
- Martín-Peña, M.-L., Sánchez-López, J.-M., & Díaz-Garrido, E. (2019). Servitization and digitalization in manufacturing: The influence on firm performance. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 35(3), 564–574. <https://doi.org/10.1108/JBIM-12-2018-0400>
- Morelli, N. (2003). Product-service systems, a perspective shift for designers: A case study: the design of a telecentre. *Design Studies*, 24(1), 73–99. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(02\)00029-7](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(02)00029-7)
- Okoli, C. (2015). A Guide to Conducting a Standalone Systematic Literature Review. *Communications of the Association for Information Systems*, 37. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.03743>
- Paiola, M., & Gebauer, H. (2020). Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in BtoB manufacturing firms. *Industrial Marketing Management*, 89, 245–264. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.009>
- Paiola, M., Schiavone, F., Grandinetti, R., & Chen, J. (2021). Digital servitization and sustainability through networking: Some evidences from IoT-based business models. *Journal of Business Research*, 132, 507–516. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.047>
- Paiola, M., Schiavone, F., Khvatova, T., & Grandinetti, R. (2021). Prior knowledge, industry 4.0 and digital servitization. An inductive framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 171, 120963. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120963>
- Parida, V., Sjödin, D. R., Lenka, S., & Wincent, J. (2015). Developing Global Service Innovation Capabilities: How Global Manufacturers Address the Challenges of Market Heterogeneity. *Research-Technology Management*, 58(5), 35–44. <https://doi.org/10.5437/08956308X5805360>
- Petticrew, M., & Roberts, H. (Eds.). *Systematic Reviews in the Social Sciences*.
- Sebastian, I. M., Ross, J. W., Beath, C., Mockler, M., Moloney, K. G., & Fonstad, N. O. (2020). How Big Old Companies Navigate Digital Transformation. Em R. D. Galliers, D. E. Leidner, & B. Simeonova (Orgs.), *Strategic Information Management* (5ª ed, p. 133–150). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429286797-6>



- Shen, L., Sun, C., & Ali, M. (2021). **Role of Servitization, Digitalization, and Innovation Performance in Manufacturing Enterprises.** *Sustainability*, 13(17), 9878. <https://doi.org/10.3390/su13179878>
- Sjödin, D., Parida, V., Kohtamäki, M., & Wincent, J. (2020). **An agile co-creation process for digital servitization: A micro-service innovation approach.** *Journal of Business Research*, 112, 478–491. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.009>
- Sjödin, D., Parida, V., Palmié, M., & Wincent, J. (2021). **How AI capabilities enable business model innovation: Scaling AI through co-evolutionary processes and feedback loops.** *Journal of Business Research*, 134, 574–587. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.05.009>
- Sklyar, A., Kowalkowski, C., Sörhammar, D., & Tronvoll, B. (2019). **Resource integration through digitalisation: A service ecosystem perspective.** *Journal of Marketing Management*, 35(11–12), 974–991. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2019.1600572>
- Sklyar, A., Kowalkowski, C., Tronvoll, B., & Sörhammar, D. (2019). **Organizing for digital servitization: A service ecosystem perspective.** *Journal of Business Research*, 104, 450–460. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.02.012>
- Tian, J., Coreynen, W., Matthyssens, P., & Shen, L. (2022). **Platform-based servitization and business model adaptation by established manufacturers.** *Technovation*, 118, 102222. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102222>
- Trček, D. (2022). **E-Government 4.0: Managing APIs as Facilitators for Digital Transformation.** *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 11(1), 1. <https://doi.org/10.36941/ajis-2022-0001>
- Tronvoll, B., Sklyar, A., Sörhammar, D., & Kowalkowski, C. (2020). **Transformational shifts through digital servitization.** *Industrial Marketing Management*, 89, 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.02.005>
- Vandermerwe, S., & Rada, J. (1988). **Servitization of business: Adding value by adding services.** *European Management Journal*, 6(4), 314–324. [https://doi.org/10.1016/0263-2373\(88\)90033-3](https://doi.org/10.1016/0263-2373(88)90033-3)
- Vendrell-Herrero, F., Bustinza, O. F., Parry, G., & Georgantzis, N. (2017). **Servitization, digitization and supply chain interdependency.** *Industrial Marketing Management*, 60, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2016.06.013>
- Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation* (1^o ed, Vol. 1). Harvard Business Press Books.

Submetido em: 05.10.2023

Aceito em: 09.11.2023

APÊNDICE B – ARTIGO 2**EM DESENVOLVIMENTO**

APÊNDICE C – ARTIGO 3

XLIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Reindustrialização no Brasil

Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 22 a 25 de outubro de 2024.

Servitização e Sustentabilidade: A Logística Reversa das Cápsulas de Café na Nespresso como Modelo de Negócio Integrado

Márcio José Padovan de Antônio (Universidade Paulista - UNIP)

Joel Porto Alves (Universidade Paulista - UNIP)

Paula Ferreira da Cruz Correia (Universidade Paulista - UNIP)

Profa. Dra. Ana Lucia Figueiredo Facin (Universidade Paulista - UNIP)

Prof Dr. João Gilberto Mendes dos Reis (Universidade Paulista - UNIP)



Este artigo explora as práticas de logística reversa da Nespresso, focando na gestão sustentável de resíduos de cápsulas de café. A empresa adota a servitização, integrando bens e serviços para enfrentar os desafios ambientais do descarte de cápsulas. O estudo de caso detalha modalidades de devolução de cápsulas usadas, como pontos de coleta físicos, entrega verde e operações corporativas Milk Run.

Utilizando análise e estudo de caso, investigamos a eficiência dessas práticas e seu alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU. As iniciativas da Nespresso incluem a separação mecânica da borra de café e do alumínio, sem uso de água, transformando a borra em adubo e reintegrando o alumínio na cadeia produtiva.

O artigo destaca a eficiência logística e as parcerias estratégicas, como o uso de veículos elétricos e a ampliação da capacidade de reciclagem com o PAC REVERSO dos Correios, que atendem mais de 5.570 municípios. Em 2020, a Nespresso atingiu uma taxa global de reciclagem de 32%, evidenciando seu compromisso com a sustentabilidade.

Os resultados mostram que as práticas sustentáveis da NESPRESSO não apenas reduzem resíduos e economizam recursos, mas também melhoram sua imagem social e competitividade no mercado. Este trabalho oferece insights valiosos sobre a implementação de práticas sustentáveis em modelos de negócios, servindo como referência para outras empresas que buscam integrar sustentabilidade em suas operações.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Encontro, Operações, Sustentáveis, Servitização, Sustentabilidade, Logística Reversa.

1. Introdução

Nos últimos anos, a preocupação com a sustentabilidade ambiental tem se tornado uma pauta central tanto para empresas quanto para consumidores (Kuyts, B.; Koch, C.; Renda, G., 2022). Desse modo, o desenvolvimento de produtos exige das empresas a destinação adequada de embalagens e resíduos após o consumo (Cotrino, A.; Sebastián, M.A.; González-Gaya, C., 2020). No entanto, muitos são os desafios para garantir que esse descarte ou reaproveitamento aconteça de maneira correta e seja economicamente viável.

O reaproveitamento de embalagens é fundamental para a sustentabilidade ambiental, pois reduz resíduos em aterros e a demanda por novos recursos. Empresas que adotam essa prática podem economizar, reduzir seu impacto ecológico e melhorar sua imagem social. Consumidores também percebem benefícios práticos e econômicos, valorizando a higiene, limpeza e durabilidade das embalagens (Souza; Souza, 2021). Muitos dos materiais descartados no Brasil são recicláveis ou com potencial para reutilização (Fensterseifer, et al., 2017).

Um segmento que tem apresentado uma personalização da produção no sentido de oferecer produtos exclusivos com maior valor agregado é a indústria cafeeira. Empresas como Nestlé (NESPRESSO e NESCAFÉ) e Três Corações buscam oferecer aos seus clientes equipamentos que permitam o preparo rápido no momento de consumo, que, no entanto, geram grandes quantidades de resíduos, representados por cápsulas de café utilizadas.

A servitização representa uma mudança de modelo de negócios, em que as organizações deixam de priorizar a venda de mercadorias para implantar uma combinação integrada de bens e serviços (Casagrande; Torkomian, 2021). Embora esse modelo aumente os lucros, o fechamento do ciclo de vida de produção com o descarte adequado das cápsulas se torna um desafio logístico enorme. A gestão responsável desses resíduos tornou-se uma prioridade para essas empresas para manter vivo esse mercado promissor sem gerar no consumidor a sensação de grande agente poluidor.

Diante desse contexto, este artigo analisa, através de um estudo de caso, o fluxo reverso de cápsulas de café da NESPRESSO, considerando as práticas sustentáveis adotadas pela empresa na gestão desses resíduos, destacando sua contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas. Exploram-se as diferentes modalidades de devolução de cápsulas usadas oferecidas pela NESPRESSO, incluindo pontos de coleta físicos, entrega verde e atendimento pós-venda, bem como a operação Milk Run para clientes corporativos.

Este artigo está dividido em seções. Depois desta introdução, a seção 2 apresenta a revisão da

literatura sobre a produção de café e a logística reversa. A seção 3 descreve os procedimentos metodológicos. A seção 4 mostra em detalhes o estudo de caso, enquanto a seção 5 discute sua relação com os ODS. Finalmente, a seção 6 apresenta as considerações finais do artigo.

2. Revisão da Literatura

2.1 A Produção do Café

O café é uma planta arbustiva da família Rubiaceae, que engloba aproximadamente 500 gêneros e mais de 6.000 espécies. Destaca-se o gênero *Coffea* como o mais importante economicamente. O grão é cultivado em países tropicais tanto para consumo interno como para exportação (Clifford & Willson, 1985; ICO, 2020; Schultes, 1986; Souza et al., 2004). Comercialmente são exploradas quatro espécies, sendo que duas delas são responsáveis por 99% da produção mundial: *Coffea arabica*, conhecido como café arábica; *Coffea canephora*, conhecido como café Robusta. As outras espécies exploradas em menor volume são: *Coffea liberica*, conhecido como café libérica e *Coffea dewevrei*, conhecido como café excelsa (Bicho et al., 2011; Clifford & Willson, 1985; ICO, 2020; Martins, 2020; Schultes, 1986; Souza et al., 2004).

A variabilidade inter e intraespecífica é explorada em programas para obtenção de mudas com grande produtividade e resistência às pragas que visam a adaptação do cafeeiro em diferentes condições edafoclimáticas. As espécies exploradas para melhoramentos genéticos são: *Coffea bengalensis* Heyne ex Willd; *Coffea eugenoides* S. Moore; *Coffea stenophylla* G.Don; *Coffea racemosa* Lour; *Coffea congensis* Froenh; *Coffea zanguebariae* Lour e; *Coffea abeokutoe* (Bicho et al., 2011; Charrier, 1976; Rufino, 2006; Severino et al., 2002).

Para o cultivo do café pode-se obter sementes, através do fruto maduro. O fruto precisa ser preparado e esse processo envolve a remoção da casca ou despolpamento, a remoção da mucilagem ou degomagem, lavagem e secagem da semente. A semeadura dessas sementes deve acontecer em até 6 meses após a colheita do fruto ou podem perder a capacidade de germinar. Para que a viabilidade seja conservada por mais tempo, alguns pontos devem ser observados, como a qualidade da semente, a umidade e as condições de armazenamento (Carvalho, 2007; Ferrão, 2012; Martins, 2020). A germinação é lenta e perdura por cerca de três semanas em condições ótimas de temperatura entre 30-32°C (Bicho et al., 2011; Ferrão, 2012).

Além do cultivo através de sementes, pode-se cultivar a planta de café através de mudas. Para isso é preciso que o solo seja arado e haja o espaçamento adequado entre as covas, a terra retirada na abertura das covas recebe adubação e retornando para o solo (Ferrão, 2012; Martins, 2020; Schultes, 1986).

A melhor época para plantio são os meses de chuva onde a umidade do solo propicia o crescimento da muda (EMBRAPA, 2004; Ferrão, 2012). Para atingir a maturidade de produção o cafeeiro leva ao redor de 2 anos. Os meses de seca são os mais recomendados para a colheita. No hemisfério Sul a

colheita principal acontece entre os meses de abril e maio, já no hemisfério Norte a colheita acontece entre os meses de setembro e dezembro e, nos países equatoriais se faz a escolha de concentrar a colheita nos meses de seca já que os frutos podem madurar durante todos o ano (Carvalho, 2007; Ferrão, 2012; Lunz, 2006; Martins, 2020).

Existem diferentes técnicas para a colheita dos grãos, e a escolha se dá devido as condições financeiras do produtor, podendo ser a técnica da derriça, colheita seletiva ou mecânica (Carvalho, 2007; Martins, 2020; Mesquita, 2016). Quando se faz a opção pela técnica manual é possível fazer a colheita seletiva dos frutos, que propicia uma seleção diferenciada dos frutos maduros ou dos ramos mais produtivos da planta (Bicho et al., 2011; Ferrão, 2012; Mesquita, 2016).

Após a colheita do fruto do café, esse deve ser processado através da via seca ou via úmida para obtenção do grão de café ou café verde, como é conhecido comercialmente (Arruda et al., 2011; EMBRAPA, 2004; Santos et al., 2009). É o produtor que decide a forma que vai processar os frutos, sendo a via úmida mais difícil, cara e com maior necessidade de mão de obra e água potável para o transporte em massa dos frutos. Entende-se que todos os tipos de café podem ser processados pelas duas formas apresentadas, porém, habitualmente, o café arábica é processado por via úmida e o café robusta e arábica brasileiro são processados por via seca (Arruda et al., 2011; Santos et al., 2009).

A obtenção de um café de qualidade está relacionada com a colheita de grãos maduros, quanto mais maduros os frutos forem colhidos maior será a qualidade do café. Esses frutos devem ser processados rapidamente para reduzir ataques de pragas e doenças. Além disso, deve-se evitar a chuva, o excesso de umidade prejudica a qualidade do grão (Arruda et al., 2011; EMBRAPA, 2004; Mesquita, 2016).

Realça-se que no processamento por via úmida, normalmente, o café tem maior qualidade resultando em maior preço (Bicho et al., 2011). No processo de via seca os frutos cerejas são secados inteiros o que facilita a proliferação de microrganismos. Já na via úmida, há a exigência de frutos maduros que devem ser processados entre 12 e 24 horas (Bicho et al., 2011; EMBRAPA, 2004; Mesquita, 2016).

As diferenças no início do processamento dos frutos, via seca ou úmida, não interferem nos demais processos, que serão regulares para todos os grãos até a obtenção do café verde (Santos et al., 2009). O beneficiamento dos grãos de café são procedimentos para retirar impurezas e matérias estranhas, descascar, retirar frutos com defeitos e separar os grãos de acordo com seu tamanho (EMBRAPA, 2004; Mesquita, 2016).

2.3 Logística Reversa

A logística reversa é essencial na gestão moderna da cadeia de suprimentos, focando na administração do retorno de produtos, materiais e resíduos do consumidor ao fabricante. Este texto explora os fundamentos da logística reversa, abordando seus aspectos estratégicos e operacionais, além dos conceitos essenciais dos sistemas envolvidos (Xavier; Corrêa, 2013).

Ela abrange todas as atividades relacionadas ao fluxo de produtos após o consumo, visando recuperar valor, promover a reciclagem, reutilização ou descarte adequado. Em contraste com a logística tradicional, que se concentra no deslocamento dos produtos da fonte para o consumidor, na logística reversa, os produtos seguem uma trajetória inversa, retornando do consumidor para o fabricante ou outros pontos na cadeia de suprimentos (Leite, 2009).

2.3.1 Aspectos estratégicos da logística reversa

A logística reversa tem como estratégia atender alguns aspectos>

- **Sustentabilidade:** A logística reversa é uma resposta aos desafios ambientais enfrentados pela sociedade moderna. As empresas buscam minimizar o desperdício e reduzir sua pegada de carbono através da implementação de práticas que promovam a reciclagem, reutilização e recuperação de materiais. Com relação aos negócios que promovem a sustentabilidade, além de promover a educação ambiental estimula que vantagens competitivas sejam criadas e mantidas, uma vez que o gerenciamento ambiental pode implicar custos adicionais (Xavier; Corrêa, 2013)
- **Reputação da marca:** O engajamento em práticas de logística reversa pode fortalecer a reputação da marca, demonstrando compromisso com a responsabilidade ambiental e a preocupação com o bem-estar da sociedade. (Xavier; Corrêa, 2013)
- **Compliance regulatório:** Em muitos setores, a logística reversa é regulamentada por leis e políticas governamentais. As empresas devem estar em conformidade com essas regulamentações para evitar penalidades legais e proteger sua imagem corporativa. (Xavier; Corrêa, 2013)
- **Eficiência econômica:** A logística reversa pode gerar eficiências econômicas significativas, incluindo a redução de custos associados à gestão de resíduos, a recuperação de materiais valiosos e a criação de novas fontes de receita através da venda de produtos reconicionados ou reciclados. (Xavier; Corrêa, 2013)

2.3.2 Aspectos operacionais da logística reversa

Os aspectos operacionais da logística reversa envolvem:

- **Coleta e triagem:** O processo de logística reversa começa com a coleta de produtos devolvidos ou descartados pelos consumidores. Esses produtos são então triados para determinar seu destino final, seja recondicionamento, reciclagem, descarte ou outro método de disposição (Leite, 2009)
- **Transporte reverso:** O transporte eficiente é essencial para o sucesso da logística reversa. As empresas devem estabelecer redes de transporte reverso que maximizem a eficiência e minimizem os custos associados à movimentação de produtos devolvidos. (Leite, 2009)

- **Gestão de estoques:** A gestão de estoques desempenha um papel crucial na logística reversa, garantindo que os produtos devolvidos sejam armazenados e gerenciados de forma eficiente até que possam ser processados ou reintegrados à cadeia de suprimentos. (Xavier; Corrêa, 2013)
- **Reciclagem e recondicionamento:** Muitos produtos devolvidos podem ser reciclados ou recondicionados para uso futuro. As empresas devem desenvolver processos e capacidades para recuperar materiais valiosos e restaurar produtos para venda ou reutilização. (Xavier; Corrêa, 2013)
-

2.3.3. Aspectos conceituais dos sistemas de logística reversa

Os aspectos conceituais da logística reversa são:

- **Rastreabilidade:** A capacidade de rastrear produtos ao longo de toda a cadeia de suprimentos é fundamental para a eficácia da logística reversa. Os sistemas de rastreamento permitem que as empresas identifiquem a origem e o histórico de produtos devolvidos, facilitando sua gestão e processamento. (Xavier; Corrêa, 2013)
- **Parcerias e colaborações:** A logística reversa muitas vezes requer a colaboração entre várias partes interessadas, incluindo fabricantes, varejistas, prestadores de serviços de logística e organizações de reciclagem. Parcerias eficazes são essenciais para o desenvolvimento e implementação de sistemas de logística reversa eficientes e sustentáveis. (Xavier; Corrêa, 2013)
- **Inovação Tecnológica:** A tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante na logística reversa, facilitando o rastreamento de produtos, a automação de processos e a análise de dados para melhorar a eficiência e a tomada de decisões. (Xavier; Corrêa, 2013)

Desse modo, pode-se concluir que a logística reversa é um componente essencial da gestão moderna da cadeia de suprimentos, proporcionando benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos. Ao adotar uma abordagem estratégica e operacionalmente eficiente para a logística reversa e integrar conceitos fundamentais em seus sistemas, as empresas podem promover a sustentabilidade, reduzir custos e fortalecer sua posição competitiva no mercado. (Xavier; Corrêa, 2013)

3. Metodologia

A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, cujo objetivo principal é compreender, conforme descrito por Minayo (2012). O estudo investigou as práticas sustentáveis de gestão de resíduos de cápsulas de café implementadas pela NESPRESSO®, com ênfase nas modalidades de devolução de cápsulas usadas oferecidas pela empresa e seu impacto ambiental. Os processos metodológicos empregados foram divididos em análise documental, entrevistas e estudo de caso.

A análise documental envolveu a revisão de documentos institucionais fornecidos pela NESPRESSO®, como relatórios de sustentabilidade, políticas de gestão de resíduos e registros de

desempenho ambiental. Essa etapa proporcionou uma compreensão abrangente das práticas e iniciativas adotadas pela empresa em relação à gestão de resíduos de cápsulas de café.

As entrevistas semiestruturadas foram conduzidas com representantes da NESPRESSO® envolvidos na implementação e gestão das iniciativas de reciclagem de cápsulas de café. Os entrevistados incluíram membros da equipe responsáveis pela logística de devolução de cápsulas, operação de pontos de coleta e coordenação de programas de reciclagem. As entrevistas permitiram obter *insights* detalhados sobre os processos operacionais, desafios enfrentados e resultados alcançados pelas práticas sustentáveis da empresa.

Um estudo de caso foi realizado para examinar uma ou mais modalidades de devolução de cápsulas usadas oferecidas pela NESPRESSO®, como os pontos de coleta físicos, entrega verde ou operação *Milk Run*. Este estudo de caso incluiu uma análise detalhada dos processos envolvidos, desde a coleta das cápsulas até seu destino final no centro de reciclagem. Foram investigados aspectos como eficiência operacional, impacto ambiental e satisfação do cliente.

Os dados coletados por meio da análise documental, entrevistas e estudo de caso foram submetidos a uma análise qualitativa. Utilizaram-se técnicas de análise de conteúdo para identificar padrões (Rossi; Serralvo; João, 2014) tendências e percepções relevantes relacionados à eficácia e impacto das práticas sustentáveis de gestão de resíduos da NESPRESSO®.

Por meio desses processos metodológicos, a pesquisa buscou obter uma compreensão abrangente das práticas sustentáveis da NESPRESSO® e sua contribuição para a gestão responsável de resíduos de cápsulas de café, bem como para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 das Nações Unidas.

4. Estudo de caso

4.1 A Empresa

A NESPRESSO®, marca líder no mercado de café, oferece uma experiência única aos consumidores com suas cápsulas e máquinas exclusivas. Suas cápsulas são elaboradas com grãos selecionados de várias regiões do mundo, resultando em blends exclusivos de alta qualidade (KLINKE, 2022). As máquinas, projetadas com um design moderno e elevados padrões de qualidade, garantem uma extração precisa do café. Com presença global, a NESPRESSO® é reconhecida por proporcionar uma experiência completa e satisfatória aos seus consumidores, desde a seleção dos grãos até o momento da apreciação do café.

4.2 Máquinas de Café

A NESPRESSO® comercializa uma diversidade de modelos de máquinas, como Krups®, Magimix®, Miele®, Siemens® e DeLonghi®. No entanto, notar-se que grande parte dessas máquinas é fabricada pela Eugster/Frismag, uma empresa suíça de destaque global no segmento de cafeteiras. Embora

sediada em Amriswil, Suíça, a Eugster/Frismag estabeleceu instalações de produção na China, operando sob as marcas Krups®, Turmix®, DeLonghi® e Magimix®. Destaca-se que a DeLonghi® é responsável pela fabricação do modelo Lattissima. É importante salientar que a Eugster/Frismag atua estritamente como fabricante de equipamento original (OEM), não comercializando produtos sob sua própria marca. Foi somente a partir do ano 2000 que a NESPRESSO® iniciou a distribuição de máquinas com a marca NESPRESSO®.

Embora exista uma variedade de modelos, todas as máquinas NESPRESSO® apresentam uniformidade no que se refere à qualidade e ao sabor do café produzido. As distinções entre os modelos residem principalmente em aspectos estéticos e na oferta de funcionalidades adicionais.

4.3 Cápsulas

As cápsulas NESPRESSO® são exclusivamente comercializadas pela própria empresa. Embora o custo por porção possa ser até três vezes superior em comparação com métodos de preparo tradicionais de café, é importante ressaltar que a vedação hermética das cápsulas desempenha um papel crucial na preservação da qualidade sensorial do café ao longo do tempo. Diferentemente do café armazenado em pacotes abertos, a vedação eficaz das cápsulas impede a degradação do aroma, garantindo uma experiência de degustação mais consistente e satisfatória.

A NESPRESSO® tem uma variedade de produtos compreendendo 29 distintas variedades de café gourmet. Esses são elaborados a partir de *blends* de grãos arábica e robusta provenientes de diversas regiões do mundo. Além da linha permanente de produtos, a empresa periodicamente lança edições limitadas, enriquecendo a oferta com histórias, origens e sabores únicos e sazonais.

Cada cápsula NESPRESSO® contém entre 5 a 6 gramas de pó de café, quantidade suficiente para preparar uma xícara da bebida. Importante destacar que a proporção de café presente em cada cápsula pode variar conforme o blend selecionado, resultando em doses que oscilam entre 40 ml, adequadas para um café expresso, e 110 ml, ideais para um longo. É relevante mencionar que tanto o corpo quanto a parte superior perfurada das cápsulas são fabricados em alumínio, um material totalmente reciclável, evidenciando o compromisso da empresa com a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade social.

4.4 Processo

As cápsulas são cuidadosamente vedadas com folha de alumínio, garantindo um ambiente hermeticamente fechado. No início do processo de extração do café, ao se manipular a alavanca do compartimento, a cápsula é submetida à perfuração por meio de agulhas, seja na parte traseira para as cápsulas destinadas a consumidores finais (B2C) ou na parte superior para as cápsulas voltadas a negócios (B2B). Uma vez que a máquina é ativada, água quente em alta pressão, atingindo cerca de 19 bar, é impulsionada pelo sistema, adentrando nos orifícios perfurados pela agulha após a inserção da



cápsula e o subsequente fechamento da alavanca. Esse processo resulta na pressurização que ocasiona a ruptura do lado oposto da cápsula, uma vez que tal parte é constituída de material de menor espessura em comparação com o restante da estrutura. A base da unidade de extração, onde a cápsula é inserida, é dotada de uma série de relevos em forma de quadrados, concebidos para facilitar o rompimento da folha nessas áreas específicas. O café, uma vez preparado, flui da cápsula por intermédio desses orifícios e é direcionado para a xícara por meio de um funil de bico, assegurando um processo de extração eficiente e controlado.

4.5 Impacto Ambiental

As cápsulas de café NESPRESSO, quando descartadas de forma inadequada, geram resíduos de alumínio e borra de café, impactando negativamente o meio ambiente. Segundo Marques (2013), o processo de reciclagem do alumínio demanda apenas até 5% da energia elétrica requerida para sua produção a partir do minério, evidenciando a importância da gestão adequada desses resíduos.

Desde 1991, a NESPRESSO se dedica à reciclagem das cápsulas, assumindo a responsabilidade pela logística reversa em 59 países. Em 2020, a empresa atingiu uma taxa global de reciclagem de 32%, um aumento significativo de 17% em relação a 2014 (REVISTA ALUMÍNIO, 2021). Esse compromisso demonstra a responsabilidade da NESPRESSO com a sustentabilidade ao longo de sua trajetória.

No Brasil, o Programa de Reciclagem da NESPRESSO adota um processo inovador de separação mecânica da borra de café e do alumínio, sem o uso de água. A borra de café é convertida em adubo, enquanto o alumínio é reintegrado à cadeia produtiva, exemplificando a busca da empresa por soluções ambientalmente responsáveis para seus resíduos.

A empresa opera um Centro de Reciclagem na região metropolitana de São Paulo, onde os consumidores podem acompanhar detalhadamente o processo de triagem. Através de visitas ao local ou da visita virtual disponível no site da empresa, os consumidores podem se engajar na iniciativa de reciclagem e compreender a importância do descarte correto das cápsulas.

As cápsulas de café NESPRESSO, compostas por uma mistura de plástico e alumínio, são submetidas ao mesmo processo de separação e destinação no Centro de Reciclagem. Essa abordagem holística demonstra o compromisso da NESPRESSO com a reciclagem de todos os materiais presentes em suas cápsulas.

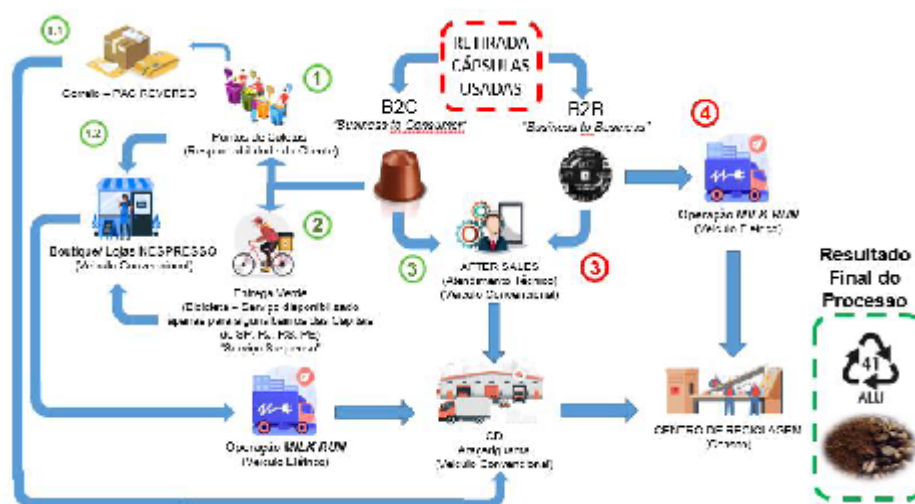
A NESPRESSO demonstra seu compromisso com a sustentabilidade ao investir em soluções inovadoras para a reciclagem de suas cápsulas, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

Através de iniciativas como o Programa de Reciclagem e o Centro de Reciclagem, a empresa demonstra seu papel ativo na construção de um futuro mais sustentável.

4.6 Fluxo de logística reversa das cápsulas usadas

A figura 1 representa o fluxo reverso das cápsulas da NESPRESSO

Figura 1 - Fluxo de logística reversa de cápsulas usadas



Fonte: Elaborada pelos autores

Há dois modelos de cápsulas disponíveis no mercado, um direcionado para o mercado B2C (*Business to Consumer*) e outro para o mercado B2B (*Business to Business*). A distinção entre as cápsulas está relacionada apenas ao seu formato específico para cada tipo de solução, sendo os *blends* de café e o sistema de reciclagem idênticos em ambos os modelos.

Para o segmento B2C existem 3 formas para realizar a devolução das cápsulas usadas sendo através dos (1) pontos de coleta, (2) entrega verde ou (3) atendimento de *After Sale* (Chamado técnico).

4.7 Pontos de coleta

Os consumidores têm duas opções para devolver suas cápsulas usadas: entregá-las pessoalmente nos locais autorizados ou enviá-las pelos Correios (PAC REVERSO). Em ambos os casos, a responsabilidade pela entrega é do consumidor. Os pontos de coleta estão listados no site, junto com as instruções para devolução pelo correio.



4.7.1. Correio® (PAC REVERSO)

No site da NESPRESSO, o cliente recebe todas as orientações sobre como embalar e identificar o pacote a ser despachado pelos Correios®, o qual não pode exceder 30 kg. Após isso, o cliente leva a encomenda ao Posto de Atendimento do Correio mais próximo de seu local para despachá-la. Este pacote já está endereçado ao Centro de Coleta da NESPRESSO e não passa por nenhuma das suas instalações. Esse serviço é totalmente gratuito.

4.7.2. Pontos de coleta

As boutiques e lojas autorizadas da NESPRESSO® funcionam como pontos físicos de coleta de cápsulas. No site da empresa, você pode encontrar a lista de todos os pontos de coleta em todo o Brasil. Nesse sistema, o cliente pode levar suas cápsulas para descarte, sem limite de volume, e não é necessário fazer uma compra para utilizar esse serviço; basta apresentar o pacote ao atendente. Normalmente, as boutiques oferecem sacolas recicláveis próprias para a devolução das cápsulas. As cápsulas são armazenadas em "bombonas" plásticas hermeticamente fechadas e são retiradas semanalmente pela Operação *Milk Run*. Em seguida, são transportadas para o Centro de Distribuição, onde ficarão armazenadas até serem enviadas para o Centro de Reciclagem. Nessa modalidade os pontos aceitam capsula B2B.

4.7.3. Entrega verde

Trata-se de um serviço de entrega de cafés e produtos disponibilizado pelas boutiques da NESPRESSO® em algumas das principais capitais dos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e Pernambuco. A área de abrangência desse serviço é limitada, circunscrevendo-se a aproximadamente 2 km, e as entregas são conduzidas por ciclistas. Durante o processo de entrega, os ciclistas oferecem aos clientes a opção de coleta das cápsulas usadas, as quais são posteriormente transportadas de volta à boutique e inseridas no fluxo normal de recolhimento. Cumpre salientar que, embora esse serviço seja oferecido de forma gratuita, encontra-se temporariamente inativo no momento.

4.8 Pós-Venda (*After sales*)

Este é o Departamento de Assistência Técnica da NESPRESSO, um serviço disponível para os clientes que enfrentam problemas operacionais com seus equipamentos. O serviço pode ser contatado por meio do número 0800, e uma vez relatada a questão, uma visita técnica é agendada para investigar e resolver o problema. Durante a visita, além do reparo do equipamento, o técnico oferece aos clientes o serviço de recolhimento das cápsulas usadas.

Para facilitar o transporte e armazenamento das cápsulas coletadas, os técnicos utilizam um veículo equipado com uma "Bombona" plástica especialmente designada para esse fim. Quando a "Bombona"



atinge sua capacidade máxima de coleta, estabelecida em 30 kg, ela é substituída no centro de distribuição. O técnico entrega a "Bombona" cheia e recebe uma nova em troca, garantindo assim a continuidade do serviço de recolhimento.

No centro de distribuição, as "Bombonas" são devidamente identificadas e armazenadas junto com as demais, aguardando posterior envio para o centro de reciclagem. No contexto do segmento B2B, existem duas modalidades para a devolução das cápsulas usadas: a Operação (4) *Milk Run* e o atendimento de (3) *After Sale* (Chamado técnico), ambos previamente descritos.

4.9 Operação *Milk Run*

A operação *Milk Run* é um serviço estratégico disponibilizado pela NESPRESSO para atender às necessidades específicas de clientes do segmento B2B que apresentam uma demanda significativa de consumo de cápsulas de café. Este serviço se caracteriza pela implementação de uma rota pré-estabelecida e programada de forma semanal para a retirada das cápsulas usadas diretamente nos estabelecimentos dos clientes.

Durante cada rota, os veículos designados para a operação *Milk Run* efetuam a coleta das cápsulas utilizadas, as quais são posteriormente encaminhadas de forma direta e eficiente para o Centro de Reciclagem da NESPRESSO. Essa abordagem sistemática visa otimizar o processo de recolhimento das cápsulas, garantindo uma gestão eficaz dos resíduos e contribuindo para a promoção da sustentabilidade ambiental no contexto corporativo.

4.10 Centro de reciclagem

No decorrer do processo, ocorre a separação mecânica da borra de café do alumínio, o que elimina a necessidade de utilização de água. O alumínio resultante é então direcionado para o processo de reciclagem, contribuindo assim para a preservação dos recursos naturais e para a redução do impacto ambiental associado à extração e produção de novos materiais.

Por outro lado, a borra de café obtida é destinada aos agricultores, os quais a empregam como adubo em cultivos voltados para a produção de alimentos orgânicos. Essa prática não apenas promove a sustentabilidade ambiental ao reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, mas também completa o ciclo de vida do produto, transformando um resíduo em um recurso útil e valorizado dentro da economia circular.

5. NESPRESSO: Sustentabilidade e ODS da ONU

Os pontos de coleta da NESPRESSO em São Paulo desempenham um papel crucial na gestão responsável dos resíduos de cápsulas de café, contribuindo para o progresso dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030.



A rede diversificada de pontos de coleta, incluindo boutiques, lojas autorizadas, ecopontos e cooperativas de catadores, facilita o processo de reciclagem para os consumidores. A parceria com o Programa de Coleta Seletiva (PAC REVERSO) dos Correios® amplia ainda mais a capacidade de reciclagem, com atendimento em mais de 5.570 municípios.

A eficiência logística dos pontos de coleta, com sistema de coleta semanal e uso de veículos elétricos na Operação Milk Run, contribui para a redução das emissões de carbono e para a promoção de práticas de transporte sustentáveis. A iniciativa de entrega verde em determinados bairros da capital, com neutralização das emissões de CO₂, reitera o compromisso da NESPRESSO com a sustentabilidade.

Dessa forma, os pontos de coleta da NESPRESSO, em conjunto com outras iniciativas sustentáveis, não apenas facilitam a reciclagem, mas também promovem práticas de consumo e produção mais responsáveis, alinhadas aos ODS.

6. Considerações finais

O estudo teve como objetivo examinar as práticas sustentáveis de gestão de resíduos da NESPRESSO, relacionado com a responsabilidade ambiental e sua contribuição para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

Por meio de análise documental, entrevistas e estudo de caso, o estudo permitiu revelar a amplitude das iniciativas da empresa na gestão de cápsulas de café. A empresa NESPRESSO demonstra estar comprometida desde a produção até o retorno das cápsulas usadas de café, oferecendo várias opções de devolução, incluindo pontos físicos, serviço de entrega verde e atendimento pós-venda.

A eficiência logística, destacada na Operação *Milk Run*, impulsiona a reciclagem das cápsulas, refletida em uma taxa global de 32% em 2020. (REVISTA ALUMÍNIO, 2021).

Apesar dos avanços, desafios persistem, como a educação ambiental dos consumidores e a busca por soluções inovadoras. No entanto, a NESPRESSO emerge como modelo de empresa comprometida com a sustentabilidade, fortalecendo sua posição como líder no mercado de café e contribuindo para um futuro mais sustentável e resiliente.

Esse estudo demonstrou-se importante, pois possibilitou um entendimento do modelo de negócios de comercialização de cápsulas de café no que tange a preocupação ambiental para retorno das cápsulas usadas que é fundamental para garantir a sobrevivência desse mercado altamente lucrativo.

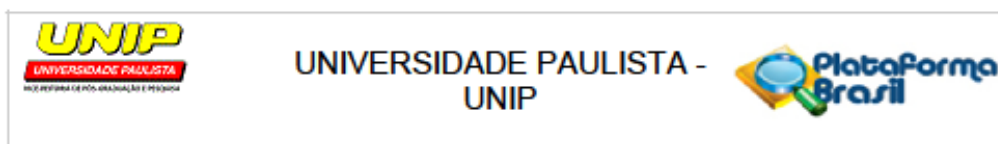
REFERÊNCIAS

- Arruda, N. P., Hovell, A. M. C., Rezende, C. M., Freitas, S. P., Couri, S., & Bizzo, H. R. (2011). Arabica coffee discrimination between maturation stages and post-harvesting processing types, using solid phase microextraction coupled to gas chromatography and principal components analysis. *Química Nova*, 34(5), 819–824. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000500017>
- Bicho, N. da C. C., Oliveira, J. F. S., Lidon, F. J. C., Ramalho, J. C., & Leitão, A. E. (2011). *O café: Origens, Produção, Processamento e Definição de Qualidade* (primeira, Vol. 1). Escolar Editora.
- Casagrande, Diego José; Torkomian, Ana Lúcia Vitale. A servitização e sua influência no processo de difusão das tecnologias de agricultura de precisão na produção canavieira. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 38, n. 2, p. 1 - 14, 15 maio 2021. DOI 10.35977/0104-1096.cct2021.v38.26683. Disponível em: www.embrapa.br/cct. Acesso em: 17 maio 2024.
- Carvalho, C. H. S. (Org.). (2007). *Cultivares de Café*. EMBRAPA. http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Cultivares.pdf
- CORREIOS. Disponível em: <http://www.correios.com.br>. Acesso em 10 de abril de 2024.
- IEA. Data and Statistics. 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/dataandstatistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>. Acesso em: 16/01/2021.
- Charrier, A. (1976). La structure génétique des caféiers spontanés de la région malgache (*Mascarocoffea*): Leurs relations avec les caféiers africains (*Eucoffea*). *ResearchGate*, XX(4), 245–250.
- Clifford, M. N., & Willson, K. C. (Orgs.). (1985). *Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. (American Edition Published by The AVI Publishing Company, INC.). Springer Verlag.
- EMBRAPA. (2004). *Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café* (Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA). EMBRAPA. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/111868/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadocafe.pdf>
- FENSTERSEIFER, Paula; TASSI, Rutinei, CECONI, Denise Ester; ALLASIA, Daniel Gustavo; MINETO, Bruna; CHAMMA, Ana Leticia Sbitkowski; CELANTE, Renata; FENSTERSEIFER, Mauricio Jarutais. Reproveitamento de embalagens TETRA PAK ® como suporte de telhados verdes. 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólido, Curitiba-PR, p.1 – 10, 2017.
- Ferrão, R. G. (2012). TÉCNICAS DE PRODUÇÃO COM VARIEDADES MELHORADAS. *Incapar*, 74p.
- ICO, I. C. O. (2020). *International Coffee Organization—Dados históricos*. http://www.ico.org/pt/new_historical_p.asp
- KLINKE, Angela. A estratégia da Nespresso para retomar seu ecossistema de café. NEOFEED, 2022. Disponível em: < <https://neofeed.com.br/blog/a-estrategia-da-nespresso-para-retomar-seu-ecossistema-particular-de-cafe/> >. Acesso em: 06/05/2024.
- LEITE, P. R. – Logística Reversa: Meio ambiente e competitividade, 2ª edição, São Paulo, Pearson, 2009
- Lunz, A. M. P. (2006). *Creascimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”]. https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-18072006_141012/publico/AurenyLunz.pdf
- Kuys, B.; Koch, C.; Renda, G. The Priority Given to Sustainability by Industrial Designers within an Industry 4.0 Paradigm. *Sustainability* 2022, 14, 76.



- Marques, Fábio Vinicius dos Reis. A produção de alumínio no Brasil. 2013.
- Martins, A. L. (2020). *História do café*. Editora Contexto.
- Mesquita, C. M. (Org.). (2016). *Manual do Café: Colheita e Preparo*. EMATER-MG. http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_colheita_preparo.pdf
- Minayo, Maria Cecília de Souza, Análise qualitativa: teoria, passo e fidedignidade. Ciências & Saúde Coletiva, [S.L], v.17, n. , p. 621-626, 2012.
- ONU (Brasil). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ODS. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 11 abr. 2024.
- REVISTA ALUMÍNIO, Nespresso alcança taxa de 32% na reciclagem global de cápsulas de alumínio , 2021. Disponível em <<https://revistaaluminio.com.br/nespresso-alcanca-taxa-de-32-na-reciclagem-global-de-capsulas-de-aluminio/>> Acesso em: 06/05/2024
- Rufino, J. L. dos S. (2006). *EMBRAPA - Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café Antecedentes, Criação e Evolução*. Embrapa Café. http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Livro_Rufino_PNP&D_Cafe.pdf
- Santos, M. A., Chalfoun, S. M., & Pimenta, C. J. (2009). INFLUÊNCIA DO PROCIEEnSfSüêAncMiaEdNo pTrOocesPsOamRentVo IpAor vUiaMúmIDidAa...E TIPOS DE SECAGEM213 SOBRE A COMPOSIÇÃO, FÍSICO QUÍMICA E QUÍMICA DO CAFÉ (Coffea arabica L). *Ciênc. agrotec.*, 33(1).
- Schultes, R. E. (1986). Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage: M. N. Clifford and K. C. Willson (eds.) Avi Publishing Co., 250 Post Road E, P.O. Box 831, Westport, CT 06881. 1985. *Economic Botany*, 40(4), 305–374. <https://doi.org/10.1007/BF02859653>
- Severino, L. S., Sakiyama, N. S., Pereira, A. A., Miranda, G. V., Zambolim, L., & Barros, U. V. (2002). Eficiência dos descritores de cafeeiros (Coffea arabica L.) na discriminação de linhagens de “Catimor”. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 24(5), 1487–1492. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2410>
- Souza, F. de F., Santos, J. C. F., Costa, J. N. M. C., & Santos, M. M. dos S. (2004). *Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia*. EMBRAPA. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54346/1/Doc93-cafe.pdf>
- XAVIER, L. H.; CORRÊA, L. H. – Sistemas de Logística Reversa: Criando Cadeias de Suprimento Sustentáveis. , São Paulo, Atlas, 2013
- ROSSI, George Bedinelli; SERRALVO, Francisco Antonio; JOÃO , Belmiro Nascimento. ANÁLISE DE CONTEÚDO. REMARK – Revista Brasileira de Marketing, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 39 - 48, 2014.
- SOUZA, Caio Dutra Profirio de; Souza, Cyntia Santos Malaguti de. Percepções de usuários sobre reaproveitamento de embalagens de consumo em âmbito doméstico. IX – ENSUS Encontro sde Sustentabilidade em Projeto, Florianópolis-SC.p. 257 – 268, maio 2021.

ANEXO A – PARECER DA COMISSÃO DE ÉTICA E PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Servitização Digital: Desafios e Oportunidades para a Indústria de Manufatura

Pesquisador: MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 74575923.3.0000.5512

Instituição Proponente: ASSOCIACAO UNIFICADA PAULISTA DE ENSINO RENOVADO OBJETIVO-

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.464.093

Apresentação do Projeto:

O projeto visa identificar desafios e oportunidades da transformação digital para a Indústria de Manufatura

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo é analisar e discutir os desafios e oportunidades da Servitização Digital na indústria manufatureira, analisando ferramentas para a implantação da digitalização na servitização das manufaturas por meio da revisão sistemática da literatura

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

o número de entrevistas é pequeno - 30 profissionais e não permite generalizar os resultados

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

não há

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

adequados

Recomendações:

aumentar o número de entrevistados

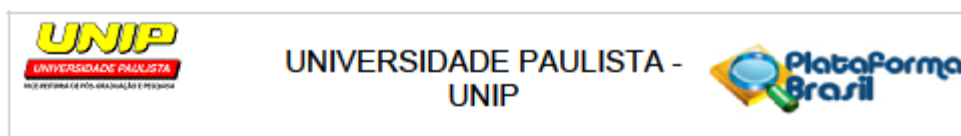
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

não há

Endereço: Rua Dr. Bacelar, 1212 4º andar
Bairro: Vila Clementino
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)5586-4086

CEP: 04.026-002

E-mail: cep@unip.br



Continuação do Parecer: 6.464.093

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais e finais da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciadas pelo CEP, conforme Norma Operacional CNS nr 001/12, item XI.2.d.

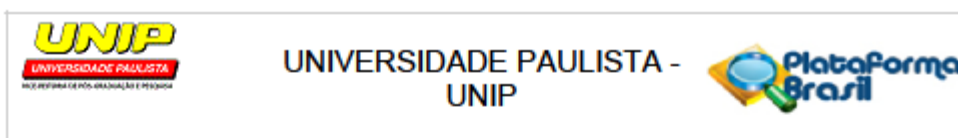
Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2211000.pdf	26/09/2023 16:16:16		Aceito
Declaração de concordância	frm_intencao_de_pesquisa_26_09.pdf	26/09/2023 16:15:41	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_Marcio_J_P_De_Antonio.docx	21/09/2023 16:15:49	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	formulario_termo_de_consentimento_TCLE.docx	21/09/2023 16:13:43	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
Orçamento	frm_orcamento_de_projeto_de_pesquisa_1.pdf	20/09/2023 15:54:59	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	frm_termo_de_autorizacao_para_uso_de_instrumento_de_coleta_de_dados.pdf	20/09/2023 15:39:02	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
Solicitação registrada pelo CEP	frm_carta_de_apresentacao_do_projeto_de_pesquisa.pdf	20/09/2023 15:29:21	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	frm_termo_de_compromisso_do_pesquisador.pdf	20/09/2023 15:23:18	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto_Assinada.pdf	20/09/2023 15:20:13	MARCIO JOSE PADOVAN DE ANTONIO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Rua Dr. Bacelar, 1212 4º andar
 Bairro: Vila Clementino CEP: 04.026-002
 UF: SP Município: SAO PAULO
 Telefone: (11)5586-4086 E-mail: cep@unip.br



Continuação do Parecer: 5.464.093

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 26 de Outubro de 2023

Assinado por:
Bettina Gerken Brasil
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dr. Bacelar, 1212 4º andar
Bairro: Vila Clementino **CEP:** 04.026-002
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)5586-4086 **E-mail:** cep@unip.br