



PRINCIPAIS ÁREAS RELACIONADAS A SUSTENTABILIDADE NA ADOÇÃO DE SISTEMAS PRODUTO SERVIÇO BASEADO EM TECNOLOGIA DE IOT

Categoria do Trabalho – MANUFATURA AVANÇADA - Indústria 4.0 e suas tecnologias habilitadoras (IoT, IIoT, BI, IA, Big Data e Robótica) – Apresentação Oral

Djhullindel Sabrina Berti, ¹ Wictoria Gabriely de Souza Pipino¹, Marcelo Felaço Júnior¹ e Profa. Dra. Vanessa Nappi¹*

¹ Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Centro de Ciências Tecnológicas (CCT), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)

**djhullindel@gmail.com*

RESUMO

Pesquisas destacam a importância reconhecida das tecnologias internet das coisas (IoT) no desenvolvimento de ofertas de sistemas de produto-serviço (PSS) e sua potencial contribuição para a sustentabilidade. Nesse contexto, o objetivo do trabalho consiste em identificar as principais áreas-chave relacionados adoção PSS baseados em tecnologia IoT voltada para a sustentabilidade na literatura. O método de pesquisa adotado consiste em uma revisão estruturada da literatura com três fases: entrada, processamento e saída. Os resultados revelam a análise de 30 artigos científicos publicados entre 2016 e 2024. Os resultados também apontam para as seguintes recorrências de áreas chave como economia circular, digitalização, revisão de modelos de negócio, preditiva, e avaliação de *design*. Em suma, o estudo proporcionou *insights* valiosos para pesquisas futuras, ressaltando a importância de promover práticas sustentáveis e inovadoras para enfrentar os desafios atuais e futuros.

Palavras-chave: sustentabilidade, sistema produto-serviço (PSS); internet das coisas (IoT); revisão da literatura.



INTRODUÇÃO

A conquista de um futuro sustentável é uma das maiores principais preocupações da humanidade neste século (DE MORAIS et al., 2023; UNRUH et al., 2016). A busca por consumo e produção sustentáveis é tão relevante hoje em dia que as Nações Unidas a elegeram como um dos seus objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) (UNRUH et al., 2016). Neste contexto, a tecnologia desempenha um papel fundamental na busca por soluções inovadoras no desenvolvimento de processos e produtos que conduzem a padrões sustentáveis de consumo e produção (KHATUA et al., 2020). Dessa forma, novas tecnologias podem contribuir para um melhor desempenho nas dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade (KALISH et al., 2018).

Um conceito que merece destaque são as novas tecnologias conhecidas como internet das coisas (IoT, pela sigla em inglês “*internet of things*”) (JABBOUR; SANTOS, 2008). A IoT pode ser entendida uma tecnologia que conecta diversos dispositivos, indivíduos, informações e procedimentos, permitindo uma comunicação integrada entre eles (GUBBI et al., 2013). A IoT tem o potencial de aprimorar uma variedade de processos e produtos, tornando-os mais mensuráveis e quantificáveis, à medida que coleta e processa grandes volumes de dados (GUBBI et al., 2013). Isso possibilita uma maior disponibilização de dados e informações para a tomada de decisão, o que pode contribuir para decisões voltadas para produtos e processos produtivos mais sustentáveis, mediante melhorias na eficiência de máquinas e equipamentos e redução de impacto ambiental (DE MORAIS et al., 2023; KHATUA et al., 2020; SASSANELLI et al., 2022).

Neste contexto, pesquisas destacam a importância reconhecida das tecnologias IoT no domínio da servitização, particularmente no desenvolvimento de ofertas de sistemas de produto-serviço (PSS) e sua potencial contribuição para a sustentabilidade (SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014; ZAMBETTI et al., 2023). Diversos autores definem PSS a oferta combinada de produtos e serviços, desde sua concepção, aumentam o valor de uso enquanto minimizam os impactos ambientais (BEUREN et al., 2014; MANZINI; VEZZOLI, 2003).



No entanto, estudos revelam que a caracterização de PSS baseados em tecnologia IoT ainda é pouco explorada e fornece suporte limitado para a sua adoção (DE MORAIS et al., 2023; FRANK et al., 2019; NAPPI; CAUCHIK-MIGUEL; ZOMER, 2023), especialmente no diz respeito a sustentabilidade (KHATUA et al., 2020). Dentre desse cenário, o objetivo deste trabalho consiste em identificar as principais áreas-chave relacionados adoção PSS baseados em tecnologia IoT voltada para a sustentabilidade na literatura. Dessa forma, é possível contribuir para uma disseminação mais ampla da adoção PSS baseados em tecnologia IoT direcionados para a sustentabilidade.

METODOLOGIA

Embora a literatura sobre a adoção de PSS baseados em tecnologia IoT ainda esteja em estágios iniciais de desenvolvimento (ZAMBETTI et al., 2020, 2023), a identificação das principais áreas-chave relacionadas à adoção de PSS baseados em tecnologia IoT voltada para a sustentabilidade pode contribuir para estudos futuros. Este trabalho possui, portanto, um caráter exploratório, e seu método de pesquisa adotado consiste em uma revisão estruturada da literatura, com o objetivo de estabelecer o embasamento teórico inicial sobre o tema.

A revisão estruturada da literatura é um método de pesquisa organizado que permite aos pesquisadores identificarem pesquisas publicadas sobre o objeto de estudo com base em determinados critérios. Seu objetivo é desenhar o “estado da arte” do tema por meio da coleta, análise e síntese de artigos científicos relevantes (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

O Quadro 1 resume os passos desenvolvidos nesse trabalho. Os passos adotados seguem a metodologia de (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011) que se relacionam com três fases: entrada, processamento e saída. Foram estabelecidos critérios de inclusão, e a pesquisa foi realizada na plataforma Scopus, seguindo um cronograma definido. Durante a fase de processamento, os resultados foram analisados de forma iterativa. Na fase de saída, alertas foram configurados em periódicos relevantes, os artigos foram arquivados e gerenciados no *Mendeley*. Um resumo quantitativo é apresentado aqui, juntamente com uma representação das áreas-chave elaborada por meio da aplicação de um processador de nuvem de palavras.



Quadro 1. Síntese dos passos da revisão bibliográfica estruturada.

FASE 1 ENTRADA	
ETAPA 1.1 Objetivos - Estabelecer objetivos alinhados com o projeto de pesquisa e claros.	Identificar as principais áreas-chave relacionados adoção PSS baseados em tecnologia IoT voltada para a sustentabilidade na literatura.
ETAPA 1.2 Fontes primárias - Identificar fontes relevantes, como artigos e bases de dados.	Referências relevantes preliminares: (FRANK et al., 2019; NAPPI; CAUCHICK-MIGUEL; ZOMER, 2023; ZANCUL et al., 2016).
ETAPA 1.4 Strings de busca - Criar <i>strings</i> de busca com palavras-chave pertinentes.	((("PSS" OR "IPS2" OR "PSI" OR "product-service systems" OR "product service systems" OR "servitization" OR "product-service integration") AND ("IoT" OR "internet of things") AND (sustain* OR "circular economy"))))
ETAPA 1.5 Critérios de inclusão - Definir critérios para selecionar artigos.	1. Leitura do título e verificar se faz referência a PSS, IoT e Sustainability; 2. Verificar se o texto do artigo está em inglês, espanhol ou português; 3. Leitura do abstract e verificar se faz referência a PSS e IoT; 4. Ler introdução e conclusão e verificar menção a dados ("Sustainability" OR "Circular economy") 5. Leitura total do artigo.
ETAPA 1.7 Método e ferramentas - Planejar a metodologia de busca e utilização de ferramentas.	Plataforma de busca eletrônica Scopus.
ETAPA 1.8 Cronograma - Definir um cronograma para a condução da revisão.	Início em novembro 2023 e término em março de 2024.
FASE 2 PROCESSAMENTO	
Compreende iterativos para buscar, analisar e documentar os resultados da pesquisa.	Resultados inicial de busca na Scopus (n=222), aplicação intermediária dos filtros (n=73) e amostra resultante (n=30).
FASE 3 SAÍDA	
ETAPA 3.1 Alertas - Inserir alertas nos principais periódicos identificados para acompanhar futuras publicações.	A pesquisa foi salva na plataforma Scopus e o alerta foi configurado para notificar novos artigos.
ETAPA 3.2 Cadastro e arquivo - Arquivar e gerenciar os artigos selecionados.	Os metadados dos artigos selecionados foram exportados e tratados no Excel e artigos no gerenciador de referências <i>Mendeley</i> .
ETAPA 3.3 Síntese e resultados - Elaborar um relatório resumindo o conhecimento da revisão.	Os resultados bibliométricos e de conteúdo são sintetizados na próxima seção.
ETAPA 3.4 Modelos teóricos - Construir modelos teóricos com base nos resultados da revisão	Os resultados referentes das áreas-chaves definidos segundo a frequência das Keywords dos artigos selecionados.

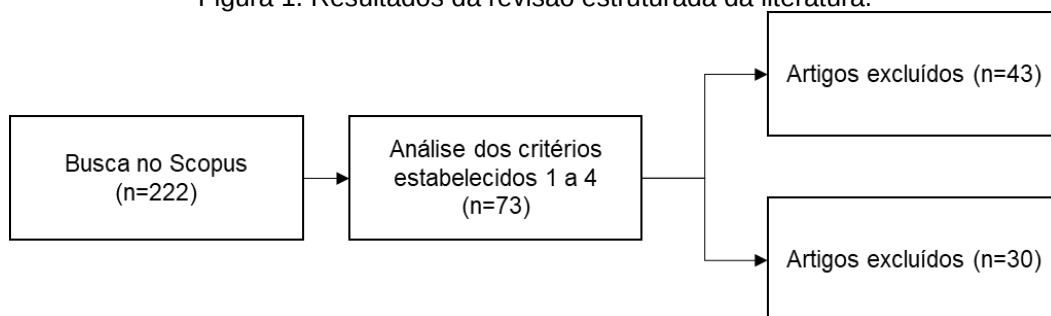
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão estruturada da literatura identificou uma amostra inicial de 222 publicações, que foi reduzida para 73 após uma seleção preliminar, aplicando critérios de 1 a 4. Posteriormente, após a aplicação do critério 5 de inclusão citado na seção de “Metodologia”, foram selecionados 30 artigos, conforme ilustrado na Figura 1.

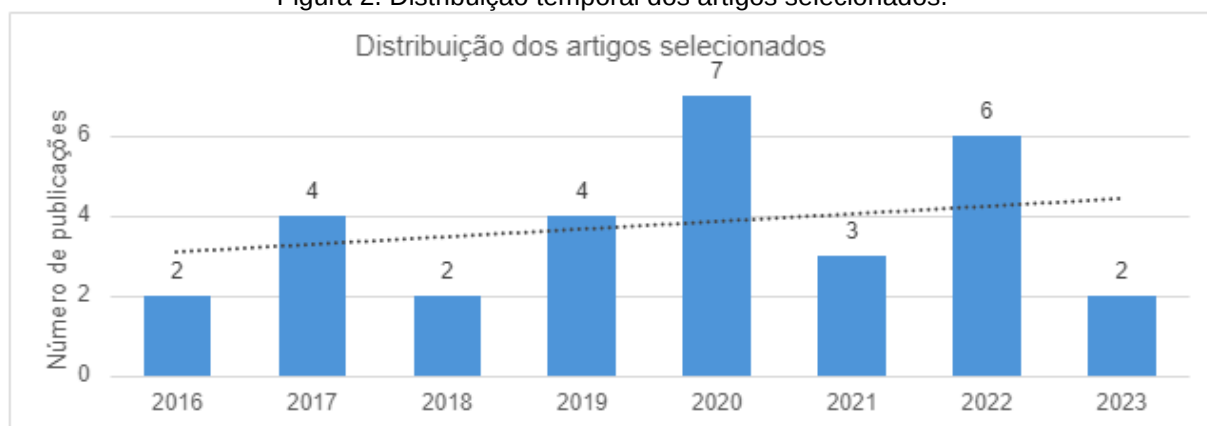
Figura 1. Resultados da revisão estruturada da literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A distribuição temporal dos artigos selecionados pode ser visualizada na Figura 2. Observa-se que o primeiro artigo selecionado data de 2016, apesar de existirem estudos sobre IoT e PSS, em campos de pesquisa distintos, desde 1999 (BEUREN et al., 2014). Além disso, nota-se uma leve tendência de crescimento ao longo dos anos apresentados, o ano de 2020 com maior número de publicações.

Figura 2. Distribuição temporal dos artigos selecionados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A revisão estruturada da literatura realizada destacou a recorrência de termos-chave como economia circular, digitalização, revisão de modelos de negócio, preditiva, e avaliação de *design*.



A economia circular um conceito que visa repensar o ciclo de produção e consumo para minimizar resíduos e maximizar recursos; já a digitalização, que representa a integração crescente de tecnologias digitais em diversos aspectos da sociedade e da economia. A manutenção preditiva, uma abordagem avançada que utiliza dados e análises para prever falhas em equipamentos e evitar interrupções não planejadas. Por fim, avaliação de *design*, essencial para garantir a eficácia e a sustentabilidade de produtos e processos. Essas áreas emergentes destacam-se como áreas possíveis para novas pesquisas e para a prática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão estruturada da literatura permitiu a identificação das principais áreas relacionadas à adoção de PSS baseados em IoT voltados para a sustentabilidade, através da análise de 30 artigos publicados entre 2016 e 2023. Dentre essas áreas, destacam-se a fonte de dados, visibilidade de dados, mecanismo de resposta e propriedade da decisão.

Essas características são cruciais tanto para a adoção de tecnologias de IoT no desenvolvimento de modelos de negócios de PSS na indústria quanto para futuros estudos no campo emergente da servitização digital, dada a relativa novidade da literatura nessa área. Recomenda-se, portanto, que pesquisas futuras enfatizem o desenvolvimento de um framework que incorpore essas características e explore sua relação com os processos necessários para a integração da tecnologia de IoT na adoção de modelos de negócios de PSS.

REFERÊNCIAS

BEUREN, Fernanda Hansch; FERREIRA, Marcelo Gitirana; ZANCUL, Eduardo de Senzi; CAUCHICK-MIGUEL, Paulo A. Análise de conteúdo de publicações em sistemas produto-serviço. **Produção Online**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 31–57, 2014.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, Sérgio Luis Da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. *Em*: 8 CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - CBGDP 2011 2011, **Anais** [...]. [s.l: s.n.] p. 1–12.

DE MORAIS, Amanda; A. CAUCHIK-MIGUEL, Paulo; NAPPI, Vanessa; ZOMER, Thayla Tavares de Souza; MENDES, Glauco Henrique de Souza. Servitização no contexto de energia eólica e hidráulica no Brasil. *Em*: XXX SIMPEP 2023, Bauru. **Anais** [...]. Bauru p. 1–17.



FRANK, Alejandro G.; MENDES, Glauco H. S.; AYALA, Néstor F.; GHEZZI, Antonio. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 141, n. July 2018, p. 341–351, 2019. DOI: 10.1016/j.techfore.2019.01.014.

GUBBI, Jayavardhana; BUYYA, Rajkumar; MARUSIC, Slaven; PALANISWAMI, Marimuthu. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, [S. l.], v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013. DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta; SANTOS, Fernando César Almada. The central role of human resource management in the search for sustainable organizations. **The International Journal of Human Resource Management**, [S. l.], v. 19, n. 12, p. 2133–2154, 2008. DOI: 10.1080/09585190802479389.

KALISH, Debbie; BUREK, Susan; COSTELLO, Amy; SCHWARTZ, Lawrence; TAYLOR, John. Integrating Sustainability into New Product Development. **Research Technology Management**, [S. l.], v. 61, n. 2, p. 37–46, 2018. DOI: 10.1080/08956308.2018.1421379. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1421379>.

KHATUA, Pradeep K.; RAMACHANDARAMURTHY, Vigna K.; KASINATHAN, Padmanathan; YONG, Jia Ying; PASUPULETI, Jagadeesh; RAJAGOPALAN, Arul. Application and assessment of internet of things toward the sustainability of energy systems: Challenges and issues. **Sustainable Cities and Society**, [S. l.], v. 53, p. 1–12, 2020. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101957.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. A strategic design approach to develop sustainable product service systems: Examples taken from the “environmentally friendly innovation” Italian prize. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 11, n. 8 SPEC., p. 851–857, 2003. DOI: 10.1016/S0959-6526(02)00153-1.

NAPPI, Vanessa; CAUCHICK-MIGUEL, Paulo A.; ZOMER, Thayla Tavares de Souza. Proposta de um framework para caracterizar sistemas produto-serviço baseado em tecnologia de IoT. *Em: TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E GESTÃO DE OPERAÇÕES: DESAFIOS E TENDÊNCIAS 2023*, Bauru. **Anais [...]**. Bauru p. 1–17.

NAPPI, Vanessa; CAUCHIK-MIGUEL, Paulo A.; ZOMER, Thayla Tavares de Souza. PROPOSTA DE UM FRAMEWORK PARA CARACTERIZAR SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO BASEADO EM TECNOLOGIA DE IoT. *Em: 2023*, **Anais [...]**. [s.l: s.n.]

SASSANELLI, Claudio; ARRIGA, Tiziano; ZANIN, Stefano; ADAMO, Idiano D.; TERZI, Sergio. Industry 4.0 Driven Result-oriented PSS: An Assessment in the Energy Management. **International Journal of Energy Economics and Policy**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 186–203, 2022. DOI: 10.32479/ijeep.13313.

SHROUF, F.; ORDIERES, J.; MIRAGLIOTTA, G. Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *Em: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON*



INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT 2014, **Anais** [...]. [s.l: s.n.] p. 697–701. DOI: 10.1109/IEEM.2014.7058728.

UNRUH, G.; KIRON, D.; KRUSCHWITZ, N.; REEVES, M.; RUBEL, H.; FELDE, A. M. Zum. **Investing for a sustainable future** **MIS Sloan Management Review**. [s.l: s.n.].

ZAMBETTI, Michela; ADRODEGARI, Federico; PEZZOTTA, Giuditta; PINTO, Roberto; RAPACCINI, Mario; BARBIERI, Cosimo. From data to value: conceptualising data-driven product service system. **Production Planning and Control**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 1–17, 2023. DOI: 10.1080/09537287.2021.1903113.

ZAMBETTI, Michela; ADRODEGARI, Federico; PEZZOTTA, Giuditta; PINTO, Roberto; SACCANI, Nicola. Understanding data-driven product service system characteristics: A conceptual framework for manufacturing applications. *Em: PROCEEDINGS OF THE SUMMER SCHOOL FRANCESCO TURCO, BERGAMO 2020*, **Anais** [...]. [s.l: s.n.]

ZANCUL, Eduardo de Senzi; TAKEY, Silvia M.; BARQUET, Ana Paula Bezerra; KUWABARA, Leonardo Heiji; CAUCHICK MIGUEL, Paulo A.; ROZENFELD, Henrique. Business process support for IoT based product-service systems (PSS). **Business Process Management Journal**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 305–323, 2016. DOI: 10.1108/BPMJ-05-2015-0078.