



DIMENSÃO DE DADOS NA ADOÇÃO DE PSS BASEADOS EM IOT: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

WICTORIA GABRIELY DE SOUZA PIPINO - wictoria.gdsp@edu.udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

LAÍS LIMA NEUENHAUS HOSTINS - lais.hostins23@edu.udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

VANESSA NAPPI - v.nappi@udesc.br
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

PAULO A. CAUCHICK-MIGUEL - paulo.cauchick@ufsc.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

ÁREA: 5. ENGENHARIA DO PRODUTO

SUBÁREA: 5.2 - PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

RESUMO: AS TECNOLOGIAS BASEADAS NA INTERNET DAS COISAS (IOT) ESTÃO SE DESTACANDO NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO (PSS). PORÉM, ESTUDOS MOSTRAM QUE A DIMENSÃO DE DADOS AINDA É POUCO EXPLORADA PARA APOIAR A ADOÇÃO DESSES SISTEMAS NA INDÚSTRIA. ESTE TRABALHO VISA FORNECER UM PANORAMA INICIAL, IDENTIFICANDO AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS À DIMENSÃO DOS DADOS NA ADOÇÃO DE PSS BASEADOS EM IOT NA LITERATURA A FIM DE APOIAR A CONSTRUÇÃO DE UM FRAMEWORK CONCEITUAL SUBSEQUENTE. PARA ISSO, FOI REALIZADA UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA (RBS). A ANÁLISE ABRANGEU 32 ARTIGOS CIENTÍFICOS PUBLICADOS ENTRE 2013 E 2024. OS RESULTADOS DESTACAM AS SEGUINTE CARACTERÍSTICAS: FONTE DE DADOS, VISIBILIDADE DOS DADOS, MECANISMO DE RESPOSTA E PROPRIEDADE DA DECISÃO. FONTE DE DADOS COMPREENDE CARACTERÍSTICAS REFERENTES A DADOS RELACIONADOS AOS COMPONENTES FÍSICOS DO PSS, OPERAÇÕES, EMPRESA E CONTEXTO. A VISIBILIDADE DOS DADOS ABRANGE SOMENTE CLIENTE, CLIENTE E PROVEDOR DE PSS, E CLIENTE, PROVEDOR DE PSS E TERCEIROS. QUANTO A CARACTERÍSTICA DE MECANISMO DE RESPOSTA, ESTA PODE SER AUTÔNOMA, SEMIAUTÔNOMA OU DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO. POR FIM, A PROPRIEDADE DA DECISÃO PODE ESTAR RELACIONADA AO PRÓPRIO PRODUTO, CLIENTE, PROVEDOR DE PSS OU TERCEIROS. A IDENTIFICAÇÃO DESSAS CARACTERÍSTICAS PROPORCIONA UMA ESTRUTURA INICIAL QUE PODE APOIAR FUTURAS PESQUISAS, ASSIM COMO OFERECER INSIGHTS PRÁTICOS PARA ORIENTAR O DESENVOLVIMENTO DE OFERTAS DE PSS BASEADO EM IOT.

PALAVRAS-CHAVES: SISTEMA PRODUTO-SERVIÇO; INTERNET DAS COISAS; IOT; REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA; DADOS.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a produção em grande escala tem se destacado como uma tendência notável, impactando diversos setores em todo o mundo (MINANI *et al.*, 2024). Esse aumento na produção industrial está intrinsecamente relacionado à globalização, que desempenha um papel fundamental na expansão das operações de produção (BABICEANU; SEKER, 2016). Nesse contexto, as empresas um novo desafio: garantir sua sobrevivência no mercado requer uma revisão de seus modelos de negócios, promovendo uma transição na configuração de oferta de produtos e consumo em direção à desmaterialização (ZAMBETTI *et al.*, 2023). Nesse sentido, os sistemas produto-serviço (PSS) representam uma inovação nos modelos de negócios e uma nova forma de redefinir como as empresas entregam valor aos clientes, rumo a servitização. Essa abordagem vai além da venda tradicional de produtos físicos, envolvendo uma oferta de soluções que combinam produtos e serviços para atender às necessidades dos clientes de maneira mais eficiente e sustentável (BEUREN *et al.*, 2014; FRANK *et al.*, 2019).

Em paralelo a esse contexto, a revolução digital e as inovações tecnológicas também possuem um impacto significativo nas mudanças nos padrões de produção e consumo (AMMIRATO *et al.*, 2019). A automação industrial, as tecnologias de sensoriamento, a inteligência artificial e, especialmente, a internet das coisas (IoT, pela sigla em inglês “*internet of things*”) estão transformando a maneira como as empresas produzem produtos e serviços, tornando os processos mais eficientes e conectados (GUBBI *et al.*, 2013; SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014). Essas tecnologias baseadas em IoT estão cada vez mais relevantes na indústria, tanto para novas empresas quanto para aquelas já estabelecidas, que precisam passar por transformações significativas em seu modelo de negócios e processos de produção para manter sua competitividade (AMMIRATO *et al.*, 2019).

Nesse sentido, pesquisas recentes indicam que a adoção de PSS baseado tecnologias IoT está se tornando um fator crítico de sucesso as empresas manterem sua competitividade no mercado (MINANI *et al.*, 2024; SASSANELLI *et al.*, 2022). Embora a importância das tecnologias de IoT no desenvolvimento de ofertas PSS seja reconhecida na literatura, diversos estudos apontam que a necessidade de pesquisas para apoiar a sua adoção na indústria (FRANK *et al.*, 2019; NAPPI; CAUCHICK-MIGUEL; ZOMER, 2023). Em particular, as características relacionadas a dimensão de dados precisam ser melhor compreendidas (ZAMBETTI *et al.*, 2023). Isso porque cada vez mais ofertas de PSS incorporam em sua proposta a coleta e uso de dados (AMMIRATO *et al.*, 2019; ZANCUL *et al.*, 2016).

Dentre desse contexto, o objetivo desse trabalho consiste em fornecer um panorama inicial por meio da identificação das principais características relacionadas a dimensão de dados na adoção PSS baseados em tecnologia de IoT na literatura, com o propósito de apoiar a construção de um *framework* conceitual posterior. Este trabalho se justifica pela lacuna existente na literatura sobre caracterização da dimensão dados de PSS baseados em tecnologia de IoT, em meio a crescente presença da servitização no cenário industrial atual (NAPPI; CAUCHICK-MIGUEL; ZOMER, 2023; SASSANELLI *et al.*, 2022; ZAMBETTI *et al.*, 2023).

Este trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta a revisão da literatura enquanto a Seção 3 descreve o método de pesquisa. Já a Seção 4 descreve os resultados da caracterização da dimensão de dados. A Seção 5, por sua vez, apresenta a discussão breve das implicações enquanto que a Seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.** finaliza com as conclusões, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A servitização se refere ao processo de transformação de modelos de negócios centrados em produtos físicos para modelos orientados a serviços (BAINES; LIGHTFOOT, 2013). O PSS resulta desse processo, oferecendo pacotes de produtos e serviços integrados que atendem às necessidades dos clientes de maneira mais eficiente, muitas vezes com menor impacto ambiental (MANZINI; VEZZOLI, 2003; TUKKER; TISCHNER, 2006). Essa abordagem traz benefícios estratégicos para as empresas, como a geração de novas fontes de receita com serviços adicionais, a diferenciação no mercado com soluções integradas que fidelizam clientes, a redução do impacto ambiental, entre outras (FRANK *et al.*, 2019; ZANCUL *et al.*, 2016).

Ofertas de PSS cada vez mais utilizam a coleta e uso de dados por meio do monitoramento na fase de uso e maior interação com os clientes (ZAMBETTI *et al.*, 2023). Esses dados são importantes para identificar oportunidades de melhoria do produto e do sistema PSS, beneficiando tanto os clientes quanto os provedores (AMMIRATO *et al.*, 2019). Com o aumento do volume de dados, é necessário que as empresas adotem processos contínuos de coleta, análise e interpretação de dados, o que pode implicar no redesenho de processos como precificação e criação de processos facilitados por tecnologias IoT (ZAMBETTI *et al.*, 2023; ZANCUL *et al.*, 2016).

A IoT, por sua vez, representa um novo paradigma onde objetos com identificação por radiofrequência (RFID), sensores e atuadores interagem para alcançar objetivos comuns

(GUBBI *et al.*, 2013). A IoT é definida como uma rede mundial de objetos interconectados, baseada em protocolos de comunicação padrão (BABICEANU; SEKER, 2016; GUBBI *et al.*, 2013). Essas tecnologias permitem a captura, armazenamento, análise e visualização de dados, gerando informações relevantes para a oferta de produtos e serviços (AMMIRATO *et al.*, 2019; SHROUF; ORDIERES; MIRAGLIOTTA, 2014). Transformar grandes volumes de dados em conhecimento útil é essencial para gerar valor com IoT (ZAMBETTI *et al.*, 2023). Tecnologias relacionadas à IoT incluem *hardware*, processamento de sinais, *software*, algoritmos, computação em nuvem, gestão de redes, assim como sistemas para armazenamento de energia e segurança e privacidade (BABICEANU; SEKER, 2016; GUBBI *et al.*, 2013).

A dimensão de dados é relevante no processo de desenvolvimento de novas ofertas de PSS, contribuindo para a inovação (AMMIRATO *et al.*, 2019; FRANK *et al.*, 2019). Ela possui o potencial de melhorar serviços existentes integrados no PSS e possibilita novos, embora a compreensão geral do papel da dimensão de dados na criação de valor ainda seja limitada na literatura (CENAMOR; RÖNNBERG SJÖDIN; PARIDA, 2017). Estudos anteriores, por exemplo Rymaszewska, Helo e Gunasekaran (2017) exploraram como soluções baseadas em IoT podem servir como ferramentas para construir os novas ofertas de PSS. Já Ammirato *et al.* (2019) propuseram uma metodologia para orientar projetos de IoT em determinados segmentos de serviços voltados para segurança. Sassanelli *et al.* (2022), por sua vez, apresentaram um modelo que viabiliza PSS orientado a resultados para gestão energética de edificações, por meio de sistemas ciberfísicos, inteligência artificial e adoção da IoT. Zambetti *et al.* (2023) desenvolveram um *framework* hierárquico para PSS no contexto de *business to business* (B2B). Apesar desses estudos, as características relacionadas à dimensão de dados na literatura precisam ser identificadas para avançar na evolução da pesquisa de PSS (KARTTUNEN *et al.*, 2023; MINANI *et al.*, 2024).

3. MÉTODO DE PESQUISA

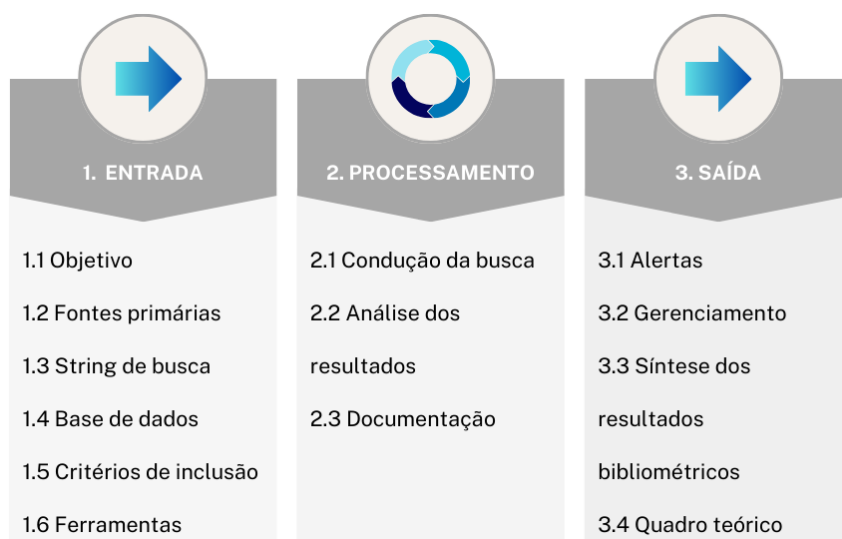
A literatura acerca de PSS baseado em tecnologia de IoT está crescendo nos últimos anos, porém ainda em seus estágios iniciais de desenvolvimento (AMMIRATO *et al.*, 2019; ZAMBETTI *et al.*, 2023). Nesse sentido, o presente trabalho tem como propósito proporcionar uma melhor compreensão das características relacionadas com a dimensão de dados de PSS baseado em tecnologia de IoT. Para isso, o método de pesquisa adotado consiste em uma revisão

bibliográfica sistemática (RBS) visando estabelecer o embasamento teórico inicial para a construção de um *framework* conceitual.

A RBS consiste em um método de pesquisa que envolve uma série de passos sistemáticos para permitir pesquisadores identificar de forma organizada pesquisas publicadas sobre o objeto de estudo (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003). Dessa forma, é possível mapear o estado da arte, elaborando um embasamento teórico-científico do objeto em estudo por meio da identificação, coleta, análise e síntese de artigos científicos produzidos no campo de pesquisa estudo (BIOLCHINI *et al.*, 2005).

Os passos adotados no trabalho seguem aqueles propostos por (BRERETON *et al.*, 2007; CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011) que compreendem três fases, conforme ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1 - Representação das atividades metodológicas da RBS.



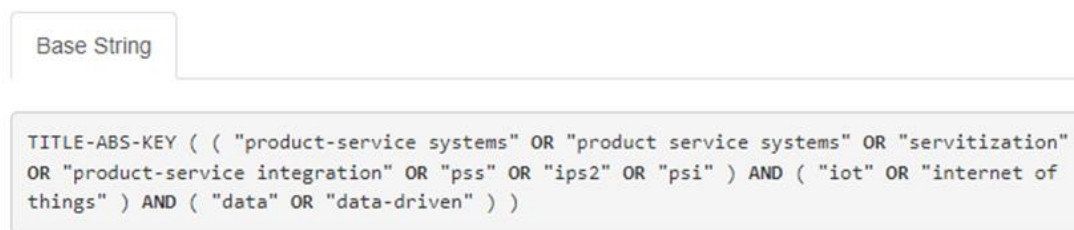
Fonte: Adaptado de (BRERETON *et al.*, 2007; CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011).

Na Fase 1, denominada “Entrada”, o primeiro passo consiste em estabelecer o objetivo da pesquisa, que corresponde à identificação das principais características relacionadas à dimensão de dados de PSS baseados em tecnologia de IoT na literatura. O segundo passo refere-se à identificação das fontes primárias relevantes iniciais, tal como artigos científicos para dar suporte ao desenvolvimento dos próximos passos. Referências preliminares relevantes para o presente estudo incluem trabalhos de (FRANK *et al.*, 2019; NAPPI; CAUCHICK-MIGUEL; ZOMER, 2023; ZANCUL *et al.*, 2016). O terceiro passo envolve a definição da *string* de termos de pesquisa para realizar a busca na base de dados de literatura científica. Para a presente pesquisa, a *string* de busca utiliza as palavras-chave “PSS” e “IoT” e seus sinônimos, como

termos limitantes “data” e “data-driven” conforme ilustrado na FIGURA 2. Na sequência, no passo quatro, a Scopus foi selecionada por ser a maior base de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares.

Ainda na Fase 1, o quinto passo envolve a definição de critérios de inclusão para a seleção de artigos para a sua leitura completa. Os critérios desse trabalho compreendem: (i) leitura do título para verificar se faz referência a PSS e IoT no contexto da pesquisa; (ii) verificação se o texto do artigo está em inglês; (iii) leitura do resumo para confirmar referência a PSS e IoT; (iii) leitura da introdução e conclusão para verificar menção a dados (usando termos como “data” ou “data-driven”). O sexto passo envolve a definição da plataforma online Parsif.al para apoiar a condução da RBS e o gerenciador de referências Mendeley para armazenar os artigos científicos selecionados como ferramentas de apoio.

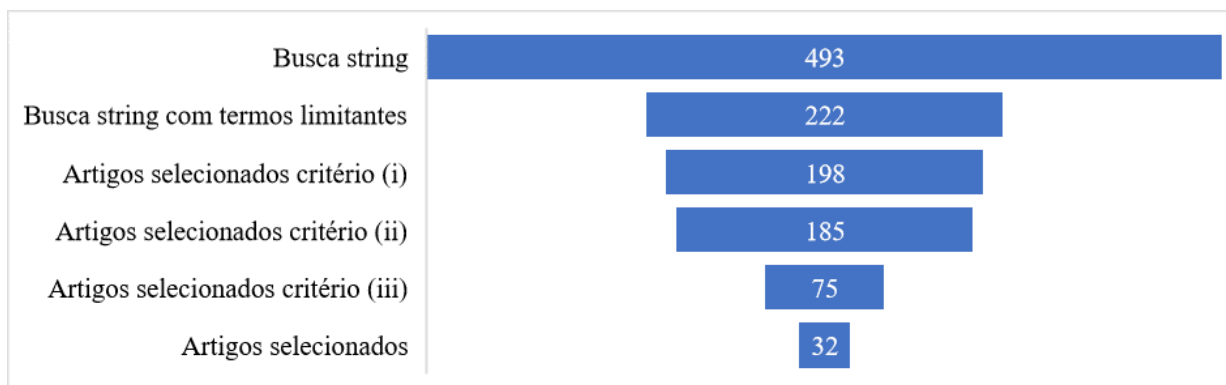
FIGURA 2 - String de busca.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A Fase 2, “Processamento”, compreende os passos iterativos de buscar, analisar e documentar os resultados da pesquisa. A busca realizada na base de dados Scopus teve início em novembro de 2023 e término em abril de 2024. Os resultados iniciais da busca totalizaram uma amostra inicial de 493 publicações e de 222 da busca com os termo limitantes. Após a aplicação dos critérios, a amostra final foi de 32 artigos, conforme ilustrado na FIGURA 3.

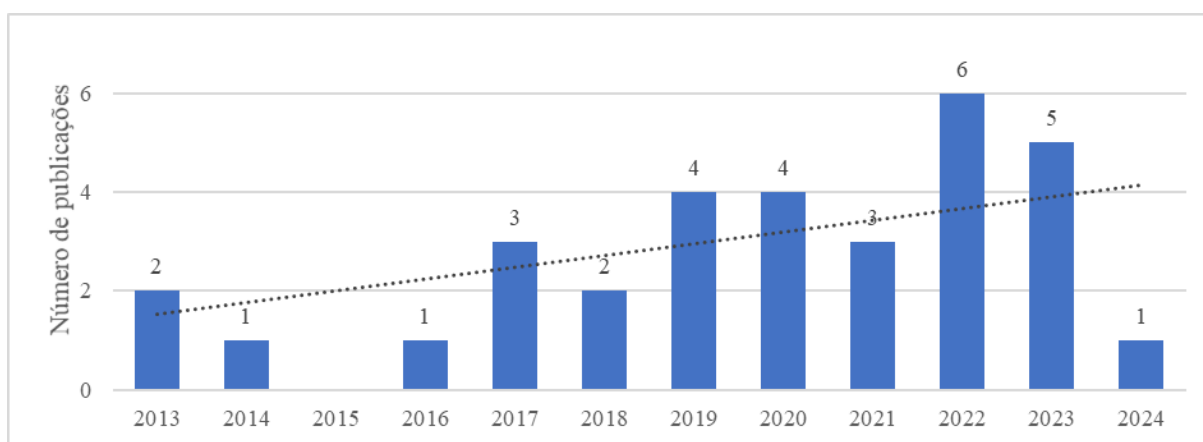
FIGURA 3 - Resultados da revisão estruturada da literatura.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A distribuição dos 32 artigos selecionados para a análise do conteúdo pode ser visualizada na FIGURA 4. É possível observar que o primeiro artigo selecionado data de 2013, alguns anos após os primeiros estudos publicados em IoT (GUBBI *et al.*, 2013), e em PSS após um destaque maior depois dos anos 2000 (Baines e Lightfoot, 2013). Nota-se também uma tendência de crescimento publicações selecionadas ao longo dos anos apresentados da amostra selecionada. Os anos com mais publicações são os mais recentes, 2022 e 2023, considerando 2024 que ainda está em curso.

FIGURA 4 - Distribuição temporal dos artigos selecionados.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na Fase 3, “Saída”, o primeiro passo envolve a inserção de alertas na base de dados para notificar futuras publicações. A pesquisa foi salva na Scopus e um alerta foi configurado para notificar novos artigos. No segundo passo, os metadados dos artigos foram exportados e tratados no Parsif.al, e os artigos foram analisados no gerenciador de referências Mendeley. O terceiro passo envolve a elaboração de uma síntese dos resultados, que abrange tanto os resultados bibliométricos quanto a análise de conteúdo. Os resultados bibliométricos identificados no Parsif.al são apresentados nessa seção de forma resumida. Em seguida, tem-se a síntese de conteúdo, por meio da leitura das extrações de trechos dos artigos selecionados a partir da menção do termo “dados” mencionados nos resultados e discussões dos artigos. Dessa forma, os trechos foram codificados em uma planilha e analisados de modo a identificar ideias centrais semelhantes organizados a partir do Parsif.al, e sumarizar os achados em características. Por fim, o quarto e último passo envolve a construção de quadros teóricos para a descrição dos resultados da análise, conforme é apresentado a seguir.

4. RESULTADOS

As características relacionadas às das principais características relacionadas a dimensão de dados na adoção PSS baseados em tecnologia de IoT na literatura identificadas por meio pela leitura completa dos artigos selecionados são: fonte de dados; visibilidade de dados; mecanismo de resposta; e propriedade da decisão (ver QUADRO 1).

QUADRO 1. Síntese das características da dimensão de dados.

Característica	Descrição	Referências
Fonte de dados	Refere-se à disponibilização de diversas fontes para diferenciar a oferta de PSS. Podem incluir informações relacionadas aos próprios produtos físicos componentes do PSS (número de série, localização, características técnicas, idade), operações (eficiência, produtividade, qualidade), aspectos corporativos (programação de produção, <i>status</i> de pedidos) e contextuais (informações sobre ambiente, tal como temperatura, umidade)	(BARTH <i>et al.</i> , 2021; BUCHMANN, 2016; KARTTUNEN <i>et al.</i> , 2023; MINANI <i>et al.</i> , 2024; SHAO; XU; LI, 2019; SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; XIAO <i>et al.</i> , 2020; ZAMBETTI <i>et al.</i> , 2023; ZHENG <i>et al.</i> , 2018)
Visibilidade dos dados	Refere-se ao acesso dos diversos atores aos dados coletados e analisados. Esses dados podem ser acessíveis apenas ao cliente, ao cliente e ao provedor de PSS, ou ainda ao cliente, provedor de PSS e terceiros, como parceiros com interesses compartilhados. Está diretamente ligada às oportunidades de compartilhamento de dados, que podem possibilitar a customização, configuração e implementação de ofertas de PSS	(KARTTUNEN <i>et al.</i> , 2023; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017; SHAO; XU; LI, 2019; SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017; ZAMBETTI <i>et al.</i> , 2023; ZHENG <i>et al.</i> , 2018)
Mecanismo de resposta	Refere-se a forma de lidar com os resultados da análise de dados que pode gerar diferentes saídas para o usuário, como respostas automáticas do sistema ou visualizações de informações destinadas (<i>dashboards</i> com gráficos) para apoiar o processo de tomada de decisão tanto do cliente quanto do provedor de PSS	(ABUSOHYON; TONELLI, 2021; BARTH <i>et al.</i> , 2021; BOEHMER <i>et al.</i> , 2020; BUCHMANN, 2016; KARTTUNEN <i>et al.</i> , 2023; MINANI <i>et al.</i> , 2024; SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017; ZAMBETTI <i>et al.</i> , 2023)
Propriedade da decisão	Refere-se à responsabilidade operacional pela tomada de decisão. Pode incluir recursos de tomada de decisão “automática” por parte de clientes ou provedores de PSS, ação manuais dos clientes, com base no mecanismo de reposta. Os clientes, ou provedores de PSS podem decidir com base em fluxos de dados em tempo real, ou terceiros podem supervisionar a decisão para beneficiar o cliente em termos de risco e responsabilidade	(AMMIRATO <i>et al.</i> , 2019; BARTH <i>et al.</i> , 2021; BOEHMER <i>et al.</i> , 2020; BUCHMANN, 2016; FERREIRA; LIND, 2023; FRANK <i>et al.</i> , 2019; KARTTUNEN <i>et al.</i> , 2023; MINANI <i>et al.</i> , 2024; RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017; SANCHEZ-HERRERA; MARQUEZ; DE LA TORRE, 2023; SHAO; XU; LI, 2019; SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017; ZAMBETTI <i>et al.</i> , 2023; ZHANG <i>et al.</i> , 2022)

A fonte de dados é uma das principais características na adoção de PSS baseados em tecnologia de IoT (BARTH *et al.*, 2021; ZAMBETTI *et al.*, 2023). Essa característica pode estar relacionada à dados referentes ao produto físico do PSS, operações, empresa e contexto. Em relação ao produto físico, as fontes de dados incluem informações sobre a identificação, como número de série, localização, procedência, características técnicas e idade (SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019). Em relação às operações, os dados referem-se à operação do maquinário, abordando aspectos de eficiência, produtividade, manutenção industrial e qualidade (ZHENG *et al.*, 2018). Esses dados também podem ser coletados a partir dos sistemas produtivos nos quais o PSS está inserido e o ambiente no qual o PSS opera (BARTH *et al.*, 2021; KARTTUNEN *et al.*, 2023; SHAO; XU; LI, 2019). Quanto à empresa, as fontes de dados podem estar relacionadas à integração de sensores adicionais ou outras fontes dentro do ecossistema do cliente. Exemplos incluem agendamento de produção e status de pedidos (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; ZAMBETTI *et al.*, 2023). As fontes de dados contextuais, por sua vez, podem ser externas ou relacionadas ao cliente (BUCHMANN, 2016), incluindo informações sobre regulamentações, dependência geográfica, localização do cliente e histórico, entre outros aspectos (MINANI *et al.*, 2024; XIAO *et al.*, 2020).

A visibilidade dos dados refere-se a característica da dimensão de dados relacionada ao acesso que diferentes atores têm aos dados coletados e analisados, que podem incluir somente cliente, cliente e provedor de PSS, e cliente e provedor de PSS e terceiros (KARTTUNEN *et al.*, 2023; ZAMBETTI *et al.*, 2023). O cliente pode optar por enviar ou exibir dados ao provedor de PSS ou terceiros em situações específicas, como para fins de solução de problemas (SHAO; XU; LI, 2019; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017; ZHENG *et al.*, 2018). Quando os dados estão disponíveis tanto para o cliente quanto para o provedor de PSS, o provedor pode acessar continuamente os dados dos clientes, permitindo sugestões e recomendações baseados em seu *know-how* (RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017). O provedor pode aproveitar dados de vários PSS em diferentes locais de clientes e, ao longo do tempo, aumentar seu conhecimento e expertise com base em diversas experiências (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; ZAMBETTI *et al.*, 2023). Em casos onde os dados estão disponíveis para o cliente, o provedor de PSS e terceiros, estes últimos podem oferecer novos serviços com base em diferentes dados, já que podem possuir um expertise baseados em uma amostra maior ou em negócios diferentes expertise baseados em uma amostra maior ou em negócios diferentes (RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017).

O mecanismo de resposta refere-se à forma como os dados coletados são utilizados para gerar saídas e ações para os clientes, que podem ser resposta autônomas, semiautônomas e de apoio a tomada de decisão (UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017; ZAMBETTI *et al.*, 2023). Em casos autônomos, a coleta de dados no nível do produto físico, parte do PSS, permite aprimorar suas funcionalidades e incluir inteligência embutida, possibilitando ao PSS em uso reagir a situações simples e até mesmo complexas (ABUSOHYON; TONELLI, 2021; BUCHMANN, 2016; MINANI *et al.*, 2024; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017). Uma característica intermediária entre a resposta autônoma e o apoio à tomada de decisão é a resposta semiautônoma (BARTH *et al.*, 2021; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017). Nesse caso, o sistema é capaz de iniciar ações básicas automaticamente, mas ainda requer intervenção humana para decisões mais complexas (BOEHMER *et al.*, 2020; SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019; ZAMBETTI *et al.*, 2023). Por exemplo, em um sistema de monitoramento industrial, sensores podem automaticamente desligar uma máquina se detectarem um superaquecimento, enquanto um técnico humano é alertado para realizar uma análise mais detalhada e decidir os próximos passos (BUCHMANN, 2016). Quando o mecanismo de resposta se configura, por sua vez, no apoio à tomada de decisão, seu potencial está no suporte ao processo decisório tanto dos clientes quanto do provedor de PSS por meio de gráficos e relatórios (BUCHMANN, 2016; KARTTUNEN *et al.*, 2023).

A propriedade da decisão refere-se a quem é responsável por tomar as ações, podendo ser o próprio PSS, cliente, provedor de PSS, ou terceiros (BOEHMER *et al.*, 2020; ZAMBETTI *et al.*, 2023). Quando lógicas embutidas são definidas, o próprio PSS possui capacidades de “tomada de decisão autônoma” e é capaz de tomar decisões com base em parâmetros e cenários pré-estabelecidos (ABUSOHYON; TONELLI, 2021; AMMIRATO *et al.*, 2019; BUCHMANN, 2016; MINANI *et al.*, 2024; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017). Em casos mais avançados, o PSS também pode aprender com a experiência e melhorar seu funcionamento de forma autônoma (RYMASZEWSKA; HELO; GUNASEKARAN, 2017; SHAO; XU; LI, 2019; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017). Já no caso do cliente, este é quem decide a ação a ser realizada em relação ao PSS, utilizando as informações fornecidas pelo provedor de PSS por meio de uma plataforma dedicada e elaboradas por *software* e algoritmos implementados (BARTH *et al.*, 2021; SHIHUNDLA; MPOFU; ADENUGA, 2019). Quando a decisão cabe ao provedor de PSS, este utiliza o fluxo de dados em tempo real para tomar ações proativas conforme necessário, podendo gerar para o cliente economia de tempo e recursos.

(FRANK *et al.*, 2019; SANCHEZ-HERRERA; MARQUEZ; DE LA TORRE, 2023; ZHANG *et al.*, 2022). Por fim, terceiros podem supervisionar a decisão, tendo visibilidade sobre o fluxo de dados e proporcionando ao cliente benefícios em termos de mitigação de riscos e responsabilidade (FERREIRA; LIND, 2023; KARTTUNEN *et al.*, 2023).

5. DISCUSSÃO

As características relacionadas à dimensão de dados na adoção de PSS baseados em tecnologia de IoT apresentam implicações tanto para a pesquisa quanto para a indústria. Do ponto de vista da pesquisa, a provisão de referências de estudos anteriores relacionadas às características abre um campo para novos estudos. Esse entendimento pode levar ao desenvolvimento de novos *frameworks* e modelos que melhorem a compreensão do conceito de PSS associado à IoT.

Vale destacar que o mecanismo de resposta e a propriedade da decisão também apresentam implicações para novas pesquisas. Há interesse em desenvolver algoritmos e sistemas inteligentes que possam lidar com grandes volumes de dados de maneira autônoma ou semiautônoma (XIAO *et al.*, 2020). A criação de mecanismos de resposta que variam de ações automáticas a suporte detalhado para a tomada de decisão humana é um campo promissor para o desenvolvimento de tecnologias avançadas de inteligência artificial e aprendizado de máquina (ABUSOHYON; TONELLI, 2021; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017). Pesquisas futuras podem focar na melhoria desses sistemas para torná-los mais robustos e adaptáveis a diferentes cenários e necessidades industriais.

Para a indústria, características como a visibilidade dos dados podem transformar a operação dos negócios. A capacidade de diferentes atores, como clientes, provedores de PSS e terceiros, de acessar e compartilhar dados pode promover maior colaboração e inovação (AMMIRATO *et al.*, 2019; ZHENG *et al.*, 2018). Provedores de PSS podem usar dados coletados para identificar padrões e oferecer soluções personalizadas, além de facilitar a manutenção preventiva e reduzir o tempo de inatividade das máquinas (UHLMANN; HOHWIELER; GEISERT, 2017). A propriedade da decisão pode alterar a dinâmica de operação dos PSS, com sistemas autônomos baseados em dados em tempo real resultando em operações mais ágeis e eficientes (BUCHMANN, 2016). Terceiros supervisionando decisões acrescentam segurança e mitigação de riscos, aumentando a confiança dos clientes e impulsionando a adoção de PSS baseados em IoT na indústria (ZAMBETTI *et al.*, 2023).

6. CONCLUSÕES

A produção em grande escala e a globalização desafiam empresas a revisarem seus modelos de negócios, promovendo PSS que combinam produtos e serviços de forma sustentável. Paralelamente, a revolução digital e inovações tecnológicas, como a automação industrial, a inteligência artificial e, especialmente, a IoT, estão transformando os padrões de produção e consumo, tornando os processos mais conectados e eficientes. Nesse contexto, a adoção de PSS baseados em IoT é reconhecida como um fator crítico para a competitividade das empresas, mas a dimensão de dados desses sistemas ainda requer maior compreensão para apoiar sua adoção na indústria.

Este trabalho visou identificar as principais características da dimensão de dados na adoção de PSS baseados em IoT, para apoiar a construção de um framework conceitual. A revisão de 32 artigos científicos (2013-2020) revelou quatro principais características: fonte de dados, visibilidade de dados, mecanismo de resposta e propriedade da decisão. Em fonte de dados, identificou-se características referentes ao produto, operações, empresa e contextual; já em visibilidade dos dados, obteve-se características referentes a cliente, cliente e provedor de PSS; cliente e provedor de PSS e terceiros. Mecanismo de resposta, por sua vez, pode compreender resposta autônoma, semiautônoma e de apoio. Por fim, na tomada de decisão observou-se características referentes ao próprio produto, cliente, provedor de PSS, e terceiros.

O trabalho contribui para a literatura, uma vez que aborda uma lacuna existente na literatura sobre a caracterização da dimensão de dados de PSS baseados em tecnologia de IoT. Ao identificar as principais características, este trabalho proporciona uma compreensão inicial das propriedades que descrevem e distinguem PSS. Por meio das principais características identificadas é possível orientar futuras investigações acadêmicas e contribuir para o desenvolvimento de novas estruturas conceituais ou modelos teóricos e empíricos na área. Tais estruturas ou modelos podem ajudar pesquisadores a prever comportamentos, analisar resultados e planejar estratégias.

Para as empresas, este estudo oferece *insights* para a comunidade prática. A identificação das características relacionadas à dimensão de dados permite que as empresas compreendam melhor os desafios e oportunidades associados à adoção de PSS baseados em IoT. Além disso, as empresas podem utilizar as características como um *roadmap* inicial para melhorar suas estratégias de coleta e análise de dados, promovendo uma maior eficiência e personalização em suas ofertas de produtos e serviços.

Por fim, este trabalho também apresenta limitações. A RBS foi limitada a uma única base de dados, o que pode ter restringido o escopo dos artigos analisados. Futuras pesquisas devem considerar a inclusão de múltiplas bases de dados e a realização de estudos empíricos para validar e expandir os achados deste trabalho. Além disso, é necessário investigar como outras tecnologias emergentes, além do IoT, influenciam a dimensão de dados nos PSS, garantindo pesquisas relevantes no cenário industrial em constante mudança.

REFERÊNCIAS

ABUSOHYON, I.; TONELLI, F. Internet of Things based product-service system in the maritime industrial sector. **Proceedings of the International Conference on Internet of Things, Big Data and Security (IoTBDs 2021)**. 2021.

AMMIRATO, S.; SOFO, F.; FELICETTI, A.M.; RASO, C. A methodology to support the adoption of IoT innovation and its application to the Italian bank branch security context. **European Journal of Innovation Management**, v.22, n.1, p.146-174, 2019.

BABICEANU, R.F.; SEKER, R. Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. **Computers in Industry**, v.81, n., p.128-137, 2016.

BAINES, T.; LIGHTFOOT, H. W. Servitization of the manufacturing firm: Exploring the operations practices and technologies that deliver advanced services. **International Journal of Operations & Production Management**, v.34, n.1, p.2-35, 2013.

BARTH, L.; SARPERI, L.; DETTLING, M.; MEIERHOFER, J.; BULATOVIC, A.; SCHWEIGER, L. Development of a smart connected product-service-system (PSS) for the waste management ecosystem. **Proceedings of FTAL 2021**. Lugano, 28 out. 2021.

BEUREN, F.H.; FERREIRA, M.G.G.; ZANCUL, E.S.; CAUCHICK-MIGUEL, P.A. Análise de conteúdo de publicações em sistemas produto-serviço. **Produção Online**, v.14, n.1, p.31-57, 2014.

BIOLCHINI, J.; MIAN, P.G.; CANDIDA, A.; NATALI, C. **Systematic review in software engineering**. Technical Report. Rio de Janeiro: 2005.

BOEHMER, J. H.; SHUKLA, M.; KAPLETIA, D.; TIWARI, M. K. The impact of the Internet of Things (IoT) on servitization: an exploration of changing supply relationships. **Production Planning and Control**, v.31, n.2-3, p.203-219, 17 fev. 2020.

BRERETON, P.; KITCHENHAM, B. A.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; KHALIL, M. Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. **Journal of Systems and Software**, v.80, n.4, p 571-583, 2007.

BUCHMANN, R.A. Modeling product-service systems for the internet of things: The comvantage method. Em: **Domain-Specific Conceptual Modeling: Concepts, Methods and Tools**. Springer International Publishing, 2016. p.417-437.

CENAMOR, J.; RÖNNBERG SJÖDIN, D.; PARIDA, V. Adopting a platform approach in servitization: Leveraging the value of digitalization. **International Journal of Production Economics**, v.192, p.54-65, 1 out. 2017.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **Anais do 8 Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto (CBGDP 2011)**. 2011.

FERREIRA, C.C.; LIND, F. Supplier interfaces in digital transformation: an exploratory case study of a manufacturing firm and IoT suppliers. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v.38, n.6, p.1332-1344, 25 abr. 2023.

FRANK, A.G.; MENDES, G.H.S.; AYALA, N.F.; GHEZZI, A. 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, n.July, p.341-351, 2019.

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v.29, n.7, p.1645-1660, 2013.

KARTTUNEN, E.; PYNNÖNEN, M.; TREVES, L.; HALLIKAS, J. Capabilities for the internet of things enabled product-service system business models. **Technology Analysis and Strategic Management**, v.35, n.12, p.1618-1634, 2023.

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**, v.11, n.8, p.851-857, 2003.

MINANI, J.B.; SABIR, F.; MOHA, N.; GUEHENEUC, Y.G.A Systematic Review of IoT Systems Testing: Objectives, Approaches, Tools, and Challenges. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v.50, n.4, p.785-815, 2024.

NAPPI, V.; CAUCHICK-MIGUEL, P.A.; ZOMER, T.T.S. Proposta de um framework para caracterizar sistemas produto-serviço baseado em tecnologia de IoT. **Anais do 30 SIMPEP Transformação digital e gestão de operações: Desafios e tendências**. Bauru: 2023.

RYMASZEWSKA, A.; HELO, P.; GUNASEKARAN, A. IoT powered servitization of manufacturing – an exploratory case study. **International Journal of Production Economics**, v.192, p.92-105, 1 out. 2017.

SANCHEZ-HERRERA, M.R.; MARQUEZ, M.; LA TORRE, L. Secure and Private Internet of Things for Industry, Training, and Homes: A Communications Solution for Connected Devices. **IEEE Industrial Electronics Magazine**, v.17, n.3, p.14-21, 2023.

SASSANELLI, C.; ARRIGA, T.; ZANIN, S.; ADAMO, I. D.; TERZI, S. Industry 4.0 Driven Result-oriented PSS: An Assessment in the Energy Management. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v.12, n.4, p.186-203, 2022.

SHAO, S; XU, G; LI, M. The design of an IoT-based route optimization system: A smart product-service system (SPSS) approach. **Advanced Engineering Informatics**,v.42,n.1, 2019.

SHIHUNDLA, T. B.; MPOFU, K.; ADENUGA, O. T. Integrating product-service systems into the manufacturing industry: Industry 4.0 perspectives. **Procedia CIRP**. Elsevier, 2019.

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. **Proceedings IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**. 2014.

THOBEN, K. D.; WIESNER, S. A.; WUEST, T. “Industrie 4.0” and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. **International Journal of Automation Technology**, v.11, n.1, p.4-16, 2017.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British Journal of Management**, v.14, p.207-222, 2003.

TUKKER,A.;TISCHNER,U. Product-services as a research field: Past, present and future. Reflections from a decade of research. **Journal of Cleaner Production**,v.14,n.17,p.1552-1556, 2006.

UHLMANN, E.; HOHWIELER, E.; GEISERT, C. Intelligent production systems in the era of industrie 4.0-Changing mindsets and business models. **Journal of Machine Engineering**, v.17, n.2, p.5-24, 2017.

XIAO, Z.; LI, W.; WU, Y.; LI, P.; LI, D.; CHEN, J.; ZHANG, L.; LIU, X.; DENG, X. Preliminary study on regional technology architecture and planning of ubiquitous power internet of things part one overall architecture. **Procedia Computer Science**. 2020

ZAMBETTI, M.; ADRODEGARI, F.; PEZZOTTA, G.; PINTO, R.; RAPACCINI, M.; BARBIERI, C. From data to value: conceptualising data-driven product service system. **Production Planning and Control**, v.34, n.2, p.1-17, 2023.

ZANCUL, E. DE S.; TAKEY, S. M.; BARQUET, A. P. B.; KUWABARA, L. H.; CAUCHICK MIGUEL, P. A.; ROZENFELD, H. Business process support for IoT based product-service systems (PSS). **Business Process Management Journal**, v.22, n.2, p.305-323, 2016.

ZHANG, X.; GUO, X.; THOO YUE, W.; YU, Y. Servitization for the Environment? The Impact of Data-Centric Product-Service Models. **Journal of Management Information Systems**, v.39, n.4, p.1146–1183, 2022.

ZHENG, P.; LIN, T. J.;CHEN, C. H.; XU, X. A systematic design approach for service innovation of smart product-service systems. **Journal of Cleaner Production**, v.201, p.657–667, 2018.