



AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DE MÉTODOS E FERRAMENTAS NO DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO

Eloiza Kohlbeck (UDESC)
eloiza.kohlbeck@edu.udesc.br

Djenifher Moura (UDESC)
djenifhermoura@hotmail.com

Alexandre Borges Fagundes (UDESC)
alexandre.fagundes@udesc.br

Delcio Pereira (UDESC)
delcio.pereira@udesc.br

Fernanda Hänsch Beuren (UDESC)
fernanda.beuren@udesc.br

A transição da produção e do consumo tradicional, centrada em produtos, provocada pela implantação de Sistemas Produto-Serviço, corresponde à uma proposta de valor promissora, proporcionando soluções de âmbito econômico, social e ambiental. Entretanto, esta transição representa um desafio para as organizações, gerando a necessidade da utilização de métodos e ferramentas que facilitem e otimizem os processos envolvidos. Nesse sentido, esta pesquisa apresenta um modelo genérico de desenvolvimento de Sistemas Produto-Serviço e uma análise dos métodos e ferramentas mais citados pela literatura. Por meio de pesquisa quantitativa survey e da realização de análises estatísticas através do software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) apresentam-se análises descritivas e fatoriais dos dados da aplicação da survey. Estes estudos visam otimizações no modelo apresentado, de modo a contribuírem para a criação de novos modelos de negócio.

Palavras-chave: Sistemas Produto-Serviço, Métodos e ferramentas, Modelo genérico.

1. Introdução

Modelos de negócio baseados em compartilhamento de produtos estão atraindo a atenção devido ao seu potencial de atender às demandas dos consumidores e, simultaneamente contribuir para a sustentabilidade (AMASAWA et al., 2020). Neste contexto, estudos sobre Sistemas Produto-Serviço (PSS) estão emergindo progressivamente na literatura, impulsionado pelo desejo de conciliar gerenciamento sustentável de recursos e prosperidade econômica (LI et al., 2020; REIM; PARIDA; ORTQVIST, 2015).

À medida que a demanda por um sistema integrado de produtos e serviços aumenta, as empresas precisam se adaptar as tendências oferecendo um catálogo mais sofisticado de soluções (GUILLON et al., 2020) com base em princípios econômicos, sociais e ambientais, o que pode ser atigido através da oferta de PSSs (ANNARELLI; BATTISTELLA; NONINO, 2020).

Entretanto, Tukker (2015) destaca a escassez de estudos de caso sobre o PSS que resultem em dados quantitativos, como *surveys*, análises estatísticas e meta-análises, as quais são importantes para a identificação dos benefícios e diferenciais do PSS em termos de competitividade e sustentabilidade.

Visando atender a esta lacuna de pesquisa, a proposta deste trabalho é analisar a aplicabilidade de métodos e ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de Sistemas Produto-Serviço, por meio de pesquisa quantitativa *survey* e da realização de análises estatísticas através do *software Statistical Package for the Social Scienses* (SPSS).

2. Revisão da literatura

Na primeira seção deste capítulo apresenta-se o Sistema Produto-Serviço (PSS), assim como sua definição e evolução na literatura. A segunda seção, trata-se de duas classificações do PSS: de acordo com as etapas do ciclo de vida e conforme as orientações do PSS, que se encontram na transição entre o “produto puro” e o “serviço puro”. Para finalizar, apresentam-se alguns métodos e ferramentas utilizados nas etapas do ciclo de vida de um Sistema Produto-Serviço.

2.1 Sistema Produto-Serviço (PSS)

A urbanização é um fenômeno que acompanha o desenvolvimento socioeconômico. Entretanto, sua expansão contribui para o agravamento da problemática ambiental, onde questões como a quantidade de recursos tornam-se mais frequentes, surgindo assim, a necessidade do desenvolvimento sustentável (DAI; LIU, 2018).

De acordo com Yang et al. (2017), a sustentabilidade tornou-se um dos principais fatores para o sucesso comercial a longo prazo. Neste contexto, como forma das empresas garantirem competitividade e lucratividade, uma estratégia adotada é a incorporação de serviços e de peças de reposição aos produtos (LINDSTRÖMA, 2016).

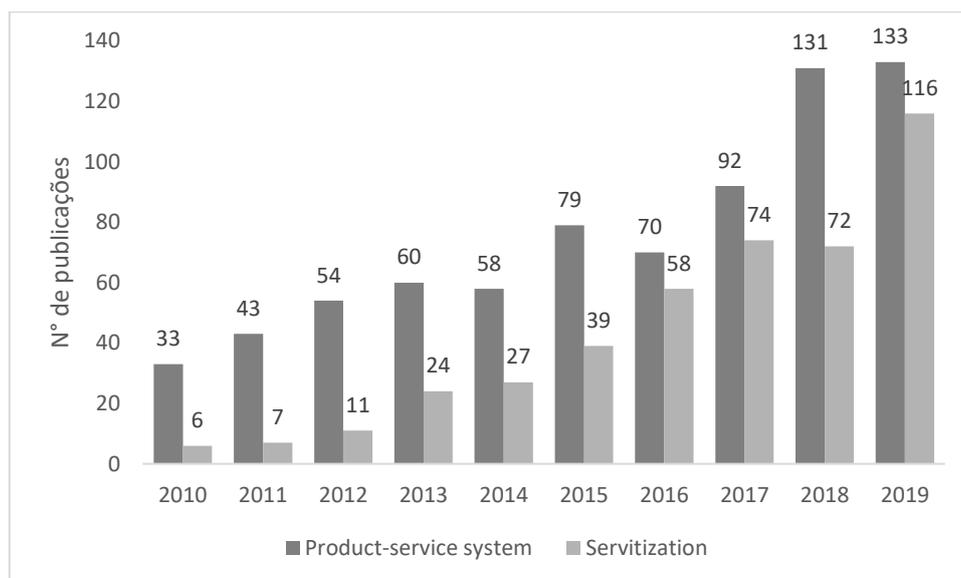
Um método eficiente das empresas operarem com limitações de recursos e ainda, oferecerem resultados satisfatórios em termos de bem-estar social e crescimento econômico, é através da implantação do Sistema Produto-Serviço (PSS) (TSENG et al., 2019).

Segundo Baines et al. (2007) um Sistema Produto-Serviço corresponde a uma estratégia de inovação do mercado, baseado na integração de produtos e serviços, onde a ênfase está na “venda do uso” ao invés da “venda do produto”. Desta forma, o cliente não se responsabiliza por riscos e custos tradicionalmente associados à propriedade. Da mesma forma, o fornecedor/fabricante pode melhorar sua competitividade, pois o PSS pode ser claramente diferenciado das ofertas baseadas exclusivamente em produtos.

Segundo Tukker (2015), desde a década de 1990 o PSS tem sido apontado como um dos sistemas mais eficazes para levar a sociedade à uma economia circular e, eficiente frente a disponibilidade de recursos. Desta forma, o Sistema Produto-Serviço tornou-se um assunto amplamente discutido por pesquisadores engajados com a sustentabilidade.

A Figura 1 apresenta o aumento de publicações de artigos científicos entre os anos de 2010 e 2019 utilizando as palavras-chave “*product-service system*” e “*servitization*”. Cabe destacar que esta pesquisa (Figura 1) foi realizada na base de dados SCOPUS.

Figura 1 - Análise bibliométrica: Evolução de pesquisas sobre PSS e *Servitization*



Fonte: Autoria própria

2.2 Ciclo de vida e categorias do PSS

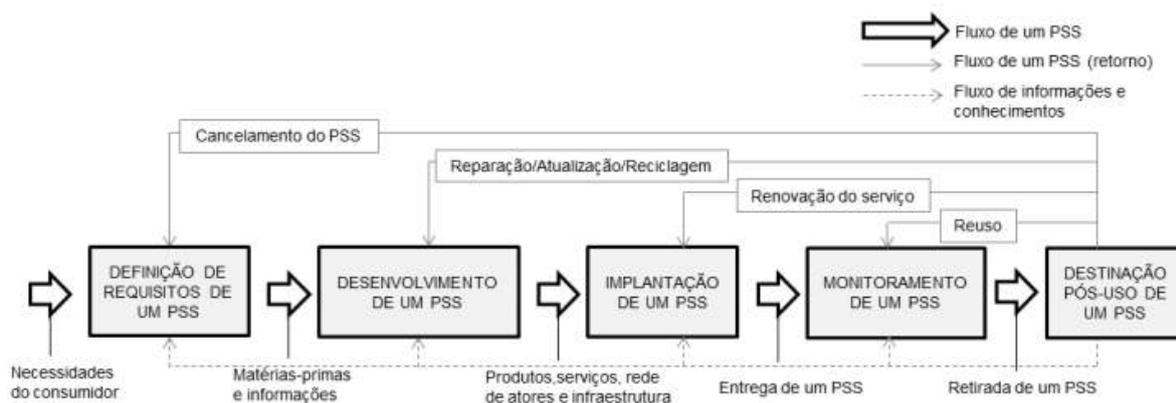
Para garantia da crescente aceitabilidade dos clientes pelo PSS, há a necessidade de um monitoramento constante, visando à melhoria contínua do negócio, a satisfação dos usuários e a conquista de novos clientes. Para isto, é preciso que o ciclo de vida do PSS seja continuamente considerado, não apenas atualizando materiais e aspectos relacionados ao uso do produto, mas também em relação aos serviços de atendimento personalizado ao cliente (BEUREN; AMARAL; MIGUEL, 2012).

Segundo Manzini e Vezzoli (2016), analisar o ciclo de vida significa adotar uma visão sistêmica do produto, considerando um conjunto de fases que o caracterizam, desde a pré-produção à sua destinação final. Baseado no ciclo de vida de um produto, é possível intervir preventivamente no projeto, o que representa uma medida muito mais oportuna do que buscar soluções paliativas ou de recuperação para danos já ocasionados (*a posteriori*).

Como o PSS é sistêmico, há a necessidade de verificar constantemente todos os estágios do ciclo de vida. Na etapa de destinação final do Sistema Produto-Serviço, o fluxo de materiais,

informações e conhecimentos retorna ao início do ciclo, permitindo uma melhoria contínua do negócio (BEUREN; SOUSA-ZOMER; CAUCHICK-MIGUEL, 2017). A Figura 2 ilustra as etapas do ciclo de vida de um PSS:

Figura 2 - Ciclo de vida de um PSS



Fonte: Beuren; Sousa-Zomer; Cauchick-Miguel (2017)

Várias classificações do PSS são propostas na literatura, entre elas a de Tukker (2004), que obteve grande difusão. Visando promover a competitividade e a sustentabilidade, Tukker dividiu o produto e o serviço em três categorias: PSS orientado para ao produto, PSS orientado ao uso e PSS orientado aos resultados (TUKKER 2004; TENUCCI; SUPINO, 2019). Annarelli, Battistella e Nonino (2020) complementam as definições das categorias do PSS:

PSS orientado ao produto: Corresponde à venda de produtos com serviços adicionais, sendo que os direitos de propriedade são transferidos para o cliente. Os serviços típicos são manutenção e atualização.

PSS orientado ao uso: Neste caso, o cliente adquire somente o direito de utilizar o produto durante um determinado período ou, sua utilização passa a ser limitada por unidades. O provedor está interessado na durabilidade do produto, aumentando assim, os benefícios ambientais.

PSS orientado aos resultados: Nesta categoria, o cliente não possui ativos fixos e não está interessado na posse ou na utilização do produto, mas sim no resultado de sua utilização.

2.3 Métodos e ferramentas relacionados ao PSS

O Sistema Produto-Serviço é uma abordagem promissora, baseada na perspectiva da sustentabilidade. No entanto, sua adoção prática e efetiva ainda é limitada e, apresenta barreiras significativas para as empresas de manufatura (PACHECO et al., 2019).

A transição para o PSS representa um desafio às organizações, exigindo alto nível de planejamento e de gerenciamento. Além disso, a literatura atual não cobre adequadamente os métodos e ferramentas que auxiliam no processo de transição e de apoio nas tomadas de decisão (LELAHA et al., 2014).

A Figura 4 apresenta os dez métodos e ferramentas mais citados nas publicações analisadas, envolvidos nas etapas do ciclo de vida de um PSS.

Figura 4 - Métodos e ferramentas mais citados

MÉTODO / FERRAMENTA	DESCRIÇÃO
MEPSS	O MEPSS é uma ferramenta da Web que auxilia durante as fases do desenvolvimento do PSS, fornecendo um suporte de gerenciamento e <i>design</i> , além de uma estrutura modular clara, estruturada em etapas descritas por processos que auxiliam em cada uma das fases do desenvolvimento do PSS. O MEPSS auxilia também na criação de novas ofertas de PSS (VAN HALEN; VEZZOLI; WIMMER, 2005; MENDES et al., 2015).
MAPA DE SISTEMA / SYSTEM MAP	Representa, de maneira detalhada, os tipos de interação de produtos, serviços, informações e atividades envolvidas no PSS (LINDAHLA; SAKAOA; CARLSSON, 2014). O System Map fornece a ilustração dos atores envolvidos em um negócio, estabelecendo suas interrelações (GEUM; PARK, 2011).
QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)	O QFD transforma as necessidades do cliente em requisitos para a engenharia. Assim, essas necessidades são analisadas e convertidas em funções do produto (KIM et al., 2015).
SERVICE CAD (COMPUTER AIDED DESIGN)	Permite a criação de um modelo de produto virtual no espaço cibernético pelo <i>software</i> CAD (por exemplo, SolidWorks e AutoCAD) (LIU et al., 2019).
BUSINESS CANVAS MODEL (BCM)	O CANVAS é uma ferramenta que descreve como uma empresa irá funcionar e criar valor em sua proposta de negócio. É uma excelente ferramenta de gerenciamento estratégico para identificação de lucros e despesas relacionados aos produtos e serviços oferecidos no negócio (OSTERWALDER et al., 2014; BOURSCHEIDT; FLACH; ROSÁRIO, 2019).
IDEF0	O IDEF0 é uma descrição gráfica de um sistema ou assunto. São mais comumente desenvolvidos e usados por engenheiros de sistemas para inter-relacionar componentes e para modelar os ciclos de vida e as operações da empresa. As atividades, processos ou transformações de um negócio, representados graficamente em caixas, contêm um verbo ou frase verbal, que correspondem às atividades a serem realizadas (WAISSI et al., 2015).
ANÁLISE SWOT	A análise SWOT corresponde a um diagrama que identifica pontos fortes e fracos para condições atuais e ainda identifica oportunidades e ameaças para o futuro (PURWANINGSIH; SUSANTO; YUDHA, 2016).
BRAINSTORMING	O termo <i>brainstorming</i> significa "tempestade de ideias", e consiste na formação de um grupo de pessoas que possuam conhecimento sobre um assunto que será abordado, podendo auxiliar na descoberta de soluções para um problema, através da geração de ideias sem restrições, segundas intenções e livres de críticas (REIS et al., 2016).
SERVICE BLUEPRINT	O <i>Service Blueprint</i> fornece uma representação simples e clara do PSS em termos de atores, atividades, progressos sequenciais e infraestrutura envolvida. Portanto, o <i>Blueprint</i> é empregado como ponto de partida no desenvolvimento de um PSS (GEUM; PARK, 2011).
STORYBOARD	O <i>storyboard</i> fornece uma eficaz representação, através de imagens, da experiência do cliente, das interações que ocorrem entre diferentes atores e das interfaces de serviço (COSTA et al., 2018).

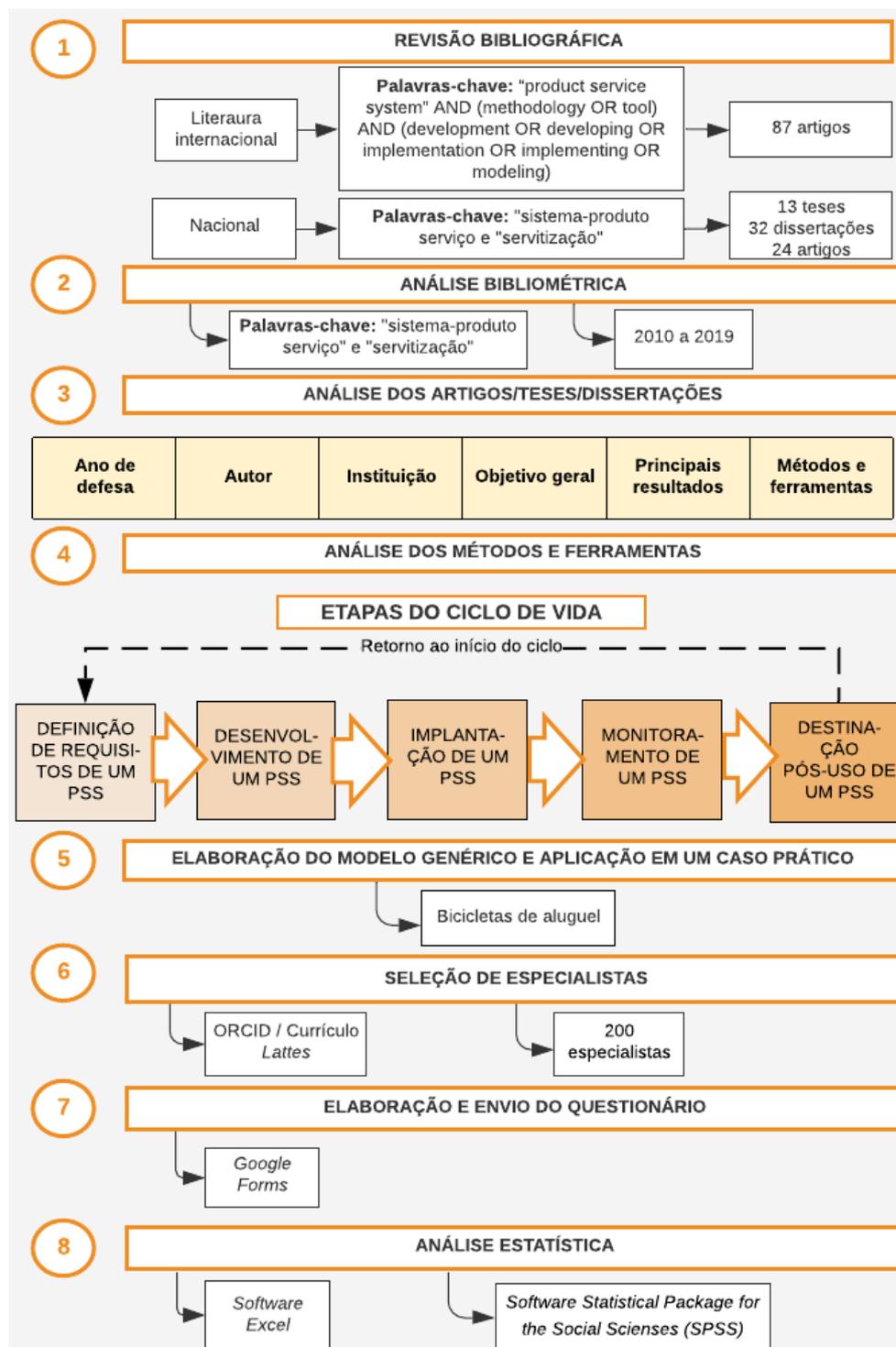
Fonte: Autoria própria

Segundo Barquet et al. (2013) e Beuren (2013), como há uma escassez de diretrizes para ajudar as empresas na implementação do PSS, surge a necessidade de pesquisas que contribuam para o desenvolvimento de metodologias e ferramentas que supram essas demandas.

3. Metodologia

A metodologia propõe a utilização de *survey* e de análises estatísticas para analisar a aplicabilidade de um modelo genérico de desenvolvimento de Sistemas Produto-Serviço. Para tanto, utilizou-se de oito procedimentos metodológicos, apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Procedimentos metodológicos



Fonte: Autoria própria

Através de revisão bibliográfica, foram analisadas publicações em eventos, periódicos, dissertações e teses. Na literatura nacional, foram selecionados 13 teses, 32 dissertações e 24 artigos, publicados entre 2009 e 2018. Na literatura internacional, selecionou-se 87 artigos publicados entre 2008 e 2017.

Utilizando a base de dados SCOPUS, constatou-se o aumento de publicações de artigos científicos entre os anos de 2010 e 2019, utilizando as palavras-chave “*product-service system*” e “*servitization*”.

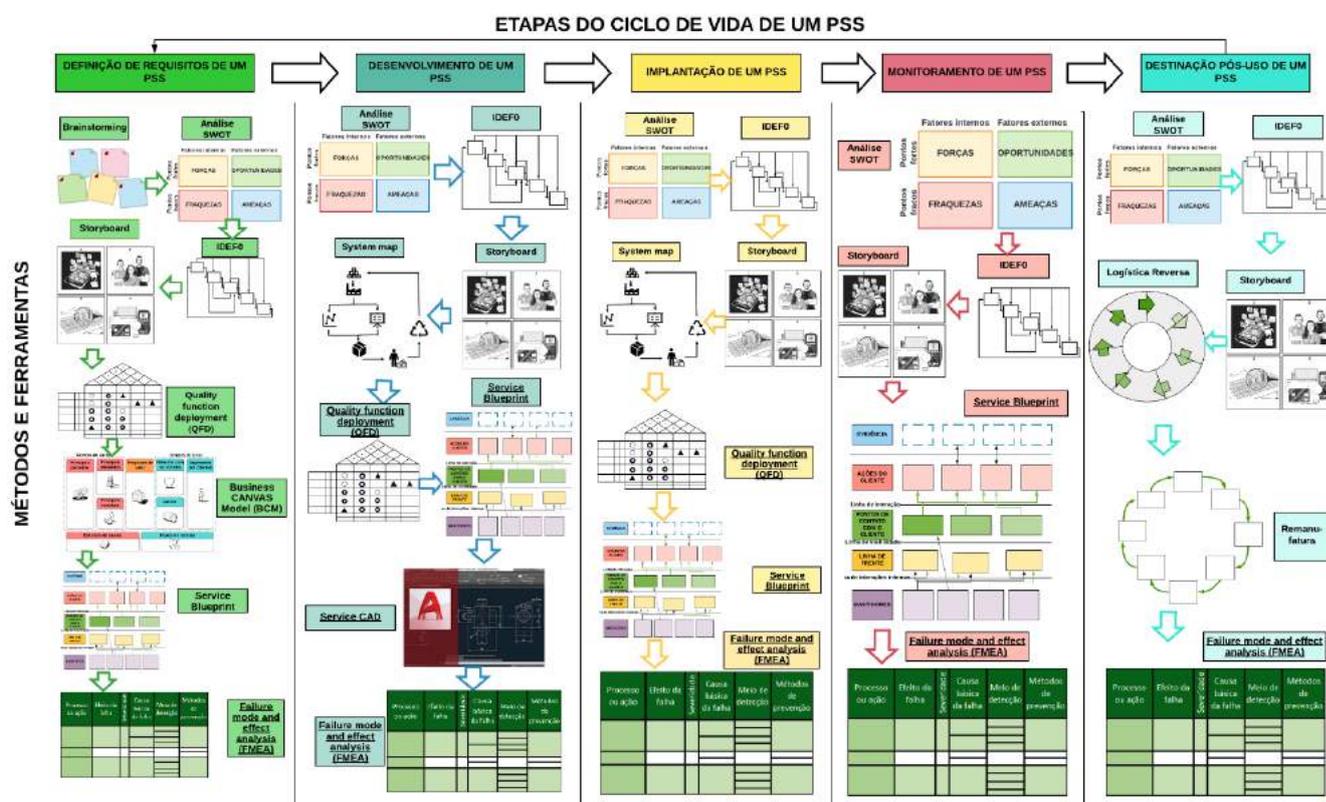
Dentre os trabalhos selecionados na revisão bibliográfica, foram analisadas características como ano de publicação, objetivo geral e principais resultados. Também identificou-se métodos e ferramentas relacionados ao Sistema Produto-Serviço, que na sequência, foram classificados de acordo com as etapas do ciclo de vida do PSS.

Os métodos e ferramentas foram listados no *software Excel* de acordo com os mais citados na literatura, sendo que para o desenvolvimento do modelo genérico considerou-se apenas aqueles que foram citados seis ou mais vezes.

Assim, 12 métodos e ferramentas foram selecionados e classificados de acordo com as etapas do ciclo de vida do PSS. Apesar de alguns se repetirem, sua aplicação difere em cada fase do ciclo.

Visando melhorias no modelo, realizou-se sua aplicação em um caso prático. Métodos e ferramentas identificados na literatura foram utilizados na proposta de negócio bicicletas de aluguel. Assim, desenvolveu-se o modelo de desenvolvimento de PSS, conforme apresenta a Figura 6.

Figura 6 - Modelo genérico baseado na literatura



Fonte: Autoria própria

A estratégia de pesquisa do tipo *survey* foi aplicada para validar o modelo proposto e, desenvolvido um questionário através da ferramenta *Google Forms*, utilizando uma escala semântica do tipo *likert* com cinco gradações para analisar a influência dos métodos e ferramentas nas etapas do ciclo de vida. De acordo com Aguiar, Correia e Campos (2011), ao utilizar este método, o entrevistado declara, através das gradações, seu grau de concordância ou discordância sobre determinado assunto.

Para garantia de maior credibilidade à pesquisa, foram consideradas opiniões de especialistas em Sistema Produto-Serviço. A seleção dos 200 entrevistados deu-se através do currículo *Lattes* (para pesquisadores nacionais), e da plataforma *ORCID (Open Researcher and Contributor ID)*, para pesquisadores internacionais.

Obtidos os resultados do questionário (20,5% de retorno), realizou-se a análise dos comentários e sugestões dos especialistas. Além disso, seus dados foram tabulados no *software Excel* e, para facilitar as análises estatísticas, foram apurados através do *software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*.

4. Resultados e discussões

As subseções a seguir apresentam, respectivamente, as análises descritivas e fatoriais dos dados obtidos com o questionário.

4.1 ANÁLISES DESCRITIVAS

Nesta subseção serão apresentadas as variáveis (métodos e ferramentas) das dimensões do ciclo de vida do PSS (definição de requisitos, desenvolvimento, implantação, monitoramento e destinação pós-uso), estabelecendo análises descritivas dos dados.

A Tabela 1 apresenta a dimensão Definição de requisitos de um PSS, expondo as variáveis que o compõem, juntamente com suas médias e desvios padrões.

Tabela 1 – Médias e desvios padrões da dimensão Definição de requisitos

DIMENSÃO	MÉDIA DAS VARIÁVEIS	VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DEFINIÇÃO DE REQUISITOS DE UM PSS	3,88	<i>Brainstorming</i>	4,3171	1,05922
		Análise SWOT	3,8537	1,17390
		IDEF0	3,3902	1,20162
		<i>Storyboard</i>	3,5366	1,16399
		<i>Quality Function Deployment (QFD)</i>	4,0244	1,12889
		<i>Business CANVAS model</i>	4,2195	0,98773
		<i>Service Blueprint</i>	4,4146	0,94804
		<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	3,2927	1,26972

Fonte: Autoria própria

Os dados desta dimensão apontam que a ferramenta *Service Blueprint* obteve a maior média ($x=4,4146$), ressaltando a importância desta variável na dimensão Definição de requisitos de um PSS. Além disso, esta ferramenta obteve o menor desvio padrão ($\sigma = 0,94804$), representando o maior nível de concordância entre os entrevistados.

O método do *Design Thinking*, *Brainstorming*, obteve a segunda melhor média ($x=4,3171$). Segundo Hoolohan e Browne (2020) o *Design Thinking* é uma abordagem que visa a solução de problemas envolvendo princípios do *design*. Os especialistas entrevistados citaram a necessidade da inclusão destes princípios para identificação de problemas, analisando as necessidades dos clientes e as tendências do mercado.

A variável menos valorizada foi o método FMEA, com a menor média ($x=3,2927$), pois segundo os especialistas, corresponde a um método mais voltado à produtos do que ao PSS.

A dimensão Desenvolvimento de um PSS tem suas variáveis, juntamente com suas médias e desvios padrões, apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 – Médias e desvios padrões da dimensão Desenvolvimento

DIMENSÃO	MÉDIA DAS VARIÁVEIS	VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DESENVOLVIMENTO DE UM PSS	3,94	Análise SWOT	3,4146	1,16137
		IDEF0	3,9756	0,96145
		<i>Storyboard</i>	3,5610	1,18425
		<i>System Map</i>	4,3902	0,70278
		<i>Quality Function Deployment (QFD)</i>	4,0000	1,14018
		<i>Service Blueprint</i>	4,5366	0,86884
		<i>Service CAD</i>	3,8780	1,30758
		<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	3,7317	1,28500

Fonte: Autoria própria

Nesta dimensão a ferramenta *Service Blueprint* novamente obteve a maior média ($x=4,5366$). A ferramenta *System Map* apresentou a segunda melhor média e o menor desvio padrão desta dimensão, demonstrando a importância de sua aplicação nesta etapa do ciclo de vida do PSS. O método análise SWOT foi a variável menos valorizada, visto que apresentou menor média ($x=3,4146$).

Os dados da dimensão Implantação de um PSS estão representados na Tabela 3:

Tabela 3 – Médias e desvios padrões da dimensão Implantação

DIMENSÃO	MÉDIA DAS VARIÁVEIS	VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
IMPLANTAÇÃO DE UM PSS	3,47	Análise SWOT	2,8293	1,28262
		IDEF0	3,2195	1,21475
		<i>Storyboard</i>	3,3659	1,19909
		<i>System Map</i>	3,7561	1,19959
		<i>Quality Function Deployment (QFD)</i>	3,2195	1,19399
		<i>Service Blueprint</i>	4,3902	0,97155
		<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	3,5122	1,26732

Fonte: Autoria própria

Analisando os resultados desta dimensão, observa-se que a ferramenta *Service Blueprint* obteve a maior média ($x=4,3902$) e o menor desvio padrão ($\sigma=0,97155$). Esta ferramenta obteve as melhores médias para as três primeiras etapas do ciclo de vida, entretanto os especialistas sugeriram sua substituição pela ferramenta *Product Service Blueprint*, considerada mais adequada para o PSS.

A análise SWOT novamente foi a variável menos valorizada, visto que apresentou menor média ($x=2,8293$).

A dimensão Monitoramento de um PSS tem suas variáveis, juntamente com suas médias e desvios padrões, apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 – Médias e desvios padrões da dimensão Monitoramento

DIMENSÃO	MÉDIA DAS VARIÁVEIS	VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
MONITORAMENTO DE UM PSS	3,29	Análise SWOT	2,8780	1,50325
		IDEF0	3,0244	1,03653
		<i>Storyboard</i>	2,6341	1,24008
		<i>Service Blueprint</i>	3,9024	1,15769
		<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	4,0244	1,27452

Fonte: Autoria própria

Apesar de ter obtido resultados intermediários nas outras dimensões, o método *Failure mode and effect analysis (FMEA)* apresentou a maior média na etapa de monitoramento ($x=4,0244$). Isto pode ser justificado pelo fato desta dimensão estar relacionada a identificação de melhorias através da análise de eventuais falhas. A ferramenta IDEF0 foi a que apresentou menor desvio padrão ($\sigma=1,03653$) e o *Storyboard* a menor média ($x=2,6341$), correspondendo a variável menos valorizada.

Os dados da dimensão Destinação pós-uso de um PSS estão representados na Tabela 5:

Tabela 5 – Médias e desvios padrões da dimensão Destinação pós-uso

DIMENSÃO	MÉDIA DAS VARIÁVEIS	VARIÁVEL	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
DESTINAÇÃO PÓS-USO DE UM PSS	3,52	Análise SWOT	2,6098	1,39424
		IDEF0	3,0000	1,22474
		<i>Storyboard</i>	2,7561	1,33754
		Logística reversa	4,7561	0,69930
		Remanufatura	4,7073	0,74980
		<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	3,2683	1,28500

Fonte: Autoria própria

Os dados desta dimensão apontam que a logística reversa e a remanufatura obtiveram as maiores médias e os menores desvios padrões de toda a análise estatística, enfatizando a importância destas estratégias. Entretanto, os especialistas sugeriram a antecipação da logística reversa e da remanufatura para o início do ciclo, onde deve ocorrer a definição de requisitos para a sua aplicação.

A análise SWOT correspondeu a variável com menor média da análise estatística ($x=2,6098$), correspondendo a variável menos valorizada do modelo desenvolvido.

4.2 ANÁLISES FATORIAIS

Realizou-se o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para verificar se os dados obtidos são adequados para realizar a análise fatorial, onde espera-se obter valores superiores a 0,7 para as dimensões (FADHEEL; ABUSHARKH; ABDEL-QADER, 2017). Também foi realizada a análise do coeficiente Alpha de Cronbach para verificar a confiabilidade dos dados (BONETT; WRIGHT, 2015). A Figura 6 apresenta os resultados obtidos e, apontam que há a possibilidade de realizar a análise fatorial.

Tabela 6 – Marcadores de qualidade

Dimensão	Nº de variáveis	Alpha de Cronbach (qualidade da escala)	KMO (coesão da dimensão)
Linha de corte do indicador:			
		acima de 0,7	acima de 0,7
Definição de requisitos	8	0,767	0,762
Desenvolvimento	8	0,702	0,701
Implantação	7	0,840	0,778
Monitoramento	5	0,706	0,750
Destinação pós-uso	6	0,767	0,735

Fonte: Autoria própria

Obteve-se a influência exercida por cada variável através do cálculo da variância. A Tabela 7 apresenta os métodos e ferramentas que obtiveram maior percentual, possibilitando a identificação daqueles que melhor representam a sua respectiva dimensão.

Tabela 7 – Análise fatorial das dimensões

DIMENSÃO	VARIÁVEL COM MAIOR VARIÂNCIA	VARIÂNCIA (%)
DEFINIÇÃO DE REQUISITOS	<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	39,009
DESENVOLVIMENTO	<i>Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	32,049
IMPLANTAÇÃO	<i>System Map</i>	51,415
MONITORAMENTO	<i>Service Blueprint</i>	42,971
DESTINAÇÃO PÓS-USO	IDEF0	48,353

Fonte: Autoria própria

É possível concluir que a variável *Failure mode and effect analysis (FMEA)* é o principal elemento que explica as dimensões de definição de requisitos e de desenvolvimento do PSS, apresentando variância de 39,0009% e 32,049%, respectivamente. Os dados ressaltam a importância da identificação de eventuais falhas nas etapas iniciais do PSS. Entretanto, esta análise deve ser realizada durante todo o ciclo de vida, visando otimizações no sistema.

A variável *System map* obteve a maior variância da análise fatorial (51,415%), e correspondeu a ferramenta que melhor explicou a dimensão implantação de um PSS, visto seu potencial de representar detalhadamente todos os processos e fluxos de interações desta etapa.

A ferramenta *Service Blueprint* foi a variável que apresentou maior variância na etapa de monitoramento do PSS, com 42,971%, ressaltando sua capacidade de diagnosticar problemas operacionais e de contribuir com a otimização de processos.

Na etapa de destinação pós-uso a variável IDEF0 foi a que melhor explicou esta dimensão, obtendo variância de 48,353%. Isso sugere que esta ferramenta é apropriada para descrever, através de uma série hierárquica de diagramas, os processos envolvidos na destinação pós-uso dos componentes do PSS.

5. Conclusões

Através da análise bibliométrica, constatou-se um aumento progressivo de publicações sobre o PSS, o que demonstra seu potencial de diferenciação e inovação. Entretanto, ainda

existem algumas lacunas a serem preenchidas, como a abordagem sobre os métodos e ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de sistemas produto-serviço.

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar a aplicabilidade dos métodos e ferramentas que otimizam as etapas do ciclo de vida do PSS por meio da elaboração de um questionário e da realização de análises estatísticas.

Por meio das análises descritiva e fatorial, observou-se que os especialistas em PSS classificaram a aplicabilidade de grande parte das variáveis como essenciais para o seu desenvolvimento. Desta forma, considera-se a realização desta pesquisa fundamental para a identificação dos métodos e ferramentas mais adequados para a implantação de sistemas produto-serviço, sendo que através dos comentários e sugestões dos especialistas, otimizações podem ser realizadas no modelo apresentado.

Finalmente, cabe destacar que esta pesquisa está em desenvolvimento, onde pretende-se realizar a retroalimentação do modelo proposto, a fim de torná-lo mais apropriado para o desenvolvimento de sistemas produto-serviço. Destaca-se como oportunidade para estudos futuros, analisar a aplicabilidade dos métodos e ferramentas em outros casos práticos, com PSSs orientados ao produto e aos resultados.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, B.; CORREIA, W.; CAMPOS, F.. Uso da Escala Likert na Análise de Jogos. In: X SBGames, Salvador - BA, November 7th - 9th, 2011.
- AMASAWA, E., SHIBATA, T.; SUGIYAMA, H.; HIRAO, M. Environmental potential of reusing, renting, and sharing consumer products: Systematic analysis approach. **Journal of Cleaner Production**. v. 242, 2020.
- ANNARELLI, A.; BATTISTELLA, C.; NONINO, F. Competitive advantage implication of different Product Service System business models: Consequences of ‘not-replicable’ capabilities. **Journal of Cleaner Production**. v. 247, 2020.
- BAINES, T. S; LIGHTFOOT, H. W; STEVE, E.; NEELY, A; GREENOUGH, R; PEPPARD, J; ROY, R; SHEHAB, E; BRAGANZA, A; TIWARI, A; ANGUS, J. P; BASTL, M; COUSENS, A; IRVING, P; JOHNSON, M; KINGSTON, J; LOCKETT, H; MARTINEZ, V; MICHELE, P; TRANFIELD, D; WALTON, I. M; WILSON, H. State-of-the-art in product-service systems. In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: **Journal of Engineering Manufacture**. v. 221, n.10, p. 1543-1552, 2007.
- BARQUET, A. P. B.; OLIVEIRA, M. G.; ROMÁN AMIGO, C.; CUNHA, V. P.; ROZENFELD, H. Employing the business model concept to support the adoption of product-service systems (PSS). **Industrial Marketing Management**. v. 42, p. 693-704, 2013.
- BEUREN, F. H. Desenvolvimento de um modelo conceitual para a caracterização de sistemas produto-serviço com base no seu ciclo de vida. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- BEUREN, F. H.; AMARAL, C. E.; MIGUEL, P. A. C. Caracterização de um sistema produto-serviço com base no seu ciclo de vida: análise em um purificador de água disponível no Brasil. **Exacta**. v. 10, n. 1, p. 13-26, 2012.

- BEUREN, F. H.; SOUSA-ZOMER, T. T.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Proposal of a framework for product-service systems characterization. **Production**. v. 27, 2017.
- BONETT, D. G.; WRIGHT, T. A. Cronbach's alpha reliability: Interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning. **Journal of Organizational Behavior**. v. 36, p. 3-15, 2015.
- BOURSCHEIDT, M.; ROSÁRIO, C. R.; FLACH, D. H. Pesquisa de mercado: Uma análise para desenvolver a cadeia de valores de uma startup. In: XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENECEP). Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019.
- COSTA, N.; PATRÍCIO, L.; MORELLI, N.; MAGEE, C. L. Bringing Service Design to manufacturing companies: Integrating PSS and Service Design approaches. **Design Studies**. v. 55, p.112-145, 2018.
- DAI, T.; LIU, R. Dematerialization in Beijing from the perspective of material metabolism. **Journal of Cleaner Production**. v. 201, p. 792-801, 2018.
- FADHEEL, W.; ABUSHARKH, M.; ABDEL-QADER, I. On Feature Selection for the Prediction of Phishing Websites. In: IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress, Orlando, p. 871-876, 2017.
- GEUM, Y.; PARK, Y. Designing the sustainable product-service integration: a product-service blueprint approach. **Journal of Cleaner Production**. v. 19, p. 1601-1614, 2011.
- GUILLON, D.; AYACHI, R.; VAREILLES, E.; ALDANONDO, M.; VILLENEUVE, E.; MERLO, C. Product service system configuration: a generic knowledge-based model for commercial offers. **International Journal of Production Research**. v. 57, 2020.
- HOOLOHAN, C.; BROWNE, A. L. Design thinking for practice-based intervention: Co-producing the change points toolkit to unlock (un)sustainable practices. **Design Studies**. v. 67, p.102-132, 2020.
- KIM, S.; SON, C.; YOON, B.; PARK, Y. Development of an Innovation Model Based on a Service-Oriented Product Service System (PSS). **Sustainability**. v. 7., p. 14427-14449, 2015.
- LELAHA, A.; BOUCHER, X.; MOREAU, V.; ZWOLINSKI, P. Scenarios as a Tool for Transition towards Sustainable PSS. **Procedia CIRP**. v. 16, p. 122-127, 2014.
- LI, A. Q.; KUMAR, M.; CLAES, B.; FOUND, P. The state-of-the-art of the theory on Product-Service Systems. **International Journal of Production Economics**. v. 222, 2020.
- LINDAHLA, M.; SAKAOA, T.; CARLSSON, E. Actor's and System Maps for Integrated Product Service Offerings – Practical Experience from Two Companies. **Procedia CIRP**. v. 16, p. 320 – 325, 2014.
- LINDSTRÖMA, J. When moving from products and services towards Functional Products: Which sustainability-oriented customer values are of interest? v. 48, p. 16-21, 2016.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os requisitos ambientais dos produtos industriais. 1ª edição 4ª Reimpressão. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.
- MENDES, G. H. S.; OLIVEIRA, M. G.; ROZENFELD, H.; MARQUES, C. A. N.; COSTA, J. M. H. Product-Service System (PSS) design process methodologies: a systematic literature review. In: International conference on engineering design, Politecnico di Milano, Italy, 27-30 July 2015.
- OSTERWALDER, A.; PIGNEUR, Y.; BERNARDA, G.; SMITH, A. Value proposition design. Strategyzer series, Wiley, New Jersey, 2014.

- PACHECO, D. A. J.; CATEN, C. S.; JUNG, C. F.; SASSANELLI, C.; TERZI, S. Overcoming barriers towards Sustainable Product-Service Systems in Small and Medium-sized enterprises: State of the art and a novel Decision Matrix. **Journal of Cleaner Production**. v. 222, p. 903-921, 2019.
- PURWANINGSIH, R.; SUSANTO, N.; YUDHA, M. C. Penilaian Keberlanjutan UKM Batik Kota Semarang dengan Metode Product Service System. **Jurnal Teknik Industri**. v. 18, n. 1, p. 31-42, 2016.
- REIM, W.; PARIDA, V.; ORTQVIST, D. ProducteService Systems (PSS) business models and tactics e a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**. v. 97, p. 61-75, 2015.
- REIS, L. V.; SILVA, A. L. E.; CORBELLINI, R. H.; RABUSKE, F. B. O uso das ferramentas brainstorming e 5W2H no planejamento de combate a incêndio em indústrias de tabaco. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENESEP). Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016.
- TENUCCI, A; SUPINO, E. Exploring the relationship between product-service system and profitability. **Journal of Management and Governance**. 2019.
- TUKKER, A. Eight types of product service system: eight ways to sustainability? Experiences from Suspronet. **Business Strategy and the Environment**. v. 13, p.246–260, 2004.
- TUKKER, A. Product services for a resource-efficient and circular economy - a review. **Journal of Cleaner Production**. v. 97, n.15, p.76-91, 2015.
- TSENG, M-L.; WU, K-J; CHIU, A. S. F.; LIM, M. K.; TAN, K. Reprint of: Service innovation in sustainable product service systems: Improving performance under linguistic preferences. **International Journal of Production Economics**. v. 217, p.159–170, 2019.
- VAN HALEN, C., VEZZOLI, C.; WIMMER R. Methodology for Product-Service System Innovation, How to implement clean, clever and competitive strategies in European industries. ISBN: 90-232-4143-6, Royal Van Gorcum, Assen, Netherlands, 2005.
- WAISSI, G. R; DEMIR, M.; HUMBLE, J. E.; LEV, B. Automation of strategy using IDEF0 — A proof of concept. **Operations Research Perspectives**. v. 2, p. 106–113, 2015.
- YANG, M.; EVANS, S.; VLADIMIROVA, D.; RANA, P. Value uncaptured perspective for sustainable business model innovation. **Journal of Cleaner Production**. v. 140, part 3, p. 1794-1804, 2017.