

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
CAMPUS TAQUARAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA CONCEBER UM SISTEMA
PRODUTO-SERVIÇO MODULARIZADO

LORENA HERNÁNDEZ MASTRAPA
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon

Piracicaba

2021

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
CAMPUS TAQUARAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA CONCEBER UM SISTEMA PRODUTO-
SERVIÇO MODULARIZADO**

LORENA HERNÁNDEZ MASTRAPA

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

Piracicaba

2021

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIMEP
Bibliotecário: Fábio Henrique dos Santos Corrêa – CRB: 8/10150

M423p Mastrapa, Lorena Hernández
Proposta de um método para conceber um Sistema Produto-Serviço Modularizado / Lorena Hernández Mastrapa. – 2021.
164 fls.; il.; 30 cm.

Orientador (a): Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon.
Tese (Doutorado) – Universidade Metodista de Piracicaba,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Santa
Bárbara D'Oeste, 2021.

1. Sistema Produto-Serviço. 2. PSS. 3. Servitização. 4. PSS modularizado. I. Simon, Alexandre Tadeu. II. Título.

CDD – 670

PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA CONCEBER UM SISTEMA PRODUTO-SERVIÇO (PSS) MODULARIZADO

LORENA HERNÁNDEZ MASTRAPA

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 22 de setembro de 2021, pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:



Prof. Dr. Alexandre Tadeu Simon - PPGE/UNIMEP
Presidente e Orientador



Prof. Dr. Fernando Celso de Campos – PPGE/UNIMEP



Prof. Dr. Milton Vieira Júnior - PPGE/UNIMEP



Prof. Dr. Glauco Henrique de Sousa Mendes – UFSCar



Profa. Dra. Maria Célia de Oliveira - Mackenzie

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter permitido que eu alcançasse mais um sonho.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional.

A meu esposo, pelo apoio e parceria na profissão e na vida.

Às professoras Maria Rita Pontes de Assumpção e Maria Celia pelas orientações durante o desenvolvimento da tese.

Ao professor Alex pela orientação, ajuda infinita e incondicional que permitiram que eu conseguisse concluir minha pesquisa.

À CAPES e a UNIMEP, pela bolsa de estudo concedida.

MASTRAPA, L.H. **Proposta de um método para conceber um Sistema Produto-Serviço Modularizado**. 2021. 166f. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção-Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP.

RESUMO

Sistema Produto-Serviço (PSS) é uma estratégia que permite às empresas redirecionar o fornecimento de produtos para o fornecimento de soluções por meio da integração de produtos e serviços que satisfaçam às necessidades dos clientes. A oferta de serviços associados a produtos traz vantagens para o cliente, como elevada qualidade de serviço, operação ideal dos produtos adquiridos, maior transparência nos custos e processos, e segurança do investimento. O desafio para as empresas é ofertar combinações de PSS diferenciados e personalizados, de forma eficiente, ou seja, com o mínimo de erros e dispêndios para a empresa fornecedora, mantendo controlados os custos decorrentes da personalização. Pesquisas mostram que a solução para o *trade-off* entre personalização e custos está na modularização do PSS. Observa-se, no entanto, que a maioria das pesquisas em modularidade de PSS tem como foco a modularização do produto ou a modularização do serviço e não existe uma arquitetura que contemple ambos, simultaneamente, em um único módulo PSS. O objetivo desta tese é propor um método para conceber PSS Modularizado, que atenda, simultaneamente, às exigências do produto e do serviço e que forneça soluções personalizadas e flexibilidade na oferta a um custo reduzido, atendendo às necessidades de fornecedor e consumidor. O desenvolvimento do método apoia-se na metodologia *Design Science Research* e na combinação de métodos de apoio à tomada de decisão. A condução de dois estudos de caso permitiu verificar a aplicabilidade e viabilidade do método. Esta pesquisa contribui para o avanço da teoria sobre PSS modularizado por identificar e sistematizar os requisitos para sua concepção. Contribui para a prática ao apresentar um método que permite conceber PSS Modularizado contemplando tanto exigências do produto quanto do serviço, com soluções flexíveis e viáveis, além de permitir criar PSS a partir de itens isolados de produtos e serviços.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Produto-Serviço; PSS; Servitização; PSS
MODULARIZADO.

MASTRAPA, L.H. **Proposal of a method to design a Modularized Product-Service System.** 2021. 166f. Doctoral Thesis in Production Engineering - Methodist University of Piracicaba, Piracicaba, SP.

ABSTRACT

Product-Service System (PSS) is a strategy that allows companies to redirect the supply of products to the provision of solutions through the integration of products and services that satisfy customer needs. Offering services associated with products brings advantages to the customer, such as high quality of service, optimal operation of purchased products, greater transparency in costs and processes, and investment security. The challenge for companies is to offer combinations of differentiated and customized PSS, efficiently, that is, with minimal errors and expenses for the supplier company, keeping the costs resulting from customization under control. Researches show that the solution to the trade-off between customization and cost lies in PSS modularization. It is observed, however, that most researches on PSS modularity focus on product modularization or service modularization, and there is no architecture that contemplates both, simultaneously, in a single PSS module. The objective of this thesis is to propose a method to design Modularized PSS, which simultaneously meets the requirements of the product and the service, and which provides customized solutions and flexibility in the offer at a reduced cost, meeting the needs of both supplier and clients. The method development is supported by the Design Science Research methodology and the combination of decision support methods. Conducting two case studies allowed to verify the applicability and feasibility of the method. This research contributes to the advancement of modularized PSS theory by identifying and systematizing the requirements for its conception. It contributes to the practice by presenting a method that allows designing Modularized PSS contemplating both product and service requirements, with flexible and viable solutions, in addition to allowing the creation of PSS from isolated items of products and services.

KEYWORDS: *Product-Service System; PSS; Servitization; Modularized PSS.*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	II
LISTA DE QUADROS	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO	5
1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1 SISTEMA PRODUTO-SERVIÇO	7
2.1.3 DEFINIÇÕES DO PSS	7
2.1.4 CLASSIFICAÇÃO DO PSS	14
2.2 MODULARIZAÇÃO	17
2.3 MÉTODOS DE CONCEPÇÃO DE PSS MODULARIZADO	23
2.4 TÉCNICA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO	33
2.5 <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>	39
3 MÉTODO DE PESQUISA	44
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	44
3.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA	44
3.2.1 ÉTAPA 1. ANÁLISE DA LITERATURA	46
3.2.2 ÉTAPA 2. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	52
4 MÉTODO PARA A CONCEPÇÃO DO PSS MODULARIZADO	55
4.1 CICLO DE RELEVÂNCIA	55
4.1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA	55
4.1.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DE PESQUISA	55
4.1.3 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO.....	56
4.1.4 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO.....	57
4.2 CICLO DE RIGOR	58
4.2.1 SELEÇÃO DO CONCEITO DE PSS	58
4.2.2 SELEÇÃO DO CONCEITO DE PSS MODULARIZADO.....	59
4.3 CICLO DE PROJETO.....	59
4.3.1 ÉTAPA DE CONSCIENTIZAÇÃO.....	59
4.3.2 ÉTAPA DE SUGESTÃO.....	61
4.3.3 ÉTAPA DE DESENVOLVIMENTO	67
4.3.4 ÉTAPA DE AVALIAÇÃO.....	68
4.3.5 ÉTAPA DE FINALIZAÇÃO	86
5 APLICAÇÕES DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO DE PSS MODULARIZADO DE ILUSTRAÇÃO	88
6 CONCLUSÕES	119
6.1 TRABALHOS FUTUROS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
APÊNDICE	144

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PRINCIPAIS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DO PSS	16
FIGURA 2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PSS MODULARIZADO	22
FIGURA 3. CICLOS DO <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i>	41
FIGURA 4. METODOLOGIA GERAL DE <i>DESIGN RESEARCH</i>	42
FIGURA 5. ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA.....	45
FIGURA 6. MÉTODO PARA O DESENVOLVIMENTO DA RSL. ADAPTADO DE KITCHENHAM E CHARTERS (2007)	46
FIGURA 7. CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO	58
FIGURA 8. VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA DO MÉTODO PROPOSTO PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO	60
FIGURA 9. DIAGRAMA CAUSAL, DE ACORDO AO GRAU DE IMPORTÂNCIA (DI+RJ) E AO TIPO DE EFEITO (DI-RJ).	76
FIGURA 10. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS REQUISITOS AVALIADOS.....	77
FIGURA 11. GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DOS PSS CAUSA E EFEITO	80
FIGURA 12. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS PSS.....	81
FIGURA 13. GRÁFICO DE PARETO	86
FIGURA 14. MÉTODO DE CONCEPÇÃO DE PSS MODULARIZADO.....	87
FIGURA 15. GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DOS PSS CAUSA E EFEITO	93
FIGURA 16. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS PSS.....	93
FIGURA 17. GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DOS PSS CAUSA E EFEITO	105
FIGURA 18. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS PSS.....	106

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ESCALA DE AVALIAÇÃO	71
TABELA 2. ETAPA1. MATRIZ A	72
TABELA 3. MATRIZ X.....	73
TABELA 4. MATRIZ I-X.....	73
TABELA 5. INVERSA I-X	74
TABELA 6. MATRIZ T	74
TABELA 7. VALORES DE D_i , R_j , GRAU DE IMPORTÂNCIA, EFEITO E CLASSIFICAÇÃO.....	75
TABELA 8. ETAPA1. MATRIZ A	78
TABELA 9. MATRIZ X.....	78
TABELA 10. MATRIZ I-X.....	78
TABELA 11. MATRIZ INVERSA I-X	79
TABELA 12. MATRIZ $T = X * INVERSA(I-X)$	79
TABELA 13. CLASSIFICAÇÃO DO PSS SEGUNDO GRAU DE IMPORTÂNCIA E EFEITO, E RANKING	79
TABELA 14. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS	81
TABELA 15. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS	82
TABELA 16. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS PSS MODULARIZADO EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB)	83
TABELA 17. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA.....	83
TABELA 18. VALORES E_i E F_i	84
TABELA 19. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS	85
TABELA 20. ESCALA DE AVALIAÇÃO.....	90
TABELA 21. ETAPA1. MATRIZ A	91
TABELA 22. MATRIZ X.....	91
TABELA 23. MATRIZ I-X.....	91
TABELA 24. MATRIZ INVERSA I-X	91
TABELA 25. MATRIZ $T = X * INVERSA(I-X)$	92
TABELA 26. CLASSIFICAÇÃO DO PSS SEGUNDO GRAU DE IMPORTÂNCIA E EFEITO, E RANKING	92
TABELA 27. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS	94
TABELA 28. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS PSS MODULARIZADOS EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB)	95
TABELA 29. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA.....	96
TABELA 30. VALORES E_i E F_i	96

TABELA 31. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS	97
TABELA 32. ETAPA1. MATRIZ A	101
TABELA 33. MATRIZ X.....	102
TABELA 34. MATRIZ I-X.....	102
TABELA 35. MATRIZ INVERSA I-X.....	103
TABELA 36. MATRIZ $T = X * INVERSA(I-X)$	104
TABELA 37. CLASSIFICAÇÃO DO PSS SEGUNDO GRAU DE IMPORTÂNCIA E EFEITO, E RANKING	105
TABELA 38. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS (CONTINUAÇÃO)	108
TABELA 39. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS PSS MODULARIZADOS EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB) (CONTINUAÇÃO)	109
TABELA 40. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA (CONTINUAÇÃO)	111
TABELA 41. VALORES E_i E F_i (CONTINUAÇÃO)	113
TABELA 42. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS (CONTINUAÇÃO).....	116

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. DEFINIÇÕES DE PSS NA LITERATURA	(CONTINUAÇÃO).....	8
QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO (CONTINUAÇÃO).....		25
QUADRO 3. TIPOS DE ARTEFATOS.....		40
QUADRO 4. PASSO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR MANSON (2006).....		42
QUADRO 5. DESCRIÇÃO E RESULTADO DAS ETAPAS APLICADAS NAS RSLs.....		47
QUADRO 6. TIPOS DE PSS MODULARIZADO		56
QUADRO 7. REQUISITOS PARA MODULARIZAÇÃO SEGUNDO OS TIPOS DE PSS MODULARIZADO		57
QUADRO 8. AMPLITUDES E ESCALAS DAS VARIÁVEIS		62
QUADRO 9. CARTEIRA DE PRODUTOS.....		68
QUADRO 10. CARTEIRA DE SERVIÇOS		68
QUADRO 11. CARTEIRA DE PSS.....		69
QUADRO 12. REQUISITOS DO PSS MODULARIZADO.....		69
QUADRO 13. PSS FORNECIDOS PELA EMPRESA		88
QUADRO 14. REQUISITOS DO PSS		89
QUADRO 15. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS		94
QUADRO 16. PSS FORNECIDOS PELA EMPRESA		98
QUADRO 17. REQUISITOS DO PSS	(CONTINUAÇÃO)....	99
QUADRO 18. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS (CONTINUAÇÃO)		107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - *Analytic Hierarchical Process*

ANP - *Analytic Network Process*

BPA's – *Basic Probability Assignments* (Atribuições básicas de probabilidade)

BSC - *Balanced Scorecard*

CNC – *Controle Numérico Computadorizado*

DEMATEL - *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory*

DS - *Dempster-Shafer theory*

ELECTRE - *ELimination Et Choix Traduisant la REalit'e*

FDSM – *Fuzzy Design Structure Matrix*

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

GRA - *Grey Relational Analysis*

IFNs - *Intuitionistic Fuzzy Numbers*

IFSs - *Intuitionistic Fuzzy Sets*

MCMDM - *Multi Criteria Decisison Making Methods*

NSGA II – *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II*

OEMs – *Originals Equipment of Manufacturers*

PSS - *Product Service System*

QFD - *Quality Function Development*

RSL - *Revisão Sistemática da Literatura*

SAGA – *Simulated Annealing and Genetic Algorithm*

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats Matrix*

TI – *Tecnologia da Informação*

TOPSIS - *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*

VIKOR – *Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje*

WDG – *Weighted Directed Graph*

1 INTRODUÇÃO

No mercado globalizado, a oferta de produtos personalizados tem se estabelecido como recurso competitivo para atender as necessidades e preferências individuais dos clientes (LARSEN *et al.*, 2018; ANNARELLI, BATTISTELLA e NONINO, 2020). Essa é uma tendência que vem se firmando desde o final do século XX, quando as indústrias vão além da produção de bens materiais, para oferecer produtos e serviços com base no conhecimento e na informação (ROY e BAXTER, 2009; WANG *et al.*, 2011; ANNARELLI, BATTISTELLA e NONINO, 2020). Observa-se dessa maneira que as empresas estão desenvolvendo serviços industriais para criar negócios com seus clientes, a fim de fidelizá-los, apoiando-os ao longo do ciclo de vida dos produtos comercializados (YU, ZHANG e MEIER, 2008; GENG, JIN e ZHANG 2019).

Nesse modelo de negócio de produtos físicos, orientado a serviços, os serviços são adicionados aos produtos para aumentar a receita, o valor aos clientes e a dependência dos clientes em relação ao uso dos produtos (BAINES *et al.*, 2009; CURIAZZI *et al.*, 2016; GENG, JIN e ZHANG, 2019).

A oferta de serviços associados a produtos também traz vantagens muito importantes para o cliente, como melhor qualidade de serviço por meio de supervisão personalizada e qualificada baseada na rede de fornecedores, operação ideal dos produtos adquiridos, maior transparência nos custos e processos ao longo do ciclo de vida, além da segurança do investimento por meio da oferta de serviços orientados ao ciclo de vida (YU, ZHANG e MEIER, 2008; LI *et al.*, 2019).

Essa estratégia tem recebido diferentes terminologias, que variam de acordo com a abordagem de análise dos pesquisadores, sua formação acadêmica, experiência profissional e expectativa para uso deste conceito. Entre as diversas terminologias pode-se citar: *Functional Product* (TUKKER e TISCHNER, 2006), *Industrial Product Service System* (MEIER, ROY e SELIGER, 2010), *Production Service System* (QU *et al.*, 2011), Engenharia Integrada de Serviços ao Produto (NILSSON, SUNDIN e LINDAHL, 2018). A

terminologia adotada neste trabalho é Sistema Produto-Serviço (PSS - *Product-Service System*), utilizada por Tukker e Tischner (2006); Parida *et al.* (2014); Rabetino *et al.* (2018); Song (2019), pois além de explicar a transição da lógica de produto para a lógica de serviço incorporado ao produto, é a terminologia mais utilizada nas pesquisas mais citadas sobre o tema.

Os Sistemas Produto-Serviço (PSS) têm como objetivo redirecionar o fornecimento de produtos físicos para o fornecimento de soluções a partir da integração de produtos e serviços que, conjuntamente, satisfazem as necessidades dos clientes (TUKKER e TISCHNER, 2006; ULAGA e REINARTZ, 2011; KOWALKOWSKI *et al.*, 2015; RABETINO *et al.*, 2015; ANNARELLI, BATTISTELLA e NONINO, 2020). Os PSS podem ser classificados em três categorias: *i*) Serviços orientados a produtos, quando o modelo de negócios ainda é voltado principalmente para a venda de produtos, mas alguns serviços extras são adicionados; *ii*) Serviços orientados ao uso, quando o produto tradicional ainda desempenha um papel central, mas o modelo de negócios não é voltado para a venda de produtos; *iii*) Serviços orientados a resultados, nessa modalidade, o PSS ainda tem um produto bastante comum como base, mas o usuário não compra mais o produto, apenas a sua funcionalidade de acordo com o nível de uso, isto é, o fornecedor mantém a propriedade do produto e o cliente, paga apenas pelos resultados entregues por aquele produto (TUKKER e TISCHNER, 2006).

Para Lightfoot e Gebauer (2011); Baines e Lightfoot (2013); Visnjic *et al.* (2017); Kohtamäki *et al.* (2019), PSS são soluções personalizadas envolvendo produtos, *softwares*, serviços avançados e novos modelos de negócios que ampliam as ofertas dos fabricantes para a venda de serviços operacionais e baseados em desempenho. Song (2019) define o PSS como coleções de elementos físicos tecnológicos e elementos de serviço integrados para resolver os problemas do cliente. Este autor ainda reforça que PSS envolve compartilhamentos de produtos e serviços em um sistema.

Vale destacar que, para garantir a competitividade das empresas, além de se tornarem mais personalizadas, as ofertas tornaram-se muito mais complexas, e raramente contemplam apenas bens puramente tangíveis ou serviços puros, mas pacotes que combinam elementos diferentes de tipos de

serviços e produtos e informações, ou seja, pacotes que combinam diferentes PSS (BRAX e JONSSON, 2009).

Nesse contexto, o grande desafio para as empresas passa a ser oferecer ao mercado combinações de PSS diferenciados e personalizados, de forma eficiente, ou seja, com o mínimo de erros e dispêndios para a empresa fornecedora e mantendo controlados os custos decorrentes da personalização (KOHTAMÄKI, RABETINO e EINOLA, 2018).

Segundo Song e Sakao (2018) e Khan e Wuest (2018) a solução para o *trade-off* entre personalização e custos está na modularização do PSS.

O PSS Modularizado é composto por módulos padronizados de PSS, que são combinados para atender às necessidades individualizadas dos clientes (LI *et al.*, 2012) e o seu desenvolvimento deve considerar os fatores de influência mútua entre produtos e serviços (WANG *et al.*, 2011; LARSEN *et al.*, 2018). Para Song (2019), o módulo PSS contém: conjunto de processos, produtos, serviços, operações, pessoas ou outros objetos, com forte dependência entre eles. A dependência entre os PSS é a característica que permitirá a construção do PSS Modularizado. Ela pode se apresentar pela similaridade entre os produtos, serviços operações, pessoas ou outros objetos entre PSS. Portanto, o PSS Modularizado pode estar composto por mais de um PSS, já existentes, ou pela combinação de produtos e serviços com forte dependência entre eles.

Observa-se, no entanto, que a maioria das pesquisas sobre PSS modularizado tem como foco a modularização do produto ou a modularização do serviço (BRAX *et al.*, 2017; LARSEN *et al.*, 2018; EZZAT *et al.*, 2019; GENG, JIN e ZHANG, 2019; SONG, 2019). Pouca atenção tem sido direcionada à modularização em um ambiente PSS, ou seja, não existe uma arquitetura que contemple, ao mesmo tempo, produtos e serviços em um único módulo PSS (BRAX *et al.*, 2017). Os métodos para conceber PSS modularizado encontrados na literatura foram estruturados de forma a modularizar o serviço adicionado ao produto (LI *et al.*, 2012; SONG *et al.*, 2015; SONG e SAKAO, 2017), ou orientado à modularização do produto para adicionar serviços, como os de remanufatura e manutenção (FADEYI, MONPLAISIR e AGUWA, 2017; KHAN e WUEST, 2018). Constata-se, portanto, que nenhum desses métodos foi estruturado sob a ótica de que os PSS consistem em produtos e serviços

integrados e, além disso, não foram considerados no seu desenvolvimento os fatores de influência mútua entre produtos e serviços.

De uma maneira geral, nos métodos para conceber PSS modularizado, desenvolvidos nos últimos dez anos, basicamente são avaliados os requisitos dos produtos e serviços, uma vez que são componentes imprescindíveis no módulo de PSS (HÖLTTÄ-OTTO, TANG, OTTO, 2012; LI *et al.*, 2012; SHENG *et al.*, 2015; FADEYI *et al.*, 2017; SONG e SAKAO, 2017; SAKAO, SONG, MATSCHEWSKY, 2017; LI *et al.*, 2018; SHENG *et al.*, 2017 a, b; SONG, 2018; EZZAT *et al.*, 2019; FARGNOLI, HABER, SAKAO, 2019; GENG, JIN, ZHANG, 2019; LI *et al.*, 2019). No entanto, apenas alguns desses métodos analisam os requisitos dos consumidores, elementos fundamentais na construção e na personalização dos PSS (LI *et al.*, 2012; SONG e SAKAO, 2017; SAKAO, SONG, MATSCHEWSKY, 2017; SHENG *et al.*, 2017 a,b; LI *et al.*, 2018; SONG, 2019; EZZAT *et al.*, 2019; FARGNOLI, HABER, SAKAO, 2019; GENG, JIN, ZHANG, 2019; LI *et al.*, 2019).

Dentre os requisitos dos consumidores, o custo é reconhecido por Tukker (2015), como requisito fundamental no PSS, porque o componente produto do PSS é o fator de maior custo. Com a avaliação do custo as empresas terão um incentivo para prolongar a vida útil dos produtos, para garantir que eles sejam usados tão intensamente quanto possível, para torná-los o mais eficiente em termos de custo. Além disso Hölttä-Otto, Tang e Otto (2012) afirmaram que os custos para incluir serviços devem ser atrativos para o fabricante do produto, bem como, para os clientes do mercado de serviço do produto. Os custos para o cliente impactam seu cálculo do valor em uso. Segundo Shen, *et al.* (2015) entre os métodos de desenvolvimento do Sistema Produto-Serviço, o projeto modular pode atender às necessidades individuais dos clientes rapidamente a baixo custo e encurtar o ciclo de desenvolvimento do sistema produto-serviço de forma eficaz. A ausência da análise desses requisitos pode gerar uma estratégia inviável para a empresa tanto do ponto de vista da demanda dos consumidores quanto dos custos. Uma análise na literatura sobre o tema indica que apenas alguns dos métodos avaliam custos (HÖLTTÄ-OTTO, TANG e OTTO, 2011; SHENG, XU, SONG, 2015; LI *et al.*, 2015; SONG e SAKAO, 2017; LI *et al.*, 2018; SONG, 2019; EZZAT *et al.*, 2019; GENG *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2019).

Um outro requisito fundamental é a flexibilidade que, segundo Song e Sakao, (2017), é uma variável que, se considerada na configuração de módulos, pode ajudar o provedor de produtos e serviços a obter customização do PSS. Ao contrário do serviço pós-venda padronizado convencional, como o fornecimento de peças de reposição, o PSS oferece um portfólio de serviços personalizados para atender com flexibilidade aos requisitos do cliente (KINDSTROM e KOWALKOWSKI, 2009). Para Fadeyi, *et al.* (2017), as indústrias não estão mais procurando uma melhor solução para um problema, mas um conjunto de soluções viáveis que permitam flexibilidade de escolha. Observa-se, também, que apenas alguns dos métodos estudados analisam a flexibilidade ao criar os módulos PSS (SONG e SAKAO, 2017; SUN *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2018; SONG, 2019).

Portanto, constata-se que não existe na literatura um método para conceber PSS Modularizado, seja por meio da combinação de PSS ou combinação de produtos e serviços, que atenda às exigências tanto de um produto quanto de um serviço modular de forma simultânea, que seja flexível, que auxilie na personalização de soluções e que avalie os custos de adotar esta estratégia em empresas manufatureiras.

A partir dessa contextualização propõe-se a seguinte questão de pesquisa: **“Como desenvolver PSS Modularizado, que atenda simultaneamente às exigências tanto do produto quanto do serviço, e que possa fornecer soluções personalizadas e flexibilidade na oferta a um custo reduzido?”**

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é propor um método, para conceber um Sistema Produto-Serviço Modularizado, de forma planejada que atenda às exigências do produto e do serviço de forma simultânea, para fornecer soluções personalizadas e flexibilidade na oferta a um custo reduzido.

Esse método apoiar-se-á em técnicas de tomada de decisão multicritérios para o fornecimento e escolha das soluções mais próximas das ótimas.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos tem-se:

1. Identificar na literatura os métodos para concepção de PSS modularizado existentes;
2. Identificar e definir os requisitos para conceber PSS modularizado.
3. Definir os métodos e ferramentas para tomada de decisão no processo de concepção de PSS modularizado que contemple produto e serviço de forma simultânea.
4. Definir uma ferramenta adequada para desenvolver o método de concepção de Sistema Produto-Serviço Modularizado.
5. Aplicar o método proposto em uma empresa para sua validação.

Espera-se que esta pesquisa venha contribuir tanto para com a teoria como para com a prática, propondo um método que permita às empresas fornecedoras de PSS ou interessadas em oferecer PSS, atender as exigências dos clientes de forma flexível, com custo reduzido.

1.2 Estrutura da tese

A presente pesquisa é composta por cinco capítulos. O capítulo introdutório aborda, principalmente, o tema, a lacuna, o objetivo e relevância desta pesquisa. O Capítulo 2 apresenta o estado da arte do PSS, as vantagens da modularização, os métodos existentes para conceber PSS modularizado, assim como as ferramentas de apoio à tomada de decisão que contribuíram no desenvolvimento da proposta desta pesquisa. O Capítulo 3 apresenta a classificação da pesquisa, a abordagem metodológica e os procedimentos aplicados para o desenvolvimento da pesquisa. O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento do método para conceber um Sistema Produto-Serviço Modularizado, apoiado no *Design Science Research*. O Capítulo 5 apresenta a validação do método, a partir da condução de uma aplicação de ilustração, assim como a discussão dos resultados obtidos. Por fim o Capítulo 6 apresenta as principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são abordadas as principais definições e as principais investigações utilizadas para o desenvolvimento desta tese, identificadas por meio de revisões narrativas e sistemáticas da literatura. Este referencial teórico está dividido em cinco seções: (1) Definição e classificação do PSS; (2) PSS modularizado e seus benefícios; (3) Métodos de concepção de PSS modularizado e (4) Descrição das técnicas de auxílio à tomada de decisão; (5) *Design Science Research*.

2.1 SISTEMA PRODUTO-SERVIÇO

A definição do PSS vem evoluindo desde o final do século XX, quando se começou a perceber a tendência de adicionar serviços aos produtos comercializados por empresas de manufatura. O termo, PSS, vem de uma vertente ou evolução da servitização. Dentre os precursores na definição do termo servitização encontram-se, Vandermwere e Rada (1988), que definiram este termo como um movimento das empresas modernas no sentido de oferecer pacotes mais completos de mercado de combinações de produtos, serviços, suporte, autoatendimento e conhecimento focados no cliente.

A partir das pesquisas relacionadas, pode-se perceber que os diferentes termos associados ao PSS, estão divididos em dois grandes grupos: os dedicados à Engenharia, nos quais são abordados técnicas e métodos para inserir o PSS nos processos de concepção e na transformação do produto na cadeia de produção, com o intuito de agregar valor ao produto, e os associados a modelos de Negócios, onde também são apresentados técnicas e métodos, mas para inserir o PSS como uma forma de comercialização de serviços em produtos já existentes ou em novos ou vice-versa que, da mesma forma que os termos associados à Engenharia, buscam agregar valor.

2.1.3 DEFINIÇÕES DO PSS

Na análise da literatura observou-se uma evolução dos conceitos e definições relacionados ao PSS, como mostra o Quadro 1. Neste Quadro 1

deu-se continuação à análise apresentada por Haber e Fargnoli (2017). Estas definições, ao longo do tempo foram adquirindo robustez e adicionando atributos ao PSS devido a sua evolução mediante a aplicação desta estratégia nas diferentes empresas manufactureiras.

QUADRO 1. DEFINIÇÕES DE PSS NA LITERATURA (CONTINUAÇÃO)

Autor	Definição do PSS
Goedkoop <i>et al.</i> 1999	O Sistema Produto-Serviço é um conjunto comercializável de produtos e serviços capazes de atender conjuntamente às necessidades de um usuário. O sistema Produto-Serviço (P-S) é fornecido por uma única empresa ou por uma aliança de empresas. Pode incluir produtos (ou apenas um) mais serviços adicionais. Pode incluir um serviço mais um produto adicional. E produto e serviço podem ser igualmente importantes para o cumprimento da função.
Manzini e Vezzoli, 2002	Um Sistema Produto-Serviço pode ser definido como o resultado de uma estratégia de inovação, mudando o foco da empresa, desde design e venda de produtos físicos, até a venda de um sistema de produtos e serviços, capazes de atender conjuntamente às demandas específicas dos clientes.
Brandstotter <i>et al.</i> 2003	Um PSS consiste em produtos tangíveis e serviços intangíveis, projetados e combinados para que sejam capazes de atender conjuntamente às necessidades específicas do cliente. Além disso, um sistema de serviço do produto tenta atingir as metas de desenvolvimento sustentável.
Mont, 2003	Um Sistema Produto-Serviço é um sistema de produtos, serviços, redes de atores e infraestrutura de suporte que se esforça continuamente para ser competitivo, satisfazer as necessidades do cliente e ter um impacto ambiental menor do que os modelos de negócios tradicionais.
Tukker e Tischner, 2006	São um tipo específico de proposição de valor que uma empresa (rede) oferece (ou co-produz) com seus clientes. O PSS “consiste em uma mistura de produtos tangíveis e serviços intangíveis projetados e combinados para que, juntos, sejam capazes de atender às necessidades do cliente final”. O conceito PSS assenta em dois pilares: 1. Inerentemente, a funcionalidade ou satisfação final que o usuário deseja realizar como ponto de partida do desenvolvimento de negócios (em vez de o produto cumprir essa funcionalidade). 2. Elaborar o sistema (comercial) que fornece a essa funcionalidade uma mentalidade “ecológica” (em vez de considerar as estruturas, rotinas e a posição da própria empresa como garantidas).

QUADRO 1. DEFINIÇÕES DE PSS NA LITERATURA (CONTINUAÇÃO)

Autor	Definição do PSS
Baines <i>et al.</i> 2007	Um PSS é uma oferta integrada de produtos e serviços que agrega valor em uso. Um PSS oferece a oportunidade de dissociar o sucesso econômico do consumo de material e, portanto, reduzir o impacto ambiental da atividade econômica. A lógica do PSS tem como premissa a utilização do conhecimento do fabricante do projeto para aumentar o valor como saída e diminuir o material e outros custos como entrada para o sistema.
Leimeister e Glauner, 2008	A interligação inteligente de produtos e serviços físicos que são já na fase de projeto e desenvolvimento intimamente ligada. Deles, componentes individuais podem ser separados entre si apenas com dificuldade.
Sakao e Lindahl, 2009	Sistemas de serviço de produto são um conceito que integra produtos e serviços em um escopo de planejamento, desenvolvimento e entrega, assim, para todo o ciclo de vida.
Tischner Ryan e Vezzoli, 2009	Sistema de produtos e serviços (e infraestrutura), para lidar com as necessidades e demandas dos clientes de maneira mais eficiente e com melhor valor para empresas e clientes, em comparação à oferta apenas de produtos. O PSS pode dissociar a criação de valor do consumo de materiais e energia e, assim, reduzir significativamente o impacto ambiental no ciclo de vida dos sistemas de produtos tradicionais.
Song (2019)	Coleções de elementos físicos tecnológicos e elementos de serviço integrados para resolver os problemas do cliente. Envolve compartilhamentos de produtos e serviços em um sistema.
Meier, Roy e Seliger, 2010	Sistema de Serviço do Produto (PSS): sistema que combina produtos e serviços físicos que foram integrados e otimizados da perspectiva do ciclo de vida em relação ao valor do cliente.
Zhang <i>et al.</i> , 2011	Um sistema de serviço do produto é um sistema integrado de pessoas, produtos e serviços envolvidos na busca de benefícios econômicos, sociais e ambientais do ciclo de vida, enquanto atende às necessidades do cliente por meio de valor agregado.
Van Ostaeyen, 2014	Um sistema de serviço de produto é uma oferta integrada de produtos e serviços com um mecanismo de receita baseado na disponibilidade, uso ou desempenho de vendas.
Li e Found, 2016	PSS é uma mudança comercial do projeto e venda somente de produtos físicos para a venda de um sistema de produtos e serviços capazes de atender conjuntamente à demanda específica do cliente.

QUADRO 1. DEFINIÇÕES DE PSS NA LITERATURA (CONCLUSÃO)

Autor	Definição do PSS
Kuijken, Gemser e Wijnberg, 2017	O PSS envolve ofertas que incluem uma ou mais funcionalidades do produto e uma ou mais funcionalidades de serviço associadas.
Zheng <i>et al.</i> , 2018	Smart PSS é uma estratégia de negócios de co-criação de valor baseada em TI que consiste em várias partes interessadas como atores, sistemas inteligentes como infraestrutura, produtos inteligentes e conectados como mídia e ferramentas e seus serviços eletrônicos gerados como os principais valores entregues.
Geng, Jin e Zhang, 2019	Paradigma de fabricação dominado por serviços, fornecendo produtos e serviços integrados que agregam valor em uso. Estratégia de negócio que estende a funcionalidade tradicional do produto incorporando serviços adicionais.
Annarelli, Battistella e Nonino, 2020	A integração de produtos e serviços pode trazer um potencial inovador não negligenciável, garantindo competitividade e, ao mesmo tempo, permitindo que as empresas atendam às preocupações ambientais e forneçam ofertas mais sustentáveis no mercado.

A evolução apresentada no Quadro 1, expõe as tendências e necessidades que surgem, ao longo do tempo e que vão sendo acrescentadas ao termo PSS. Goedkoop *et al.* (1999) apresentou a primeira definição formal de um Sistema de Serviço ao Produto (PSS), definindo seus três elementos constitucionais: Produto: uma mercadoria tangível fabricada para ser vendida, capaz de atender à necessidade de um usuário; Serviço: atividade executada por terceiros com valor econômico e frequentemente realizada em base comercial; Sistema: uma coleção de elementos, incluindo suas relações. A definição apresentada pelo autor foca na comercialidade de um produto e vários serviços ou um ou mais serviços associados a vários produtos, igualmente importantes por uma empresa ou uma aliança entre empresas.

Desde então, muitas pesquisas foram dedicadas à definição de conceitos, características, benefícios, aplicações, metodologias de design e sistemas de aplicações do PSS (BAINES *et al.*, 2007; BEUREN *et al.*, 2013).

Na definição apresentada por Manzini e Vezzoli (2002) são ressaltadas as características estratégica e inovadora ao longo do processo de design do

produto e a venda do PSS, evidenciando o poder de customização para atender demandas específicas dos clientes.

Na definição apresentada por Brandstotter *et al.* (2003), o termo sustentabilidade é adicionado dando significado ao impacto que o PSS possa ter não só economicamente para a empresa ou usuário, mas para a sociedade e meio ambiente. Além disso, estes autores declararam que, o Sistema de serviços inseridos no PSS pode atender de forma conjunta necessidades específicas dos consumidores, o que não pode ser alcançado com o oferecimento de produtos de forma exclusiva.

Mont (2004) apresenta o PSS como um modelo de negócio onde o sistema é composto além do produto e o serviço, por redes de atores e infraestrutura de suporte e, ainda o coloca como uma solução que traz um menor impacto ao meio ambiente comparado aos modelos de negócios tradicionais.

Tukker e Tischner (2006), na sua definição ressaltaram que, o PSS é uma proposta de valor de uma empresa ou uma rede de empresas. Além disto a empresa, pode produzir ou coproduzir, no caso de uma rede, esta proposta de valor. Dentre os componentes do PSS dois pilares fundamentais se destacam: (1) o ponto de partida do desenvolvimento destes negócios é a funcionalidade inerente ou satisfação final que o usuário deseja; (2) elaborar o sistema (comercial), que fornece essa funcionalidade, com uma mentalidade ecológica, ou seja se preocupando em priorizar uma interação saudável com o meio ambiente e os seres vivos.

Baines *et al.* (2007) afirmaram que, um PSS é uma oferta integrada de produtos e serviços que agrega valor em uso. Eles apresentaram este conceito visando o sucesso econômico a partir do uso, o que reduz o impacto ambiental da atividade econômica, diminui o material e outros custos de entrada para o sistema.

Leimeister e Glauner (2008), se referiram como uma interligação de produtos e serviços físicos de forma inteligente, ressaltando a importância da ciência da computação para esta integração. Além disto ressaltaram que esta ligação íntima se desenvolve desde as fases de projeto e desenvolvimento.

Sakao e Lindahl (2009) destacaram a definição do PSS como a integração de produtos e serviços em todo o ciclo de vida. No mesmo ano,

Tischner *et al.* (2009) definiram o PSS como uma estratégia superior à oferta de apenas produtos, enquanto a eficiência no atendimento das necessidades e demandas dos clientes, valor agregado para empresas e clientes, impacto ao meio ambiente e redução de consumo de materiais e energia.

Meier *et al.* (2010) adiciona o termo otimizado à definição, trazendo não só a importância da integração tanto do sistema que combina produtos e serviços físicos como também a necessidade da otimização dos recursos que o PSS demanda ao longo do ciclo de vida em relação ao valor do cliente.

Zhang *et al.* (2011) integraram, além de serviços e produtos, pessoas. Eles enfocam a definição pela busca de benefícios econômicos, sociais e ambientais ao longo do ciclo de vida do PSS, enquanto atende às necessidades do cliente por meio de valor agregado.

Van Ostaeyen (2014) define, da mesma forma que outros pesquisadores anteriormente, que é uma oferta integrada de produtos e serviços. Mas acrescenta que este é um mecanismo de receita dando ênfase na disponibilidade, uso ou desempenho de vendas.

Li e Found (2016), baseados na definição de Manzini e Vezzoli (2002), enfocam o PSS como uma mudança comercial do projeto e venda somente de produtos físicos para a venda de um sistema de produtos e serviços capazes de atender conjuntamente à demanda específica do cliente. Nesta definição, serviço significa uma atividade econômica que não resulta na propriedade de um ativo tangível. Estes autores abordaram os termos *Lean* e *Green Supply Chain* no PSS.

Kuijken, Gemser e Wijnberg (2017), disseram que o PSS envolve ofertas que incluem uma ou mais funcionalidades do produto e uma ou mais funcionalidades de serviço associadas. Estes autores apresentaram diretrizes para identificar PSS eficazes em termos de criação de valor.

Zheng *et al.* (2018), definiram uma extensão do PSS, o *Smart PSS*, como uma estratégia de negócios de co-criação de valor baseada em TI (Tecnologia da Informação). O *Smart PSS*, segundo estes autores, está composto por várias partes interessadas como atores, sistemas inteligentes como infraestrutura, produtos inteligentes e conectados como mídia e ferramentas e seus serviços eletrônicos gerados como os principais valores

entregues. Esta estratégia se esforça para atender às necessidades individuais dos clientes de maneira sustentável.

Geng, Jin e Zhang (2019), apresentaram o PSS como um paradigma de fabricação dominado por serviços, fornecendo produtos e serviços integrados que agregam valor em uso. Além disso, estes autores, também definiram o PSS como uma estratégia de negócio que estende a funcionalidade tradicional do produto incorporando serviços adicionais. Ou seja, o produto físico e o serviço não físico são combinados como uma oferta para atender aos requisitos do cliente e reduzir o consumo de recursos e o impacto ambiental ao mesmo tempo.

Como definição mais atual, Annarelli, Battistella e Nonino (2020), disseram que a integração de produtos e serviços, se referindo ao PSS, pode trazer um potencial inovador acurado, garantindo competitividade e, ao mesmo tempo, permitindo que as empresas atendam às preocupações ambientais e forneçam ofertas mais sustentáveis no mercado. Com isto estes autores abordam os termos antes destacados nas definições anteriores, TI, produtos e serviços inteligentes, sustentabilidade, cuidado ao meio ambiente ao longo da cadeia de fornecimento do PSS.

De acordo com as definições vistas até aqui, percebesse que cada uma delas aborda, de forma separada, tendencias e particularidades do PSS. Como Meier, Roy e Seliger, (2010) afirmaram, é necessário que a integração de produtos e serviços seja feita de forma otimizada para que seja viável e atrativa para as partes interessadas. A estratégia de PSS permite criar ofertas mais flexíveis, de forma a atender as exigências específicas dos clientes (MANZINI e VEZZOLI, 2002; BRANDSTOTTER *et al.* 2003; LI e FOUND, 2016). Como Goedkoop *et al.* (1999); Tukker e Tischner (2006); Tischner Ryan e Vezzoli (2009) e Zhang *et al.* (2011) propõem o Sistema de Produto e Serviço deve ser concebido tendo em conta as necessidades dos clientes. A preocupação pela sustentabilidade dos recursos desde o ponto de vista econômico, social e ambiental vem crescendo na comunidade científica e o PSS é observado como uma estratégia para atingir essa meta (BRANDSTOTTER *et al.*, 2003; MONT, 2003; BAINES *et al.*, 2007; TISCHNER, RYAN e VEZZOLI, 2009; ZHANG *et al.*, 2011; ANNARELLI, BATTISTELLA e NONINO, 2020).

Esta tese apoia-se na definição de PSS proposta por Song (2019):-PSS são coleções de elementos físicos tecnológicos e elementos de serviço integrados para resolver os problemas do cliente. Envolve compartilhamentos de produtos e serviços em um sistema.

2.1.4 CLASSIFICAÇÃO DO PSS

Segundo Tukker (2004), o PSS pode ser classificação segundo o uso, consumo e resultado, como mostra a Figura 1. Além disso Tukker e van Halen (2003), identificaram exemplos de tipos mais específicos de PSS, para cada uma dessas categorias, detalhadas a seguir.

Categoria 1. Serviços orientados a produtos. O modelo de negócios ainda é voltado principalmente para a venda de produtos, mas alguns serviços extras são adicionados. Nesse caso, o provedor não apenas vende um produto, mas também oferece serviços necessários durante a fase de uso do produto. Isso pode implicar, por exemplo, um contrato de manutenção, um esquema de financiamento ou o fornecimento de consumíveis, mas também um contrato de devolução quando o produto chegar ao fim de sua vida útil. Exemplo: Assessoria e consultoria.

Categoria 2. Serviços orientados para o uso. O produto tradicional ainda desempenha um papel central, mas o modelo de negócios não é voltado para a venda de produtos. O produto permanece de propriedade do provedor e é disponibilizado de uma forma diferente e, às vezes, compartilhado por vários usuários. O proprietário também pode ser responsável pela manutenção, reparo e controle. Por exemplo: 1- A locação de produtos; o produto não muda de propriedade; o locatário paga uma taxa regular pelo uso do produto; neste caso, normalmente ele tem acesso individual e ilimitado ao produto locado. 2- Aluguel ou compartilhamento de produtos; a principal diferença é, o usuário não tem acesso ilimitado e individual; outras pessoas podem usar o produto em outros momentos, O mesmo produto é usado sequencialmente por diferentes usuários. 3- Pool de produtos se assemelha muito ao aluguel ou compartilhamento de produtos; no entanto, aqui há um uso simultâneo do produto.

Categoria 3. Serviços orientados a resultados. Aqui, o cliente e o fornecedor, em princípio, concordam com um resultado e não há produtos predeterminados envolvidos. No entanto, cada categoria em si inclui PSS com características econômicas e ambientais bastante diferentes. Entre estes tipos de serviços estão: 1- Gerenciamento / terceirização de atividades; ou seja, parte de uma atividade de uma empresa é terceirizada para terceiros. Nos contratos da terceirização, são incluídos indicadores de desempenho para controlar a qualidade do serviço terceirizado, eles são agrupados neste documento em serviços orientados a resultados. No entanto, em muitos casos, a maneira como a atividade é realizada não muda drasticamente. Isso se reflete nos exemplos típicos desse tipo, que incluem, por exemplo, a terceirização de serviços de catering e limpeza de escritórios, que hoje é comum na maioria das empresas. 2- Pague por unidade de serviço. Nessa modalidade, o PSS ainda tem um produto bastante comum como base, mas o usuário não compra mais o produto, apenas a saída do produto de acordo com o nível de uso. Exemplos bem conhecidos nesta categoria incluem os serviços de impressões e fotocópias, agora adotadas pela maioria dos produtores de copiadoras. Seguindo essa fórmula, o produtor da copiadora assume todas as atividades necessárias para manter uma função de cópia em um escritório disponível (ou seja, suprimento de papel e toner, manutenção, reparo e substituição da copiadora, quando apropriado). 3- Resultado funcional, o provedor acorda com o cliente a entrega de um resultado. O provedor é, em princípio, completamente livre de como entregar o resultado. Exemplos típicos dessa forma de PSS são empresas que se oferecem para fornecer um "clima agradável" especificado em escritórios, em vez de equipamentos a gás ou refrigeração, ou empresas que prometem aos agricultores uma perda mínima de colheita ao invés de vender pesticidas.

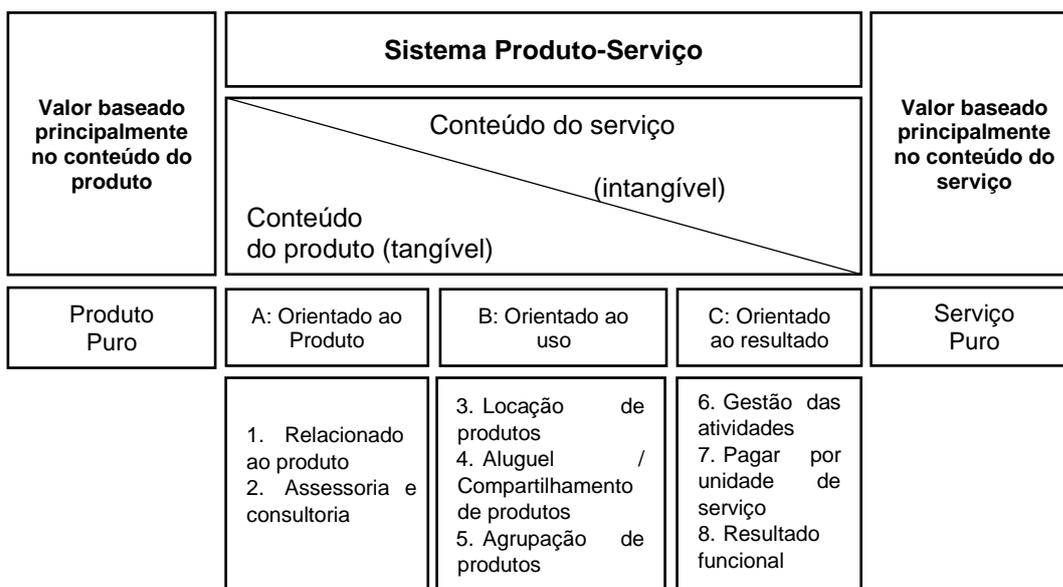


FIGURA 1. PRINCIPAIS CATEGORIAS E SUBCATEGORIAS DO PSS.
(TRADUZIDO DE TUKKER (2004))

Segundo o apresentado por Tukker (2004), existem várias classificações do PSS e com isto formas de agregar valor ao produto por meio de serviços.

Tendo em conta as definições e classificações apresentadas até aqui é possível observar que o PSS é um tema que vem sendo atualizado e aplicado nos últimos anos.

Com a evolução da Indústria e a preocupação por atender às exigências do consumidor, as empresas vem se interessando por serem flexíveis, enriquecer suas ofertas, agregando valor de forma sustentável. Com isto o PSS se torna uma estratégia oportuna que promete oferecer todas essas vantagens. Mas, para isto é preciso um planejamento que projete um PSS de acordo com as exigências das partes interessadas. Sendo que o fornecedor do PSS quer atender seus clientes sem aumentar seus custos. E os clientes querem atender suas necessidades e desejos a um preço justo.

Para as empresas que buscam atender as variadas necessidades dos clientes muitas vezes gera aumento nos custos (LI *et al.*, 2012; SUNDIN *et al.*, 2009). Isto faz com que seja necessário otimizar a arquitetura do PSS para atender aos requisitos dos clientes, sendo que a modularização possa ser

adicionada a fim de oferecer as vantagens perseguidas pelas partes interessadas.

2.2 MODULARIZAÇÃO

Nessa seção será analisada a modularização, sua definição, aplicabilidade e adaptabilidade ao PSS.

Para entender melhor a modularização é preciso conhecer, primeiramente, o que é um módulo e o que é a modularidade, pois são conceitos que complementam a definição de Modularização.

Para Baldwin e Clark (1997) módulos são unidades independentes, estruturados dentro de um sistema complexo, as quais funcionam de forma conjunta. O sistema como um todo deve ter uma arquitetura que permita estruturas independentes para um funcionamento em conjunto.

Aoki e Ando (2003) descreveram o módulo como um tipo de subsistema semi-auto-disciplinado com função independente que poderia constituir um sistema mais complexo por meio de uma interface padrão e subsistemas semi-auto-disciplinados de acordo com regras inter-relacionadas.

Nunes, Rocha e Antunes Júnior (2014), definiram o módulo como uma unidade funcional e autônoma, que a partir de interfaces e conexões padronizadas, permite composições de produtos através de combinações.

A modularidade é uma estratégia para a gestão da complexidade de produtos e processos (BALDWIN e CLARK, 1997) e pode ser aplicada em diversos campos que lidem com sistemas complexos, pois ela auxilia na divisão de um sistema em partes menores, de modo que se possa examinar cada uma delas separadamente (BALDWIN e CLARK, 2000).

Miller e Elgard (1998) a modularidade é definida como uma propriedade da estrutura (arquitetura) do produto. Em uma estrutura (arquitetura) modular um módulo é responsável por executar uma ou poucas funções em sua totalidade, diferentemente da estrutura integral de produto onde várias funções são executadas por um ou poucos módulos.

Já Ulrich e Eppinger (2012) definem que a modularidade de um produto é uma propriedade de sua arquitetura a qual pode ser modular (com modularidade) ou integral (sem modularidade). Para estes autores produtos

raramente tem arquiteturas estritamente modular ou integral. Eles possuem mais ou menos de cada um dos dois tipos de arquitetura. A modularidade é definida como uma característica escalonada da arquitetura do produto no sentido de uma estruturação apropriada (PAHL e BEITZ, 2013).

Modularidade do produto é a prática do uso de módulos padronizados de produtos, que podem ser facilmente remontados / reorganizados em diferentes formas funcionais ou compartilhados em diferentes linhas de produtos. A chave para a modularização bem-sucedida do produto é a arquitetura do produto, um esquema pelo qual os elementos funcionais de um produto são alocados a componentes físicos estruturalmente independentes (ULRICH, 1995; SANCHEZ, 2000). Uma arquitetura eficaz é criada quando as interfaces entre componentes funcionais são padronizadas e especificadas para permitir a substituição de uma variedade de componentes sem exigir alterações nos projetos de outros componentes (GARUD e KUMARASWAMY, 1995; SANCHEZ e MAHONEY, 1996; SANCHEZ e COLLINS, 2001).

Para Back (2008) a modularidade expressa a capacidade que um produto tem de ser formado por unidades comuns que tem condições de se reagruparem e formar uma variedade de produtos diferentes. Já Nunes, *et al* (2014), a modularidade é um atributo construtivo do produto, sistema ou processo complexo, relacionado à estrutura e funcionalidade dele.

Existem, segundo Voss e Hsuan (2009), cinco dimensões importantes associadas ao estudo da modularidade: (i) interfaces, (ii) grau de acoplamento, (iii) componentes e sistemas, (iv) compartilhamento, e (v) plataforma.

Então modularização é, de acordo com Miller e Elgard (1998), o ato de estruturar os módulos. Para Kamrani e Salhieh (2010) a modularização pode ser compreendida como uma técnica utilizada para o desenvolvimento de produtos complexos utilizando-se de componentes similares. Os componentes utilizados em produtos modulares devem ter como característica a capacidade de acoplamento para formar produtos complexos, sob o ponto de vista de arquitetura de produto. Já sob o ponto de vista das funções executadas pelo produto, ainda segundo estes autores, a modularização é um processo pelo qual se produz unidades que executam funções discretas. Estas unidades combinadas podem prover uma diversidade de funções. Além das questões de arquitetura e função, Kamrani e Salhieh (2010), definem que o objetivo a

ser atingido por um projeto modular é o menor número possível de interação entre os componentes para que eles possam ser produzidos e testados de forma independentes. Para Pahl e Beitz (2013) a modularização é o ato de estruturar um produto que será incrementado a modularidade. Seu objetivo é a otimização de uma arquitetura já existente com o objetivo de atender requisitos do produto ou, simplesmente, a racionalização na sua construção. Nunes *et al.* (2014), estabelecem que a modularização é a estratégia a implantada em uma organização. Esta estratégia irá gerar as diretrizes para os projetos ou sistemas de arquitetura modular.

A customização é um dos benefícios que a modularização oferece (Song, 2019). O maior dos benefícios que possui a estratégia de customização para o PSS, da mesma forma que para os produtos e serviços em sua forma independente é a flexibilidade de atender os requisitos personalizados de cada cliente (JIAO, MA e TSENG, 2003; SONG e SAKAO, 2017; MOURTZIS *et al.*, 2017). Fazendo com que uma das funções mais importantes da customização seja, atender melhor às necessidades do cliente (MOURTZIS *et al.*, 2017). Segundo estes autores, isso requer uma estrutura muito bem definida para identificar os requisitos do cliente. Vários pesquisadores contribuíram para essa área propondo métodos para a identificação de requisitos ao longo do ciclo de vida do PSS (MORELLI, 2003; SAKAO e SHIMOMURA, 2007; KOWALKOWSKI e KINDSTRÖM, 2009).

Embora a customização em massa ofereça vantagens, deve ser cuidadosamente planejada. Segundo Jiao, Ma e Tseng (2003), para lidar com a variedade crescente e a demanda por respostas rápidas, as indústrias de manufatura e os prestadores de serviços se esforçam para equilibrar a satisfação do cliente e a economia de custos em escala. Estes autores argumentaram que, como os clientes geralmente estão dispostos a pagar mais se suas necessidades fossem melhor satisfeitas, o valor agregado nas operações de PSS pode ser aprimorado através da implementação da customização em massa.

A modularização, é uma estratégia conhecida pela capacidade em reduzir custos de operação e melhorar a eficiência do PSS (SONG e SAKAO, 2017; AURICH, FUCHS e WAGENKNECHT, 2006; RAJALA *et al.*, 2019; SUN *et al.*, 2017). A modularização de processos é proposta para solucionar os

conflitos entre a necessidade de processos de engenharia de PSS técnicos padronizados e individuais (SONG e SAKAO, 2017).

A modularização de processos no PSS, contribui a que empresas industriais tradicionalmente orientadas, com projeção de produto, em transição para as funções de fabricação de produto e serviço técnico, trabalhem paralelamente e amplamente independentes entre si, em direção a uma forma mais integrada de trabalho, onde todas as entidades relevantes para fornecer uma solução ao cliente colaboram verdadeiramente são suportadas (AURICH, FUCHS e WAGENKNECHT, 2006).

Song e Sakao (2017), o design modular é introduzido na estrutura de personalização do PSS. A modularização na estrutura facilita a reutilização frequente de projetos. Isso também é relevante no tratamento de produtos com vários ciclos de vida (HATCHER, IJOMAH e WINDMILL, 2011), pois precisa reutilizar as informações do projeto para uma engenharia eficiente do ciclo de vida. Também mostra que a estrutura facilita o rastreamento de uma falha e, portanto, aprimora a eficiência do design do serviço. O recurso de modularização também ajuda a fazer modificações em um módulo PSS existente específico, lidando com alterações de requisitos sem comprometer a estrutura geral do PSS.

A configuração do PSS baseada em módulo na estrutura pode ajudar o provedor de serviços a obter uma personalização flexível e otimizada. Além disso, a resolução de conflitos antes da configuração do PSS pode reduzir objetivos conflitantes ao definir objetivos de otimização da configuração, o que aliviará em grande parte a carga de solução do modelo de configuração do PSS com vários objetivos. Isso também reflete a sinergia entre os diferentes estágios de design da estrutura.

As capacidades para utilizar a modularização são complexas e, portanto, desenvolvem-se organicamente dentro da empresa (RAJALA *et al.*, 2019). A modularização permite que diferentes unidades desenvolvam recursos especializados, portanto, aumenta a necessidade de habilidades efetivas de integração de recursos na organização. À medida que a modularização se estende da empresa focal às suas redes de suprimentos, as atividades de integração se espalham além dos limites organizacionais.

Assim, a modularização pode ajudar a gerenciar a complexidade que surge nos serviços industriais a partir de necessidades heterogêneas dos clientes (FRANSEN, 2017). Na interface do cliente, a modularização precisa ser gerenciada dentro de um processo de serviço colaborativo envolvendo o cliente.

As interfaces de componentes padronizadas em uma arquitetura modular de produtos fornecem coordenação incorporada, reduzindo a necessidade de coordenação gerencial dos processos de desenvolvimento (SANCHEZ e MAHONEY, 1996). A modularização permite projetar ofertas de pré-configurações que podem ser aproveitadas em combinações adequadas específicas do cliente, personalizadas e exclusivas para cada cliente (STORBACKA, 2011). Soluções industriais são geralmente realizadas por meio de projetos que variam em complexidade, às vezes exigindo extensos esforços de integração específicos do projeto (DAVIES e BRADY, 2000). Portanto, os fornecedores de soluções precisam desenvolver os recursos competitivos associados ao desenvolvimento e fornecimento de ofertas de soluções modulares.

Como observado anteriormente, as ofertas de soluções integradas cobrem amplamente as necessidades de negócios de um cliente e integram perfeitamente produtos físicos, processos de serviço e informações para produzir uma solução funcional abrangente (BRAX e JONSSON, 2009). Portanto, os esforços de modularização no negócio de soluções são baseados em fortes recursos de integração.

Song e Sakao (2017) relataram a falta de um suporte sistemático e abrangente para a customização do PSS e abordaram uma configuração baseada em módulo como uma abordagem fundamental para aprimorar a personalização do PSS desde os estágios iniciais do projeto. Demonstrando assim que a modularização pode ser um ponto de partida para a customização.

A modularização pode reduzir o número de módulos, diversificando a combinação de módulos internos do PSS, o que ajuda a reduzir o custo de produção e o impacto ambiental e a alcançar o desenvolvimento sustentável (WANG *et al.*, 2011; DOUALLE *et al.*, 2016).

O design modular não apenas melhora a velocidade de resposta do PSS e, conseqüentemente, atende aos requisitos individuais, mas também melhora

significativamente os lucros das partes interessadas, incluindo cliente, fabricante, prestador de serviços, ambiente e assim por diante. O método de design modular tem seu próprio desempenho exclusivo na análise do modo de composição do produto, otimização de mecanismos e decomposição, reorganização e coordenação do sistema.

Após a análise dos benefícios do PSS, apresenta-se na Figura 2, uma síntese das vantagens e desvantagens da adoção de PSS Modularizado.

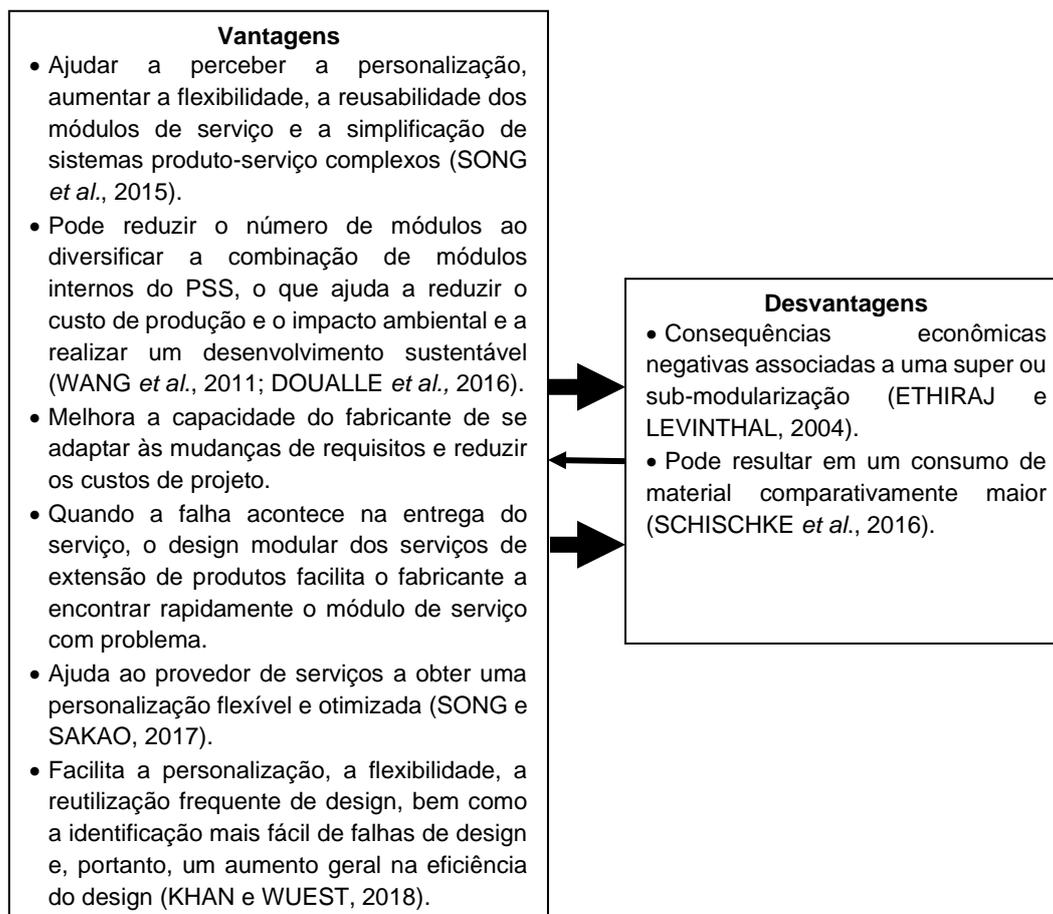


FIGURA 2. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO PSS MODULARIZADO

As vantagens do PSS modularizado mais destacadas são: ajudar a perceber a personalização, aumentar a flexibilidade, a reusabilidade dos módulos de serviço e a simplificação de sistemas produto-serviço complexos. Considera-se a base para realizar o desenvolvimento de serviços de extensão de produtos personalizados. Melhora a capacidade do fabricante de se adaptar às mudanças de requisitos e reduzir os custos de projeto. Quando a falha acontece na entrega do serviço, o design modular do PSS facilita o fabricante

a encontrar rapidamente o módulo de serviço com problema. Não é necessário que o fabricante rastreie todo o processo de serviço e, portanto, ele pode ajudar a tomar as medidas corretivas oportunas para minimizar possíveis perdas. Ao implementar o PSS, as empresas de manufatura estão identificando novos módulos e estão reestruturando sua arquitetura modular, o que revela novos caminhos para melhorias.

A modularização considera-se uma técnica que aprimora significativamente o gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo a facilidade de desmontagem do produto, melhorando assim a facilidade de manutenção e os processos de limpeza do produto. A estrutura de PSS modular, facilita a personalização, a flexibilidade, a reutilização frequente de design, bem como a identificação mais fácil de falhas de design e, portanto, um aumento geral na eficiência do design. O projeto modular pode não apenas melhorar a velocidade de resposta do PSS e, conseqüentemente, atender aos requisitos individuais, mas também melhorar muito os lucros das partes interessadas, incluindo cliente, fabricante, ambiente, entre outros.

As desvantagens encontradas na literatura relacionam-se ao fato de que também pode haver conseqüências econômicas negativas associadas a um projeto modular, como no caso de uma super ou sub-modularização (ETHIRAJ e LEVINTHAL, 2004). Além disso, a modularidade pode muitas vezes resultar em um consumo de material comparativamente maior (SCHISCHKE *et al.*, 2016). A este respeito, futuras investigações acadêmicas devem fornecer orientação para melhorar a eficiência do desenvolvimento modular.

2.3 MÉTODOS DE CONCEPÇÃO DE PSS MODULARIZADO

O PSS requer recursos adicionais e esforços de projeto mais significativos devido às interdependências entre os componentes do PSS, como observado por Sakao, Song e Matschewsky (2017), que sugeriram a modularização dos serviços como um meio de reduzir a complexidade na personalização do PSS. Vários estudos analisaram a aplicação do conceito de projeto modular aos PSS e os benefícios que podem ser alcançados por meio dele (WANG *et al.*, 2011; KIMITA e SHIMOMURA 2012).

Dentre as variáveis identificadas na literatura como fundamentais para a concepção tanto do PSS quanto para sua modularização estão os requisitos do(s) produto(s) e requisitos do(s) serviço(s), por serem os componentes básicos e principais que constituem o PSS; requisitos do consumidor, visando atender suas necessidades; o custo, com vistas a avaliar se a estratégia geraria custos inviáveis para a empresa; flexibilidade, para atender as características de diferentes segmentos de consumidores.

O Quadro 2 apresenta os métodos para conceber PSS modularizado encontrados na literatura nos últimos 10 anos (2009-2020). Nesse quadro são apresentados: *i)* os autores; *ii)* as etapas para a concepção do PSS modularizado; *iii)* as variáveis avaliadas como fundamentais em métodos para conceber PSS modularizado: Requisitos do(s) Produto(s); Requisitos do(s) Serviço(s); Requisitos do Consumidor; Custo; Flexibilidade; *iv)* Recursos de apoio à tomada de decisão utilizados; *v)* se o método cria o módulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea); e *vi)* área de aplicação do método apresentado.

Como destacado anteriormente é fundamental que na concepção do PSS modularizado sejam avaliados os requisitos do produto, serviço, consumidores, flexibilidade e custo. No Quadro 2, pode-se observar que 100% dos métodos apresentados consideram os requisitos dos produtos e dos serviços e apenas 11 consideram requisitos dos consumidores. O custo é considerado em 08 dos métodos. E a flexibilidade em 12 dos 17 métodos analisados.

Atendendo as definições do PSS analisadas, todas coincidem em que nesta estratégia são combinados produtos e serviços; baseado nisto, o módulo PSS deve ser concebido de acordo a combinar produtos e serviços modularizados. Observa-se que somente o método de Sun *et al.* (2017) considera de forma simultânea os produtos e serviços na construção do PSS modularizado. No entanto, esse método não avalia os requisitos dos consumidores e o custo, podendo acarretar uma estratégia inviável.

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera						Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o módulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo
			Requisitos do(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade	Outras				
1	Hölttä-Otto <i>et al.</i> (2012)	1-Identificar e definir as famílias de produtos oferecidos pela empresa. 2-Identificar as funções de serviço oferecidas pela empresa. 3-Garantir a simetria técnica e organizacional entre as ofertas de produtos e serviços. 4-Construir uma matriz de modularidade de serviço de produto usando famílias de produtos e serviços existentes. 5-Use a heurística de serviço do produto e a matriz de modularidade para construir diferentes módulos de serviço / plataformas de serviço possíveis.	Sim	Sim	Não	Não	Não	Ciclo de vida do produto	Heurística de módulos serviço do produto e a matriz de modularidade	Não	Empresa de TI	Modulariza os serviços a serem integrados no produto
2	Li <i>et al.</i> (2012)	Modelo de processo de partição do módulo do ISP (Integrated Service Product): Antes da formação do produto, estabelece-se uma plataforma modular orientada para a configuração do serviço. Através desta plataforma, podemos configurar o ISP personalizado. Nas fases de demanda do cliente, design de conceito e design detalhado, as necessidades dos clientes devem ser coletadas e convertidas em características de tecnologia e requisitos de serviço.	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Top-down e Bottom up	Não	Transformador de energia	Modulariza os serviços a serem integrados no produto

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera						Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o modulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade	Outras				
		Os requisitos de serviço incluem serviços funcionais e não funcionais e formam a estrutura do módulo de serviço. No projeto modular do produto físico, por meio da análise das características técnicas e do serviço funcional, a estrutura do módulo físico é construída usando um método de partição de módulo apropriado. Por fim, através das regras de associação, pode-se configurar a estrutura principal do ISP e formar-se a plataforma modular orientada para a configuração do serviço.										
3	Sheng <i>et al.</i> (2015)	Modelo de integração produto-serviço 1-Integração da camada objetiva. 2. Integração da camada de módulo, Caso de integração de módulo físico e módulo de serviço. 1-Determine várias correlações 2 Cluster por método de fechamento transitivo. Estudo de caso sobre correlação entre módulo físico e módulo de serviço Modelagem de configuração do sistema produto-serviço. Modelo de configuração do sistema produto-serviço.	Sim	Sim	Não	Sim	Não	tempo de delivery	SAGA-based fuzzy-C means clustering algorithm.	Não	Máquina ferramenta CNC	Método centrado na divisão de módulo de serviço com base na matriz de estrutura de design

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera					Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o modulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo	
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade					Outras
4	Song <i>et al.</i> (2015)	Método de modularização PES (Product Extension Service) baseado no plano PES e gráfico fuzzy: 1. Identificação de componentes de serviço com plano PES; 2. Análise de correlação para componentes de serviço, a) Critérios de avaliação para interdependências entre serviços componentes, b) Avaliação das interdependências entre os componentes do serviço; 3. Partição do módulo PES com base em gráfico fuzzy	Sim	Sim	Não	S i m	S i m	Não	Teoria de lógica fuzzy	Não	Rotor de compressor	Método de modularização dos serviços com base no produto.
5	Fadeyi <i>et al.</i> (2017)	Modelo de otimização para identificar variantes de modulo do produto: 1. Descrição e suposições do modelo, 2. Modelo de otimização, - Funções objetivo, 3. Avaliação dos índices de compatibilidade do par modular.	Sim	Sim	Não	Não	N ã o	Não	Sistema de inferência fuzzy	Não	Produtos OEMs	Modelo de otimização de módulos de produto, na fase inicial de desenvolvimento.
6	Song e Sakao (2017)	Estrutura de design para customização PSS sustentável: 1. Definições da estrutura de design PSS; 2. O framework de design PSS proposto para customização, a) Identificação e análise de requisitos PSS, b) Resolução de conflitos de atributos técnicos, c) Modularização PSS d) Configuração PSS e seleção de conceito	Sim	Sim	Si m	S i m	S i m	tempo de resposta; modulo obrigatório, modulo opcional	Métodos NSGA II (algoritmo genético de ordenação não dominada II)	Não	Empresa fornecedora de elevadores	Modelo de customização de PSS que inclui a análise e a integração de módulos para a customização

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera					Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o módulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo	
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade					Outras
7	Sakao <i>et al.</i> (2017)	Etapa 1: Descreva as necessidades e desejos dos clientes, podem ser baseados em diferentes PSSs, existentes e potenciais; Etapa 2: determinar o nível de granularidade; Etapa 3: reunir componentes de serviço; Etapa 4: atribuir interações; Etapa 5: criar módulos de serviço	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Nível de Granularidade	Design Structure Matrix	Não	Empresa fornecedora de elevador	Método centrado na criação de módulo de serviço integrado ao produto
8	Li <i>et al.</i> (2015)	Modelo de configuração bi nível PSS com base no sistema de entrega de serviço. a) formulação do problema, b) medição de desempenho para configuração de serviço, c) otimização de configuração coordenada de bi nível, d) modelo matemático, e. modelo de solução por algoritmo genético.	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Módulo comum, obrigatório e opcional	Algoritmo genético	Não	Empresa fornecedora de transformador de energia	Cria módulos de produtos e de serviços, por separado, classificando-os em comuns, obrigatórios e opcionais.
9	Sheng, <i>et al.</i> (2017)	Projeto modular do sistema produto-serviço orientado ao projeto de configuração: 1-Divisão de módulo físico orientada para todo o ciclo de vida do produto. 2-Divisão de módulo de serviço com base na matriz de estrutura de design. 3.Estratégia de integração do sistema de produto-serviço CNC. 4. Modelo de integração produto-	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Cluster por método de fechamento transitivo, método fuzzy	Não	Máquina CNC	Define os módulos de produto segundo o ciclo de vida e os módulos de serviços segundo as demandas dos consumidores

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera						Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o módulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade	Outras				
		serviço. 5.Caso de integração de módulo físico e módulo de serviço. 6.Modelagem de configuração do sistema produto-serviço. 7.Modelo de configuração do PSS.										
10	Sheng <i>et al.</i> (2017) b	Critérios de divisão do módulo orientado ao ciclo de vida: 1. Atributos relacionados à otimização de funções. 2. Atributos relacionados à otimização do ambiente Modelo de relação de parte nas regras de divisão: 1. Descrição da relação de função entre as partes. 2. Descrição das relações de estrutura entre as partes. 3. Descrição das relações de vida entre as partes. 4. Descrição das relações de compatibilidade do material entre as partes. 5. Descrição das relações de reciclabilidade entre as peças. Estabelecimento de modelo de relações abrangentes de peças: 1. Estrutura hierárquica dos critérios de divisão 2. Estabelecimento de um modelo de relacionamento abrangente de componentes. (a) Confirmação preliminar de relações abrangentes entre as partes (b) Confirmação final das relações abrangentes entre as partes.	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Fuzzy C-means clustering baseado em simulated annealing e algorithm genetic0	Não	Máquina CNC	Define os módulos de produto segundo o ciclo de vida e suas funções, posteriormente associa serviços de acordo as funções de cada modulo de produto
11	Sun <i>et al.</i> (2017)	Modularização PSS usando requisitos funcionais: 1. PSS e análise de requisitos funcionais; 2. Cálculo de agrupamento	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Funcionalidade do produto	Matriz de intensidade de correlação entre produto e serviço	Sim	Máquina de controle numérico	Estrutura de modularização PSS com base na identificação das relações entre produtos e serviços pelos requisitos funcionais.

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera						Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o modulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade	Outras				
12	Li <i>et al.</i> (2018)	Um modelo de referência de quatro estágios para o processo de planejamento de portfólio na camada de solução de serviço PSS: (1) aquisição de necessidades de serviço, (2) encontrar a solução principal e construir a estrutura modular preliminar, (3) o principal portfólio de soluções, (4) avaliação da solução modular.	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Modelo Kano para segmentar e entender as necessidades do cliente. O método KJ para organizar e mesclar as informações das necessidades do cliente. O método de otimização (método da razão de preço de utilidade máxima) para avaliar o portfólio de soluções de serviço e obter uma série de soluções ótimas.	Não	Transformador de energia	Propõem para uma metodologia para planejar o portfólio de módulos para uma camada de solução de serviço PSS é proposta visando a máxima satisfação do cliente e o menor custo do ciclo de vida em um PSS
13	Song (2018)	Método para modularizar PSS 1. Identificação de componentes de serviço. 2. Análise de correlação para componentes de serviço. Fase 1: Critérios de avaliação para interdependências entre componentes de serviço. Fase 2: Avaliação das interdependências entre os componentes do serviço. 3. Partição do Módulo PSS com base no gráfico Fuzzy. correspondente ao componente	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Método fuzzy associado a teoria de grafos	Não	Rotor de compressor	Modulariza os serviços que estão associados ao produto

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONTINUAÇÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera						Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o modulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade	Outras				
		Ci e ao componente de serviço C_j , quando $R(i, j) \geq 0$, o componente de correspondência do nó C_j para formar uma aresta $C_i C_j$. (3) Priorize todos os $R(i, j)$ ($1 \leq i, j \leq n$) em ordem decrescente. Então, podemos obter R_1 . (4) Conecte os dois nós de $R_1(i, j)$. (5) Repita a etapa anterior (4) para o resto das forças abrangentes de interdependência $R_2(i, j)$, $R_3(i, j)$, ..., $R_h(i, j)$ ($t \leq h$) respectivamente até conectar todos os componentes de serviço. (6) Defina limites diferentes λ de acordo com os valores marcados $R_k(i, j)$ nas bordas da árvore de abrangência máxima T . Diferentes λ podem levar a diferentes partições de subárvores.										
14	Ezzat <i>et al.</i> (2019)	Etapas gerais para modularizar produtos e serviços: 1. Identificação de produto e serviço. 2. Construindo DSM. 3. Clustering. 4. Avaliação de desempenho	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	DSM	Não	Processo de limpeza industrial é assegurado por um robô autônomo na indústria de transformação de carnes	A proposta modulariza os serviços e produtos, porém dá uma ênfase na modularização de serviços para um produto
15	Fagnoli <i>et al.</i> (2019)	Método para modularizar PSS: (1) Definição dos componentes PSS. (2) Definição dos Módulos dos Serviços. (3) Otimização PSS.	Sim	Sim	Sim	Não	Não	variáveis do processo	Uso sinérgico de Quality Function Deployment for PSS(QFDforPSS) Axiomatic Design (AD) e blueprint de serviço	Não	Empresa fornecedora de dispositivos biomédicos	Correlaciona os requisitos funcionais com os componentes dos produtos para propor módulos de serviços associados a esses componentes.

QUADRO 2. MÉTODOS PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

(CONCLUSÃO)

No.	Autores	Descrição da proposta	Variáveis que considera						Recursos de apoio à tomada de decisão	Cria o modulo PSS inserindo o produto e serviço de forma simultânea	Aplicação	Resumo
			Requisitos do(s) Produto(s)	Requisitos do(s) Serviço(s)	Requisitos do consumidor	Custo	Flexibilidade	Outras				
16	Geng <i>et al.</i> (2019)	Etapa1. Para esclarecer todo o processo de serviço, uma série de atividades deve ser identificada de modo a determinar o conjunto de atividades do processo de serviço. Etapa2.Para determinar as relações entre as atividades e transformá-las no FDSM. O conjunto de módulos de processo pode ser obtido resolvendo o modelo FDSM. Etapa 3. Os resultados da partição do módulo devem ser avaliados e aprimorados para obter o esquema ideal.	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	variáveis do processo	Fuzzy Design Structure Matrix (FDSM). Weighted Directed Graph (WDG) Matriz de similaridade Fuzzy	Não	o serviço de temperatura baseado em ar-condicionado	A proposta de modularização tem ênfase na modularização dos serviços, sendo que está baseada nas características do PSS orientado para resultados enfatiza a experiência de serviço do cliente.
17	Li <i>et al.</i> (2019)	Uma metodologia de planejamento modular para a camada de solução de serviços PSS e camada de peça genérica. Etapa 1: colete as necessidades de serviço. Etapa 2: Identificar tipos de módulo generalizados. Etapa 3: Encontre a solução viável. Etapa 4: tome decisões sobre as camadas do módulo. Etapa 5: Estabeleça a estrutura modular grossa e mestre para o PSS.	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	transportação de serviços	Modelo Kano; Modelo de regressão de mínimo quadrado comum	Não	Transformador de energia	Propõe uma um método para modularizar o PSS focado nos módulos de serviços para um produto.

O uso de técnicas ou métodos de apoio para tomada de decisão garantem robustez nas soluções encontradas. Dentre os métodos/técnicas para apoio na tomada de decisão mais usados encontra-se o Método *Fuzzy* associado a outros métodos como *cluster*, *c-means*, teoria de grafos, inferência *fuzzy*, algoritmo genéticos, entre outros. A aplicação destes métodos exige de pessoal com conhecimentos técnicos nestes métodos porque eles são considerados complexos na aplicação e processamento. A fim de garantir maior usabilidade dos métodos pelas empresas, eles devem ser de fácil processamento.

2.4 TÉCNICA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO

Na análise dos métodos existentes para conceber PSS modularizado observou-se que todos os métodos fazem uso de técnicas/ métodos de auxílio à tomada de decisão, mas são complexos na aplicação e processamento dos dados podendo não ser usados por parte das empresas por precisarem de alta capacitação para a aplicação. Visando uma maior aderência dos métodos propostos se faz necessária a aplicação de técnicas/ métodos de auxílio à tomada de decisão de fácil uso e acesso.

Devido às suas vantagens e capacidades, a abordagem da técnica de auxílio à tomada de decisão *DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), recebeu muita atenção na última década e muitos pesquisadores a aplicaram para solucionar problemas complicados do sistema em várias áreas (SI *et al.*, 2018). O DEMATEL foi desenvolvido pelo Centro de Pesquisa de Genebra do Battelle Memorial Institute com o fim de visualizar a estrutura de relações causais complicadas por meio de matrizes ou dígrafos (GABUS e FONTELA, 1972). Esta técnica pode confirmar a interdependência entre os fatores e auxiliar no desenvolvimento de um mapa para refletir os relacionamentos relativos entre eles e pode ser usado para investigar e resolver problemas complicados e entrelaçados (SI *et al.*, 2018). Esse método permite colocar os relacionamentos de interdependência em um grupo de causa e efeito por meio de matrizes, assim como também encontra os fatores críticos de um sistema de estrutura complexo com a ajuda de um diagrama de relação de impacto (SI *et al.*, 2018). Como uma espécie de abordagem de modelagem

estrutural, esse método é especialmente útil na análise das relações de causa e efeito entre os componentes de um sistema (SONG e CAO, 2017).

Segundo Si *et al.* (2018) o DEMATEL foi estendido para melhorar a tomada de decisão em diferentes ambientes, já que muitos sistemas do mundo real incluem informações imprecisas e incertas. Esses mesmos autores afirmaram que o DEMATEL clássico foi combinado com uma variedade de outros métodos ou ferramentas para resolver os problemas de decisão de gerenciamento de maneira eficaz. Os métodos, mais populares, integrados ao DEMATEL são: *Analytic Hierarchical Process* (AHP), *Balanced Scorecard* (BSC), *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR) e desenvolvimento da função de qualidade (*Quality Function Development - QFD*) (SI *et al.*, 2018).

De acordo com o uso distinto do método DEMATEL, as atuais pesquisas clássicas do DEMATEL podem ser classificadas em três tipos: o primeiro tipo é apenas esclarecer as inter-relações entre fatores ou critérios; o segundo tipo é identificar fatores-chave com base nas relações causais e nos graus de inter-relação entre eles; o terceiro tipo é determinar os pesos dos critérios, analisando as inter-relações e os níveis de impacto dos critérios (SI *et al.*, 2018).

O DEMATEL já foi aplicado para determinar as inter-relações entre quatro perspectivas do BSC (SHAIK e ABDUL-KADER, 2014) e desvendar as inter-relações implícitas dos requisitos do cliente (WU, LIU e WANG, 2017). Pode ser usado também para calcular os pesos dos critérios de avaliação, exemplo disto é o estudo desenvolvido por Tseng (2011), no qual o DEMATEL foi empregado para resolver os pesos dos critérios de interdependência dos critérios e, em seguida, o TOPSIS é utilizado para avaliar a qualidade do serviço dos hotéis de fontes termais. O DEMATEL também foi aplicado para determinar fatores ou critérios críticos sustentáveis, analisando suas relações dependentes, como mostrado na pesquisa de Ahmed *et al.* (2016) que integrado a essa análise foi desenvolvido um Fuzzy-AHP para classificar as alternativas de gerenciamento de veículos em fim de vida (AHMED *et al.*, 2016).

No DEMATEL original, as relações dos fatores de decisão são avaliadas por valores nítidos, a fim de estabelecer um modelo estrutural. No entanto, em muitas aplicações, os julgamentos humanos geralmente não são claros e os

valores numéricos exatos são inadequados para estimar as vagas relações de interdependência entre os critérios. Por isso, o conceito de conjuntos difusos (ZADEH, 1965) foi integrado ao método DEMATEL por muitos pesquisadores (ALTUNTAS, SELIM e DERELI, 2014; ALTUNTAS e YILMAZ, 2016; LUTHRA *et al.*, 2016).

De forma geral, dois tipos de modelo Fuzzy-DEMATEL foram apresentados na literatura, lógica *fuzzy* e DEMATEL e DEMATEL baseado em *fuzzy*. No modelo em que lógica *fuzzy* e DEMATEL são combinados em um modelo de decisão só, eles são implementados de forma independente. Este modelo emprega primeiro conjuntos nebulosos para lidar com os julgamentos e avaliações vagas dos especialistas sobre os níveis de impacto entre fatores e converte números nebulosos em valores nítidos para a matriz de influência direta do grupo e, em seguida, executa o procedimento clássico do DEMATEL (WU e LEE, 2007; LIOU, YEN e TZENG, 2008; TSENG, 2009). Nesse modelo estendido, DEMATEL baseado em *fuzzy*, a lógica *fuzzy* é usada primeiro para lidar com a imprecisão e imprecisão envolvida na estimativa do grau de influência, depois a análise DEMATEL é concluída e, finalmente, os números nebulosos resultantes são convertidos em valores numéricos para a tomada de decisões.

Na literatura, muitos métodos eficazes de MCDM (Multi Criteria Decision Making Methods) foram desenvolvidos para lidar com problemas de tomada de decisão em grupo (ZAVADSKAS, TURSKIS e KILDIENE, 2014; MARDANI, JUSOH e ZAVADSKAS, 2015; MARDANI *et al.*, 2015). Para comparar a base processual desses métodos de MCDM, a técnica DEMATEL é comparada com alguns outros métodos, para mostrar suas vantagens e desvantagens. Os métodos escolhidos foram os considerados como mais usados no MCDM: AHP, TOPSIS, VIKOR, ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*) e GRA (*Grey Relational Analysis*).

No AHP, uma hierarquia considera a distribuição de uma meta entre os elementos que estão sendo comparados e julga qual elemento tem uma influência maior sobre essa meta (KOU e LIN, 2014; KOU *et al.*, 2016).

O princípio básico do TOPSIS é que a alternativa escolhida deve ter a menor distância da solução ideal e a maior distância da solução ideal negativa (ZAVADSKAS *et al.*, 2016).

O método VIKOR introduz o índice de classificação com base na medida específica de “proximidade” da solução ideal usando a normalização linear (OPRICOVIC e TZENG, 2004).

O ELECTRE é uma técnica proeminente de MCDM, que seleciona a melhor ação de um conjunto proposto de ações com base na teoria da utilidade de vários atributos (ROY e VINCKE, 1981).

O GRA é um modelo de avaliação de impacto que mede o grau de similaridade ou diferença entre duas sequências com base no grau de relação (DENG, 1989).

Segundo Si *et al.* (2018) comparada com esses métodos de MCDM, a técnica DEMATEL tem as seguintes vantagens: (1) Analisa efetivamente as influências mútuas (efeitos diretos e indiretos) entre diferentes fatores e entende as complicadas relações de causa e efeito no problema de tomada de decisão; (2) É capaz de visualizar as inter-relações entre fatores por meio de um IRM e permitir que o tomador de decisão entenda claramente quais fatores influenciam mutuamente; (3) O DEMATEL pode ser usado não apenas para determinar o *ranking* de alternativas, mas também para descobrir critérios críticos de avaliação e medir os pesos dos critérios de avaliação. Embora o AHP possa ser aplicado para classificar alternativas e determinar pesos de critérios, ele assume que os critérios são independentes e não consideram suas interações e dependências. A ANP, uma versão avançada do AHP, pode lidar com a dependência e o *feedback* entre os critérios; mas como indicado em (LIU *et al.*, 2014; OU YANG *et al.*, 2008; KOU, ERGU e SHANG, 2014), a suposição de peso igual para cada *cluster* obter uma super matriz ponderada na ANP não é razoável em situações práticas (Si *et al.*, 2018).

Por outro lado, em comparação com outros métodos de MCDM, as possíveis desvantagens da técnica DEMATEL podem ser as seguintes:

(1) Determina a classificação de alternativas com base nas relações interdependentes entre elas; mas outros critérios não são incorporados no problema de tomada de decisão.

(2) Os pesos relativos dos especialistas não são considerados na agregação de julgamentos pessoais de especialistas em avaliações de grupo.

(3) Não pode levar em consideração o nível de aspiração de alternativas, como nos métodos GRA e VIKOR, nem obter ordens parciais de classificação

de alternativas, como na abordagem ELECTRE. Portanto, o DEMATEL foi integrado com outros métodos MDM para combinar as propriedades desejadas na literatura.

A seguir, são apresentadas algumas situações apropriadas para o uso do método DEMATEL para propor soluções.

Jenab *et al.* (2015) propuseram um método DEMATEL de intervalo (i-DEMATEL) para avaliar e implementar tecnologias de manufatura integradas por computador que leva em consideração todos os parâmetros de decisão.

Abdullah e Zulkifli (2015) relataram um DEMATEL *fuzzy* de intervalo tipo 2 (IT2-fuzzy DEMATEL) e o combinaram com AHP *fuzzy* para gerenciamento de recursos humanos, onde os números *fuzzy* trapezoidais tipos intervalos 2 foram usados para resolver as relações entre dimensões e critérios.

Nikjoo e Saeedpoor (2014) apresentaram uma abordagem difusa e intuitiva do DEMATEL para determinar os principais componentes da matriz de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (SWOT), e Govindan, Khodaverdi e Vafadarnikjoo (2015) usaram o método DEMATEL com conjuntos difusos intuicionistas (IFSs) para lidar com as relações importantes e causais entre práticas e desempenhos ecológicos no gerenciamento da cadeia de suprimentos ecológica.

Fan, Suo e Feng (2012), desenvolveram um método DEMATEL estendido usando o modelo de representação linguística *fuzzy* de 2 tuplas para identificar fatores de risco da terceirização de TI; e Liu *et al.* (2015) utilizaram uma técnica DEMATEL de duas tuplas para calcular a importância dos critérios e propuseram um modelo híbrido de MCDM para avaliar as tecnologias de tratamento de resíduos de serviços de saúde.

Suo, Feng e Fan (2012) apresentaram uma extensão do método DEMATEL em um ambiente linguístico incerto, o que permite julgamentos sobre as correlações entre fatores na forma de termos linguísticos incertos.

Li *et al.* (2014) propuseram um método DEMATEL evidencial para identificar CFSs no gerenciamento de emergências, no qual as avaliações de fatores de influência expressas em números difusos intuicionistas (IFNs) foram transformadas em atribuições básicas de probabilidade (BPAs) e a teoria Dempster-Shafer (DS) foi usada para obter a matriz BPA da avaliação do grupo.

Chang e Cheng (2010) sugeriram um algoritmo eficiente que combina IFSs e o DEMATEL para avaliar os modos de risco de falha e Chang (2014) propôs um modelo de classificação de risco que integra a teoria dos conjuntos moles e a técnica DEMATEL para a avaliação de risco na análise de modo e efeito de falha (FMEA).

Geng e Chu (2012) lidaram com a incerteza e a imprecisão das avaliações de especialistas usando conjuntos vagos e apresentaram uma abordagem DEMATEL revisada para capturar as relações de influência mútua entre os atributos de qualidade. Em seguida, um novo método de análise de desempenho importante para avaliação da satisfação do cliente foi proposto com base no modelo de Kano e no vago DEMATEL.

Wu, Liu e Wang (2017) apresentaram um modelo analítico integrado para QFD, no qual o DEMATEL hesitante foi adotado para analisar as inter-relações entre os requisitos do cliente e determinar seus pesos.

Atualmente as pesquisas do MPSS que utilizaram MCDM não modularizaram o PSS senão que modularizaram serviços ou produtos e combinaram para formar o PSS.

Várias pesquisas no campo de tomada de decisão no PSS usaram o DEMATEL e combinaram com outras técnicas, dentre as mais destacadas Fuzzy e ANP. Por exemplo, Song e Sakao (2018) propõem o DEMATEL para manipular as interações de preferências disponíveis do usuário na determinação de peso com vários critérios. Além disso, uma abordagem aproximada de filtragem colaborativa é desenvolvida para fazer recomendações de PSS em ambientes demandados pelo usuário. Um estudo de caso da recomendação do PSS do elevador mostra a viabilidade e os potenciais da abordagem proposta. Teoricamente, o novo método pode produzir resultados de recomendação de PSS mais razoáveis, considerando as interdependências entre os diferentes critérios de recomendação. Na prática de marketing, o método pode sugerir propostas de novas ofertas aos clientes de maneira proativa.

No estudo das técnicas pesquisas apontam a eficácia do VIKOR para relacionar critérios heterogêneos nas unidades de medida assim como definir segundo a distância euclidiana quais são os que podem ser integrados. Isto oferece uma oportunidade de aplicação para a tomada de decisão no PSS Modularizado.

O método VIKOR é uma ferramenta MCDM eficaz, aplicável especificamente às situações em que o tomador de decisão não é capaz ou não sabe expressar sua preferência no início do processo de tomada de decisão. O procedimento computacional do método VIKOR é bastante simples e oferece uma abordagem sistemática e lógica para chegar à melhor decisão. A principal vantagem do método VIKOR, em comparação com outros métodos MCDM, é que a pontuação final de desempenho no VIKOR é uma agregação de todos os critérios, sua importância relativa e um equilíbrio entre a satisfação total e individual. A solução de compromisso, conforme fornecida por esse método, pode ser a base para as negociações, envolvendo a preferência do tomador de decisão nos pesos dos critérios (RANJAN, CHATTERJEE e CHAKRABORTY, 2016).

A integração do VIKOR e o DEMATEL pode oferecer uma análise robusta ao problema MPSS, assim como uma solução perto da ótima.

2.5 DESIGN SCIENCE RESEARCH

Para Vaishnavi e Kuechler (2009) o *Design Science Research* é um novo olhar ou um conjunto de técnicas analíticas que permitem o desenvolvimento de pesquisas nas diversas áreas, em particular na engenharia. O *Design Science Research* tem como objetivo estudar, pesquisar e investigar o subjetivo e seu comportamento, tanto do ponto de vista acadêmico quanto da organização (BAYAZIT, 2004).

Segundo Lacerda *et al.* (2013) a missão do *Design Science Research* é a concepção, projeção e validação de artefatos que ainda não existem.

Artefato é, segundo Simon (1996) a organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo. Eles são classificados em quatro tipos: Constructos, Modelos, Métodos e Instanciações (MARCH e SMITH, 1995). No Quadro 3 são apresentados os tipos de artefatos e suas descrições, segundo March e Smith (1995).

QUADRO 3. TIPOS DE ARTEFATOS

Tipos de artefatos	Descrição
Constructos ou conceitos	Formam o vocabulário de um domínio. Constituem uma conceituação utilizada para descrever os problemas dentro do domínio e para especificar as respectivas soluções. Eles definem os termos usados para descrever e pensar sobre as tarefas.
Modelos	Conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Em atividades de <i>design</i> , modelos representam situações como problema e solução. Ele pode ser visto como uma descrição, ou seja, como uma representação de como as coisas são. Precisa sempre capturar a estrutura da realidade para ser uma representação útil.
Métodos	Conjunto de passos (um algoritmo ou orientação) usado para executar uma tarefa. Se baseiam em um conjunto de constructos subjacentes (linguagem) e uma representação (modelo) em um espaço de solução. Podem ser ligados aos modelos, nos quais as etapas do método podem utilizar partes do modelo como uma entrada que o compõe. São muito utilizados para traduzir um modelo ou representação em um curso para resolução de um problema. Os métodos são criações típicas das pesquisas em <i>Design Science</i> .
Instanciações	A concretização de um artefato em seu ambiente. Instanciações operacionalizam constructos, modelos e métodos. No entanto, uma instanciação pode, na prática, preceder a articulação completa de seus constructos, modelos e métodos. Instanciações demonstram a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que elas contemplam.

(Adaptado de MARCH e SMITH (1995))

Design Science Research se constitui em um processo rigoroso de projetar artefatos para resolver problemas, avaliar o que foi projetado ou o que está funcionando, e comunicar os resultados obtidos (ÇAĞDAŞ; STUBKJÆR, 2011).

Hevner (2007), para explicar o processo de desenvolvimento da *Design Science Research*, se baseia em três ciclos fundamentais: Relevância, Rigor e Projeto.

A *Design Science Research* é motivada pelo desejo de melhorar o meio ambiente pela introdução de artefatos novos e inovadores e dos processos de construção desses artefatos (SIMON, 1996).

O primeiro ciclo, que inicia a *Design Science Research*, é nomeado como Ciclo de Relevância. Neste ciclo são definidas como entradas, a(s) oportunidade(s) e/ou problema(s) de pesquisa nos domínios de aplicação no ambiente de estudo, tais como: pessoas (funções, capacidades, características e outras), sistemas organizacionais (estratégias, estruturas, cultura, processos etc.) e/ou sistemas técnicos (infraestrutura, aplicações, literatura etc.).

Uma vez definido e delimitado o problema de pesquisa, é possível estabelecer os requisitos de pesquisa e os critérios de aceitação do artefato, como entradas para o Ciclo de Projeto.

O seguinte ciclo a ser desenvolvido é o Ciclo de Rigor, que fornece conhecimento anterior ao projeto de pesquisa para garantir sua inovação. O início deste ciclo deve ser a partir da análise de uma base de conhecimento ampla que fundamente toda a pesquisa, incluem-se as teorias científicas, os modelos de engenharia, experiência de profissionais no domínio de aplicação e os artefatos existentes (HEVNER, 2007). O objetivo deste ciclo é encontrar as teorias apropriadas para idealizar projetos do artefato a desenvolver, analisando a aderência aos requisitos da pesquisa, definidos no ciclo anterior (Ciclo de Relevância), os artefatos existentes, os projetos análogos em outros domínios de aplicação, assim como os conceitos e teorias acadêmicas (IVARI, 2007).

O Ciclo de Projeto, segundo Hevner (2007), é o coração da *Design Science Research* e o terceiro ciclo a ser realizado. O objetivo deste ciclo é gerar, pelo menos, uma alternativa de projetos e avaliar essas alternativas em relação aos requisitos até que um projeto satisfatório seja criado (SIMON, 1996). A entrada deste ciclo são as saídas dos ciclos descritos anteriormente, o que representa uma dependência do Ciclo de Projeto nos outros dois ciclos. Porém existe certa independência deste ciclo na execução da pesquisa.

A seguir, na Figura 3, são representados os ciclos nos quais se baseia a *Design Science Research*, segundo Hevner (2007).

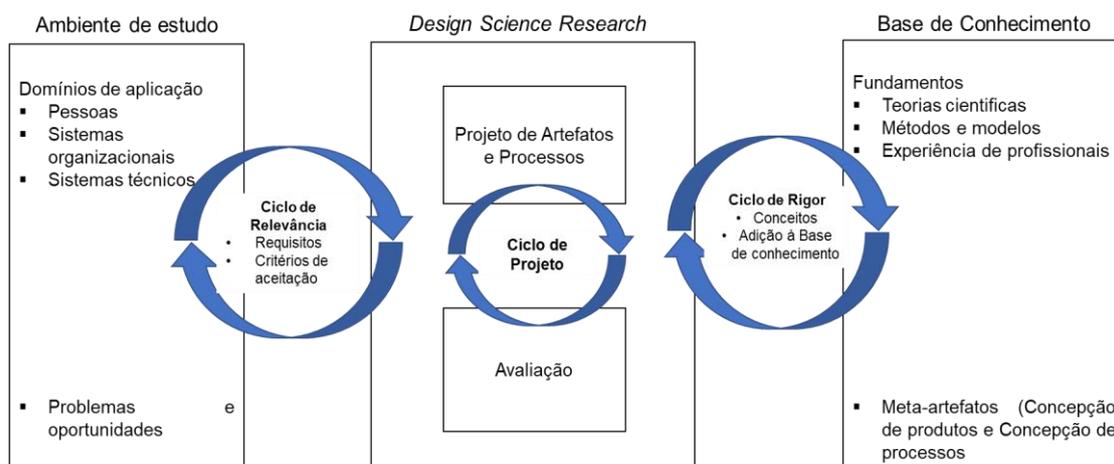


FIGURA 3. CICLOS DO *DESIGN SCIENCE RESEARCH* (TRADUZIDO DE HEVNER (2007))

Pela independência na execução e sua importância dentre os ciclos para desenvolver a *Design Science Research*, Ivori (2007) recomenda que seja implementada uma técnica sequencial rigorosa para execução do Ciclo de Projeto de forma detalhada, disciplinada e transparente. Seguindo essa lógica, Manson (2006), propõe uma metodologia para conduzir a pesquisa do projeto composta por cinco etapas: conscientização, sugestão, desenvolvimento, avaliação e finalização, como apresentado na Figura 4. Sendo assim essa estrutura pode ser seguida para implementar com maior rigor o nomeado Ciclo de Projeto.

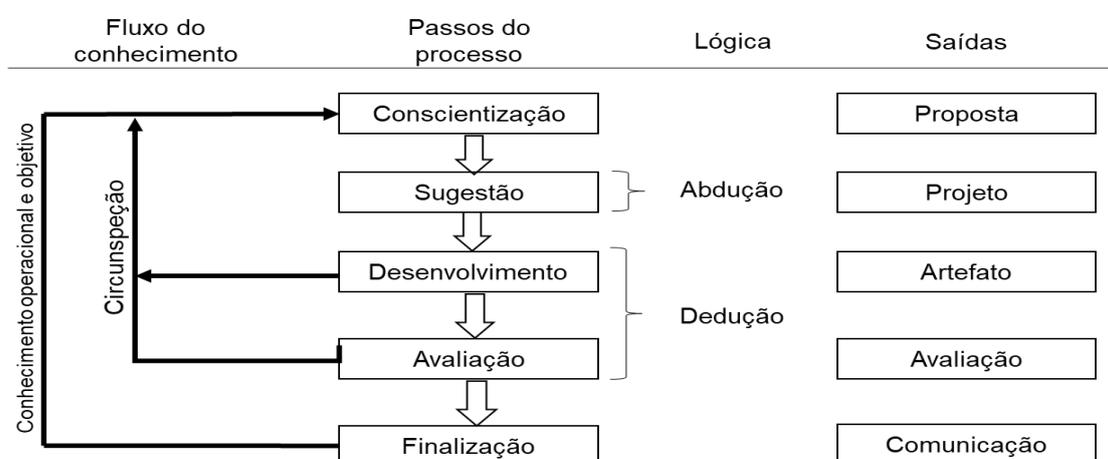


FIGURA 4. METODOLOGIA GERAL DE *DESIGN RESEARCH*
(TRADUZIDO DE MANSON (2006))

No Quadro 4, são apresentadas a descrição de cada um dos passos do processo da metodologia proposta por Manson (2006).

QUADRO 4. PASSO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR MANSON (2006)
(continuação)

Passos	Descrição
Conscientização	Objetivo: Conscientização do problema vindo da indústria ou governo. Saída: Problema de pesquisa, requisitos e escopo de estudo definidos.
Sugestão	Objetivo: Apresentar um ou mais projetos de artefatos experimentais. Este é o processo de abdução na tentativa de formular pelo menos um projeto de artefato. Saída: Opções de artefatos que expliquem ou resolvam o problema.
Desenvolvimento	Objetivo: Construir um ou mais artefatos. Neste passo começa o processo de dedução, a partir das teorias existentes, formando o estado funcional do(s) artefato(s). Saída: Apresentar o(s) artefato(s) construído(s), exemplo: algoritmos, softwares, sistemas, métodos, modelos, protótipos, entre outros.

QUADRO 4. PASSO DA METODOLOGIA PROPOSTA POR MANSON (2006) (conclusão)

Avaliação	Objetivo: Avaliar os artefatos em relação aos critérios para o que foi projetado. Neste passo encerra o processo de dedução. Saída: Artefato que atende de modo amplo as expectativas de solução ao problema de pesquisa definido ou, caso o artefato não atenda aos critérios de aceitação há a necessidade de retorna à etapa de conscientização para ajustes na compreensão do problema de pesquisa, fluxo chamado de circunspeção.
Finalização	Objetivo: Consolidar e registrar o conhecimento adquirido, o processo de criação e o projeto do artefato, seus mecanismos de avaliação e os resultados obtidos. Saída: Conhecimento adquirido.

(MANSON (2006))

Distintos pesquisadores podem gerar diferentes tipos de soluções. As sugestões de artefatos satisfatórias são aceitáveis quando uma solução ótima não for possível de ser obtida no complexo mundo real (SIMON, 1996). Uma solução pode ser considerada satisfatória quando houver um consenso entre os envolvidos no problema e o artefato atender aos critérios de aceitação previamente definidos (HEVNER, 2007).

Raramente um artefato atende completamente as expectativas de solução ao problema de pesquisa, por tanto o desvio de desempenho do artefato aos critérios de aceitação devem ser devidamente apresentados (MANSON, 2006).

Classificar o conhecimento em firme, fatos que foram aprendidos e podem ser aplicados repetidamente, ou como “pontas soltas”, anomalias que não podem ser explicadas e que frequentemente se tornam o assunto de novas pesquisas (MANSON, 2006).

3 MÉTODO DE PESQUISA

O objetivo deste capítulo é apresentar a classificação da pesquisa e a abordagem metodológica adotada para o desenvolvimento da presente pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa dedica-se a resolver um problema da área de Engenharia de Produção e, portanto, dentro desta área, classifica-se como descrito a seguir.

Segundo a natureza: aplicada, porque procura gerar conhecimentos para aplicação prática na solução de problemas específicos e reais (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Segundo o objetivo: exploratória, devido a que proporciona maior conhecimento sobre o tema, possibilitando a formulação de hipóteses para sua definição e delineamento, ou descobrindo um novo enfoque para o tema de pesquisa (GIL, 1996).

Segundo a abordagem: quantitativa, porque procura medir e quantificar os resultados da investigação, transformando-os em dados estatísticos (ZANELA 2013).

Segundo o procedimento: Revisão Sistemática da Literatura (teórico/conceitual) (KITCHENHAM e CHARTERS, 2007) e *Design Science Research* (LACERDA et al., 2013).

3.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O desenvolvimento da pesquisa aconteceu em duas etapas. Na primeira etapa aplicou-se a Revisão Sistemática da Literatura, como procedimento de pesquisa, para encontrar a lacuna e, baseado nesta lacuna, fazer um levantamento dos conceitos para sua solução. Posteriormente adotou-se o *Design Science Research*, seguindo a estrutura proposta por Hevner (2007), por ser um procedimento de pesquisa adequado para projetar métodos, atendendo desta forma ao objetivo geral desta pesquisa.

A seguir, na Figura 5, é apresentado o fluxograma de desenvolvimento da pesquisa.

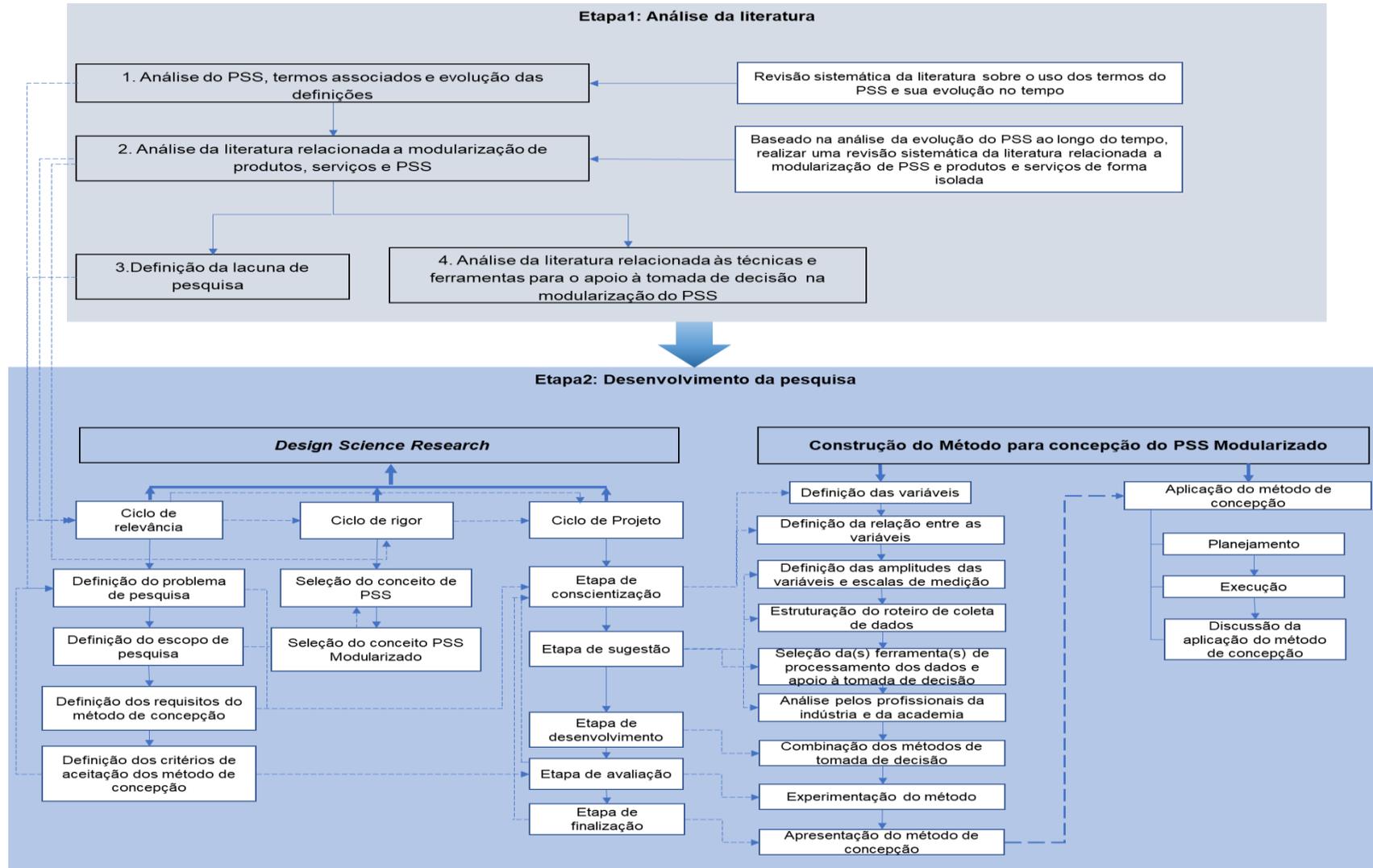


FIGURA 5. ABORDAGEM METODOLÓGICA DA PESQUISA.

3.2.1 ETAPA 1. ANÁLISE DA LITERATURA

Esta etapa teve como finalidade, identificar a lacuna de pesquisa e, com isto, definir o problema que esta pesquisa estará dedicada a resolver. Para isso, foram feitas três revisões sistemáticas da literatura qualificadas sobre PSS e modularização nesta estratégia.

A diferença entre a revisão narrativa e a sistemática é que, esta última é uma análise mais aprofundada, requer uma pergunta clara, a definição de uma estratégia de busca e o estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos artigos. O método adotado para a RSL é apresentado na Figura 6.

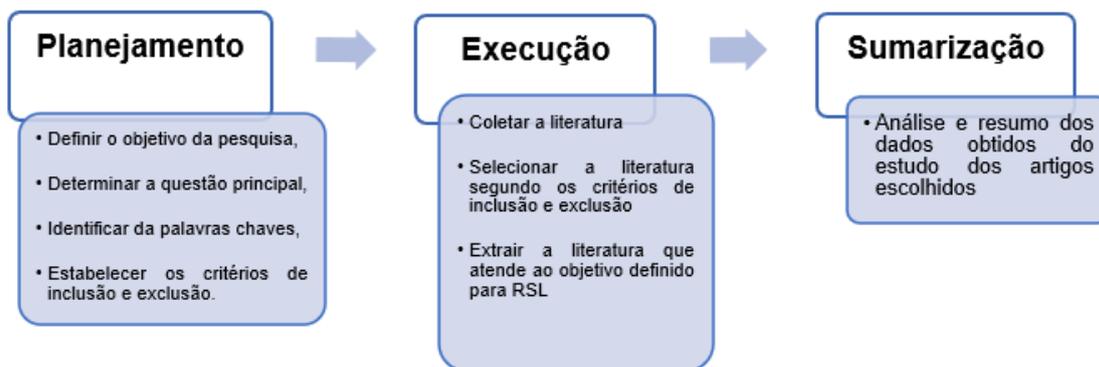


FIGURA 6. MÉTODO PARA O DESENVOLVIMENTO DA RSL
(ADAPTADO DE KITCHENHAM E CHARTERS (2007))

➤ **Planejamento:** primeiramente foram planejadas as análises, definindo o protocolo de pesquisa a seguir em cada uma delas, como mostrado no Quadro 5.

➤ **Execução:** Para a execução desta análise foram coletados os artigos obtidos nas três bases de dados definidas, além da inserção manual de algum artigo de interesse ou referência bibliográfica citada em um dos artigos obtidos das formas anteriores (*snowballing*). Estes artigos foram analisados segundo os critérios de inclusão (I) e exclusão (E) definidos anteriormente na etapa de planejamento. Os artigos que restaram desta exclusão foram analisados com mais profundidade para verificar a aderência ao objetivo de pesquisa da RSL. Esta descrição é mostrada no Quadro 5.

QUADRO 5. DESCRIÇÃO E RESULTADO DAS ETAPAS APLICADAS NAS RSLs

(continuação)

Etapas		RSL1: PSS, termos associados e evolução das definições			RSL2: Modularização de produtos, serviços e PSS			RSL3: Técnicas e ferramentas para a tomada de decisão multicritérios na modularização do PSS		
Planejamento	Objetivo	Analisar a evolução das pesquisas no campo do PSS.			Examinar a literatura científica relacionada à modularização de produtos, serviços e PSS			Examinar a literatura científica relacionada aos métodos, técnicas ou ferramentas que auxiliam a tomada de decisão na modularização do PSS.		
	Questão de pesquisa	Qual é o comportamento das pesquisas no campo do PSS?			Quais são as particularidades e benefícios entre a modularização para produtos, serviços e PSS?			Quais são as técnicas ferramentas que auxiliam a tomada de decisão na modularização do PSS?		
	Palavras chaves	Sistema Produto-Serviço; Manufatura; Servitização			Modularização; Produto; Serviço; Sistema Produto-Serviço			<i>Product Service System</i> ; modularização; métodos, técnicas e ferramentas de apoio à tomada de decisão multicritério		
	Definição das strings de busca	"Product-Service System" AND "Manufactur*"; "Servitization" AND "Manufactur*"			"Modul*" AND "Product*"; "Modul*" AND "Service*"; "Modul*" AND "Product Service System"			("Product Service System" AND "Modularization" AND "multi-criteria decision-making" AND "tools" OR "methods")		
	Bases de dados	<i>Science Direct, Emerald, Web of Science e Scopus</i>								
	Critérios de inclusão (I) e exclusão (E)	(I) Artigos de periódicos;(I) Artigos do período: 2009-2020; (E ₁) Artigos que não contenham no título, resumo ou palavras chaves as strings de busca; (E ₂) Artigos duplicados; (E ₃) Artigos fora do período 2009-2020; (E ₄) Artigos que não estejam nos idiomas: inglês, português ou espanhol; (E ₅) Artigos sem acesso aberto								
Execução	Total de artigos obtidos	3202			413			35		
	Total de artigos excluídos	3056	Seleção	E ₁ – 371 E ₂ – 1290+723	388	Seleção	E ₁ – 131 E ₂ – 69	18	Seleção	E ₁ – 4 E ₂ – 7

QUADRO 5. DESCRIÇÃO E RESULTADO DAS ETAPAS APLICADAS NAS RSLs

(conclusão)

Etapas		RSL1: PSS, termos associados e evolução das definições		RSL2: Modularização de produtos, serviços e PSS		RSL3: Técnicas e ferramentas para a tomada de decisão multicritérios na modularização do PSS	
Execução	Total de artigos excluídos	Seleção	E ₃ – 337	Seleção	E ₃ – 32	Seleção	E ₃ – 2
			E ₄ – 60		E ₄ – 19		E ₄ – 0
			E ₅ – 48		E ₅ – 34		E ₅ – 0
	Extração	Atende ao objetivo – 227	Extração	Aderência ao objetivo – 103	Extração	Aderência ao objetivo – 5	
	Total de artigos analisados	146		25		17	
Sumarização		Análise da literatura referentes a PSS		Análise da literatura referente a Modularização para PSS		Análise da literatura referente aos métodos e técnicas usados para modularização de PSS e apoio à tomada de decisão	

➤ **Sumarização:** Estas análises resultaram no referencial teórico apresentado no Capítulo 2.

3.2.1.1 Análise do PSS, termos associados e evolução das definições

A primeira análise está relacionada às tendências atuais dos serviços e produtos industriais com o intuito de se fazer um levantamento da produção científica sobre o assunto e identificar redes de pensamentos e conceitos, que articulam saberes de diversas fontes, na tentativa de trilhar caminhos na direção deste tema. Foi realizada uma revisão do tipo narrativa na qual não se utilizam critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura. Este procedimento foi adotado visto que neste

primeiro estágio a temática era mais aberta. Buscava-se definir uma questão de pesquisa específica e, portanto, não foi definido um protocolo para sua confecção.

Com o intuito de ter um retorno de dados científicos confiáveis, a fonte utilizada foi o Portal de periódicos Capes. A *string* de busca utilizada foi: "*industrial products*" AND "*industrial service*", esta combinação foi usada para a busca em qualquer lugar do texto. Os resultados foram refinados pelos últimos cinco anos, a fim de saber as tendências nesse âmbito. Com isto, obteve-se um retorno de 29 artigos, deles 03 não tinham acesso aberto e um 01 estava repetido. Dos 25 artigos restantes, 8 eram relacionados com o tópico: *Servitization, Servitisation, Product-Service System*, o que chamou a atenção. A leitura dos 25 artigos permitiu detectar a tendência de aplicação da estratégia Sistemas de Produtos-Serviços o que direcionou a presente pesquisa neste assunto.

➤ **Planejamento:** Para a adequada análise e identificação dos conceitos, benefícios, assim como oportunidades de pesquisa sobre o tema, foi feita uma análise mais aprofundada da literatura relacionada ao PSS. Para este estudo, uma revisão sistemática foi desenvolvida. Esta análise teve o objetivo de apurar a evolução das pesquisas no campo do PSS.

Dentre as palavras-chave definidas foram inseridas: "servitização", pois em muitos estudos este termo também é usado para se referir à integração de serviços e produtos e "manufatura" porque é o ramo empresarial onde está focada esta pesquisa.

Para a construção das *strings* de busca as palavras-chave foram vertidas para o inglês, sendo que o acervo literário encontra-se majoritariamente neste idioma. Com isto foram construídas as seguintes *strings* de busca: "Product-Service System" AND "Manufactur*"; "Servitization" AND "Manufactur*" (o símbolo * é usado com o intuito de se ter um retorno de todas as terminações de *manufactur*, exemplo: *manufacturer, manufacturing* etc.).

As bases de dados utilizadas foram a *Science Direct, Emerald, Web of Science* e *Scopus*. As duas primeiras bases foram eleitas por conterem os cinco artigos mais relevantes obtidos na primeira busca feita no Portal CAPES, as

outras duas pela disponibilidade de trabalhos relacionados com as engenharias afins.

Para apoiar esta análise foi utilizado o software StArt, desenvolvido pelo LAPES/UFSCAR (FABBRI *et al.*, 2016). A verificação de trabalhos duplicados na base de dados Emerald foi realizada manualmente.

➤ **Execução:** Para a execução desta análise foram coletados os artigos obtidos nas três bases de dados definidas, além da inserção manual de algum artigo de interesse ou referência bibliográfica citada em um dos artigos obtidos das formas anteriores (*snowballing*).

Para a *string* de busca "*Product-Service System*" AND "*Manufactur**" foram feitas as buscas nas bases de dados, informadas anteriormente, obtendo um total de 1645 documentos. Para a *string* de busca "*Servitization*" AND "*Manufactur**", foram obtidos 1557 documentos.

Em ambas as buscas, a base de dados que apresentou maior quantidade de documentos foi a Scopus, seguida pela Emerald, Web of Science, e *Science Direct*. No total, foram obtidos 3202 documentos.

Foram excluídos 3056 artigos, seguindo os critérios de exclusão definidos no Quadro 8. O total de 3056 artigos excluídos está distribuído da seguinte forma:

(E1) Artigos que não contenham no título, resumo ou palavras chaves as strings de busca= 371;

(E2) Artigos duplicados= 1290 entre as bases de dados + 723 entre as duas buscas;

(E3) Artigos fora do período 2009-2020= 170 (*string1*) +167(*string2*) = 337

(E4) Artigos que não estejam nos idiomas: inglês, português ou espanhol=60

(E5) Artigos sem acesso aberto=48

Logo na leitura mais aprofundada dos artigos foram excluídos 227 por não se aderirem ao objetivo de pesquisa da RSL.

➤ **Sumarização:** A análise correspondente a esta etapa está apresentada no Capítulo 2, Seção 2.1 Sistema Produto-Serviço.

3.2.1.2 Análise da literatura relacionada a modularização de produtos, serviços e PSS

➤ **Planejamento:** Na primeira análise da literatura, observou-se uma busca crescente pela flexibilização e atendimento personalizado aos consumidores, como forma de agregar valor. Com isto apareceram os termos “customização” e “modularização”, detectando-se uma oportunidade de pesquisa.

Segundo a definição adotada, a estratégia de PSS se compõe da integração de serviços e produtos, assim decidiu-se por entender, primeiramente, a modularização para o produto e para o serviço, de forma independente e, posteriormente, integrados como PSS.

➤ **Execução:** As pesquisas, resultado desta RSL, foram classificadas de acordo com o tema que abordavam: modularização do produto, modularização do serviço ou modularização do PSS. Isto permitiu compreender as definições de modularização assim como seus benefícios para as partes interessadas.

Foram coletados os artigos obtidos das quatro bases de dados definidas, além da inserção manual de artigo de interesse ou referência bibliográfica citada em um dos artigos obtidos na RSL (*snowballing*). Ao todo foram identificados 413 documentos.

Segundo os critérios de exclusão definidos (Quadro 5), foram descartados 388 documentos, distribuídos da seguinte forma:

(E1) Artigos que não contenham no título, resumo ou palavras chaves as strings de busca= 131;

(E2) Artigos duplicados= 69 entre as bases de dados;

(E3) Artigos fora do período 2009-2020= 32

(E4) Artigos que não estejam nos idiomas: inglês, português ou espanhol=19

(E5) Artigos sem acesso aberto= 34

Logo na leitura mais aprofundada dos artigos foram excluídos 103 por não se aderirem ao objetivo de pesquisa da RSL.

Restaram 25 artigos para uma análise em profundidade desenvolvida no Capítulo 2.

➤ **Sumarização:** na seção 2.2 do Capítulo 2 é apresentada a análise referente a modularização e benefícios para chegar à customização de PSS.

3.2.1.3 Análise da literatura relacionada às técnicas e ferramentas para a tomada de decisão multicritérios na modularização do PSS

➤ **Planejamento:** Uma vez identificada a lacuna de pesquisa na área de modularização para o PSS, e com isto, uma oportunidade para aprofundar e auxiliar tanto a academia, quanto o ramo empresarial, fornecendo ferramentas que auxiliem na tomada de decisão com multicritérios na modularização do PSS, foi feita uma análise aprofundada sobre o estado atual das pesquisas relacionadas.

Execução: desenvolvida mediante a análise dos artigos coletados das quatro bases de dados definidas, além da inserção manual de artigo de interesse ou referência bibliográfica citada em artigos obtidos da RSL (*snowballing*). Segundo os critérios de exclusão definidos (Quadro 5), foram descartados 13 documentos, distribuídos da seguinte forma:

(E1) Artigos que não contenham no título, resumo ou palavras chaves as strings de busca= 4;

(E2) Artigos duplicados= 7

(E3) Artigos fora do período 2009-2020=2

(E4) Artigos que não estejam nos idiomas: inglês, português ou espanhol=0

(E5) Artigos sem acesso aberto=0

Logo na leitura mais aprofundada dos artigos foram excluídos 5 por não se aderirem ao objetivo de pesquisa da RSL.

Restaram 17 artigos que foram analisados em profundidade no Capítulo 2.

➤ **Sumarização:** apresentada na seção 2.3, do Capítulo 2, referente aos métodos de concepção de PSS modularizado, onde é feita uma análise aprofundada destes 17 artigos.

3.2.2 ETAPA 2. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Esta etapa trata do desenvolvimento do método para conceber o PSS modularizado que considera serviço e produto integrados. Para tanto, foi utilizado o método *Design Science Research*, descrito na seção 2.5 do Capítulo 2.

3.2.2.1 *Design Science Research*

O procedimento de pesquisa adotado nesta etapa é o *Design Science Research*, sendo indicado na literatura como adequado para o desenvolvimento de métodos (MARCH e SMITH, 1995). Este procedimento foi desenvolvido em três ciclos: de Relevância, de Rigor, de Projeto.

➤ **Ciclo de Relevância**

O ciclo de relevância busca detalhar as necessidades do método de concepção do PSS Modularizado, apoiando-se na análise da literatura e na lacuna de pesquisa encontrada, além dos requisitos e critérios de aceitação do método de concepção.

➤ **Ciclo de Rigor**

O ciclo de rigor se retroalimenta do ciclo de relevância utilizando as definições, assim como a análise da literatura para identificar os conceitos e teorias que fundamentam o método de concepção. Neste ciclo são selecionados os métodos para conceber PSS Modularizado assim como os métodos de apoio à tomada de decisão.

➤ **Ciclo de Projeto**

O ciclo de projeto apoia-se nas informações geradas nos ciclos anteriores, de relevância e rigor. A execução deste ciclo foi em 5 etapas, definidas por Manson (2006): conscientização, sugestão, desenvolvimento, avaliação e finalização, visando construir o método de avaliação. A seguir, é detalhado o desenvolvimento de cada etapa.

a) **Conscientização:** nesta etapa procura-se um amplo entendimento do método de concepção. Para isso, são analisadas as necessidades definidas no ciclo de relevância e, visando atender essas necessidades, são definidas as variáveis, e a relação entre elas.

b) **Sugestão:** é a etapa na qual o método de concepção é formulado. Para isso, devem ser definidas as unidades de medição e as escalas de cada variável. Baseado nessas informações, é estruturado o plano para coletar os dados das variáveis de entrada. Além disto, escolhe-se a ferramenta para o processamento das informações que possibilite relacionar as variáveis de saída com as de entrada. Tanto o plano para coleta de dados quanto a ferramenta para

o processamento dos dados, são apresentados para serem avaliados pelos profissionais da indústria e da academia.

c) **Desenvolvimento:** etapa na qual é estruturada a combinação dos métodos e ferramentas de auxílio a tomada de decisão no método para conceber o PSS modularizado, que permite o cálculo das variáveis de saída, usando o roteiro de coleta de dados e a ferramenta do processamento das informações.

d) **Avaliação:** nesta etapa o modelo deverá ser aplicado para um caso de prova com características perto da realidade com o intuito de testá-lo até que os critérios de aceitação, definidos no ciclo de relevância, sejam atendidos.

e) **Finalização:** nesta etapa, para concluir, é apresentado o método para concepção do PSS modularizado.

3.2.2.2 Construção do Método para concepção do PSS Modularizado

➤ Resultado do ciclo de projeto

Como resultados do ciclo do projeto são definidas as variáveis; a relação entre elas; as amplitudes e as escalas de medição destas variáveis. Logo é estruturado o roteiro para coleta dos dados iniciais. Também se selecionam as ferramentas para o processamento dos dados. Após isto, é submetido a uma análise por profissionais da área que atuam na indústria e na academia. Conseqüentemente são definidos os métodos que podem ser utilizados e combinados para o apoio à tomada de decisão. Por fim o método é experimentado e apresentado para sua posterior aplicação e simulação.

➤ Aplicação do método de concepção

Aplicação do método para conceber o PSS Modularizado é realizada em três etapas: planejamento, execução e discussão. No planejamento é identificada a empresa, os equipamentos e serviços que serão objeto de estudo para conceber o PSS modularizado mediante o método criado. Na etapa de execução é aplicado o método proposto aos produtos e serviços selecionados na etapa anterior. Finalmente, na etapa de discussão, são analisados os resultados obtidos para este caso de estudo e possíveis extensões para outros produtos e serviços.

4 MÉTODO PARA A CONCEPÇÃO DO PSS MODULARIZADO

Neste capítulo é detalhado o procedimento para a execução do método para conceber o PSS Modularizado.

4.1 CICLO DE RELEVÂNCIA

Como apresentado na Figura 5, no Capítulo 3, o primeiro ciclo para desenvolver o *Design Science Research* é o Ciclo de Relevância. Para o desenvolvimento deste ciclo são apresentados a seguir, a definição do problema de pesquisa, o escopo de pesquisa, os requisitos e os critérios de aceitação do método de concepção.

4.1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Foi desenvolvida uma revisão sistemática da literatura, apresentada na seção 2.3 do Capítulo 2, que resultou na definição da lacuna de pesquisa: inexistência de uma estrutura para conceber PSS Modularizado que atenda às exigências tanto de um produto quanto de um serviço modular de forma simultânea, flexível, que auxilie na personalização de soluções e que avalie os custos de se adotar esta estratégia nas empresas. Consequentemente esta lacuna conduziu à definição do problema de pesquisa: como desenvolver PSS Modularizado, que atenda simultaneamente às exigências tanto do produto quanto do serviço, e que possa fornecer soluções personalizadas e flexibilidade na oferta a um custo reduzido?

4.1.2 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DE PESQUISA

O escopo desta pesquisa limita-se às empresas manufatureiras que aplicam ou são passíveis de aplicação de PSS. Este escopo foi delimitado com o auxílio da revisão sistemática da literatura correspondente à seção 2.3 do Capítulo 2, onde se identificaram os modelos para conceber PSS Modularizado

nas empresas. Assim define-se como o escopo desta pesquisa: os métodos para concepção do PSS Modularizado.

4.1.3 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO

Como auxílio à definição dos requisitos do método de concepção do PSS Modularizado, construiu-se o Quadro 2, na seção 2.3 do Capítulo 2. Procurou-se atender os requisitos mais utilizados nos modelos existentes e os que, segundo o problema definido, não são atendidos pelos atuais modelos.

a) Definição do(s) tipo(s) de PSS Modularizado a adotar

Segundo as estratégias adotadas na construção do PSS, serão adaptados os PSS Modularizado. A interdependência entre os PSS é a característica que permitirá a construção do PSS Modularizado. Esta interdependência pode se apresentar pela similaridade nos produtos, serviços e requisitos do consumidor entre PSS. O Quadro 6 apresenta uma descrição detalhada destes tipos de PSS Modularizado.

QUADRO 6. TIPOS DE PSS MODULARIZADO

Tipos de PSS Modularizado	Descrição
Interdependência entre produtos	Quando os PSS possuem 1 ou mais produtos em comum que tenham características adaptáveis entre eles.
Interdependência entre serviços	Quando os PSS possuem 1 ou mais serviços em comum que tenham características adaptáveis entre eles.
Interdependência entre requisitos do consumidor	Quando os consumidores apresentam uma necessidade ou desejo que é atendido por dois ou mais PSS.

Com isto, de acordo com os tipos do PSS Modularizado, são definidos seus requisitos.

b) Requisitos de cada estágio de modularização do PSS Modularizado

Os requisitos são o ponto de partida para o planejamento conceitual do PSS e geralmente são consideradas as métricas dos conceitos customizados do PSS. No momento de identificar os requisitos, é interessante identificar, além dos requisitos da fase de uso do produto, também os requisitos existentes em outras fases do ciclo de vida, por exemplo, estágio de aquisição, remanufatura, reciclagem ou descarte de produtos. Além desses requisitos comuns, os

requisitos ambientais (como economia de energia) também devem ser identificados e analisados. No Quadro 7 são descritos esses requisitos segundo os tipos de PSS Modularizado.

QUADRO 7. REQUISITOS PARA MODULARIZAÇÃO SEGUNDO OS TIPOS DE PSS MODULARIZADO

Tipos de PSS Modularizado	Requisitos em comum para modularizar
Interdependência entre produtos	Irá depender dos produtos e suas características. Exemplos: partes de reposição similares, peças similares, funcionalidade similar, entre outros
Interdependência entre serviços	Irá depender dos serviços e suas características. Exemplos: processo de manutenção similar, frequência similar, processo de instalação similar, processo de monitoramento similar
Interdependência entre requisitos do consumidor	Irá depender das exigências, necessidades e desejos dos consumidores. Exemplos: Flexibilidade, Adaptabilidade, Custo, Comum na solicitação, Combinação de PSS

4.1.4 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO

Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015), o primeiro critério de aceitação no *Design Science Research* a ser atendido é cumprir com os requisitos do artefato. Com isto, o método proposto tem como principal critério de aceitação, a satisfação dos requisitos anteriormente definidos, como representado na Figura 7.

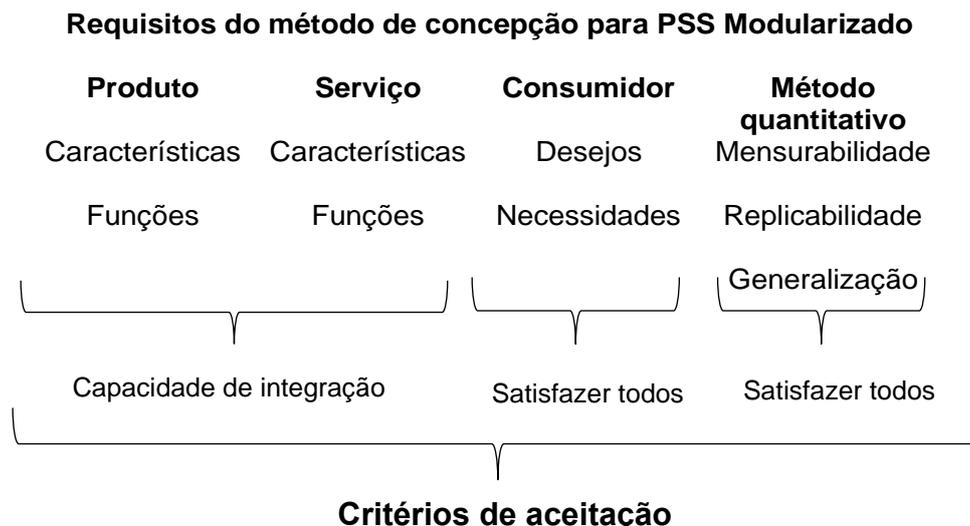


FIGURA 7. CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO

4.2 CICLO DE RIGOR

O segundo ciclo a ser desenvolvido no *Design Science Research* é o Ciclo de Rigor. Neste ciclo, baseado nos resultados da revisão da literatura, apresentada no Capítulo 2, na seção 2.1, foram selecionados os conceitos dos grupos teóricos conceituais definidos nos requisitos apresentados no ciclo anterior: produto, serviço, consumidor, PSS e módulo PSS.

Dispensou-se da seleção da definição do conceito de método quantitativo pela consensualidade universal dentre os pesquisadores sobre esse conceito.

4.2.1 SELEÇÃO DO CONCEITO DE PSS

Analisando os conceitos mais relevantes estudados na RSL desenvolvida na seção 2.1 do Capítulo 2, selecionou-se como conceito de PSS a seguir nesta pesquisa a fornecida por Song (2019), que define PSS como coleções de elementos físicos tecnológicos e elementos de serviço integrados para resolver os problemas do cliente; envolvendo compartilhamentos de produtos e serviços em um sistema.

4.2.2 SELEÇÃO DO CONCEITO DE PSS MODULARIZADO

Define-se que o PSS Modularizado é composto por módulos padronizados de PSS, que são combinados para atender às necessidades individualizadas dos clientes (LI *et al.*, 2012) e o seu desenvolvimento deve considerar os fatores de influência mútua entre produtos e serviços (WANG *et al.*, 2011; LARSEN *et al.*, 2018).

4.3 CICLO DE PROJETO

Este é o último ciclo a ser executado e como apresentado, pelo Hevner (2007), é o coração do *Design Science Research*, o que faz dele o ciclo mais complexo no desenvolvimento. Este ciclo se alimenta das informações geradas dos ciclos anteriores, Relevância e Rigor, para atingir o objetivo que é construir o método de concepção do PSS Modularizado. Pela complexidade deste ciclo no desenvolvimento, seguiram-se as cinco etapas apresentadas na abordagem metodológica desta pesquisa, Figura 5, página 45.

4.3.1 ETAPA DE CONSCIENTIZAÇÃO

Nesta etapa serão definidas as variáveis do método de concepção e a relação entre elas, para atender aos requisitos apresentados na Seção 4.1.3.

4.3.1.1 Definição das variáveis

Como variáveis de saída define-se o PSS modularizado que atenda aos requisitos de produto, serviço e consumidores simultaneamente, como definido na seção 4.1.3.

Como variáveis de entrada adotam-se, as características e funções dos produtos e serviços para avaliar a capacidade de integração entre eles. Baseados nisso, esta capacidade de integração permite criação de PSS e posteriormente sua modularização.

Também, como variáveis de entrada, são definidas as necessidades e desejos dos consumidores. Utilizando como critério que o PSS Modularizado deve atender a pelo menos 90% dos requisitos dos consumidores; este valor foi

estabelecido baseados nos critérios utilizados pelas empresas para aprovação de fornecedores.

Atendendo às características da modularização de: custo reduzido e flexibilidade, como apresentado por Shikata, Gemba e Uenishi, (2013); Song e Sakao (2017), flexibilidade e custo são definidos como variáveis de entrada também.

Na Figura 8, a seguir, são apresentadas as variáveis de entrada e saída do método proposto para conceber PSS Modularizado.

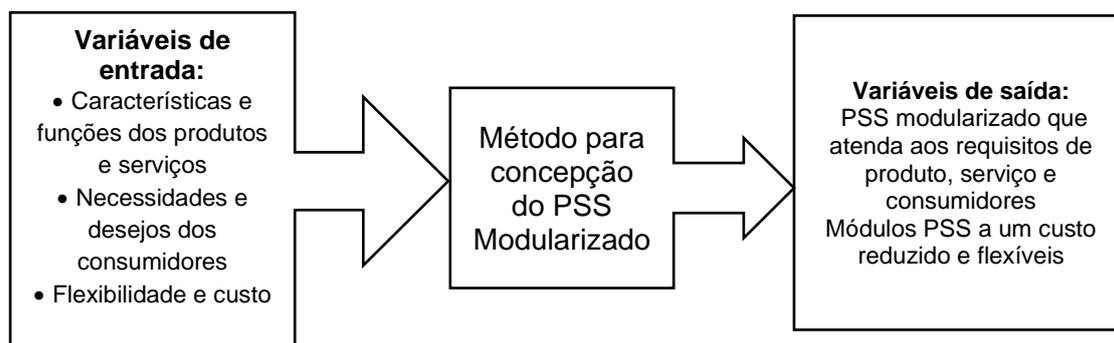


FIGURA 8. VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA DO MÉTODO PROPOSTO PARA CONCEBER PSS MODULARIZADO

4.3.1.2 Definição da relação entre as variáveis

Nesta pesquisa estabeleceu-se que a relação entre as variáveis de entrada e de saída do método para concepção do PSS modularizado é combinacional, sendo as saídas combinações das entradas com suas respectivas relações e ponderações.

A relação combinacional fundamenta-se na análise apresentada na seção 2.3 do Capítulo 2, que mostra que todos os modelos analisados convergem para a necessidade de avaliar as características e funções dos produtos para integrar os serviços e, conseqüentemente, compor o PSS modularizado.

Li *et al.* (2012); Song e Sakao (2017); Sakao *et al.* (2017); Sheng *et al.* (2017a); Sheng *et al.* (2017b); Li *et al.* (2018); Song (2018); Ezzat *et al.* (2019); Fagnoli *et al.* (2019); Geng *et al.* (2019); Li *et al.* (2019), chamam a atenção para a inserção das necessidades e desejos dos consumidores para desenvolver o PSS Modularizado.

As pesquisas de Song e Sakao (2017); Sun *et al.* (2017); Li *et al.* (2018); Song (2018), apresentam como característica fundamental na concepção do PSS Modularizado a necessidade de módulo PSS flexível. Assim como Sheng *et al.* (2015); Song *et al.* (2015); Song e Sakao (2017); Li *et al.* (2017); Li *et al.* (2018); Song (2018); Ezzat *et al.* (2019); Geng *et al.* (2019); Li *et al.* (2019), definem que esta estratégia não deve gerar aumentos nos custos, portanto a avaliação dos custos torna-se necessária.

Finalmente, isto resulta na obtenção de PSS Modularizado que atenda aos requisitos dos produtos, serviços e consumidores, de forma flexível e a um custo reduzido.

4.3.2 ETAPA DE SUGESTÃO

Fundamentada nas definições da etapa de Conscientização, a etapa de Sugestão visa definir as amplitudes das variáveis e escalas de medição; estruturar o roteiro para a coleta dos dados; selecionar as ferramentas de processamento dos dados. Essa etapa visa também apresentar a análise dos profissionais da indústria e academia sobre o roteiro de coleta e a ferramenta para processamento dos dados.

4.3.2.1 Definição das amplitudes das variáveis e escalas de medição

Como apresentado na seção 4.3.1.1, as variáveis de entrada são: Características e funções dos produtos e serviços, Necessidades e desejos dos consumidores, Flexibilidade e custo.

As amplitudes e escalas de medição, para as características e funções dos produtos e serviços e necessidades e desejos dos consumidores, devem ser definidas pelas próprias empresas que utilizarão o método aqui proposto, uma vez que os produtos e serviços podem variar de empresa para empresa e, conseqüentemente, suas características e funções. Da mesma forma acontece com as necessidades e desejos dos consumidores que variam de acordo aos produtos e serviços da empresa. Sendo assim, estas variáveis podem ser de escala dicotômica, ou seja, atendem a uma escala de 0 ou 1, ou escalar, quando são medidas por uma escala que vai além de opções dicotômicas. As amplitudes das variáveis podem ser unitárias, porque atende a uma unidade de medida ou

cumulativa, quando para atender o nível máximo de desenvolvimento de determinado requisito, é necessário que níveis anteriores sejam satisfeitos, podendo estabelecer uma escala de níveis.

No caso da flexibilidade considera-se que ela pode ser atendida ou não, e com isto entende-se como uma variável dicotômica e de amplitude unitária.

O custo do PSS pode ser expresso na moeda em que os produtos e serviços são comercializados, ou em percentual, com isto seria do tipo escalar e de amplitude unitária.

No caso das variáveis de saída: PSS modularizado que atenda aos requisitos de produto, serviço e consumidores, Módulos PSS a um custo reduzido e flexíveis, definem-se uma escala de medição do tipo escalar e de amplitude unitária.

No Quadro 8 são apresentadas as amplitudes e escalas das variáveis a serem utilizadas no modelo de concepção proposto.

QUADRO 8. AMPLITUDES E ESCALAS DAS VARIÁVEIS

Variáveis	Amplitude	Escala de medição
Características e funções dos produtos e serviços	unitária ou cumulativa	dicotômica ou escalar
Necessidades e desejos dos consumidores	unitária ou cumulativa	dicotômica ou escalar
Flexibilidade	unitária	dicotômica
Custo	unitária	escalar
PSS modularizado que atenda aos requisitos de produto, serviço e consumidores	unitária	escalar
Módulos PSS a um custo reduzido e flexíveis	unitária	escalar

4.3.2.2 Estruturação do roteiro de coleta de dados

Para a coleta dos dados elaborou-se um roteiro baseado nas variáveis avaliadas no modelo de concepção proposto, com as respectivas amplitudes e escalas.

Primeiramente é necessário que sejam informadas as características e funções dos produtos e serviços objeto de estudo. Caso já exista(m) PSS(s) prévio(s) deve(m) ser informadas as características e funções do(s) produto(s) e serviço(s) que compõem este(s) PSS(s).

Em seguida devem ser informados os desejos e necessidades dos consumidores em relação a este produto.

Logo, devem ser informados os custos referentes ao fornecimento do produto e serviço.

Todas estas informações deverão ser oferecidas pela empresa que aplicará o método.

O roteiro para coleta dos dados é apresentado a seguir e já incorpora as sugestões propostas após análise pelos profissionais da indústria e da academia.

- **ROTEIRO PARA COLETA DE DADOS**

➤ Se a empresa já trabalha com PSS, informe:

Nome do PSS que deseja modularizar	Descrição do produto	Descrição do serviço	Requisitos do consumidor e/ou que pretende atender

Nota:

Nome do PSS que deseja modularizar: nome atribuído, pela empresa, ao PSS e se achar necessário o produto e serviço que compõem o PSS.

Descrição do produto: características do produto assim como sua(s) funcionalidade(s).

Descrição do serviço: características do serviço assim como sua(s) funcionalidade(s).

Requisitos do consumidor atendidos e/ou que pretende atender: requisitos desejados pelos consumidores que o modulo de PSS ofereça.

Coloque os mesmos requisitos, definidos anteriormente para os produtos, serviços e consumidores, na primeira linha e na primeira coluna da Tabela a seguir:

Requisitos	Produto	Serviço	Consumidores	n
Produto	0			
Serviço		0		
Consumidores			0	
n				0

Preencha a matriz com as seguintes ponderações:

Escala	Descrição
0	sem influência
1	baixa influencia
2	influência média
3	influência alta
4	influencia muito alta

Estas ponderações devem refletir a influência que os requisitos avaliados dos PSS a modularizar exercem. Ou, em caso de ainda não possuir PSS definido, dos produtos e serviços, assim como os requisitos dos consumidores, para conceber estes PSS modularizados.

Nota: Um mesmo requisito exerce influência 0, ou seja, nenhuma influência sobre ele mesmo, assim a diagonal da matriz sempre será 0.

Caso não existam PSS, os requisitos definidos como mais influentes, serão tomados como ponto de partida para criação dos PSS. A seguir é mostrado um exemplo de tabela onde serão descritos os requisitos que compõem os PSS.

PSS	Requisitos do Produto	Requisitos do Serviço	Requisitos do Consumidor	n
PSS1				
PSS2				
PSS3				
PSS n				

Uma vez definidos os PSS, são feitas ponderações, com a mesma escala definida anteriormente, para determinar o nível de influência entre estes PSS. Para estas ponderações os especialistas poderão se auxiliar da análise da presença dos requisitos definidos, na análise anterior como mais relevantes.

PSS	PSS ₁	PSS ₂	PSS ₃	PSS _n
PSS ₁	0			
PSS ₂		0		
PSS ₃			0	
PSS _n				0

➤ Se ainda não trabalha com PSS, mas deseja conceber PSS(s) modularizados, informe:

Produto(s) com o(s) que trabalha a empresa	Função

Nota:

Produto(s) com que a empresa que trabalha: nome atribuído pela empresa do(s) produto(s) oferecidos e candidatos a compor PSS.

Função: funcionalidades do produto.

Serviço(s) oferecido(s)	Função	Serviço(s) a oferecer	Função

Nota:

Serviço(s) oferecido(s) pela empresa: nome atribuído pela empresa do(s) serviço(s) oferecidos, candidatos a compor PSS.

Serviços a oferecer pela empresa: nome atribuído pela empresa do(s) serviço(s) que podem ser oferecidos, candidatos a compor PSS.

Função: funcionalidades do serviço.

Requisitos sugeridos pelos potenciais consumidores	Descrição

Nota:

Requisitos sugeridos pelos potenciais consumidores: nome, atribuído pela empresa ou consumidores, do(s) requisitos(s) desejados nos PSS.

Descrição: detalhar com todos os recursos que a empresa considere necessários, os requisitos solicitados pelos consumidores.

4.3.2.3 Seleção da(s) ferramenta(s) de processamento dos dados e apoio à tomada de decisão

Para processar os dados e contribuir com o apoio à tomada de decisão pela melhor alternativa de PSS modularizado que atenda as variáveis de saída definidas anteriormente, combinaram-se os métodos DEMATEL e VIKOR.

Primeiramente, como apoio a esta tomada de decisão será aplicado o método DEMATEL (Apêndice 1). Este método é usado para perceber relacionamentos complexos e criar um mapa de relações de rede entre os

critérios de decisão (RANJAN, CHATTERJEE e CHAKRABORTY, 2016). Foi desenvolvido no centro de pesquisa de Genebra (GABUS e FONTELA, 1973; FONTELA e GABUS, 1976) para estudar problemas mundiais complexos relacionados a raça, fome, proteção ambiental, energia, etc.

Pode ser que várias variantes pareçam igualmente promissoras e que uma decisão final só possa ser alcançada em um nível mais concreto. Além disso, várias concepções de formulário podem satisfazer ao mesmo princípio de solução. O processo de projeto agora continua para uma fase mais concreta, conhecida como análise de factibilidade.

- **Análise de factibilidade do PSS Modularizado**

Para a análise da factibilidade das opções de solução geradas com o uso do DEMATEL, foi utilizado o método VIKOR (Apêndice 2).

Esta avaliação dos critérios técnicos e econômicos fornece novos conhecimentos em um nível de informação mais alto. Frequentemente, a avaliação de variantes individuais pode levar à seleção de uma que pareça particularmente promissora, mas que, no entanto, pode não ser viável ou pode ser ainda melhorada.

4.3.2.4 Análise pelos profissionais da indústria e da academia

A análise pelos profissionais da indústria e da academia é uma etapa de fundamental importância para validação do roteiro de coleta de dados, além de permitir obter e compreender situações em contextos não considerados inicialmente pelo pesquisador. O objetivo dessa análise é entender a visão desses profissionais em relação à clareza, compreensão e aplicabilidade do roteiro de coleta de dados proposto.

Foram selecionados os seguintes profissionais de acordo com a familiaridade com o assunto e similaridade de interesse com os futuros respondentes e usuários do método para conceber um PSS modularizado proposto neste trabalho:

- 02 pesquisadores da área de PSS com publicações e atuação nessa área;
- 01 Gestor de Projetos de Engenharia | Gerente de Fábrica de empresa multinacional de grande porte, fabricante de eletrodomésticos que já aplica o conceito de PSS;

- 01 Gestor de suporte ao produto de empresa líder mundial na fabricação de equipamentos de construção e mineração, motores a diesel e gás natural, turbinas industriais, locomotivas e grupos geradores de energia elétrica.

Foram enviados por e-mail a carta de apresentação (Apêndice 3) e o roteiro de coleta de dados solicitando análises, contribuições e sua validação. Quando necessário, foram realizadas reuniões em pequenos grupos tanto com os profissionais da academia quanto com os profissionais da indústria nas quais foram apresentadas, esclarecidas e detalhadas as informações contidas no instrumento de coleta de dados,

As principais recomendações/sugestões propostas pelos profissionais de campo estão relacionadas com a simplificação de determinadas colocações, adequação da linguagem utilizada tornando-a mais próxima do contexto industrial/comercial, deixar clara a relação entre as respostas e os temas flexibilidade, adaptabilidade e preço.

As recomendações propostas por esses especialistas foram estudadas, avaliadas e incorporadas ao método de avaliação em construção tendo sido concluída a versão final do roteiro de coleta de dados conforme apresentado Seção 4.3.2.2.

4.3.3 ETAPA DE DESENVOLVIMENTO

Partindo das definições da etapa de sugestão, seção 4.3.2, é realizada a etapa de desenvolvimento, como apresentado a seguir.

4.3.3.1 Combinação do(s) método(s) de tomada de decisão

Com vistas a conceber um PSS modularizado que atenda aos requisitos do produto, serviço e do consumidor, e que seja flexível e viável sob o ponto de vista de custos, os métodos de tomada de decisão DEMATEL e VIKOR são combinados.

Como apresentado na seção 2.4, do Capítulo 2, o DEMATEL e o VIKOR têm sido muito utilizados para o apoio à tomada de decisão e a combinação deles fornece soluções mais robustas e, conseqüentemente, mais próximas do desejado.

4.3.4 ETAPA DE AVALIAÇÃO

Com base na etapa anterior, referente à etapa de desenvolvimento, é realizada a etapa de avaliação. Esta etapa tem o objetivo de descrever, para um caso de prova, os critérios de aceitação definidos anteriormente no ciclo de relevância.

4.3.4.1 Experimentação do método

Para demonstrar a funcionalidade do método proposto para concepção do PSS Modularizado, foi feita uma aplicação de ilustração com dados obtidos no site de uma empresa. Esta aplicação busca apenas comprovar que a sequência das fases do método realmente responde ao objetivo, assim como há coerência nos resultados obtidos.

- **Exemplo ilustrativo(empírico)**

O exemplo ilustrativo se baseia em uma empresa produtora de equipamentos de refrigeração e climatização.

Os produtos que produz, apresentado no Quadro 9:

QUADRO 9. CARTEIRA DE PRODUTOS

Produtos	Descrição
Produto 1	Aquecedor tipo CX57
Produto 2	Ventilador tipo VW20
Produto 3	Aquecedor tipo CZ80
Produto 4	Freezer
Produto 5	Congelador
Produto 6	Automatizador

Os serviços que oferecem, associados a esses produtos, são apresentados no Quadro 10:

QUADRO 10. CARTEIRA DE SERVIÇOS

Serviço	Descrição
Serviço 1	Reparação equipamentos
Serviço 2	Monitoramento
Serviço 3	Manutenção equipamentos de média complexidade
Serviço 4	Instalação de equipamento de baixa complexidade
Serviço 5	Instalação

A empresa já possui uma carteira de PSS. A seguir, no Quadro 11, são apresentados os PSS com suas respectivas composições.

QUADRO 11. CARTEIRA DE PSS

PSS	Descrição
PSS ₁	Produto 1 + Serviço 2+ Serviço3
PSS ₂	Produto 2+ Serviço1
PSS ₃	Produto 1+ Serviço 1+Serviço4
PSS ₄	Produto1+Produto3+Produto6+ Serviço5+ Serviço 2
PSS ₅	Produto2+Produto5+Serviço5+Serviço3+Serviço2
PSS ₆	Produto1+Produto2+Produto4+Serviço5+Serviço1+Serviço2+Serviço 3

A seguir são analisados os PSS e os dados apresentados, pelo método proposto para criar módulos de PSS.

- **Aplicação**
- **Fase 1. Planejamento e detalhamento da informação**

a) Definição do(s) tipo(s) de PSS Modularizado a adotar

Segundo o Quadro 6 (página 56), existem vários tipos de PSS Modularizado. Para saber quais deles podem ser adotados, é necessário a análise dos requisitos dos produtos, serviços dos atuais PSS e as demandas, traduzidas em requisitos, dos consumidores. Em caso de possuir informações de todos estes tipos de requisitos é interessante a avaliação de todos eles, na construção do PSS Modularizado, possibilitando que estes módulos atendam a maior quantidade de requisitos.

b) Requisitos de cada estágio de modularização do PSS Modularizado

A seguir, no Quadro 12, são descritos os requisitos do produto, serviço e consumidores.

QUADRO 12. REQUISITOS DO PSS MODULARIZADO (CONTINUAÇÃO)

PSS	Características do produto	Características do serviço	Requisitos do consumidor
PSS ₁	Funcionalidade: Aquecimento	Monitoramento: Mensal Manutenção: Semestral	Flexibilidade: Alta Adaptabilidade: Alta Preço: Atrativo
PSS ₂	Funcionalidade: Ventilação	Reparação: Sempre que precisar	Flexibilidade: Alta Adaptabilidade: Alta Preço: Atrativo
PSS ₃	Funcionalidade: Aquecimento	Instalação: Na aquisição do produto Reparação: Sempre que precisar	Flexibilidade: Alta Adaptabilidade: Alta Preço: Atrativo

QUADRO 12. REQUISITOS DO PSS MODULARIZADO (CONCLUSÃO)

PSS ₄	Funcionalidade: Automatização do aparelho	Instalação: Na aquisição do produto Monitoramento: Semanal	Flexibilidade: Alta Adaptabilidade: Alta Preço: Atrativo
PSS ₅	Funcionalidade: Refrigeração	Instalação: Na aquisição do produto Monitoramento: Mensal Manutenção: Trimestral	Flexibilidade: Alta Adaptabilidade: Alta Preço: Atrativo
PSS ₆	Funcionalidade: Climatização	Instalação: Na aquisição do produto Monitoramento: A cada 21 dias Manutenção: Semestral Reparação: Sempre que precisar	Flexibilidade: Alta Adaptabilidade: Alta Preço: Atrativo

Os requisitos analisados no Quadro 12 representam as características dos produtos envolvidos nos PSS. Composição se refere aos itens pelo que se compõe(m) o(s) produto(s), Peças de reposição, as peças que geralmente são trocáveis nestes produtos, Funcionalidade, se refere ao objetivo principal deste PSS.

Os serviços que a empresa tem capacidade de oferecer: Instalação, se refere a atividades relacionadas a colocação dos objetos necessários a determinado trabalho ou empreendimento, incluindo-se a conexão de aparelhos com a rede elétrica. Monitoramento, coleta e a análise de informações para detectar comportamento suspeito ou alterações de sistema. Manutenção, cuidados e consertos que são feitos entre determinados períodos com o intuito de preservar, pode necessitar peças de reposição. E Reparação, restaurar ou consertar os produtos quando necessário, pode demandar peças de reposição.

E as características destacadas pelos potenciais consumidores destes PSS Modularizado: Flexibilidade, capacidade de responder prontamente a variações na demanda e de fazer rápidas mudanças em produtos existentes ou lançar novos produtos; Adaptabilidade, a capacidade de atender a necessidades diferentes das acostumadas e Preço, valor monetário a pagar pelo PSS Modularizado.

A fim de aproveitar as vantagens que a modularização promove, serão estudadas as possíveis combinações dentre estes PSS que possam ter como resultado PSS Modularizado.

▪ **Fase2. Desenvolvimento da primeira solução para PSS Modularizado**

a) Combinações dos módulos PSS

Considera-se que a criação de PSS Modularizado é um problema complexo de MCDM. Por isso não é apropriado presumir que os requisitos dentro do sistema de avaliação sejam independentes. Dado que todos os requisitos são considerados significativos e indispensáveis, torna-se imprescindível conhecer os requisitos importantes para o sistema de avaliação de desempenho e medir as relações entre os requisitos considerados. Para isso, o método DEMATEL é aplicado para capturar as relações profundas entre esses requisitos de avaliação causal e visualmente.

▪ **DEMATEL para avaliação da influência dos critérios para planejar PSS Modularizado**

A seguir serão apresentados os resultados da aplicação de cada etapa do método DEMATEL.

➤ **Etapa 1 - Geração da matriz de relação direta (A)**

Primeiramente, o tomador de decisão avalia a relação entre os conjuntos de critérios pareados para indicar o efeito direto que cada *i*-ésimo critério exerce sobre cada *j*-ésimo critério, conforme indicado por uma escala inteira (pontuação) variando de 0 a 4, representando nenhuma influência (0) a influência muito alta (4), como apresentado na Tabela 1, a seguir.

TABELA 1. ESCALA DE AVALIAÇÃO

Escala	Descrição
0	sem influência
1	baixa influencia
2	influência média
3	influência alta
4	influência muito alta

Como resultado dessas avaliações, os dados iniciais são obtidos como uma matriz de relação direta (Matriz A), apresentado na Tabela 2, que está na forma de uma matriz 10×10, que representa as comparações de pares em termos de influências e direções entre os critérios.

TABELA 2. ETAPA1. MATRIZ A

	Comp.	PR	Fnc.	I	Mon.	Man.	R	Flx.	A	P
Comp.	0	4	3	4	4	3	3	4	3	3
PR	3	0	2	2	2	4	3	2	2	4
Fnc.	4	2	0	3	2	2	2	4	4	3
I	3	2	2	0	3	3	3	2	2	4
Mon.	3	2	2	3	0	4	3	0	0	3
Man.	4	3	4	3	2	0	4	1	0	4
R	3	3	4	2	3	3	0	0	1	4
Flx.	3	3	1	2	0	1	1	0	4	4
A	3	3	3	2	1	1	1	4	0	4
P	3	3	3	4	4	4	4	1	1	0

➤ **Etapa 2 - Matriz X.**

A partir da Matriz A desenvolvida (Tabela 2), é calculada a matriz normalizada de relação direta correspondente (X), apresentada na Tabela 3.

➤ **Etapa 3 - Cálculo da matriz de relação total (T).**

Para determinar a matriz T, primeiramente foi calculada a Matriz I-X, apresentada na Tabela 4. Logo foi determinada sua inversa, apresentada na Tabela 5, para finalmente determinar a Matriz T, apresentada na Tabela 6.

TABELA 3. MATRIZ X

	Comp.	PR	Fnc.	I	Mon.	Man.	R	Flx.	A	P
Comp.	0	0,129032258	0,096774194	0,12903226	0,12903226	0,096774194	0,096774194	0,12903226	0,096774194	0,096774194
PR	0,096774194	0	0,064516129	0,06451613	0,06451613	0,129032258	0,096774194	0,06451613	0,064516129	0,129032258
Fnc.	0,129032258	0,064516129	0	0,09677419	0,06451613	0,064516129	0,064516129	0,12903226	0,129032258	0,096774194
I	0,096774194	0,064516129	0,064516129	0	0,09677419	0,096774194	0,096774194	0,06451613	0,064516129	0,129032258
Mon.	0,096774194	0,064516129	0,064516129	0,09677419	0	0,129032258	0,096774194	0	0	0,096774194
Man.	0,129032258	0,096774194	0,129032258	0,09677419	0,06451613	0	0,129032258	0,03225806	0	0,129032258
R	0,096774194	0,096774194	0,129032258	0,06451613	0,09677419	0,096774194	0	0	0,032258065	0,129032258
Flx.	0,096774194	0,096774194	0,032258065	0,06451613	0	0,032258065	0,032258065	0	0,129032258	0,129032258
A	0,096774194	0,096774194	0,096774194	0,06451613	0,03225806	0,032258065	0,032258065	0,12903226	0	0,129032258
P	0,096774194	0,096774194	0,096774194	0,12903226	0,12903226	0,129032258	0,129032258	0,03225806	0,032258065	0

TABELA 4. MATRIZ I-X

	Comp.	PR	Fnc.	I	Mon.	Man.	R	Flx.	A	P
Comp.	1	-0,129032258	-0,096774194	-0,12903226	-0,12903226	-0,096774194	-0,096774194	-0,12903226	-0,096774194	-0,096774194
PR	-0,096774194	1	-0,064516129	-0,06451613	-0,06451613	-0,129032258	-0,096774194	-0,06451613	-0,064516129	-0,129032258
Fnc.	-0,129032258	-0,064516129	1	-0,09677419	-0,06451613	-0,064516129	-0,064516129	-0,12903226	-0,129032258	-0,096774194
I	-0,096774194	-0,064516129	-0,064516129	1	-0,09677419	-0,096774194	-0,096774194	-0,06451613	-0,064516129	-0,129032258
Mon.	-0,096774194	-0,064516129	-0,064516129	-0,09677419	1	-0,129032258	-0,096774194	0	0	-0,096774194
Man.	-0,129032258	-0,096774194	-0,129032258	-0,09677419	-0,06451613	1	-0,129032258	-0,03225806	0	-0,129032258
R	-0,096774194	-0,096774194	-0,129032258	-0,06451613	-0,09677419	-0,096774194	1	0	-0,032258065	-0,129032258
Flx.	-0,096774194	-0,096774194	-0,032258065	-0,06451613	0	-0,032258065	-0,032258065	1	-0,129032258	-0,129032258
A	-0,096774194	-0,096774194	-0,096774194	-0,06451613	-0,03225806	-0,032258065	-0,032258065	-0,12903226	1	-0,129032258
P	-0,096774194	-0,096774194	-0,096774194	-0,12903226	-0,12903226	-0,129032258	-0,129032258	-0,03225806	-0,032258065	1

TABELA 5. INVERSA I-X

	Comp.	PR	Fnc.	I	Mon.	Man.	R	Flx.	A	P
Comp.	1,43391265	0,494993237	0,456925371	0,50364072	0,4568576	0,482823621	0,469028702	0,38708964	0,345726566	0,57342893
PR	0,440708376	1,309821233	0,365714238	0,37867357	0,34277807	0,437991116	0,402267346	0,27754046	0,263928112	0,507370625
Fnc.	0,487390478	0,389906099	1,316348237	0,42284815	0,35260852	0,393706246	0,383447176	0,35858619	0,344367635	0,504531861
I	0,437810555	0,367752547	0,362322326	1,31620126	0,36958831	0,409348604	0,399701773	0,27521856	0,262434061	0,504251316
Mon.	0,392261507	0,325469898	0,325439002	0,36409164	1,24920661	0,398999973	0,364421252	0,18608964	0,173894208	0,424277026
Man.	0,487889599	0,413736546	0,437372112	0,42567774	0,36446855	1,344202883	0,449085171	0,26271239	0,223197897	0,527214236
R	0,432795515	0,387467034	0,413181751	0,37291024	0,36772949	0,406960665	1,30848314	0,21703131	0,230423512	0,494652382
Flx.	0,369710586	0,340002945	0,274116591	0,31516603	0,22858868	0,287782477	0,279523384	1,18592248	0,289409056	0,432531389
A	0,408768942	0,371582433	0,358634748	0,3497314	0,28442936	0,321679976	0,311846687	0,32601568	1,199769899	0,473483981
P	0,479598153	0,428175845	0,42590244	0,46760994	0,4314104	0,477131416	0,465882745	0,26921918	0,255194987	1,434309337

TABELA 6. MATRIZ T

	Comp.	PR	Fnc.	I	Mon.	Man.	R	Flx.	A	P
Comp.	0,43391265	0,494993237	0,456925371	0,50364072	0,4568576	0,482823621	0,469028702	0,38708964	0,345726566	0,57342893
PR	0,440708376	0,309821233	0,365714238	0,37867357	0,34277807	0,437991116	0,402267346	0,27754046	0,263928112	0,507370625
Fnc.	0,487390478	0,389906099	0,316348237	0,42284815	0,35260852	0,393706246	0,383447176	0,35858619	0,344367635	0,504531861
I	0,437810555	0,367752547	0,362322326	0,31620126	0,36958831	0,409348604	0,399701773	0,27521856	0,262434061	0,504251316
Mon.	0,392261507	0,325469898	0,325439002	0,36409164	0,24920661	0,398999973	0,364421252	0,18608964	0,173894208	0,424277026
Man.	0,487889599	0,413736546	0,437372112	0,42567774	0,36446855	0,344202883	0,449085171	0,26271239	0,223197897	0,527214236
R	0,432795515	0,387467034	0,413181751	0,37291024	0,36772949	0,406960665	0,30848314	0,21703131	0,230423512	0,494652382
Flx.	0,369710586	0,340002945	0,274116591	0,31516603	0,22858868	0,287782477	0,279523384	0,18592248	0,289409056	0,432531389
A	0,408768942	0,371582433	0,358634748	0,3497314	0,28442936	0,321679976	0,311846687	0,32601568	0,199769899	0,473483981
P	0,479598153	0,428175845	0,42590244	0,46760994	0,4314104	0,477131416	0,465882745	0,26921918	0,255194987	0,434309337

➤ **Etapa 4: determinação das somas de linhas e colunas da matriz T.**

Logo, a soma das linhas e a soma das colunas representadas pelos vetores D_i e R_j , respectivamente, são calculadas e mostradas na Tabela 7. Assim como sua classificação como critério causa ou efeito segundo D_i-R_j .

TABELA 7. VALORES DE D_i , R_j , GRAU DE IMPORTÂNCIA, EFEITO E CLASSIFICAÇÃO

	D_i	R_j	Grau de importância	Efeito	
			D_i+R_j	D_i-R_j	
Comp.	4,604427038	4,370846361	8,9752734	0,233580677	Causa
PR	3,726793138	3,828907817	7,555700955	-0,102114679	Efeito
Fnc.	3,953740594	3,735956815	7,689697408	0,217783779	Causa
I	3,704629309	3,916550685	7,621179993	-0,211921376	Efeito
Mon.	3,204150757	3,447665584	6,651816341	-0,243514827	Efeito
Man.	3,935557127	3,960626977	7,896184104	-0,02506985	Efeito
R	3,631635035	3,833687377	7,465322411	-0,202052342	Efeito
Flx.	3,002753616	2,745425532	5,748179148	0,257328084	Causa
A	3,4059431	2,588345933	5,994289034	0,817597167	Causa
P	4,13443445	4,876051083	9,010485532	-0,741616633	Efeito

Os critérios classificados como causa são aqueles que possuem valores D_i-R_j positivos, o que significa que estes critérios são, predominantemente, influenciadores de outros critérios. Assim, os critérios definidos como causas são: Composição, Funcionalidade, Flexibilidade e Adaptabilidade. Os critérios classificados como efeito são aqueles que possuem valores D_i-R_j negativos, o que significa que estes critérios são, predominantemente, influenciados por outros critérios, como mostrado na Tabela 7. Dentre a classificação como critérios efeito estão: Peças de reposição, Instalação, Monitoramento, Manutenção, Reparação e Preço. Isto pode ser observado também na Figura 9, no diagrama causal destes critérios, onde os critérios classificados como causa estão na parte superior do eixo X e os efeitos estão abaixo deste eixo. Neste diagrama pode-se observar que Adaptabilidade é o maior influenciador, e conseqüentemente Flexibilidade, estes dois critérios são requisitos atribuídos pelos clientes, o que pode ser interpretado que no momento da construção dos módulos PSS, estes devem ser pensados de acordo a atender prioritariamente Adaptabilidade assim como Flexibilidade, e logo atender os requisitos de Funcionamento e Composição, na ordem dos requisitos classificados como causas.

Assim como o grau de importância, representado pelo valor obtido de D_i+R_j , como mostrado na Tabela 7. Este grau de importância é definido em ordem decrescente, onde o primeiro, em grau de importância é o de maior valor D_i+R_j e o último em grau de importância é o de menor valor desta soma.

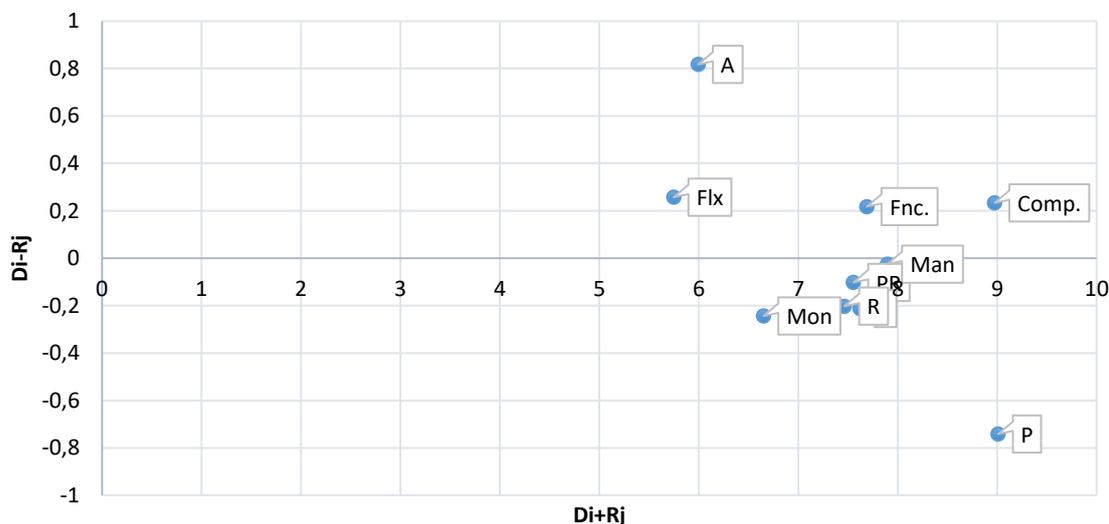


FIGURA 9. DIAGRAMA CAUSAL, DE ACORDO AO GRAU DE IMPORTÂNCIA (D_i+R_j) E AO TIPO DE EFEITO (D_i-R_j).

Dentre todos os critérios causa, Composição é apontado como o mais importante por ter a maior intensidade de relação com os demais critérios por possuir valor máximo ($D + R$), enquanto Adaptabilidade é o fator com maior influência devido ao seu máximo ($D- R$) valor. Assim, os critérios Composição e Adaptabilidade desempenham um papel importante neste problema de construção de PSS Modularizado e têm os maiores efeitos nos outros critérios. Ao contrário, o critério Preço é fortemente influenciado pelos outros critérios, tendo o menor valor negativo de ($D - R$), mas tem alto grau de importância, demonstrando que é um critério importante na avaliação.

➤ **Etapa 5: defina um valor limite (α).**

Foi calculado o valor limite (α) derivado da média dos elementos na matriz T, obtendo $\alpha=0,372246334$. Os valores de t_{ij} na Tabela7, que são maiores do que α ($0,372246334$), são mostrados em vermelho, que apresenta a interação entre dois critérios, por exemplo, como o valor de t_{12} ($0,494993237$) $>$ α ($0,372246334$).

➤ **Etapa 6: desenvolvimento de um diagrama causal.**

Então, uma seta no gráfico de rede, conforme mostrado na Figura 10, é direcionada de Comp. para PR. Assim, este dígrafo retrata as relações contextuais entre os requisitos avaliados.

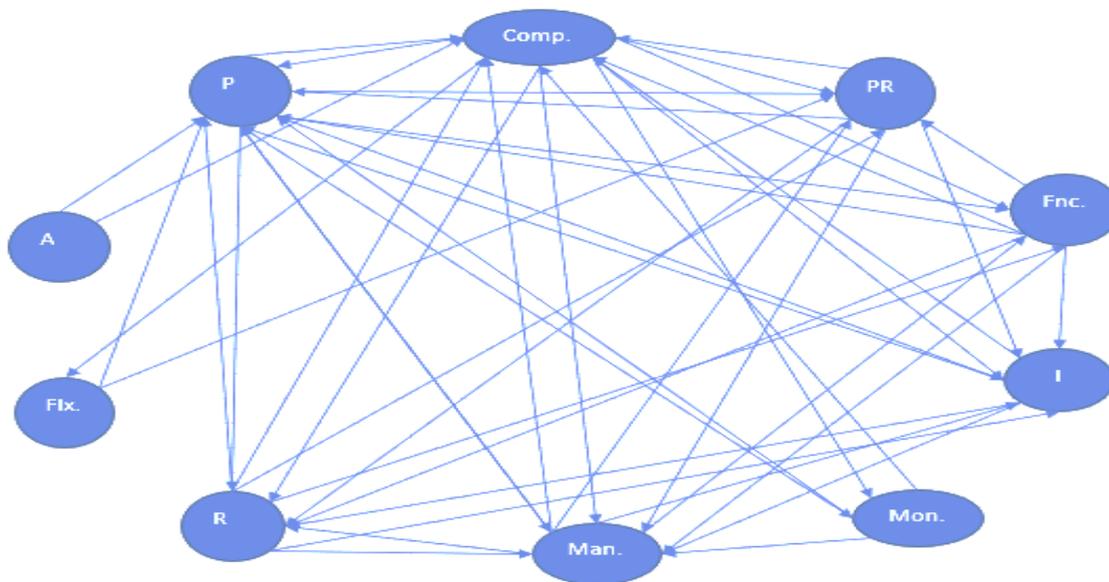


FIGURA 10. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS REQUISITOS AVALIADOS

Como se observa no diagrama, Composição, Funcionalidade, Flexibilidade e Adaptabilidade, são os critérios que mais setas conectaram com o resto dos critérios, concordando com a análise dos critérios causa-efeito, feita anteriormente. Isto pode ser interpretado, na hora de criar os PSS Modularizado, como critérios prioritários para sua composição.

▪ **DEMATEL para construção dos PSS Modularizado**

➤ **Etapa 1. Matriz A**

A atribuição dos pesos da Matriz A, apresentada na Tabela 8, foi feita segundo a relação entre os critérios que mais influência, definidos na análise anterior, Composição, Adaptabilidade e Preço. Com isto aqueles PSS que possuem uma composição similar e, com isto a adaptabilidade entre eles pode ser maior, assim como o preço mais atrativo, será atribuído um peso maior, indicando maior influência entre eles.

TABELA 8. ETAPA1. MATRIZ A

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6
PSS1	0	1	4	4	2	3
PSS2	1	0	2	0	3	4
PSS3	3	1	0	3	1	3
PSS4	3	0	2	0	1	2
PSS5	1	3	0	0	0	3
PSS6	2	4	3	2	2	0

➤ **Etapa2. Matriz X**

A partir da Matriz A é calculada a matriz normalizada de relação direta correspondente, apresentada na Tabela 9.

TABELA 9. MATRIZ X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6
PSS1	0	0,071428571	0,285714286	0,28571429	0,14285714	0,214285714
PSS2	0,071428571	0	0,142857143	0	0,21428571	0,285714286
PSS3	0,214285714	0,071428571	0	0,21428571	0,07142857	0,214285714
PSS4	0,214285714	0	0,142857143	0	0,07142857	0,142857143
PSS5	0,071428571	0,214285714	0	0	0	0,214285714
PSS6	0,142857143	0,285714286	0,214285714	0,14285714	0,14285714	0

➤ **Etapa 3 Cálculo da matriz de relação total (T).**

Para determinar a Matriz T, primeiramente foi calculada a Matriz I-X, apresentada na Tabela 10. Logo foi determinada sua inversa, apresentada na Tabela 11, para finalmente determinar a Matriz T, apresentada na Tabela 12.

TABELA 10. MATRIZ I-X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6
PSS1	1	-0,071428571	-0,285714286	-0,28571429	-0,14285714	-0,214285714
PSS2	-0,071428571	1	-0,142857143	0	-0,21428571	-0,285714286
PSS3	-0,214285714	-0,071428571	1	-0,21428571	-0,07142857	-0,214285714
PSS4	-0,214285714	0	-0,142857143	1	-0,07142857	-0,142857143
PSS5	-0,071428571	-0,214285714	0	0	1	-0,214285714
PSS6	-0,142857143	-0,285714286	-0,214285714	-0,14285714	-0,14285714	1

TABELA 11. MATRIZ INVERSA I-X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6
PSS1	1,540933314	0,545937706	0,815018449	0,74207967	0,57550748	0,890163422
PSS2	0,444913939	1,410696289	0,547263103	0,35620881	0,54220478	0,782739162
PSS3	0,629446102	0,470624962	1,500668091	0,612174	0,45244689	0,77532365
PSS4	0,530611756	0,318925733	0,514623107	1,34538694	0,36050796	0,584550378
PSS5	0,33522476	0,490765962	0,328664884	0,25083556	1,27907515	0,592402096
PSS6	0,605823837	0,697565632	0,71483354	0,56699726	0,56831007	1,685082813

TABELA 12. MATRIZ T= X*INVERSA(I-X)

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6
PSS1	0,540933314	0,545937706	0,815018449	0,74207967	0,57550748	0,890163422
PSS2	0,444913939	0,410696289	0,547263103	0,35620881	0,54220478	0,782739162
PSS3	0,629446102	0,470624962	0,500668091	0,612174	0,45244689	0,77532365
PSS4	0,530611756	0,318925733	0,514623107	0,34538694	0,36050796	0,584550378
PSS5	0,33522476	0,490765962	0,328664884	0,25083556	0,27907515	0,592402096
PSS6	0,605823837	0,697565632	0,71483354	0,56699726	0,56831007	0,685082813

➤ **Etapa 4: determinação das somas de linhas e colunas da matriz T.**

Logo, a soma das linhas e a soma das colunas representadas pelos vetores D_i e R_j , respectivamente, são calculadas e mostradas na Tabela 13. Assim como sua classificação como PSS causa ou efeito, segundo D_i-R_j .

TABELA 13. CLASSIFICAÇÃO DO PSS SEGUNDO GRAU DE IMPORTÂNCIA E EFEITO, E RANKING

	Grau de importância		Efeito			Peso de prioridade	Ranking
	D_i	R_j	D_i+R_j	D_i-R_j			
PSS1	4,10964005	3,086953708	7,196593754	1,022686338	Causa	0,185435851	2
PSS2	3,08402609	2,934516284	6,018542375	0,149509807	Causa	0,155080801	4
PSS3	3,44068369	3,421071175	6,861754869	0,019612519	Causa	0,176808	3
PSS4	2,65460587	2,873682243	5,528288117	-0,21907637	Efeito	0,142448337	5
PSS5	2,27696841	2,778052338	5,05502075	-0,50108393	Efeito	0,130253576	6
PSS6	3,83861315	4,31026152	8,148874671	-0,47164837	Efeito	0,209973435	1
SOMA=			38,80907454				

Os PSS definidos como causas são: PSS1, PSS2, PSS3, os demais PSS são classificados como efeito. O gráfico de representação de PSS causa e efeito, apresentado na Figura 11, representa, também, a relação causa-efeito dos PSS.

Neste diagrama pode-se observar que o PSS1 é o maior influenciador, conseqüentemente PSS2 e PSS3. Isto se deve, majoritariamente, pela composição destes PSS, que são comuns nos outros PSS.

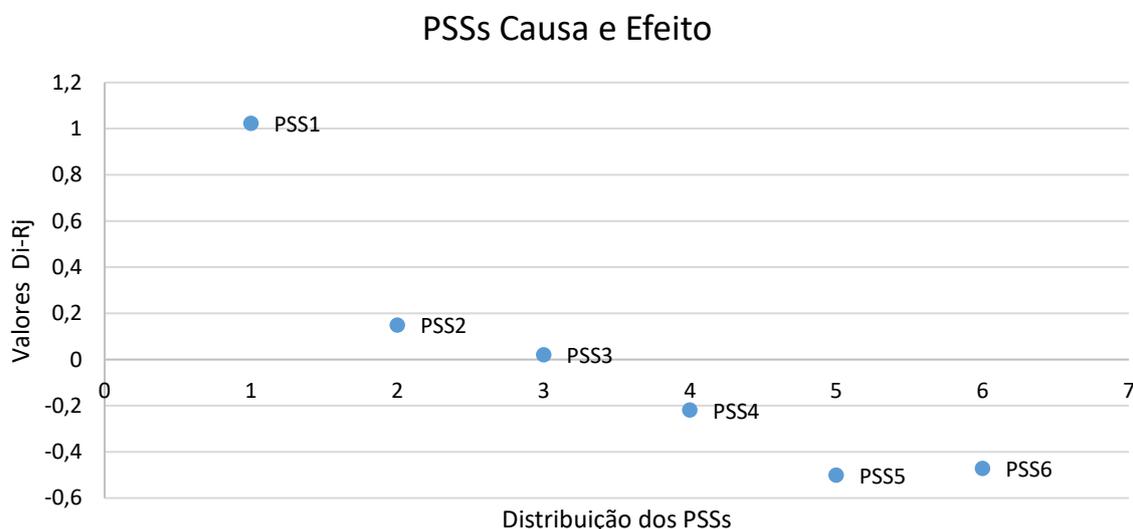


FIGURA 11. GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DOS PSS CAUSA E EFEITO

Dentre os PSS causa, PSS1 é apontado como o mais importante, por ter a maior intensidade de relação com os demais critérios por possuir valor máximo (D + R), e com maior influência devido ao seu máximo (D– R) valor. Ao contrário, o critério Preço é fortemente influenciado pelos outros critérios, tendo o menor valor negativo de (D–R), mas possui o maior valor em grau de importância, demonstrando que é interessante a análise da sua inclusão na hora de criar os PSS Modularizado.

➤ **Etapa 5: defina um valor limite (α).**

Foi calculado o valor limite (α) derivado da média dos elementos na matriz T, obtendo $\alpha=0,544071245$. Os valores de t_{ij} na Tabela12, que são maiores do que α (0,544071245), são mostrados em vermelho.

➤ **Etapa 6: desenvolvimento de um diagrama causal**

O gráfico de rede, mostrado na Figura 12, representa estas relações entre os PSS pelas setas que os conectam.

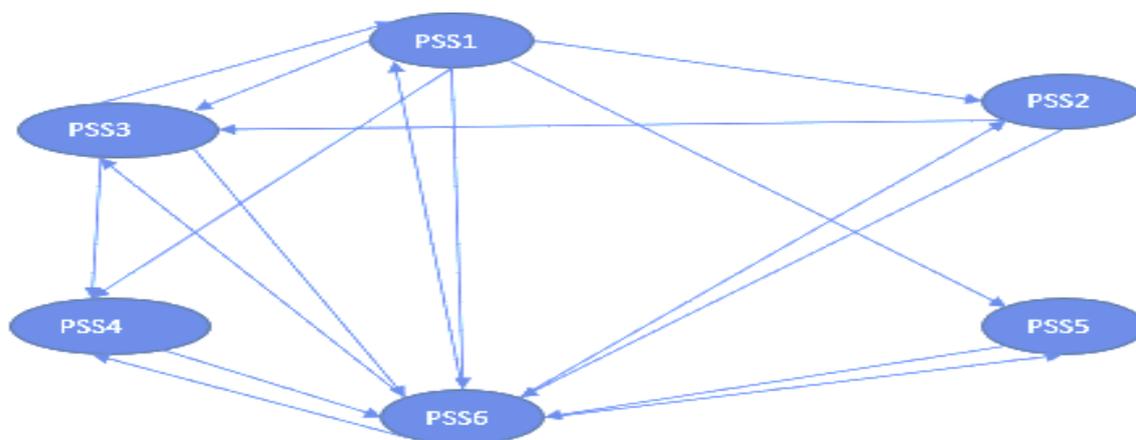


FIGURA 12. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS PSS

Comparando os valores da Matriz T, na Tabela 12, com o α , e observando o gráfico de rede, Figura 12, pode se perceber que o PSS1 gera efeitos sobre todos os demais PSS, podendo ser interpretado como um PSS adaptável ao resto, podendo constituir um módulo de PSS unido a qualquer um dos outros PSS. Além deste PSS1, o PSS6 tem a mesma característica para os demais PSS; assim como os demais PSS têm um efeito no PSS6. Esta característica especial do PSS 6 pode ser interpretada como o PSS mais adaptável de todos, podendo ser combinado com qualquer um dos PSS a fim de construir um PSS modularizado adaptável e flexível com um preço atrativo, como requisitado pelos consumidores. O PSS2 gera efeitos sobre o PSS3 e o PSS6. O PSS3 gera efeitos sobre o PSS1, 4 e 6. E o PSS4, assim como o PSS5, apenas tem efeito sobre o PSS6.

Logo, poderiam ser criadas as seguintes combinações de módulos PSS, Tabela 14, segundo a forte influência entre eles (que implicitamente está sendo avaliada a combinação segundo a função). Nesta tabela cada célula representa uma opção de módulo.

TABELA 14. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS

PSS6+PSS1	PSS1+PSS2	PSS6+PSS2	PSS2+PSS3
PSS6+PSS1+PSS2	PSS1+PSS3	PSS6+PSS3	PSS3+PSS4
PSS6+PSS1+PSS3	PSS1+PSS4	PSS6+PSS4	
PSS6+PSS1+PSS4	PSS1+PSS5	PSS6+PSS5	
PSS6+PSS1+PSS5			

▪ Fase 3. Análise e escolha do *layout* preliminar do PSS Modularizado

Para esta análise e escolha do PSS Modularizado, uma vez obtidas as possíveis combinações é interessante escolher a opção mais factível tanto para a empresa quanto para os consumidores. Da análise anterior foram definidas várias combinações de PSS Modularizado de acordo aos requisitos de ambas as partes interessadas. A seguir é feita uma análise que definirá a ordem, de acordo a factibilidade, que estas propostas podem ser aplicadas para o PSS Modularizado.

▪ Análise de factibilidade do PSS Modularizado

Para esta análise foi aplicada a técnica de tomada de decisão VIKOR. Na sequência é apresentado o desenvolvimento de cada um dos passos desta técnica.

▪ Aplicação do VIKOR

➤ Passo1: Estabelecer a matriz de decisão.

Para a construção da matriz de decisão dos módulos propostos na fase anterior, foi feita uma soma dos indicadores individuais por PSS, segundo as combinações de módulos carriadas. Mas esta soma pode não refletir diretamente a modificação destes indicadores na conformação de módulo, podendo incorrer em diminuições ou aumentos. Estes aumentos podem não ser, necessariamente, de acordo com a somatória dos PSS que irão conformar o módulo, podendo ser maior ou menor do que esta soma. Por isto, é importante que a equipe de planejamento, uma vez obtidas as possíveis soluções na fase anterior, defina as combinações de PSS Modularizado e os indicadores referentes à avaliação econômica sejam ajustados de acordo a estes módulos de PSS propostos, mesmo seja apenas um prognóstico ou um valor aproximado.

A Tabela 15 apresenta um prognóstico do comportamento dos indicadores comerciais e financeiros das opções de módulos de PSS.

TABELA 15. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS

PSS	Índice de demanda (%)	Investimento (R\$)	Payback (Anos)	Saving (R\$)
PSS1	10%	297.840,00	0,5	693.600,00
PSS2	15%	129.000,00	0,4	349.854,00
PSS3	12%	346.800,00	0,6	680.400,00
PSS4	15%	412.000,00	1,3	975.899,00
PSS5	18%	420.000,00	1	1.203.600,00
PSS6	30%	530.000,00	1,4	1.515.717,00

Neste passo são classificados os indicadores em: Atributo benéfico (B): enquanto maior melhor, ou Atributo não benéfico (NB): quanto menor melhor, como mostrado na Tabela 16. Além disso são atribuídos os pesos (w) de acordo com a ordem de importância destes indicadores. Estes pesos são atribuídos por especialistas que têm conhecimento e experiência na área.

TABELA 16. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS PSS MODULARIZADO EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB)

Módulos PSSs	Índice de demanda	Investimento (R\$)	Payback (Anos)	Saving (R\$)
PSS6+PSS1	0,4	827.840,00	1,9	2.209.317,00
PSS6+PSS1+PSS2	0,55	956.840,00	2,3	2.559.171,00
PSS6+PSS1+PSS3	0,52	1.174.640,00	2,5	2.889.717,00
PSS6+PSS1+PSS4	0,55	1.239.840,00	3,2	3.185.216,00
PSS6+PSS1+PSS5	0,58	1.247.840,00	2,9	3.412.917,00
PSS1+PSS2	0,25	426.840,00	0,9	1.043.454,00
PSS1+PSS3	0,22	644.640,00	1,1	1.374.000,00
PSS1+PSS4	0,25	709.840,00	1,8	1.669.499,00
PSS1+PSS5	0,28	717.840,00	1,5	1.897.200,00
PSS6+PSS2	0,45	659.000,00	1,8	1.865.571,00
PSS6+PSS3	0,42	876.800,00	2	2.196.117,00
PSS6+PSS4	0,45	942.000,00	2,7	2.491.616,00
PSS6+PSS5	0,48	950.000,00	2,4	2.719.317,00
PSS2+PSS3	0,27	475.800,00	1	1.030.254,00
PSS3+PSS4	0,27	758.800,00	1,9	1.656.299,00
	B	NB	NB	B
Peso (w)	0,3	0,20	0,25	0,25

➤ **Passo2: Determinar a matriz de decisão normalizada**

Calculou-se a matriz normalizada da matriz de decisão, como mostrado na Tabela 17. Assim como o máximo e o mínimo dos valores para cada um dos indicadores, dado que auxiliará no cálculo de dados em próximos passos.

TABELA 17. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda	Investimento	Payback	Saving
PSS6+PSS1	0,248971229	0,244255268	0,23350265	0,252351448
PSS6+PSS1+PSS2	0,34233544	0,282316886	0,2826611	0,292312288
PSS6+PSS1+PSS3	0,323662598	0,346579059	0,30724032	0,33006774
PSS6+PSS1+PSS4	0,34233544	0,365816404	0,39326761	0,363820071
PSS6+PSS1+PSS5	0,361008282	0,368176814	0,35639878	0,389828416

Tabela 17. Matriz de decisão normalizada (CONCLUSÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda	Investimento	Payback	Saving
PSS1+PSS2	0,155607018	0,125939697	0,11060652	0,119184856
PSS1+PSS3	0,136934176	0,19020187	0,13518574	0,156940307
PSS1+PSS4	0,155607018	0,209439215	0,22121303	0,190692639
PSS1+PSS5	0,17427986	0,211799625	0,18434419	0,216700983
PSS6+PSS2	0,280092633	0,194438807	0,22121303	0,213088272
PSS6+PSS3	0,26141979	0,25870098	0,24579226	0,250843724
PSS6+PSS4	0,280092633	0,277938325	0,33181955	0,284596056
PSS6+PSS5	0,298765475	0,280298735	0,29495071	0,3106044
PSS2+PSS3	0,16805558	0,140385409	0,12289613	0,117677132
PSS3+PSS4	0,16805558	0,223884927	0,23350265	0,189184916
Max.	0,361008282	0,368176814	0,39326761	0,389828416
Min.	0,136934176	0,125939697	0,11060652	0,117677132

➤ **Passo3: Calcular Ei e Fi**

Calcularam-se os valores Ei, que representam a somatória dos indicadores por alternativa de módulo PSS e Fi, que representa o valor máximo dentre os indicadores por alternativa de Módulo PSS. A Tabela 18 apresenta estes dados. Também foram determinados os valores máximos e mínimos do Ei e Fi para auxiliar no cálculo de Pi, no passo seguinte.

TABELA 18. VALORES Ei E Fi

Módulos PSSs	Índice de demanda	Investimento	Payback	Saving	Ei	Fi
PSS6+PSS1	0,15	0,102314251	0,14130435	0,126287268	0,519905866	0,15
PSS6+PSS1+PSS2	0,025	0,07088916	0,09782609	0,089578971	0,283294218	0,097826
PSS6+PSS1+PSS3	0,05	0,017831912	0,07608696	0,054896559	0,198815428	0,076087
PSS6+PSS1+PSS4	0,025	0,001948843	0	0,02389144	0,050840283	0,025
PSS6+PSS1+PSS5	0	0	0,0326087	0	0,032608696	0,032609
PSS1+PSS2	0,275	0,2	0,25	0,248614995	0,973614995	0,275
PSS1+PSS3	0,3	0,146942753	0,22826087	0,213932583	0,889136205	0,3
PSS1+PSS4	0,275	0,131059683	0,15217391	0,182927464	0,74116106	0,275
PSS1+PSS5	0,25	0,12911084	0,18478261	0,159036024	0,722929473	0,25
PSS6+PSS2	0,108333333	0,14344458	0,15217391	0,162354685	0,566306511	0,162355
PSS6+PSS3	0,133333333	0,090387333	0,13043478	0,127672273	0,481827721	0,133333
PSS6+PSS4	0,108333333	0,074504263	0,05434783	0,096667154	0,333852576	0,108333
PSS6+PSS5	0,083333333	0,07255542	0,08695652	0,072775714	0,315620989	0,086957
PSS2+PSS3	0,258333333	0,188073082	0,23913043	0,25	0,93553685	0,258333
PSS3+PSS4	0,258333333	0,119132765	0,14130435	0,184312469	0,703082915	0,258333

B

NB

NB

B

Max.=	0,973614995	0,275
Min.=	0,032608696	0,025

➤ **Passo 4: Calcular o valor de P_i .**

Foi calculado o *score* de desempenho P_i para todas as alternativas de módulos de PSS propostas, mostrado na Tabela 19. Foi atribuído um peso $v=0,5$ para dar a mesma importância tanto a parte referente a E_i , que representa o melhor desempenho dos módulos PSSs, quanto a F_i , que representa o pior desempenho destas alternativas de módulo PSS.

De acordo aos valores P_i , foi definido o *ranking* destes PSS. A melhor alternativa é aquela com o valor mínimo de P_i .

TABELA 19. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS

Módulos PSS	P_i	<i>Ranking</i>
PSS6+PSS1	0,508923437	8
PSS6+PSS1+PSS2	0,278852941	5
PSS6+PSS1+PSS3	0,190487207	3
PSS6+PSS1+PSS4	0,009687282	1
PSS6+PSS1+PSS5	0,015217391	2
PSS1+PSS2	1	14
PSS1+PSS3	1,005112527	15
PSS1+PSS4	0,876486515	12
PSS1+PSS5	0,816799233	10
PSS6+PSS2	0,558287607	9
PSS6+PSS3	0,455357431	7
PSS6+PSS4	0,326731419	6
PSS6+PSS5	0,274290514	4
PSS2+PSS3	0,946433994	13
PSS3+PSS4	0,822920509	11

Como mostrado na Tabela 19, os Top 5 são aqueles módulos compostos por PSS6 e PSS1, apenas o 4º módulo no *ranking* não está composto pelo PSS1, o que comprova que estes PSS são os mais adaptáveis e ainda mais atrativos na hora de criar os módulos, podendo ser considerados como *benchmarks* para a criação dos módulos PSS de modo a atender os requisitos definidos.

Foi feita uma análise de Pareto, como mostra o gráfico da Figura 13, o que corrobora com a conclusão anterior. Sendo que 20% destas alternativas de módulos possuem, pelo menos um PSS em comum com os outros 80% das alternativas. Podendo ser, estas alternativas referentes ao 20%, o ponto de partida para criar uma primeira carteira de módulos PSS.

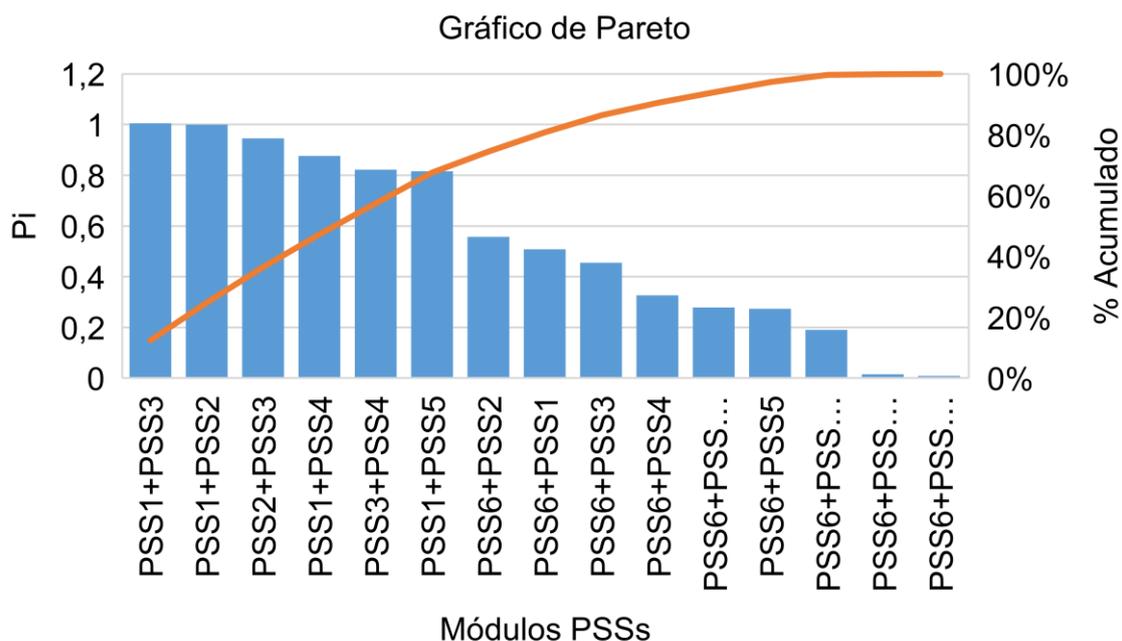


FIGURA 13. GRÁFICO DE PARETO

➤ **Fase 4. Definição e preparação dos recursos e documentação para o PSS Modularizado**

Nesta fase são detalhados as características, elementos e recursos para o desenvolvimento do PSS Modularizado. Além disso, serão estabelecidos quais são os PSS individuais a serem integrados como módulos, os materiais especificados, métodos de produção e prestação dos serviços associados, as possibilidades de produção avaliadas, os custos estimados e todos os desenhos e outros documentos para sua conformação. Para isto sugere-se o modelo de documento apresentado no Anexo 4.

4.3.5 ETAPA DE FINALIZAÇÃO

Esta etapa visa finalizar o ciclo, apresentando o resultado. A seguir, é apresentado o método de concepção de PSS modularizado.

4.3.5.1 Apresentação do método de concepção de PSS modularizado

A Figura 14, apresenta o método de concepção de PSS modularizado estruturado após o cumprimento das etapas dos três ciclos do *Design Science Research*.

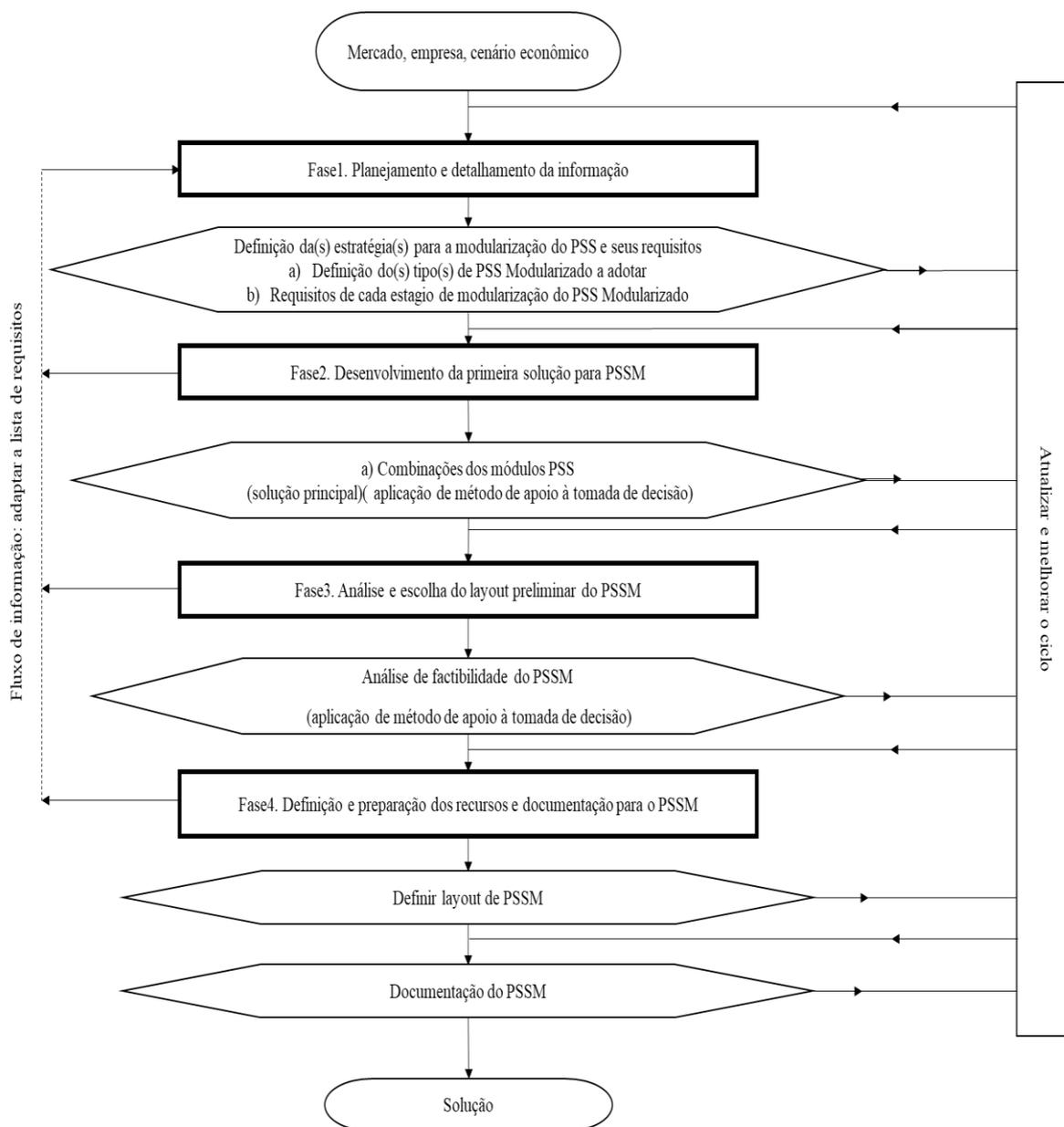


FIGURA 14. MÉTODO DE CONCEPÇÃO DE PSS MODULARIZADO

5 APLICAÇÕES DO MÉTODO DE CONCEPÇÃO DE PSS MODULARIZADO DE ILUSTRAÇÃO

Neste capítulo se apresentam aplicações de ilustração do método de concepção de PSS Modularizado proposto, com o objetivo de demonstrar sua aplicabilidade em dois tipos de empresas.

Caso 1. Empresa fabricante de máquinas-ferramenta de usinagem, máquinas para processamento de plástico e peças de ferro fundido.

A empresa possui um conjunto de PSS, apresentadas no Quadro 13.

QUADRO 13. PSS FORNECIDOS PELA EMPRESA

Nome do PSS que deseja modularizar	Descrição do PSS
PSS1	Máquina ferramenta + Treinamento In Company
PSS2	Máquina ferramenta + manutenção + revisão do produto (chegados os 12 meses)
PSS3	Máquina ferramenta + manutenção+ revisão do produto (chegadas as 2000horas)
PSS4	Aluguel de Máquina ferramenta

A seguir são analisados os PSS e os dados apresentados, pelo método proposto para criar o PSS Modularizado.

- **Aplicação**
- **Fase 1. Planejamento e detalhamento da informação**
 - a) **Definição do(s) tipo(s) de PSS Modularizado a adotar**

Segundo o Quadro 6(página 56), existem vários tipos de PSS Modularizado. Para saber quais deles podem ser adotados, é necessário a análise dos requisitos dos produtos, serviços dos atuais PSS e as demandas, traduzidas em requisitos, dos consumidores. Em caso de possuir informações de todos estes tipos de requisitos é

interessante a avaliação de todos eles, na construção do PSS Modularizado, possibilitando que estes módulos atendam a maior quantidade de requisitos.

b) Requisitos de cada estágio do PSS Modularizado

A seguir, no Quadro 14, são descritos os requisitos do produto, serviço e consumidores.

QUADRO 14. REQUISITOS DO PSS

PSS	Características do produto	Características do serviço	Requisitos do consumidor
PSS1	Funcionalidade: fabricação de peças de diversos materiais (metálicas, plásticas, de madeira etc.), por meio da movimentação mecânica de um conjunto de ferramentas.	Treinamento In Company: Fornecer um treinamento customizado as reais necessidades dos clientes sem a necessidade de deslocamento dos funcionários	Capacitação personalizada: Personalizar o treinamento de acordo com as carências e necessidades de modo otimizado. Capacitação equalizada: Equalizar o <i>know how</i> de toda a equipe.
PSS2	Funcionalidade: fabricação de peças de diversos materiais (metálicas, plásticas, de madeira etc.), por meio da movimentação mecânica de um conjunto de ferramentas.	Manutenção: Serviço de manutenção preventiva Revisão do produto: revisão do produto que ocorre a cada 2000 horas para substituição de elementos de desgaste e avaliação das condições gerais visando um diagnóstico precoce de possíveis eventuais problemas.	Extensão da garantia Redução do Downtime Aumento da vida útil do Produto.
PSS3	Funcionalidade: fabricação de peças de diversos materiais (metálicas, plásticas, de madeira etc.), por meio da movimentação mecânica de um conjunto de ferramentas.	Manutenção: Serviço de manutenção preventiva. Revisão do produto: revisão do produto que ocorre a cada 12 meses para substituição de elementos de desgaste e avaliação das condições gerais visando um diagnóstico precoce de possíveis eventuais problemas.	Extensão da garantia Redução do Downtime Aumento da vida útil do Produto.
PSS4	Funcionalidade: fabricação de peças de diversos materiais (metálicas, plásticas, de madeira etc.), por meio da movimentação mecânica de um conjunto de ferramentas.	Aluguel do produto: o cliente paga proporcionalmente pelo período que ficar com a máquina em contratos com períodos pré-definidos.	Baixo investimento inicial Alinhado a possíveis incertezas de mercado Demandas sazonais ou picos esporádicos

A fim de aproveitar as vantagens que a modularização promove, serão estudadas as possíveis combinações dentre estes PSS que possam ter como resultado PSS Modularizado.

▪ **Fase2. Desenvolvimento da primeira solução para PSS Modularizado**

b) Combinações dos módulos PSS

Considera-se que a criação de PSS Modularizado é um problema complexo de MCDM. Por isto, o método DEMATEL é aplicado para capturar as relações profundas entre esses PSS para definir as possíveis combinações.

▪ **DEMATEL para construção dos PSS Modularizado**

A seguir serão apresentados os resultados da aplicação de cada etapa do método DEMATEL.

➤ **Etapa 1 - Geração da matriz de relação direta (A)**

Primeiramente, o tomador de decisão ou responsável pela área na empresa objeto de estudo, avalia a relação entre os PSS para indicar o efeito direto que cada i -ésimo PSS exerce sobre cada j -ésimo PSS, conforme indicado por uma escala inteira (pontuação) variando de 0 a 4, representando nenhuma influência (0) a influência muito alta (4), como apresentado na Tabela 20, a seguir.

TABELA 20. ESCALA DE AVALIAÇÃO

Escala	Descrição
0	sem influência
1	baixa influencia
2	influência média
3	influência alta
4	influência muito alta

Como resultado dessas avaliações, os dados iniciais são obtidos como uma matriz de relação direta (Matriz A), apresentado na Tabela 21, que está na forma de uma matriz 4×4 , que representa as comparações de pares em termos de influências e direções entre os critérios.

TABELA 21. ETAPA1. MATRIZ A

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4
PSS1	0	2	2	0
PSS2	1	0	4	3
PSS3	1	4	0	3
PSS4	3	3	3	0

➤ **Etapa2- Matriz X**

A partir da Matriz A é calculada a matriz normalizada de relação direta correspondente, apresentada na Tabela 22.

TABELA 22. MATRIZ X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4
PSS1	0	0,222222222	0,222222222	0
PSS2	0,111111111	0	0,444444444	0,333333333
PSS3	0,111111111	0,444444444	0	0,333333333
PSS4	0,333333333	0,333333333	0,333333333	0

➤ **Etapa 3 - Cálculo da matriz de relação total (T).**

Para determinar a Matriz T, primeiramente foi calculada a Matriz I-X, apresentada na Tabela 23. Logo foi determinada sua inversa, apresentada na Tabela 24, para finalmente determinar a Matriz T, apresentada na Tabela 25.

TABELA 23. MATRIZ I-X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4
PSS1	1	-0,222222222	-0,222222222	0
PSS2	-0,111111111	1	-0,444444444	-0,333333333
PSS3	-0,111111111	-0,444444444	1	-0,333333333
PSS4	-0,333333333	-0,333333333	-0,333333333	1

TABELA 24. MATRIZ INVERSA I-X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4
PSS1	1,421052632	0,947368421	0,947368421	0,631578947
PSS2	0,947368421	2,477732794	1,785425101	1,421052632
PSS3	0,947368421	1,785425101	2,477732794	1,421052632
PSS4	1,105263158	1,736842105	1,736842105	2,157894737

TABELA 25. MATRIZ $T = X \cdot \text{INVERSA}(I - X)$

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4
PSS1	0,421052632	0,947368421	0,947368421	0,631578947
PSS2	0,947368421	1,477732794	1,785425101	1,421052632
PSS3	0,947368421	1,785425101	1,477732794	1,421052632
PSS4	1,105263158	1,736842105	1,736842105	1,157894737

➤ **Etapa 4 - Determinação das somas de linhas e colunas da matriz T.**

Logo, a soma das linhas e a soma das colunas representadas pelos vetores D_i e R_j , respectivamente, são calculadas e mostradas na Tabela 26. Assim como sua classificação como PSS causa ou efeito, segundo $D_i - R_j$.

TABELA 26. CLASSIFICAÇÃO DO PSS SEGUNDO GRAU DE IMPORTÂNCIA E EFEITO, E RANKING

Di	Rj	Grau de importância		Efeito		Peso de prioridade	Ranking
		Di+Rj	Di-Rj				
2,947368421	3,421052632	6,368421053	-0,47368421	efeito	PSS1	0,16	3
5,631578947	5,947368421	11,57894737	-0,31578947	efeito	PSS2	0,29	1
5,631578947	5,947368421	11,57894737	-0,31578947	efeito	PSS3	0,29	1
5,736842105	4,631578947	10,36842105	1,105263158	Causa	PSS4	0,26	2
SOMA=		39,89473684					

O PSS definido como causa é o PSS4, por ter o valor $D_i - R_j$ positivo, o que pode ser interpretado como uma característica que permite a integração com os demais PSS; os demais PSS são classificados como efeito. O gráfico de representação de PSS causa e efeito, apresentado na Figura 15, representa, também, a relação causa-efeito dos PSS. Neste diagrama pode-se observar que os PSS2, PSS3, e o PSS4 são os mais importantes por possuírem maior grau de importância como mostrado na Tabela 26.

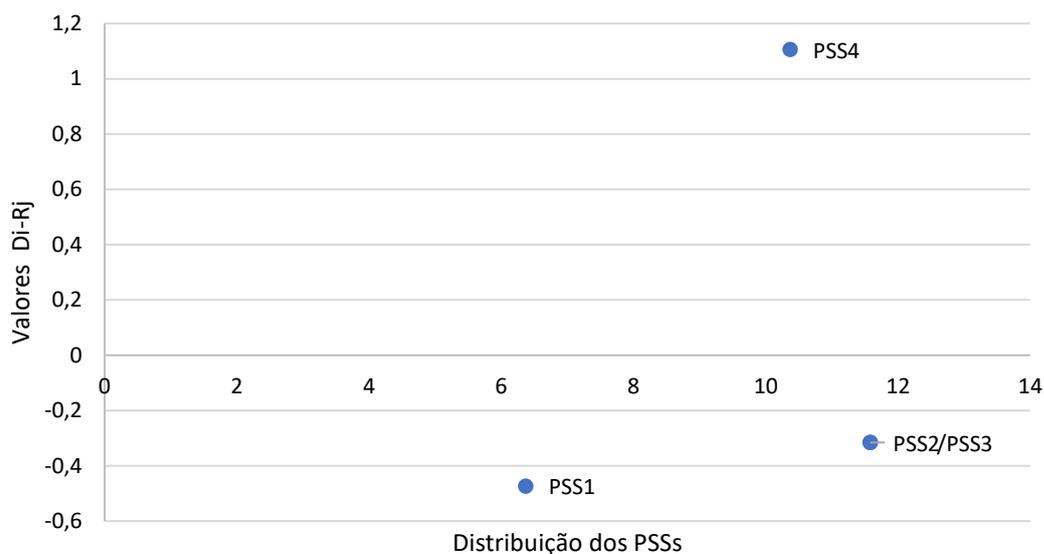


FIGURA 5. GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DOS PSS CAUSA E EFEITO

➤ **Etapa 5 - Defina um valor limite (α)**

Foi calculado o valor limite (α) derivado da média dos elementos na matriz T, obtendo $\alpha=1,289473684$. Os valores de t_{ij} na Tabela 25 que são maiores do que α ($1,289473684$), ou seja, representam uma forte interação entre eles, são mostrados em vermelho.

➤ **Etapa 6: desenvolvimento de um diagrama causal**

O gráfico de rede, mostrado na Figura 16, representa a interação entre dois PSS pelas setas que os conectam.

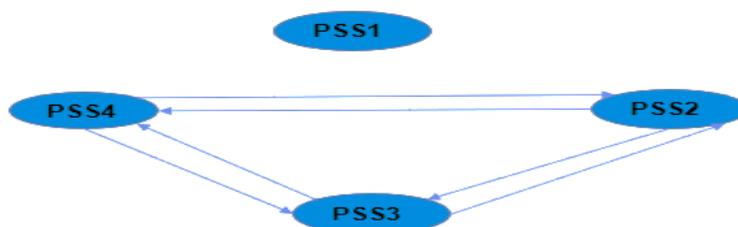


FIGURA 16. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS PSS

Comparando os valores da Matriz T, na Tabela 25, com o α , e observando o gráfico de rede, Figura 16, pode se perceber que os PSS2, PSS3 e PSS4 possuem uma forte interrelação entre eles.

Logo, poderiam ser criadas as seguintes combinações de módulos PSS, Quadro 15, segundo a forte influência entre eles (que implicitamente está sendo avaliada a combinação segundo a função). Nesta tabela cada célula representa uma opção de módulo.

QUADRO 15. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS

PSS4 +PSS2
PSS4 +PSS3
PSS4 +PSS2+ PSS3
PSS2+PSS3
PSS1

▪ **Fase 3. Análise e escolha do *layout* preliminar do PSS Modularizado**

Da análise anterior foram definidas várias combinações de PSS Modularizado de acordo aos requisitos de ambas as partes interessadas. A seguir é feita uma análise que definirá a ordem de acordo com a factibilidade das propostas de PSS Modularizado.

▪ **Análise de factibilidade do PSS Modularizado**

▪ **Aplicação do VIKOR**

➤ **Passo1:Estabelecer a matriz de decisão.**

Como a empresa não conseguiu fornecer em tempo os indicadores comerciais e financeiros para esta análise estes foram adotados com base na descrição de cada PSS feita pelo especialista da área comercial da empresa durante a última entrevista. Os indicadores adotados foram: índice da demanda, que representa a porcentagem em que estes PSS foram demandados no último ano e os custos de fornecimento destes PSS no mesmo período. Estes indicadores são apresentados a seguir na Tabela 27.

TABELA 27. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS

PSS	Índice de demanda (%)	Custos (%)
PSS1	0,2	0,4
PSS2	0,15	0,15
PSS3	0,25	0,15
PSS4	0,4	0,3

Para prognosticar os indicadores para as combinações de módulos criadas, foi feita uma soma dos indicadores individuais dos PSS que compõem estas combinações. Vale ressaltar que estes aumentos podem não ser, necessariamente, de acordo com a somatória dos PSS que irão conformar o módulo, podendo ser maior ou menor do que esta soma. Por isto, é importante que a equipe de planejamento, uma vez obtidas as possíveis soluções na fase anterior, defina as combinações de PSS Modularizado e os indicadores referentes à avaliação econômica sejam ajustados de acordo a estes módulos de PSS propostos, mesmo que seja apenas um prognóstico ou um valor aproximado.

A Tabela 28 apresenta um prognóstico do comportamento dos indicadores comerciais e financeiros das opções de módulos de PSS.

Neste passo são classificados os indicadores em: Atributo benéfico (B): quanto maior melhor, ou Atributo não benéfico (NB): quanto menor melhor, como mostrado na Tabela 28. Além disso são atribuídos os pesos (w) de acordo com a ordem de importância destes indicadores. Estes pesos foram atribuídos pelo especialista da área comercial da empresa em estudo.

TABELA 28. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS PSS MODULARIZADOS EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Custos (%)
PSS4+PSS2	0,55	0,45
PSS4+PSS3	0,65	0,55
PSS4+PSS2+PSS3	0,8	0,6
PSS2+PSS3	0,4	0,3
PSS1	0,2	0,4
	B	NB
Peso(w)	0,48	0,52

➤ **Passo2: Determinar a matriz de decisão normalizada**

Calculou-se a matriz normalizada da matriz de decisão, como mostrado na Tabela 29. Assim como o máximo e o mínimo dos valores para cada um dos indicadores, para auxílio no cálculo de dados em próximos passos.

TABELA 29. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Custos (%)
PSS4+PSS2	0,46400699	0,444478318
PSS4+PSS3	0,5483719	0,543251278
PSS4+PSS2+PSS3	0,67491926	0,592637758
PSS2+PSS3	0,33745963	0,296318879
PSS1	0,16872982	0,395091839
Max.=	0,67491926	0,592637758
Min.=	0,16872982	0,296318879

➤ **Passo3:Calcular E_i e F_i**

Calcularam-se os valores E_i , que representam a somatória dos indicadores por alternativa de módulo PSS e F_i , que representa o valor máximo dentre os indicadores por alternativa de Módulo PSS. A Tabela 30 apresenta estes dados. Também foram determinados os valores máximos e mínimos do E_i e F_i para auxiliar no cálculo de P_i , no passo seguinte.

TABELA 30. VALORES E_i E F_i

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Custos (%)	S_i	R_i
PSS4+PSS2	0,2	0,26	0,46	0,26
PSS4+PSS3	0,12	0,086667	0,206667	0,12
PSS4+PSS2+PSS3	0	0	0	0
PSS2+PSS3	0,32	0,52	0,84	0,52
PSS1	0,48	0,346667	0,826667	0,48
	Max.=		0,84	0,52
	Min.=		0	0

➤ **Passo 4:Calcular o valor de P_i .**

Foi calculado o índice de desempenho P_i para todas as alternativas de módulos de PSS propostas, mostrado na Tabela 31. Foi atribuído um peso $v=0,5$ para dar a mesma importância tanto para a parte referente a E_i , que representa o melhor desempenho dos módulos PSS, quanto para a F_i , que representa o pior desempenho destas alternativas de módulo PSS.

De acordo aos valores P_i , foi definido o *ranking* destes PSS. A melhor alternativa é aquela com o valor mínimo de P_i .

TABELA 31. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS

Módulos PSS	P_i	<i>Ranking</i>
PSS4+PSS2	0,52381	3
PSS4+PSS3	0,2384	2
PSS4+PSS2+PSS3	0	1
PSS2+PSS3	1	5
PSS1	0,953602	4

Como mostrado na Tabela 31, a ordem de prioridade segundo a análise de viabilidade econômica das alternativas de módulos PSS são: a integração dos PSS4, PSS2 e PSS3. É possível observar que as duas melhores alternativas seguintes do *ranking* incluem o PSS4, corroborando as conclusões das análises da fase anterior onde o PSS4 se mostra como o mais adaptável. Além disto ressalta-se que os PSS 2 e 3 possuem o mesmo serviço, a manutenção preventiva, a diferença é o período de tempo em que ele é executado, sendo assim é importante que a empresa analise se é interessante oferecer esta alternativa de módulo onde se oferecem apenas estes PSS ou associado aos outros PSS do conjunto.

➤ **Fase 4. Definição e preparação dos recursos e documentação para o PSSM**

Nesta fase a empresa fornecedora deve detalhar as características, elementos e recursos para o desenvolvimento do PSSM, assim como os custos estimados e todos os desenhos e outros documentos para sua conformação e posterior comercialização de acordo com o modelo apresentado no Apêndice 4.

Caso 2. Empresa que viabiliza os mais diferentes tipos de unidades de saúde, públicas ou privadas, por meio da venda, locação, gestão e serviços em equipamentos hospitalares.

A empresa possui um conjunto de PSS, apresentadas no Quadro 16.

QUADRO 16. PSS FORNECIDOS PELA EMPRESA

Nome do PSS que deseja modularizar	Descrição do PSS
PSS1	Equipamentos para leitos Paciente-Covid+ Instalação
PSS2	Equipamentos para leitos Paciente-Covid+ Treinamento
PSS3	Equipamentos para leitos Paciente-Covid+ Assistência técnica
PSS4	Equipamentos para leitos Paciente-Covid + Tecnologia
PSS5	Equipamentos para leitos Paciente-Covid + Insumos
PSS6	Equipamentos para leitos ortopedia + Tecnologia
PSS7	Equipamentos para leitos ortopedia + Assistência técnica
PSS8	Equipamentos para leitos ortopedia + Insumos
PSS9	Equipamentos para leitos ortopedia + Treinamento
PSS10	Equipamentos para leitos ortopedia +Instalação
PSS11	Equipamentos para leitos de UTI + Instalação+ Treinamento + Assistência técnica + Insumos

A seguir são analisados os PSS e os dados apresentados, pelo método proposto para criar o PSS Modularizado.

- **Aplicação**
- **Fase 1. Planejamento e detalhamento da informação**

a) Definição do(s) tipo(s) de PSS Modularizado a adotar

Para saber quais tipos de PSS Modularizado podem ser adotados, como apresentado no Quadro 6 (página 56) é necessário a análise dos requisitos dos produtos, serviços dos atuais PSS e as demandas, traduzidas em requisitos, dos consumidores. Em caso de possuir informações de todos estes tipos de requisitos é interessante a avaliação de todos eles, na construção do PSS Modularizado, possibilitando que estes módulos atendam a maior quantidade de requisitos.

b) Requisitos de cada estágio do PSS Modularizado

A seguir, no Quadro 17, são descritos os requisitos do produto, serviço e consumidores.

QUADRO 17. REQUISITOS DO PSS (CONTINUAÇÃO)

PSS	Características do produto	Características do serviço	Requisitos do consumidor
PSS1	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados contagiados pelo COVID-19	Instalação: Serviço de colocação dos equipamentos necessários para o atendimento de pacientes internados, incluindo-se a conexão de aparelhos com a rede elétrica	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS2	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados contagiados pelo COVID-19	Treinamento: Fornecer conhecimento, habilidades e competências profissionais relacionadas ao uso dos equipamentos usados para leitos de pacientes contagiados com a COVID-19	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS3	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados contagiados pelo COVID-19	Assistência técnica: • Realizar reparo e manutenção preventiva e corretiva nos equipamentos, de acordo com as normas e procedimentos da empresa. Prestar atendimento aos clientes para solução de problemas complexos, garantindo o suporte técnico para solução.	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS4	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados contagiados pelo COVID-19	Tecnologia: Atualização do uso de técnicas e conhecimentos para aperfeiçoar e facilitar o uso dos equipamentos	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS5	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados contagiados pelo COVID-19	Insumos: Fornecimento dos componentes ou elementos usados para o uso dos equipamentos por cada leito	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS6	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados com cirurgias ou doenças da área de ortopedia	Tecnologia: Atualização do uso de técnicas e conhecimentos para aperfeiçoar e facilitar o uso dos equipamentos	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente

QUADRO 17. REQUISITOS DO PSS

(CONTINUAÇÃO)

PSS7	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados com cirurgias ou doenças da área de ortopedia	Assistência técnica: <ul style="list-style-type: none"> Realizar reparo e manutenção preventiva e corretiva nos equipamentos, de acordo com as normas e procedimentos da empresa. Prestar atendimento aos clientes para solução de problemas complexos, garantindo o suporte técnico para solução. 	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS8	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados com cirurgias ou doenças da área de ortopedia	Insumos: Fornecimento dos componentes ou elementos usados para o uso dos equipamentos por cada leito.	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS9	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados com cirurgias ou doenças da área de ortopedia	Treinamento: Fornecer conhecimento, habilidades e competências profissionais relacionadas ao uso dos equipamentos usados para leitos de pacientes contagiados com a COVID-19.	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS10	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados com cirurgias ou doenças da área de ortopedia	Instalação: Serviço de colocação dos equipamentos necessários para o atendimento de pacientes internados, incluindo-se a conexão de aparelhos com a rede elétrica	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente
PSS11	Funcionalidade: Fornecer atendimento aos pacientes internados em estado grave que demandam tratamento intensivo	Instalação: Serviço de colocação dos equipamentos necessários para o atendimento de pacientes internados, incluindo-se a conexão de aparelhos com a rede elétrica Treinamento: Fornecer conhecimento, habilidades e competências profissionais relacionadas ao uso dos equipamentos usados para leitos de pacientes contagiados com a COVID-19 <ul style="list-style-type: none"> Assistência técnica: Realizar reparo e manutenção preventiva e corretiva nos equipamentos, de acordo com as normas e procedimentos da empresa. Prestar atendimento aos clientes para solução de problemas complexos, garantindo o suporte técnico para solução. Insumos: Fornecimento dos componentes ou elementos usados para o uso dos equipamentos por cada leito.	Funcionamento contínuo Adaptável as necessidades do paciente

A continuação serão estudadas as possíveis combinações dentre estes PSS resultando em PSS Modularizados.

▪ **Fase2. Desenvolvimento da primeira solução para PSS Modularizado**

c) Combinações dos módulos PSS

Considera-se que a criação de PSS Modularizado é um problema complexo de MCDM. Para isso, o método DEMATEL é aplicado para capturar as relações profundas entre esses PSS e com isto, as possíveis combinações.

▪ **DEMATEL para construção dos PSS Modularizado**

A seguir serão apresentados os resultados da aplicação de cada etapa do método DEMATEL.

➤ **Etapa 1 - Geração da matriz de relação direta (A)**

Primeiramente, o tomador de decisão ou responsável pela área na empresa objeto de estudo, avalia a relação entre os PSS para indicar o efeito direto que cada i-ésimo PSS exerce sobre cada j-ésimo PSS, conforme indicado pela escala inteira (pontuação) variando de 0 a 4, representando nenhuma influência (0) a influência muito alta (4), como apresentado na Tabela 1.

Como resultado dessas avaliações, os dados iniciais são obtidos como uma matriz de relação direta (Matriz A), apresentado na Tabela 32, que está na forma de uma matriz 4×4, que representa as comparações de pares em termos de influências e direções entre os critérios.

TABELA 32. ETAPA1. MATRIZ A

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11
PSS1	0	3	3	3	3	0	1	1	1	1	4
PSS2	3	0	4	3	3	1	1	1	1	1	4
PSS3	3	4	0	4	3	1	0	0	1	1	4
PSS4	3	3	4	0	3	0	0	0	0	0	4
PSS5	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	4
PSS6	1	1	1	1	1	0	3	3	3	3	2
PSS7	1	1	0	0	1	3	0	3	3	3	2
PSS8	1	1	0	0	1	3	4	0	3	3	2
PSS9	1	1	1	0	1	3	3	3	0	3	2
PSS10	1	1	1	0	1	3	3	3	3	0	4
PSS11	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	0

➤ **Etapa2 - Matriz X**

A partir da Matriz A é calculada a matriz normalizada de relação direta correspondente, apresentada na Tabela 33.

TABELA 33. MATRIZ X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11
PSS1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,133333333
PSS2	0,1	0	0,133333333	0,1	0,1	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,133333333
PSS3	0,1	0,133333333	0	0,133333333	0,1	0,033333333	0	0	0,033333333	0,033333333	0,133333333
PSS4	0,1	0,1	0,133333333	0	0,1	0	0	0	0	0	0,133333333
PSS5	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,133333333
PSS6	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,066666667
PSS7	0,033333333	0,033333333	0	0	0,033333333	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,066666667
PSS8	0,033333333	0,033333333	0	0	0,033333333	0,1	0,133333333	0	0,1	0,1	0,066666667
PSS9	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0	0,033333333	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,066666667
PSS10	0,033333333	0,033333333	0,033333333	0	0,033333333	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,133333333
PSS11	0,133333333	0,133333333	0,133333333	0,133333333	0,133333333	0,066666667	0,066666667	0,066666667	0,066666667	0,066666667	0

➤ **Etapa 3 - Cálculo da matriz de relação total (T).**

Para determinar a Matriz T, primeiramente foi calculada a Matriz I-X, apresentada na Tabela 34. Logo foi determinada sua inversa, apresentada na Tabela 35, para finalmente determinar a Matriz T, apresentada na Tabela 36.

TABELA 34. MATRIZ I-X

(CONTINUAÇÃO)

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11
PSS1	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,133333333
PSS2	-0,1	1	-0,133333333	-0,1	-0,1	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,133333333

TABELA 34. MATRIZ I-X

(CONCLUSÃO)

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11
PSS3	-0,1	-0,133333333	1	-0,133333333	-0,1	-0,033333333	0	0	-0,033333333	-0,033333333	-0,133333333
PSS4	-0,1	-0,1	-0,133333333	1	-0,1	0	0	0	0	0	-0,133333333
PSS5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1	0	0	0	0	0	-0,133333333
PSS6	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,066666667
PSS7	-0,033333333	-0,033333333	0	0	-0,033333333	-0,1	1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,066666667
PSS8	-0,033333333	-0,033333333	0	0	-0,033333333	-0,1	-0,133333333	1	-0,1	-0,1	-0,066666667
PSS9	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	0	-0,033333333	-0,1	-0,1	-0,1	1	-0,1	-0,066666667
PSS10	-0,033333333	-0,033333333	-0,033333333	0	-0,033333333	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	1	-0,133333333
PSS11	-0,133333333	-0,133333333	-0,133333333	-0,133333333	-0,133333333	-0,066666667	-0,066666667	-0,066666667	-0,066666667	-0,066666667	1

TABELA 35. MATRIZ INVERSA I-X

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11
PSS1	1,170869248	0,269975044	0,270491253	0,25518377	0,26177834	0,089758763	0,1205897	0,117042944	0,125239649	0,125239649	0,34398038
PSS2	0,274859087	1,193386835	0,311415703	0,2683619	0,27485909	0,126892151	0,129596023	0,125784375	0,135221215	0,135221215	0,36224676
PSS3	0,273781771	0,310016951	1,195760912	0,29689682	0,27378177	0,117384596	0,092156314	0,089445835	0,125681014	0,125681014	0,35843375
PSS4	0,251597796	0,26040017	0,290478347	1,16065647	0,2515978	0,069147578	0,070029058	0,06796938	0,076771754	0,076771754	0,3244615
PSS5	0,243301378	0,251005717	0,254243168	0,24256869	1,15239229	0,065590469	0,067236442	0,0652589	0,072963238	0,072963238	0,31359987
PSS6	0,157882907	0,162572177	0,154745933	0,13798142	0,15788291	1,108017234	0,205052336	0,199021385	0,203710655	0,203710655	0,24435691
PSS7	0,141962314	0,14528681	0,10970838	0,09381314	0,14196231	0,193273835	1,109228537	0,194251227	0,197575723	0,197575723	0,22366311
PSS8	0,146264202	0,149689441	0,113032876	0,09665596	0,1462642	0,199130618	0,233750613	1,109228537	0,203562866	0,203562866	0,23044078
PSS9	0,150258731	0,154681263	0,145943559	0,10281001	0,15025873	0,196830944	0,202930243	0,196961706	1,110475148	0,201384239	0,23452474
PSS10	0,171254453	0,176330271	0,167501989	0,12301855	0,17125445	0,208318289	0,214748122	0,208432	0,213507818	1,122598727	0,31392821
PSS11	0,346429411	0,357208626	0,3557141	0,33344096	0,34642941	0,189541202	0,194994995	0,189259848	0,200039063	0,200039063	1,31015722

TABELA 36. MATRIZ $T = X * INVERSA(I-X)$

	PSS1	PSS2	PSS3	PSS4	PSS5	PSS6	PSS7	PSS8	PSS9	PSS10	PSS11
PSS1	0,170869248	0,269975044	0,270491253	0,25518377	0,26177834	0,089758763	0,1205897	0,117042944	0,125239649	0,125239649	0,34398038
PSS2	0,274859087	0,193386835	0,311415703	0,2683619	0,27485909	0,126892151	0,129596023	0,125784375	0,135221215	0,135221215	0,36224676
PSS3	0,273781771	0,310016951	0,195760912	0,29689682	0,27378177	0,117384596	0,092156314	0,089445835	0,125681014	0,125681014	0,35843375
PSS4	0,251597796	0,26040017	0,290478347	0,16065647	0,2515978	0,069147578	0,070029058	0,06796938	0,076771754	0,076771754	0,3244615
PSS5	0,243301378	0,251005717	0,254243168	0,24256869	0,15239229	0,065590469	0,067236442	0,0652589	0,072963238	0,072963238	0,31359987
PSS6	0,157882907	0,162572177	0,154745933	0,13798142	0,15788291	0,108017234	0,205052336	0,199021385	0,203710655	0,203710655	0,24435691
PSS7	0,141962314	0,14528681	0,10970838	0,09381314	0,14196231	0,193273835	0,109228537	0,194251227	0,197575723	0,197575723	0,22366311
PSS8	0,146264202	0,149689441	0,113032876	0,09665596	0,1462642	0,199130618	0,233750613	0,109228537	0,203562866	0,203562866	0,23044078
PSS9	0,150258731	0,154681263	0,145943559	0,10281001	0,15025873	0,196830944	0,202930243	0,196961706	0,110475148	0,201384239	0,23452474
PSS10	0,171254453	0,176330271	0,167501989	0,12301855	0,17125445	0,208318289	0,214748122	0,208432	0,213507818	0,122598727	0,31392821
PSS11	0,346429411	0,357208626	0,3557141	0,33344096	0,34642941	0,189541202	0,194994995	0,189259848	0,200039063	0,200039063	0,31015722

➤ **Etapa 4 - Determinação das somas de linhas e colunas da matriz T**

Logo, a soma das linhas e a soma das colunas representadas pelos vetores D_i e R_j , respectivamente, são calculadas e mostradas na Tabela 37. Assim como sua classificação como PSS causa ou efeito, segundo D_i - R_j .

TABELA 37. CLASSIFICAÇÃO DO PSS SEGUNDO GRAU DE IMPORTÂNCIA E EFEITO, E RANKING

	Grau de importância		Efeito			Peso de prioridade	Ranking
	Di	Rj	Di+Rj	Di-Rj			
PSS1	2,150148739	2,328461298	4,478610038	-0,178312559	Efeito	0,097683684	4
PSS2	2,337844354	2,430553305	4,768397659	-0,092708952	Efeito	0,104004288	2
PSS3	2,259020752	2,369036222	4,628056974	-0,110015471	Efeito	0,100943295	3
PSS4	1,899881602	2,111387705	4,011269308	-0,211506103	Efeito	0,08749044	6
PSS5	1,801123398	2,328461298	4,129584696	-0,527337901	Efeito	0,090071036	5
PSS6	1,934934515	1,563885679	3,498820195	0,371048836	Causa	0,07631333	9
PSS7	1,748301111	1,640312383	3,388613494	0,107988728	Causa	0,073909594	11
PSS8	1,831582963	1,562656136	3,394239099	0,268926826	Causa	0,074032295	10
PSS9	1,847059315	1,664748143	3,511807458	0,182311172	Causa	0,076596597	8
PSS10	2,090892885	1,664748143	3,755641028	0,426144742	Causa	0,08191489	7
PSS11	3,023253899	3,259793219	6,283047118	-0,23653932	Efeito	0,137040551	1
		SOMA=	45,84808707				

Na Tabela 37 pode-se observar que o PSS11 possui o primeiro lugar no ranking de prioridade. O gráfico de representação de PSS causa e efeito, apresentado na Figura 17, representa, também, a relação causa-efeito dos PSS.

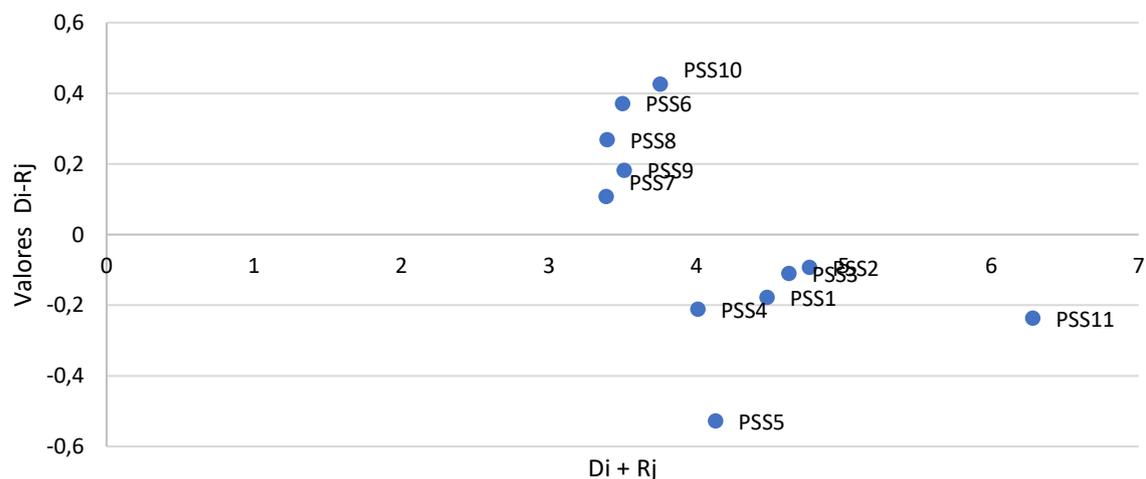


FIGURA 17. GRÁFICO DE REPRESENTAÇÃO DOS PSS CAUSA E EFEITO

Neste diagrama pode-se observar que o PSS11, que está mais à direita, por possuir maior valor Di+Rj, que representa o grau de importância. Isto se deve à forte relação que possui este PSS com o resto dos PSS da carteira. Sendo que no caso

o PSS11 contém os equipamentos e serviços associados a leitos de UTI, podendo ser usados tanto por pacientes vítimas da COVID-19 quanto por pacientes com doenças da área de ortopedia.

Logo se percebe, na Tabela 37 e na Figura 17 que os seguintes PSS em ordem de importância são os que possuem serviços relacionados aos equipamentos dos leitos para pacientes vítimas de COVID-19, do PSS1 ao PSS5, e logo os referentes aos equipamentos para leitos de ortopedia, do PSS6 ao PSS10. Isto já conduz a possíveis combinações de PSS modularizado onde se agrupariam por equipamentos específicos para cada tipo de leitos e não por serviços.

➤ **Etapa 5 - Defina um valor limite (α)**

Foi calculado o valor limite (α) derivado da média dos elementos na matriz T, obtendo $\alpha=0,193273835$. Os valores de t_{ij} na Tabela 36, que são maiores do que α ($0,193273835$), são mostrados em vermelho.

➤ **Etapa 6 - Desenvolvimento de um diagrama causal**

O gráfico de rede, mostrado na Figura 18, representa as relações entre os PSS pelas setas que os conectam.

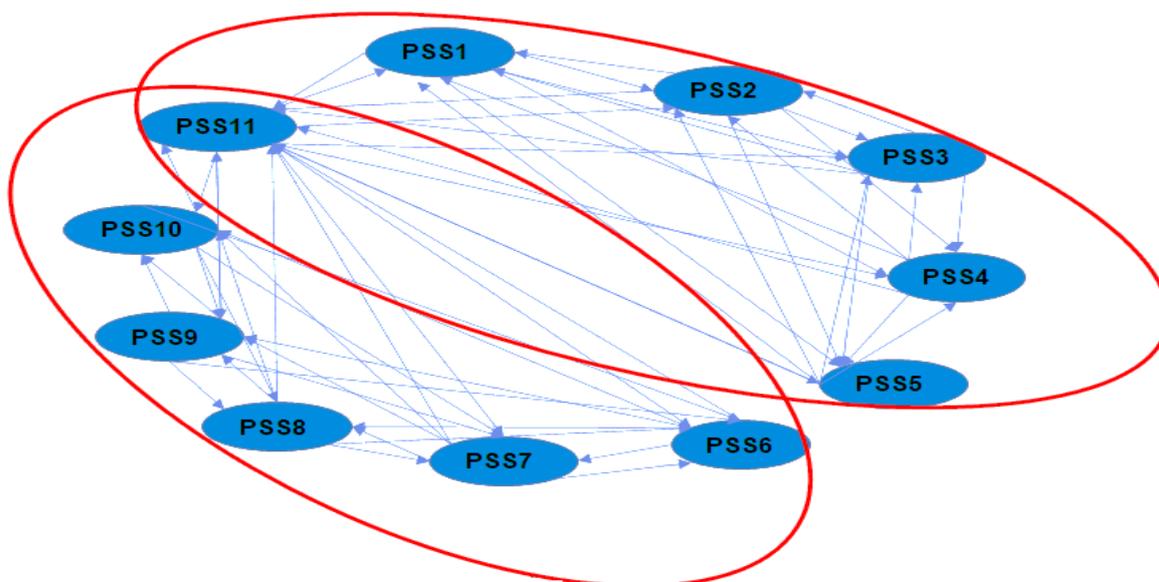


FIGURA 18. RELAÇÕES CONTEXTUAIS ENTRE OS PSS

Como se mostra no gráfico de rede, Figura 18, pode se perceber que existem dois grupos de PSS que se interrelacionam. Um dos grupos é o que contém os

equipamentos para leitos com pacientes vítimas de COVID-19 e o outro o que contém os equipamentos para leitos com pacientes da área de ortopedia.

Observasse também que o PSS11 é comum entre estes dois grupos; este PSS se refere aos equipamentos para leitos de UTI, que pode atender pacientes vítimas de COVID-19 quanto pacientes da área de ortopedia que possa ter alguma complicação. Por isto considerasse como o PSS mais adaptável e importante da carteira.

Logo, poderiam ser criadas as seguintes combinações de módulos PSS, Quadro 18, segundo a forte influência entre eles. Nesta tabela cada célula representa uma opção de módulo.

QUADRO 18. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS (CONTINUAÇÃO)

PSS1+PSS2	PSS6+PSS7
PSS1+PSS2+PSS3	PSS6+PSS7+PSS8
PSS1+PSS2+PSS4	PSS6+PSS7+PSS9
PSS1+PSS2+PSS5	PSS6+PSS7+PSS10
PSS1+PSS2+PSS11	PSS6+PSS7+PSS11
PSS1+PSS3	PSS6+PSS8
PSS1+PSS3+PSS4	PSS6+PSS8+PSS9
PSS1+PSS3+PSS5	PSS6+PSS8+PSS10
PSS1+PSS3+PSS11	PSS6+PSS8+PSS11
PSS1+PSS2+PSS3+PSS4+PSS5	PSS6+PSS7+PSS8+PSS9+PSS10
PSS1+PSS4	PSS6+PSS9
PSS1+PSS4+PSS5	PSS6+PSS9+PSS10
PSS1+PSS4+PSS11	PSS6+PSS9+PSS11
PSS1+PSS5	PSS6+PSS10
PSS1+PSS11	PSS6+PSS11
PSS2+PSS3	PSS7+PSS8
PSS2+PSS3+PSS4	PSS7+PSS8+PSS9
PSS2+PSS3+PSS5	PSS7+PSS8+PSS10
PSS2+PSS3+PSS11	PSS7+PSS8+PSS11
PSS2+PSS4	PSS7+PSS9
PSS2+PSS4+PSS5	PSS7+PSS9+PSS10
PSS2+PSS4+PSS11	PSS7+PSS9+PSS11
PSS2+PSS5+PSS11	PSS7+PSS10+PSS11
PSS2+PSS5	PSS7+PSS10
PSS2+PSS11	PSS7+PSS11
PSS3+PSS4	PSS8+PSS9

QUADRO18. COMBINAÇÕES DE MÓDULOS PSS (CONCLUSÃO)

PSS3+PSS4+PSS5	PSS8+PSS9+PSS10
PSS3+PSS4+PSS11	PSS8+PSS9+PSS11
PSS3+PSS5	PSS8+PSS10
PSS3+PSS5+PSS11	PSS8+PSS10+PSS11
PSS3+PSS11	PSS8+PSS11
PSS4+PSS5	PSS9+PSS10
PSS4+PSS5+PSS11	PSS9+PSS10+PSS11
PSS4+PSS11	PSS9+PSS11
PSS5+PSS11	PSS10+PSS11

▪ **Fase 3. Análise e escolha do *layout* preliminar do PSS Modularizado**

Uma vez geradas as possíveis combinações de módulos de PSS é importante escolher a opção mais factível tanto para a empresa quanto para os consumidores. A seguir é feita uma análise que definirá a ordem de importância de estas combinações, de acordo a factibilidade desde o ponto de vista comercial.

▪ **Análise de factibilidade do PSS Modularizado**

Para esta análise foi aplicada a técnica de tomada de decisão VIKOR. Na sequência é apresentado o desenvolvimento de cada um dos passos desta técnica.

▪ **Aplicação do VIKOR**

➤ **Passo1: Estabelecer a matriz de decisão.**

A empresa em estudo ofereceu os dados de índice da demanda, que representa a porcentagem em que estes PSS foram demandados no último ano e o *payback* (tempo de retorno do investimento) previsto pela empresa para cada um destes PSS.

TABELA 38. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS (CONTINUAÇÃO)

PSS	Índice de demanda (%)	Payback (Anos)
PSS1	0,05	3
PSS2	0,05	3
PSS3	0,1	3
PSS4	0,7	3
PSS5	0,1	3
PSS6	0,05	3
PSS7	0,05	3

TABELA 38. INDICADORES COMERCIAIS E FINANCEIROS DOS PSS (CONCLUSÃO)

PSS	Índice de demanda (%)	Payback (Anos)
PSS8	0,1	3
PSS9	0,7	3
PSS10	0,1	3
PSS11	1	3

Para obter um prognóstico do comportamento das combinações de PSS foi feita uma soma dos indicadores por PSS, segundo as combinações de módulos criadas, como se apresenta na Tabela 39.

Neste passo são classificados os indicadores em: Atributo benéfico (B): quanto maior melhor, ou Atributo não benéfico (NB): quanto menor melhor, como mostrado na Tabela 39. Além disso são atribuídos os pesos (w) de acordo com a ordem de importância destes indicadores. Estes pesos foram atribuídos pelo especialista da área comercial da empresa objeto de estudo, que têm conhecimento e experiência na área.

TABELA 39. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS PSS MODULARIZADOS EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB) (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Payback
PSS1+PSS2	0,1	6
PSS1+PSS2+PSS3	0,2	9
PSS1+PSS2+PSS4	0,8	9
PSS1+PSS2+PSS5	0,2	9
PSS1+PSS2+PSS11	1,1	9
PSS1+PSS3	0,15	6
PSS1+PSS3+PSS4	0,85	9
PSS1+PSS3+PSS5	0,25	9
PSS1+PSS3+PSS11	1,15	9
PSS1+PSS2+PSS3+PSS4+PSS5	1	15
PSS1+PSS4	0,75	6
PSS1+PSS4+PSS5	0,85	9
PSS1+PSS4+PSS11	1,75	9
PSS1+PSS5	0,15	6
PSS1+PSS11	1,05	6
PSS2+PSS3	0,15	6
PSS2+PSS3+PSS4	0,85	9
PSS2+PSS3+PSS5	0,25	9
PSS2+PSS3+PSS11	1,15	9

TABELA 39. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS MÓDULOS PSS EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB) (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Payback
PSS2+PSS4	0,75	6
PSS2+PSS4+PSS5	0,85	9
PSS2+PSS4+PSS11	1,75	9
PSS2+PSS5+PSS11	1,15	9
PSS2+PSS5	0,15	6
PSS2+PSS11	1,05	6
PSS3+PSS4	0,8	6
PSS3+PSS4+PSS5	0,9	9
PSS3+PSS4+PSS11	1,8	9
PSS3+PSS5	0,2	6
PSS3+PSS5+PSS11	1,2	9
PSS3+PSS11	1,1	6
PSS4+PSS5	0,8	6
PSS4+PSS5+PSS11	1,8	9
PSS4+PSS11	1,7	6
PSS5+PSS11	1,7	6
PSS6+PSS7	0,1	6
PSS6+PSS7+PSS8	0,2	9
PSS6+PSS7+PSS9	0,8	9
PSS6+PSS7+PSS10	0,2	9
PSS6+PSS7+PSS11	1,1	9
PSS6+PSS8	0,15	6
PSS6+PSS8+PSS9	0,85	9
PSS6+PSS8+PSS10	0,25	9
PSS6+PSS8+PSS11	1,15	9
PSS6+PSS7+PSS8+PSS9+PSS10	1	15
PSS6+PSS9	0,75	6
PSS6+PSS9+PSS10	0,85	9
PSS6+PSS9+PSS11	1,75	9
PSS6+PSS10	0,15	6
PSS6+PSS11	1,05	6
PSS7+PSS8	0,15	6
PSS7+PSS8+PSS9	0,85	9
PSS7+PSS8+PSS10	0,25	9
PSS7+PSS8+PSS11	1,15	9
PSS7+PSS9	0,75	6
PSS7+PSS9+PSS10	0,85	9
PSS7+PSS9+PSS11	1,75	9

TABELA 39. CLASSIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS DOS MÓDULOS PSS EM ATRIBUTOS BENÉFICOS (B) OU NÃO BENÉFICOS (NB) (CONCLUSÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Payback
PSS7+PSS10+PSS11	1,15	9
PSS7+PSS10	0,15	6
PSS7+PSS11	1,05	6
PSS8+PSS9	0,8	6
PSS8+PSS9+PSS10	0,9	9
PSS8+PSS9+PSS11	1,8	9
PSS8+PSS10	0,2	6
PSS8+PSS10+PSS11	1,2	9
PSS8+PSS11	1,1	6
PSS9+PSS10	0,8	9
PSS9+PSS10+PSS11	1,8	9
PSS9+PSS11	1,7	6
PSS10+PSS11	1,1	6
	(B)	(NB)
Peso (w)	0,6	0,4

➤ **Passo2: Determinar a matriz de decisão normalizada**

Calculou-se a matriz normalizada da matriz de decisão, como mostrado na Tabela 40. Assim como o máximo e o mínimo dos valores para cada um dos indicadores, para o auxílio do cálculo nos próximos passos.

TABELA 40. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Payback
PSS1+PSS2	0,01184	0,08796
PSS1+PSS2+PSS3	0,02368	0,13194
PSS1+PSS2+PSS4	0,094719	0,13194
PSS1+PSS2+PSS5	0,02368	0,13194
PSS1+PSS2+PSS11	0,130239	0,13194
PSS1+PSS3	0,01776	0,08796
PSS1+PSS3+PSS4	0,100639	0,13194
PSS1+PSS3+PSS5	0,0296	0,13194
PSS1+PSS3+PSS11	0,136159	0,13194
PSS1+PSS2+PSS3+PSS4+PSS5	0,118399	0,2199
PSS1+PSS4	0,088799	0,08796
PSS1+PSS4+PSS5	0,100639	0,13194
PSS1+PSS4+PSS11	0,207199	0,13194
PSS1+PSS5	0,01776	0,08796

TABELA 40. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Payback
PSS1+PSS11	0,124319	0,08796
PSS2+PSS3	0,01776	0,08796
PSS2+PSS3+PSS4	0,100639	0,13194
PSS2+PSS3+PSS5	0,0296	0,13194
PSS2+PSS3+PSS11	0,136159	0,13194
PSS2+PSS4	0,088799	0,08796
PSS2+PSS4+PSS5	0,100639	0,13194
PSS2+PSS4+PSS11	0,207199	0,13194
PSS2+PSS5+PSS11	0,136159	0,13194
PSS2+PSS5	0,01776	0,08796
PSS2+PSS11	0,124319	0,08796
PSS3+PSS4	0,094719	0,08796
PSS3+PSS4+PSS5	0,106559	0,13194
PSS3+PSS4+PSS11	0,213119	0,13194
PSS3+PSS5	0,02368	0,08796
PSS3+PSS5+PSS11	0,142079	0,13194
PSS3+PSS11	0,130239	0,08796
PSS4+PSS5	0,094719	0,08796
PSS4+PSS5+PSS11	0,213119	0,13194
PSS4+PSS11	0,201279	0,08796
PSS5+PSS11	0,201279	0,08796
PSS6+PSS7	0,01184	0,08796
PSS6+PSS7+PSS8	0,02368	0,13194
PSS6+PSS7+PSS9	0,094719	0,13194
PSS6+PSS7+PSS10	0,02368	0,13194
PSS6+PSS7+PSS11	0,130239	0,13194
PSS6+PSS8	0,01776	0,08796
PSS6+PSS8+PSS9	0,100639	0,13194
PSS6+PSS8+PSS10	0,0296	0,13194
PSS6+PSS8+PSS11	0,136159	0,13194
PSS6+PSS7+PSS8+PSS9+PSS10	0,118399	0,2199
PSS6+PSS9	0,088799	0,08796
PSS6+PSS9+PSS10	0,100639	0,13194
PSS6+PSS9+PSS11	0,207199	0,13194
PSS6+PSS10	0,01776	0,08796
PSS6+PSS11	0,124319	0,08796
PSS7+PSS8	0,01776	0,08796
PSS7+PSS8+PSS9	0,100639	0,13194

TABELA 40. MATRIZ DE DECISÃO NORMALIZADA (CONCLUSÃO)

Módulos PSS	Índice de demanda (%)	Payback
PSS7+PSS8+PSS10	0,0296	0,13194
PSS7+PSS8+PSS11	0,136159	0,13194
PSS7+PSS9	0,088799	0,08796
PSS7+PSS9+PSS10	0,100639	0,13194
PSS7+PSS9+PSS11	0,207199	0,13194
PSS7+PSS10+PSS11	0,136159	0,13194
PSS7+PSS10	0,01776	0,08796
PSS7+PSS11	0,124319	0,08796
PSS8+PSS9	0,094719	0,08796
PSS8+PSS9+PSS10	0,106559	0,13194
PSS8+PSS9+PSS11	0,213119	0,13194
PSS8+PSS10	0,02368	0,08796
PSS8+PSS10+PSS11	0,142079	0,13194
PSS8+PSS11	0,130239	0,08796
PSS9+PSS10	0,094719	0,13194
PSS9+PSS10+PSS11	0,213119	0,13194
PSS9+PSS11	0,201279	0,08796
PSS10+PSS11	0,130239	0,08796
Max.	0,213119	0,2199
Min.	0,01184	0,08796

➤ **Passo3:Calcular Ei e Fi**

A Tabela 41 apresenta os valores de Ei e Fi. Também foram determinados os valores máximos e mínimos de Ei para auxiliar no cálculo de Pi, no passo seguinte.

TABELA 41. VALORES Ei E Fi (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	Ei	Fi
PSS1+PSS2	1	0,6
PSS1+PSS2+PSS3	0,831373	0,564706
PSS1+PSS2+PSS4	0,619608	0,352941
PSS1+PSS2+PSS5	0,831373	0,564706
PSS1+PSS2+PSS11	0,513725	0,266667
PSS1+PSS3	0,982353	0,582353
PSS1+PSS3+PSS4	0,601961	0,335294
PSS1+PSS3+PSS5	0,813725	0,547059
PSS1+PSS3+PSS11	0,496078	0,266667
PSS1+PSS2+PSS3+PSS4+PSS5	0,282353	0,282353

TABELA 41. VALORES E_i E F_i (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	E_i	F_i
PSS1+PSS4	0,770588	0,4
PSS1+PSS4+PSS5	0,601961	0,335294
PSS1+PSS4+PSS11	0,284314	0,266667
PSS1+PSS5	0,982353	0,582353
PSS1+PSS11	0,664706	0,4
PSS2+PSS3	0,982353	0,582353
PSS2+PSS3+PSS4	0,601961	0,335294
PSS2+PSS3+PSS5	0,813725	0,547059
PSS2+PSS3+PSS11	0,496078	0,266667
PSS2+PSS4	0,770588	0,4
PSS2+PSS4+PSS5	0,601961	0,335294
PSS2+PSS4+PSS11	0,284314	0,266667
PSS2+PSS5+PSS11	0,496078	0,266667
PSS2+PSS5	0,982353	0,582353
PSS2+PSS11	0,664706	0,4
PSS3+PSS4	0,752941	0,4
PSS3+PSS4+PSS5	0,584314	0,317647
PSS3+PSS4+PSS11	0,266667	0,266667
PSS3+PSS5	0,964706	0,564706
PSS3+PSS5+PSS11	0,478431	0,266667
PSS3+PSS11	0,647059	0,4
PSS4+PSS5	0,752941	0,4
PSS4+PSS5+PSS11	0,266667	0,266667
PSS4+PSS11	0,435294	0,4
PSS5+PSS11	0,435294	0,4
PSS6+PSS7	1	0,6
PSS6+PSS7+PSS8	0,831373	0,564706
PSS6+PSS7+PSS9	0,619608	0,352941
PSS6+PSS7+PSS10	0,831373	0,564706
PSS6+PSS7+PSS11	0,513725	0,266667
PSS6+PSS8	0,982353	0,582353
PSS6+PSS8+PSS9	0,601961	0,335294
PSS6+PSS8+PSS10	0,813725	0,547059
PSS6+PSS8+PSS11	0,496078	0,266667
PSS6+PSS7+PSS8+PSS9+PSS10	0,282353	0,282353
PSS6+PSS9	0,770588	0,4
PSS6+PSS9+PSS10	0,601961	0,335294
PSS6+PSS9+PSS11	0,284314	0,266667

TABELA 41. VALORES E_i E F_i (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	E_i	F_i
PSS6+PSS10	0,982353	0,582353
PSS6+PSS11	0,664706	0,4
PSS7+PSS8	0,982353	0,582353
PSS7+PSS8+PSS9	0,601961	0,335294
PSS7+PSS8+PSS10	0,813725	0,547059
PSS7+PSS8+PSS11	0,496078	0,266667
PSS7+PSS9	0,770588	0,4
PSS7+PSS9+PSS10	0,601961	0,335294
PSS7+PSS9+PSS11	0,284314	0,266667
PSS7+PSS10+PSS11	0,496078	0,266667
PSS7+PSS10	0,982353	0,582353
PSS7+PSS11	0,664706	0,4
PSS8+PSS9	0,752941	0,4
PSS8+PSS9+PSS10	0,584314	0,317647
PSS8+PSS9+PSS11	0,266667	0,266667
PSS8+PSS10	0,964706	0,564706
PSS8+PSS10+PSS11	0,478431	0,266667
PSS8+PSS11	0,647059	0,4
PSS9+PSS10	0,619608	0,352941
PSS9+PSS10+PSS11	0,266667	0,266667
PSS9+PSS11	0,435294	0,4
PSS10+PSS11	0,647059	0,4
Max.	1	0,6
Min.	0,266667	0,266667

➤ **Passo 4: Calcular o valor de P_i .**

Foi calculado o índice de desempenho P_i para todas as alternativas de módulos de PSS propostas, mostrado na Tabela 42. Foi atribuído um peso $v=0,5$ para dar a mesma importância tanto para a parte referente a E_i , que representa o melhor desempenho dos módulos PSS, quanto para a F_i , que representa o pior desempenho destas alternativas de módulo PSS.

De acordo aos valores P_i , foi definido o *ranking* destes PSS. A melhor alternativa é aquela com o valor mínimo de P_i .

TABELA 42. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS (CONTINUAÇÃO)

Módulos PSS	P_i	Ranking
PSS1+PSS2	1	16
PSS1+PSS2+PSS3	0,832086	14
PSS1+PSS2+PSS4	0,370053	11
PSS1+PSS2+PSS5	0,832086	14
PSS1+PSS2+PSS11	0,168449	6
PSS1+PSS3	0,961497	15
PSS1+PSS3+PSS4	0,331551	10
PSS1+PSS3+PSS5	0,793583	13
PSS1+PSS3+PSS11	0,156417	5
PSS1+PSS2+PSS3+PSS4+PSS5	0,034225	8
PSS1+PSS4	0,543583	12
PSS1+PSS4+PSS5	0,331551	10
PSS1+PSS4+PSS11	0,012032	2
PSS1+PSS5	0,961497	15
PSS1+PSS11	0,47139	7
PSS2+PSS3	0,961497	15
PSS2+PSS3+PSS4	0,331551	10
PSS2+PSS3+PSS5	0,793583	13
PSS2+PSS3+PSS11	0,156417	5
PSS2+PSS4	0,543583	12
PSS2+PSS4+PSS5	0,331551	10
PSS2+PSS4+PSS11	0,012032	2
PSS2+PSS5+PSS11	0,156417	5
PSS2+PSS5	0,961497	15
PSS2+PSS11	0,47139	7
PSS3+PSS4	0,531551	11
PSS3+PSS4+PSS5	0,293048	9
PSS3+PSS4+PSS11	0	1
PSS3+PSS5	0,922995	14
PSS3+PSS5+PSS11	0,144385	4
PSS3+PSS11	0,459358	6
PSS4+PSS5	0,531551	11
PSS4+PSS5+PSS11	0	1
PSS4+PSS11	0,314973	3
PSS5+PSS11	0,314973	3
PSS6+PSS7	1	16
PSS6+PSS7+PSS8	0,832086	14
PSS6+PSS7+PSS9	0,370053	11

TABELA 42. VALORES DE P_i E RANKING DOS MÓDULOS DE PSS (CONCLUSÃO)

Módulos PSS	P_i	Ranking
PSS6+PSS7+PSS10	0,832086	14
PSS6+PSS7+PSS11	0,168449	6
PSS6+PSS8	0,961497	15
PSS6+PSS8+PSS9	0,331551	10
PSS6+PSS8+PSS10	0,793583	13
PSS6+PSS8+PSS11	0,156417	5
PSS6+PSS7+PSS8+PSS9+PSS10	0,034225	8
PSS6+PSS9	0,543583	12
PSS6+PSS9+PSS10	0,331551	10
PSS6+PSS9+PSS11	0,012032	2
PSS6+PSS10	0,961497	15
PSS6+PSS11	0,47139	7
PSS7+PSS8	0,961497	15
PSS7+PSS8+PSS9	0,331551	10
PSS7+PSS8+PSS10	0,793583	13
PSS7+PSS8+PSS11	0,156417	5
PSS7+PSS9	0,543583	12
PSS7+PSS9+PSS10	0,331551	10
PSS7+PSS9+PSS11	0,012032	2
PSS7+PSS10+PSS11	0,156417	5
PSS7+PSS10	0,961497	15
PSS7+PSS11	0,47139	7
PSS8+PSS9	0,531551	11
PSS8+PSS9+PSS10	0,293048	9
PSS8+PSS9+PSS11	0	1
PSS8+PSS10	0,922995	14
PSS8+PSS10+PSS11	0,144385	4
PSS8+PSS11	0,459358	6
PSS9+PSS10	0,370053	11
PSS9+PSS10+PSS11	0	1
PSS9+PSS11	0,314973	3
PSS10+PSS11	0,459358	6

Como mostrado na Tabela 42, os primeiros 5 no ranking, são aqueles módulos que na composição incluem PSS11, o que confirma a adaptabilidade e factibilidade de este PSS na combinação com o resto dos PSS na composição de módulos que atendam aos requisitos definidos. Nesta Tabela, também é possível observar que

vários PSS possuem o mesmo valor Q_i , por isto eles estão colocados no mesmo lugar no *ranking*, por tanto é necessário que a empresa avalie se todos estes PSS são igualmente atrativos para os consumidores da empresa ou avaliá-los por meio de outros indicadores, a fim de saber qual destas alternativas tem maior aderência e é mais atrativa para oferecer aos seus clientes.

➤ **Fase 4. Definição e preparação dos recursos e documentação para o PSS Modularizado**

Nesta fase a empresa, que possui todas as informações relacionadas aos produtos e serviços que compõem os PSS, irá detalhar as características, elementos e recursos, assim como toda a informação pertinente, para o desenvolvimento e comercialização dos PSS Modularizados, de acordo com o modelo apresentado no Apêndice 4.

6 CONCLUSÕES

Sistemas Produto-Serviço (PSS) permitem fornecer soluções a partir da integração de produtos e serviços que satisfaçam às necessidades dos clientes. Esta estratégia traz vantagens tanto para o consumidor quanto para a empresa fornecedora, como operação ideal dos produtos adquiridos, maior transparência nos custos, extensão do ciclo de vida do produto e personalização do atendimento. O desafio para as empresas é ofertar combinações de PSS diferenciados e personalizados de forma eficiente, com o mínimo de erros e dispêndios para o fornecedor e para o cliente, mantendo os custos associados à personalização sob controle. A solução para esse desafio está na modularização que oferece a oportunidade de equilíbrio entre personalização e eficiência em custo. No entanto, a maioria das pesquisas em modularidade de PSS tem como foco a modularização do produto ou a modularização do serviço e não oferecem uma arquitetura que contemple, simultaneamente, produtos e serviços em um único módulo PSS.

Nesta pesquisa foram identificados, na literatura, os métodos para concepção de PSS modularizado existentes dos últimos dez anos. Isto permitiu identificar quais são os requisitos mais importantes para a concepção de PSS modularizado, estes requisitos são: produtos, serviços, necessidades e desejos dos consumidores e custos.

Na análise da literatura foram identificados o uso de métodos de apoio à tomada de decisão no processo de concepção de PSS modularizado, por isto foram estudados quais dos métodos de apoio à tomada de decisão contribuiria para gerar soluções de PSS modularizado que contemple produto e serviço de forma simultânea e que contemple as necessidades e desejos dos clientes economicamente viável. Para isto foram combinados os métodos DEMATEL e VIKOR.

Logo, foi aplicado o método *Design Science Research* para a o desenvolvimento do método de concepção de Sistema Produto-Serviço Modularizado.

O método proposto sustenta-se em técnicas de tomada de decisão multicritérios para o fornecimento e escolha das soluções mais próximas das ótimas.

Contempla quatro fases, começando pelo planejamento e detalhamento da informação, onde se definem os requisitos e estratégias para conceber o PSS Modularizado. A seguir é desenvolvida a primeira solução de PSS Modularizado por meio da aplicação do método DEMATEL, para o qual são fornecidas ponderações dos requisitos de entrada, pelos especialistas da empresa e são criadas as alternativas de PSS modularizado. Na terceira fase, as alternativas são avaliadas sob o ponto de vista da viabilidade econômica utilizando o método VIKOR, e ordenadas. Por fim, a partir da(s) alternativa(s) de PSS Modularizado selecionada(s), a empresa deverá preparar a documentação, os recursos para o desenvolvimento e a oferta. O método possui um ciclo paralelo ao fluxo de desenvolvimento destas fases, para atualização e melhoria contínua que permite que em qualquer uma das fases descritas anteriormente, seja atualizado e/ou melhorado para dar continuidade às fases seguintes. Assim como um fluxo paralelo de informação para adaptar e atualizar a lista de requisitos que fazem parte dos dados de entrada para o desenvolvimento do método.

O método é de ampla abrangência pois considera, simultaneamente, as características do produto, as características do serviço e os requisitos do consumidor para cada PSS. Identifica as relações entre os diversos PSS e apresenta as possíveis combinações indicando, por fim, a ordem de prioridade segundo critérios de viabilidade econômica.

Em duas aplicações em empresas com objeto social diferente, um fabricante de máquinas-ferramenta de usinagem, máquinas para processamento de plástico e peças de ferro fundido e uma empresa de venda, locação, gestão e serviços de equipamentos hospitalares, o método mostrou-se adequado, apresentando resultados satisfatórios. Em ambas apresentou alternativas de soluções de PSS Modularizado possíveis, de acordo com o planejado. Adicionalmente, as aplicações permitiram verificar a influência que cada variável de entrada do método, ou seja, os requisitos definidos para produtos, serviços e consumidores, possui na concepção do PSS Modularizado, sendo que baseado neste nível de influência são geradas as alternativas de módulos.

Com base nestas aplicações pode-se inferir que o método proposto é uma importante ferramenta no auxílio a tomada de decisão na proposta de estratégias comerciais, possibilitando às empresas oferecer uma solução mais conveniente e

vantajosas tanto para o cliente quanto para o fornecedor por meio da combinação de PSS.

Assim, o objetivo geral desta tese, propor um método para conceber um Sistema Produto-Serviço Modularizado, que atenda simultaneamente às exigências do produto e do serviço, e forneça soluções personalizadas e flexibilidade na oferta a um custo reduzido, foi atendido.

Como limitação, observou-se que as ponderações que refletem o nível de influência dentre os PSS podem gerar vieses e combinações de PSS Modularizados que não condizem com a realidade. Esta limitação é própria dos métodos de tomada de decisão que dependem da inserção de ponderações sujeitas a critérios e pontos de vistas de quem as insere, como é o caso do método DEMATEL. Por isto se faz necessário que o especialista da empresa que atribuirá os respectivos pesos conheça bem os PSS e entenda bem o método a fim de mitigar possíveis erros. Outra limitação é que quando são criadas as combinações de módulos de PSS que possuem itens comuns de produtos ou serviços, os duplicados ainda precisam ser eliminados.

A presente pesquisa contribui para a teoria sobre PSS modularizado, uma vez que identifica e sistematiza os requisitos fundamentais para sua concepção. Além disto, fornece um dos primeiros métodos que permite conceber PSS e PSS Modularizado, por meio de combinações de PSS, que contempla tanto exigências do produto quanto do serviço, oferecendo soluções flexíveis e viáveis para fornecedor e cliente, precisa de ajustes, mas abre caminhos para estudos futuros.

A principal contribuição prática da pesquisa é que ela apresenta um método, que permite às empresas conceber PSS Modularizado que contempla exigências do produto e do serviço. Outra implicação prática refere-se ao fato de permitir avaliar a influência que os requisitos definidos para produtos, serviços e consumidores, possuem na concepção do PSS Modularizado. O método proposto oferece uma oportunidade às empresas que ainda não trabalham com PSS, pois também permite criar PSS a partir de itens isolados de produtos e serviços.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Como oportunidades para trabalhos futuros pode-se citar:

- Adaptar ao modelo outras técnicas de tomada de decisão que possam avaliar em um tempo menor, garantindo a obtenção dos mesmos resultados com as técnicas de apoio a tomada de decisão que já estão sendo utilizadas;
- Aplicar o método Fuzzy DEMATEL com o intuito de diminuir os vieses inseridos no momento de atribuir as ponderações que refletem o nível de influência dentre os PSS ou os requisitos que irão compor os PSS, para o caso das empresas que ainda não trabalham com PSS.
- Analisar, em conjunto com as empresas, os indicadores comerciais e financeiros das combinações de módulos de PSS que possuem itens comuns, sejam produtos ou serviços, para eliminar os duplicados, fazendo a adição dos respectivos indicadores de apenas um dos itens comuns destas combinações.
- Automatizar o processamento dos dados para facilitar e agilizar a aplicação do método;
- Aplicar o método em empresas concorrentes para avaliar a percepção de cada empresa em relação à sua estratégia de fornecimento de produtos e serviços;
- Difundir a aplicação do método entre empresas que têm potencial para fornecer PSS com o objetivo de incentivá-las a operar com essa estratégia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLAH, L.; ZULKIFLI, N. Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management. **Expert Systems with Applications**, v.42, n.9, p.4397-4409, 2015.
- AHMED, S.; AHMED, S.; SHUMON, M. R. H.; QUADER, M. A.; CHO, H. M.; MAHMUD, M. I. Prioritizing strategies for sustainable end-of-life vehicle management using combinatorial multi-criteria decision-making method. **International Journal of Fuzzy Systems**, v. 18, n. 3, p. 448-462, 2016.
- ALONSO, G; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. Web services. In: **Web services**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004. p. 123-149.
- ALONSO-RASGADO, T.; THOMPSON, G.; ELFSTRÖM, B. The design of functional (total care) products. **Journal of engineering design**, v. 15, n. 6, p. 515-540, 2004.
- ALTUNTAS, S.; SELIM, H.; DERELI, T. A fuzzy DEMATEL-based solution approach for facility layout problem: a case study. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 73, n. 5-8, p. 749–771, 2014.
- ALTUNTAS, S.; YILMAZ, M. K. Fuzzy DEMATEL method to evaluate the dimensions of marketing resources: an application in SMEs. **Journal of Business Economics and Management**, v. 17, n. 3, p. 347–364, 2016.
- 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, p.119-121.
- AOKI, M.; ANDO, H. The times of module the essence of the new industrial structure. **Shanghai Far East Press, Shanghai**, 2003.
- AURICH, J. C.; FUCHS, C.; WAGENKNECHT, C. Modular design of technical product-service systems. In: **Innovation in life cycle engineering and sustainable development**. Springer, Dordrecht, 2006. p. 303-320.
- BACK, N. N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem, edited by Manole. **Barueri, SP, Brazil**, 2008.
- BAINES, T.S.; LIGHTFOOT, H. 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, 2014.

- BAINES, T., LIGHTFOOT, H., BENEDETTINI, O., KAY, J.M. (a). The servitization of manufacturing: a review of literature and reflection on future challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.20, p. 547–567, 2009.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; PEPPARD, J.; JOHNSON, M.; TIWARI, A.; SHEHAB, E.; SWINK, M. (b). Towards an operations strategy for product-centric servitization. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 494-519, 2009.
- BAINES, T. S.; LIGHTFOOT, H.; STEVE, E.; NEELY, A.; GREENOUGH, R.; PEPPARD, J.; ROY, R.; SHEHAB, E.; BRAGANZA, A.; TIWARI, A.; ALCOCK, J.; ANGUS, J.; BASTL, M.; COUSENS, A.; IRVING, P.; JOHNSON, M.; KINGSTON, J.; LOCKETT, H.; MARTINEZ, V.; MICHELE, P.; TRANFIELD, D.; WALTON, I.; WILSON, H. 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.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H. Made to serve. **What it takes for a Manufacturer to Compete**, 2013.
- BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; SMART, P. Servitization within manufacturing: Exploring the provision of advanced services and their impact on vertical integration. **Journal of manufacturing technology management**, v. 22, n. 7, 947–954, 2011.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. **Design rules: The power of modularity**. MIT press, 2000.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. Managing in an age of Modularity In *Markets of One—Creating Customer-Unique Value through Mass Customization*, edited by Gilmore, J. and Pine II, J. **Harvard Business Review**, 1997.
- BARDAKCI, A.; WHITELOCK, J. How ‘ready’ are customers for mass customization? An exploratory investigation. **European Journal of Marketing**, v. 38, n. 11/12, pp. 1396-1416, 2004.
- BARE, M.; COX, J. J. Applying principles of mass customization to improve the empirical product development process. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 19, n. 5, p. 565-576, 2008.
- BASK, A.; LIPPONEN, M.; RAJAHONKA, M.; TINNILÄ, M. The concept of modularity: diffusion from manufacturing to service production. **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2010.
- BAYAZIT, N. Investigating Design: A Review of Forty Years of Design Research, Massachusetts Institute of Technology. **Design Issues**, v. 20, n. 1, p. 16-29, 2004.
- BERKOVICH, M.; ESCH, S.; MAURO, C.; LEIMEISTER, J. M.; KRCCMAR, H. Towards an artifact model for requirements to IT-enabled product service systems. **Wirtschaftsinformatik Proceedings**. 2011.

- BERKOVICH, M.; LEIMEISTER, J. M.; KRCCMAR, H. (a). An empirical exploration of requirements engineering for hybrid products. In: **EUROPEAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS (ECIS)**. 2009.
- BERKOVICH, M.; LEIMEISTER, J. M.; KRCCMAR, H. (b). Suitability of product development methods for hybrid products as bundles of classic products, software and service elements. In: **International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference**. 2009. p. 885-894.
- BEUREN, F.H.; FERREIRA, M. G. G.; MIGUEL, P. A. C. Product-service systems: a literature review on integrated products and services. **Journal of cleaner production**, v. 47, p. 222-231, 2013.
- BÖTTCHER, M.; KLINGNER, S. Providing a method for composing modular B2B services. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 26, n. 5, p. 320-331, 2011.
- BRANDSTOTTER, M.; HABERL, M.; KNOTH, R.; KOPACEK, B.; KOPACEK, P. Towards an environmental conscious service system for Vienna (AT). In: **Third International Symposium on Environmentally conscious design and inverse manufacturing**. 2003.
- BRAX, S.A.; BASK, A.; HSUAN, J.; VOSS, C. Service modularity and architecture— an overview and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, 2017.
- BRAX, S.; JONSSON, K. Developing integrated solution offerings for remote diagnostics. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 5, p. 539-560, 2009.
- BREZET, J. C.; BIJMA, A. S.; EHRENFELD, J.; SILVESTER, S. The Design of Eco-Efficient Services, **Tu Delft for the Dutch Ministry of Environment**, Delft, 2001.
- ÇAĞDAŞ, V.; STUBKJÆR, E. Design research for cadastral systems. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 35, p. 77-87, 2011.
- CARLBORG, P.; KINDSTRÖM, D. Service process modularization and modular strategies. **Journal of Business & Industrial Marketing**, 2014.
- CHANG, K. H. A more general risk assessment methodology using a soft set-based ranking technique. **Soft Computing**, v.18, n.1, p.169-183, 2014.
- CHANG, F.; ZHOU, G.; XIAO, X.; TIAN, C.; ZHANG, C. A function availability-based integrated product-service network model for high-end manufacturing equipment. **Computers & Industrial Engineering**, v. 126, p. 302-316, 2018.
- CHANG, K. H.; CHENG, C. H. A risk assessment methodology using intuitionistic fuzzy set in FMEA. **International Journal of Systems Science**, v.41, n.12, p.1457-1471, 2010.

- CHEN, Y.-C.; LIEN, H.-P.; TZENG, G.-H. Measures and evaluation for environment watershed plans using a novel hybrid MCDM model. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 2, p. 926-938, 2009.
- CHENG, C. C. J.; SHIU, E. Examining the link between service modularity and firm performance: A capability perspective. **Journal of Service Theory and Practice**, v. 26, n. 5, p. 696-720, 2016.
- COELHO, P.S., HENSELER, J. Creating customer loyalty through service customization. **European Journal of Marketing**, v.46, n. 3/4, p.331–356, 2012.
- CURIAZZI, R., RONDINI, A., PIROLA, F., OUERTANI, M.Z., PEZZOTTA, G. Process standardization to support service process assessment and re-engineering. In: **8th CIRP IPSS Conference. Product-Service Systems across Life Cycle**. Elsevier, 2016. p. 347-352.
- CUSUMANO, M. A. How traditional firms must compete in the sharing economy. **Communications of the ACM**, v. 58, n. 1, p. 32-34, 2014.
- DACHS, B.; BIEGE, S.; BOROWIECKI, M.; LAY, G.; JÄGER, A.; SCHARTINGER, D. Servitisation of European manufacturing: evidence from a large scale database. **The Service Industries Journal**, v. 34, n. 1, p. 5-23, 2014.
- DA SILVEIRA, G.; BORENSTEIN, D.; FOGLIATTO, F. S. Mass customization: Literature review and research directions. **International journal of production economics**, v. 72, n. 1, p. 1-13, 2001.
- DAVIES, A. (2004). Moving base into high-value integrated solutions: a value stream approach. **Industrial and corporate change**, v. 13, n. 5, p. 727-756, 2004.
- DAVIES, A.; BRADY, T. Organisational capabilities and learning in complex product systems: towards repeatable solutions. **Research policy**, v. 29, n. 7-8, p. 931-953, 2000.
- DAVIES, A.; BRADY, T.; HOBDDAY, M. (a). Charting a path toward integrated solutions. **MIT Sloan management review**, v. 47, n. 3, p. 39, 2006.
- DE BLOK, C.; MEIJBOOM, B.; LUIJKX, K.; SCHOLS, J. The human dimension of modular care provision: opportunities for personalization and customization. **International journal of production economics**, v. 142, n. 1, p. 16-26, 2013.
- DELLAERT, B.G.C.; STREMERSCHE, S. Marketing mass-customized products: striking a balance between utility and complexity. **Journal of Marketing Research**, v. 42, n. 2, pp. 219-227, 2005.
- DENG, J. L. Introduction to grey system theory. **The Journal of Grey System**, v. 1, n. 1, p. 1–24, 1989.

- DIMACHE, A.; ROCHE, T. A decision methodology to support servitisation of manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 33, n.11/12. p.1435-1457, 2013.
- DING, Y.; KEH, H. T. A re-examination of service standardization versus customization from the consumer's perspective. **Journal of Services Marketing**, v.30, n. 1, p. 16-28, 2016.
- DOUALLE, B.; MEDINI, K.; BOUCHER, X.; BRISSAUD, D.; LAFOREST, V. Selection method of sustainable product-service system scenarios to support decision-making during early design stages. **International Journal of Sustainable Engineering**, v.13, n.1, p.1-16, 2020.
- DOUALLE, B.; MEDINI, K.; BOUCHER, X.; BRISSAUD, D.; LAFOREST, V. Design of sustainable product-service systems (PSS): Towards an incremental stepwise assessment method. **Procedia CIRP**, v. 48, p. 152-157, 2016.
- DRUCKER, P. F. The emerging theory of manufacturing. **Harvard Business Review**, v. 68, n. 3, p. 94-102, 1990.
- DURAY, R.; WARD, P. T.; MILLIGAN, G. W.; BERRY, W. L. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. **Journal of operations management**, v. 18, n. 6, p. 605-625, 2000.
- EGGERT, A.; HOGREVE, J.; ULAGA, W.; MUENKHOFF, E. Revenue and profit implications of industrial service strategies. **Journal of Service Research**, v. 17, n. 1, p. 23-39, 2014.
- EISSENS-VAN DER LAAN, M.; BROEKHUIS, M.; VAN OFFENBEEK, M.; AHAUS, K. Service decomposition: a conceptual analysis of modularizing services. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 3, p. 308-33, 2016.
- ETHIRAJ, S. K.; LEVINTHAL, D. Modularity and innovation in complex systems. **Management science**, v. 50, n. 2, p. 159-173, 2004.
- EVANSCHITZKY, H.; WANGENHEIM, F. V.; WOISETSCHLAGER, D. M. Service & solution innovation: Overview and research agenda. **Industrial Marketing Management**, v. 40, n. 5, p. 657, 2011.
- EZZAT, O.; MEDINI, K.; BOUCHER, X.; DELORME, X. Product and service modularization for variety management. **Procedia Manufacturing**, v. 28, p. 148-153, 2019.
- FABRI, S.; SILVA, C.; HERNANDES, E.; OCTAVIANO, F.; DI THOMMAZO, A.; BELGAMO, A. Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process. In: **Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**. 2016. p. 1-5.
- FADEYI, J. A.; MONPLAISIR, L.; AGUWA, C. The integration of core cleaning and product serviceability into product modularization for the creation of an improved

- remanufacturing-product service system. **Journal of Cleaner Production**, v. 159, p. 446-455, 2017.
- FARGNOLI, M.; HABER, N.; SAKAO, T. PSS modularisation: A customer-driven integrated approach. **International Journal of Production Research**, v. 57, n. 13, p. 4061-4077, 2019.
- FAN, Z. P.; SUO, W. L.; FENG, B. Identifying risk factors of IT outsourcing using interdependent information: An extended DEMATEL method. **Expert systems with Applications**, v.39, n.3, p.3832-3840, 2012.
- FENG, Y. X.; ZHENG, B.; TAN, J. R.; WEI, Z. An exploratory study of the general requirement representation model for product configuration in mass customization mode. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 40, n. 7, p. 785-796, 2009.
- FOGLIATTO, F. S.; DA SILVEIRA, G. J. C. Mass customization: a method for market segmentation and choice menu design. **International Journal of Production Economics**, v. 111, n. 2, p. 606-622, 2008.
- FRANSEN, T. Evolution of modularity literature: a 25-year bibliometric analysis. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 37, n. 6, p. 703-747, 2017.
- FRY, T. D.; STEELE, D. C.; SALADIN, A. A service-oriented manufacturing strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v.14, n.10, p. 17-29, 1994.
- FU, Y. B.; JIANG, P. Y. Service-oriented manufacturing execution systems supported by iPSS. In: **Applied Mechanics and Materials**. Trans Tech Publications Ltd, 2009. p. 660-664.
- GABUS, A.; FONTELA, E. World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. **Battelle Geneva Research Center, Geneva, Switzerland**, p. 1-8, 1972.
- GAO, J.; YAO, Y.; ZHU, V. C.; SUN, L.; LIN, L. Service-oriented manufacturing: a new product pattern and manufacturing paradigm. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 22, n. 3, p. 435-446, 2011.
- GARUD, R.; KUMARASWAMY, A. Technological and organizational designs for realizing economies of substitution. **Strategic management journal**, v. 16, n. S1, p. 93-109, 1995.
- GENG, X.; CHU, X. A new importance–performance analysis approach for customer satisfaction evaluation supporting PSS design. **Expert Systems with Applications**, v.39, n.1, p.1492-1502, 2012.
- GENG, X.; JIN, Y.; ZHANG, Y. Result-oriented PSS Modular Design Method based on FDSM. **Procedia CIRP**, v. 83, p. 610-615, 2019.

- GEUM, Y.; KWAK, R.; PARK, Y. Modularizing services: A modified HoQ approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 62, n. 2, p. 579-590, 2012.
- GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisas. 10^a. tir. **São Paulo: Atlas**, 1996.
- GOEDKOOOP, M. Product service systems. **Ecological and economic basis**, 1999.
- GONZÁLEZ CHÁVEZ, C. A.; ROMERO, D.; ROSSI, M.; LUGLIETTI, R.; JOHANSSON, B. Circular Lean Product-Service Systems Design: A Literature Review, Framework Proposal and Case Studies. **Procedia CIRP**, v. 83, p. 419-424, 2019.
- GOVINDAN, K.; KHODAVERDI, R.; VAFADARNIKJOO, A. Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain. **Expert Systems with Applications**, v.42, n.20, p.7207-7220, 2015.
- GU, Q.; LAGO, P. Exploring service-oriented system engineering challenges: a systematic literature review. **Service Oriented Computing and Applications**, v. 3, n. 3, p. 171-188, 2009.
- GUIMARÃES, C. M.; DE CARVALHO, J. C. Outsourcing in Healthcare Through Process Modularization—A Lean Perspective. **International Journal of Engineering Business Management**, v. 4, p. 45, 2012.
- HABER, N.; FARGNOLI, M. Design for product-service systems: A procedure to enhance functional integration of product-service offerings. **International Journal of Product Development**, v. 22, n. 2, p. 135-164, 2017.
- HAMIDI, N.; YOUSEFI, P.; RAHIMI, A.; JABARI, F. A hybrid of Borda and DEMATEL for productivity improvement. **Management Science Letters**, v. 2, n. 8, p. 2757-2764, 2012.
- HART, C.W.L. Mass customization: conceptual underpinnings, opportunities and limits. **International Journal of Service Industry Management**, Vol. 6 No. 2, pp. 36-45, 1995.
- HAUG, A.; LADEBY, K.; EDWARDS, K. From engineer-to-order to mass customization. **Management Research News**, v. 32, n. 7, p. 633-644, 2009.
- HEIMONEN, J.; KOHTAMÄKI, M. Measuring new product and service portfolio advantage. **International Entrepreneurship and Management Journal**, v. 15, n. 1, p. 163-174, 2019.
- HEVNER, A. R. A three-cycle view of design science research. **Scandinavian journal of information systems**, v. 19, n. 2, p. 4, 2007.
- HOCKERTS, K.; WEAVER, N. Towards a theory of sustainable product service systems—what are the dependent and independent variables of S-PSS. In: **Proceedings of the INSEADCMER research workshop “Sustainable product service systems—key definitions and concepts**. 2002.

- HOEK, R. I.; WEKEN, H. A. M. The impact of modular production on the dynamics of supply chains. **The International Journal of Logistics Management**, v. 9, n. 2, p. 35-50, 1998.
- HÖLTTÄ-OTTO, K.; TANG, V.; OTTO, K. Module definition for Product-Service systems. In: **International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference**. American Society of Mechanical Engineers, 2012. p. 359-368.
- HOU, J.; NEELY, A. Investigating risks of outcome-based service contracts from a provider's perspective. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 6, p. 2103-2115, 2018.
- HOWELLS, J. **Innovation & Services: new conceptual frameworks**. Centre for Research on Innovation and Competition, The University of Manchester, 2000.
- HSIAO, W.B.; CHIU, M. C.; CHU, C. Y.; CHEN, W. F. A systematic service design methodology to achieve mass personalisation. **International Journal of Agile Systems and Management**, v. 8, n. 3-4, p. 243-263, 2015.
- HUANG, G. Q.; QU T.; ZHONG R. Y.; LI Z.; YANG, H. D.; ZHANG, Y. F.; CHEN, Q. X.; JIANG, P. Y.; CHEN, X. Establishing production service system and information collaboration platform for mold and die products. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 52, n. 9-12, p. 1149-1160, 2011.
- HUFFMAN, C.; KAHN, B.E. Variety for sale: mass customization or mass confusion? **Journal of Retailing**, v. 74, n. 4, pp. 491-513, 1998.
- HUI, L.; QUN, L.; SHIHAO, H. Research on the development of manufacturing servitization based on a business model analysis framework. In: **2015 12th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)**. IEEE, 2015. p. 1-5.
- IMAN, N. Modularity matters: a critical review and synthesis of service modularity. **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 8, n. 1, p. 38-52, 2016.
- IVARI, J. A. A Paradigmatic Analysis of Information Systems as a Design Science. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v.19, n. 2, p. 39-64, 2007.
- JENAB, K.; SARFARAZ, A.; WEINSIER, P. D.; MOEINI, A.; AL-AHMARI, A. M. A. i-DEMATEL method for integrated manufacturing technology selection. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 3, p. 349-363, 2015.
- JIANG, P.; FU, Y. (2009). A new conceptual architecture to enable iPSS as a key for service-oriented manufacturing executive systems. **International Journal of Internet Manufacturing and Services**, v. 2, n. 1, p. 30-42, 2009.
- JIAO, J.; MA, Q.; TSENG, M. M. Towards high value-added products and services: mass customization and beyond. **Technovation**, v. 23, n. 10, p. 809-821, 2003.

- JIN, L.; HE, Y.; SONG, H. Service customization: To upgrade or to downgrade? An investigation of how option framing affects tourists' choice of package-tour services. **Tourism Management**, v. 33, n. 2, p. 266-275, 2012.
- JIN, X.; YU, S.; ZHENG, P.; LIU, Q.; XU, X. Cloud-based approach for smart product personalization. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 922-927, 2018.
- KAMRANI, A. K.; SALHIEH, S. M.; **Product Design For Modularity**. 2ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers Norwell, 2010.
- KANG, K.; ZHONG, R. Y.; XU, S. Cloud-enabled sharing in logistics product service system. **Procedia CIRP**, v. 83, p. 451-455, 2019.
- KEH, H.T.; LEE, Y.H. Do reward programs build loyalty for services? The moderating effect of satisfaction on type and timing of rewards. **Journal of Retailing**, v. 82, n. 2, pp. 127-136, 2006.
- KEH, H.T.; REN, R.; RAO HILL, S.; LI, X. The beautiful, the cheerful, and the helpful: The effects of service employee attributes on customer satisfaction. **Psychology & Marketing**, v. 30, n. 3, p. 211-226, 2013.
- KHAN, M. A.; WUEST, T. Towards a framework to design upgradable product service systems. **Procedia CIRP**, v. 78, p. 400-405, 2018.
- KIM, Y. S.; KIM, S.; ROH, E. Product-service systems representation and repository for a design support tool. In: **DS 80-7 Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED 15) Vol 7: Product Modularization, Product Architecture, systems Engineering, Product Service Systems, Milan, Italy, 27-30.07. 15**. 2015. p. 321-330.
- KIMITA, K.; SHIMOMURA, Y. Design method for modular product-service system architecture. In: **DS 70: Proceedings of DESIGN 2012, the 12th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia**. 2012. p. 979-988.
- KITCHENHAM, B.; CHARTERS, S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. **Technical Report. Keele University and University of Durham, version 2.3**, 2007.
- KOHTAMÄKI, M.; EINOLA, S.; RABETINO, R. Exploring servitization through the paradox lens: Coping practices in servitization. **International Journal of Production Economics**, v. 226, p.107- 619, 2020.
- KOHTAMAKI, M.; PARIDA, V.; OGHAZI, P.; GEBAUER, H.; BAINES, T.S. Digital servitization business models in ecosystems: A theory of the firm. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 380-392, 2019.
- KOHTAMÄKI, M.; PARTANEN, J.; PARIDA, V.; WINCENT, J. Non-linear relationship between industrial service offering and sales growth: The moderating role of network capabilities. **Industrial Marketing Management**, v. 42, n. 8, p. 1374-1385, 2013.

- KOHTAMAKI, M., RABETINO, R., EINOLA, S. Paradoxes in servitization. In: **Practices and tools for servitization**. Palgrave Macmillan, Cham, 2018. p. 185-199.
- KOWALKOWSKI, C.; KINDSTRÖM, D. Value visualization strategies for PSS development. In: **Introduction to product/service-system design**. Springer, London, 2009. p. 159-181.
- KOWALKOWSKI, C.; WINDAHL, C.; KINDSTROM, D.; GEBAUER, H. What service transition? Rethinking established assumptions about manufacturers' service-led growth strategies. **Industrial marketing management**, v. 45, p. 59-69, 2015.
- KOTLER, P. From mass marketing to mass customization. **Planning Review**, v. 17 n. 5, pp. 10-13, p. 47, 1989.
- KOU, G.; ERGU, D.; LIN, C.; CHEN, Y. Pairwise comparison matrix in multiple criteria decisions making. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 22, n. 5, p. 738–765, 2016.
- KOU, G.; ERGU, D.; SHANG, J. Enhancing data consistency in decision matrix: adapting Hadamard model to mitigate judgment contradiction. **European Journal of Operational Research**, v. 236, n. 1, p. 261–271, 2014.
- KOU, G.; LIN, C. A cosine maximization method for the priority vector derivation in AHP. **European Journal of Operational Research**, v. 235, n. 1, p. 225–232, 2014.
- KRISTAL, M. M.; HUANG, X.; SCHROEDER, R. G. The effect of quality management on mass customization capability. **International Journal of Operations & Production Management**, 2010.
- KUIJKEN, B.; GEMSER, G.; WIJNBERG, N. M. Effective product-service systems: A value-based framework. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 33-41, 2017.
- KUMAR, A. From mass customization to mass personalization: a strategic transformation. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 19, n. 4, p. 533-547, 2007.
- KUMAR, A.; GATTOUFI, S.; REISMAN, A. Mass customization research: trends, directions, diffusion intensity, and taxonomic frameworks. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 19, n. 4, p. 637-665, 2007.
- LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.
- LANGLOIS, R. N.; ROBERTSON, P. L. Networks and innovation in a modular system: Lessons from the microcomputer and stereo component industries. **Research policy**, v. 21, n. 4, p. 297-313, 1992.

- LARSEN, M. S. S.; ANDERSEN, A. L.; NIELSEN, K.; BRUNOE, T. D. Modularity in product-service systems: literature review and future research directions. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Cham, 2018. p. 150-158.
- LEE, J.; ABUALI, M. Innovative Product Advanced Service Systems (I-PASS): methodology, tools, and applications for dominant service design. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 52, n. 9-12, p. 1161-1173, 2011.
- LEIMESTER J.M.; GLAUNER C. Hybrid products - classification and challenges for business computer science. **Journal of Economic Computer Science**, v. 50, n.3, p. 248-251, 2008
- LENFLE, S.; MIDLER, C. The launch of innovative product-related services: lessons from automotive telematics. **Research Policy**, v. 38, n. 1, p. 156-169, 2009.
- LI, A. Q.; FOUND, P. Lean and green supply chain for the product-services system (PSS): the literature review and a conceptual framework. **Procedia CIRP**, v. 47, p. 162-167, 2016.
- LI, H.; JI, Y.; CHEN, L.; JIAO, R. J. Bi-level coordinated configuration optimization for product-service system modular design. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, v. 47, n. 3, p. 537-554, 2015.
- LI, H.; JI, Y.; GU, X.; QI, G.; TANG, R. Module partition process model and method of integrated service product. **Computers in Industry**, v. 63, n. 4, p. 298-308, 2012.
- LI, H.; JI, Y.; LI, Q.; YANG, M.; EVENS, S. A methodology for module portfolio planning within the service solution layer of a product-service system. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 94, n. 9-12, p. 3287-3308, 2018.
- LI, H.; WEN, X.; WANG, H.; LUO, G.; EVANS, S. A methodology for the modular structure planning of product-service systems. **Mathematical Biosciences and Engineering**, v. 16, n. 3, p. 1489, 2019.
- LI, J.; LIU, C.; XIAO, W. Modularity, lead time and return policy for supply chain in mass customization system. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, v. 9, n. 6, p. 1133-1153, 2016.
- LI, X.; SONG, W. A rough VIKOR-based QFD for prioritizing design attributes of product-related service. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2016, 2016
- LI, Y.; HU, Y.; ZHANG, X.; DENG, Y.; MAHADEVAN, S. An evidential DEMATEL method to identify critical success factors in emergency management. **Applied Soft Computing**, v.22, p.504-510, 2014.
- LIGHTFOOT, H.; GEBAUER, H. Exploring the alignment between service strategy and service innovation. **Journal of Service Management**, v. 22, n. 5, p. 664-683, 2011.

- LINDAHL, M.; SUNDIN, E.; SAKAO, T. Environmental and economic benefits of Integrated Product Service Offerings quantified with real business cases. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 288-296, 2014.
- LINDQUIST, A.; BERGLUND, F.; JOHANNESON, H. Supplier integration and communication strategies in collaborative platform development. **Concurrent Engineering**, v. 16, n. 1, p. 23-35, 2008.
- LIU, J. J. H.; YEN, L.; TZENG, G. H. Building an effective safety management system for airlines. **Journal of Air Transport Management**, vol. 14, no. 1, pp. 20–26, 2008.
- LIU, H. C., YOU, J. X., LU, C.; CHEN, Y. Z. Evaluating health-care waste treatment technologies using a hybrid multi-criteria decision-making model. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.41, p.932-942, 2015.
- LIU, H.C.; YOU, J.X.; ZHEN, L.; FAN, X.J. A novel hybrid multiple criteria decision-making model for material selection with target-based criteria. **Materials and Corrosion**, v. 60, p.380–390, 2014.
- LOVELOCK, C.H. Classifying services to gain strategic marketing insights. **Journal of marketing**, v. 47, n. 3, p. 9-20, 1983.
- LUTHRA, S.; GOVINDAN, K.; KHARB, R. K.; MANGLA, S. K. Evaluating the enablers in solar power developments in the current scenario using fuzzy DEMATEL: an Indian perspective. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, vol. 63, pp. 379– 397, 2016.
- MA, J. Evaluation and Selection Model of Product Service Provider Based on Ideal Point Method. In: **2010 International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization**. IEEE, 2010. p. 227-230.
- MANSON, N. J. Is operations research really research? **Orion**, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. A. **Product-service systems and sustainability: Opportunities for sustainable solutions**. UNEP-United Nations Environment Programme, 2002.
- MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E. K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications—two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications**, vol. 42, no. 8, pp. 4126–4148, 2015.
- MARDANI, A.; JUSOH, A.; NOR, K.; KHALIFAH, Z.; ZAKWAN, N.; VALIPOUR, A. Multiple criteria decision-making techniques and their applications—a review of the literature from 2000 to 2014. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 28, n. 1, p. 516-571, 2015.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision support systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

- MILLER, T. D.; ELGARD, P. Defining modules, modularity and modularization. In: **Proceedings of the 13th IPS research seminar, Fuglsoe**. Aalborg University Fuglsoe, 1998.
- MEIER, H.; ROY, R.; SELIGER, G. Industrial product-service systems—IPS2. **CIRP annals**, v. 59, n. 2, p. 607-627, 2010.
- MILLER, D.; HOPE, Q.; EISENSTAT, R.; FOOTE, N.; GALBRAITH, J. The problem of solutions: balancing clients and capabilities. **Business horizons**, v. 45, n. 2, p. 3-3, 2002.
- MO, J. P. T. Performance Assessment of Product Service System from System Architecture Perspectives. **Advances in Decision Sciences**, 2012.
- MONT, O. Editorial for the special issue of the Journal of Cleaner Production on Product Service Systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, n. 8, p. 815-817, 2003.
- MONT, O. Introducing and developing a Product-Service System (PSS) concept in Sweden. **IIIEE Reports 2001:6**, Lund University, Lund.
- MONT, O. Product-service systems: panacea or myth? Lund University, 2004.
- MOON, S. K.; SHU, J.; SIMPSON, T. W.; KUMARA, S. R.T. A module-based service model for mass customization: service family design. **IIE Transactions**, v. 43, n. 3, p. 153-163, 2010.
- MORELLI, N. Product-service systems, a perspective shift for designers: A case study: the design of a telecentre. **Design studies**, v. 24, n. 1, p. 73-99, 2003.
- MOURTZIS, D.; FOTIA, S.; BOLI, N.; VLACHOU, E. An approach for the modelling and quantification of PSS customisation. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 3, p. 1137-1153, 2018.
- NEELY, A. Exploring the financial consequences of the servitization of manufacturing. **Operations management research**, v. 1, n. 2, p. 103-118, 2008.
- NIKJOO, A. V.; SAEEDPOOR, M. An intuitionistic fuzzy DEMATEL methodology for prioritizing the components of SWOT matrix in the Iranian insurance industry. **International Journal of Operational Research**, v. 20, n.4, p.439-452, 2014.
- NILSSON, S.; SUNDIN, E.; LINDAHL, M. Integrated product service offerings—Challenges in setting requirements. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 879-887, 2018.
- NUNES, F. L. Modularização-conceitos, abordagens e benefícios: uma revisão teórica. **Revista Tecnologia e Tendências**, v. 9, n. 2, p. 22-44, 2017.
- NUNES, F. L.; ROCHA, M. V.; DIAS, V. S.; ANTUNES JR, J. A. V. Análise da modularização como estratégia em desenvolvimento de produtos. **Revista ESPACIOS| Vol. 35 (Nº 13) Año 2014**, 2014.

- OPRICOVIC, S.; TZENG, G. H. Compromise solution by MCDM methods: a comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. **European Journal of Operational Research**, v. 156, n. 2, p. 445–455, 2004.
- OPRICOVIC, S.; TZENG, G.H. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. **European Journal of Operational Research**, v. 178, n. 2, p. 514-529, 2007.
- OU YANG, Y. P.; SHIEH, H. M.; LEU, J. D. E TZENG, G. H. A novel hybrid MCDM model combined with DEMATEL and ANP with applications. **International Journal of Operations Research**, v. 5, n. 3, p. 160–168, 2008.
- PAHL, G; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. Springer Science & Business Media, 2013.
- PARIDA, V.; SJÖDIN, D.R.; WINCENT, J.; KOHTAMÄKI, M. Mastering the transition to product-service provision: Insights into business models, learning activities, and capabilities. **Research-Technology Management**, v. 57, n. 3, p. 44-52, 2014.
- PETERS, C.; LEIMEISTER, J. M. TM3-A modularization method for telemedical services: design and evaluation. In: **Proceedings of 21st European conference on information systems (ECIS)**. 2013. Utrecht, Netherlands.
- PIALOT, O.; MILLET, D.; BISIAUX, J. Upgradable PSS: Clarifying a new concept of sustainable consumption/production based on upgradability. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 538-550, 2017.
- PINE, B. J. **Mass customization**. Boston: Harvard business school press, 1993.
- PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.
- QU, T.; CHEN, X. D.; ZHANG, Y.; YANG, H.; HUANG, G. Q. Analytical target cascading-enabled optimal configuration platform for production service systems. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 24, n. 5, p. 457-470, 2011.
- RABETINO, R.; HARMSSEN, W.; KOHTAMAKI, M.; SIHVONEN, J. Structuring servitization-related research. **International Journal of Operations and Production Management**, v.38, n.2, p. 350–371, 2018.
- RABETINO, R.; KOHTAMAKI, M.; LEHTONEN, H.; KOSTAMA, H. Developing the concept of life-cycle service offering. **Industrial Marketing Management**, v. 49, p. 53-66, 2015.
- RAJALA, R.; BRAX, S.A.; VIRTANEN, A.; SALONEN, A. The next phase in servitization: transforming integrated solutions into modular solutions. **International Journal of Operations & Production Management**, 2019.

- RAHIKKA, E.; ULKUNIEMI, P.; PEKKARINEN, S. Developing the value perception of the business customer through service modularity. **Journal of Business & Industrial Marketing**, v. 26, n. 5, p. 357-367, 2011.
- RANJAN, R.; CHATTERJEE, P.; CHAKRABORTY, S. Performance evaluation of Indian Railway zones using DEMATEL and VIKOR methods. **Benchmarking: An International Journal**, 2016.
- REN G.; GREGORY, M. Servitization in manufacturing companies: A conceptualization, critical review and research agenda. In: **Proceedings of the 16th Annual Frontiers in Service Conference**, 2007, San Francisco, CA, USA, pp. 136-139.
- ROY, R., SHAW, A.; ERKOYUNCU, J. A.; REDDING, L. Through-life engineering services. **Measurement and Control**, v. 46, n. 6, p. 172-175, 2013.
- ROY, B.; VINCKE, P. Multicriteria analysis: survey and new directions. **European Journal of Operational Research**, v. 8, n. 3, p. 207–218, 1981.
- ROY, R.; BAXTER, D. Product-service Systems. **Journal of Engineering Design**, v.20, n.4, p. 327–328, 2009.
- SAKAO, T.; LINDAHL, M. (Ed.). **Introduction to product/service-system design**. Springer Science & Business Media, 2009.
- SAKAO, T.; SHIMOMURA, Y. Service Engineering: a novel engineering discipline for producers to increase value combining service and product. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 6, p. 590-604, 2007.
- SAKAO, T.; SONG, W.; MATSCHEWSKY, J. Creating service modules for customising product/service systems by extending DSM. **CIRP annals**, v. 66, n. 1, p. 21-24, 2017.
- SALVADOR, F.; FORZA, C.; RUNGTUSANATHAM, M. Modularity, product variety, production volume, and component sourcing: theorizing beyond generic prescriptions. **Journal of operations management**, v. 20, n. 5, p. 549-575, 2002.
- SALVADOR, F.; MARTIN, P.; PILLER, F. Decodificando a customização em massa. **HSM Management**, v. 6, n. 77, p. 140-148, 2009.
- SANCHEZ, R. Modular architectures in the marketing process. **Journal of marketing**, v. 63, n. 4_suppl1, p. 92-111, 1999.
- SANCHEZ, R. Modular architectures, knowledge assets and organizational learning: new management processes for product creation. **International Journal of Technology Management**, v. 19, n. 6, p. 610-629, 2000.
- SANCHEZ, R.; COLLINS, R. P. Competing—and learning—in modular markets. **Long Range Planning**, v. 34, n. 6, p. 645-667, 2001.

- SANCHEZ, R.; MAHONEY, J. T. Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. **Strategic management journal**, v. 17, n. S2, p. 63-76, 1996.
- SASSANELLI, C.; PEZZOTTA, G.; ROSSI, M.; TERZI, S.; CAVALIERI, S. Towards a Lean Product Service Systems (PSS) Design: state of the art, opportunities and challenges. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 191-196, 2015.
- SCHAEFER, S. Product design partitions with complementary components. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 38, n. 3, p. 311-330, 1999.
- SCHILLING, M. A. Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. **Academy of management review**, v. 25, n. 2, p. 312-334, 2000.
- SCHILLING, M. A.; STEENSMA, H. K. The use of modular organizational forms: An industry-level analysis. **Academy of management journal**, v. 44, n. 6, p. 1149-1168, 2001.
- SCHISCHKE, K.; PROSKE, M.; NISSEN, N. F.; LANG, K. D. Modular products: Smartphone design from a circular economy perspective. In: **2016 Electronics Goes Green 2016+(EGG)**. IEEE, 2016. p. 1-8.
- SELVIARIDIS, K; WYNSTRA, F. Performance-based contracting: a literature review and future research directions. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 12, p. 3505-3540, 2015.
- SHAIK, M. N.; ABDUL-KADER, W. Comprehensive performance measurement and causal-effect decision making model for reverse logistics enterprise. **Computers & Industrial Engineering**, v. 68, p. 87-103, 2014.
- SHENG, Z.; LIU, C.; SONG, J.; XIE, H. (a) Module division and configuration modeling of CNC product-service system. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science**, v. 231, n. 3, p. 494-506, 2017.
- SHENG, Z.; LI, Y.; WU, L.; XIE, H. (b) Lifecycle-oriented product modular design of CNC machine tools. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science**, v. 231, n. 11, p. 1981-1994, 2017.
- SHENG, Z.; XU, T.; SONG, J. Configuration design of product service system for CNC machine tools. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 7, n. 2, p. 971720, 2015.
- SHIKATA, N.; GEMBA, K.; UENISHI, K. A competitive product development strategy using modular architecture for product and service systems. **International Journal of Business and Systems Research**, v. 7, n. 4, p. 375-394, 2013.

- SHOKOHYAR, S.; MANSOUR, S.; KARIMI, B. A model for integrating services and product EOL management in sustainable product service system (S-PSS). **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 25, n. 3, p. 427-440, 2014.
- SHOSTACK, G.L. Service positioning through structural change. **Journal of marketing**, v. 51, n. 1, p. 34-43, 1987.
- SI, S. L.; YOU, X. Y.; LIU, H. C.; ZHANG, P. DEMATEL technique: A systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2018, 2018.
- SILVESTRO, R.; LUSTRATO, P. Exploring the “mid office” concept as an enabler of mass customization in services. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 35, n. 6, p. 866-894, 2015.
- SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.
- SIMONSON, I. Determinants of customers' responses to customized offers: conceptual framework and research propositions. **Journal of Marketing**, v. 69, n. 1, pp. 32-45, 2005.
- SONG, W. **Customization-oriented design of product-service system**. Singapore: Springer, 2019.
- SONG, W.; SAKAO, T. Service conflict identification and resolution for design of product–service offerings. **Computers & Industrial Engineering**, v. 98, p. 91-101, 2016 a.
- SONG, W.; SAKAO, T. A customization-oriented framework for design of sustainable product/service system. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1672-1685, 2017.
- SONG, W.; SAKAO, T. An environmentally conscious PSS recommendation method based on users' vague ratings: A rough multi-criteria approach. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 1592-1606, 2018.
- SONG, W.; WU, Z.; LI, X.; XU, Z. Modularizing product extension services: An approach based on modified service blueprint and fuzzy graph. **Computers & Industrial Engineering**, v. 85, p. 186-195, 2015.
- STORBACKA, K. A solution business model: Capabilities and management practices for integrated solutions. **Industrial Marketing Management**, v. 40, n. 5, p. 699-711, 2011.
- STORBJERG, S. H.; BRUNOE, T. D. Analysis of enabling factors in realizing modularization benefits. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Mass Customization and Personalization Central Europe, MCP-CE**. 2012. p. 104-111.
- STORY, V. M.; RADDATS, C.; BURTON, J.; ZOLKIEWSKI, J.; BAINES, T. Capabilities for advanced services: A multi-actor perspective. **Industrial Marketing Management**, v. 60, p. 54-68, 2017.

- SUN, J.; CHAI, N.; PI, G.; ZHANG, Z.; FAN, B. Modularization of product service system based on functional requirement. **Procedia CIRP**, v. 64, p. 301-305, 2017.
- SUN, P.L.; JIANG, P.Y.; CAO, W. Cutting-tool delivery method in the context of industrial product service systems. **Concurrent Engineering**, v. 24, n. 2, p. 178-190, 2016.
- SUN, H.; WANG, Z.; ZHANG, Y.; CHANG, Z.; MO, R.; LIU, Y. Evaluation method of product–service performance. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 25, n. 2, p. 150-157, 2012.
- SUNDIN, E.; BRAS, B. Making functional sales environmentally and economically beneficial through product remanufacturing. **Journal of cleaner production**, v. 13, n. 9, p. 913-925, 2005.
- SUNDIN, E.; LINDAHL, M.; COMSTOCK, M.; SAKAO, T.; SHIMOMURA Y. Achieving mass customisation through servicification. **International Journal of Internet Manufacturing and Services**, v.2, n.1, p.56–75, 2009.
- SUO, W. L.; FENG, B.; FAN, Z. P. Extension of the DEMATEL method in an uncertain linguistic environment. **Soft Computing**, v.16, n.3, p.471-483, 2012.
- SUZIK, H. A. GM announces modularity project. **Quality**, v. 38, n. 5, p. 14, 1999.
- SZALAVETZ, A. **The tertierization of manufacturing industry in the" new economy"**. TIGER Working Paper Series, 2003.
- TAMURA, H.; AKAZAWA, K. Structural modeling and systems analysis of uneasy factors for realizing safe, secure and reliable society. **Journal of Telecommunication and Information Technology**, v. 3, n. 1, p. 64-72, 2005.
- TAN, A. R.; MCALOONE, T. C.; GALL, C. Product/service-system development—an explorative case study in a manufacturing company. In: **DS 42: Proceedings of ICED 2007, the 16th International Conference on Engineering Design, Paris, France, 28-31.07. 2007**. 2007.
- THOBEN, K.-D.; ESCHENBÄCHER, J.; JAGDEV, H. EXTENDED Extended products: evolving traditional product concepts. In: **Proceedings of the 7th International Conference on Concurrent Enterprising: Engineering the Knowledge Economy through Co-operation, Bremen, Germany**. 2001. p. 27-29.
- TISCHNER, U.; RYAN, C.; VEZZOLI, C. Product-service systems. **Design for Sustainability: A Step-by-Step Approach**. Paris, France: **United Nations Environment Program**, p. 95-104, 2009.
- TSAI, W. T. Service-oriented system engineering: a new paradigm. In: **IEEE International Workshop on Service-Oriented System Engineering (SOSE'05)**. IEEE, 2005. p. 3-6.

- TSENG, M.L. Using hybrid MCDM to evaluate the service quality expectation in linguistic preference. **Applied Soft Computing**, v. 11, n. 8, p. 4551-4562, 2011.
- TSENG, M.L. Using the extension of DEMATEL to integrate hotel service quality perceptions into a cause-effect model in uncertainty. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 5, p.9015–9023, 2009.
- TU, Q.; VONDEREMBSE, M. A.; RAGU-NATHAN, T. S.; RAGU-NATHAN, B. Measuring modularity-based manufacturing practices and their impact on mass customization capability: a customer-driven perspective. **Decision Sciences**, v. 35, n. 2, p. 147-168, 2004.
- TUKKER, A. Eight types of product–service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet. **Business strategy and the environment**, v. 13, n. 4, p. 246-260, 2004.
- 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.
- TUKKER, A.; TISCHNER, U. **New business for old Europe: product-service development, competitiveness and sustainability**. Routledge, 2017.
- TUKKER, A.; VAN HALEN, C. Innovation scan for product service systems. **Price Waterhouse Coopers, London**, 2003.
- TURNER, M.; BUDGEN, D.; BRERETON, P. Turning software into a service. **Computer**, v. 36, n. 10, p. 38-44, 2003.
- TUUNANEN, T.; BASK, A.; MERISALO-RANTANEN, H. Typology for modular service design: review of literature. **International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology (IJSSMET)**, v. 3, n. 3, p. 99-112, 2012.
- ULAGA, W.; REINARTZ, W.J. Hybrid offerings: how manufacturing firms combine goods and services successfully. **Journal of marketing**, v. 75, n. 6, p. 5-23, 2011.
- ULKUNIEMI, P.; PEKKARINEN, S. Creating value for the business service buyer through modularity. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 8, n. 2, p. 127-141, 2011.
- ULRICH, K. The role of product architecture in the manufacturing firm. **Research policy**, v. 24, n. 3, p. 419-440, 1995.
- ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. Product design and development. 6th ed. United States of America: The McGraw-Hill Companies. 2015.
- VANDERMERWE, S.; RADA, J. Servitization of business: adding value by adding services. **European management journal**, v. 6, n. 4, p. 314-324, 1988.

- VAN OSTAEYEN, J. Analysis of the business potential of product-service systems for investment goods. **Faculty of Engineering Science, KU Leuven**, 2014.
- VARGO, S.L.; LUSCH, R.F. The four service marketing myths: remnants of a goods-based, manufacturing model. **Journal of Service Research**, v. 6, n. 4, pp. 324-335, 2004.
- VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. Design research in information systems. 2004.
- VISNJIC, I. Servitization: When is service oriented business model innovation effective. **Service Science Management and Engineering**, v. 6, p. 30-32, 2010.
- VISNJIC, I.; JOVANOVIC, M.; NEELY, A.; ENGWALL, M. What brings the value to outcome-based contract providers? Value drivers in outcome business models. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 169-181, 2017.
- VOAS, J.; ZHANG, J. Cloud computing: New wine or just a new bottle?. **IT professional**, v. 11, n. 2, p. 15-17, 2009.
- VOSS, C. A.; HSUAN, J. Service architecture and modularity. **Decision Sciences**, v. 40, n. 3, p. 541-569, 2009.
- WANG, K.; JIANG, Z.; LI, N.; GENG, N. Optimal production and admission control for a stochastic SOM system with demands for product and PSS. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 23-24, p. 7270-7288, 2013.
- WANG, H.; LIN, Z. Defects tracking matrix for mass customization production based on house of quality. **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 19, n. 4, p. 666-684, 2007.
- WANG, P.P.; MING, X.G.; LI, D.; KONG, F.B.; WANG, L.; WU, Z.Y. Modular development of product service systems. **Concurrent Engineering**, v.19, n.1, p.85–96, 2011.
- WIESNER, S.; WESTPHAL, I.; HIRSCH, M.; THOBEN, K. D. Manufacturing service ecosystems. In: **IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 305-312.
- WILLIAMS, C. B.; ALLEN, J. K.; ROSEN, D. W.; MISTREE, F. Designing platforms for customizable products and processes in markets of non-uniform demand. **Concurrent Engineering**, v. 15, n. 2, p. 201-216, 2007.
- WINDAHL, C.; LAKEMON, N. Developing integrated solutions: The importance of relationships within the network. **Industrial Marketing Management**, v. 35, n. 7, p. 806-818, 2006.
- WISE, R.; BAUMGARTNER, P. (1999). Go downstream: The new profit imperative in manufacturing. **IEEE Engineering Management Review**, v. 28, n. 1, p. 89-96, 2000.

- WHITE, A. L.; STOUGHTON, M.; FENG, L. Servicizing: the quiet transition to extended product responsibility. **Tellus Institute, Boston**, v. 97, 1999.
- WU, S.M.; LIU, H.C.; WANG, L.E. Hesitant fuzzy integrated MCDM approach for quality function deployment: a case study in electric vehicle. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 15, p. 4436-4449, 2017.
- WU, W. W.; LEE, Y. T. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. **Expert Systems with Applications**, v. 32, n. 2, p. 499–507, 2007.
- YANG, M.; EVANS, S. Product-service system business model archetypes and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 220, p. 1156-1166, 2019.
- YANG, X.; MOORE, P.; PU, J.-S.; WONG, C.-B. A methodology for realising product service systems for consumer products. **International Journal on Computers and Industrial Engineering**, v. 56, p. 224-235, 2009.
- YU, M., ZHANG, W., MEIER, H. Modularization based design for innovative product-related industrial service. In: **2008 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics**. IEEE, 2008. p. 48-53.
- ZADEH, L A. Information and control. **Fuzzy sets**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.
- ZANELLA, L. C. H. **Metodologia da pesquisa**. SEAD/UFSC, 2013.
- ZAVADSKAS, E. K.; MARDANI, A.; TURSKIS, Z.; JUSOH, A.; NOR, K. M. Development of TOPSIS method to solve complicated decision-making problems - an overview on developments from 2000 to 2015. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, vol. 15, no. 3, pp. 645–682, 2016.
- ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; KILDIENE, S. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 20, n. 1, p. 165–179, 2014.
- ZHA, X. F.; SRIRAM, R. D.; LU, W. F. Evaluation and selection in product design for mass customization: A knowledge decision support approach. **AI EDAM**, v. 18, n. 1, p. 87-109, 2004.
- ZHANG, G.; SUN, H. Enabling cutting tool services based on in-process machining condition monitoring. **International Journal of Internet Manufacturing and Services**, v. 5, n. 1, p. 51-66, 2018.
- ZHANG, H.; HAAPALA, K. R.; MARY, E.; FUNK II, K. H. Environmental impact and cost assessment of product service systems using IDEF0 modeling. **Proceedings of NAMRI/SME**, v. 39, 2011.
- 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.

APÊNDICE

APÊNDICE 1. DESCRIÇÃO DAS FASES DO MÉTODO DEMATEL

O método DEMATEL está baseado em um conceito de comparação por pares dos atributos de tomada de decisão (alternativas e critérios). Os atributos são comparados com relação à influência relativa de um sobre o outro. O principal objetivo deste método é comparar diretamente a relação de interação entre diferentes variáveis de um sistema complexo para determinar as relações causais diretas e indiretas e os níveis de influência entre as variáveis (RANJAN, CHATTERJEE e CHAKRABORTY, 2016).

Uma matriz estrutural visual e um diagrama causal são desenvolvidos para expressar os relacionamentos causais e os níveis de influência entre as variáveis consideradas, além de auxiliar na tomada de decisões apropriadas. Os critérios de avaliação são geralmente compostos por muitos aspectos complicados, incluindo aspectos financeiros e não financeiros, além de aspectos qualitativos, e estão diretas ou indiretamente relacionados entre si (RANJAN, CHATTERJEE e CHAKRABORTY, 2016).

O método DEMATEL é baseado na noção de dígrafos, que pode separar os critérios de decisão considerados em grupos de causa e efeito para observar visualmente o interior de um problema complexo (RANJAN, CHATTERJEE e CHAKRABORTY, 2016).

Ele assume um sistema que contém um conjunto de componentes $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, com relações entre pares que podem ser avaliadas. A aplicação do método DEMATEL consiste nas seis etapas a seguir (TAMURA e AKAZAWA, 2005; CHEN, LIEN e TZENG, 2009; HAMIDI *et al.*, 2012).

Etapa 1: geração da matriz de relação direta (A).

Inicialmente, o tomador de decisão avalia a relação entre os conjuntos de critérios pareados para indicar o efeito direto que cada um dos critérios é exercido em cada j-ésimo critério, conforme indicado por uma escala inteira (pontuação) variando de 0 a 4, representando nenhuma influência (0), baixa influência (1), influência média (2), alta influência (3) e influência muito alta (4). Então, como resultado dessas avaliações, os dados iniciais são obtidos como

uma matriz de relação direta (A) na forma de uma matriz $n \times n$, na qual o elemento individual (a_{ij}) denota o grau em que o i -ésimo critério afeta o j -ésimo critério em representa o número total de critérios:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & \dots & \dots & a_{nj} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Etapa 2: desenvolvimento da matriz de relação direta normalizada (X).

Uma vez que a matriz de relação direta é desenvolvida, a matriz normalizada (X) é obtida usando as Equações (1) e (2). Cada elemento na matriz X varia de 0 a 1:

$$X = k \times A \quad (1)$$

Onde:

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} (\sum_{j=1}^n a_{ij})}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Etapa 3: cálculo da matriz de relação total (T).

A matriz de relação total (T) é determinada usando a Equação (3), na qual se denota a matriz de identidade. O elemento t_{ij} representa os efeitos indiretos que o critério possui no j -ésimo critério, e a matriz T reflete o relacionamento total entre cada par de critérios do sistema:

$$T = [t_{ij}]_{n \times n}, i, j = 1, 2, \dots, n$$

$$T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^k = X(I + X + X^2 + \dots + X^{k-1})[(I - X)(I - X)^{-1}]$$

$$= X(I - X^k)(I - X)^{-1}$$

então:

$$T = X(I - X)^{-1}, \text{ quando } k \rightarrow \infty, X^k = [0]_{n \times n}$$

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (3)$$

Etapa 4: determinação das somas de linhas e colunas da matriz T.

Na matriz de relação total T, a soma das linhas e a soma das colunas são representadas pelos vetores D e R, conforme derivados usando as seguintes equações:

$$D_i = \left[\sum_{j=1}^n t_{ij} \right]_{n \times 1} = [t_i]_{n \times 1}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$R_j = \left[\sum_{i=1}^n t_{ij} \right]_{1 \times n} = [t_j]_{n \times 1}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Etapa 5: defina um valor limite (α).

Este valor limiar (α) é obtido a partir da média dos elementos na matriz T, calculada usando a Equação (6), em que N é o número total de elementos na matriz T.

Este cálculo visa eliminar alguns elementos de efeito menores na matriz T:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]}{N} \quad (6)$$

Como a matriz T fornece informações sobre como um fator afeta outro, é necessário que o tomador de decisão configure um valor limite para filtrar alguns efeitos desprezíveis.

Enquanto isso, apenas os efeitos maiores que o valor limite definido são escolhidos e mostrados no dígrafo.

Etapa 6: desenvolvimento de um diagrama causal.

O vetor do eixo horizontal ($D_k + R_k$) denominado “destaque” é calculado adicionando D a R enquanto $k=i=j=1$, que revela a importância do critério. Da mesma forma, o eixo vertical ($D_k - R_k$) chamado “relação” é calculado subtraindo D de R, que divide os critérios em um grupo de causas e um grupo de efeitos. Se D_i é a soma da i-ésima linha na matriz T, então D_i resume os efeitos diretos e indiretos dados pelo i-ésimo critério sobre outros critérios. Da mesma forma, R_j indica a soma da j-ésima coluna na matriz T e mostra os efeitos diretos e indiretos dados pelo j-ésimo critério sobre outros critérios. Se $j=1$, indica o total de efeitos dados e recebidos pelo i-ésimo critério. Assim, ($D_k + R_k$) mostra o grau de importância que o i-ésimo critério desempenha em todo o sistema. Pelo contrário, ($D_k - R_k$) determina o efeito líquido que o i-ésimo critério contribui para todo o sistema.

Geralmente, quando ($D_k - R_k$) é positivo, o critério pertence ao grupo de causas. Caso contrário, se ($D_k - R_k$) for negativo, o critério pertence ao grupo de efeitos. Portanto, um diagrama causal é desenvolvido ao mapear o conjunto de dados de ($D_k + R_k, D_k - R_k$), fornecendo informações valiosas para a tomada de decisões. Portanto, o tomador de decisão pode usar a relação causal das variáveis e seus níveis de influência da interação para descobrir as variáveis

determinantes do problema principal em um sistema complicado e planejar decisões adequadas para resolver o problema de acordo com o tipo de atributo e o nível de influência.

APÊNDICE 2. DESCRIÇÃO DAS FASES DO MÉTODO VIKOR

O conceito básico do método VIKOR (OPRICOVIC e TZENG, 2004, 2007) reside na definição das soluções ideais positiva e negativa. A solução ideal positiva indica a alternativa com o valor mais alto, enquanto a solução ideal negativa indica a alternativa com o valor mais baixo. Foi basicamente introduzido como uma ferramenta de classificação de múltiplos critérios, com base na medida particular de proximidade da solução ideal usando o procedimento de normalização linear. Ele se concentra na seleção da melhor alternativa de um conjunto de alternativas viáveis na presença de critérios mutuamente conflitantes, enquanto determina uma solução de compromisso. Ele fornece um utilitário de grupo máximo para a "maioria" e um mínimo de arrependimento individual para o "oponente" (RANJAN, CHATTERJEE e CHAKRABORTY, 2016).

A solução de compromisso é uma solução viável, que é a mais próxima da solução ideal positiva e a mais distante da solução ideal negativa. O seguinte mérito de vários atributos para a classificação de comprometimento é desenvolvido a partir da métrica L_p usada no método de programação de comprometimento:

$$L_{p,i} = \left\{ \sum_{j=1}^n \left(w_j \frac{[(X_{ij})_{max} - X_{ij}]}{[(X_{ij})_{max} - (X_{ij})_{min}]} \right)^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad 1 \leq p \leq \infty; i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

No método VIKOR, $L_{1,i}$ e, $L_{\infty,i}$ são utilizados para formular a medida de classificação.

As etapas processuais para o método VIKOR são listadas da seguinte forma (OPRICOVIC e TZENG, 2004; 2007):

1) A partir da matriz de decisão desenvolvida para o problema considerado, determine os melhores valores $(X_{ij})_{max}$ e os piores, $(X_{ij})_{min}$ de todos os critérios.

2) Calcule os valores de E_i e F_i :

$$E_i = L_{1,i} = \sum_{j=1}^n w_j \frac{[(X_{ij})_{max} - X_{ij}]}{[(X_{ij})_{max} - (X_{ij})_{min}]} \quad (8)$$

$$F_i = L_{\infty,i} = \text{Max}^m \text{of} \left\{ w_j \frac{[(X_{ij})_{max} - X_{ij}]}{[(X_{ij})_{max} - (X_{ij})_{min}]} \right\} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Para critérios não benéficos, a Equação (8) pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$E_i = L_{1,i} = \sum_{j=1}^n w_j \frac{[X_{ij} - (X_{ij})_{min}]}{[(X_{ij})_{max} - (X_{ij})_{min}]} \quad (10)$$

3) Calcule o valor do P_i :

$$P_i = v \left(\frac{(E_i - E_{i_{min}})}{(E_{i_{max}} - E_{i_{min}})} \right) + (1 - v) \left(\frac{(F_i - F_{i_{min}})}{(F_{i_{max}} - F_{i_{min}})} \right) \quad (11)$$

onde $E_{i_{max}}$ e $E_{i_{min}}$ são os valores máximo e mínimo de E_i , respectivamente, e $F_{i_{max}}$ e $F_{i_{min}}$ são os valores máximo e mínimo de F_i , respectivamente. O parâmetro v é introduzido como peso da estratégia da “maioria dos atributos” (“a utilidade máxima do grupo”). O valor de v é geralmente definido pelo tomador de decisão, variando entre 0 e 1.

Na prática, se o tomador de decisão assume $v > 0,5$, ele / ela dá mais importância ao primeiro termo na Equação (11) e, portanto, ao desempenho global da alternativa em relação a todo o critério. Ao usar um valor v menor que 0,5, ele atribui mais peso ao segundo termo, relacionado à magnitude do pior desempenho exibido pela alternativa em relação a cada critério único. Quando ambos os aspectos são considerados igualmente relevantes, $v = 0,5$, deve ser usado.

4) Organize as alternativas em ordem crescente, de acordo com os valores de P_i . A melhor alternativa é aquela com o valor mínimo de P_i .

APÊNDICE 3. CARTA DE APRESENTAÇÃO AOS ESPECIALISTAS EM PSS

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP) desenvolve estudos nas áreas de Gestão e Estratégias e Engenharia do Produto e do Processo.

Esta pesquisa, em especial, enquadra-se na área de “Gestão e Estratégias” na linha de pesquisa “Gestão Estratégica de Operações”.

Trata-se de um projeto de Doutorado em Engenharia de Produção que objetiva propor um método para conceber um Sistema Produto-Serviço (PSS) Modularizado, de forma planejada que atenda às exigências do produto quanto do serviço de forma simultânea, para fornecer, soluções personalizadas e flexibilidade na oferta a um custo reduzido.

Os Sistemas Produto-Serviço (PSS) têm como objetivo redirecionar o fornecimento de produtos físicos para o fornecimento de soluções a partir da integração de produtos e serviços que, conjuntamente, satisfazem as necessidades dos clientes.

O PSS modularizado é composto por módulos padronizados, que são combinados para atender às necessidades individualizadas dos clientes. Seu desenvolvimento deve considerar os fatores de influência entre produtos e serviços, mantendo um equilíbrio entre personalização e eficiência relacionada ao custo.

Com os dados coletados por meio de um instrumento de coleta de dados, aplicando as etapas do método proposto, pretende-se auxiliar na tomada de decisão para a concepção de PSS Modularizados atendendo aos requisitos dos produtos, serviços e consumidores.

A total transparência nas respostas é de fundamental importância para se atingir o objetivo proposto.

O instrumento de coleta de dados deverá ser preenchido considerando as seguintes situações:

- i) a empresa já trabalha com PSS - preencher a tabela com as informações sobre os PSS existentes;
- ii) a empresa não trabalha com PSS - preencher a tabela com informações sobre os produtos e serviços disponíveis e que podem ser integrados para formar PSS.

Os dados serão utilizados apenas no âmbito acadêmico, sendo garantido o SIGILO ABSOLUTO do nome da empresa e de seu respondente.

Agradecemos desde já a atenção e contamos com sua valorosa colaboração.

Atenciosamente,

Lorena Hernández Mastrapa
Doutoranda em Engenharia de Produção
lorenahmastrapa@gmail.com

Prof. Dr. Alexandre T. Simon
Orientador
alexandre.simon@unimep.br

APÊNDICE 4. MODELO PARA INFORMAR OS RECURSOS E DOCUMENTAÇÃO PARA O PSS MODULARIZADO

PSS Modularizado	PSS(s) que o(s) compõem	Produto(s) que o(s) compõem	Serviço(s) que o(s) compõem	Requisitos dos consumidores	Indicadores comerciais e financeiros						Outros documentos
					Indicador ₁		...		Indicador _n		
					Plan	Real	Plan	Real	Plan	Real	
PSSM ₁	Produto(s): Serviço(s):	Características: Composição: Métodos de produção: Outras especificações:	Características: Métodos de fornecimento: Outras especificações:								
...											
PSSM _n											

Descrição:

- Na coluna referente a **PSS Modularizado** devem ser informados todos os PSS Modularizados concebidos e que a empresa irá comercializar.
- Na coluna referente a **PSS(s) que o(s) compõem** devem ser informados todos os PSS que compõem este PSS Modularizado, detalhando o(s) produto(s) e serviço(s) que o compõem.
- Para cada produto que compõe os PSS devem ser descritos, na terceira coluna, Características, Composição, Métodos de produção e Outras especificações, caso seja necessário.
- Na coluna seguinte, deverá ser informado para cada serviço que compõe os PSS Características, Composição, Métodos de fornecimento e Outras especificações, caso seja necessário.
- Na quinta coluna devem ser descrito os requisitos, solicitados pelos consumidores potenciais, que este PSS Modularizado deve atender.

- Seguidamente devem ser informados os indicadores comerciais e financeiros que a empresa considera importante avaliar destes PSS Modularizados, podendo colocar o planejado ou prognosticado e o real para manter um controle do comportamento destes PSS Modularizados e avaliar a viabilidade real destas alternativas.
- Finalmente, caso necessário, informar na última coluna outros documentos que serão anexados a este modelo que possa contribuir na descrição e detalhamento dos recursos e especificações de cada um destes PSS modularizados para sua comercialização.