

Uma proposta de métodos híbridos para critérios e subcritérios de implantação do Sistema Produto-Serviço (PSS)

A proposal of hybrid methods for criteria and sub-criteria in the implementation of the Product-Service System (PSS)

Nara Medianeira Stefano

Certificada com pós-doutoramento em Engenharia de Produção, Economista, Departamento de Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, SC [Brasil] stefano.nara@gmail.com

Resumo

Neste artigo, objetivou-se avaliar os critérios e subcritérios para implementação de PSS (Sistema Produto-Serviço), com base nas dimensões de qualidade, por meio de metodologia híbrida (Fuzzy Delphi – FDelphi e Fuzzy Analytic Hierarchy Process – FAHP). O método FDelphi foi utilizado para validar os critérios e subcritérios retirados da literatura, por meio de entrevista com cinco especialistas em implementação do PSS, e o FAHP foi aplicado para calcular os pesos relativos dos critérios selecionados e subcritérios. Os resultados demonstram que os critérios relevantes foram: reestruturação, fiabilidade e inovação e tecnologia. Quanto aos subcritérios (peso global), os mais influentes foram: aprendizagem e compreensão dos requisitos de necessidade e satisfação do cliente. Com os achados neste artigo, espera-se contribuir para o melhor desempenho das empresas que desejam implantar o PSS.

Palavras-chave: Serviços. Lógica *fuzzy*. Métodos multicritério de apoio à decisão.

Abstract

The aim of this paper is to evaluate the criteria and sub-criteria of the implementation of PSS (Product-Service System), based on the criteria of quality, through the application of a hybrid methodology (Fuzzy Delphi – FDelphi and Fuzzy Analytic Hierarchy Process – FAHP). The fuzzy Delphi method was used to validate the criteria and sub-criteria taken from the literature through interviews with five experts in the implementation of PSS and the use of FAHP to calculate the relative weights of the selected criteria and sub-criteria. The results show which criteria were relevant to the company: restructuring, trustworthiness, innovation, and technology. Regarding the sub-criteria (global weight), the most influential were: learning and understanding of necessary requirements and customer satisfaction. It is expected that the results of this article may contribute to improve the performance of companies that want to deploy PSS.

Key words: Services, Fuzzy logic. Multi-criteria decision support methods.

1 Introdução

A integração de produtos e serviços é uma tendência global e crescente entre as empresas no atual ambiente de negócios. Este fenômeno é também importante para os fornecedores de produtos e serviços (MONT; DALHAMMAR; JACOBSSON, 2006; BAINES et al., 2009; MEIER; ROY; SELIGER, 2010; REIM; PARIDA; ÖRTQVIST, 2015), pois integra a oferta de ambos (produtos e serviços) e tem o potencial de melhorar a eficiência, o que pode levar a resultados econômicos e ambientais positivos para a indústria e para a sociedade.

O papel dos serviços no fornecimento de valor é cada vez mais relevante. Algum tempo atrás, a maioria dos valores adicionados a produtos advinha dos processos de produção que transformam as matérias-primas em produtos. Atualmente, este valor é determinado por melhorias tecnológicas, propriedade intelectual, imagem do produto, nome da marca, *design* e todos os aspectos não materiais dos produtos, ou seja, por aspectos intangíveis, os quais se somam aos aspectos tangíveis de bens manufaturados, destacando-se, dessa forma, o Sistema Produto-Serviço ou Product-Service Systems (PSS).

Assim, os processos produtivos devem ser repensados, uma vez que estes vão além da entrega do produto ao consumidor final ao agregarem serviços, levando-se em conta que o produto passa a ter seu ciclo de vida estendido. A integração de bens e serviços traz desafios com relação ao projeto do produto, o qual passa a ser considerado como um pacote ou oferta de soluções.

Ou seja, a lógica desse processo evolutivo mostra que a sociedade de serviços, caracterizada pela intangibilidade, tem-se direcionado para uma sociedade baseada em experiências com a parte tangível (o produto).

Portanto, o PSS (Sistema Produto-Serviço) é um *mix* de produtos tangíveis e serviços intangí-

veis concebidos e combinados de modo que sejam capazes de cumprir o que o cliente final necessita (TUKKER; TISCHNER, 2006; TUKKER, 2015). Em um mercado altamente competitivo, o PSS tem emergido como uma estratégia de sobrevivência essencial para as empresas (MORELLI, 2006; BAINES et al., 2007; BORCHARDT; SELITTO; PEREIRA, 2010; ALFIAN; RHEE; YOON, 2014; LEE; HAN; PARK, 2015).

Como uma oferta integrada de elementos (intangíveis e tangíveis), o PSS é capaz de aumentar a vantagem competitiva de uma empresa para atender as diversas exigências dos mais diversos clientes. Assim, pode-se destacar a seguinte pergunta de pesquisa: “Como avaliar os critérios e subcritérios para a implantação do PSS considerando abordagens *fuzzy* híbridas?”.

Assim, neste estudo, objetivou-se avaliar os critérios e subcritérios para implementação do PSS, com base nas dimensões de qualidade, por meio de uma metodologia *fuzzy* híbrida (com o uso do Fuzzy Delphi – FDelphi e do Fuzzy Analytic Hierarchy Process – FAHP). Verificou-se na literatura que uma abordagem híbrida com métodos *fuzzy* ainda não foi utilizada para realizar um levantamento de critérios e subcritérios para empresas que vão implantar um sistema PSS. Observa-se que as abordagens híbridas permitem conhecer e investigar uma variedade de elementos que, com outros métodos, poderiam ser deixados de lado. Além disso, a modelagem matemática possibilita que se filtrem grande quantidade de critérios e subcritérios levantados, o que permite aos gestores conhecerem melhor suas organizações, bem como identificarem outros pontos que necessitem de melhorias.

Para responder à questão do estudo, este artigo foi organizado em cinco sessões, sendo: (i) esta introdução; (ii) referencial teórico; (iii) metodologia; (iv) resultados; e (v) conclusões.

2 Sistema de Produto-Serviço (PSS)

A união entre os produtos e os serviços, inicialmente, ocorreu como forma de criar barreiras à entrada de novos concorrentes e aumentar a carteira de clientes das empresas, lançando esses produtos agregados à serviços como se fossem novos, mas sem muita diferenciação na fabricação. Assim, surgiram conceitos, tais como “servitização” dos produtos (OLHAGER; JOHANSSON, 2012; TURUNEN; FINNE, 2014), “produtização” dos serviços (JAAKKOLA, 2011) e, mais recentemente, o Sistema Produto-Serviço/Product-Service Systems (PSS) ou Integrated Product-Service Systems (IPSS), os quais são detalhados, a seguir.

A produtização surgiu nas tradicionais empresas de serviços, tais como as bancárias, que começaram a usar produtos para facilitar e entregar seus serviços. Posteriormente, foi dado um controle mais amplo sobre as especificações de planejamento de produtos que utilizavam para produzir e entregar o serviço.

A servitização, por sua vez, é a capacidade de inovação nos processos das organizações, para criar valor mútuo por meio da venda de um produto. A convergência destas tendências é a consideração de um produto e um serviço como uma única oferta – um PSS.

O PSS (Product-Service System) é uma estratégia de negócios que tem um grande potencial para gerar soluções que atendam às necessidades da indústria e do cliente por meio da entrega de produtos e serviços integrados. Esse sistema faz uso de uma nova estrutura de serviço para facilitar a produção e o consumo sustentável (TUKKER; TISCHNER, 2006) e seu efeito é significativo para os países que possuem indústrias que consomem recursos naturais não renováveis (CLARK et al., 2009; CHOU; CHEN; CONLEY, 2015). Pode-se definir PSS como um sistema social que

aumenta os valores sociais e econômicos para as partes interessadas, por meio da oferta de produtos, serviços e produtos-serviços dentro do sistema (SHIMOMURA; NEMOTO; KIMITA, 2014). Ademais, as diversas formas de utilização do produto passam a ter a possibilidade de satisfazer as necessidades dos consumidores, por meio da prestação de serviços. Portanto, várias abordagens e tendências para o desenvolvimento do PSS podem ser descritas (MONT, 2002), como a seguir:

- Promoção da utilização do produto em vez do produto em si.
- Mudança para uma “sociedade de *leasing*”.
- Substituição do produto por meio de máquinas e serviços.
- Reparo da sociedade, em vez de uma sociedade descartável.
- Mudança de atitudes dos consumidores com as vendas para a orientação do serviço.

O conceito de PSS pode ter sua tipologia dividida em três categorias principais (PSS1, PSS2 ou PSS3), descritas na sequência, ou em oito subcategorias, como proposto por Tukker (2004).

- PSS1: serviços orientados para o produto – o fornecedor não só vende um produto, mas também oferece serviços que são necessários durante a fase de utilização do produto. Isso pode implicar, por exemplo, um contrato de manutenção, um esquema de financiamento ou o fornecimento de materiais de consumo e, ainda, um acordo de retoma quando o produto chega ao fim de sua vida. Aqui são destacadas as seguintes categorias: serviços relacionados ao produto, assessoria, treinamento e consultoria.
- PSS2: uso orientado ao serviço – utilização dos serviços orientados para o produto não havendo “troca” de propriedade, ou seja, o

fornecedor tem a propriedade e, muitas vezes, é responsável pela manutenção, reparo e controle do serviço/produto (TUKKER, 2004). O arrendatário paga uma taxa regular para a utilização do produto, neste caso, normalmente, tem acesso ilimitado e individual ao objeto locado. São destacadas as seguintes categorias: locação do produto (*leasing*); arrendamento ou compartilhamento (*renting/sharing*).

- PSS3: serviços orientados para os resultados – prestação de solução ou resultado da substituição de apenas um produto tangível. Ou seja, ocorre a utilização simultânea do produto por diferentes usuários. E os consumidores pagam apenas pelos resultados (BAINES et al., 2007). Não se utiliza o produto a partir de resultados, apenas os benefícios e funções do produto.

Muitos estudos têm apontado que o PSS pode criar a vantagem da sustentabilidade ambiental (VEZZOLI et al., 2012; LEE et al., 2012; REIM; PARIDA; ÖRTQVIST, 2015; CHOU; CHEN; CONLEY, 2015), pois no PSS, o objetivo final da adição de serviços para produtos tradicionais, reside na obtenção da sustentabilidade (MANZINI; VEZZOLI; CLARK, 2001).

A sustentabilidade pode ser alcançada da transição de uma economia funcional, por meio da mudança do comportamento dos clientes da propriedade do produto para utilização da sua função relevante (MANZINI; VEZZOLI, 2003; MANZINI; VEZZOLI; CLARK; 2001; MAXWELL; VANDER VORST, 2003; STAHEL, 1986, 1997).

Portanto, para este estudo foram pesquisados vários critérios de avaliação e implementação do PSS (Quadro 1), e essa foi a base para a elaboração do questionário utilizado nesta investigação.

Ainda sobre o PSS, o uso dos recursos pode ser otimizado por meio da utilização coletiva ou individual dos produtos ou pela gestão do ciclo de vida deles. Essa otimização de recursos pode ser associada ao conceito de desmaterialização no PSS (GOEDKOOOP et al., 1999), que se refere a sua oportunidade de quebrar o vínculo entre o valor entregue aos clientes e a quantidade de material tangível necessária para criar seu valor (BAINES et al., 2007), o que contribui, dessa forma, para a redução do impacto ambiental, alcançando o desenvolvimento sustentável (LEE et al., 2012).

É possível prever uma geração de soluções orientadas a serviços com base em inovações, levando a organização a mudar o foco de produtos para serviços, pois o PSS tem o potencial de abrir novos mercados. A organização é bem-sucedida nessa implementação quando o *mix* de serviços/produtos oferecido é reconhecido pelos potenciais clientes (empresas ou consumidores individuais) como uma solução para suas necessidades melhor do que as soluções existentes, o que significa, portanto, que este *mix* está atendendo às demandas previamente identificadas.

3 Metodologia

Nesta pesquisa, caracterizada como um estudo de caso, utilizou-se uma modelagem matemática baseada em Fuzzy Delphi (FDelphi) e em Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). Ou seja, uma metodologia híbrida para avaliar os critérios e subcritérios para implementação do PSS, sob o ponto de vista das operações, com base nas dimensões de qualidade.

A modelagem matemática híbrida foi abordada por meio de duas etapas: na primeira etapa (Passos 1 a 4), identificaram-se os tomadores de decisão, o problema, os critérios e os subcritérios para implementação do PSS, sendo utilizado o FDelphi

Autores	Critérios
Parasuraman et al. (1985, 1988, 1994), Parasuraman (2000), Parasuraman et al. (2005)	Tangíveis/Intangíveis, Tecnologia, Comunicação, Garantia, Access, Credibilidade, Competências, Capacidade de resposta, Confiabilidade, Segurança, Cortesia, Empatia.
Roy (2000)	Sustentabilidade ambiental (otimizando a vida do produto, a seleção de materiais de baixo impacto, ciclo de vida de um produto, uso de produção limpa, redução de impactos ambientais, reutilização, recondicionamento, reciclagem ou descarte).
Mont (2002)	Planejamento, Ciclo de vida de um produto-serviço, Cenários alternativos de produto, Estratégias de <i>marketing</i> , Sustentabilidade ambiental, Garantia, Cenários alternativos de manutenção dos produtos.
Manzini e Vezzoli (2003)	Inovação, Sustentabilidade ambiental, Perspectiva de ciclo de vida, <i>Design</i> estratégico.
Tukker (2004)	Valor de mercado (tangíveis e intangíveis), Custos (Tangíveis, Prêmio de risco), as Necessidades de capital (Inerente, Custos de transição), Possibilidade de manter valor no futuro (valor capturado, lealdade do cliente, velocidade de inovação).
Gianesi e Correa (2006)	Consistência, Competências, Prontidão, Atmosfera, Flexibilidade, Segurança, Acesso, Tangíveis, Custos.
Krucken e Meroni (2006)	Elementos organizacionais, Comunicação.
Tukker e Tischner (2006)	Sustentabilidade ambiental, Inovação, Custos.
Baines et al. (2007)	Tangíveis/intangíveis, Sustentabilidade ambiental, Perspectiva do cliente, Tecnologia.
Hortelano e González-Moreno (2007)	Uso de fatores de produção, Atitude para com a inovação, Objetivos de inovação, Participação na inovação, Incorporação de inovação, Valorização da inovação, Proteção da inovação, Tecnologia.
Bertoni et al. (2013)	Desempenho operacional, Serviço, Logística, Custos de produção, Intangíveis.
Geum e Park (2011)	Planejamento do PSS, Planejamento dos produtos físicos, Planejamento dos serviços, Infraestrutura, Requisitos dos clientes antes do planejamento, integração com o cliente.
Anttonen (2010)	Aspectos ambientais, Gestão de recursos, Serviços de informação, Instalações do pessoal, Serviços industriais, Gestão de resíduos industriais, Eliminação de resíduos sólidos, Gestão de terceiros para o cliente.
Clayton et al. (2012)	Custos, tangíveis, Protótipo dos serviços, Conceito de inovação, Tecnologia, Conceito de PSS, Criar um plano para os projetos.
Cook et al. (2012)	Conhecimentos que residem no ambiente externo, Competência empresarial, Estrutura organizacional, Portfólio de produtos, Orientação estratégica.
Toivonen (2012)	Serviços (relacionado com o produto), Termos de pagamento e de entrega, Confiabilidade do fornecedor, Disponibilidade de informações sobre o produto e sobre o produtor, Reputação do produtor, Serviço/capacidade da garantia pessoal de vendas (para os produtos), Garantia (para os produtos), Qualidade técnica, Marca.
Guidat et al. (2014)	Estratégias, Segmentos de clientes, Proposição de valor, Relacionamento com clientes, Recursos, Receitas, Custos, Processos de negócios.
Reim et al. (2015)	Contratos (termos de acordo, formalização e complexidade, nível de risco e responsabilidade), <i>Marketing</i> (comunicação de valor, extensão da interação com o cliente, cliente e perspectivas de mercado), Redes (tipo de parceiros, tipo de relacionamento, compartilhamento e coordenação das atividades), <i>Design</i> de produto serviço (funcionalidade, personalização), Sustentabilidade (melhor utilização dos recursos, grau de inovação).
Chou et al. (2015)	Percepção dos clientes: Tangíveis, Interação, Sustentabilidade ambiental, Preços. Percepções dos funcionários: Compromisso, Impacto da sustentabilidade.
Lee et al. (2015)	Eficiência De Custo, Eficiência De Tempo, Conveniência, Excelência, Estética, Ética, Pré-encomenda, Ordenação, Entrega, Instalação, Uso, Manutenção, Descarte.
Pan e Nguyen (2015)	Satisfação do cliente, Retorno sobre o investimento, Parceria com os clientes, Taxa de crescimento das receitas, Taxa de defeito, Disponibilidade de dados sobre os clientes, Fidelização de clientes, Gestão eficaz de resolução de problemas, Capacidade profissional do funcionário, Aprendizagem sobre o produto/serviço, Alinhamento organizacional, Inovação de produto/serviço, Satisfação dos funcionários, Custo de transações, Diversificação de produto/serviço, Emissões ambientais, Redução de resíduos, Educação do funcionário, Compartilhamento de conhecimentos, Referências sobre o cliente, Relacionamento com as partes interessadas externas e internas, Utilização de ativos.

Quadro 1: Critérios e subcritérios para implementação de PSS com base na literatura

Fonte: Os autores.

para validar critérios e subcritérios presentes nessa implementação; na segunda (Passos 1 a 6), aplicou-se o método FAHP para calcular os pesos relativos dos critérios/subcritérios selecionados.

Na primeira etapa, para a utilização do método FDelphi, inicialmente, submeteu-se, à validação de cinco especialistas, um questionário elaborado com base na literatura para obter dados que pudessem refletir a realidade de uma empresa que deseja implementar o PSS (Passo 1). Posteriormente, aplicou-se o instrumento validado a 12 gestores de uma grande empresa (região central do Paraná), a qual está na fase de planejamento para a implementação do PSS.

No Passo II, uma matriz de comparação par a par foi construída, na qual, por meio do método FAHP (segunda etapa), proposto por Chang (1996), determinou-se o vetor de pesos da matriz pareada.

A seguir, são detalhadas ambas as etapas da modelagem.

3.1 Modelagem Fuzzy Delphi (FDelphi)

Esse método possui a vantagem da simplicidade, e todas as opiniões de especialistas sobre determinado assunto podem ser consideradas em um contexto global. Neste estudo, na primeira etapa, usou-se o método Fuzzy Delphi, conforme os passos adotados por Chang e Wang (2006), Kuo e Chen (2008), Hsu, Lee e Kreng (2010), Wang e Durugbo (2013), Stefano, Casarotto Filho e Freitas (2014), com algumas modificações, são eles:

Passo 1: organizar um painel de peritos e administrar um questionário para permitir que os especialistas expressem suas opções sobre a importância de cada critério em um conjunto S de critérios em um intervalo de 1 a 5 ou 1 a 7. Uma pontuação é, então, denominada como $R_i, i \in S$, em que i critérios é avaliado por k especialista.

Passo 2: organizar as opiniões dos especialistas a partir de um questionário e determinar os números *fuzzy* triangular (NFTs) para o índice $O_i = (L_i, M_i, U_i)$ para cada critério i . L_i indica-se o valor mínimo da classificação de todos os peritos, ou seja (equação 1):

$$L_i = \text{Min}(L_{ik}) \quad (1)$$

Em que

M_i é a média geométrica da classificação de todos os especialista para o critério i . E isso pode ser obtido por meio da equação 2.

$$M_i = (R_{i1} \times R_{i2} \times \dots \times R_{ik})^{\frac{1}{k}} \quad (2)$$

Em que

U_i indica o valor máximo da classificação dos peritos e é calculada pela equação 3.

$$U_i = \text{Max}(L_{ik}) \quad (3)$$

Passo 3: uma vez que os NFTS são determinados para todos os critérios, a abordagem do Centro da Área (CA) (HSIEH; LU; TZENG, 2004) é usada para “defuzzificar” os NFTs de cada critério de avaliação definido pelo valor de G_i , isto é (equação 4):

$$G_i = \frac{(U_i - L_i) + (M_i - L_i)}{3} + L_i \quad (4)$$

Passo 4: filtrar os critérios de avaliação, definindo um limite α . Ou seja, se $G_i \geq \alpha$, então, i critério de avaliação é selecionado; caso contrário, se $G_i < \alpha$, logo i critério de avaliação é eliminado.

A escala *fuzzy* triangular de preferência utilizada neste estudo é apresentada na Tabela 1.

Nível de classificação	Valores linguísticos	Números fuzzy triangular (NFTs)	Escala de reciprocidade fuzzy triangular
1	Igual importância.	(1, 1, 1)	(1,1,1)
3	Moderadamente importante.	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
5	Muito importante.	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
7	Absolutamente importante.	(5,7,7)	(1/7,1/7,1/5)
2, 4, 6	Valores intermediários de preferência.	(1,2,3), (3,4,5), (5,6,7)	(1/3,1/2,1), (1/5,1/4,1/3), (1/7,1/6,1/5)

Tabela 1: Escala fuzzy triangular

Fonte: Adaptada de Wang, Chan e Li (2015).

Após, uma comparação de pares é realizada utilizando uma escala de proporção, a qual pode ser composta por cinco, sete ou nove pontos com o uso de NFTs. Estes números são utilizados para indicar a força relativa de cada par de elementos de uma mesma hierarquia, e as pontuações das comparações pareadas são transformadas em variáveis linguísticas (BUCKLEY, 1985) que são representados por NFTs.

A seguir, é detalhado o método proposto por Chang (1996), utilizado por Kahraman, Cebeci e Ruan (2004), Rostamzadeh e Sofian (2011), Kutlu e Ekmeçioğlu (2012), Cho e Lee (2013), Wang et al. (2013), Stefano, Casarotto Filho e Barrichello (2015) entre tantos outros pesquisadores. Destaca-se que este método foi utilizado em razão dos passos de sua abordagem serem semelhantes aos do AHP convencional e relativamente mais fáceis do que os de outras abordagens FAHP. São eles:

Passo 1: formar as comparações de pares dos atributos usando os números *fuzzy*, o qual é composto por valores baixos, médios e superiores, no mesmo nível da estrutura hierárquica.

Passo 2: o valor da medida sintética *fuzzy* em relação ao i^{th} objeto é definida pelas equações 5, 6, 7, e 8:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \tag{5}$$

$$\sum_{j=1}^n M_{ij} = \left(\sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{j=1}^n u_{ij} \right), i = 1; 2; 3 \dots, n \tag{6}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij} \right) \tag{7}$$

$$\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij}} \right) \tag{8}$$

Passo 3: o grau de possibilidade de $M_2 = (l_2, m, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ é definido (equação 9) como:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_2}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \tag{9}$$

E pode ser equivalentemente à equação 10:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1; & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0; & \text{if } l_1 \geq l_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}; & \text{cc} \end{cases} \quad (10)$$

Para comparar M_1 e M_2 , precisa-se dos valores de $V(M_1 \geq M_2)$ e $V(M_2 \geq M_1)$.

Passo 4: o grau de possibilidade para um número *fuzzy* convexo ser maior do que k números *fuzzy* convexos $M_i = (i = 1, 2, 3, \dots, k)$ pode ser definido pela equação 11.

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \\ V[(M \geq M_1)]e(M \geq M_2)e \dots e(M \geq M_k) = \\ \min V(M \geq M_i), i = 1; 2; 3 \dots; k \end{aligned} \quad (11)$$

A equação 11 assume a forma da 12.

$$d^{(A_i)} = \min V(S_j \geq S_i) \quad (12)$$

Para $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$. Em seguida, o vetor de peso (equação 13) é dado por:

$$W' = (d^{(A_1)}, d^{(A_2)}, \dots, d^{(A_n)})^T \quad (13)$$

Em que $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ tem n elementos.

Passo 5: por meio da normalização, os vetores de peso são normalizados pela equação 14. Sendo w um número não *fuzzy*.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (14)$$

Passo 6: cálculo dos pesos globais (JU; WANG; LIU, 2012) para os subcritérios. Os pesos globais de subcritérios são calculados multi-

plicando-se o peso local dos subcritérios com o peso dos critérios a que pertence. Os pesos globais são denotados por $w_{sub}^i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{ini})$, sendo n_i o número de subcritérios com relação ao i_n critério.

4 Aplicação de FDelphi

A seguir, é demonstrada a primeira etapa da metodologia matemática utilizada para avaliar os critérios e subcritérios para implementação de PSS, usando o método FDelphi. O questionário inicial (elaborado a partir da literatura) apresentou 11 critérios e 94 subcritérios. A Tabela 2 mostra os valores da média geométrica máximo, mínimo e o grau médio G_i (originado pela defuzzificação) de em relação a cada subcritério.

No total, foram realizadas quatro rodadas (para validação do questionário). O Quadro 2 mostra o questionário final originado do FDelphi. Muitas questões foram condensadas em outras ou então excluídas, após constatar-se, quando da entrevista com os especialistas em implantação do PSS, que elas tinham similaridade umas com as outras.

Após a elaboração do questionário (a partir da literatura da área), este foi validado com cinco especialistas em implantação do PSS, e utilizando o método FDelphi, obteve-se o questionário final (Quadro 2). É importante destacar que esse instrumento pode ser replicado a outras empresas que desejam a implantação do PSS, desde que seja ajustado para adequar-se a realidade da organização.

Na próxima seção, relata-se a aplicação do FAHP (etapa II).

4.1 Aplicação do FAHP

Passo 1: a formação das comparações dos pares dos critérios para foi realizada utilizando os números *fuzzy*.

Tabela 2: Resultados da fase FDelphi

Critérios	Subcritérios	Média	Máx.	Mín.	G _i
Tangível/ Intangível	Ampliação e diversificação do serviço.	4,18	5,00	4,00	4,39
	Redução do peso ou do volume de materiais presentes no produto.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Otimização da vida útil do produto.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Instalações físicas apropriadas.	4,37	5,00	4,00	4,46
	Ferramentas ou equipamentos utilizados para prestar o serviço.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Representações físicas do serviço.	3,78	4,00	3,00	3,59
	Boa apresentação dos funcionários	4,57	5,00	4,00	4,52
	Materiais promocionais (cartazes, fôlderes etc.) agradáveis e de fácil visualização.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Atualizações do produto/ <i>upgrades</i> .	4,78	5,00	4,00	4,59
	Manutenção preventiva do produto-serviço.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Realização dos elementos de produtos dentro do PSS.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Criação de protótipos de PSS.	4,57	5,00	4,00	4,52
Custos	Serviços de manutenção e reparo integrado ao produto.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Redução dos custos de aquisição de clientes.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Redução dos custos de aquisição de conhecimento.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Utilização de menores exigências de capital.	4,18	5,00	4,00	4,39
	Minimização dos custos com produtos de longa durabilidade.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Redução de custos com funcionários.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Planejamento das estratégias de venda.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Planejamento das vendas.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Potencial das forças de vendas.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Previsibilidade da demanda.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Necessidade de agregar valor para atingir maiores economias de escopo.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Redução dos custos ambientais.	4,57	5,00	4,00	4,52
Elementos organizacionais	Fixação do valor adicional ao produto.	5,00	5,00	5,00	5,00
	PSS coerente com a orientação estratégica da empresa.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Mudança nas rotinas de trabalho.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Criação de uma equipe para executar o projeto e as atividades do PSS.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Mudanças na política de gestão.	4,18	5,00	4,00	4,39
	Percepções, gerenciamento e compromisso com a qualidade.	5,00	5,00	5,00	5,00
Inovação	Existência de um processo formal para definir as metas de qualidade de serviços.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Aumento da vantagem competitiva.	4,57	5,00	4,00	4,52
	PSS como inovação de produtos e serviços.	4,78	5,00	4,00	4,59
	PSS como modelo de inovação no de negócio.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Inovação incremental abordando durabilidade e usabilidade.	4,57	5,00	4,00	4,52
Aspectos ambientais	Introdução de melhores serviços que o concorrente.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Incrementação de melhorias no processo produtivo.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Redução de impactos ambientais.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Reutilização, remanufatura, reciclagem ou eliminação no fim da vida útil do produto.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Formulação de políticas que promovam a padrões sustentáveis de consumo e estilos de vida sustentáveis.	4,37	5,00	4,00	4,46
	Redução do consumo de recursos e da geração de resíduo.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Responsabilidade pelo fornecimento, manutenção, recolha e reciclagem de todos os aspectos físicos do sistema.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Desenvolvimento ou utilização de produtos ecoeficientes (que são mais eficientes no uso de energia e materiais e gerar menos poluição e resíduos).	4,57	5,00	4,00	4,52
	Redução dos impactos ambientais decorrentes da embalagem e distribuição do produto.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Cumprimento da legislação ambiental.	4,78	5,00	4,00	4,59
Compromisso corporativo para melhorar o desempenho ambiental.	4,78	5,00	4,00	4,59	

Continuação Tabela 2: Resultados da fase FDelphi

Critérios	Subcritérios	Média	Máx.	Mín.	G _i
Receptividade	Cumprimento dos prazos e das promessas.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Sincero interesse dos funcionários em resolver eventuais problemas.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Realização correta dos procedimentos desde a primeira vez.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Competências para transferência de tecnologia/conhecimento.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Competências para aplicar o conceito de PSS.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Pagamento e condições de entrega bem definidos.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Pronto atendimento ao cliente.	4,78	5,00	4,00	4,59
Empatia	Emissão de recibos de transação.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Atendimento personalizado.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Atenção adequada às necessidades dos clientes por parte dos funcionários.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Horário de funcionamento conveniente.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Empresa atenta para oferecer o melhor serviço para o cliente.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Empresa disposta a trocar informações com o cliente sobre o serviço.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Oferecimento de diversificadas formas de pagamento.	4,57	5,00	4,00	4,52
Tecnologia	Uso da tecnologia nas atividades de <i>front-office</i> e <i>back-office</i> .	4,78	5,00	4,00	4,59
	Uso da tecnologia no processo de produção em geral.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Melhoramento da qualidade dos serviços existentes.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Criação de novos serviços.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Suporte para conquistar novos mercados.	4,37	5,00	4,00	4,46
	Adequação de ferramentas e tecnologia para a realização de trabalho.	4,57	5,00	4,00	4,52
Comunicação	Facilidade de comunicação e informações sobre o produto-serviço (mais tangível).	4,57	5,00	4,00	4,52
	Explicação do próprio serviço.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Explicação dos <i>trade-offs</i> entre serviço-produto e custo.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Treinamento e habilidades de comunicação fornecidos ao pessoal de contato.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Disponibilidade de informações sobre o produtor/produto.	4,57	5,00	4,00	4,52
	<i>Feedback</i> dos clientes.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Acesso às informações do desempenho do produto-serviço durante o uso.	4,78	5,00	4,00	4,59
Garantia	Entendimento das necessidades dos clientes.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Aprendizagem dos requisitos de satisfação dos clientes.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Oferecimento de atenção individualizada.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Reconhecimento regular do cliente.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Fornecimento de valor com customização e maior qualidade.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Flexibilidade do componente de serviço, fornecendo novas funcionalidades que melhor satisfaça as necessidades.	4,78	5,00	4,00	4,59
	Isenção das atividades administrativas ou de monitoramento.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Tempo de vida prolongado do produto ou serviço.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Contratos de manutenção completa.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Habilidade dos funcionários em realizar suas tarefas.	4,57	5,00	4,00	4,52
Treinamentos específicos para os funcionários de <i>front-office</i> e de <i>back-office</i> .	4,57	5,00	4,00	4,52	
Acesso	Cientes com problemas serão tratados adequadamente.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Serviço facilmente acessível por telefone (linhas não estão ocupadas e nem são colocadas em espera).	4,78	5,00	4,00	4,59
	Tempo de espera para receber o serviço.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Tempo conveniente para as operações.	5,00	5,00	5,00	5,00
	Localização conveniente de um serviço de assistência.	4,57	5,00	4,00	4,52
	Reclamações ou elogios via Internet.	3,37	4,00	3,00	3,46
Localização acessível para os clientes.	4,57	5,00	4,00	4,52	

Critérios	Subcritérios
Tangibilidade/ intangível (produto-serviço) (C ₁)	Ampliação e diversificação do serviço. (Sb ₁) Redução do peso ou do volume de materiais presentes no produto e otimização de sua vida útil. (Sb ₂) Instalações físicas, ferramentas ou equipamentos apropriados para prestar o serviço. (Sb ₃) Boa apresentação dos funcionários. (Sb ₄) Materiais promocionais (cartazes, pôsteres e etc.) agradáveis e de fácil visualização. (Sb ₅) Manutenção preventiva e atualizações (upgrades) do produto. (Sb ₆) Serviços de manutenção e reparo integrado ao produto. (Sb ₇)
Custos (C ₂)	Redução dos custos em geral. (Sb ₈) Minimização dos custos com produtos de longa durabilidade. (Sb ₉) Planejamento das estratégias de venda. (Sb ₁₀) Potencial das forças de vendas. (Sb ₁₁) Fixação de valor adicional no serviço-produto para atingir maiores economias de escopo. (Sb ₁₂) Redução dos custos ambientais. (Sb ₁₃)
Reestruturação (C ₃)	PSS coerente com a orientação estratégica da empresa. (Sb ₁₄) Criação de uma equipe para executar o projeto e as atividades do PSS. (Sb ₁₅) Mudanças na política de gestão, procedimentos, rotinas de trabalho etc. (Sb ₁₆) Percepções, gerenciamento e processo formal para definir metas de qualidade. (Sb ₁₇) Competências para transferência de tecnologia/conhecimento e para aplicações do PSS. (Sb ₁₈) Realização dos elementos e protótipos de produtos dentro do PSS. (Sb ₁₉)
Inovação e Tecnologia (C ₄)	PSS como inovação nos processos produtivos dos produtos/serviços (abordando a durabilidade e usabilidade). (Sb ₂₀) PSS como modelo de inovação nos negócios. (Sb ₂₁) Inovação para introduzir, melhores serviços que o concorrente. (Sb ₂₂) Inovação para incrementar melhorias no processo produtivo. (Sb ₂₃) Uso da tecnologia nos processos e nas atividades de <i>front-office</i> e <i>back-office</i> . (Sb ₂₄) Tecnologia para melhorar a qualidade dos serviços existentes e criar novos serviços. (Sb ₂₅) Inovação e tecnologia como suporte para conquistar novos mercados. (Sb ₂₆)
Aspectos ambientais (C ₅)	Formulação de políticas corporativas que promovam a padrões sustentáveis de consumo e estilos de vida sustentáveis. (Sb ₂₇) Responsabilidade pelo fornecimento, manutenção, recolha, reciclagem e reutilização de todos os aspectos físicos do sistema. (Sb ₂₈) Desenvolvimento ou utilização de produtos ecoeficientes (que são mais eficientes no uso de energia e materiais e gerar menos poluição e resíduos). (Sb ₂₉) Redução dos impactos ambientais decorrentes da embalagem e distribuição do produto. (Sb ₃₀) Cumprimento da legislação ambiental. (Sb ₃₁)
Responsividade (C ₆)	Cumprimento de prazos e promessas. (Sb ₃₂) Funcionários prontos para atender e mostrar sincero interesse em resolver eventuais problemas. (Sb ₃₃) Realização correta dos procedimentos desde a primeira vez. (Sb ₃₄) Pagamento e condições de entrega bem definidos. (Sb ₃₅) Emissão de recibos de transação. (Sb ₃₆) Problemas com os serviços serão tratados adequada e rapidamente. (Sb ₃₇)
Empatia (C ₇)	Funcionários que proporcionam atenção adequada e atendimento personalizado às necessidades dos clientes. (Sb ₃₈) Empresa atenta para oferecer o melhor serviço para o cliente. (Sb ₃₉) Empresa disposta a trocar informações com o cliente sobre o serviço. (Sb ₄₀) Oferecimento de diversificadas formas de pagamento. (Sb ₄₁)
Comunicação (C ₈)	Explicação do próprio serviço (tais como preço e prazo) e oferecimento de informação sobre o produto/produtor. (Sb ₄₂) Explicação dos <i>trade-offs</i> entre serviço-produto. (Sb ₄₃) Treinamento e habilidades de comunicação fornecidos ao pessoal de contato. (Sb ₄₄) Acesso às informações do desempenho do produto-serviço durante o uso (<i>feedback</i> do cliente). (Sb ₄₅)
Garantia (C ₉)	Aprendizagem e entendimento dos requisitos de necessidade e satisfação dos clientes. (Sb ₄₆) Oferecimento de atenção individualizada e reconhecimento do cliente. (Sb ₄₇) Fornecimento de valor (no serviço) com customização, flexibilidade, novas funcionalidades e maior qualidade para o cliente. (Sb ₄₈) Contrato de manutenção completo e isenção das atividades administrativas ou de monitoramento. (Sb ₄₉) Garantia do tempo de vida prolongado do produto ou serviço. (Sb ₅₀) Treinamentos específicos para os funcionários de <i>front-office</i> e de <i>back-office</i> para realizar suas atividades com habilidade. (Sb ₅₁)
Acesso (C ₁₀)	Serviço facilmente acessível por telefone (linhas não estão ocupadas nem são colocadas em espera). (Sb ₅₂) Reduzido tempo de espera para receber o serviço. (Sb ₅₃) Localização conveniente do serviço de assistência para os clientes. (Sb ₅₄) Horário de funcionamento conveniente. (Sb ₅₅)

Quadro 2: Questionário final

Fonte: Os autores.



Passo 2: o valor da medida *fuzzy* sintética, foram realizadas para os critérios e subcritérios.

$$\sum_{j=1}^{10} Sb_{g1}^j = (1,1,1) \oplus (1/7,1/7,1/5) \oplus \dots \oplus (3,5,7) = (10.86,16.86,23.2)$$

$$\sum_{j=1}^{10} Sb_{g10}^j = (12,14,9.40)$$

$$\sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} M_{gi}^j = (10.86,16.86,23.2) \oplus (36.29,50,29,50.40) \oplus \dots \oplus (12,14,9.40) = (216,283,300)$$

$$\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{216}, \frac{1}{283}, \frac{1}{300} \right) = (0.003336, 0.003533, 0.004629)$$

O mesmo procedimento foi realizado para os subcritérios.

Passo 3: o grau de possibilidade de $S_i = (l_i, m_i, u_i) \geq S_j = (l_j, m_j, u_j)$ pode ser calculado por meio da comparação dos valores de S_i . Calcula-se o grau mínimo de possibilidade $d^*(i)$ de $V(S_j \geq S_i)$ para $i, j = 1, 2, 3, \dots, k$. Ou seja:

$$\left. \begin{aligned} S_3(Sb_3) &= (0.1219340, 0.1776960, 0.2333020) \\ S_8(Sb_8) &= (0.0892750, 0.1115370, 0.1703470) \end{aligned} \right\}$$

$$V(S1 \geq S2) =$$

$$\frac{0,1219340 - 0,1703470}{(0,1115370 - 0,1703470) - (0,1776960 - 0,1219340)} = 0,42$$

O mesmo procedimento foi realizado para os subcritérios.

Passo 4: aqui nesta etapa é calculado o grau mínimo de possibilidades $((d^*(i) de V_j \geq S_i))$ para $i, j = 1, 2, 3, \dots, k$. Como resultado, obtém-se o seguinte vetor peso: $(0.10, 0.59, 0.19, 0.55, 0.38, 0.38, 1, 0.37, 0.41, 1)^T$.

Passo 5: normalização dos pesos. Após a normalização do valor desses pesos com relação ao objetivo principal, tem-se o seguinte:

$$W = (0.060, 0.105, 0.178, 0.133, 0.081, 0.070, 0.050, 0.112, 0.154, 0.050).$$

Passo 6: cálculo do peso global de subcritérios. A Tabela 3 apresenta os resultados para todos os subcritérios.

Conforme os dados da Tabela 3, o seguinte se pode afirmar: os critérios C_3 (Reestruturação) (17,80%), C_9 (Garantia) (15,38%) e C_4 (Inovação e Tecnologia) 13,26% tiveram o peso elevado. Ou seja, são os que mais influenciam na implementação de PSS, segundo a percepção dos gestores.

Os subcritérios (Tabela 6), com maior peso local, foram: “ Sb_{46} (aprendizagem e entendimento dos requisitos de necessidade e satisfação dos clientes – Garantia) (36,08%)”; “ Sb_{39} (empresa atenta para oferecer o melhor serviço para o cliente – Empatia)” 33,00%; “ Sb_{53} (reduzido tempo de espera para receber o serviço – Comunicação)”, 28,71%, e “ Sb_{45} (acesso às informações do desempenho do produto-serviço durante o uso – Comunicação)”.

Tabela 3: Peso local e global para subcritérios

Critérios	Subcritérios	Peso local	Peso local (%)	Peso global	Peso global (%)
C₁ (0,0602)	Sb ₁	0,1020	10,20	0,0061	0,61
	Sb ₂	0,1200	12,00	0,0072	0,72
	Sb ₃	0,1115	11,15	0,0067	0,67
	Sb ₄	0,1200	12,00	0,0072	0,72
	Sb ₅	0,0900	10,00	0,0054	0,54
	Sb ₆	0,2200	22,00	0,0132	1,32
	Sb ₇	0,2400	24,00	0,0144	1,44
C₂ (0,1062)	Sb ₈	0,1458	14,58	0,0155	1,55
	Sb ₉	0,1200	12,00	0,0127	1,27
	Sb ₁₀	0,2300	23,00	0,0244	2,44
	Sb ₁₁	0,1933	19,33	0,0205	2,05
	Sb ₁₂	0,1311	13,11	0,0139	1,39
	Sb ₁₃	0,1800	18,00	0,0191	1,91
C₃ (0,1780)	Sb ₁₄	0,1987	19,87	0,0354	3,54
	Sb ₁₅	0,1884	18,84	0,0335	3,35
	Sb ₁₆	0,1641	16,41	0,0292	2,92
	Sb ₁₇	0,1852	18,52	0,0330	3,30
	Sb ₁₈	0,1685	16,85	0,0300	3,00
	Sb ₁₉	0,0960	9,60	0,0171	1,71
C₄ (0,1326)	Sb ₂₀	0,2003	20,03	0,0266	2,66
	Sb ₂₁	0,1801	18,01	0,0239	2,39
	Sb ₂₂	0,1145	11,45	0,0152	1,52
	Sb ₂₃	0,1558	15,58	0,0207	2,07
	Sb ₂₄	0,1042	10,42	0,0138	1,38
	Sb ₂₅	0,1751	17,51	0,0232	2,32
	Sb ₂₆	0,0700	7,00	0,0093	0,93
C₅ (0,0814)	Sb ₂₇	0,1507	15,07	0,0123	1,23
	Sb ₂₈	0,1905	19,05	0,0155	1,55
	Sb ₂₉	0,2409	24,09	0,0196	1,96
	Sb ₃₀	0,2634	26,34	0,0214	2,14
	Sb ₃₁	0,1584	15,84	0,0129	1,29
C₆ (0,0708)	Sb ₃₂	0,2482	24,82	0,0176	1,76
	Sb ₃₃	0,2133	21,33	0,0151	1,51
	Sb ₃₄	0,1706	17,06	0,0121	1,21
	Sb ₃₅	0,0658	6,58	0,0047	0,47
	Sb ₃₆	0,1034	10,34	0,0073	0,73
	Sb ₃₇	0,2014	20,14	0,0143	1,43
C₇ (0,0496)	Sb ₃₈	0,3115	31,15	0,0154	1,54
	Sb ₃₉	0,3300	33,00	0,0164	1,64
	Sb ₄₀	0,2200	22,00	0,0109	1,09
	Sb ₄₁	0,1412	14,12	0,0070	0,70
C₈ (0,1133)	Sb ₄₂	0,2536	25,36	0,0287	2,87
	Sb ₄₃	0,2412	24,12	0,0273	2,73
	Sb ₄₄	0,2388	23,88	0,0271	2,71
	Sb ₄₅	0,2671	26,71	0,0303	3,03
	C₉ (0,1538)	Sb ₄₆	0,3608	36,08	0,0555
Sb ₄₇		0,0984	9,84	0,0151	1,51
Sb ₄₈		0,1987	19,87	0,0306	3,06
Sb ₄₉		0,0658	6,58	0,0101	1,01
Sb ₅₀		0,1800	18,00	0,0277	2,77
Sb ₅₁		0,0965	9,65	0,0148	1,48
C₁₀ (0,0496)	Sb ₅₂	0,2500	25,00	0,0124	1,24
	Sb ₅₃	0,2871	28,71	0,0142	1,42
	Sb ₅₄	0,2612	26,12	0,0129	1,29
	Sb ₅₅	0,2022	20,22	0,0100	1,00

Quanto ao peso global dos subcritérios, destacam-se: “Sb₄₆ (aprendizagem e entendimento dos requisitos de necessidade e satisfação dos clientes – Garantia) (5,55%)”; “Sb₁₄ (PSS coerente com a orientação estratégica da empresa – Reestruturação) (3,54%)”; “Sb₁₅ (Criação de uma equipe para executar o projeto e as atividades do PSS – Reestruturação) (3,35%)” e “Sb₁₇ (percepções, gerenciamento e processo formal para definir metas de qualidade) (3,30%)”.

Assim, pode-se observar que o critério de maior relevância foi “Reestruturação”, isso mostra que para a implementação desse sistema a organização necessita rever os seus atuais processos, a sua gestão, suas políticas, suas metas e suas rotinas.

5 Conclusões

Neste artigo, objetivaram-se avaliar os principais critérios e subcritérios para a implementação do PSS, por meio de uma metodologia *fuzzy* híbrida. Elaborou-se um questionário com base na literatura, especificamente nas dimensões de qualidade. Na sequência, aplicou-se (utilizando o FDelphi, com quatro rodadas) este instrumento a cinco especialistas em implantação de PSS, até que se chegasse a um questionário final, que refletisse o objeto de estudo (10 critérios e 55 subcritérios) e pudesse ser respondido pelos gestores da empresa em estudo, localizada na região de Curitiba, Paraná, que está planejando implementar o PSS.

Os resultados, quanto aos critérios que influenciam na implementação de PSS, foram: C₃ (Reestruturação – 17,80%); C₉ (Garantia – 15,38%); C₄ (Inovação e Tecnologia – 13,26%); C₈ (Comunicação – 11,33%); C₂ (Custos – 10,62%); C₅ (Aspectos ambientais – 8,14%); C₆ (Receptividade – 7,08%); C₁ (Tangíveis/Intangíveis – 6,02%); C₇ (Empatia) e; C₁₀ (Acesso) 4,96, respectivamente.

Quanto ao peso global dos subcritérios, tem-se: Sb₄₆ (aprendizagem e entendimento dos requisitos de necessidade e satisfação dos clientes – Garantia) (5,55%); Sb₁₄ (PSS coerente com a orientação estratégica da empresa); Sb₁₅ (Criação de uma equipe para executar o projeto e as atividades do PSS); Sb₁₇ (Percepções, gerenciamento e processo formal para definir metas de qualidade) e Sb₁₈ (Competências para transferência de tecnologia/conhecimento e para aplicações do PSS) (3,54%; 3,35%, 3,30% e 3,00%, respectivamente e ambos do critério Estruturação).

Observou-se que, antes da implementação do PSS, é necessário que as empresas avaliem sua gestão para então efetivar tal objetivo, a fim de que possam comparar seu desempenho anterior com o posterior a essa implementação. Logo, como uma limitação desta pesquisa, destaca-se o fato de que esta comparação não pôde ser efetuada, uma vez que a organização em estudo já estava em fase de planejamento para implantação do PSS.

Assim, verifica-se que as barreiras e os desafios na implementação do PSS são muitos, podendo ir desde a resistência das empresas em assumir mais responsabilidades, até carência das competências necessárias para tal implementação. Além disso, em alguns casos, pode haver certa recusa do consumidor em tentar entender ou aceitar as propriedades do produto/serviço, e ele pode achar que irá pagar preço exorbitante pela inovação que está adquirindo e se desinteressar em obter o produto/serviço já que não percebe o valor do bem, que passa do tangível (características visíveis e palpáveis) para o intangível (fatores que ele não pode ver). Recomenda-se a realização de futuras pesquisas sob o ponto de vista do cliente, ou seja, considerando sua satisfação, seu conhecimento a respeito das empresas que utilizam o sistema PSS. Adicionalmente, sugere-se o uso de outros métodos multicritérios, tais como Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Preference

Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations (PROMETHEE), ELECTRE family. Também, recomenda-se avaliar e priorizar o desempenho da organização antes e depois da implantação do sistema PSS, considerando o comportamento dos 7Ms (Management, Manpower, Marketing, Method, Machine, Material, and Money).

Referências

- ALFIAN, G.; RHEE, J.; YOON, B. A simulation tool for prioritizing product-service system (PSS) models in a carsharing service. *Computers & Industrial Engineering*, v. 70, p. 59-73, 2014.
- ANTTONEN, M. Greening from the front to the back door? a typology of chemical and resource management services. *Business Strategy and the Environment*, v. 19, n. 3, p. 199-215, 2010.
- BAINES, T. S. et al. State-of-the-art in product-service systems. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v. 221, p. 1543-1552, 2007.
- BAINES, T. S. et al. The servitization of manufacturing: a review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 20, n. 5, p. 547-56, 2009.
- BERTONI, A.; BERTONI, M.; ISAKSSON, O. Value visualization in Product Service Systems preliminary design. *Journal of Cleaner Production*, v. 53, p. 103-117, 2013.
- BORCHARDT, M.; SELITTO, M. A.; PEREIRA, G. M. Sistemas produto-serviço: referencial teórico e direções para futuras pesquisas. *Revista Produção Online*, v. 10, n. 4, p. 837-860, 2010.
- BUCKLEY, J. J. Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 17, n. 3, p. 233-247, 1985.
- CHANG, D.-Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, v. 95, n. 3, p. 649-655, 1996.
- CHANG, P.-C.; WANG, Y.-W. Fuzzy Delphi and back-propagation model for sales forecasting in PCB industry. *Expert Systems with Applications*, v. 30, n. 4, p. 715-726, 2006.
- CHO, J.; LEE, J. Development of a new technology product evaluation model for assessing commercialization opportunities using Delphi method and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 13, p. 5314-5330, 2013.
- CHOU, C.-J.; CHEN, C.-W.; CONLEY, C. An approach to assessing sustainable product-service systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 86, p. 277-284, 2015.
- CLARK, G. et al. Design for sustainability: current trends in sustainable product design and development. *Sustainability*, v. 1, n. 3, p. 409-424, 2009.
- CLAYTON, R. J.; BACKHOUSE, C. J.; DANI, S. Evaluating existing approaches to product-service system design: a comparison with industrial practice. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 23, n. 3, p. 272-298, 2012.
- COOK, M. et al. Receptivity to the production of product service systems in the UK construction and manufacturing sectors: a comparative analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 61-70, 2012.
- GEUM, Y.; PARK, Y. Designing the sustainable product-service integration: a product-service blueprint approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, p. 1601-1614, 2011.
- GIANESI, I. G. N.; CORREA, H. L. *Administração estratégica de serviços: operações para a satisfação do cliente*. São Paulo: Atlas, 2006.
- GOEDKOOOP, M. J. et al. *Product service systems, ecological and economic basics, report for the Dutch ministries of environment and economic affairs pre consultants*. Netherlands: Amersfoort, 1999.
- GUIDAT, T. et al. Guidelines for the definition of innovative industrial product-service systems (PSS) business models for remanufacturing. *Procedia CIRP*, 16, 193-198, 2014.
- HORTELANO, M. D. E.; GONGÁLEZ-MORENO, Á. Innovation in service firms: exploratory analysis of innovation patterns. *Management Research: Journal of the Iberoamerican Academy of Management*, v. 5, n. 2, p. 113-126, 2007.
- HSIEH, T. Y.; LU, S.-T.; TZENG, G.-H. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. *International Journal of Project Management*, v. 22, n. 7, p. 573-584, 2004.
- HSU, Y.; LEE, C.; KRENG, V. The application of fuzzy Delphi method and fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 1, p. 419-425, 2010.
- JAAKKOLA, E. Unraveling the practices of “productization” in professional service firms. *Scandinavian Journal of Management*, v. 27, n. 2, p. 221-230, 2011.
- JU, Y.; WANG, A.; LIU, X. Evaluating emergency response capacity by fuzzy AHP and 2-tuple fuzzy linguistic approach. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 8, p. 6972-6981, 2012.

- KAHRAMAN, C.; CEBECCI, U.; RUAN, D. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: the case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, v. 87, n. 2, p. 171-184, 2004.
- KRUCKEN, L.; MERONI, A. Building stakeholder networks to develop and deliver product service-systems: practical experiences on elaborating pro-active materials for communication. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 17, p. 1502-1508, 2006.
- KUO, Y. F.; CHEN, P. C. Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using fuzzy Delphi method. *Expert Systems with Applications*, v. 35, n. 4, p. 1930-1939, 2008.
- KUTLU, A. C.; EKMEKÇIOĞLU, M. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 1, p. 61-67, 2012.
- LEE, S. et al. Dynamic and multidimensional measurement of product-service system (PSS) sustainability: a triple bottom line (TBL)-based system dynamics approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 173-182, 2012.
- LEE, S.; HAN, W.; PARK, Y. Measuring the functional dynamics of product-service system: a system dynamics approach. *Computers & Industrial Engineering*, v. 80, 159-170, 2015.
- MANZINI, C.; VEZZOLI, E. A strategic design approach to develop sustainable product service systems: examples taken from the 'environmentally friendly innovation' Italian prize. *Journal Cleaner Production*, v. 11, n. 8, p. 851-857, 2003.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C.; CLARK, G. Product-service systems: using and existing concept as a new approach to sustainability. *The Journal of Design Research*, v. 1, n. 2, 2001.
- MAXWELL, D.; VAN DER VORST, R. Developing sustainable products and services. *Journal Cleaner Production*, v. 11, n. 8, p. 883-895, 2003.
- MEIER, H.; ROY, R.; SELIGER, G. Industrial Product-Service SystemseIPS2. *CIRP Annals Manufacturing Technology*, v. 59, n. 2, p. 607-627, 2010.
- MONT, O.; DALHAMMAR, C.; JACOBSSON, N. A new business model for baby prams based on leasing and product remanufacturing. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 17, p. 1509-1518, 2006.
- MONT, O. K. Clarifying the concept of product-service system. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 3, p. 237-245, 2002.
- MORELLI, N. Developing new product service systems (PSS): Methodologies and operational tools. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 17, p. 1495-1501, 2006.
- OLHAGER, J.; JOHANSSON, P. Linking long-term capacity management for manufacturing and service operations. *Journal of Engineering and Technology Management*, v. 29, n. 1, p. 22-33, 2012.
- PAN, J.-N.; NGUYEN, H.T.N. Achieving customer satisfaction through product-service systems. *European Journal of Operational Research*, v. 247, n. 1, p. 179-190, 2015.
- PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V.; BERRY, L. A conceptual model of service quality and its implications for future research. *Journal of Marketing*, v. 49, n. 4, p. 41-50, 1985.
- PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V.; BERRY, L. SERVQUAL: a multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, v. 64, n. 1, p. 12-40, 1988.
- PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A.; BERRY, L. L. Alternative scales for measuring service quality: a comparative assessment based on psychometric and diagnostic criteria. *Journal of Retailing*, v. 70, n. 3, p. 201-230, 1994.
- PARASURAMAN, A. Technology Readiness Index (TRI): a multiple-item scale to measure readiness to embrace new technologies. *Journal of Service Research*, v. 2, n. 4, p. 307-320, 2000.
- PARASURAMAN A.; ZEITHAML, V.A.; MALHOTRA, A. E-S-QUAL: a Multiple-Item Scale for assessing electronic service quality. *Journal of Service Research*, v. 7, n. 10, p. 1-21, 2005.
- REIM, W.; PARIDA, V.; ÖRTQVIST, D. Product-Service Systems (PSS) business models and tactics: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 97, p. 61-75, 2015.
- ROSTAMZADEH, R.; SOFIAN, S. Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study). *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 5, p. 5166-5177, 2011.
- ROY, R. Sustainable product-service systems. *Futures*, v. 32, n. 3-4, p. 289-299, 2000.
- SHIMOMURA, Y.; NEMOTO, Y.; KIMITA, K. State-of-art product-service systems in Japan: the latest Japanese product-service systems developments. *Procedia CIRP*, v. 16, p. 15-20, 2014.
- STAHEL, W. Hidden innovation. *Science and Public Policy*, v. 13, n. 8, p. 196-203, 1986.
- STAHEL, W. The functional economy: cultural and organizational change. In: RICHARDS, D. J. (Ed.). *The industrial green game*. Washington DC: National Academy Press, 1997. p. 91-100.

STEFANO, N. M.; CASAROTO FILHO, N.; FREITAS, M. C. D. Proposta de um instrumento de pesquisa para avaliar a gestão de periódicos científicos: utilizando o método fuzzy Delphi. *Iberoamerican Journal of Project Management (IJoPM)*, v. 5, n. 2, p. 39-69, 2014.

STEFANO, N. M.; CASAROTTO FILHO, N.; BARICHELLO, R. Management of electronic journals using fuzzy AHP methodology. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, v. 13, n. 1, p. 330-336, 2015.

TOIVONEN, R. M. Product quality and value from consumer perspective: an application to wooden products. *Journal of Forest Economics*, v. 18, n. 2, p. 157-173, 2012.

TUKKER, A. Eight types of PSS: eight ways to sustainability: experiences from suspronet. *Business Strategy and the Environment*, v. 13, p. 246-260, 2004.

TUKKER, A. Product services for a resource-efficient and circular economy: a review. *Journal Clean Production*, v. 97, p. 76-91, 2015.

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

TURUNEN, T.; FINNE, M. The organisational environment's impact on the servitization of manufacturers. *European Management Journal*, v. 32, n. 4, p. 603-615, 2014.

VEZZOLI, C. et al. Why have 'Sustainable Product-Service Systems' not been widely implemented? meeting new design challenges to achieve societal sustainability. *Journal of Cleaner Production*, v. 35, p. 288-290, 2012.

WANG, X.; CHAN, H. K.; LI, D. A case study of an integrated fuzzy methodology for green product development. *European Journal of Operational Research*, v. 241, n. 1, p. 212-223, 2015.

WANG, X.; DURUGBO, C. Analysing network uncertainty for industrial product-service delivery: a hybrid fuzzy approach. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 11, p. 4621-4636, 2013.

Recebido em 26 mar. 2016 / aprovado em 7 jun. 2016

Para referenciar este texto

STEFANO, N. M. Uma proposta de métodos híbridos para critérios e subcritérios de implantação do Sistema Produto-Serviço (PSS). *Exacta – EP*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 431-447, 2016.

