

Aplicação da técnica FAHP em processos *Lean* para avaliar o grau de tomada de decisão

Eduardo Silva Fernandes (UFRGS) edu.silva.fernandes@gmail.com
Wagner Pietrobelli Bueno (UFRGS) wbpietro@outlook.com
Guilherme Benitez (UFRGS) guilherme.benitez@hotmail.com
Jessie Carvalho Bruhn (UFRGS) jessiebruhn@gmail.com
Daisy Valle Enrique (UFRGS) dvallee910630@gmail.com

Resumo:

O objetivo da pesquisa centralizou as atenções no setor manufatureiro, no qual se buscou estruturar hierarquicamente uma abordagem sobre o grau em tomada de decisão no âmbito organizacional, facilitando assim, a aplicabilidade enxuta *Lean*. Assim, a proposta transcorreu com o auxílio analítico da ferramenta matemática *Fuzzy – Analytic Hierarchy Process* (FAHP). Como entrada de dados utilizou-se das matrizes paritárias e individuais entre três gestores (nível estratégico) e nove supervisores especialistas (nível operacional) em produção utilizando técnicas de aplicação de questionário individual e grupo focal respectivamente. As respostas foram coletadas por meio da aplicação categórica, no qual o papel de moderador foi realizado pelo próprio pesquisador, com seis constructos e 33 subconstructos em três empresas de ramos diferentes, mas com características do setor manufatureiras fortemente relacionadas. Dessa forma, como metodologia de pesquisa a abordagem utilizada foi multicaso, considerando-a de formato qualitativa e quantitativa. Como respostas sobre as operações e processos das indústrias no âmbito atual, após realizar a defuzzificação de análise FAHP os valores que obtiveram maior grau de importância foram o constructo gestão (23%); capacidade (22%) e custos (20%). Conclui-se que, para filosofias *Lean*, estes três fatores engajados impactam em um grau de 65% nas decisões geradas nas três organizações estudadas neste modelo.

Palavras chave: FAHP, *Lean*, Processos, Produção.

Application of the FAHP technique in Lean processes to evaluate the degree of decision making

Abstract

The objective of the research centered as attentions in the manufacturing sector, in which it was tried to structure hierarchically an approach on the degree in decision making is not an organizational system, facilitating Lean applicability. Thus, a proposal came with the analytical help of the mathematical tool Fuzzy - Process of Analytical Hierarchy (FAHP). As data entry, use the parity and individual matrices between three managers (strategic) and nine supervisors (operational) in the production of individual questionnaire application techniques and focal group respectively. The answers were collected through the application, without qualification as moderator in the market, with six constructs and 33 subconstructions in three companies of different branches, but with characteristics of the closely related manufacturing sector. Thus, as a research methodology the approach used for multicase, considering it of qualitative and quantitative format. The answers about the operations and processes of the industries are not the current one, after performing the analysis of FAHP analysis the values that obtained the highest degree of importance for the built management (23%); capacity (22%) and costs (20%). It is concluded that, for Lean philosophies, these three

engaged factors have a 65% impact on the decisions generated in the three organizations studied in this model.

Key-words: FAHP, Lean, Processes, Production.

1. Introdução

Nas últimas décadas o sistema manufatureiro passou de ser um método único de transformação de produtos, como mão-de-obra na grande maioria dos processos fabris, para um conjunto multicriterial de fatores tecnológicos sustentáveis, associados a processos decisórios eficientes na gestão da produção (ZARE *et al.*, 2016). Em consideração, esses apontamentos são relevantes para uma gestão competente, no qual, Shingo (1996) e Burak (2016) complementam que os gestores devem concentrar os esforços organizacionais por meio da maximização dos processos estratégicos como diferenciação na tentativa de tornar-se forte competitivamente no mercado.

Com a evolução constante da industrialização, os processos designados para manufatura da matéria-prima estão de forma mais complexas devido ao alto padrão desejado pelo cliente quanto a qualidade, prazo de entrega entre outros fatores (PRZYBYLA-KASPEREK; WAKULICZ-DEJA, 2016). Desse modo, as necessidades incessantes de continuar a aplicar melhorias nos processos técnicos e tecnológicos é uma competência reportada ao nível gerencial da empresa. É com este viés que organizações precisam estar atentas quanto aos fatores relacionados a mudanças eficientes (ZARE *et al.*, 2016). Neste pensamento de melhoria enxuta no setor industrial, organizações buscam aplicar a produção enxuta de forma global ou por etapas sobre a filosofia *Lean Manufacturing*. A principal função dessa filosofia está atrelada ao funcionamento de mecanismos que reduzam falhas na produção. Em contexto, a produção enxuta tornou-se uma metodologia que gera vantagens, tanto na qualidade sistemática produtiva, quanto a condições mais apuradas para análises e gerenciamentos (SHINGO, 1996; AIKHUELE; SOULEMAN, 2014).

Devido às dificuldades em desenvolver abordagens técnicas com aplicação em estudos de incertezas como na gestão em produção, que a *Fuzzy-Analytic Hierarchical Process* (FAHP) possui habilidades para identificar e sedimentar informações para os agentes tomadores de decisão em gestão (JANACKVIC; SAVIC; STANKOVIC, 2013). Assim, um sistema inteligente e ideal que permite inovar os princípios operacionais das organizações, executando-os por meio de controles semânticos (SOMSUK; LAOSI-RIHONGTHONG, 2014). Desse modo, o uso da análise FAHP torna-se uma técnica convergente ao sistema de produção por meio da modelagem matemática, ao ser envolvido em sistemas de processos de fabricação pelo *Lean Manufacturing*.

Desse modo a pesquisa foi conduzida por uma abordagem multicaso com três empresas localizadas nas cidades; Nova Esperança do Sul-RS (NE); Santa Maria- RS (SM); Nova Hartz- RS (NH) no qual utilizou-se a média entre os três gestores respondentes (par-a-par) de acordo com a extensão de Chang (1996) comparando assim, com a média das respostas dos nove especialistas. As análises sobre os dados coletados para pesquisa seguiram-se por meio da utilização de *softwares* livres: *Assistat*, para realizar os cálculos de *Analytic Hierarchy Process*; *Scilab* para *Fuzzy-Ahp*; *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) para realizar *Alfa de Cronbach*.

2. Referencial

Neste capítulo serão realizadas argumentações com o propósito de apresentar teorias sobre *Lean Manufacturing* em processos de tomada de decisão nas organizações e discussões

teórico-conceitual sobre conhecimentos matemáticos *Fuzzy-Ahp*.

2.1 Lean Manufacturing

Para Womack; Jones (2004) e Dennis (2008) o método enxuto para produção é um sistema baseado no cliente, envolvimento da equipe, padronização e estabilidade nos processos, onde a interconexão está em otimizar os desperdícios gerados por excessos nos processos produtivos. A eficiência do setor produtivo no geral envolve atividades como, atividade de agregação de valor; atividades auxiliares; atividades desnecessárias; entrega de produtos; envolvimento do trabalhador; melhoria contínua; tempos de preparo reduzido; interrupção do processo em momentos que se tenha algo errado; prevenção de erros e, manutenção produtiva total (LINDENAU-STOCKFISCH; SEARLE; MÖCKEL, 2016).

Neste processo, sua sistemática é manter a estabilidade na produção, a ponto de manter a fábrica sempre focalizada em suas metas, na capacidade produtiva, na qualidade nos processos e produtos ofertados, a nível de qualificar seus colaboradores, e inovar por meio de aquisições tecnológicas para poder se manter de forma mais competitiva (WOMACK; JONES, 2004; AIKHUELE; SOULEMAN, 2014). Para tanto, o sucesso organizacional e competitivo é compreensível em relação de produção enxuta desempenhada pela manufatura. Em que a consequência de ações e atividades contribua na qualidade do produto, qualidade na entrega e satisfação de cliente e gestores, corroborando com os processos decisórios.

2.2 Processos de tomada de decisão nas organizações

Um processo pode ser considerado como um conjunto de informações coletadas e processadas de modo que o gestor possa simular um ambiente e assim, criar alternativas do objetivo para o planejamento (SIMON, 1965; KARAASLAN, 2016). Neste sentido, para normalização da qualidade em processos, depende muito da descrição que vai solucionar um problema, ou fazer um detalhamento para desenvolver, uma gestão de decisão em processos. No qual para sua execução é necessário que existam parâmetros que trabalhem como padrões de referências, avaliando o desempenho das decisões a serem tomadas (HWANG; SHEN, 2015). Para elaboração dos processos é necessária uma integração de alguns critérios, sendo estruturada por cinco de acordo com Abdel-Maksoud *et al.* (2015) sendo: (a) identificação do problema; (b) diagnóstico; (c) geração de alternativas; (d) escolha de decisão; (e) avaliação da decisão.

É possível fazer melhorias na qualidade de processos com decisão correta, sendo realizada através de elaborações de modo criterioso. Além de que, a qualidade das informações coletadas, poderá contribuir para que a gestão corporativa seja enfatizada, através das decisões tomadas em consequência dos processos decisórios (GRAY; NUNAMAKER, 1993; ROJAS-ZERPA; YUSTA, 2015). Saber tomar a decisão correta é uma ação que não pode ser medida, mas pode ser mensurada de forma lógica distinguindo os impactos que podem ser afetados como sociais, econômicos e ambientais. São diversos critérios que envolve os processos decisórios e que precisam ser compreendidos pelo gestor levando em consideração a potencialidade da empresa ao fazer a escolha certa.

2.3 Extensão *Chang fuzzy-analytic hierarchy process (fuzzy-ahp)*

Compreende-se a importância da teoria de conjuntos *fuzzy*, pois seus resultados completam as incertezas e imprecisões compostas em diversos critérios abordados em um problema, simplificando a abordagem. Mesmo assim, essa teoria obtém-se de algumas fraquezas quanto a priorização dos pesos para cada critério. Com isso, o método que pode influenciar nessa abordagem em identificar os pesos corretos desses critérios é o método Ahp (OUMA;

OPUDO; NYAMBENYA, 2015).

Harmonizando as teorias *Fuzzy-Ahp* forma-se uma estrutura que propõe uma pré-qualificação e escolha de quais critérios será considerada de maior importância. Para isso, criou-se a necessidade em elaborar seis etapas que direcionam os cálculos para identificar os pesos dos critérios conforme demonstradas na Figura 1 (CHOU; YU, 2013).

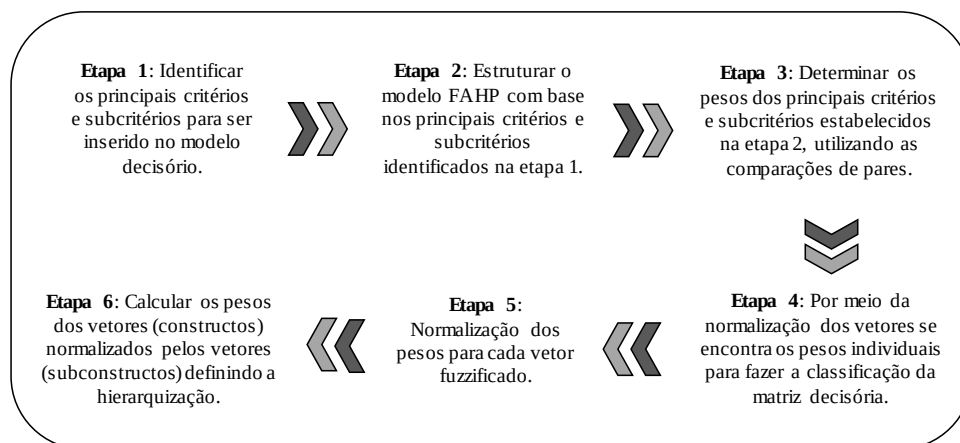


Figura 1 – Estrutura para escolha de critérios

Seguindo estas seis etapas é possível se chegar a uma padronização para processos decisórios, fornecendo soluções que reduzam as falhas na proposta de pesquisa, ante as incertezas e imprecisões não encontradas. Com essa estrutura FAHP as vantagens são maiores, decorrentes de aplicações feitas por *fuzzy* ou *Analytic Hierarchy Process* individualmente (RASHID; HUSNINE, 2014; WU *et al.*, 2014; WANG, 2015; FALAT; MARCEK; DURISOVA, 2016; ZARE *et al.*, 2016).

Neste viés, a finalidade dos estudos realizados por a metodologia AHP é a hierarquização das ações que se encontram em primeiro plano e as de segundo plano para escolha da ordem de tomada de decisão. Ressalva que, essas ações devem estar de acordo ao IC – Índice de Consistência que avalia o grau de inconsistência da matriz realizada par a par, pela Equação 1 (ZARE *et al.*, 2016).

$$IC = \frac{|\lambda_{\max} - N|}{N - 1} \quad (1)$$

Posteriormente, a Razão de Consistência, RC é realizada, permitindo considerar a inconsistência, em função dos julgamentos realizados, por meio da Equação 2, que deve ser <0,10.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (2)$$

As teorias fahp aperfeiçoam estruturas, que qualificam os processos decisórios para problemas ou sugestões, escolhido através de critérios que são considerados de maior importância. Portanto, Van Laarhovem & Pedrycz (1983) sugerem que para fundamentação aplicativa de FAHP elaborem-se quatro etapas sequenciais.

Antes de iniciar as etapas propostas mencionados no parágrafo anterior é necessário que se organize o processo de transformação de escalas. Primeiro organiza-se as escalas de AHP (valores ímpares) e posteriormente transformados para escala *fuzzy*, como apresentado na Tabela 1.

Escala	Avaliação-AHP	Inversa-AHP	Avaliação-Fuzzy	Inversa-Fuzzy
Extremamente preferido	1	1	(1;1;3)	(1/3;1;1)
Muito fortemente preferido	3	1/3	(1;3;5)	(1/5;1/3;1)
Fortemente preferido	5	1/5	(3;5;7)	(1/7;1/5;1/3)
Moderadamente preferido	7	1/7	(5;7;9)	(1/9;1/7;1/5)
Igualmente preferido	9	1/9	(7;9;9)	(1/9;1/9;1/7)

Fonte: SAATY (2008); KAHRAMAN, *et al.* (2006).

Tabela 1 – Escala de conversões

Utilizando o método da extensão de Chang (1996) são calculadas conforme as etapas consideradas na sequência, que são:

Etapla 1: Transformação dos valores originais (crisp) do modelo ahp original em números fuzzy e a comparação pareada de cada critério e subcritério em uma matriz. Esta operação pode ser visualizada pela seguinte expressão matemática:

$$(M_{g1}^j)_{n \times n} = \begin{bmatrix} M_{g1}^1 & M_{g1}^2 & \dots & M_{g1}^m \\ M_{g2}^1 & M_{g2}^2 & \dots & M_{g2}^m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{gn}^1 & M_{gn}^2 & \dots & M_{gn}^m \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} (1,1,1) & (a_{12}, b_{12}, c_{12}) & \dots & (a_{1m}, b_{1m}, c_{1m}) \\ (a_{21}, b_{21}, c_{21}) & (1,1,1) & \dots & (a_{2m}, b_{2m}, c_{2m}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{n1}, b_{n1}, c_{n1}) & (a_{n2}, b_{n2}, c_{n2}) & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

Etapla 2: O valor da medida sintética fuzzy em relação ao i^{th} objeto é definida pelas Equações 3, 4, 5 e 6.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n M_{ij} = (\sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{j=1}^n u_{ij}), i = 1, 2, 3, \dots, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij}, \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij}) \quad (5)$$

$$\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n l_{ij}} \right) \quad (6)$$

Etapla 3: O grau de possibilidade de $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ é definido pela Equação 7.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_2}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (7)$$

E, pode ser equivalentemente a Equação (8):

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{se } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{se } l_1 \geq l_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{cc} \end{cases} \quad (8)$$

A formulação deste trabalho seguiu o método original de Chang (1996), portanto utilizou-se a primeira e a terceira condição da equação (8).

Etapla 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 9.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1)] \text{ e } (M \geq M_2) \text{ e } \dots \text{ e } (M \geq M_k) = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k \quad (9)$$

A Equação (9) assume a forma da Equação (10) avaliando o mínimo das possibilidades:

$$d^{(A_i)} = \min V(S_j \geq S_i) \quad (10)$$

Etapla 5: Por meio da normalização, os vetores de peso são obtidos pela Equação (11) onde W é um número não *fuzzy*.

$$W_i = \frac{w'_i}{\sum_{i=1}^n w'_i} \quad (11)$$

Etapla 6: Cálculo dos pesos globais para os subcritérios. Os pesos globais dos subcritérios são calculados pela multiplicação do peso local de cada subcritério pelo peso do critério a que pertence. Este último procedimento define a hierarquização final de todos os subcritérios por meio dos seus pesos obtidos.

3. Método de pesquisa

Este capítulo relaciona quais componentes científicos são importantes para realização da pesquisa, na qual serve como base para identificação de problemas, atendendo os objetivos propostos.

3.1 Delineamento da pesquisa

O presente estudo é enfatizado como exploratório descritivo e axiomático normativo. Desse modo, uma pesquisa exploratória é devidamente caracterizada em ocasiões que há um problema linear estabelecido com pouca informação. Assim, as pesquisas exploratórias estabelecem como objetivo, descrever ações determinantes em uma população ou fenômenos, com base em diversas variáveis (CERVO; BERVIAN, 2002; RUIZ, 2008; ROESCH, 2013). A pesquisa descritiva procura observar, registrar e analisar fatos ou variáveis sem ter manipulações. Essa abordagem é relacionada principalmente em casos que se desejam levantar problemas devem ser examinados. Estudo axiomático normativo é um método que visa desenvolver ações a fim de melhorar resultados disponíveis na literatura, investigando soluções para problemas identificados como novos por meio de programação matemática. Uma abordagem que contribui para o desenvolvimento de novas metodologias e potencializar modelos existentes para novas técnicas de conhecimento.

3.2 Técnica e delimitação do tema em questão

Para a técnica utilizada para pesquisa faz-se necessário identificar o público-alvo, como pessoas, eventos causadores de informações os quais servirão para responder as questões relacionadas ao estudo (COLLIS; HUSSEY, 2005; COOPER; SCHINDLER, 2011). As técnicas são a utilização de habilidades para preceitos ou normas de seus propósitos, obtendo assim uma documentação direta através de busca de dados. É importante salientar que, a pesquisa obteve como base, uma bibliografia de material elaborado, composto formalmente por livros e artigos científicos (GIL, 2008; MARCONI; LAKATOS, 2010; MIGUEL, 2012).

Nesse sentido, para elaboração e análise técnica do trabalho, foram utilizados softwares livres, tais como, *Assistat*, *Statistic*, *Scilab* e *SPSS* para computação dos dados. O ajuste da proposta do tema foi integrado primeiramente por meio da aplicação de questionários paritários juntamente à três gestores e nove especialistas de linha de produção e qualidade do setor manufatureiro. No qual o questionário foi estruturado de acordo com os desperdícios *Lean Manufacturing*.

3.3 Análise técnica de grupo focal

O campo de estudo sempre que envolve abordagem qualitativa pode ser constituído sobre diversas probabilidades metodológicas, permitindo assim, processos mais dinâmicos realizados de modo à grupo focal. Essa técnica de coleta de dados permite a interação grupal, promovendo a ampla problematização sobre determinado tema ou foco específico (GONDIM, 2003; BACKER *et al.*, 2011). A técnica de grupo focal é bastante utilizada em momentos que se deseja explorar concepções e experiências de participantes, predominando assim, não examinar somente o que as pessoas pensam, mas como elas estão raciocinando e, por que agem dessa forma específica. Faz-se necessário que a composição do grupo focal considere que os integrantes respondentes possam obter características comum sobre o tema abordado. Essas características devem ser determinadas pelo objetivo do estudo, com uma amostra intencional (BACKER *et al.*, 2011; REIS; LADEIRA; FERNANDES, 2013). Para tanto, um número essencial de grupos deve ser trabalhado à luz dos objetivos da investigação proposta pelo pesquisador, ou seja, trata-se de uma abordagem técnica que pode ser utilizada em ambientes que o foco principal está em realizar análises em grupo, e a integração dos dados como um todo.

3.4 Instrumentos de coleta de dados

Como método de busca de dados, foi aplicado um questionário em uma entrevista aos especialistas de primeira linha de produção e qualidade. Como método de seleção dos dados, foram aplicados questionários de caráter coloquial aos gestores e especialistas de primeira linha de produção e qualidade. Assim, foram relacionados os constructos a serem utilizados, descritos em literaturas publicadas encadeados como: processos; inspeção; estocagem; capacidade; custos e gestão. Esse conjunto de critérios indicados foi referenciado com base teórica em artigos que potencializam diretamente a utilização desses fatores e propuseram abertura para elaboração dos sub-constructos.

4. Resultados e discussão

A ênfase deste capítulo emerge para apresentação dos resultados obtidos na aplicação de questionários aos gestores e supervisores em diferentes empresas. Nesse contexto, busca-se uma resposta dinâmica e eficiente para simplificar a aplicação da metodologia *Lean Manufacturing* no setor manufatureiro como prova de facilitar o dimensionamento dos resultados encontrados na pesquisa.

4.1 Característica das empresas estudadas

As três empresas que aceitaram participar da pesquisa são do setor manufatureiro sob pedido. Empresas que realizam atividades sob pedido tendem a obter maiores dificuldades em mercados complexos, devido sua volatilidade. Nessa continuidade, que o estudo buscou simplificar ações decisórias nesse nicho de sistemática. A primeira empresa a ser estudada foi de Nova Esperança do Sul – RS que tem como principal atividade produzir calçados e, terceirizar serviços e produtos. A empresa de Santa Maria – RS, segunda a ser estudada tem como ramo desenvolver projetos do setor de metal, proporcionando serviços e produtos de forma a terceirizar suas atividades. A terceira empresa a ser estudada foi da cidade de Nova

Hartz – RS que presta serviços para montagem de calçados. As três organizações são consideradas de médio porte por ter de 90 a 130 funcionários diretos e indiretamente e com processos considerados lineares.

4.2 Estatística de confiabilidade

Em ocasiões que se trata de aplicação de questionários faz-se necessário estabelecer um pré-teste de campo. Nesse caso, a pesquisa passou por 3 especialistas da área *manufacturing* de distintas empresas (diferentes das empresas utilizadas na pesquisa) no qual originou-se um questionário padrão para aplicação, após realizar alguns ajustes necessários. Para a padronização desse questionário foi importante a análise de confiabilidade. Esta análise foi feita com base no *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), utilizando *Alfa de Cronbach*. Essa ferramenta estatística mede a confiabilidade dos dados encontrados. Nesse sentido, a consistência entre as respostas obtidas no estudo mostrou-se satisfatório, como pode ser percebido na Tabela 2.

Alfa de Cronbach	Com base em itens padronizados	Número de itens utilizados
0,853	0,866	33

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 2 – Estatística de confiabilidade

A demonstração da Tabela 2 com o valor de *Alfa* de 0,853 remete-se que a pesquisa obteve um grau de confiabilidade aceitável entre as questões. No qual, pode-se notar que tanto os respondentes gestores como supervisores das três diferentes empresas estão em um eixo de raciocínio lógico bastante próximo.

4.3 Normalização das consistências

Nesse contexto, após a normalização encontrada pelo *Alfa de Cronbach* da Tabela 2, o próximo passo é calcular os valores da razão de consistência, que conforme a literatura devem ser $\leq 0,10$, dos constructos e sub-constructos. Nesta etapa da pesquisa os resultados obtidos são com base nas informações dos gestores e não supervisores.

Estes cálculos foram realizados de acordo com a extensão FAHP de Chang (1996) apresentado conforme as equações explícitas na literatura anteriormente mencionadas. Ao realizar a categorização das matrizes a primeira operação estatística que deve ser realizada é a análise da razão de consistência (CR) que obteve valores menores que 0,10. Deste modo, as consistências entre os construtos são confiáveis, o qual é exposto na Tabela 3 para cada organização entre as cidades (NE); (SM) e (NH).

Empresa (NE)	Empresa (SM) Constructos	Empresa (NH)
(CR) 0.066	(CR) 0.093	(CR) 0.056
(IR) 0.082	(IR) 0.115	(IR) 0.070
(λ) 6.41	(λ) 6.57	(λ) 6.35

Fonte: Elaborada pelos autores

Tabela 3 – Razão de consistência e lambda sobre as matrizes constructos

4.4 Defuzzificação hierárquica FAHP

Após a aplicação dos questionários e dos cálculos, conforme as equações, elaborou-se as matrizes de importância de cada constructo e sub-constructo, percorrendo sobre a estruturação

do desempenho FAHP ponderado no Tabela 4. Neste viés, o Tabela 4 estrutura e mede a capacidade sobre a primeira e segunda ordem respectivamente, ou seja, os constructos e sub-constructos sendo estes calculados especificamente pelo FAHP. As informações que serão utilizadas são diferidas sobre a coluna (constructos) e (importância relativa). As aplicações envolvidas no Tabela 4 indicam o desempenho de cada matriz, e as especificações técnicas utilizadas, a qual se constituiu por meio da Equação (12). Essa equação pondera a defuzzificação, que ranqueará e apresentará as lacunas de FAHP, conforme o Tabela 4.

$$\sum_{i=1}^{33} ai.Ci \quad (12)$$

As decisões para qualquer ambiente organizacional envolvem muitas situações intangíveis que precisam ser estudadas. Para compreensão destes fatos, estas intangibilidades precisam ser medidas e avaliadas tangivelmente para que possam atender aos objetivos do tomador de decisão (SAATY; SHIH, 2009). Neste sentido, em contraste ao Tabela 4 duas abordagens podem ser argumentadas como resultado que vão de encontro ao objetivo desta pesquisa. A primeira restringe-se aos constructos que, em termos de grau de importância os gestores consideraram gestão, custos e capacidade como sendo maior atenção ao se tratar de tomada de decisão. Ou seja, em termos de avaliação, os primeiros passos a serem estruturados e avaliados em uma sistematização de produtos é o constructo gestão com (23%). O subconstructo em destaque é o desenvolvimento de líderes (35%). Muitas organizações consideram este subconstructo como ponto chave para uma boa gestão organizacional (ELASSY, 2015). Capacidade com (22%) tem como seu destaque operacional a controle nos processos e operações (30%). No constructo custos (20%) realizar em investimentos em infraestrutura obteve a maior importância com (25%).

Termo teórico	Constructos	Conceitos	Importância relativa	Grau de decisão
Abordagens matemáticas para aplicações de sistemas enxutos <i>Lean</i> 100%	Processos 18%	Aplicação de célula por manufatura 24%	4,32%	8°
		Uso da célula de manufatura 18%	3,24%	15°
		Uso controle operacional (matéria-prima) 15%	2,70%	20°
		Aplicação de departamentalização 16%	2,88%	17°
		Aplicação de sustentabilidade ambiental 25%	4,50%	7°
		Inovação em processos 2%	0,36%	32°
	Inspeção 14%	Inspeção por colaborador 20%	2,80%	19°
		Utilização de indicadores 8%	1,12%	26°
		Realização de cronoanálises 14%	1,96%	23°
		Ajustes flutuantes na produção 14%	1,96%	24°
		Inspeção da capacidade produtiva 19%	2,66%	21°
		Aplicação de ergonomia 25%	3,50%	13°
	Estocagem 3%	Controle sobre demanda versus capacidade 21%	0,63%	31°
		Utilização de estoques de segurança 7%	0,21%	33°
		Inovação com automação nos processos 36%	1,08%	27°
		Manutenção preventiva 10%	0,70%	29°
		Manutenção corretiva 26%	0,78%	28°
	Capacidade 22%	Controle nos processos e operações *global) 30%	6,60%	2°
		Controle nos processos e operações (isolado) 10%	2,20%	22°
		Layout característico aos processos 23%	5,06%	5°
		Layout característico as operações 13%	2,86%	18°
		Aplicação de setups por produto 16%	3,52%	12°
		Utilização de sistemas estatísticos industrial 8%	1,76%	25°

Termo teórico	Constructos	Conceitos	Importância relativa	Grau de decisão
Abordagens matemáticas para aplicações de sistemas enxutos <i>Lean</i> 100%	Custos 20%	Automatização do transporte de lotes 19%	3,80%	11°
		Investir em infraestrutura 25%	5,00%	6°
		Investir em capital intelectual para inspeção 15%	3,00%	16°
		Investir em capital intelectual para supervisão 21%	4,20%	9°
		Controlar custos por ordens de fabricação 20%	4,00%	10°
	Gestão 23%	Executar sistemas com módulos computacionais 15%	3,45%	14°
		Oferecer soluções diferenciadas 22%	5,06%	4°
		Aplicação de gestão ambiental na produção 3%	0,69%	30°
		Treinar colaboradores 25%	5,75%	3°
		Desenvolver líderes 35%	8,05%	1°

Tabela 4 – Contextualização do desempenho FAHP

Para segunda abordagem atrelado a constructos não menos importantes mas que tem uma ponderação menor que os demais em termos de hierarquização e avaliação como tomada de decisão pelos gestores e supervisores estão Processos com (18%) obtendo a aplicação de sustentabilidade ambiental (25%) como argumento para se dar mais atenção devido ao modo como tratar métodos de descartes de refugos de matéria-prima. Seguindo neste eixo, de processos, o constructo de inspeção com (14%) tem como principal relevância em sua matriz a questão sobre a aplicação de ergonomia (25%). Justificando esse fator pela repetição de atividades que a sistematização *Lean* impacta nos colaboradores. E por último grau decisório, os estoques com (3%). Se dá menos atenção a este constructo pelo fato de as empresas não operarem com estoques significativos. Por serem empresas que prestam serviços e o realizam de forma sob pedido é inviável se ter estoques de material em suas dependências.

5. Conclusão

A principal contribuição do estudo foi propor uma abordagem de avaliação de melhoria em processos de decisão em empresas com abordagens sistemáticas a fim, de facilitar futuras aplicações enxutas do *Lean Manufacturing*. Abordagem esta, realizada por meio de bases multicriteriais, aplicando questionários aos gestores e supervisores especialistas de produção. Utilizando-se de modelos matemáticos para emergir uma nova abordagem filosófica, de quais caminhos são necessários e, fundamentais, para o cumprimento de uma nova gestão em tomada de decisão no setor manufatureiro.

Assim, um estudo em ocasiões que é retratado de forma linguística, por meio da coleta de dados em questionários de escalas, o pesquisador sempre deve ter em questão que a probabilidade da resposta decisória do gestor e supervisor podem sofrer alterações constantemente, mesmo com respondentes especialistas na área. Esse é um fator normal quando há trabalhos de tal magnitude.

A luz dos resultados apresentados no desenvolvimento do trabalho percebe-se à qualidade em aplicar métodos oriundos da matemática para técnicas que envolvam fins linguísticos, como a área de gestão. A técnica *Fuzzy-Ahp* resulta em projeções de raciocínios voltados para emersão de produções confiáveis. Em prol dessa abordagem lógica, alocando valores para termos linguísticos e utilizando-se de técnicas como FAHP triangular, as dimensões das respostas de saídas decisórias multivaloradas se mantêm com grau de confiabilidade aceitável.

Conclui-se que a utilização de FAHP pode ser relacionada em pesquisas que abordam lean manufacturing, na busca de auxiliar como suporte decisório por meio da elaboração de novos

cenários de ação. Por outro, a contribuição prática realizada neste estudo está em propor um melhor conhecimento dessas ferramentas aplicadas aos sistemas enxutos *Lean*.

Limitações da Pesquisa

A maioria dos problemas em tomada de decisão está na subjetividade humana e na imprecisão do mundo real. Inúmeros métodos e ferramentas são utilizados para aproximar as incertezas de eventos futuros no setor manufatureiro que passam por limitações para melhorar o sistema de gestão constantemente. É a partir desse ponto, que o número de tomadores de decisões inseridos na pesquisa não foi o suficiente, limitando-se para realizar estudos com uma conclusão difusa de maior precisão.

Proposta de continuidade

Apesar de FAHP ser uma ferramenta bastante utilizada em diversos artigos no meio acadêmico, sua relevância como tomada de decisão ainda é bastante eficiente. É assim, uma ferramenta que busca chegar próximo ao contexto do raciocínio humano em qual seria a melhor decisão a ser tomada. Para tanto, algumas considerações como propostas futuras seria a utilização dos resultados finais do FAHP como a entrada para fazer simulações e comparar cenários que podem ocorrer no eixo organizacional propondo melhoria no projeto atual. Essa ferramenta que pode realizar essas simulações é a análise *Fuzzy Sets*. Com a integração dessas duas ferramentas podem ser verificadas questões em como estão sendo aplicadas o *Lean Manufacturing* nas organizações? o que está sendo utilizado de lean nos sistemas produtivos? e o que pode ser melhorado com a complexidade e dinamismo do mercado?

Referencial

AIKHUELE, D. O.; SOULEMAN, F. S.; AZIZI, A. *Application of Fuzzy AHP for ranking critical success factors for the successful implementation of Lean production technique*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, v. 8, n. 18, p. 399–407, 2014.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia científica*. 5. ed. SÃO PAULO: Pearson Prentice Hall, 2002.

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. ISSN 0377-2217.

CHOU, C. C.; YU, K. W. *Application of a New Hybrid Fuzzy AHP Model to the Location Choice*. Mathematical Problems in Engineering, p. 12, 2013.

DENNIS, P. *Produção Lean simplificada*. Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. [S.l.], 2008.

DO, H. Q.; CHEN, J. F.; HSIEH, H. N. *Trapezoidal Fuzzy AHP and Fuzzy Comprehensive Evaluation Approaches for Evaluating Academic Library Service*. WSEAS Transactions on Computers, v. 14, p. 607–619, 2015.

ENSSLIN, L.; NETO MONTIBELLAR, G.; NORONHA, S. M. *Apoio á decisão. Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritérios de alternativas*. [S.l.], 2001.

FLYNN, B. B.; SCHROEDER, R. G.; SAKAKIBARA, S. *A framework for quality management research and an associated measurement instrument*. Journal of Operations Management, v. 11, n. 4, p. 339–366, 1994. ISSN 0272-6963.

GRAY, P.; NUNAMAKER, J. *Group decision support systems*. Decision support putting theory into practice. 3. ed. [S.l.], 1993.

GREEF, A. C.; FREITAS, M. C. D.; ROMANEL, F. B. *Lean Office*. Operações, gerenciamento e tecnologias. [S.l.], 2012.

HWANG, B. N.; SHEN, Y. C. *Decision Making for Third Party Logistics Supplier Selection in Semiconductor Manufacturing Industry: A Nonadditive Fuzzy Integral Approach*. Mathematical Problems in Engineering, p. 12, 2015.

- KAHRAMAN, C.** *Fuzzy Multi-criteria decision making: Theori and applications with recent development.* [S.l.], 2008.
- LINDENAU-STOCKFISCH, V.; SEARLE, J.; MÖCKEL, M.** *POCT in Emer-gency Rooms: One Key Factor for Process Streamlining with Lean Ma-nagement.* Conference Papers in Medicine, p. 6, 2016.
- LOW, S. P.; GAO, S.; TIONG, K. L.** *Applying lean production principles to facilities design of ramp-up factories.* Facilities, v. 33, n. 5/6, p. 280–301, 2015.
- MARCHESAN, T. M.; SOUZA, A. M.; MENEZES, R.** *Avaliação do processo de en-sino: uma abordagem multivariada.* Production, v. 21, n. 2, 2011.
- MARODIN, G. A.; SAURIN, T. A.** *Classification and relationships between risks that affect lean production implementation: A study in southern Brazil.* Journal of Ma-nufacturing Technology Management , v. 26, n. 1, p. 57–79, 2015.
- MOU, Q.** *Method of multi-attribute decision-making and its application.* Guangxi Uni-versity, 2004.
- OUMA, Y.; OPUDO, J.; NYAMBENYA, S.** *Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS for Road Pavement Maintenance Prioritization: Methodological Exposition and Case Study.* Advances in Civil Engineering,, p. 17, 2015.
- RASHID, T.; HUSNINE, S. M.** *Multicriteria Group Decision Making by Using Trapezoidal Valued Hesitant Fuzzy Sets.* The Scientific World Journal, p. 8, 2014.
- ROJAS-ZERPA, J. C.; YUSTA, J. M.** *Application of multicriteria decision methods for electric supply planning in rural and remote areas.* Renewable and Sustai-nable Energy Reviews, v. 52, p. 557–571, 2015. ISSN 1364-0321.
- SAATY, T. L.; SHIH, H.-S.** *Structures in decision making: On the subjec-tive geometry of hierarchies and networks.* European Journal of Operatio-nal Research, v. 199, n. 3, p. 867–872, 2009. ISSN 0377-2217.
- SADR, S. et al.** *A group decision-making tool for the application of mem-brane technologies in different water reuse scenarios.* Journal of Environmen-tal Management, v. 156, p. 97–108, 2015. ISSN 0301-4797.
- SELLITTO, M. A.; WALTER, C.** *Avaliação do desempenho de uma manufatura de equipamentos eletrônicos segundo critérios de competição.* Produção, v. 16, n. 1, p. 034–047, 2006.
- SHINGO, S.** *O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção.* [S.l.], 1996.
- TSENG, M.-L.; LIN, Y.-H.; CHIU, A. S.** *Fuzzy AHP-based study of cleaner produc-tion implementation in Taiwan {PWB} manufacturer.* Journal of Cleaner Produc-tion, v. 17, n. 14, p. 1249–1256, 2009. ISSN 0959-6526. Advances in Life-Cycle Appro-aches to Business and Resource Management in the Asia-Pacific Region.
- VAN-LAARHOVEN, P.; PEDRYCZ, W.** *A fuzzy extension of Saaty's priority theory.* Fuzzy Sets and Systems, v. 11, n. 1, p. 229–241, 1983. ISSN 0165-0114.
- WANG, M. T.** *Use of a Combination of AHP and ISM for Making an Innovative Rescue Caring Design in Landslide Area.* Mathematical Problems in Engineering , p. 13, 2015.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.** *A mentalidade enxuta nas empresas lean thinking.* Elimine os desperdícios e crie riqueza. [S.l.], 2004.
- ZADEH, L. A.** *Fuzzy sets.* Information and control. [S.l.: s.n.], 1965. 338–353 p.
- ZARE, R. et al.** *The Integrated Fuzzy AHP and Goal Programing Model Ba-sed on LCA Results for Industrial Waste Management by Using the Nea-rest Weighted approximation of FN: Aluminum Industry in Arak, Iran.* Advan-ces in Materials Science and Engineering, p. 13, 2016.