

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

PROCEDIMENTO DE PRIORIZAÇÃO DE INDICADORES DE PROJETOS KAIZEN
BASEADO EM MÉTODOS MULTICRITÉRIO

MARCOS ROGERIO RODRIGUES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MARCOS ROGERIO RODRIGUES

PROCEDIMENTO DE PRIORIZAÇÃO DE INDICADORES DE
PROJETOS KAIZEN BASEADO EM MÉTODOS
MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Campus Santa Bárbara d'Oeste, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi
Filleti

SANTA BÁRBARA D'OESTE
2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

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

R696p Rodrigues, Marcos Rogerio
Procedimento de priorização de indicadores de projetos kaizen baseado em métodos multicritério / Marcos Rogerio Rodrigues. – 2021.
56 fls.; il.; 30 cm.

Orientador (a): Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi Filleti.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Santa Bárbara D'Oeste, 2021.

1. Manufatura enxuta. 2. Kaizen. 3. Análise de decisão multicritério. 4. AHP. I. Filleti, Remo Augusto Padovezi. II. Título.

CDD – 658.5



ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos vinte e três dias do mês de fevereiro de 2021, às nove horas, por videoconferência o aluno **MARCOS ROGÉRIO RODRIGUES**, graduado em Engenharia Industrial Mecânica pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, submeteu-se à Defesa Pública de Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, desta Universidade, com o trabalho intitulado: "**PROCEDIMENTO DE PRIORIZAÇÃO DE INDICADORES DE PROJETOS KAIZEN BASEADO EM MÉTODOS MULTICRITÉRIO**". A Banca Examinadora foi composta por: Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi Filleti, Orientador e Presidente da Banca, Doutor em Ciência e Gestão de Mudanças Climáticas pela Università Ca'Foscari - Venezia, Itália; Profa. Dra. Eliciane Maria da Silva, Doutora em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP e Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva, Doutor em Engenharia de Produção pela Escola de Engenharia de São Carlos - EESC/USP. Após apresentação e arguição, o aluno foi considerado:

(**X**) **Aprovado**

() **Reprovado**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi Filleti - PPGE/UNIMEP

(Orientador e Presidente)

Profa. Dra. Eliciane Maria da Silva - PPGE/UNIMEP

Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva - UFSCAR

A Defesa Pública de Dissertação foi encerrada, e para constar, eu, Profa. Dra. Eliciane Maria da Silva, Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, confiro e assino a presente Ata juntamente com os integrantes da Banca Examinadora.

PROFA. DRA. ELICIANE MARIA DA SILVA

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
UNIMEP

AGRADECIMENTOS

A meu orientador Prof. Dr. Remo Augusto Padovezi Filleti, por todo conhecimento, apoio e dedicação em me mostrar os melhores caminhos a serem trilhados.

À coordenação, secretaria e professores do programa de pós-graduação em engenharia de produção da UNIMEP-SBO, por me instruírem, ensinarem e ajudarem durante todo meu tempo como mestrando.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro durante a realização e na conclusão deste trabalho.

A minha amada esposa Lucy Inês Cavechioli Rodrigues, pelo incentivo apoio e dedicação durante esta etapa.

Ao meu filho Matheus Cavechioli Rodrigues, por me apoiar, incentivar e dar força nos momentos difíceis.

Aos meus pais e empresa que me deram suporte durante essa etapa.

RODRIGUES, M. R. Procedimento de priorização de indicadores de projetos Kaizen baseado em métodos multicritério. 2021. 56f. dissertação (mestrado em engenharia de Produção) - Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2021.

RESUMO

Atualmente a manufatura enxuta é um modelo de gestão de operações amplamente utilizado no ambiente industrial, tendo como objetivo principal a redução dos custos operacionais por meio da melhoria contínua. Dentro das diferentes ferramentas presentes na manufatura enxuta estão os eventos Kaizen, caracterizados pela seleção de projetos de curta duração com um objetivo específico de melhoria (projetos Kaizen). Apesar da importância do uso dessa técnica para a resolução de problemas pontuais na produção/processo, os resultados dos eventos Kaizen podem ficar limitados a apenas melhorias locais, caso não haja um alinhamento entre seus objetivos e as diretrizes da empresa, comprometendo significativamente a efetividade de tais resultados. Em função disso, o objetivo geral desse estudo é desenvolver um procedimento para classificar projetos Kaizen por meio da priorização de seus indicadores, a partir do método multicritério *Analytic Hierarchy Process* ("Processo Analítico Hierárquico", em português), como uma alternativa para auxiliar os tomadores de decisão a selecionar projetos de melhoria alinhados com os indicadores-chave da empresa. Depois de definido o procedimento, realizou-se um estudo de caso em uma empresa do ramo de máquinas e equipamentos da região de Campinas, possibilitando uma avaliação prática do mesmo. A aplicação do procedimento proposto ocorreu por meio de entrevistas individuais com três líderes de produção, avaliando cinco projetos Kaizen diferentes para quatro indicadores-chave da empresa: Pessoal, Qualidade, Velocidade e Financeiro. Após as entrevistas, os resultados obtidos com a aplicação do método proposto com cada líder, e para cada projeto, foram agregados, possibilitando uma classificação final de cada projeto em relação a cada um dos indicadores de desempenho avaliados. Após a aplicação do método a partir do estudo de caso, sugere-se, para trabalhos futuros, investigar a utilização do método em outros tipos de indústria, bem como em situações com um número maior de projetos, indicadores e tomadores de decisão.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta; Kaizen; Análise de Decisão Multicritério; AHP.

RODRIGUES, M. R. Procedure for prioritizing kaizen project indicators based on multicriteria methods. 2021. 56f. Thesis (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, 2021.

ABSTRACT

Nowadays, lean manufacturing is a widely used operations management model in the industrial environment, whose main objective is reducing operating costs through continuous improvement. Among the different tools from lean manufacturing's portfolio, there are the Kaizen events, characterized by the selection of short-term projects with a specific objective for improvement (Kaizen projects). Despite the importance of using this technique to solve specific problems in production/process, the Kaizen events results may be limited to only local improvements, in case of no alignment lack from their objectives and company's guidelines, which significantly compromises the effectiveness of their results. From this context, the general objective of this study is to develop a procedure to classify Kaizen projects by prioritizing their indicators, by means of the Analytic Hierarchy Process method, as an alternative to aid decision-makers selecting improvement projects in line with company's key indicators. After defining the procedure, a case study was performed at a company in the field of machinery and equipment, in the region of Campinas, providing it a practical assessment. The application of the proposed procedure took place through individual interviews with three production leaders, evaluating five different Kaizen projects for four key indicators: Personnel, Quality, Velocity and Financial. After the interviews, the results obtained with the application of the proposed method, for each leader and each project, were aggregated, enabling a final classification of each project in relation to each of the indicators evaluated. After applying the method at the present case study, it is suggested, for future works, to investigate the use of the method in other types of industry, as well as in situations with a greater number of projects, indicators, and decision-makers.

Keywords: Lean Production; Kaizen; Multiple-criteria decision analysis; AHP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura hierárquica genérica.	20
Figura 2 - Classificação para comparação.	20
Figura 3 - Classificação da pesquisa científica.....	23
Figura 4 - Processo de seleção de artigos para revisão.....	25
Figura 5 - Definição de Critérios	30
Figura 6 - Atribuição de Pesos e Preferências	31
Figura 7 - Métodos de decisão individual e coletiva	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de publicações por ano (1979 a 2017).....	19
Gráfico 2 - Resultados de prioridade para o Projeto 1 segundo indicadores P, Q, V e F.....	44
Gráfico 3 - Resultados de prioridade para o Projeto 2 segundo indicadores P, Q, V e F.....	44
Gráfico 4 - Resultados de prioridade para o Projeto 3 segundo indicadores P, Q, V e F.....	45
Gráfico 5 - Resultados de prioridade para o Projeto 4 segundo indicadores P, Q, V e F.....	46
Gráfico 6 - Resultados de prioridade para o Projeto 5 segundo indicadores P, Q, V e F.....	46
Gráfico 7 - Resultados de prioridade por indicador em relação aos projetos.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da busca booleana.....	6
Tabela 2 - Etapas para o evento Kaizen.....	13
Tabela 3 - Síntese das etapas do evento Kaizen.....	13
Tabela 4 - Resultados da aplicação do evento Kaizen - submontagem de reguladores de tensão elétrica.....	14
Tabela 5 - Indicadores de desempenho propostos para o sistema de manufatura enxuta.....	16
Tabela 6 - Sumário das abordagens da literatura para seleção de projetos.....	18
Tabela 7 - Métodos multicritério mais utilizados no setor da saúde.....	18
Tabela 8 - Escala de gradação para comparação quantitativa de alternativas.....	21
Tabela 9 - Índice de consistência aleatória.....	22
Tabela 10 - Etapas da pesquisa.....	24
Tabela 11 - Constructos utilizados e dados a serem coletados na pesquisa.....	26
Tabela 12 - Relação entre indicadores de manufatura enxuta e os indicadores globais e locais da empresa.....	27
Tabela 13 - Modelo Atual de tomada de decisão.....	29
Tabela 14 – Síntese do uso da média geométrica para o calculo do resultado agregado de cada indicador para cada projeto.....	34
Tabela 15 - Resultados da priorização pelo Modelo Atual de tomada de decisão....	35
Tabela 16 - Matrizes de comparação dos critérios, por projeto e por líder.....	37
Tabela 17 - Resultados priorização dos indicadores e da taxa de consistência do modelo proposto, por projeto e por líder.....	38
Tabela 18 - Resultados da priorização pelo Modelo Proposto de tomada de decisão.....	39
Tabela 19 - Comparação da aplicação do modelo atual e do AHP, por projeto e por líder.....	41

ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (“Processo de Hierarquização Analítica”, em português)
CI	<i>Consistency Index</i> (“Índice de Consistência”, em português)
CR	<i>Consistency Rate</i> (“Taxa de Consistência”, em português)
F	Indicador Global - Financeiro
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> (“Indicadores Chave de Desempenho”, em português)
MCDA	<i>Multiple-Criteria Decision Analysis</i> (“Análise de Decisão Multicritério”, em português)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (“Eficácia Geral do Equipamento”, em português)
OPE	<i>Overall Process Effectiveness</i> (“Eficácia Geral do Processo”, em português)
P	Indicador Global – Pessoal
Q	Indicador Global - Qualidade
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (“Desdobramento da Função Qualidade”, em português)
RI	<i>Random Index</i> (“Índice Randômico”, em português)
SFMEA	<i>Safety Failure Modes and Effects Analysis</i> (“Análise de Modos de Falha e Efeitos de Segurança”, em português)
TC	<i>Cycle Time</i> (“Tempo de Ciclo”, em português)
TT	<i>Takt Time</i> (“Compasso” ou “ritmo”, em português)
TPS	<i>Toyota Production System</i> (“Sistema de Produção Toyota”, em português)
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (“Manutenção Produtiva Total”, em português)
V	Indicador Global - Velocidade
WIP	<i>Work in process</i> (“Trabalho em processo”, em português)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	4
1.1.1 Objetivo Geral.....	4
1.1.2 Objetivos Específicos.....	4
1.2 Justificativa e relevância do tema.....	5
1.3 Distribuição temática e estrutura do trabalho.....	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Manufatura enxuta, melhoria contínua e eventos <i>Kaizen</i>	9
2.2 Processo Analítico Hierárquico – Método AHP.....	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1 Etapa 1 - Pesquisa Bibliográfica.....	24
3.2 Etapa 2 - Identificação e Caracterização da Empresa.....	25
3.3 Etapa 3 - Definição do caso e da coleta de dados.....	26
3.4 Etapa 4 - Aplicação da Pesquisa com Líderes.....	28
3.5 Etapa 5 - Consolidação dos Resultados.....	31
3.6 Etapa 6 - Priorização dos Indicadores para cada Projeto.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 Resultados de priorização utilizando o Modelo Atual.....	35
4.2 Resultados de priorização utilizando o Modelo Proposto.....	36
4.3 Comparação dos Modelos.....	40
4.4 Priorização dos Indicadores dos Projetos e Discussão.....	43
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A manutenção da competitividade de uma empresa em um mercado cada vez mais integrado e global é um dos maiores desafios enfrentados por líderes no mundo todo. Nesse contexto, uma gestão das operações eficientes que busquem a melhoria contínua dos processos é fundamental.

De acordo com Slack, Chambers e Johnson, (2007), não incentivar o processo de melhoria contínua em uma empresa vai além de uma desvantagem competitiva apenas, uma vez que prejudica o atendimento das necessidades dos consumidores, resultando no distanciamento entre as operações e os objetivos da organização.

Existem várias ferramentas voltadas à melhoria dos processos em empresas, como a Análise de Pareto, 5S, Kaizen, Diagrama de Ishikawa e o *Jidoka*. Individualmente, tais ferramentas já proporcionam ganhos reais às empresas, tanto em relação à qualidade do produto e quanto à redução de custos. Mas, quando utilizadas em conjunto e coordenadas sob uma metodologia, seus ganhos são potencializados. Dentre as metodologias existentes, a manufatura enxuta se destaca pela sua consolidação no meio industrial e pelos resultados positivos que ela proporciona (WOMACK; JONES, 1997), apresentando uma correlação positiva entre as dimensões da manufatura enxuta e o melhoramento da produtividade (MADY, 2020).

Apesar de sua origem remontar ao período pós-segunda guerra mundial (final da década de 40), a manufatura enxuta (*“Lean Manufacturing”*, em inglês) continua sendo um tema relevante, tanto no meio empresarial, quanto na academia (Staedele et al., 2019). Segundo Jasti e Kodali (2015), existe a necessidade de uma colaboração maior entre a academia e as empresas com relação ao tema, de modo que os trabalhos e publicações no meio acadêmico sejam convertidos em aumento do impacto positivo do uso das ferramentas de manufatura enxuta nas organizações.

Dentre as principais ferramentas existentes dentro do “guarda-chuva” da manufatura enxuta, uma das que mais se destaca é o Kaizen. Segundo Imai (1986), a palavra *“Kaizen”* é de origem Japonesa e representa um conceito amplo de melhoria contínua, podendo ser implementado pelas empresas de diversas formas e para diferentes propósitos.

De acordo com Smadi (2009), muitas empresas que implementaram o Kaizen apresentaram resultados favoráveis em relação a redução de custos e melhoria na competitividade. Para Glover, Farris e Van Aken (2014), tais melhorias geradas pela aplicação do Kaizen nas empresas vão além dos custos e competitividade, impactando positivamente também os indicadores de qualidade do produto/serviço, tempo de processo, motivação dos funcionários e produtividade.

Para Farris et al. (2008), um projeto Kaizen deve ter o seu desenvolvimento e realização por uma equipe multifuncional dedicada, tendo como objetivo aplicar melhorias nos processos de uma determinada área em um curto período de tempo. Criscione-Naylor (2020) identificou, tanto na academia quanto na indústria, informações que fornecem uma visão para as organizações da necessidade de fortalecer o engajamento e o desenvolvimento dos facilitadores envolvidos em um projeto Kaizen, com o intuito de se potencializar seus resultados.

Sanchez et al. (2009) salientam que um projeto Kaizen não é isolado das demais práticas de uma empresa e que, portanto, sua formulação e execução deve levar em conta os objetivos das diferentes áreas envolvidas da empresa.

A priorização e seleção dos projetos Kaizen é uma etapa importante que influencia diretamente nos resultados dos indicadores da empresa. Segundo Bhushan e Rai (2007), a tomada de decisão passa, frequentemente, por um processo de seleção entre diversas oportunidades/alternativas. Quando isso ocorre, a existência de meios que possibilitem a identificação das alternativas mais benéficas e/ou apropriadas para a execução é fundamental.

Assim, os tomadores de decisão, responsáveis pela seleção das ações a serem executadas, devem usar técnicas que permitam priorizar os projetos que contribuam efetivamente para a organização, de acordo com as diretrizes e critérios já estabelecidos.

Há, na literatura, diversas técnicas e ferramentas usadas para avaliação e seleção de projetos a partir de um portfólio de opções. Dentre essas ferramentas, destacam-se aquelas baseadas em métodos multicritérios, como o Processo Analítico Hierárquico – AHP (*“Analytic Hierarchy Process”*, em inglês). O AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty (1980) na década de 80, e consiste em um método de tomada de decisão multicritério baseado na avaliação par-a-par de alternativas em termos de

importância relativa, de acordo com os critérios estabelecidos, tanto quantitativos quanto qualitativos.

Desde sua criação, ele tem sido amplamente utilizado nos mais variados setores da indústria. Farhan, Tolouei-Rad e Osseiran (2016) lançaram mão do método para auxiliar na escolha dos parâmetros de processo mais adequados para máquinas-ferramenta de finalidades específicas (“*Special Purpose Machines*”, em inglês). Baswaraj, Sreenivasa Rao e Pawar (2018) desenvolveram um modelo para tomada de decisão baseado no AHP para ser usado na indústria siderúrgica secundária, auxiliando na escolha dos parâmetros do processo de reciclagem de aço, de modo a melhorar a qualidade do produto.

Há casos também do uso do AHP para a implementação da manufatura enxuta na indústria eletroeletrônica. Kiatcharoenpol et al. (2015) mapearam, para o setor de produção de componentes eletrônicos tailandeses, 12 fatores críticos de sucesso e, por meio do AHP, priorizaram os fatores críticos de sucesso mais relevantes para o setor estudado. Os resultados do estudo identificaram que os recursos tecnológicos eram o fator mais importante no sucesso da implementação da manufatura enxuta do setor e o método AHP se mostrou uma ferramenta eficaz para identificar os atributos de maior importância dentro de uma lista com várias possibilidades.

Mohd Rusli et al. (2020) aplicou o AHP em conjunto com o *Quality Function Deployment* – QFD (“Desdobramento da Função Qualidade”, em português) para analisar o processo de priorização da estratégia, ferramentas e técnicas de manufatura enxuta para um Evento Kaizen realizado em uma empresa de manufatura. O estudo examinou a relação entre as necessidades e as estratégias enxutas, constatando que a principal estratégia para implementar a manufatura enxuta depende das necessidades da situação produtiva da empresa.

Logo, considerando a versatilidade do método AHP na classificação e priorização dos mais diversos tipos de soluções na indústria, seria plausível utilizá-lo para auxiliar na seleção de projetos Kaizen que mais se adequassem às necessidades/interesses de uma empresa. É a partir dessa hipótese que surge a seguinte questão de pesquisa:

O método AHP pode ser uma boa alternativa para ser utilizado na classificação de projetos Kaizen por meio da priorização dos indicadores, auxiliando na escolha

daqueles que contribuam para o atingimento dos critérios desejados por uma empresa manufatureira?

1.1 Objetivos

Para responder a esta questão de pesquisa, foram delineados os objetivos, geral e específicos, para o desenvolvimento do estudo.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse estudo é desenvolver, a partir do método multicritério AHP, um procedimento para classificar os projetos de melhoria contínua por meio da priorização de seus indicadores.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos definidos para este estudo são:

1. Identificar os principais parâmetros e critérios envolvidos na avaliação e seleção de projetos Kaizen;
2. Desenvolver a estrutura do procedimento, tais como: métodos e ferramentas/formulários usados na coleta e tratamento de dados, aplicação do método AHP, avaliação e apresentação dos resultados obtidos;
3. Aplicar como estudo de caso em uma empresa de manufatura de máquinas e equipamentos;
4. Ajustar e validar o procedimento em conjunto com líderes e especialistas de produção da empresa estudada;
5. Aplicar o procedimento na análise e classificação de diferentes projetos Kaizen, a partir dos parâmetros e critérios identificados;

1.2 Justificativa e relevância do tema

Dentro do modelo de gestão de manufatura enxuta, o Kaizen se destaca como um dos pilares fundamentais para o sucesso do modelo. O foco do Kaizen está na melhoria dos indicadores de desempenho de um processo/produto, a partir da realização de projetos de melhoria contínua, normalmente elaborados por equipes multifuncionais e executados por um período determinado (BELEKOUKIAS, GARZA-REYES; KUMAR, 2014). Os projetos Kaizen são reconhecidos pelas empresas por sua importância estratégica, pois representam uma forma de melhorar os processos e trazer benefícios para as diferentes áreas das empresas (WOMACK; JONES, 1997; WU; XU; XU, 2016).

Em um trabalho de revisão de literatura, Glover, Farris e Van Aken (2014) identificaram que tal importância estratégica é duradoura, pois independentemente do número de vezes em que um determinado processo é melhorado, sempre é possível encontrar desperdícios e, conseqüentemente, novas possibilidades de melhorias. Concomitantemente, há um grande número de métodos/projetos de melhoria contínua que podem resultar em ganho de competitividade através dos recursos e capacidades já existentes nas empresas (ADEBANJO et al., 2016).

Apesar da importância das ações e projetos de melhoria contínua em si, alguns projetos trazem mais impactos e resultados positivos do que outros, exigindo atenção e foco na etapa de tomada de decisão para a seleção de tais projetos (GLOVER; FARRIS; VAN AKEN, 2014).

No geral, a seleção de projetos é um processo de tomada de decisão crucial em muitas organizações, pois deve considerar, dentre outros quesitos, pareceres sobre investimentos, distribuição apropriada dos projetos, necessidades de recursos e interação entre os projetos propostos. Com isso, a seleção de projetos deve ser considerada um processo que inclui várias etapas relacionadas, em vez de apenas avaliar, pontuar projetos ou resolver um problema de otimização (ARCHER; GHASEMZADEH, 1999).

Uma revisão da literatura realizada por Yu e Liu (2012) revela que os métodos multicritério são um tipo de abordagem comum para utilizar na seleção de projetos de

melhoria em situações de restrição orçamentaria, atendimento a critérios técnicos, de qualidade e ambientais, como no caso de projetos de segurança.

A partir de uma pesquisa booleana na base SCOPUS, utilizando o termo (“Kaizen” e “AHP”), foi possível selecionar 5 artigos relacionados ao tema nos últimos 2 anos, mostrados pela Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da busca booleana.

Referências	Metodologia	Objetivo
Prasetyaningsih; Muhammad; Amolina (2020)	AHP Fuzzy e Kaizen	Apresenta o uso do AHP para pontuar o estado atual da cadeia de suprimentos de uma empresa e, com base nos resultados, aplicar Kaizen para prover melhorias
Amin; Mahmood; Kamat (2019)	AHP, Mapeamento da Cadeia de Valor e Kaizen	Aplicação do AHP para justificar a necessidade de conduzir projetos Kaizen para melhoria das perdas identificadas no mapa da cadeia de valor, atual e futura, do processo de usinagem de peças de metal.
Silbert (2019)	AHP, Análise de Importância – Desempenho, Gestão da Qualidade Total, Kaizen	Uso do AHP para implementar os princípios 5S integrado com a ISO 9001. Os resultados obtidos apresentaram evidências positivas (forte e muito forte) da correlação entre as metodologias.
Nurcahyo et al. (2019)	Gestão da Qualidade Total, AHP e Kaizen	Apresenta a importância do sistema de gestão da qualidade total e lança mão do AHP para avaliar o 5S como uma solução Kaizen de melhoria para esse sistema de gestão.
Al-Aomar; Hussain (2019)	AHP, Manufatura Enxuta	Realiza uma pesquisa para identificar e priorizar as técnicas da manufatura enxuta a serem utilizadas na cadeia de suprimentos de um hotel, sendo o Kaizen uma das três mais relevantes.

A partir dos resultados da busca booleana, foi possível verificar que o uso do AHP nesses artigos se dá, principalmente, em conjunto com outras ferramentas, tais como o Mapeamento da Cadeia de Valor e a Gestão da Qualidade Total, na identificação de problemas/discrepâncias de processos. É, a partir dessa identificação, que os autores avaliam o uso de projetos Kaizen para solucionar/reduzir tais problemas (melhorando processo).

Por meio da análise desses artigos, verificou-se que o AHP é usado para se identificar a demanda pela implementação de projetos Kaizen, mas há uma carência de estudos que lançam mão desse método na parte da oferta de projetos Kaizen, ou seja, que ajudem a classificar, dentro de um portfólio de projetos propostos, aqueles que possuem mais aderência às necessidades de melhoria contínua das demandas identificadas.

Assim, o presente trabalho se justifica pois propõe um método de classificação de projetos Kaizen a partir da priorização dos seus indicadores de desempenho estratégicos da empresa, por meio do método AHP.

1.3 Distribuição temática e estrutura do trabalho

A estruturação temática do trabalho foi dividida em 5 capítulos, além das referências bibliográficas.

O presente capítulo possui papel introdutório e contextualiza a problemática do estudo. O capítulo seguinte realiza a fundamentação teórica necessária para a realização do trabalho. O terceiro capítulo apresenta os métodos e ferramentas empregadas no trabalho e o quarto capítulo apresenta e discute os resultados obtidos, com a apresentação da classificação dos projetos por indicador estudado. O quinto capítulo apresenta a conclusão da dissertação. Por fim, encontra-se a lista de referências bibliográficas usada no trabalho (elemento pós-textual).

O resumo da estrutura do presente trabalho é mostrado a seguir:

- **Capítulo 1:** Introdução, objetivos, justificativa e relevância do tema;
- **Capítulo 2:** Conceitos de manufatura enxuta, projetos e eventos Kaizen, indicadores de desempenho e o método AHP;
- **Capítulo 3:** Definição das atividades realizadas no trabalho: Pesquisa Bibliográfica; Identificação e Caracterização da Empresa; Definição do caso e da coleta de dados; Aplicação da Pesquisa com Líderes; Consolidação dos Resultados e Priorização dos Indicadores e Priorização dos Indicadores para cada Projeto;

- **Capítulo 4:** Apresentação e discussão dos resultados obtidos e apresentação da classificação dos projetos por indicador estudado;
- **Capítulo 5:** Conclusão da dissertação;
- **Referências Bibliográficas.**

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é realizada uma revisão teórico-conceitual referente ao entendimento dos conceitos de manufatura enxuta, Kaizen, método multicritério de tomada de decisão e indicadores de desempenho.

2.1 Manufatura enxuta, melhoria contínua e eventos *Kaizen*

Para introduzir o assunto sobre a seleção de projetos Kaizen, é importante entender a origem do conceito manufatura enxuta. A criação do termo “Produção enxuta” foi feita por Krafcik (1988), na sua descrição do Toyota *Production System* (TPS). Esse termo foi, então, modificado para “Manufatura enxuta” no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK; JONES; ROSS, 1991). Mais tarde, Womack e Jones (1997) desenvolveram o conceito de “Pensamento Enxuto”, fundamentando a utilização do conceito “Enxuto” para outras áreas fora da manufatura, como a “saúde enxuta” (“*Lean Healthcare*”, em inglês) e o “escritório enxuto” (“*Lean Office*”, em inglês).

A abordagem da manufatura enxuta vai além dos limites da produção, organização e gestão. Ela teve início de fato com a introdução do *Toyota Production System* (TPS), criado para eliminar perdas do sistema de produção, não somente focando na redução do inventário e na eliminação do custo não agregado do processo, mas também na melhoria da qualidade do produto (JASTI; KODALI, 2015).

Devido aos resultados obtidos com a sua implementação, a manufatura enxuta tem sido amplamente usada nas indústrias como modelo de gestão das operações (WOMACK; JONES, 1997; BELEKOUKIAS, GARZA-REYES; KUMAR, 2014). Tal amplitude também pode ser percebida na literatura. Segundo Staedele et al. (2019), houve um crescimento expressivo do uso da manufatura enxuta na literatura, mostrando que este é um tema de grande interesse da academia, muitas vezes associados a temas como: medição de performance, avaliação de desempenho, gestão, indicadores, fatores críticos, melhores práticas e manufatura enxuta.

Dentre as diferentes ferramentas/conceitos que fazem parte do portfólio da manufatura enxuta, Belekoukias, Garza-Reyes e Kumar (2014) destacam o Kaizen como uma das práticas mais utilizadas, devido à sua fácil aplicação e notória geração de resultados.

O Kaizen é uma prática de manufatura enxuta originalmente introduzida por Masaaki Imai, em 1986, em seu livro *“Kaizen: A Chave para o Sucesso Competitivo do Japão”* (IMAI, 1986). Kaizen é um termo japonês que significa "mudança para melhor", formado pela combinação de dois ideogramas japoneses, **Kai (改)** - mudança e **Zen (善)** - melhor.

Essa prática é um conceito abrangente (“conceito guarda-chuva”) para uma filosofia da gestão baseada em um conjunto de princípios e valores fundamentais para a implementação da melhoria contínua, tais como (IMAI, 1986, 1997):

- Compromisso e liderança da alta administração;
- Foco em processos;
- Gestão de melhorias do *Gemba* (local onde as coisas acontecem);
- Participação das pessoas;
- Abordagem sem julgamento e sem culpa;
- Padronização, disciplina e constância;
- Habilidades de experimentação e observação;
- Pensamento sistêmico.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 9001:2015, uma organização/empresa necessita melhorar continuamente a adequação, suficiência e eficácia do seu sistema de gestão da qualidade. Além disso, para que se possa realizar tal melhoria contínua, ela deve realizar análises críticas em seus processos para determinar se existe a necessidade e/ou viabilidade. para o aprimoramento.

De acordo com Belekoukias, Garza-Reyes e Kumar (2014), após a implementação do modelo de gestão da manufatura enxuta nas grandes empresas, observou-se um aumento na diversidade e quantidade de projetos Kaizen realizados. Verificou-se, ainda, que, independentemente do número de vezes que se aplica um projeto Kaizen em um determinado processo, é possível encontrar novas fontes de desperdícios, de modo a possibilitar a implantação de um novo projeto de melhoria

nessas áreas. Vale ressaltar, contudo, que grande parte dos projetos potenciais de melhoria identificados em um processo/empresa barram nas limitações dos recursos necessários para sua execução, tais como recursos humanos, financeiros e tempo.

Segundo Arya e Choudhary (2015), com a aplicação da ferramenta Kaizen é possível reduzir os custos dos produtos removendo as perdas dos processos. Um estudo de caso em uma indústria de manufatura na Índia resultou em diversos benefícios, tais quais: redução do tempo de acesso ao estoque em inventário em 13%, acarretando a economia com custos de mão-de-obra; otimização de layout, com redução 44% de deslocamento entre as células para coleta de componentes e redução de 85% do tempo de ciclo, alteração da planta reduzindo a área operacional, gerando economia nos custos variáveis. Em um mercado emergente como o da Índia, tais reduções permitem melhorar a competitividade nacional e internacional.

Segundo Khan et al. (2019), em um estudo que propõe a análise de implementação de técnicas de melhoria contínua em uma empresa de desenhos de interiores, por meio da utilização do Kaizen, os autores identificaram uma redução no tempo de desenvolvimento de projetos de 16 semanas para 9 semanas, bem como o aumento da margem de lucro do negócio (de 25% para 27%) e das vendas (crescimento de 27%), bem como ganhos com melhor organização e limpeza do ambiente de trabalho.

Segundo Brunet et al. (2003), a literatura tem frequentemente identificado o Kaizen como sendo um processo de melhoria e um elemento chave do sucesso das empresas de manufatura. Farris et al. (2008) definem que um projeto Kaizen deve ser focado e estruturado, usando uma equipe multifuncional dedicado com o objetivo de melhorar uma determinada área. Tal projeto deve ser de curta duração, preferencialmente entre três e cinco dias, período no qual a equipe deve identificar, planejar e implementar melhorias de baixo custo para os processos da área determinada.

Além do foco na melhoria contínua, para Glover, Farris e Van Aken (2014), o Kaizen pode ser importante na melhoria incremental dos processos, por meio de eventos direcionados na melhoria de indicadores específicos do processo, tais como indicadores de qualidade, velocidade, tempo, produtividade e motivação dos funcionários. Embora o evento Kaizen seja uma prática que gera resultados positivos para as empresas, ainda se observa oportunidades para melhorar a sua aplicação.

Segundo Liker (2004), um evento Kaizen realizado nas organizações possui curta duração, geralmente de uma semana. Ele deve contar com a participação do líder responsável pelo processo a ser melhorado, chamado de “dono do processo”, o qual desempenha o papel de líder junto às pessoas que executam o processo. Além disso, é aconselhável que o evento seja realizado por uma equipe de aproximadamente 15 pessoas, e com a participação de clientes e fornecedores. A execução do evento é dividida em três etapas:

Etapa 1 - Preparação do evento:

- 1 - Definir o escopo.
- 2 - Estabelecer objetivos.
- 3 - Desenvolver mapa atual.
- 4 - Organizar documentos relevantes referente aos processos.
- 5 - Desenvolver mapa do estado futuro.

Etapa 2 - Realização do evento

- 1 - Definir o cliente.
- 2 - Analisar o estado atual.
- 3 - Definir estado futuro desejado.
- 4 - Implementar.
- 5 - Avaliar, medir desempenho.

Etapa 3 - Melhoria contínua pós-evento.

Após o término da Etapa 3, a equipe continuará acompanhando o processo melhorado, por meio de reuniões para atualização das ações, métricas e oportunidades de melhoria contínua. Os líderes devem, mensalmente, acompanhar os resultados, resolver problemas decorrentes da implementação e prover o reconhecimento da equipe (Liker, 2004).

Alukal e Manos (2006) propuseram um ciclo de oito semanas para a realização de um evento Kaizen eficaz. Nas três primeiras semanas do evento, a equipe deve se reunir e preparar o projeto. Na quarta semana, a equipe determina o estado atual da área determinada, cria ideias para a melhoria dos processos e implementa, dentre as ideias criadas, as melhores. As demais semanas são usadas para acompanhamento da conclusão das ideias e certificação de que o projeto realmente foi concluído.

Para Kato e Smalley (2017), a implementação de um evento Kaizen deve seguir as etapas descritas a seguir pela Tabela 2:

Tabela 2 - Etapas para o evento Kaizen.
Adaptado de Kato e Smalley (2017).

Etapas	Objetivo	Práticas da Manufatura Enxuta
Definir a melhoria em potencial	Dar suporte a equipe na identificação das perdas por ineficiência	Sete perdas
Analisar o estado atual	Conduzir análise do processo atual para identificar as perdas de eficiência	Estudo de tempo
Estado futuro (Ideias)	Dar suporte à equipe na geração de ideias para resolução de problemas	Seção de geração de ideias (<i>Brainstorming</i>)
Desenvolver plano de implementação	Criar um plano efetivo para acompanhar as melhorias	Estado futuro
Implementar	Implementação do plano	5S e Diagrama de Espaguete
Checar o novo método	Avaliar os resultados das ações	Evolução da melhoria

Ker, Wang e Lee (2014) lançaram mão de um evento Kaizen para melhorar o processo de submontagem para reguladores de tensão elétrica. Para esse fim, os autores dividiram o evento em seis etapas diferentes, conforme mostrado pela Tabela 3. Os resultados alcançados pelo evento Kaizen são apresentados pela Tabela 4.

Tabela 3 - Síntese das etapas do evento Kaizen.
Adaptado de Ker, Wang e Lee (2014).

Etapas	Ações realizadas	Resultados alcançados
1	Definir a melhoria em potencial Análise das sete perdas da produção	Identificou-se três tipos de perdas: por excesso de inventário, por tempo de espera e por excesso de movimentação.
2	Analisar o estado atual Realização do estudo de tempos (Cronoanálise)	Tempos identificados: 85 minutos de valor agregado e 42 minutos de valor não agregado. Identificou-se também que o operador caminha, em média, 804 metros para completar o ciclo de produção
3	Estado futuro (Ideias) Seção de geração de ideias (<i>Brainstorming</i>)	Decidiu-se pelo redesenho dos processos, e pela implantação dos métodos <i>Kanban</i> e 5S
4	Desenvolver plano de implementação Plano de desenvolvimento	Desenvolveu-se os planos para a implantação das ações levantadas na etapa anterior, definindo-se um prazo de seis semanas para completar as tarefas.
5	Implementar Implantação das ações levantadas	Redesenho da planta, realocando equipamentos de modo a permanecerem mais próximos dos operadores, eliminando, assim, o tempo de processamento, reduzindo a movimentação do operador e possibilitando a implantação do sistema <i>Kanban</i> e do 5s.
6	Checar o novo método Análise dos resultados	Avaliou-se os resultados alcançados com a implantação das ações levantadas.

Tabela 4 - Resultados da aplicação do evento Kaizen - submontagem de reguladores de tensão elétrica. Adaptado de: Ker, Wang e Lee (2014).

Problema	Antes Kaizen	Depois do Kaizen	Mudanças	Entrega
Falta ou sobra de componentes	10	0	-10	100%
Número de peças de estoque	66	0	-66	100%
Distância percorrida	804 m	536 m	- 258 m	33,3%
Tempo de valor não agregado	42 min	26 min	-16mm	38%

Dentre as melhorias detectadas, houve uma redução de 38% do tempo de valor não-agregado (horas-extras) e o ciclo de trabalho passou de 42 minutos para 26 minutos. Além disso, as perdas por excesso/falta de estoque foram reduzidas a zero. Detectou-se também uma redução de 33,3% nas perdas por excesso de movimentação. Por fim, só com a economia gerada pela redução do tempo de valor não agregado, foi possível atingir o ponto de equilíbrio (*“break-even point”*, em inglês) do investimento feito para a realização das ações necessárias em quatro meses.

Os eventos Kaizen são reconhecidos pelas empresas por sua importância estratégica, pois representam uma forma de melhorar os processos e, dessa forma, trazer benefícios que impactam positivamente os resultados da empresa. Nesse sentido, é fundamental que a concepção e execução dos eventos Kaizen se baseiem nos indicadores da empresa os quais se deseja melhorar (GLOVER, FARRIS; VAN AKEN, 2014).

McGinnis et al. (1999) salientam que a maioria dos objetivos do evento Kaizen são mensuráveis e possuem métricas comuns, dentre as quais estão a produtividade, o trabalho em processo (WIP – *“Work In Process”*, em inglês), o espaço físico, a taxa de transferência, o tempo de entrega, o tempo de configuração, o tempo de viagem parcial, a porcentagem de entrega no prazo, os defeitos, a taxa de produtividade as medidas de desenho de produto, o preço e a diversidade de linhas de produtos. Esses objetivos dos eventos Kaizen estão alinhados com os KPIs da manufatura enxuta.

O uso de indicadores de desempenho é comum e muito utilizado em diversos segmentos produtivos. Na indústria, os indicadores são fundamentais para o gerenciamento dos processos e na tomada de decisões, sendo necessária uma seleção a respeito de quais indicadores deverão ser usados. Ter informações disponíveis, com qualidade e em tempo hábil a respeito dos processos das

empresas é um fator de grande importância para os líderes que procuram assertividade quanto às ações a serem realizadas.

Os indicadores de desempenho, mais conhecido como KPI (*Key Performance Indicator*, em português “Indicadores Chave de Desempenho”), são critérios que contém as principais informações dos processos. Eles definem as métricas de desempenho da empresa de acordo com suas prioridades/objetivos, sendo utilizadas também na definição da estratégia do negócio. Para Hazzan, Pikas e Sacks (2013), os KPI's são parâmetros utilizados para quantificar a eficiência ou efetividade de ações passadas, sendo essenciais na mensuração do desempenho.

Segundo Neely, Adams e Kennerley (2002), medir desempenho tem como finalidade ajudar as pessoas a identificar se estão ou não se movendo em direção aos objetivos definidos pelas partes interessadas. De acordo com Maslesa, Jensen e Birkved (2018), o propósito dos indicadores é medir o desempenho atual e, obtendo uma clara definição do estado presente, de modo a possibilitar o alcance dos objetivos futuros. Por esse motivo, o uso de KPIs é fundamental para refletir e gerenciar o progresso dos objetivos definidos (MASLESA; JENSEN; BIRKVED, 2018).

Tontowi et al. (2020) destacam que os KPI's são importantes para os tomadores de decisão acompanharem e analisarem a evolução da empresa, conhecerem as fraquezas existentes e desenvolverem planos de ação para melhorar o desempenho. Nesse contexto, os KPIs devem ser desdobrados a partir dos objetivos definidos pelas partes interessadas, monitorados quanto ao desempenho, e, quando necessário, ajustados para melhor representarem os objetivos definidos (Tontowi et al., 2020).

A utilização de sistemas de medições nos diferentes níveis da organização de forma consistente com os objetivos estratégicos contribui de maneira efetiva na consolidação da estratégia de melhoria do desempenho organizacional (MACEDO-SOARES; RATTON, 1999). Como exemplo, Cardoza e Carpinetti (2005) lista um conjunto de 22 indicadores utilizados por empresas de produção de máquinas agrícolas que aplicaram os conceitos de manufatura enxuta (Tabela 5). Apesar de serem aplicados a um tipo específico de empresa, tais indicadores são associados à manufatura enxuta em si, e, por esse motivo, facilmente aplicados a outros setores.

Tabela 5 - Indicadores de desempenho propostos para o sistema de manufatura enxuta.
Fonte: Cardoza e Carpinetti (2005)

Definição
percentual de peças comuns para os produtos da empresa
giro do estoque
número de vezes que as peças são movimentadas
distância que as peças percorrem na fábrica
percentual da manutenção preventiva versus a manutenção total
número de sugestões dos empregados por ano
valor do refugo e retrabalho com relação as vendas da empresa
porcentagem de tempo do equipamento parado por mau funcionamento
porcentagem de sugestões implantadas
ganhos ou benefícios alcançados com as sugestões implantadas
tempo de ressuprimento (<i>lead time</i>) do pedido dos clientes
número de fornecedores para os componentes mais importantes
porcentagem de empregados trabalhando em equipes
porcentagem e número de tarefas realizadas pelas equipes
tamanho do lote de produção
inspeções visuais no controle de qualidade
controle estatístico do processo
controle <i>kanban</i> da produção
número de testes de qualidade das peças
tempo de preparação (<i>setup</i>) do processo
porcentagem das peças recebidas dos fornecedores pelo sistema JIT
número de sugestões de melhoria realizadas pelos fornecedores

Os indicadores apresentados sugerem uma lista de indicadores dos quais um sistema produtivo de manufatura enxuta pode utilizar para monitorar sua aderência em relação a metodologia. A depender do grau de detalhamento necessário dos indicadores para a análise do desempenho da empresa, é possível agrupar essa lista de indicadores, tais como: Pessoal (exemplo: número de sugestão por empregado), Qualidade (exemplo: inspeções visuais no controle de qualidade), Velocidade (exemplo: tempo de preparação do processo) e Financeiro (exemplo: ganhos ou benefícios alcançados com as sugestões implementadas). Esse agrupamento possibilita uma visão sintetizada do desempenho da empresa, facilitando a interpretação por parte dos tomadores de decisão e/ou das partes interessadas.

Segundo Purevsuren et al. (2020), poucos KPIs conduzem a um desequilíbrio entre os resultados desejados e suas respectivas medidas de desempenho, gerando um desbalanceamento entre as entregas desejadas e o desempenho dessas

entregas. Por outro lado, muitos KPIs indicam que itens críticos podem passar despercebidos, devido à elevada quantidade de informação. Dessa forma, um número equilibrado de KPI's de modo a possibilitar e facilitar a tomada de decisões é fundamental.

De acordo com Kang et al. (2016), em um sistema de manufatura, a definição dos KPIs com todos os parâmetros que refletem o desempenho do sistema produtivo é importante para um uso efetivo dos KPIs na melhoria contínua. O entendimento das relações entre indicadores também pode trazer melhores resultados. Purevsuren et al. (2020) vão além e lançam mão do *Analytic Hierarchy Process - AHP* ("Processo Analítico Hierárquico", em português), uma ferramenta multicritério de tomada de decisão, para priorizar e selecionar os indicadores mais relevantes.

A execução dos eventos Kaizen deve resultar na escolha de projetos que proporcionam o melhor retorno, em linha com os indicadores de desempenho definidos pela organização. Para que esse resultado seja possível, o tomador de decisão precisa de instrumentos para avaliar qual será o impacto desses projetos Kaizen para cada um dos KPI's da empresa, de modo a decidir quais deles deverão ser implementados. Para esse fim, o uso de métodos multicritérios podem facilitar muito uma tomada de decisão mais assertiva.

2.2 Processo Analítico Hierárquico – Método AHP

De acordo com Triantaphyllou e Mann (1995), provavelmente, um dos maiores desafios intelectuais da ciência e tecnologia está em como tomar decisões certas, dada uma situação específica. O uso de métodos de seleção de projetos para a tomada de decisão é um fator importante quando se trata de tempo e recursos financeiros.

A competitividade das indústrias demanda por decisões assertivas, em tempo aceitável e com baixo custo. Quando mal dimensionada, tal combinação de fatores pode levar a erros na tomada de decisão e, conseqüentemente, a prejuízos. Segundo Chiang e Nunez (2013), o uso de modelos estruturados de seleção de projetos apresenta resultados mais satisfatórios na seleção de projetos de melhoria contínua, quando comparados com processos empíricos de seleção.

Segundo Kornfeld e Kara (2011), dentre os diferentes tipos de métodos multicritério de tomada de decisão, o AHP - *Analytic Hierarchy Process* (“Processo Analítico Hierárquico”, em português) se destaca como um dos mais utilizados, especialmente na seleção de projetos. Por meio de uma revisão da literatura com trabalhos feitos por universidades americanas, os autores listam alguns estudos que usam o AHP (original ou em conjunto com outros métodos) até 2010 (Tabela 6):

Tabela 6 - Sumário das abordagens da literatura para seleção de projetos.
Fonte: Adaptado de Kornfeld e Kara (2011)

Referências	Metodologia
Ahire and Rana (1995)	AHP
Evans and Alexander (2007)	AHP e simulação
Anand and Kodali (2008)	ANP ⁽¹⁾
Huang et al. (2009)	Fuzzy AHP
Kahraman and Buyukozkan (2008)	Fuzzy AHP
Rabelo et al. (2007)	Simulação Híbrida com AHP
Su and Chou (2008)	AHP

⁽¹⁾ ANP - *Analytic Network Process* (“Processo Analítico em Rede”, em português);

A partir de uma revisão da literatura, com artigos que aplicaram os métodos multicritério em processos de tomada de decisão no setor da saúde, Longary et al. (2016) indicam que o AHP foi o método mais utilizado (55,41% dos casos), seguido pelo MCDA - *Multiple-criteria decision analysis* (“Análise de Decisão Multicritério”, em português – 15,92% dos casos) e o *Fuzzy AHP* (5,73% dos casos - Tabela 7):

Tabela 7 - Métodos multicritério mais utilizados no setor da saúde.
Fonte: Longaray et al. (2016)

Método aplicado	Número de aplicações	Porcentagem da amostragem
AHP	87	55.41%
MCDA ⁽¹⁾	25	15.92%
Fuzzy AHP	9	5.73%
ANP ⁽²⁾	5	3.18%
Método de análise conjunta	5	3.18%
TOPSIS ⁽³⁾	5	3.18%
BSC ⁽⁴⁾	4	2.55%
Método Markov	4	2.55%
Outros métodos	13	8.30%

⁽¹⁾ *Multiple Criteria Decision Analysis* (“Objetivo Múltiplo de Tomada de Decisão”, em português);

⁽²⁾ *Analytic Network Process* (“Processo Analítico em Rede”, em português);

⁽³⁾ *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (“Técnica para Ordem de Preferência por Similaridade com a Solução Ideal”, em português);

⁽⁴⁾ *Balance Score Card* (“Indicadores balanceados em português”).

Na indústria, Kiatcharoenpol et al. (2015) realizaram uma revisão da literatura e mapearam os 12 fatores críticos de sucesso para o setor de produção de componentes eletrônicos tailandeses, com o auxílio da Visão Baseada em Recursos, técnica que identifica, dentro da estratégia da companhia, as vantagens competitivas a partir dos recursos e competências característicos da empresa/setor. A partir desse mapeamento, os autores entrevistaram especialistas em aplicação da manufatura enxuta e, por meio do AHP, priorizaram os fatores críticos de sucesso mais relevantes para o setor estudado, identificando os recursos tecnológicos como o fator de sucesso mais crítico.

Desde que foi criado, o AHP tem sua aplicação em diversos cenários de tomada de decisão: escolhas, priorização, alocação de recursos, *benchmarking* e no gerenciamento da qualidade (BHUSHAN; RAI, 2007). Segundo Emrouznejad e Marra (2017), o número de publicações relacionadas ao AHP tem aumentado desde 2006, com mais de 800 publicações entre 2013 e 2015 (Gráfico 1):

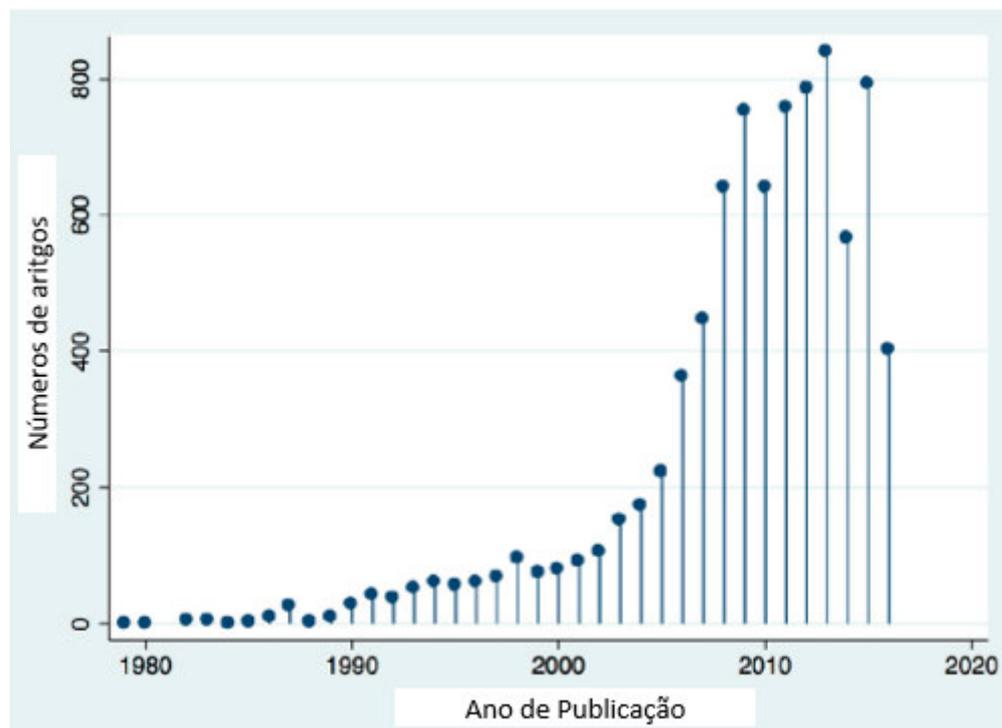


Gráfico 1 - Número de publicações por ano (1979 a 2017).

Fonte: Emrouznejad e Marra (2017).

Segundo Vargas (1990), o AHP é uma teoria de medição que analisa variáveis quantificáveis e/ou critérios intangíveis para a teoria da decisão e resolução de conflitos. Ele é baseado no princípio de que para tomar decisões, poder experimentar

e considerar o conhecimento das pessoas é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados. Saaty (1990) afirma que o AHP é indicado para a comparação de um número finito de alternativas, de modo que os participantes selecionem somente os fatores que são essenciais para tomar a decisão.

O AHP baseia-se na decomposição de um problema em uma hierarquia de subproblemas, permitindo uma melhor compreensão dele. Os passos para a aplicação do método são descritos a seguir:

- **Passo 1:** Decomposição do problema em uma hierarquia de objetivos, critérios, subcritérios e alternativas conforme Figura 1:

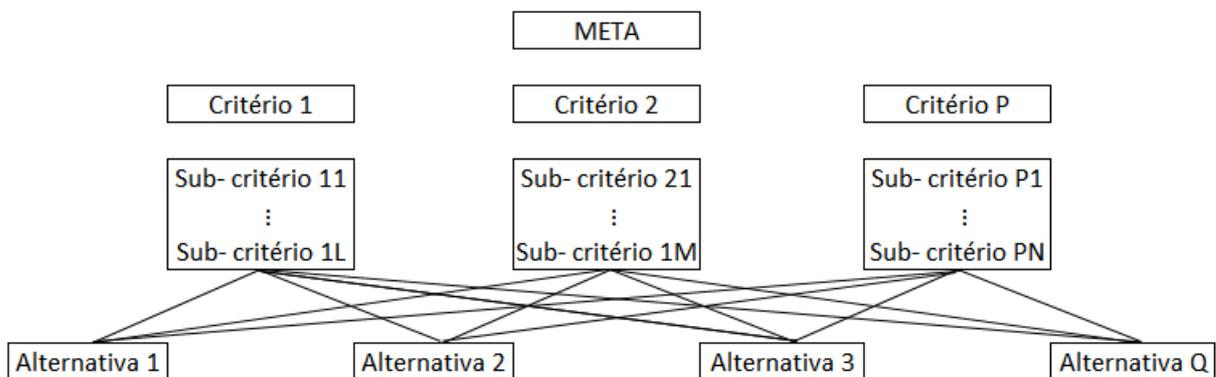


Figura 1 - Estrutura hierárquica genérica.

Fonte: Bhushan e Rai (2007).

O uso do AHP se inicia com a decomposição do problema em uma hierarquia de critérios para que seja possível o tomador de decisão fazer uma análise comparativa e independente. Uma vez definida a lógica da hierarquia, realiza-se a comparação par-a-par sistemática das alternativas.

- **Passo 2:** Comparação par-a-par das alternativas, por parte dos entrevistados/tomadores de decisão, os quais podem classificar uma comparação como: igual, marginalmente forte, forte, muito forte e extremamente forte. No caso apresentado plena Figura 2, o “x” indica que B é muito forte quando comparado com A.

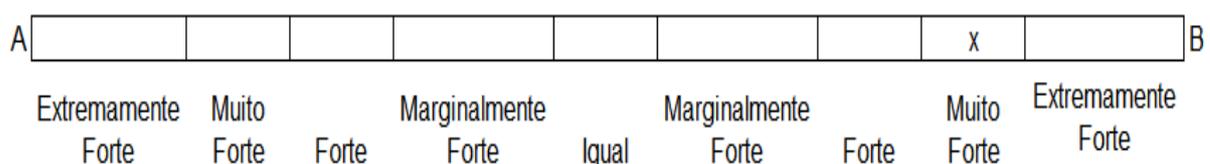


Figura 2 - Classificação para comparação.

Fonte: Bhushan e Rai (2007).

Para além da classificação qualitativa da comparação par-a-par, há a classificação quantitativa, por meio das relações de conversões apresentadas pela Tabela 8:

Tabela 8 - Escala de gradação para comparação quantitativa de alternativas.
Fonte: Bhushan e Rai (2007).

Opções	Valores Numéricos
Igual	1
Marginalmente Forte	3
Forte	5
Muito Forte	7
Extremamente Forte	9
Valores intermediários que refletem as entradas fuzzy	2,4,6,8
Refletindo a dominância da segunda alternativa em comparação com a primeira	Recíprocas

- **Passo 3:** Os resultados do Passo 2 são organizados em uma Matriz de Comparação (matriz quadrada).

É válido salientar a característica recíproca das comparações par-a-par: se A é 3 vezes mais importante que B, B é 1/3 mais importante que A. Sendo assim, somente metade das comparações são necessárias (diagonal superior da matriz), já que cada elemento da metade restante (diagonal inferior) pode ser calculado como o inverso de seu elemento simétrico.

- **Passo 4:** Após a construção da Matriz de Comparação, ela é normalizada, dividindo cada elemento pela soma das respectivas colunas. A partir da Matriz Normalizada, calcula-se o autovetor, por meio da média aritmética de cada linha da Matriz Normalizada. Cada elemento do vetor representa o peso/importância relativa de cada alternativa avaliada.
- **Passo 5:** Após a matriz estar completa, deve-se verificar a sua consistência para identificar possíveis contradições nas comparações. As contradições podem ser resultantes dos seguintes problemas: definição vaga do problema; informações insuficientes; informações incertas; falta de conhecimento/foco do decisor.

Para essa avaliação, é necessário calcular o Índice de Consistência (CI) e a Taxa Consistência (CR). O índice de consistência é calculado pela Equação 1:

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (1)$$

Tal que, λ_{max} é o máximo autovalor e n é o número de alternativas do problema.

Segundo Saaty (2005), para verificar se o valor encontrado do Índice de Consistência (CI) é adequado, é preciso analisar a sua Taxa de Consistência (CR). Ela é determinada pela razão entre o valor do CI e o Índice Randômico (RI). A matriz será considerada consistente se essa razão for menor que 10%.

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1 \quad (2)$$

Os valores de RI são fixos, com base no número de critérios/alternativas avaliadas (Tabela 9):

Tabela 9 - Índice de consistência aleatória.
Fonte: SAATY (2005).

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

- **Passo 6:** Caso a matriz for considerada consistente, calcula-se a relevância de cada alternativa por meio da multiplicação vetorial da matriz normalizada pelo autovetor. A priorização ocorre depois, ordenando de maneira decrescente as alternativas em relação aos seus resultados de relevância (i.e., a alternativa com maior resultado de relevância é a primeira, seguida pela alternativa com o segundo maior resultado de relevância, e, assim, sucessivamente).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a classificação da pesquisa quanto à sua natureza (objetivos, abordagem e método) e etapas necessárias para o desenvolvimento do estudo.

A partir dos critérios da metodologia científica descritos por Cauchick Miguel (2011) e Turrioni e Mello (2012), o presente trabalho pode ser definido como (Figura 3):

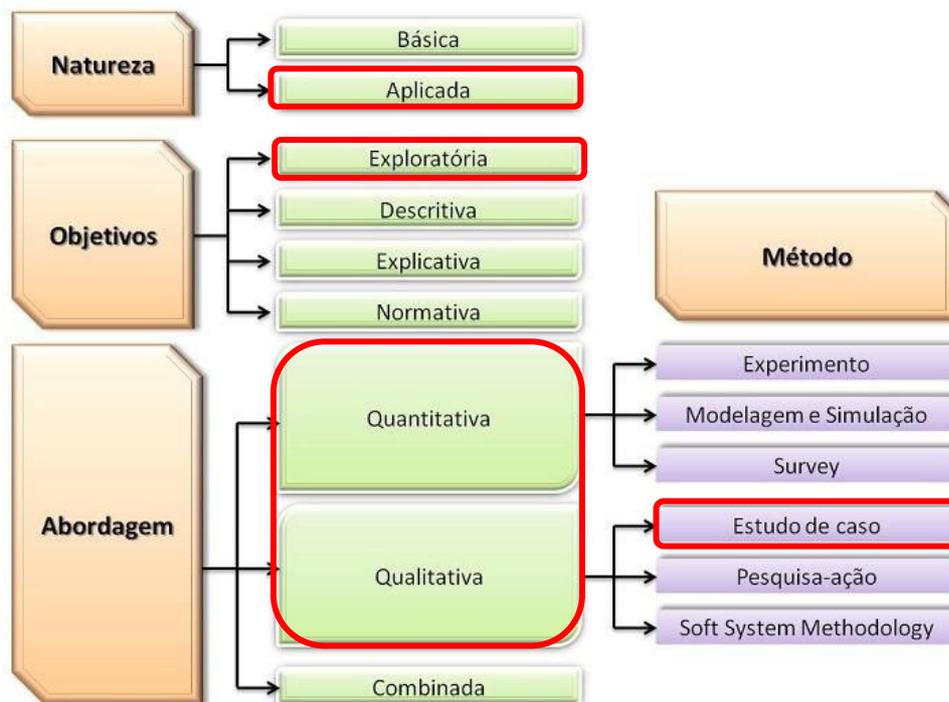


Figura 3 - Classificação da pesquisa científica
Adaptado: Turrioni e Mello (2012).

- **Quanto à natureza:** Aplicada, pois teve como desígnio desenvolver e aplicar um procedimento para classificar projetos Kaizen por meio da priorização de seus indicadores a partir do AHP. A aplicação do procedimento foi em uma empresa de manufatura de máquinas e equipamentos de grande porte, localizada na região de Campinas (SP).
- **Quanto aos objetivos:** Exploratória, pois ela foi desenvolvida e discutida a partir de dados reais coletados na empresa;
- **Quanto à abordagem:** Quantitativa, pois os dados coletados no estudo serão utilizados por modelos de base matemática, e qualitativa, pois também busca

a identificação das características do processo de tomada de decisão da empresa. Ambas as abordagens são fundamentais para a construção do procedimento proposto nesse estudo;

- **Quanto ao método:** Estudo de caso, pois teve como meta estudar a forma como os projetos Kaizen são selecionados e priorizados em uma determinada empresa, bem como a forma como os indicadores dos projetos são avaliados. Tais informações servirão de base e de parâmetros de verificação para o procedimento proposto de classificação e priorização de projetos desenvolvido.

As etapas seguidas neste trabalho são indicadas pela Tabela 10:

Tabela 10 - Etapas da pesquisa.

Etapa 1	Pesquisa bibliográfica e revisão da literatura sobre os temas: Kaizen, Manufatura Enxuta e o Método AHP
Etapa 2	Identificação e Caracterização da Empresa
Etapa 3	Definição do caso e da coleta de dados
Etapa 4	Aplicação da Pesquisa com Líderes
Etapa 5	Consolidação dos Resultados
Etapa 6	Priorização dos Indicadores para cada Projeto

3.1 Etapa 1 - Pesquisa Bibliográfica

De acordo com Cauchick Miguel (2011), a realização da revisão da literatura é necessária para proporcionar a base teórica para a pesquisa, bem como identificar a lacuna a qual ela preencherá.

Para o presente trabalho, a busca na literatura foi conduzida usando 4 bases de dados com grande concentração de trabalhos acadêmicos na área da engenharia: *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar*.

As palavras-chave usadas na pesquisa foram: *Decision-Making*, *Lean Manufacturing*, Kaizen e KPI. A busca das palavras-chave escolhidas retornou,

somando os resultados dos 4 bancos de dados, 935 artigos. A partir dessa seleção inicial, realizou-se uma primeira triagem, limitando os artigos em relação ao tempo (i.e., artigos publicados entre 1990 e 2020) e relevância (a partir da análise de título e palavras-chave). Como resultado dessa primeira triagem, a seleção dos artigos foi reduzida de 935 para 108 artigos.

A partir dessa nova seleção, uma segunda triagem foi feita, por meio de análise de resumos, resultando em 50 artigos selecionados. Por fim, esses trabalhos foram avaliados, por meio da leitura integral de seus conteúdos, e 35 foram escolhidos, servindo como base teórica para a confecção do referencial teórico e da metodologia.

A Figura 4 apresenta, em síntese, as etapas realizadas nessa etapa:

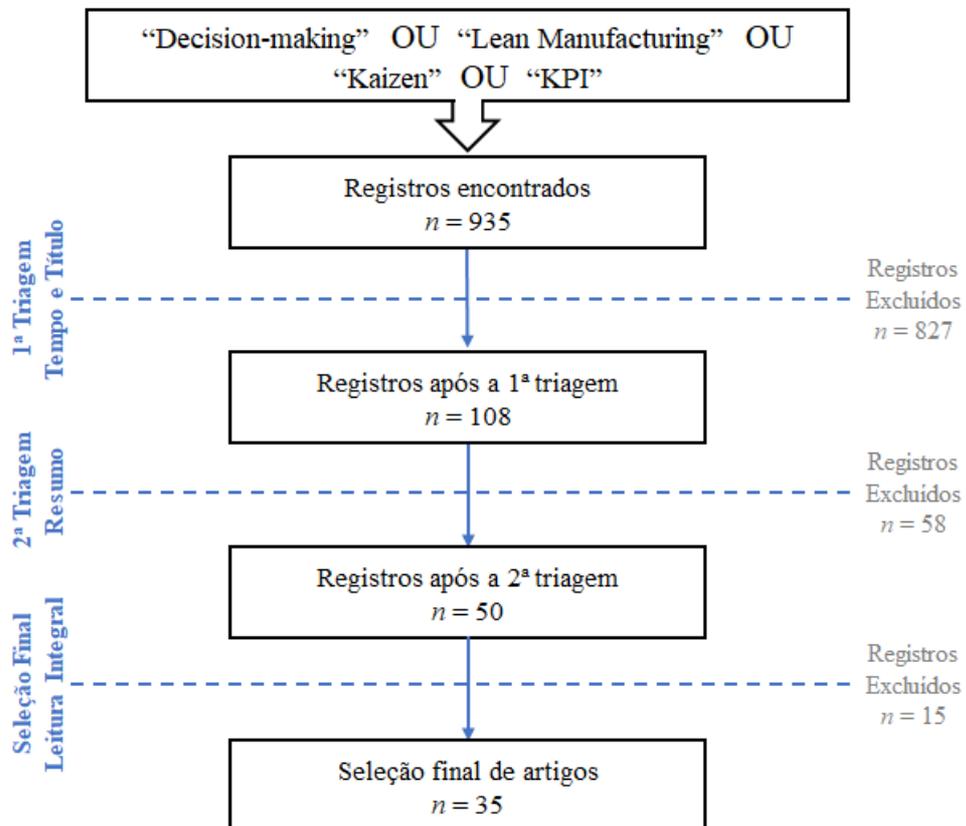


Figura 4 - Processo de seleção de artigos para revisão.

3.2 Etapa 2 - Identificação e Caracterização da Empresa

O estudo de caso foi realizado em uma empresa multinacional de grande porte, do setor de máquina e equipamentos, localizada na região em Campinas (SP). A

empresa possui mais de 5.000 funcionários no país e possui como escopo de negócio a montagem tratores de rodas e esteira, montagem de grupos geradores de energia elétrica, e centro de distribuição de peças para as Américas.

3.3 Etapa 3 - Definição do caso e da coleta de dados

Segundo Voss, Tsiriktsis e Frohlich (2002), a definição do estudo de caso se dá pela história de um fenômeno passado ou atual, extraído de múltiplas fontes de evidência e de dados de observação direta e entrevistas, bem como arquivos públicos e privados.

O fenômeno avaliado na empresa estudada foi o método de escolha de projetos Kaizen, dentro de um evento Kaizen. Os instrumentos e protocolos de pesquisa adotados baseiam-se, inicialmente, em uma pesquisa estruturada com líderes do setor estudado, por meio de entrevistas e questionários.

A Tabela 11 apresenta os componentes básicos da pesquisa realizada com cada líder. Cada entrevistado analisou 5 projetos Kaizen a partir dos indicadores globais da empresa, convergidos em critérios de: Pessoal (P), Qualidade (Q), Velocidade (V) e Financeiro (F).

Tabela 11 - Constructos utilizados e dados a serem coletados na pesquisa.

Constructos		Dados a serem coletados
Definição do Projeto	Indicadores	Por meio de entrevista com líderes, identificar a priorização dos indicadores de projetos Kaizen, modelo atual e o proposto (baseado no AHP).
Projeto 1, 2, 3, 4 e 5	Pessoal, Qualidade, Velocidade e Financeiro	

A partir dos conhecimentos sobre manufatura enxuta adquiridos da literatura, treinamento realizados na empresa e participação em eventos, foi possível alinhar os indicadores de manufatura enxuta mais usados na literatura com os indicadores globais e locais já existentes na empresa, conforme mostra a Tabela 12:

Tabela 12 - Relação entre indicadores de manufatura enxuta e os indicadores globais e locais da empresa.

Manufatura Enxuta (Conceito)	Manufatura Enxuta (Empresa)	
Indicadores utilizados pelas empresas com produção enxuta	Indicadores Globais da Empresa (Critério)	Descrição dos indicadores da empresa onde se aplicou o estudo de caso
Indicadores visuais (Alvarez et al., 2001)	Pessoal	Melhorias de segurança implementadas
		SFMEA com risco alto identificado
Quantidade dos <i>Green Belts</i> treinados		
Flexibilização da Mão-de-obra (Monden, 1997)	Qualidade	Melhorias de qualidade implementadas
Controle de Qualidade zero defeitos e Operações Padronizadas (Söderquist et al., 1999) e (Shingo, 1996)		Falhas (em partes por milhão)
		Número de processos padrão documentado
Balanceamento da produção (Fullerton et al., 2001)	Velocidade	<i>Takt Time</i> em segundos
Número de vezes que as peças são movimentadas (Monden, 1997)		Distância percorrida
Nivelamento da produção (Ghinato, 2000).		Melhorias de OEE / OPE
Manutenção Produtiva Total (Bamber et al., 2000)		Número de Máquinas no TPM
Melhoria Contínua (Imai, 1994)	Financeiro	Evitação de Custo (Ano)

Os líderes escolhidos para a realização das entrevistas foram: um líder da Qualidade, um líder de Operações e um líder especialista *Master Black Belt* (profissional com formação avançada na metodologia 6 Sigma de redução de desperdícios). Os três entrevistados representam 30% dos tomadores de decisão da divisão em que os projetos foram aplicados.

Cinco projetos Kaizen foram selecionados para a aplicação da metodologia desenvolvida, referentes ao período entre 2018 e 2020. Inicialmente, dois desses projetos foram escolhidos, para uma avaliação preliminar:

- 1- Adequação de uma linha de montagem para ampliação da produção de 6 para 10 equipamentos por dia, atendendo ao *Takt Time* - TT (“compasso” ou “ritmo”, em português) original;

- 2- Aumentar o volume de 10 para 12 equipamentos por dia para atingir o tempo de ciclo - TC ("*Cycle Time*", em inglês) de oito semanas entre pedido e a entrega do produto.

Após a consolidação dos resultados e a conclusão dos estudos preliminares, foram selecionados mais três projetos Kaizen:

- 3- Rebalanceamento das operações de montagem com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo em 10% e evitar a implementação de turnos adicionais.
- 4- Aplicar melhoria contínua em processo gargalo de armazenagem de componentes para introduzir novos produtos, evitando investimentos.
- 5- Mapear projetos de melhoria contínua com o propósito de gerenciar os subprojetos em andamento.

Por fim, os dados obtidos foram organizados em planilhas, de modo a serem tratados e centralizados em uma fonte única de informação, permitindo uma análise visual e rápida das informações sobre os projetos, indicadores (critérios) e avaliações dos líderes.

3.4 Etapa 4 - Aplicação da Pesquisa com Líderes

Conforme já descrito na seção 3.3, o processo de pesquisa foi realizado com um líder da Qualidade, um líder de Operações e um líder especialista *Master Black Belt*. Dois dos entrevistados, o líder da Qualidade e o líder especialista *Master Black Belt*, possuem larga experiência em projetos e liderança, mas apenas o líder especialista *Master Black Belt* já conhecia o método AHP, pois já o utilizava na seleção projetos 6 Sigma. Esse conhecimento prévio por parte do especialista facilitou a realização da pesquisa e contribuiu com algumas melhorias no procedimento. O terceiro entrevistado, o líder de Operações, tinha iniciado suas atividades na liderança havia apenas um ano, e não conhecia o método AHP.

A pesquisa foi realizada de maneira individual e previamente agendada, com o tempo de uma hora, sendo necessário uma hora adicional após alguns ajustes e melhorias no formato identificado durante a seção. A primeira etapa foi a apresentação

do projeto de pesquisa e os objetivos do estudo, em seguida foi realizado uma apresentação e introdução dos modelos de seleção de projetos (atual e AHP).

A Tabela 13 apresenta o formulário desenvolvido para auxiliar os entrevistados na aplicação do modelo atual de seleção de projetos. A partir da descrição dos projetos avaliados, cada líder, com liberdade de escolha e de acordo com sua própria experiência, definiu o potencial impacto de cada projeto para cada um dos quatro indicadores (critérios): P, Q V e F.

Tabela 13 - Modelo Atual de tomada de decisão.

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Descrição do Projeto	Líder	Projeto X impacto nos indicadores (Critérios)			
		Pessoas	Qualidade	Velocidade	Financeiro
Adequação de uma linha de montagem para ampliação da produção de 6 para 10 equipamentos por dia, atendendo ao <i>Takt Time</i>	1				
	2				
	3				
Aumentar o volume de 10 para 12 equipamentos por dia para atingir o tempo de ciclo - TC de oito semanas entre pedido e a entrega do produto	1				
	2				
	3				
Rebalanceamento das operações de montagem com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo em 10% e evitar a implementação de turnos adicionais	1				
	2				
	3				
Aplicar melhoria contínua em processo gargalo de armazenagem de componentes para introduzir novos produtos, evitando investimentos.	1				
	2				
	3				
Mapear projetos de melhoria contínua com o propósito de gerenciar os subprojetos em andamento	1				
	2				
	3				

Para manter a integridade do formato proposto, somente o escopo dos projetos selecionados foram apresentados, sem abordar os resultados esperados dos projetos em si. Após apresentação do escopo, solicitou-se que cada líder fizesse uma priorização dos indicadores P, Q, V e F para cada um dos projetos, a partir de uma

escala de 1 a 4, na qual 1 é o mais importante/impactante e o 4 o menos importante/impactante.

Uma vez finalizada a priorização dos indicadores por projeto, a partir do formulário apresentado pela Tabela 13 (modelo atual), os entrevistados foram apresentados à ferramenta de aplicação do método AHP. Nessa etapa, escolheu-se a ferramenta virtual AHP-OS, desenvolvido por Goelpel (2019), da *Business Performance Management Singapore* - BPMSG, devido à facilidade de configuração e de aplicação, ponto esse confirmado pelos líderes.

Nessa ferramenta, primeiramente há a atribuição dos critérios (indicadores P, Q, C e F) selecionados, conforme mostra a Figura 5:

AHP Criteria

Select number and names of criteria, then start pairwise comparisons to calculate priorities using the Analytic Hierarchy Process.

Select number of criteria:

Input number and names (2 - 20) Go OK

AHP priorities	
Name of Criteria	
1	Pessoa
2	Qualidade
3	Velocidade
4	Financeira

Figura 5 - Definição de Critérios

Fonte: GOELPEL, 2019

Uma vez definidos os critérios, faz-se a atribuição par-a-par por meio de uma escala de graduação para comparação quantitativa de alternativas (Tabela 8), a qual relaciona, par-a-par, a importância de cada um dos critérios em relação aos outros. Tal atribuição é feita por meio do formulário apresentado pela Figura 6:

	A - wrt AHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1	<input checked="" type="radio"/> Pessoa	<input type="radio"/> Qualidade	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Pessoa	<input type="radio"/> Velocidade	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Pessoa	<input type="radio"/> Financeira	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Qualidade	<input type="radio"/> Velocidade	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Qualidade	<input type="radio"/> Financeira	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Velocidade	<input type="radio"/> Financeira	<input checked="" type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
CR = 0% Please start pairwise comparison			

Figura 6 - Atribuição de Pesos e Preferências
Fonte: GOELPEL, 2019

3.5 Etapa 5 - Consolidação dos Resultados

A partir dos resultados de priorização obtidos com os líderes entrevistados, consolidou-se as informações dos indicadores para cada projeto e líder em tabelas, de modo a facilitar a análise e discussão do desempenho de cada método de seleção de projetos Kaizen (atual e AHP), comparar os resultados obtidos entre os modelos, projetos e líderes.

3.6 Etapa 6 - Priorização dos Indicadores para cada Projeto

Após a consolidação dos resultados de cada líder para cada projeto, é necessário definir um resultado de priorização final dos indicadores por projeto, a partir das informações fornecidas por cada líder.

Para esse fim, pode-se utilizar, basicamente, dois tipos de ferramentas: métodos de agregação ou processo de consenso (Figura 7).

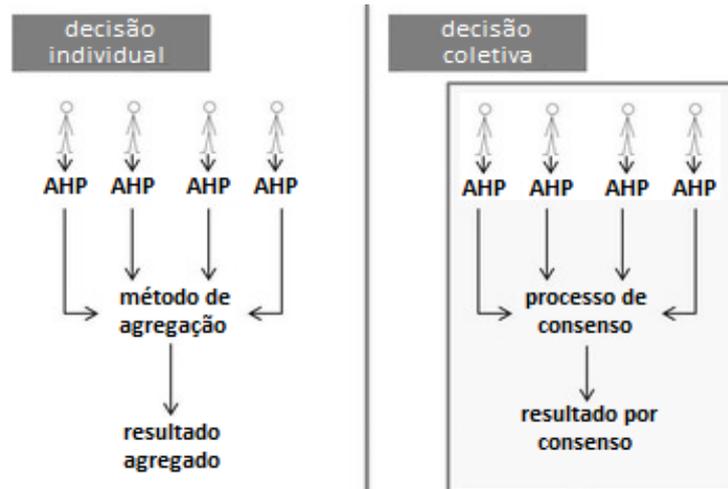


Figura 7 - Métodos de decisão individual e coletiva
Adaptado: Pauer et al., 2016

O uso de um método de agregação consiste em, basicamente, agregar informações de diferentes fontes e/ou tipos em um dado final, de tal modo que ele represente, em certa medida, os dados usados para a sua confecção.

O processo de consenso, por outro lado, consiste em juntar os dados/informações necessárias para uma priorização/decisão e usá-los como base para uma deliberação em grupo, este formado pelos tomadores de decisão.

Para o presente trabalho, ambas as opções foram avaliadas, porém escolheu-se pelo uso do método de agregação devido à algumas limitações apresentadas pelo processo de consenso, tais quais: dificuldade em reunir todos os líderes envolvidos na tomada de decisão e possibilidade de ocorrência de grande divergência de opiniões, resultando em um tempo elevado para a finalização do processo (ou até mesmo em um resultado de não-consenso).

Assim, optou-se pela utilização de um método de agregação, pois ele possibilita a síntese de uma priorização final para cada projeto, a partir da avaliação individual de cada líder.

Dos métodos de agregação existentes mais usados, a média geométrica é uma das mais indicadas para o AHP, pois, diferentemente da média aritmética, média aritmética ponderada, e da mediana, a média geométrica é a única que mantém a reciprocidade da matriz de comparação par-a-par, parte fundamental da ferramenta (ACZEL; SAATY, 1983; KREJČÍ; STOKLASA, 2018).

Visto que a média geométrica é a ferramenta mais indicada para ser utilizada como método de agregação, é importante abordar sua fórmula e como ela foi utilizada nesse estudo.

Em linha gerais, a média geométrica é calculada a partir da multiplicação dos elementos de um conjunto de dados, seguido da raiz do número de elementos contidos nesse conjunto. A fórmula geral da média geométrica é apresentada pela Equação 3:

$$Mg = \sqrt[n]{x_1 * x_2 * \dots * x_n} \quad (3)$$

Tal que,

- Mg = Média Geométrica;
- n = Número de elementos do conjunto de dados;
- x_i = Valores dos dados.

Um exemplo da aplicação da média geométrica é mostrado a seguir: para um conjunto de 3 elementos, tal que $n = 3$, $x_1 = 1$; $x_2 = 3$ e $x_3 = 9$. Tem-se então que, a média geométrica desse conjunto será:

$$Mg = \sqrt[3]{1 * 3 * 9} = \sqrt[3]{27} = 3 \quad (4)$$

No presente estudo, a média geométrica foi aplicada para agregar os resultados da aplicação do AHP de cada indicador, em cada um dos 5 projetos, a partir das pesquisas realizadas individualmente com os líderes 1, 2 e 3.

Desse modo, a partir da fórmula geral da média geométrica (Equação 3), derivou-se a fórmula usada para a agregação da prioridade de cada indicador para cada projeto avaliado no estudo de caso:

$$MGI = \sqrt[3]{L1 * L2 * L3} \quad (5)$$

Tal que,

- MGI = Média Geométrica do Indicador;
- $L1$ = Resultado do Indicador fornecido pelo líder 1;
- $L2$ = Resultado do Indicador fornecido pelo líder 2;
- $L3$ = Resultado do Indicador fornecido pelo líder 3;

A Tabela 14, apresenta um resumo da aplicação da média geométrica na priorização dos indicadores em cada projeto.

Tabela 14 – Síntese do uso da média geométrica para o calculo do resultado agregado de cada indicador para cada projeto.

Fonte: Desenvolvido pelo autor

		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5
Indicador	P	MGI (L1, L2,L3)				
	Q	MGI (L1, L2,L3)				
	V	MGI (L1, L2,L3)				
	F	MGI (L1, L2,L3)				

A partir dos resultados agregados dos indicadores de cada projeto é possível classificá-la para que, assim, possam auxiliar na tomada de decisão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados de priorização utilizando o Modelo Atual

O desenvolvimento e aplicação do modelo atual foi necessário para ter uma referência do processo de priorização de projetos e tomada de decisão atualmente utilizado pelos líderes. Os resultados obtidos da aplicação da pesquisa utilizando o modelo atual são apresentados pela Tabela 15:

Tabela 15 - Resultados da priorização pelo Modelo Atual de tomada de decisão.

Modelo atual							
		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	
Líder 1	Indicador	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	
		P	3°	3°	3°	3°	1°
		Q	4°	4°	4°	4°	3°
		V	2°	1°	2°	1°	4°
		F	1°	2°	1°	2°	2°
Líder 2	Indicador	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	
		P	3°	4°	3°	3°	3°
		Q	4°	3°	4°	4°	2°
		V	2°	1°	2°	2°	1°
		F	1°	2°	1°	1°	4°
Líder 3	Indicador	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	
		P	3°	3°	3°	4°	1°
		Q	4°	4°	4°	3°	3°
		V	2°	1°	2°	1°	2°
		F	1°	2°	1°	2°	4°

A partir dos resultados fornecidos pela Tabela 15, verificou-se que os três líderes priorizaram da mesma forma os Projetos 1 e 3, tal que $F > V > P > Q$.

No Projeto 2, a priorização dos líderes 1 e 3 também foi a mesma: $V > F > P > Q$. A exceção ficou com a priorização do líder 2, que, assim como os outros líderes, identificou os indicadores Velocidade e Financeiro como mais relevantes ($V > F$), mas apresentou uma divergência em relação a qual dos indicadores menos importantes (P e Q) tinha maior relevância ($Q > P$).

No Projeto 4, os líderes concordaram que os indicadores V e F eram os mais relevantes, mas houve uma divergência entre e o líder 2, que identificou $F > V$ e os

líderes 1 e 3, os quais priorizaram $V > F$. Com relação aos indicadores identificados como de menor relevância pelos líderes, P e Q, os líderes 1 e 2 entenderam que $P > Q$, enquanto o líder 3 identificou que $Q > P$.

No Projeto 5, observa-se maior divergência na priorização. Os líderes 1 e 3 priorizaram da mesma forma os indicadores Pessoal e Qualidade (P mais importante e Q na terceira posição), os líderes 2 e 3 priorizaram igualmente o indicador Financeiro (F) como sendo o menos importante.

Por fim, foi possível verificar que o modelo atual apresenta divergências e convergências das priorizações entre os líderes. Esses pontos foram evidenciados analisando o fato de que a área em que o líder atua pode influenciar na sua avaliação/priorização, principalmente em projetos de interesse do líder. Outro ponto de divergência se refere ao desconhecimento/experiência do líder na identificação dos impactos/contribuições dos projetos em para cada indicador.

4.2 Resultados de priorização utilizando o Modelo proposto

Conforme descrito na seção 3.4, as Tabelas 16 e 17 apresentam os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta AHP-OS na priorização dos projetos. Para esse fim, a ferramenta proposta foi aplicada para cada líder e projeto, resultando, em cada aplicação, matriz de comparação de critérios, índices de inconsistência e obtenção das priorizações e posições.

A Tabela 16 introduz as matrizes de comparação, exibindo as comparações par-a-par de cada um dos três líderes, para cada um dos 5 projetos. A partir dos dados da matriz de comparação, foi possível obter a importância de cada indicador avaliado dentro de cada projeto e para cada líder entrevistado (autovetor do AHP - Tabela 17).

Além disso, a ferramenta AHP-OS também realizou o cálculo da taxa de consistência para cada uma das matrizes de comparação. Conforme é possível verificar na Tabela 17, todas as matrizes de comparação apresentaram taxas de consistência CR menores que 0,1 (10%), o que, de acordo com o método AHP, garante que tais resultados obtidos possuem um nível aceitável de consistência (Saaty, 1983).

Tabela 16 - Matrizes de comparação dos critérios, por projeto e por líder.

Projeto 1						Projeto 2					Projeto 3					Projeto 4					Projeto 5				
Adequação de uma linha de montagem para ampliação da produção de 6 para 10 equipamentos por dia.						Aumentar o volume de 10 para 12 equipamentos por dia para atingir o TC de oito semanas, entre pedido e a entrega do produto.					Rebalanceamento das operações de montagem para reduzir o tempo de ciclo em 10%, evitando a implementação de turnos adicionais.					Aplicar melhoria contínua em processo gargalo de armazenagem de componentes para introduzir novos produtos, evitando investimentos					Mapear projetos de melhoria contínua com o propósito de gerenciar os subprojetos em andamento				
Líder 1		P	Q	V	F	P	Q	V	F	P	Q	V	F	P	Q	V	F	P	Q	V	F				
	P	1	2	0,33	0,2	1	3	0,25	0,5	1	3	4	4	1	0,5	0,25	0,2	1	1	1	0,5				
	Q	0,5	1	0,33	0,11	0,33	1	0,2	0,14	0,33	1	2	5	2	1	0,17	0,25	1	1	0,33	0,25				
	V	3	3	1	0,25	4	1	1	3	0,25	0,5	1	3	4	6	1	0,5	1	3	1	0,33				
F	5	9	4	1	2	0,33	0,33	1	0,25	0,2	0,33	1	5	4	2	1	2	4	3	1					
Líder 2	P	1	2	0,33	0,11	1	0,33	0,11	0,14	1	2	0,17	0,14	1	2	0,2	0,13	1	0,33	0,14	3				
	Q	0,5	1	0,25	0,14	3	1	0,17	0,17	0,5	1	0,17	0,11	0,5	1	0,2	0,11	3	1	0,2	3				
	V	3	4	1	0,33	9	6	1	3	6	6	1	0,25	5	5	1	0,33	7	5	1	7				
	F	9	7	3	1	7	6	0,33	1	7	9	4	1	8	9	3	1	0,33	0,33	0,14	1				
Líder 3	P	1	0,5	0,13	0,11	1	0,33	0,11	0,17	1	0,33	0,13	0,11	1	0,25	0,2	0,11	1	6	6	9				
	Q	2	1	0,33	0,14	3	1	0,11	0,2	3	1	0,33	0,13	4	1	0,33	0,14	0,17	1	2	6				
	V	8	3	1	0,17	9	9	1	4	8	3	1	0,2	5	3	1	0,2	0,17	0,5	1	4				
	F	9	7	6	1	6	5	0,25	1	9	8	5	1	9	7	5	1	0,11	0,17	0,25	1				

Tabela 17 - Resultados priorização dos indicadores e da taxa de consistência do modelo proposto, por projeto e por líder.

		Projeto 1			Projeto 2			Projeto 3			Projeto 4			Projeto 5		
		Relevância	Posição	CR												
Líder 1	P	10%	3°	0,031	14%	3°	0,071	9%	4°	0,041	7%	4°	0,067	18%	3°	0,058
	Q	6%	4°		6%	4°		11%	3°		10%	3°		12%	4°	
	V	21%	2°		53%	1°		34%	2°		36%	2°		22%	2°	
	F	62%	1°		27%	2°		46%	1°		47%	1°		48%	1°	
Líder 2	P	9%	3°	0,039	4%	4°	0,077	7%	3°	0,074	8%	3°	0,034	10%	3°	0,084
	Q	6%	4°		9%	3°		5%	4°		5%	4°		19%	2°	
	V	23%	2°		57%	1°		27%	2°		27%	2°		65%	1°	
	F	62%	1°		31%	2°		62%	1°		60%	1°		6%	4°	
Líder 3	P	4%	4°	0,095	4%	4°	0,085	4%	4°	0,085	5%	4°	0,086	66%	1°	0,081
	Q	8%	3°		8%	3°		8%	3°		10%	3°		18%	2°	
	V	21%	2°		64%	1°		22%	2°		20%	2°		12%	3°	
	F	67%	1°		24%	2°		66%	1°		65%	1°		4%	4°	

A Tabela 18 sintetiza os resultados das priorizações dos indicadores de cada projeto, de acordo com cada líder, feito por meio do modelo proposto:

Tabela 18 - Resultados da priorização pelo Modelo Proposto de tomada de decisão.

Modelo AHP							
		Projeto 1	Projeto 2	Projeto 3	Projeto 4	Projeto 5	
Líder 1	Indicador	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	
		P	3°	3°	4°	4°	3°
		Q	4°	4°	3°	3°	4°
		V	2°	1°	2°	2°	2°
		F	1°	2°	1°	1°	1°
Líder 2	Indicador	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	
		P	3°	4°	3°	3°	3°
		Q	4°	3°	4°	4°	2°
		V	2°	1°	2°	2°	1°
		F	1°	2°	1°	1°	4°
Líder 3	Indicador	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	Priorização	
		P	4°	4°	4°	4°	1°
		Q	3°	3°	3°	3°	2°
		V	2°	1°	2°	2°	3°
		F	1°	2°	1°	1°	4°

Com a aplicação do modelo proposto (AHP), foi possível definir a matriz de comparação dos critérios com a relação par-a-par entre eles, para então, calcular-se os autovetores e taxas de consistências (CR) de cada projeto para cada líder. A partir da aprovação do critério mínimo de consistência para cada um dos casos avaliados, foi possível fazer a priorização dos indicadores de cada projeto, de acordo com cada líder, a partir dos pesos de cada indicador, dado pelos valores contidos nos autovetores (Tabelas 17 e 18).

Com relação ao projeto 1, os três líderes identificaram que os indicadores Financeiro e de Velocidade são os mais relevantes ($F > V$). Para os indicadores Pessoal e Qualidade, os líderes 1 e 2 priorizaram igualmente ($P > Q$), já o líder 3 priorizou ($Q > P$). Para o projeto 2, os três líderes também consideraram os indicadores Financeiro e de Velocidade como os mais relevantes, só que dessa vez a Velocidade foi mais relevante que o indicador Financeiro ($V > F$). Para os indicadores Pessoal e Qualidade, os líderes 2 e 3 priorizaram igualmente ($Q > P$), já o líder 1 priorizou ($P > Q$).

Com relação aos projetos 3 e 4, os três líderes identificaram que os indicadores Financeiro e de Velocidade são os mais relevantes ($F > V$). Para os indicadores Pessoal e Qualidade, os líderes 1 e 3 priorizaram igualmente ($Q > P$), já o líder 2 priorizou ($P > Q$).

Por fim, para o projeto 5, observou-se novamente uma maior divergência na priorização entre os líderes e projetos. O líder 1 identificou que $F > V > P > Q$, por outro lado definiu que $V > Q > P > F$, e o líder 3 atribuiu que $P > Q > V > F$. As únicas semelhanças nesse caso foram para a priorização do indicador Q pelos líderes 2 e 3 (na 2ª posição) e para a priorização do indicador P pelos líderes 1 e 2 (na 3ª posição).

A subjetividade identificada no projeto 5, tanto para o modelo atual, quanto para o modelo proposto AHP, pode ter ocorrido devido à abrangência do escopo do projeto provocando uma tendência na análise pelos líderes em considerar o impacto de forma mais uniforme para os indicadores.

4.3 Comparação dos modelos

A comparação das priorizações entre os modelos (atual e AHP) permite uma análise mais objetiva da priorização entre os modelos (Tabela 19). A partir das informações apresentadas, pode-se inferir inicialmente, que para o projeto 1, não há diferenças entre um método e outro entre os líderes, uma vez que ambos apresentaram os mesmos resultados de priorização para cada líder e projeto, sendo: $F > V > P > Q$

Na análise dos demais projetos 2, 3, 4 e 5, é possível identificar diferenças nas priorizações entre o modelo atual e o AHP, dos líderes e entre os líderes, sendo:

Com relação ao projeto 2, todos os líderes (1, 2 e 3) priorizaram da mesma forma os indicadores, Velocidade e Financeiro ($V > F$) como mais relevantes, mas apresentaram uma divergência em relação a qual dos indicadores menos importantes (P e Q) tinha maior relevância.

Com relação ao projeto 3, todos os líderes (1, 2 e 3) priorizaram da mesma forma os indicadores, Velocidade e Financeiro ($V > F$), mas os líderes 1 e 3

apresentaram uma divergência em relação aos indicadores menos importantes (P e Q).

Tabela 19 - Comparação da aplicação do modelo atual e do AHP, por projeto e por líder.

		Projeto 1		Projeto 2		Projeto 3		Projeto 4		Projeto 5		
Líder 1	Indicador	Priorização										
			Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP
		P	3º	3º	3º	3º	3º	4º	3º	4º	1º	3º
		Q	4º	4º	4º	4º	4º	3º	4º	3º	3º	4º
		V	2º	2º	1º	1º	2º	2º	1º	2º	4º	2º
F	1º	1º	2º	2º	1º	1º	2º	1º	2º	1º		
Líder 2	Indicador	Priorização										
			Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP
		P	3º	3º	4º	4º	3º	3º	3º	3º	3º	3º
		Q	4º	4º	3º	3º	4º	4º	4º	4º	2º	2º
		V	2º	2º	1º	1º	2º	2º	2º	2º	1º	1º
F	1º	1º	2º	2º	1º	1º	1º	1º	4º	4º		
Líder 3	Indicador	Priorização										
			Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP	Atual	AHP
		P	3º	4º	3º	4º	3º	4º	4º	4º	1º	1º
		Q	4º	3º	4º	3º	4º	3º	3º	3º	3º	2º
		V	2º	2º	1º	1º	2º	2º	1º	2º	2º	3º
F	1º	1º	2º	2º	1º	1º	2º	1º	4º	4º		

Já no projeto 4, os líderes 1 e 3 priorizaram da mesma forma os indicadores Velocidade e Financeiro, mas apresentaram divergência na priorização entre os modelos. Os líderes 2 e 3 priorizaram igualmente os indicadores Pessoal e Qualidade entre os modelos, mas apresentarem divergência na priorização, sendo $P > Q$ para o líder 2, e $Q > P$ para o líder 3.

A análise comparativa dos modelos (Atual e AHP) por projetos e por líderes apresentou convergências e divergências na escolha do indicador priorizado. O líder 1 apresentou maior divergência nas suas avaliações entre os diferentes modelos, apresentando divergências parciais para os projetos 2 e 3 e divergências totais para os projetos 4 e 5.

O líder 3 teve divergências parciais entre os resultados de priorização dos modelos para os projetos 2, 3, 4 e 5, enquanto o líder 2 não apresentou divergências na priorização dos indicadores dos projetos para os dois modelos. Sobre esse ponto,

o líder 2 relatou que a aplicação sequencial do modelo antigo e do método AHP, em uma mesma entrevista, pode ter influenciado nos resultados do método proposto, uma vez que as respostas atribuídas durante a aplicação do método atual ainda estavam “vivas na memória”.

Mesmo assim, de um modo geral, todos os líderes concordaram que o modelo proposto é mais simples e rápido de ser aplicado. Um ponto a ser destacado é que, especialmente para o modelo atual, mas também para o modelo proposto, a priorização dos indicadores dos líderes, feita de maneira individual, possibilita que os resultados sejam influenciados por sua subjetividade/interesses. Em outras palavras, os resultados da priorização de um líder tendem a favorecer o indicador o qual ele possui maior interesse em melhorar (mesmo que isso não esteja totalmente alinhado com a necessidade da empresa para aquele momento). Essa condição, contudo, é atenuada no modelo atual pelo uso do AHP em conjunto com a média geométrica.

Uma maneira de contornar tal subjetividade individual seria a realização de uma etapa de consenso (Figura 7), pois, mesmo com as limitações que esse tipo de procedimento possui, os líderes têm que ceder para se chegar em um acordo.

O escopo dos projetos também pode influenciar na priorização. Os projetos precisam conter dados que permita que o líder entenda de forma clara seu escopo, de modo a identificar melhor quais indicadores eles irão atingir. Isso pode ser observado, por exemplo, no projeto 5, que, devido a um escopo mais abrangente, houve grande divergência entre os resultados de priorização dos líderes. Nesse sentido, a definição detalhada do escopo dos projetos a serem selecionados é fundamental, pois reduz a subjetividade e erros de interpretação durante a classificação/seleção dos projetos.

Apesar dos métodos atual e AHP serem ferramentas que podem ser utilizadas no suporte para a seleção de projetos, observa-se que o AHP é um método mais bem estruturado, dividido em etapas definidas, baseado em ferramentas matemáticas e analíticas, e referendado por um teste de consistência, o que proporciona uma maior normalização e replicabilidade na aplicação (SAATY 1983), diferentemente com o que ocorre com o modelo atual, o qual é mais fortemente influenciável por aspectos subjetivos dos líderes.

Além disso, do modo com que são aplicados, o modelo atual só proporciona uma priorização de indicadores por projeto a partir de um processo de consenso,

enquanto o método AHP possibilita o mesmo resultado por meio de entrevistas individuais e o uso de um método de agregação.

4.4 Priorização dos Indicadores dos Projetos e Discussão

A aplicação da média geométrica sobre os resultados das priorizações de cada líder permitiu uma consolidação da priorização dos indicadores por ordem de importância para cada projeto. Essa etapa é importante para permitir a tomada de decisão sobre qual projeto implementar com base nos indicadores de maior impacto: Pessoal, Qualidade, Velocidade e/ou Financeiro.

A Figura 8, apresenta as etapas utilizadas para a aplicação do conceito AHP seguido pelo cálculo da média geométrica:

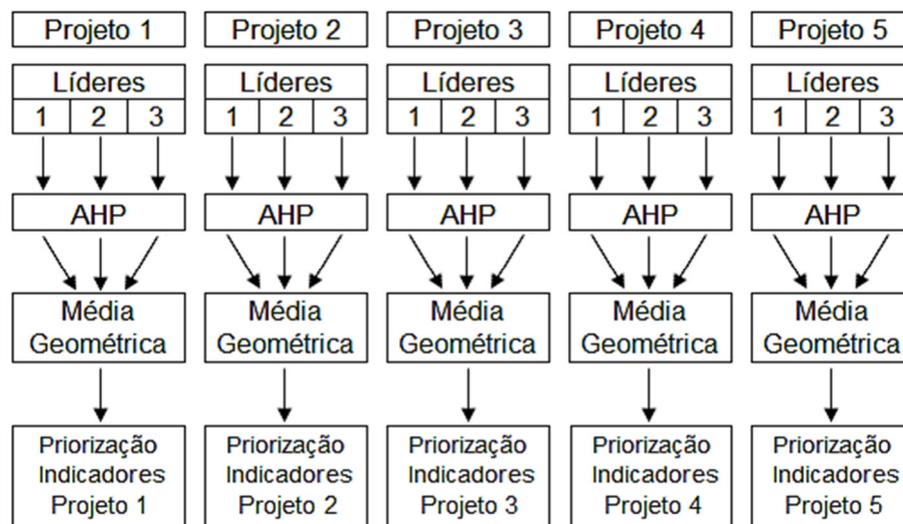


Figura 8 - Método de agregação por Média Geométrica.

A partir das etapas apresentadas na Figura 8, foi possível obter uma priorização agregada dos projetos a partir das aplicações do AHP individualmente. Uma análise por projeto e por indicador é realizada a seguir.

O Gráfico 2 apresenta os resultados de priorização obtidos para o Projeto 1. A partir dele, é possível verificar que o indicador Financeiro apresentou a maior aderência às metas definidas no escopo do projeto, com uma contribuição de 63,7% da meta. O indicador com a segunda maior aderência foi a Velocidade, com 21,7% (42% menor que o indicador Financeiro). Esse resultado sugere ao tomador de

decisão que, ao optar pela implementação do projeto 1, o indicador Financeiro terá maior impacto. Na sequência, a aderência à meta dos outros indicadores foram 7,1% para Pessoal e 6,7% para Qualidade.

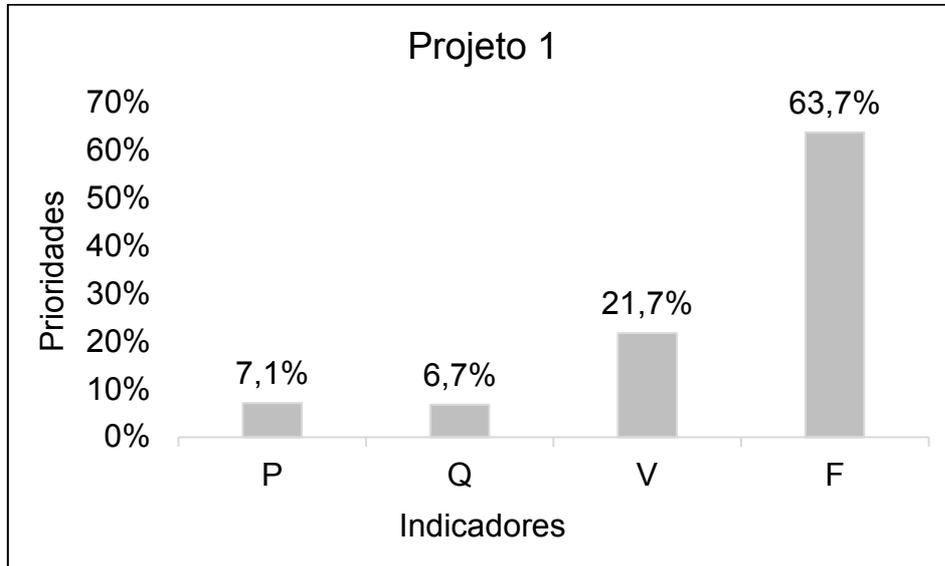


Gráfico 2 - Resultados de prioridade para o Projeto 1 segundo indicadores P, Q, V e F.

Para o Projeto 2. (Gráfico 3), o indicador Velocidade apresentou a maior aderência às metas definidas pelo escopo do projeto, com uma contribuição de 57,5% da meta, uma aderência de 30,2% acima do indicador com o segundo melhor resultado, o indicador Financeiro, com 27,3%. A partir desses resultados, é possível afirmar que o Projeto 2 possui grandes chances de ser escolhido caso a prioridade do evento Kaizen seja melhorar o indicador de Velocidade. Na sequência, a aderência à meta dos indicadores restantes foram 7,4% para Qualidade e 6,2% para Pessoal.

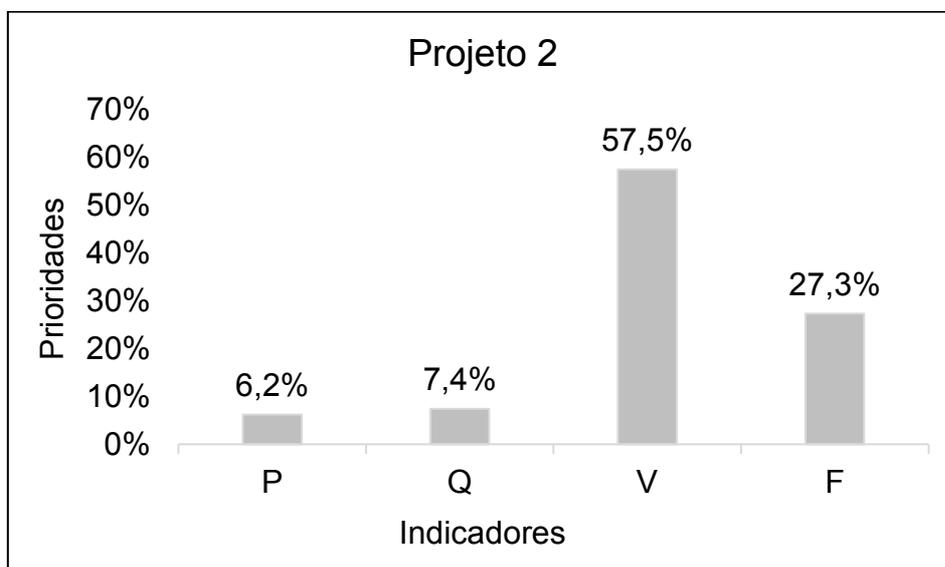


Gráfico 3 - Resultados de prioridade para o Projeto 2 segundo indicadores P, Q, V e F.

O Gráfico 4 apresenta os resultados de priorização obtidos para o Projeto 3. A partir dele, é possível verificar que o indicador Financeiro apresentou a maior aderência às metas definidas no escopo do projeto, com uma contribuição de 57,3% da meta, seguido pelo indicador de Velocidade, com 27,2% (30,1% menor que o indicador Financeiro). Assim como no Projeto 1, esse resultado sugere ao tomador de decisão que, ao optar pela implementação desse projeto, o indicador Financeiro terá maior impacto. A aderência à meta dos outros indicadores foi bem menor: 7,6% para Qualidade e 6,3% para Pessoal.

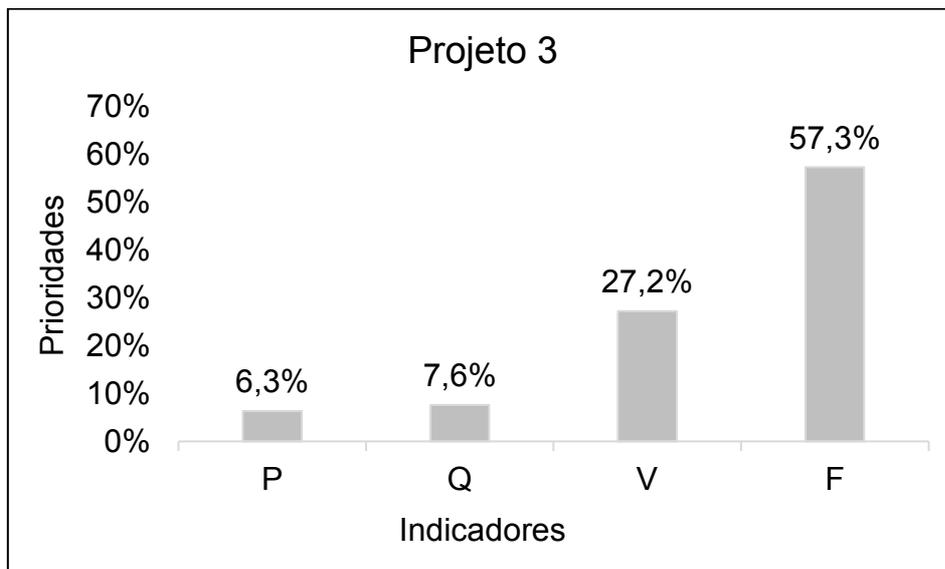


Gráfico 4 - Resultados de prioridade para o Projeto 3 segundo indicadores P, Q, V e F.

Os resultados de priorização do Projeto 4 foram muito similares aos do Projeto 3 (Gráfico 5). O indicador Financeiro apresentou a maior aderência às metas definidas no escopo do projeto, com uma contribuição de 56,8% da meta, seguido pelo indicador de Velocidade, com 26,9% (29,9% menor que o indicador Financeiro). Similarmente aos Projeto 1 e 3, esse resultado sugere ao tomador de decisão que, ao optar por sua implementação, o indicador Financeiro terá maior impacto. A aderência à meta dos outros indicadores foi, respectivamente, 7,9% para Qualidade e 6,5% para Pessoal.

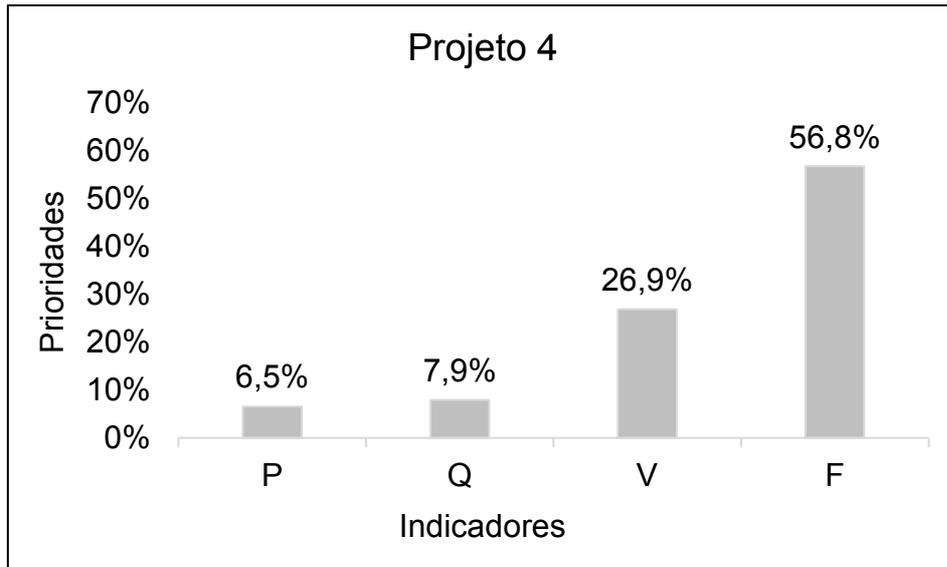


Gráfico 5 - Resultados de prioridade para o Projeto 4 segundo indicadores P, Q, V e F.

O Gráfico 6 apresenta os resultados de priorização obtidos para o Projeto 5. A partir dele, é possível verificar que o indicador Velocidade apresenta maior aderência às metas definidas no escopo do projeto, com uma contribuição de 25,8% da meta, seguido pelo indicador Pessoal (22,8%), Qualidade (16%) e Financeiro (10,5%).

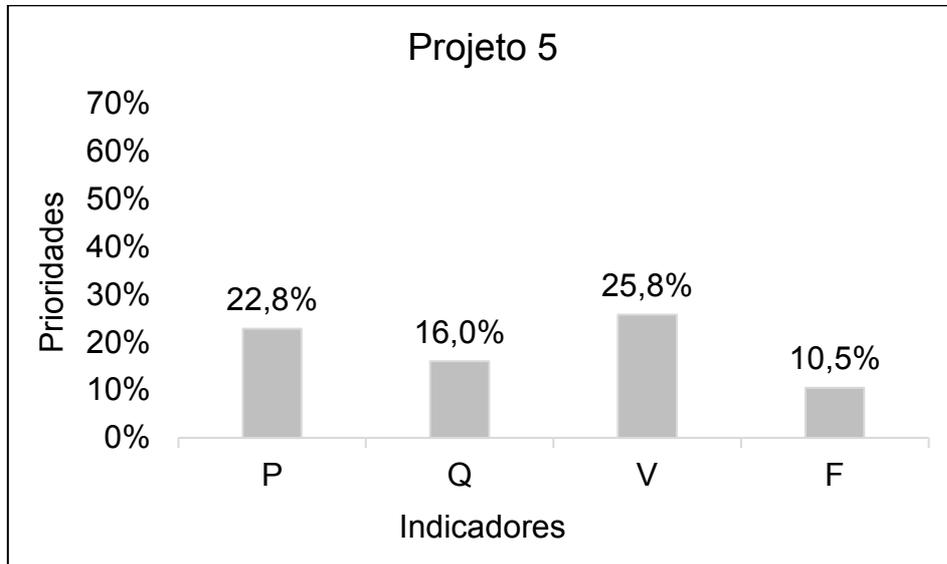


Gráfico 6 - Resultados de prioridade para o Projeto 5 segundo indicadores P, Q, V e F.

É importante destacar que, diferentemente do que aconteceu com os outros projetos, os resultados da aderência dos indicadores em relação ao escopo do projeto são muito próximos, especialmente entre o indicador Pessoal e de Velocidade (diferença de apenas 3%).

Tal aproximação entre os resultados obtidos pode ter ocorrido devido ao escopo ter uma maior abrangência e estar em um nível hierárquico maior dentro da empresa estudada. De fato, essa constatação foi observada pelos líderes durante a entrevista e observada também durante a aplicação do modelo atual, causando uma maior insegurança e indecisão a respeito dos impactos desse projeto em cada um dos indicadores. Para minimizar essa insegurança/indecisão foram sugeridas duas ações: a ampliação do detalhamento do escopo do projeto e a divisão dos indicadores atuais em indicadores mais específicos, possibilitando aos líderes uma visão mais ampla do projeto e do propósito.

Pelo Gráfico 7, as prioridades, por indicador e projeto, permitem ao tomador de decisão fazer a opção em relação a qual projeto implementar tendo como referência o peso em relação a meta o qual o indicador está relacionado.

Nesse viés, é possível sugerir que a seleção dos projetos pode ser direcionada a partir da necessidade do tomador de decisão a respeito de qual indicador ele deseja melhorar, sendo: para o indicador P, o tomador de decisão deve optar pelo projeto 5, pois este tem maior aderência a esse indicador. Para o indicador Q, a aderência maior é obtida pelo projeto 5. Para o indicador V, a maior aderência será atingida com o projeto 2. Para o indicador F, a maior aderência será atingida ao realizar o projeto 1.

Dessa forma, é possível verificar que a priorização dos indicadores por projeto, conforme realizado pelo método proposto, possibilitou a classificação dos projetos em relação à aderência destes aos indicadores mais relevantes da empresa, auxiliando o tomador de decisão na escolha da melhor solução de melhoria contínua para a sua necessidade naquele momento.

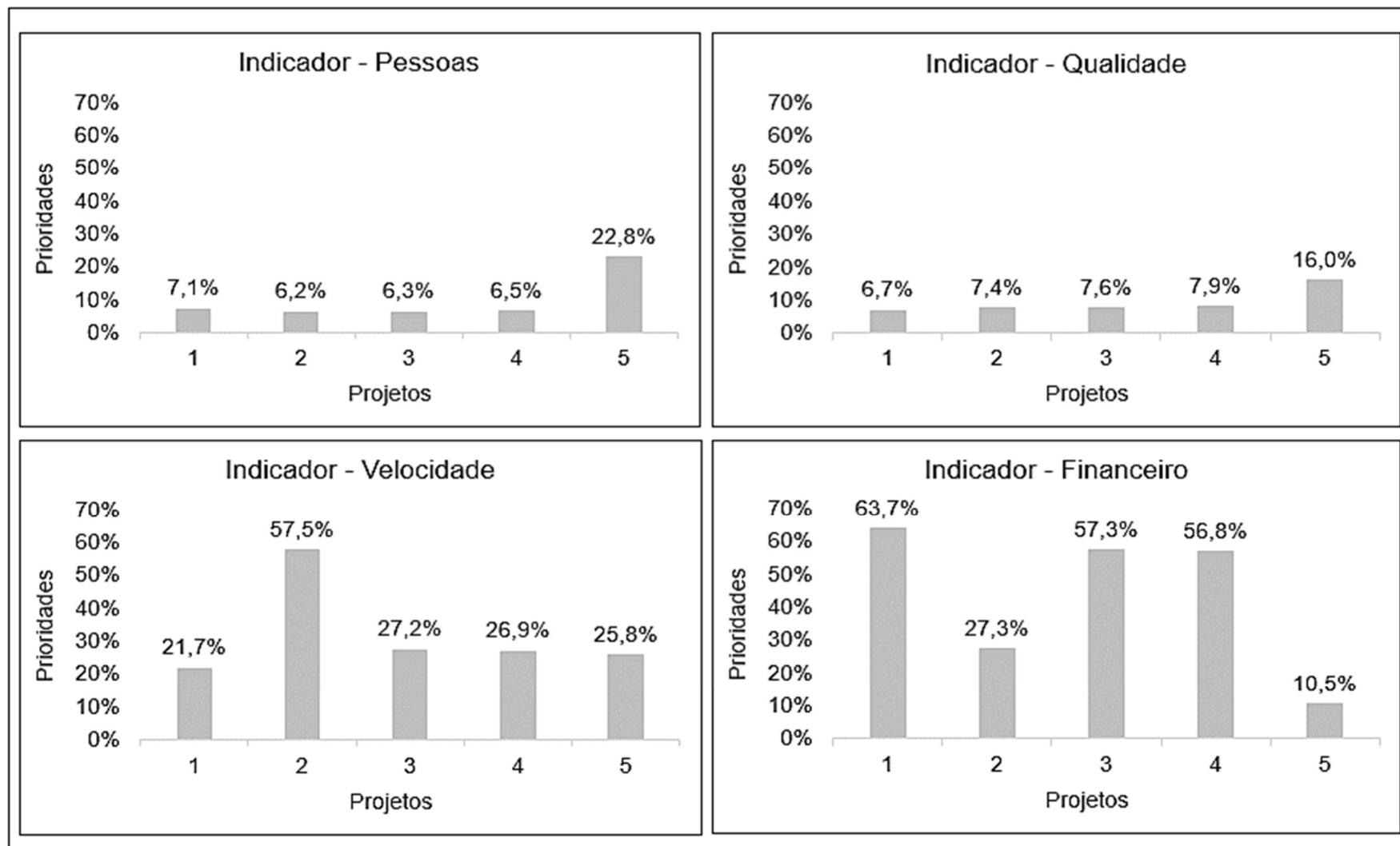


Gráfico 7 - Resultados de prioridade por indicador em relação aos projetos.

5 CONCLUSÕES

Embora a realização de projetos Kaizen tragam resultados positivos, nem sempre eles estão alinhados com os indicadores de desempenho os quais a empresa necessita melhorar. A seleção de projetos Kaizen que atendam mais diretamente as necessidades presentes da empresa é fundamental para que ela aumente sua eficiência produtiva e eficácia geral.

Apesar dos vários métodos de tomada de decisão existentes na literatura, muitas vezes a seleção de tais projetos é feita de maneira empírica, fortemente baseada na subjetividade dos líderes/tomadores de decisão.

Foi nesse contexto que o presente trabalho foi realizado, propondo um método de classificação de projetos Kaizen, a partir da priorização dos indicadores de desempenho de cada projeto avaliado, baseado na ferramenta AHP. Além disso, em linha com os objetivos específicos estabelecidos, identificou-se os principais parâmetros e critérios envolvidos na avaliação e seleção de projetos Kaizen, bem como desenvolveu-se uma estrutura para o procedimento proposto, com a utilização/construção de ferramentas e formulários usados na coleta, tratamento e avaliação dos dados obtidos.

Como forma de verificar a aplicabilidade desse método, um estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo de máquinas e equipamentos da região de Campinas. Nesse estudo de caso, 3 líderes da empresa avaliada foram entrevistados individualmente, e, em cada entrevista, foi solicitada a priorização dos indicadores Pessoal, Qualidade, Velocidade, e Financeiro para 5 projetos Kaizen diferentes, utilizando tanto o método vigente na empresa, quanto o método proposto pelo presente trabalho.

Foi possível verificar que a priorização dos indicadores por projeto, a partir da aplicação do método proposto, permitiu a classificação de cada um dos projetos Kaizen avaliados em relação à aderência destes aos indicadores mais relevantes da empresa, possibilitando ao tomador de decisão uma visão mais direcionada sobre quais projetos/opções de melhoria contínua melhor atendem às suas necessidades naquele momento.

É importante salientar que, durante a execução do estudo de caso, foram observadas algumas oportunidades de melhorias/limitações no desenvolvimento do método proposto. Uma dessas limitações foi a aplicação em apenas um departamento da empresa. A ampliação para outras áreas da empresa estudada, bem como a aplicação do método proposto em outras empresas, pode contribuir no desenvolvimento do método.

Além disso, a ampliação da quantidade de líderes participantes, bem como uma maior estratificação dos indicadores avaliados podem contribuir com uma melhoria no detalhamento da classificação, bem como na redução de distorções decorrentes de um número baixo de participantes. Outro ponto importante, observado na avaliação do projeto 5, foi a necessidade de se ter escopos muito bem detalhados e definidos para os projetos em avaliação, de modo a evitar interpretações incorretas ou muito subjetivas por parte dos entrevistados/líderes.

Identificadas tais limitações e/ou oportunidades de melhorias, propõe-se, para trabalhos futuros, a ampliação do método, com a inclusão de mais indicadores, mais líderes e aplicação em um estudo multicase, tanto em outros departamentos da própria empresa estudada, quanto em outras empresas do setor de manufatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR ISO 9001:2015. **Sistema de gestão da qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, ISO, 2009.
- ACZÉL, J.; SAATY, T. L. Procedures for synthesizing ratio judgements. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 27, n. 1, p. 93–102, 1983.
- ADEBANJO, D. et al. Prioritization of Six-Sigma project selection: A resource-based view and institutional norms perspective. **Benchmarking**, 2016.
- AL-AOMAR, R.; HUSSAIN, M. Exploration and prioritization of lean techniques in a hotel supply chain. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 375–396, 2019.
- ALUKAL, G.; MANOS, A. **Lean Kaizen: a simplified approach to process improvements**. 1a ed. Milwaukee: Asq Pr., 2006.
- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema toyota de produção. **Gestão e Produção**. v. 8, n. 1, p. 1 – 18, 2001.
- AMIN, A. N. M.; MAHMOOD, W. H. W.; KAMAT, S. R. Lean practices for waste prioritising in machining-based product. **International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development**, v. 9, n. 5, p. 305–318, 2019.
- ARCHER, N. P.; GHASEMZADEH, F. An integrated framework for project portfolio selection. **International Journal of Project Management**, v. 17, n. 4, p. 207–216, ago. 1999.
- ARYA, A. K.; CHOUDHARY, S. Assessing the application of Kaizen principles in Indian small-scale industry. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 6, n. 4, p. 369–396, 2015.
- BAMBER, L.; DALE, B. G. Lean Production: a study of application in a traditional manufacturing environment. **Production Planning e Control**. v. 11, n. 3, p. 291 – 298, 2000.
- BASWARAJ, S. A.; SREENIVASA RAO, M.; PAWAR, P. J. Application of AHP for process parameter selection and consistency verification in secondary steel manufacturing. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, n. 13, p. 27166-27170, 2018.
- BELEKOUKIAS, I.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. **International Journal of Production Research**, v. 52, n. 18, p. 5346–5366, 17 set. 2014.

BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process**. 1. ed. London: Springer-Verlag London, 2007. v. 35

BRUNET, A. P.; NEW, S. Kaizen in Japan: An empirical study. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 23, n. 11–12, p. 1426–1446, 2003.

CARDOZA, E.; CARPINETTI, L. Indicadores De Desempenho Para O Sistema De Produção Enxuto. **Revista Produção Online**, v. 5, n. 2, 2005.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. (ORGANIZADOR). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações - Coleção ABEPRO**. 2ª ed. São Paulo: Elsevier, 2011.

CHIANG, I. R.; NUNEZ, M. A. Strategic alignment and value maximization for IT project portfolios. **Information Technology and Management**, v. 14, n. 2, p. 143–157, 2013.

CRISCIONE-NAYLOR, N. Kaizen (continuous improvement) and systems thinking: Exploring how kaizen facilitators operationalise values and assumptions. **International Journal of Management Practice**, v. 13, n. 5, p. 547–564, 2020.

EMROUZNEJAD, A.; MARRA, M. The state-of-the-art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 22, p. 6653–6675, 2017.

FARHAN, U. H.; TOLOUEI-RAD, M.; OSSEIRAN, A. Use of AHP in decision-making for machine tool configurations. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], v. 27, n. 6, p. 874–888, 2016.

FARRIS, J. A. et al. Learning from less successful kaizen events: A case study. **EMJ - Engineering Management Journal**, v. 20, n. 3, p. 10–20, 2008.

FULLERTON, R. R.; MACWATTERS, C. S. The production performance benefits from JIT implementation. **Journal of Operations Management**, v. 19, n.1, p. 81–96, 2001.

GLOVER, W. J.; FARRIS, J. A.; VAN AKEN, E. M. Kaizen Events: Assessing the Existing Literature and Convergence of Practices. **Engineering Management Journal**, v. 26, n. 1, p. 39–61, 2014.

GHINATO, P. Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção. In: Almeida & Souza (org.). **Produção e Competitividade: aplicações e inovações. Pernambuco: Editora UFPE**, p. 31–59, 2000.

HAZZAN, O.; PIKAS, E.; SACKS, R. Identification of Key Performance Indicators for Measuring the Performance of Value Management Studies in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, n. September, p. 1–13, 2013.

IMAI, M. **Kaizen: a chave para o sucesso competitivo do Japão**. Random House: Nova Yorque, EUA, 1986.

IMAI, M. **Kaizen: A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: IMAM, 1994.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-Cost Approach to Management**. McGraw-Hill: Nova Yorque, EUA, 1997.

JASTI, N. V. K.; KODALI, R. (2015). Lean production: literature review and trends. **International Journal of Production Research**, v. 53, n. 3, 867–885.

KANG, N. et al. A Hierarchical structure of key performance indicators for operation management and continuous improvement in production systems. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 21, p. 6333–6350, 2016.

KATO, I.; SMALLEY, A. **Toyota Kaizen Methods: Six Steps to Improvement**. Boca Raton: CRC Press, 2017.

KREJČÍ, J.; STOKLASA, J. Aggregation in the analytic hierarchy process: Why weighted geometric mean should be used instead of weighted arithmetic mean. **Expert Systems with Applications**, v. 114, p. 97–106, 2018.

KER, J. I.; WANG, Y.; LEE, H. Y. **Applying kaizen methods to improve voltage regulator subassembly area**. Lecture Notes in Electrical Engineering. **Anais...2014**

KHAN, S. A. et al. Application of continuous improvement techniques to improve organization performance: A case study. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 2, p. 542–565, 2019.

KIATCHAROENPOL, T. et al. **A Study of Critical Success Factors and Prioritization by Using Analysis Hierarchy Process in Lean Manufacturing Implementation for Thai SMEs**. 2015, Paris: Atlantis Press, 2015. p. 295–298.

KORNFELD, B. J.; KARA, S. Project portfolio selection in continuous improvement. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 31, n. 10, p. 1071–1088, 2011.

KRAFCHIK, J. F. Triumph of the Lean Production System. **Sloan Management Review**, v. 30, n. 1, pp. 41-52, 1988.

LIKER, J. K. **The Toyota way**. Nova York: McGrawHill, 2004.

LONGARAY, A. A. et al. A Systematic Literature Review Regarding the Use of Multicriteria Methods towards Development of Decision Support Systems in Health Management. **Procedia Computer Science**, v. 100, p. 701–710, 2016.

MACEDO-SOARES, T. D. L. v. A.; RATTON, C. A. Medição de desempenho e estratégias orientadas para o cliente: resultados de uma pesquisa de empresas líderes no Brasil. **Revista de Administração de Empresas**, v. 39, n. 4, p. 46–59, 1999.

MADY, S. A.; ARQAWI, S. M.; MAZEN, J. A. S.; ABU-NASER, S. S. Lean Manufacturing Dimensions and Its Relationship in Promoting the Improvement of Production Processes in Industrial Companies. **International Journal on Emerging Technologies**, v. 11, n. 3, p. 881–896, 2020.

MASLESA, E.; JENSEN, P. A.; BIRKVED, M. Indicators for quantifying environmental building performance: A systematic literature review. **Journal of Building Engineering**, v. 19, p. 552–560, 2018.

MCGINNIS, M. A. The Kaizen Blitz: Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance. **Journal of Supply Chain Management**, v. 35, n. 1999, p. 61, 1999.

MONDEN, Y. Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time. **Engineering and Management Press**. 3^a ed. Georgia: Norcross, 1997.

MOHD RUSLI, M. H. et al. AHP-QFD in assessing the outcome of Gemba kaizen events. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 834, n. 1, 2020.

NEELY, A.; ADAMS, C.; KENNERLEY, M. **The Performance Prism: The Scorecard for Measuring and Managing Business Success**. Cranfield School of Management. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

NURCAHYO, R. et al. The Analysis of the Implementation of 5-S Principles Integrated with ISO 9001 Requirements at Higher Education Level. **SAGE Open**, v. 9, n. 3, 2019.

PAUER, F. et al. Comparison of Different Approaches Applied in Analytic Hierarchy Process - an Example of Information Needs of Patients with Rare Diseases. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 16, n. 1, p. 117, 2016.

PRASETYANINGSIH, E.; MUHAMAD, C. R.; AMOLINA, S. Assessing of supply chain performance by adopting Supply Chain Operation Reference (SCOR) model. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 830, n. 3, p. 0–6, 2020.

PUREVSUREN, N. et al. Selection and Optimization Model of Key Performance Indicators. **International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT**, v. 2020, p. 190–196, 2020.

SAATY, T. L. How to make a decision. **European Journal of Operational Research Research North-Holland**, v. 48, p. 9–26, 1990.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. 1980. Nova York, EUA: McGraw-Hill.

SAATY, T. L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks.** Pittsburgh, EUA: RWS Publications, 2005.

SANCHEZ, H. et al. Risk management applied to projects, programs, and portfolios. **International Journal of Managing Projects in Business**, v. 2, n. 1, p. 14–35, 2009.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de produção.** 2ª ed. Porto Alegre:Artes Médicas, 1996.

SILBERT, J. S. V. The assay of the implementation of 5-s principles integrated with iso 9001 requirements on automobile industry. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, v. 8, n. 3, p. 5531–5536, 2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSON, R. **Administração da Produção.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SMADI, S. A. L. Kaizen strategy and the drive for competitiveness: Challenges and opportunities. **Competitiveness Review**, v. 19, n. 3, p. 203–211, 2009.

SÖDERQUIST, K.; MOTWANI, J. Quality issues in lean production implementation: a case study of a French automotive supplier. **Total Quality Management**. v. 10, n. 8, 1999.

STAEDELE, A. E.; ENSSLIN, S. R.; FORCELLINI, F. A. Knowledge building about performance evaluation in lean production. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 30, n. 5, p. 798–820, 12 ago. 2019.

TONTOWI, M. et al. Applying the performance prism method to evaluate performance of school: A case study in Pondok pesantren darul Quran Mojokerto. **Talent Development and Excellence**, v. 12, n. 1, p. 1884–1893, 2020.

TRIANAPHYLLOU, E.; MANN, S. H. Using the Analytic Hierarchy Process for Decision Making in Engineering Applications: Some Challenges. **International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice**, v. 2, n. 1, p. 35–44, 1995.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas.** 2012. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

VARGAS, L. G. An overview of the analytic hierarchy process and its applications. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 2–8, 1990.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.

WOMACK, J P; JONES, D T.; ROSS, D. **A Máquina que mudou o Mundo**. Nova York: Harper Perennial, 1991.

WOMACK, J P; JONES, D T. Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, n. 11, p. 1148–1148, 1997.

WU, Z.; XU, J.; XU, Z. A multiple attribute group decision making framework for the evaluation of lean practices at logistics distribution centers. **Annals of Operations Research**, p. 735–757, 2016.

YU, J.; LIU, Y. Prioritizing highway safety improvement projects: A multi-criteria model and case study with SafetyAnalyst. **Safety Science**, v. 50, n. 4, p. 1085–1092, 2012.