

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

ALEX ALMEIDA DOS SANTOS

JOINT OUTCOME OF ADDITIVE NEIGHBORHOOD AGREGATION (JOANA)
Método de ranqueamento para auxílio à tomada de decisão

SÃO LEOPOLDO-RS
2021

Alex Almeida dos Santos

JOINT OUTCOME OF ADDITIVE NEIGHBORHOOD AGREGATION (JOANA)
Método de ranqueamento para auxílio à tomada de decisão

Dissertação apresentada como requisito
parcial para a obtenção do título de Mestre
pelo Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas da
Universidade do Vale do Rio dos Sinos —
UNISINOS

Orientador:
Prof. Dr. André L. Korzenowski

São Leopoldo-RS
2021

S237j

Santos, Alex Almeida dos

JOINT OUTCOME OF ADDITIVE NEIGHBORHOOD AGREGATION (JOANA): método de ranqueamento para auxílio à tomada de decisão / Alex Almeida dos Santos — 2021.

98 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção e Sistemas, São Leopoldo-RS, 2021.

“Orientador: Prof. Dr. André L. Korzenowski.”

1. Priorização. 2. Ranqueamento. 3. TOPSIS. 4. Lean Office. 5. Tecnologias Disruptivas. I. Título.

CDU 658.012.4:004

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

(Bibliotecária responsável: Vanessa Borges Nunes — CRB 10/1556)

ATA MEPS-D 05/2021

Aos vinte e quatro dias do mês de março do ano de 2021, às 10h, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa de Dissertação composta pelos professores: Prof. Dr. André Luis Korzenowski (Orientador) da UNISINOS (*por webconferência*); Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda da UNISINOS (*por webconferência*); Prof. Dr. Gabriel Vidor da UCS (*por webconferência*); e o Prof. Dr. Nelson Hein da FURB (*por webconferência*), para analisar e avaliar a Dissertação intitulada **“JOINT OUTCOME OF ADDITIVE NEIGHBORHOOD AGREGATION (JOANA) Método de ranqueamento para auxílio à tomada de decisão”**, do aluno **Alex Almeida dos Santos** (*por webconferência*), candidato ao título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas. Após a apresentação, arguição e defesa, a Banca atribuiu os seguintes **conceitos**:

Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda – UNISINOS	Conceito: <u>Aprov.</u>
Prof. Dr. Gabriel Vidor – UCS	Conceito: <u>Aprov.</u>
Prof. Dr. Nelson Hein – FURB	Conceito: <u>Aprov.</u>

A Dissertação obteve o **Conceito Final**: APROVADO

Ocorreu alteração do título? (X) Não () Sim. Qual? _____
Descrever se houve alteração

As alterações sugeridas pela Banca Examinadora são as seguintes:

Revisar a introdução do trabalho a fim de direcionar o foco a entrega principal, minimizando as etapas que descrevem apenas o pano de fundo. Nas discussões e conclusões, alinhar a apresentação dos resultados com o método de pesquisa escolhido.

O aluno deverá apresentar a versão final do trabalho com as modificações propostas pela Banca Examinadora da Dissertação, no prazo máximo de 30 dias, mediante supervisão do Orientador. O resultado da banca é de consenso entre os avaliadores. A Ata de Defesa é assinada pelos membros que participaram da sessão de forma presencial, esta atividade foi realizada integralmente em modo online para atender às recomendações da OMS e Ministério da Saúde com relação ao covid-19. A emissão do diploma está condicionada a entrega da Versão Final da Dissertação.

São Leopoldo, 24 de março de 2021.

Professor Orientador: Prof. Dr. André Luis Korzenowski

Assinatura:



Coordenador do PPG: Prof. Dr. Luiz Alberto Oliveira Rocha

Assinatura:



Secretária: Tana Cassia Malacarne Martins

Assinatura:



Aos nossos pais.

Simple is beautiful.

Not easy, but beautiful.

— WILLIAM EDWARDS DEMING

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos meus amigos e familiares que de alguma forma participaram desse período do mestrado. Inicialmente a Deus, por momentos como este. A minha mãe Jurema Bastos de Almeida, por toda educação e valores concebidos em minha vida. Meu Pai Márcio dos Santos por entender o meu foco no estudo. Aos meus irmãos Nícolas de Almeida Alves e Yasmin de Almeida Alves, pela compreensão e por diversos momentos de alegria ao meu lado. Ao meu padrasto por todos esses anos apoiando minha mãe. A minha namorada Vitória e seus pais, e irmão por terem me apoiado nesse período de desafios que o mestrado proporciona.

Ao meu Grande Orientador, prof. Dr. André L. Korzenowski, pelos momentos de aprendizagem e pelo tempo sempre proveitoso nas orientações, por sempre "subir a Régua" nas reuniões, e me acompanhar durante essa jornada de muito trabalho e dedicação buscando levar novos conhecimentos ao mundo acadêmico e profissional.

A todos os excelentes e qualificados professores do PPGEPS À Secretaria do PPGEPS.

Grato

RESUMO

Em cenários cada vez mais dinâmicos e com variedades de projetos de implantações de tecnologia, as empresas e seus gestores tem que tomar decisões mais complexas e com a maior assertividade possível. Atualmente a literatura apresenta abordagens de métodos para tomada de decisão multicritério, porém a automatização e a clareza de um sistema de visualização gerencial para essas abordagens nem sempre é tão clara. Além disso muitos trabalhos são focados para solução de segmentos específicos de empresas, não buscando abranger todos os cenários e contextos possíveis na decisão. Atendendo a essa lacuna de pesquisa, o objetivo desta dissertação é propor um estratégia de priorização, por meio do método *Joint Outcome of Additive Neighborhood Aggregation* (JOANA) para implementação de tecnologias associadas ao *Lean Office*, considerando duas e três dimensões de análise para a tomada de decisão. Desta forma, a presente dissertação abordou temas como *Lean Office*, Tecnologias Emergentes e Métodos de ranqueamento para apoio a tomada de decisão. Visto as aplicações práticas e aplicação de ferramentas para solucionar um problema específico, esta dissertação classifica-se como pesquisa aplicada de abordagem quantitativa. Utilizando como método de revisão sistemática de literatura o *check list* PRISMA para buscar os elementos de decisão, e como método de pesquisa o *Design Science Research*, para geração e desenvolvimento do Artefato de pesquisa. Os resultados obtidos a partir da aplicação do método retornam quando o método aplica duas dimensões um gráfico dividido em quatro quadrantes que classificam as alternativas em Prioritárias, Complexas, Dispensáveis e Discutíveis, utilizando como matrizes conceitos de esforço e retorno, na aplicação de três dimensões com o conceito financeiro acrescentado é possível avaliar novos resultados e análise gráfica tridimensional, facilitando a análise dos resultados por gestores de qualquer nível e funcionários. O método baseia-se na Técnica de Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS), utilizada para construção das matrizes. Um exemplo de aplicação do método é apresentado para o ordenamento de práticas/tecnologias a ser implementadas em uma companhia situada na região metropolitana de Porto Alegre-RS/Brasil. A aplicação dessa matriz ajudou o tomador de decisão a ter uma clara visão das prioridades de implantações e o desenvolvimento de um artefato de automatização para criação de novas matrizes possibilita a utilização de qualquer parte da empresa. A pesquisa contribuiu ao meio acadêmico devido a utilizar o método TOPSIS de forma diferenciada e como ferramenta visual para a tomada de decisão multicritério e multidimensional, e para o meio empresarial é fornecido uma ferramenta que busca os dados da base e realiza a transformação para o método de ranqueamento *Joint Outcome of Additive Neighborhood Aggregation* (JOANA)

Palavras-chave: Priorização. Ranqueamento. TOPSIS. Lean Office. Tecnologias Disruptivas.

ABSTRACT

In increasingly dynamic scenarios and with varieties of technology deployment projects, companies and their managers have to make more complex decisions and as assertively as possible. Currently, the literature presents approaches to methods for multicriteria decision making, however the automation and clarity of a management visualization system for these approaches is not always so clear. In addition, many works are focused on solving specific segments of companies, not seeking to cover all possible scenarios and contexts in the decision. Given this research gap, the objective of this dissertation is to propose a prioritization strategy, using the Joint Outcome of Additive Neighborhood Aggregation (JOANA) method for implementing technologies associated with Lean Office, considering two and three dimensions of analysis for decision making. In this way, this dissertation addressed topics such as Lean Office, Disruptive Technologies and Ranking methods to support decision making. In view of the practical applications and application of tools to solve a specific problem, this dissertation is classified as applied research with a quantitative approach. Using PRISMA check list as a method of systematic literature review to search for decision elements, and Design Science Research as a research method for generating and developing the research Artifact. The results obtained from the application of the method return when the method applies two dimensions a graph divided into four quadrants that classify the alternatives as Priority, Complex, Dismissable and Discussable, using as matrices concepts of effort and return, in the application of three dimensions with the added financial concept is possible to evaluate new results and three-dimensional graphic analysis, facilitating the analysis of results by managers of any level and employees. The method is based on the Order Preference Technique for Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS), used to build matrices. An example of application of the method is presented for the ordering of practices / technologies to be implemented in a company located in the metropolitan region of Porto Alegre-RS / Brazil. The application of this matrix helped the decision maker to have a clear view of the priorities of deployments and the development of an automation artifact for the creation of new matrices allows the use of any part of the company. The research contributed to the academic environment due to using the TOPSIS method in a different way and as a visual tool for multi-criteria decision making and multidimensional, and for the business environment a tool is provided that seeks the base data and performs the transformation to the ranking method Joint Outcome of Additive Neighborhood Aggregation (JOANA).

Keywords: Prioritization. Ranking. TOPSIS. Disruptive Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	VOSviewer	19
Figura 2:	PRISMA	20
Figura 3:	Framework Teórico das Tecnologias da Indústria 4.0	45
Figura 4:	Passos da DSR	52
Figura 5:	Etapas do Trabalho	53
Figura 6:	Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation-Apresentação Genérica	64
Figura 7:	Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation	66
Figura 8:	Visão Gráfica Lado 1 JOANA3D	77
Figura 9:	Visão Gráfica Lado 2 JOANA3D	78
Figura 10:	Check List Prisma	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Tabela Random Index AHP	36
Tabela 2:	Estudos identificados de Métodos de Apoio a Decisão-Elaborado pelo Autor	42
Tabela 3:	Lean Office e Tecnologias Emergentes	65
Tabela 4:	Ranking das alternativas por Quadrante	67
Tabela 5:	Resultados JOANA 3D	75
Tabela 6:	Resultados Unificados em 1 Dimensão - Dados 3D	80
Tabela 7:	Resultados Unificados em 1 Dimensão - Dados 2D	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais Achados RSL (PRISMA)	21
Quadro 2: Conceito Lean x Tecnologia	44
Quadro 3: Evolução das tecnologias Lean	46
Quadro 4: Práticas Lean Office x Tecnologias Emergentes	46
Quadro 5: Síntese do Método	60

LISTA DE SIGLAS

JOANA	Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation
TPS	Toyota Production System
IoT	Internet of Things
BI	Business Intelligence
RPA	Robotic Process Automation
IA	Artificial Intelligence
CPS	Cyber Physical Systems
VSM	Value Stream Mapping
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	-Analytic Network Process
MCDM	Multicriteria Decision Making
MCDA	Multicriteria Decision Aid
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
PROMÉTHÉE	Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique
CI	Consistency Index
RI	Random Index
CR	Consistency Ratio
TOPSIS	Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
RFID	Radio Frequency Identification
SKU	Stock Keeping Unit
KPIs	Key Performance Indicators
TPM	Total Productive Maintenance
VR	Virtual Reality
BD	Big Data
JIT	Just - in - time
DSR	Design Science Research
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
PRISMA	Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises

ERP	Enterprise Resource Planning
RH	Recursos Humanos
TI	Tecnologia de Informação
WMS	Warehouse Management System

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa	15
1.2 Objetivos	18
1.3 Justificativa	18
1.4 Delimitações	23
1.5 Estrutura do Trabalho	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 Métodos de apoio a tomada de decisão	25
2.2 Métodos de Ranqueamento ou Ordenação	26
2.2.1 Métodos da Escola Europeia	27
2.2.2 Métodos da Escola Americana	33
2.3 Aplicações do método TOPSIS	41
2.4 O problema de tomada de decisão na implantação de ferramentas emergentes no Lean Office	43
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	50
3.1 DSR	50
3.2 Etapas do Trabalho	53
3.2.1 Revisão Sistemática de Literatura	54
3.2.2 Definição do Método multicritério	55
3.2.3 Construção da estratégia de decisão multicritério e multi-dimensional	57
3.2.4 Aplicação da estratégia no caso	58
3.3 Síntese do método	59
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	61
4.1 Características do estudo	61
4.2 Método Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation - JOANA	62
4.2.1 Desenvolvimento geral do método JOANA	62
4.2.2 Aplicação do método em duas dimensões	65
4.2.3 Aplicação do método em três dimensões	70
4.3 Discussão dos Resultados	79
4.3.1 Implicações Gerenciais	81
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
REFERÊNCIAS	86
ANEXO A CHECK-LIST - MÉTODO PRISMA	97

1 INTRODUÇÃO

Com as mudanças esperadas em um ambiente cada vez mais dinâmico e de rápida informação, as empresas estão se tornando cada vez mais interessadas na aplicação de novas tecnologias, para garantir a competitividade a longo prazo e permitir que elas se adaptem às condições dinamicamente alteradas, como encurtar os ciclos de vida dos produtos, aumentar a diversidade e mudar as expectativas do consumidor (BAUER et al., 2015). Desta forma muitas empresas investem na reestruturação de seus processos criando um Sistema de Produção baseado em pensamento enxuto (*lean thinking*). Esse sistema foi criado após a Segunda Guerra Mundial no Japão, o Sistema Toyota de Produção (TPS, *Toyota Production System*) surgiu a partir das necessidades das indústrias automobilísticas japonesas reduzirem seus custos (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Carelli, Rodriguez e Rôa (2016) citam que no *Lean Manufacturing* existem técnicas para a eliminação dos desperdícios, retirando atividades que não agregam valor ao cliente. Entretanto é necessário a quebra de paradigmas na estrutura organizacional, tendo em vista que nesse contexto, a quarta revolução industrial (Indústria 4.0) surge como uma consolidação das ferramentas da tecnologia de informação, como por exemplo: Internet das coisas (*IoT Internet of Things*), *Big Data*, BI, inteligência artificial, entre outros (HEIDRICH; FACÓ; REIS, 2017). Com a implementação de ferramentas do *Lean*, conforme Koch et al. (2014), as tecnologias emergentes da indústria 4.0 melhoram a eficiência e reduzem custos durante toda a cadeia de valor.

A grande interação entre as áreas do fluxo, com divisões de departamentos e funções além da alta variabilidade existente em processos administrativos tende a dificultar a padronização e estabilização do processo (TAPPING; SHUKER, 2010; GREEF; FREITAS; ROMANEL, 2012). Desta forma, algumas vezes os funcionários de setores administrativos e de apoio não estão familiarizados com técnicas e ferramentas para aumento da eficiência. Características de variabilidade e fluxos administrativos longos tendem a produzir má qualidade de informação e tempo extra de correções dos processos (LOCHER, 2017).

Segundo Chen e Cox (2012), é reconhecido que as ferramentas enxutas empregadas em procedimentos administrativos têm mais dificuldades operacionais, principalmente devido as variações que ocorrem em processos maiores, comparados com os que ocorrem nos processos de fabricação. Além disso, há a existência de uma quantidade menor de informação das pessoas envolvidas e falta de referência na literatura. Os funcionários sofrem em ambientes de desperdícios com fadiga, frustração e exaustão (TAPPING et al., 2010).

Diante a necessidade de tornar cada vez mais as empresas competitivas e eficientes, além

de resultados positivos da filosofia *Lean Manufacturing*, há diversos desdobramentos além da indústria (TURATI; MUNETTI, 2006), como: Logística, Serviços, Varejo, *Six Sigma*, *Health-care*, *Office* entre outros. Tendo em vista a diferenciação dessas áreas, a presente dissertação pretende abordar o desdobramento administrativo. Conforme TAPPING e SHUKER (2010) a área administrativa representa de 60 a 80% dos custos associados ao atendimento da demanda do cliente e é nesse aspecto que o *Lean Office* busca aumentar o valor agregado nos processos administrativos.

De acordo com Kardes e Kalyanaram (1992), a tomada de decisão é um processo sustentado pelo julgamento, sendo este caracterizado por: respeito à avaliação, estimação e dedução dos eventos ocasionados pelo curso de uma ação e os resultados previsíveis. Essa efetividade do julgamento segundo o autor está amplamente vinculada à quantidade e qualidade de informações em estudo, e que as potenciais falta de informações relevantes ou a limitação e incerteza destas informações, pode levar os decisores a julgamentos equivocados.

1.1 Apresentação do Problema de Pesquisa

Um dos exemplos de sucesso para a utilização de metodologias *Lean Office* foi o trabalho de Tegner et al. (2016) que incorporou técnicas de Engenharia e Gerenciamento de Processos de Negócio, integrada aos conceitos *Lean*, para a redução de desperdícios em processos administrativos, e também mostrou como ferramentas e conceitos *Lean* podem ser integrados em iniciativas para modelagem, reengenharia e redesenho de processos. Wagner, Herrmann e Thiede (2018), propõem a integração para aprimorar as tecnologias da Indústria 4.0 em fluxos de valor industrial, usando elementos do *design thinking*, inclusive deixando lacunas para aplicação fora do ambiente de produção.

Outro exemplo da aplicação do *Lean Office* se dá no trabalho de Rocha et al. (2015) que melhorou o fluxo de trabalho em uma empresa prestadora de serviços de TI, que por meio de análises realizadas a partir de ferramentas *Lean*, conseguiu reduzir o custo em R\$ 14.000,00 mensais, fazendo com que investimento realizado, de aproximadamente R\$ 20.000,00, já retornasse em dois meses. No artigo de Sastre et al. (2018), por meio de ferramentas e aplicação de mapa de fluxo de valor, conseguiu-se reduzir desperdícios, otimizando os processos e reduzindo os prazos de entrega, com isso foi possível aumentar margem de lucro da empresa.

Freitag, Chagas Santos e Cunha Reis (2018) realizaram um estudo de caso em uma empresa de soluções de *Internet of Things* (IoT), localizada no Brasil, e demonstraram como a implementação de princípios, técnicas e ferramentas *Lean* pode trazer benefícios para o departamento de operação, pois conseguiram reduzir o *lead time* de 221 horas para 101 horas.

Soluções tecnológicas como IoT, *Big Data*, *Cloud*, *Analytics*, realidade aumentada, *Robotic Process Automation*(RPA), *Artificial Intelligence* (IA), *Business Intelligence* (BI), serão tratadas como tecnologias emergentes que são, segundo Millar, Lockett e Ladd (2018), uma inovação que pode melhorar ou modificar métodos e práticas tradicionais de negócios e podendo a longo prazo, levar a criação de novos produtos ou serviços.

No artigo de Monteiro, Alves e Sameiro Carvalho (2017), foi possível com as ferramentas implementadas a redução de 84% no tempo de processamento além de organização do espaço eletrônico no setor administrativo. Tortorella e Fettermann (2018) propõe uma nova abordagem para identificar a integração das tecnologias da indústria 4.0 nas práticas atuais de gestão junto as práticas *Lean*, visando a melhoria do desempenho operacional. Tay e Low (2017) relatam o caso de uma transformação digital em uma Instituição de Ensino Superior, que evoluiu de materiais impressos tradicionais para formatos digitais, simplificando suas operações internas e criando valor para a comunidade de ensino e aprendizagem.

No contexto administrativo de *Supply Chain* no artigo de Dworschak e Zaiser (2014), as tecnologias provenientes da Indústria 4.0 podem apoiar a interação, fornecendo as ferramentas e tecnologias necessárias, como *IoT* e *Big Data*, para obter *feedback* imediato e automático aos fornecedores e para superar burocracias e canais de comunicação inadequados entre clientes e fornecedores. Para Shariatzadeh et al. (2016) a implementação da *IoT* pressupõe a utilização de dispositivos integrados de comunicação, gerenciando informações sobre mercadorias transportadas e rastreando-as até o seu destino.

Entretanto todos os estudos apresentados até então apresentam as vantagens e benefícios da utilização de tecnologias emergentes para a melhoria do fluxo de informações e valor, principalmente no que tange as atividades administrativas, mas um ponto também relevante é sob o ponto de vista da gestão do negócio, visto que muitos *trade-offs* podem estar presentes neste processo de tomada de decisão.

Nesse contexto de acordo com Lopes (1990) e Beattie (1988) há três tipos de dificuldades na tomada de decisão:

1. Decidir em que acreditar com base em evidências conflitantes;
2. Realizar e optar por *trade-offs* (Conflitos de escolha) entre objetivos concorrentes;
3. Tomar Decisão em condições de Incerteza.

A dificuldade em tomar decisões em contextos de *trade-off's* é simplificada e facilitada segundo Beattie et al. (1994) por alguns fatores que podem ajudar o tomador de decisão, são eles:

1. O Nível de certeza - em um contexto de tomada de decisão onde existe um alto nível de incerteza prevalecente, a tomada de decisões torna-se mais difícil;
2. A Preocupação com o resultado - quanto menor o tomador de decisões se preocupar com o resultado, ou o impacto da ação não for significativo, mais fácil será a decisão;
3. A Similaridade entre alternativas - quanto mais semelhantes as opções ou alternativas, mais fácil será a troca tomada de decisão
4. A Moralidade - se houver forte convicção moral relacionado a uma alternativa particular, então compensar a tomada de decisão torna-se mais fácil. A base moral é citada pois as decisões às vezes são traduzidas nas chamadas regras de decisão, que orientam a escolha.

Segundo Prescott (2004), ferramentas de visualização de dados podem ajudar a simplificar a análise complexa para *stakeholders* e eventos. O autor sugere que um diagrama visual ou mapa oferecem as seguintes vantagens:

1. Ajuda a reduzir a complexidade e esclarecer problemas,
2. A diagramação é complementar ao texto,
3. Auxilia os pesquisadores a identificar e fazer as mudanças necessárias,
4. Ajuda a identificar limites e reduzir sobrecarga de informação.

Comai (2014) conclui que a criação de mapas iterativos e gestão visual pode acelerar a compreensão de questões complexas e inter-relacionadas, levando a uma melhoria tomada de decisão, bem como reduzindo a possibilidade do risco ao interpretar mal ou julgar as informações.

No artigo de Aas e Alaassar (2018) ao autor procurou entender o uso de ferramentas de gestão de desempenho visual no contexto empresarial, as descobertas contribuem em relação ao melhor impacto na tomada de decisão, objetivando um resultado geral positivo nas habilidades cognitivas (criatividade e memória), sociais (colaboração e engajamento) e emocionais (envolvimento), levando a uma melhor comunicação e melhor compreensão das informações, bem como da tomada de decisões, quando há utilização de uma ferramenta visual.

No aspecto da teoria normativa clássica de escolha racional (heurística) Gilovich, Griffin e Kahneman (2002), estabelece que a decisão de escolha deve produzir a maior utilidade, otimizando os resultados de interesse obtidos, com base no julgamento da utilidade dos possíveis resultados, de modo que a escolha revele a melhor solução possível para a tomada de decisão.

Para Luppe e Felisoni De Angelo (2010) a teoria apresenta o pressuposto de que todos os fatores impactantes na tomada de decisão estejam mapeados e sejam considerados na construção do modelo de tomada de decisão, porém em um contexto real, grande parte das decisões e informações não são apresentadas de forma completa, sendo estas tomadas sob condições de incerteza. Eis que neste contexto emerge a questão de pesquisa: “Qual estratégia deve ser adotada na priorização tecnologias emergentes, no suporte à aplicação de princípios *Lean* na área administrativa, para redução de desperdícios com menor investimento e ganho em produtividade”?

1.2 Objetivos

Para resposta dessa questão, o objetivo principal dessa dissertação é propor uma estratégia de priorização e implantação de tecnologias emergentes associadas ao *Lean Office* em setores de apoio administrativo, buscando reduzir as perdas com menor custo. O trabalho tem como objetivos específicos:

- (i) Avaliar as práticas do *Lean Office* em associação com as tecnologias emergentes identificadas na literatura para redução de desperdícios na área administrativa;
- (ii) Desenvolver um método de ranqueamento multicritério e multidimensional para auxílio a tomada de decisão.

1.3 Justificativa

De acordo com Tortorella e Fettermann (2018), a busca constante das empresas pela excelência operacional, visto as tendências do mercado e mudança no perfil dos clientes, podem ser melhorados com as tecnologias digitais implantadas adequadamente. A diretriz para melhorar processos administrativos na área de compras até a distribuição torna a empresa mais produtiva, fazendo com que produza mais com menos. Avaliar os benefícios da implantação de ferramentas tecnológicas em conjunto com ferramentas do *Lean* pode gerar benefícios similares aos observados no *Lean Production*, sendo assim um ponto motivador para pesquisas em nível acadêmico.

Segundo Abollado, Shehab e Bamforth (2017), a transformação digital no ambiente administrativo vem ganhando crescente interesse pelas empresas. Muitos fatores influenciam essa implementação, o que deve ser feito de maneira iterativa para garantir os resultados desejados. É desafiador e necessário a transformação digital em todas as unidades de negócio e proces-

Lean, produtividade, mapeamento de fluxo de valor e digitalização, sendo essa última então sendo vinculada com transformação digital, indústria 4.0, entre outras, e fazendo o vínculo posteriormente com *Enterprise*.

Paralelamente a esta análise inicial, foi conduzida uma revisão sistemática da literatura, cujos resultados quantitativos são detalhados na Figura 2.

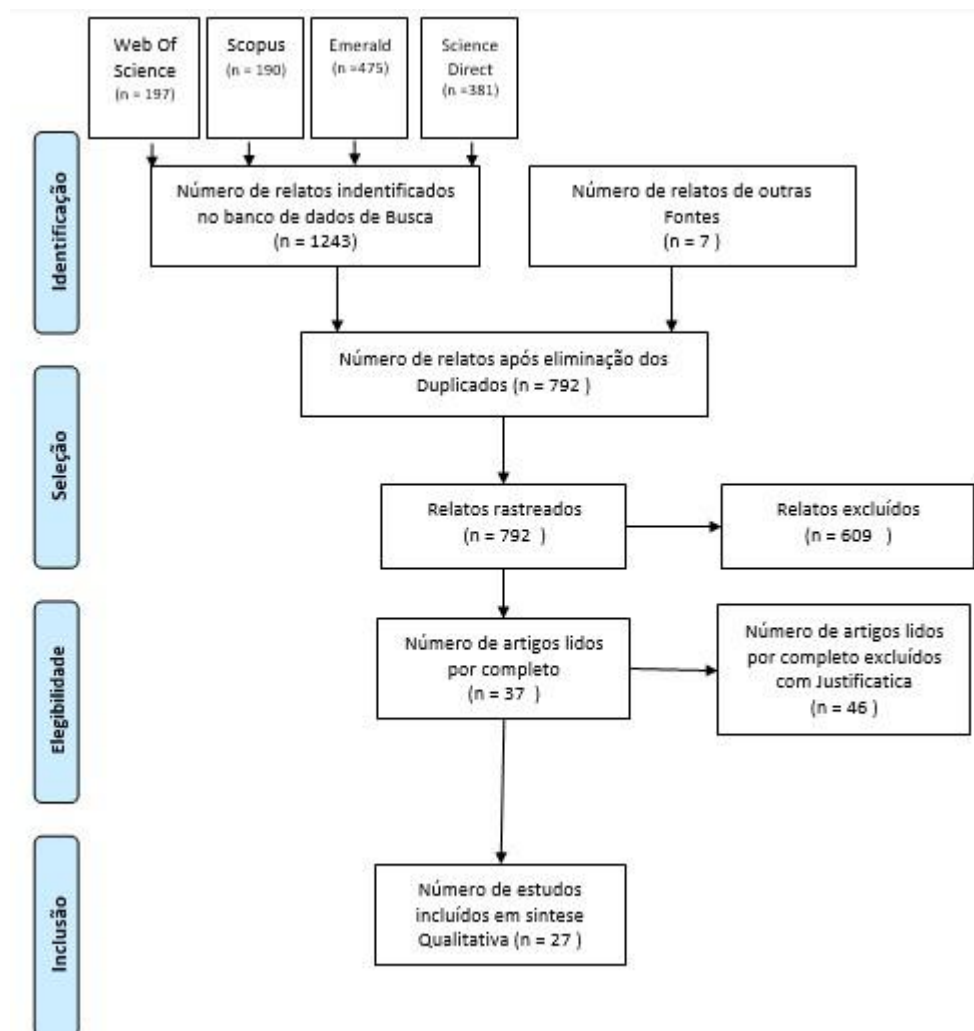


Figura 2: PRISMA

Fonte: Adaptado de Moher et al. (2000)

Pode-se notar que apesar do número expressivo de relatos identificados nas bases de dados (792 artigos), a fase de elegibilidade remeteu a apenas 27 estudos que ultrapassaram os critérios de exclusão detalhados na seção de metodologia. Destes, pelo alinhamento com o estudo, destacam-se 5 artigos contidos no Quadro 1.

Entre os principais achados podemos citar o artigo de Demeter e Losonci (2019), em que

Quadro 1: Principais Achados RSL (PRISMA)

Referência	Ações	Ferramentas Utilizadas
Frank, Mendes e Ayala (2019)	Integrar Completamente produtos e Serviços	Big Data; Cloud;
Frank, Dalenogare e Ayala (2019)	Maximizar utilização de Big Data em Serviços de Escritórios; Transformar o trabalho administrativo em "Smart Working"; Uso de RPA para processos administrativos Repetitivos	Cloud; Big Data; IoT; Analytics
Belayutham, González e Yiu (2016)	Utilizar Dashboards para ações imediatas do administrativo	Big Data; Cloud; Analytics; VSM
Demeter e Lo-sonci(2019)	Criar jogos iterativos para transferência de conhecimento para outras sedes administrativas	WebGames
Villarreal, Garza-Reyes e Kumar (2016)	Utilizar Softwares de Simulação para otimizar processos administrativos em tempo real	Usa um software de Simulação para melhorar velocidade administrativa

Fonte: Elaborado pelo Autor

os resultados indicam que as empresas tem grande aderência em transferência de conhecimento enxuto, em redes multinacionais no que diz respeito a conhecimento explícito e tácito, indicando a possibilidade de aplicação em ambientes dinâmicos e de rápidas mudanças. Frank et al. (2019), traz em seu artigo a importância da integração entre produtos e serviços para melhora da qualidade para o cliente, já em seu segundo artigo Frank, Dalenogare e Ayala (2019) o autor refere-se novamente em otimização em ambientes de escritórios utilizando tecnologias emergentes, esses artigos citados mostram a relevância em se aplicar novas possibilidades tecnologias em ambientes que tem altos custos para as empresas.

Os artigos de Belayutham, González e Yiu (2016) e Villarreal, Garza-Reyes e Kumar (2016), realizam aplicações de tecnologias emergentes para suportar as melhorias administrativas propostas, ambos trabalhos utilizam de tecnologias que permitem o acompanhamento em tempo real, o que remete a tomada de decisão imediata caso ocorra alguma divergência, essas aplicações em empresas dinâmicas e em que os setores de apoio tem alto custo, ajudam a mesma a se tornar competitiva, e se posicionar de forma estratégica ao mercado.

Desta forma o Quadro 1 traz as ações que foram elaboradas pelos autores em seus artigos, bem como as ferramentas que foram utilizadas para a resolução dos problemas. Destaca-se no quadro as ferramentas utilizadas apesar de alguns dos artigos não implementaram até o final as ferramentas e ações propostas, porém trouxeram evidências que contribuem para a pesquisa em questão. Como estes artigos destacam é plenamente possível aplicação de tecnologias emergentes como suporte à aplicação de princípios *Lean* na área administrativa, não foi possível identificar também artigos, que contenham um método passo a passo para priorização de

implantações de tecnologias emergentes em ambientes que necessitam de melhorias baseada na filosofia *Lean*.

No que tange a incerteza no processo decisório, o autor Tversky e Kahneman (1989), aponta que esse processo é um dos principais componentes da expressão do comportamento humano, sendo este compartilhado entre as diferentes áreas do conhecimento. Desta forma Tversky e Kahneman (1974) considera que o impacto da utilização de heurísticas de decisão em processos decisórios pode ser desastroso, uma vez que os atalhos mentais construídos na mente do decisor são baseados em eventos duvidosos, crenças construídas a partir de acontecimentos anteriores (históricos), desta forma, os acontecimentos anteriores de que o decisor tem conhecimento fortalecem a tomada de decisão.

Segundo Payne et al. (1993) o uso de uma heurística pode ser desencadeado tanto por fatores situacionais, como tarefa e contexto. Hilbig, Erdfelder e Pohl (2012) em seu artigo descreve que em um mundo de conhecimento, recursos e tempo limitados, o conceito de tomada de decisão racional nem sempre é um modelo adequado para descrever e explicar o comportamento humano, indicando que os indivíduos, por falta de tempo e comprometimento, tendem a recorrer a atalhos para tomar decisões.

Winston e Goldberg (2004) considera que o processo de tomada de decisão é definido como realização de qualquer seleção ou escolha de alternativas, que devido a abrangência global está inserido em diversas disciplinas, já no quesito empresarial GOMES (2004) entende que há um nível estratégico na decisão e com isso um nível que é medido por meio de quantidade de atividades e de resultados afetados pela decisão, desta forma Turban, Sharda e Delen (2010) escreve que diante de decisões que possuem alto nível estratégico, há uma necessidade de alto grau de estruturação contendo múltiplos tomadores de decisão, levando cada vez mais as organizações a optar por uso de sistemas para suporte e apoio a tomada de decisão.

Nesse contexto a empresa em estudo, presta o serviço de varejo e *Outsourcing* para diversos clientes no território nacional. Um dos pilares da empresa é de inovação e novas tecnologias, seja para atendimento ao cliente, como redução de desperdícios em seus ambientes administrativos. O custo, a alta complexidade no desenvolvimento de tecnologias emergentes, e o risco da incerteza no momento da tomada de decisão entre diversos projetos, que podem auxiliar a empresa, devem ser vistos e estudados de forma a diminuir/mitigar a incerteza associada ao processo de escolha.

O tema abordado tem relação direta com o constante desenvolvimento da empresa, uma vez que estabelece um método para minimizar o impacto da incerteza no processo decisório na definição de projetos. A pesquisa busca trazer também avanços no entendimento dos fatores que influenciam a tomada de decisão na empresa estudada, além de introduzir a padronização

e automatização dos conceitos de processo decisório dos projetos.

Além disso a redução de desperdícios, e a otimização de processos visando melhorar a eficiência, aumentando a competitividade da empresa também é um fator que está cada vez se tornando mais cobrado nos ambientes empresariais, não só na parte interna como na parte externa, e no quesito clientes e fornecedores.

O gerenciamento enxuto é considerado como uma estratégia de melhoria de processos de negócios, trazendo benefícios para uma série de empresas que lidam com a crescente ameaça da concorrência de custos. Estratégia que segundo Porter (1986) deve ser entendida, analisada e discutida primeiramente na indústria em que está se competindo, e posteriormente posicionar a firma em seu âmbito competitivo para assim poder ter vantagem competitiva dentro da indústria.

A vantagem competitiva decorrente de inovações só persiste se for difícil de ser copiada pela concorrência, nesse sentido inovar em processos e na forma de gerir pode ser o melhor caminho para inovação sem replicação da concorrência (PANTALEÃO; ANTUNES JUNIOR; PELLEGRIN, 2007). De encontro a essa informação as empresas que oferecem produtos necessitam responder a demanda, com algum modelo de inovação de serviços, utilizando como base um forte investimento em novas tecnologias e conectividade para competir com os concorrentes (DÍAZ-GARRIDO et al., 2018).

Desta forma, a empresa em estudo pode melhorar o desempenho perante os novos projetos realizados, estabelecendo um método de definição e ranqueamento dos projetos, o trabalho também visa contribuir para processos similares, em outras frentes de trabalho em que há necessidade de comparações e cruzamentos de diversas alternativas com uma quantidade considerável também de critérios, ou seja, um método generalizável para diversas frentes de trabalho.

1.4 Delimitações

A dissertação em questão se restringe a avaliar e identificar métodos, ferramentas e indicadores existentes encontrados na literatura e propor os mais adequados para o estudo, para aplicação em uma empresa de distribuição de produtos, como delimitações do trabalho pode-se citar: (i) que não será considerado a mudança de funcionários da empresa; (ii) não será considerado a mudança do setor que realiza a atividade; (iii) não será realizada nenhuma análise de investimento aprofundada para implementar as melhorias; (iv) os dados foram fornecidos pela empresa e não foram questionados. Os setores de apoio são caracterizados nessa dissertação como setores que trabalham como base para os objetivos fim da empresa, que este último seria

separação e distribuição de produtos. Então setores como recursos humanos, controladoria, compras, comercial são considerados setores de apoio a distribuição de produtos. (v) Não serão avaliados os custos de implementar tecnologias emergentes e ferramentas *Lean*, mas será considerado o esforço em fazê-lo a partir de uma escala aplicada junto a especialistas.

1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho possui sua estrutura dividida em cinco capítulos. O primeiro deles apresenta a contextualização, a justificativa da escolha do tema, o objetivo geral, os objetivos específicos e as delimitações da pesquisa. O segundo aborda a Fundamentação Teórica sobre os Métodos de apoio a tomada de decisão, estudos correlatos sobre o método de ranqueamento de apoio, e o problema de tomada de decisão na implantação de ferramentas emergentes no *Lean Office*. No terceiro capítulo, os meios e estratégias de condução do estudo são definidos e explicados. O penúltimo capítulo apresenta a estratégia de decisão proposta além de uma demonstração de aplicabilidade em duas e três dimensões, e a discussão dos resultados. Por fim, nas Considerações Finais são apresentadas as conclusões do trabalho e sugestões para novas pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Métodos de apoio a tomada de decisão

As heurísticas de decisão são regras gerais de influência, sendo elas utilizadas para que o indivíduo realize seus julgamentos em tarefas decisórias de incerteza (PLOUS, 1993). Segundo o autor as heurísticas são utilizadas para a redução do tempo e dos esforços empreendidos para que sejam feitos julgamentos razoavelmente qualificados e com critérios pré-estabelecidos.

Para Tonetto et al. (2006), os princípios envolvidos nas situações de heurísticas buscam identificar as ações que maximizam a possibilidade de obter resultados desejáveis, e minimizar a possibilidade de que ocorram resultados indesejáveis sob as condições estudadas, o autor Hastie (2001) considera a heurística como modelos que visam normatizar seja sob risco ou sob incerteza, como sendo a origem dos estudos sobre julgamento e tomada de decisão, com isso as heurísticas são mecanismos cognitivos adaptativos que reduzem o tempo e os esforços nos julgamentos, mas que também podem levar a erros.

O problema na tomada de decisão segundo Vieira (2006), é representado por uma matriz de avaliação em que cada elemento representa o desempenho de uma alternativa, neste contexto as características e os objetivos do problema serão indicadores para a escolha do modelo. Para Costa e Junior (2013) esse tipo de abordagem surge em um contexto para apoiar decisões complexas e que a solução passa por diversos critérios e variáveis.

Assim, os métodos de apoio a decisão são conjuntos de técnicas para auxiliar os gestores a tomar decisões acerca de um problema complexo. Esses tipos de ferramentas permitem que a decisão seja realizada considerando critérios relevantes para o problema (JANNUZZI; MIRANDA; SILVA, 2009). Além disso segundo Ishizaka e Nemery (2013), esse tipo de ferramenta é uma alternativa para subjetividade e incertezas inserindo o tomador de decisão em um centro do processo e auxiliando o mesmo em decisão de ordem tática ou estratégica. Krohling e SOUZA (2011) cita que é uma forma das decisões serem suportadas de maneira eficiente e eficaz.

Há quatro tipos de problema de decisão segundo Roy (2013), são eles:

1. Problema de seleção: em que o objetivo é selecionar a melhor alternativa;
2. Problema de classificação: define-se em reagrupar as alternativas ou comportamentos semelhantes;
3. Problema de descrição: que trata-se de descrever as alternativas e consequências;

4. Problema de ordenação: Em que as alternativas ou elementos proposto são ordenados em forma de ranking do melhor para o pior, sendo uma boa forma de sequenciar as implantações que podem ser realizadas;

É neste último tipo de problema que este estudo se concentra, e portanto, a discussão sobre estes métodos será aprofundada na próxima seção.

2.2 Métodos de Ranqueamento ou Ordenação

Para problemas para Apoio Multicritério à decisão existem diversas possibilidades de métodos que podem ser utilizados: AHP, ANP, PROMETHEE, MACBETH, TOPSIS, são alguns exemplos. Os métodos dividem-se por escolas (americana e europeia) e esta divisão segundo Dutra et al. (1998) acontece devido a diversidade cultural entre os ambientes e as linhas de pesquisa das escolas. No ambiente europeu se considera que a abordagem apenas quantitativa e objetiva tinha limites de abordagem, já na escola americana busca-se a melhor solução conforme os dados disponíveis de forma racional.

Roy (2013), destaca essa consolidação em duas vertentes para tomada de decisão multicritério, MCDM (*Multicriteria Decision Making*- Escola Americana) e MCDA (*Multicriteria Decision Aid*- Escola Europeia) Sendo a primeira de acordo com Dutra et al. (1998) enfatizando e buscando a solução ótima para o problema, e a segunda focando no aspecto de ajuda, ou seja, buscando a compreensão e aprendizado do problema. As Escolas Americana e Europeia foram às conforme citado por Campos (2011) pioneiras na utilização de método de tomada à decisão multicritério nas décadas de 70 e 80, substituindo em parte os modelos de pesquisa operacional.

As grandes diferenças e paradigmas entre as escolas são explicadas por Roy e Vanderpooten (1996) como:

- No paradigma racional da escola americana não se busca com que o decisor entenda seu problema. Ao contrário, da escola Europeia de paradigma construtivista, procura-se trazer ao decisor argumentos que o façam melhor julgar o problema, mesmo que isto enfraqueça e/ou diminua algumas convicções.
- A escola americana apresenta elementos de natureza objetiva enquanto que a escola europeia reconhece tanto a presença da natureza objetiva como a da natureza subjetiva;
- A escola europeia se diferencia por procurar construir, ou criar, algo que por definição não existe. Para a escola americana, o objetivo é descrever, ou descobrir, algo que já preexiste completamente.

As próximas subseções irão detalhar as escolas citadas, bem como os principais métodos de cada uma de além da forma de aplicação dos mesmos.

2.2.1 Métodos da Escola Europeia

De acordo com Dyer et al. (1992) duas escolas de pensamento foram desenvolvidas para a evolução da análise multicritério, cada uma com características e paradigmas diferentes para apoiar ou auxiliar a tomada de decisão. Além disso, várias visões gerais propostas pelo especialistas na área mostram os diferentes pontos de vista da análise multicritério. Entre essas escolas, podemos distinguir a escola europeia de análise multicritério ou também auxílio à decisão multicritério (*MCDA*). Os membros desta escola quase todos vêm do *European Working group* conhecido como “Auxílio Multicritério para Decisões”. A escola europeia de *MCDA* tem como uma das bases o artigo de Roy e Vanderpooten (1996) intitulado "A Escola Europeia de *MCDA*: emergência, recursos básicos e trabalhos atuais", em que no mesmo se estabelecem os fundamentos desta escola de pensamento.

Segundo Moreira (2007), a escola europeia é composta por métodos que se baseiam em modelagem de preferências, ao contrário da escola americana, não pressupõe que todas as alternativas são comparáveis entre si, e nem pressupõe que existe alguma expressão matemática que reflita o comportamento do fenômeno estudado. De acordo com o mesmo autor a abordagem *MCDA* traz como pressuposto, ao contrário da abordagem *MCDM*, limites para a objetividade, ou seja, para o entendimento e resolução dos problemas do mundo real, e que devem ser levados em consideração os critérios objetivos assim como os critérios de natureza subjetiva, que normalmente existem de maneira dispersa e difusa dentro do contexto decisório, porém fazem parte do mesmo e são relevantes para o julgamento das ações.

Roy e Vanderpooten (1996) considera que há cinco aspectos principais em relação a limitação da objetividade na escola americana e que com isso a escola europeia pode ter vantagem, são eles:

1. existe modificação ao longo do processo de decisão, então identificar o que é viável ou não, se perde durante o processo
2. em casos reais dificilmente existe um decisor único, e a decisão é tomada com influenciadores
3. existe existência de incertezas e normalmente o real tomador de decisão não deixa claro o objetivo do estudo
4. existe também incerteza na estratificação e tratamento dos dados

5. segundo o autor é impossível determinar o que é bom ou ruim a partir de um modelo matemático, pois há fatores externos que influenciam o sucesso ou não do projeto.

Na forma construtiva (escola europeia), de acordo com Costa (1992) o objetivo do analista de decisão é ajudar o tomador de decisão a construir um auxílio à decisão modelo com base em pressupostos de trabalho que não são tomados como regras gerais, funcionando como suposições e devem ser consideradas como recomendações.

De acordo com Roy e Bouyssou (1993) o primeiro método da escola europeia foi o *ELECTRE* (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*), denominado *ELECTRE* I. Mais tarde, outros métodos foram concebidos seguindo o mesmo conceito teórico central e analisando uma quantidade diferente de relações.

Existe, no entanto, pelo menos um método que não faz uso de pesos, chamado *ELECTRE* IV. Que é apresentado no artigo de Roy e Hugonnard (1982). Este método seria capaz de resolver problemas usando conceitos como superação e pseudo critérios em que o agente de decisão não deseja determinar pesos para os critérios. Desta forma, a solução é obtida por meio de uma sequência de relacionamentos de superação agrupados.

Segundo Brans e De Smet (2016) além dos métodos *ELECTRE*, a escola europeia contribui com outra família de métodos chamados *PROMÉTHÉE* (Método de Organização de Classificação de Preferência para Enriquecimento Avaliações). O método *PROMÉTHÉE* faz uso da relação de superação por meio de o conceito de “fluxo líquido de superação”.

Já o método *MACBETH* de acordo com Costa e Vansnick (1999) surgiu em 1995 com o propósito para a avaliação da estrutura da União Europeia de programas, o método foi aplicado para construir uma função de valor para cada critério e avaliar constantes de escala (os pesos relativos dos critérios). Como resultado o autor diagnosticou que o método pode ser usado para redirecionar o programa e melhorar a qualidade da avaliação, no estudo em questão foram realizadas comparações de entrevistas e questionários.

Dentre os métodos da escola europeia, os que serão abordados nessa dissertação serão o *PROMETHEE* e *MACBETH*, o método *ELECTRE* não será descrito nas seções subsequentes, pois não foi concebido inicialmente para ranqueamento de decisões, e essa etapa é crucial no modelo que foi criado, além disso há necessidade de criação de parâmetros e algoritmos complexos segundo Ishizaka e Nemery (2013), outra característica é a da utilização de limites de indiferença e preferência, de modo que diferenças podem ser insignificantes, embora a soma de pequenas diferenças possa ser decisiva.

O método *ELECTRE* III e IV, desenvolvidos também para o ranqueamento de acordo com escrito no livro de Ishizaka e Nemery (2013) e Perny (1992) não cumprem a propriedade de mono-tonicidade, visto que as classificações podem não responder na modelagem de maneira

certa a direção, para uma modificação de desempenhos das alternativas, com isso a melhoria e o desempenho de uma alternativa pode levar à deterioração de sua classificação final.

2.2.1.1 PROMETHEE

O método *PROMÉTHEE* (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) de acordo com Fülöp (2005) utiliza índices de preferência para determinar a intensidade global de preferência entre as alternativas, com o objetivo de obter uma categorização parcial ou completa. É um método que busca explorar a relação entre as alternativas e critérios em análise para classificar as mesmas. O método auxilia na análise de determinadas alternativas e critérios para encontrar a melhor solução do problema, os índices de preferência multicritério são calculados, os fluxos de preferências, o qual pode ser positivo no caso de preferência de uma determinada alternativa sobre outras ou negativo, caso o contrário, são gerados; e ordenam-se estas alternativas. O método *PROMETHEE* é dividido em subconjuntos de métodos, segundo Fülöp (2005) sendo eles:

1. *PROMETHEE* I: método que possibilita a criação de ranking das alternativas através da avaliação ou do fluxo positivo ou negativo
2. *PROMETHEE* II: método utilizado para complementar o *PROMETHEE* I, comparando todas as alternativas, estabelecendo um ranking de alternativas baseando-se no fluxo de cada.
3. *PROMETHEE* III: avalia o grau de indiferença entre duas alternativas, neste método um intervalo é definido para a estrutura de decisão, através da associação de um intervalo para cada valor do fluxo de ações.
4. *PROMETHEE* IV: é um método de abordagem contínua, em que se utiliza infinitas alternativas.
5. *PROMETHEE* V: é um modelo de análise multicritério, que utiliza condições de contorno para determinados casos em particular. Consiste em um aprimoramento dos métodos *PROMETHEE* I e II.
6. *PROMETHEE* VI: método que consiste em refletir decisões através de análises de sensibilidade.

Segundo GOMES (2004) é um dos mais recentes da categoria dos métodos de relação de superação o *PROMETHEE* I, a ordenação obtida corresponde a uma pré-ordem parcial, já que

se pode apresentar uma relação de incomparabilidade entre as alternativas. Isso não procede no *PROMETHEE* II, em que se obtém uma pré-ordem total, porque esse método trabalha com limites variáveis.

Como desvantagens tem-se a transformação de critérios qualitativos em valores quantitativos (prática subjetiva, suscetível a julgamento de cada indivíduo) e, durante a análise de sensibilidade, uma mudança na pontuação final não pode ser percebida após mudança da hipótese, para Wernke e Bornia (2001) o método *PROMETHEE* é baseado em comparações de pares e essas combinações são validadas conforme o número de ações e então é gerado um *ranking* das opções analisadas.

Em seu livro Ishizaka e Nemery (2013) explica e exemplifica a utilização do método *PROMETHEE* sendo o mesmo baseado no cálculo de graus de preferência separados por uma pontuação/intervalo (entre 0 e 1) que expressa como uma ação comparada a outra ação, do ponto de vista do tomador de decisão. Um grau de preferência de 1 significa, portanto, uma preferência total ou forte por um dos tomadores de decisão no critério considerado. Se não houver preferência alguma, então a preferência grau é 0. Por outro lado, se houver alguma preferência, mas não uma preferência total, então a intensidade estará em algum lugar entre 0 e 1. É usado o termo grau de preferência de pares, uma vez que a preferência da ação A sobre a ação B não pode ser deduzida da preferência da ação B sobre a ação A (nem vice-versa).

Conforme contido no livro de Ishizaka e Nemery (2013) será denominado por $A = a_1, a_2, \dots, a_n$ o conjunto de ações a serem classificadas; e deixar $F = f_1, f_2, \dots, f_m$ seja o conjunto de critérios. Para não perder generalidade, iremos supor igualmente conforme Ishizaka e Nemery (2013) que todos os critérios devem que ser maximizados. Para cada par ordenado de ações (a_i, a_j) de A, o grau de preferência do uni-critério P_{ij}^k (também observado que $P_k(a_i, a_j)$) é calculado e reflete quão fortemente a ação a_i é preferida a_j com base exclusivamente no critério f_k . P_{ij}^k é um número entre 0 e 1, e é uma função ente a diferença entre as avaliações (ou seja, $f_k(a_i) - f_k(a_j)$): quanto maior essa diferença, mais forte é o grau de preferência.

O grau de preferência é calculado com base nas funções de preferência abaixo conforme Ishizaka e Nemery (2013):

O tomador de decisão, tem a escolha entre três diferentes tipos de funções de preferência. A primeira com com q e p como, respectivamente, o limiar de indiferença e preferência:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} 0 & SE \quad f_k(a_i) - f_k(a_j) \leq q \\ \frac{[f_k(a_i) - f_k(a_j) - q]}{[p - q]} & SE \quad q < f_k(a_i) - f_k(a_j) < p \\ 1 & SE \quad f_k(a_i) - f_k(a_j) > p \end{cases} \quad (2.1)$$

Entretanto se nós considerarmos a função de preferência Gaussiana segundo Vincke (1992)

e Brans e De Smet (2016), em que a letra "s" representa o ponto de inflexão, teremos a equação abaixo:

$$P_{ij}^k = \begin{cases} 1 - \exp\left(\frac{-(f_k(a_i) - f_k(a_j))^2}{2s^2}\right) & SE(f_k(a_i) - f_k(a_j)) \geq 0 \\ 0 & SE - Diferente \end{cases} \quad (2.2)$$

De acordo com Ishizaka e Nemery (2013), o uni-critério de preferência P_{ij}^k expressa como a_j é preferido para a_i de acordo com o tomador de decisão, P_{ij}^k e P_{ji}^k não são números simétricos, mas respeitam a condição de 0 menor ou igual à: $P_{ij}^k + P_{ji}^k \leq 1$.

Tendo todos os graus de preferência uni-critério ordenados, o grau de preferência global π_{ij} podem ser calculados levando-se em consideração os pesos associados a cada critério, segundo Brans, Vincke e Mareschal (1986) se os pesos respeitarem a condição $\sum_{k=1}^q w_k = 1$ então w_k pode ser o peso associado ao critério f_k e então a fórmula será:

$$\pi(a_i, a_j) = \pi_{ij} = \sum_{k=1}^q w_k P_{ij}^k \quad (2.3)$$

Continuando o método *Promethee* segundo Ishizaka e Nemery (2013) os cálculos dos fluxos positivos e negativos resumem os graus de preferência ordenados em um pontuação única para cada ação, podendo ser cálculos das seguinte forma:

$$\Phi^+(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \pi_{ij}}{n-1} \quad (2.4)$$

e Para o fluxo negativo:

$$\Phi^-(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \pi_{ji}}{n-1} \quad (2.5)$$

Para sumarizar a ação do fluxo positivo e negativo, a equação abaixo realizada a modelagem matemática em que será considerado um número entre -1 e 1. Quanto maior for esse número, melhor será a ação:

$$\Phi(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i) \quad (2.6)$$

De acordo com Brans e De Smet (2016) os fluxos positivos e negativos podem ser usados, para calcular a classificação *PROMETHEE I*, que é uma classificação parcial e inicial, enquanto os cálculos abaixo permitem a classificação completa para fazer *ranking* são eles, usando as expressões e relações (S^+, I^+) e (S^-, I^-) como as duas pré-ordens completas induzido pelos fluxos positivos e negativos:

O fluxo positivo de ação a_i supera o fluxo positivo de ação a_j

$$a_i S^+ a_j \Leftrightarrow \Phi^+(a_i) > \Phi^+(a_j) \quad (2.7)$$

O fluxo positivo de ação a_i e o fluxo positivo de ação a_j são indiferentes:

$$a_i I^+ a_j \Leftrightarrow \Phi^+(a_i) = \Phi^+(a_j) \quad (2.8)$$

O fluxo negativo de ação a_i supera o fluxo negativo de ação a_j :

$$a_i S^- a_j \Leftrightarrow \Phi^-(a_i) < \Phi^-(a_j) \quad (2.9)$$

O fluxo negativo de ação a_i e o fluxo negativo de ação a_j são indiferentes

$$a_i I^- a_j \Leftrightarrow \Phi^-(a_i) = \Phi^-(a_j) \quad (2.10)$$

Logo de acordo com Brans e Mareschal (2005) essas relações nos permitem definir o ranking parcial do *PROMETHEE I*. Nessa seção foi apresentado o passo a passo genérico do método de tomada de decisão *PROMETHEE*.

2.2.1.2 MACBETH

O MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique*) segundo Roy (2013) é classificado como método de critério único de síntese, com isso o mesmo reúne diferentes pontos de vista em uma única função de modelo aditivo, considerando os critérios como compensatórios, ou seja, quando a desvantagem de um critério é suprida pela vantagem de outro critério. Para Almeida (2011) modelos chamados de aditivos são os mais utilizados entre os métodos multicritérios. Nos modelos aditivos, o significado do grau de importância para a obtenção dos pesos associa-se à taxa de substituição que traduz uma ideia de compensação de ganho em um critério, quando acaba se perdendo em outro.

Costa (2007) descreve o *MACBETH* um método de apoio à decisão que permite avaliar opções levando em conta múltiplos critérios, diferente de outros métodos multicritérios por considerar a ponderação dos critérios e a avaliação de diferentes opções em julgamentos qualitativos, de acordo com o mesmo autor o objetivo envolvido na conceituação do *MACBETH* é permitir mensurar atratividade ou valores de diferentes opções através de um modelo de questionamento par-a-par não numérico, baseado em sete categorias qualitativas de juízo para diferenças entre atratividades: indiferente, muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte, ou

extrema.

Já para Chaves e Gomes (2014) outra diferença entre o *MACBETH* e outros métodos multicritério é que o mesmo requer apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atratividade entre elementos, para que desta forma seja fornecido pontuações para as opções em cada critério e assim seja possível ponderar os critérios através das chamadas taxas de substituição.

Em seu livro Ishizaka e Nemery (2013) conclui e propõe como discussão, que esse o método tem uma forte base teórica de medição, porém na prática as informações para construção da matriz deve ser consistente o suficiente para o cálculo do atratividade com um programa linear, e isso é uma dificuldade na utilização prática do método.

De acordo com Ishizaka e Nemery (2013) *MACBETH* estrutura o problema em uma árvore ou hierarquia, mas faz uma distinção entre critérios e "não critérios", sendo estes incluídos na árvore para ajudar com a avaliação dos critérios, mas não sendo diretamente influentes no decisão.

Após a estruturação do problema segundo Ishizaka e Nemery (2013) três tipos de pontuação devem ser calculadas:

1. Critérios de ponderação: Estes medem a atratividade de cada critério em relação ao objetivo principal.
2. Pontuação das opções: Estes representam a atratividade de uma opção para um critério específico.
3. Pontuação geral das opções: o peso dos critérios e as pontuações das opções são apenas resultados intermediários, usados para calcular a pontuação geral das opções. Enquanto a pontuação de opções os classifica em relação a um único critério, a pontuação geral das opções classifica-os em relação a todos os critérios e ao objetivo geral.

Ishizaka e Nemery (2013), exemplifica também que no método *MACBETH* podem haver dois tipos de incompatibilidade são elas: incoerência e semântica inconsistente, pois pode acontecer conflito de julgamento ao preencher a matriz, visto que o tomador de decisão pode introduzir incompatíveis julgamentos de comparação na matriz.

2.2.2 Métodos da Escola Americana

A Escola Americana segundo Saaty (2008) foi criada a partir da década de 1970 sendo uma metodologia baseada na análise hierárquica de dados, a mesma foi desenvolvida como um dos primeiros métodos de tomada de decisão multicritério, com a presença de critérios

quantitativos e qualitativos, chamados inicialmente de AHP (*Analytic Hierarchy Process*) o método foi criado por Thomas L. Saaty. Para Yoon e Hwang (1995) cita em seu livro a escola americana também é caracterizada pelo aspecto compensatório.

O método de forma resumida é descrito por Saaty e Vargas (2013) na representação hierárquica de objetivos ou critérios envolvidos na resolução de um problema, e visa uma global medição para cada uma das alternativas por meio de uma comparação entre pares de cada elemento em um nível hierárquico específico, considerando assim que na construção desta hierarquia as alternativas estão no nível hierárquico mais baixo, o agente de decisão, no final, de acordo com o método, deveria ter conseguido sintetizar todos os valores do modelo e ser capaz de priorizar ou classificar as alternativas.

O ANP segundo Saaty e Vargas (2013) é uma generalização do Analítico Processo de Hierarquia (AHP) e foi desenvolvida em 1996, considerando a dependência entre os elementos de a hierarquia. Muitos problemas de decisão não podem ser estruturados hierarquicamente porque eles envolvem a interação e dependência de elementos de nível superior em uma hierarquia em elementos de nível inferior. Portanto, a ANP é representada por uma rede, ao invés de um hierarquia.

Costa (1992) considera que um dos aspectos metodológicos de desacordo entre as escolas multicritério americanas e europeias reside no procedimento (prescritivo / descritivo versus construtivo) usado para construir um modelo de auxílio à decisão. Usando a forma prescritiva de modelagem, para escola americana um analista de decisão faz as prescrições com base em suposições normativas que são validados pela realidade.

O método TOPSIS foi proposto inicialmente por Hwang e Yoon (1981) com o intuito de ranquear alternativas através de uma Técnica de Preferência de Ordem Por Similaridade à Solução Ideal (TOPSIS). Essa técnica estabelece uma solução ideal positiva que maximiza critérios por exemplo de benefício e minimiza critérios por exemplo de custo, e a solução negativa pelo contrário. Os métodos da escola americana que serão apresentados nessa dissertação e seguem nas subseções serão o AHP, ANP e TOPSIS.

2.2.2.1 AHP

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) segundo Saaty (2008) é um método de medição por meio de comparações de pares e se baseia nos julgamentos de especialistas para derivar escalas de prioridade para tomar uma boa decisão, o tomador de decisão deve conhecer e definir: o problema, a necessidade e o propósito da decisão, os critérios e subcritérios para avaliar as alternativas, as ações alternativas a serem tomadas e as partes interessadas e grupos afetados.

A grande vantagem do método AHP para Vaidya e Kumar (2006) é permitir que o usuário atribua pesos relativos para múltiplos critérios, ou múltiplas alternativas para um dado critério, de forma intuitiva, ao mesmo tempo em que realiza uma comparação par a par entre os mesmos. Isso permite que, mesmo quando duas variáveis são incomparáveis, com os conhecimentos e a experiência das pessoas, pode-se reconhecer qual dos critérios é mais importante.

Segundo MORAES e Santaliestra (2008) para elaboração do método AHP é necessário seguir os seguintes passos;

1. Estruturar o problema de forma hierárquica, relacionando critérios e alternativas;
2. Organizar alternativas e critérios em matrizes, para posterior comparação par a par;
3. Comparar as alternativas, usando o conhecimento sobre o negócio.
4. Calcular os pesos das alternativas e dos critérios dentro da hierarquia estabelecida;
5. Calcular a relação de consistência para avaliar se o julgamento feito pelo tomador de decisão é coerente;
6. Sumarizar os resultados e montar a escala final de valores com as alternativas ordenadas em ordem de preferência.

Em relação ao passo 3 na comparação das alternativas, Saaty (2008) sugeriu o uso de uma escala padrão de valores, que variam de 1 a 9, como forma de avaliar numericamente e de forma padronizada as alternativas e critérios em um processo de decisão. Para cada valor há uma definição para não ter dúvidas no momento da decisão, sendo 9 o valor máximo de importância, 1 a igualdade de importância, os valores 3,5,7 são definidos na escala de forma gradual a importância até chegar ao 7. E os Valores 2,4,6 e 8 são os valores intermediários entre os julgamentos.

Já no passo 4 o autor MORAES e Santaliestra (2008), pontua os passos para normalização da matriz para isso é necessário seguir os seguintes passos:

1. Calcular a soma de cada coluna da matriz;
2. Dividir cada fator de importância inserido na matriz pela soma da coluna à qual pertence, com o objetivo de achar seu valor relativo dentro da coluna;
3. Calcular a média aritmética de cada linha da matriz normalizada. Após calcular a média de cada linha da matriz teremos o peso de cada critério.

De acordo com Saaty (1990) para o método ser aceitável e sem incoerência é necessário que haja consistência menor que 10% , primeiramente para calcular a relação de consistência segundo MORAES e Santalieu (2008) para o primeiro critério, multiplicar cada peso da matriz normalizada pelos respectivos valores da tabela de comparação feita inicialmente. Os resultados dessas multiplicações devem ser somados e divididos pelo peso normalizado do primeiro critério. Essa será a medida de consistência do primeiro critério, e assim sucessivamente para cada critério, após isso teremos a medida de consistência de cada critério, com essa medida é necessário calcular o CI dado pela equação abaixo:

CI = *Consistency Index* ou índice de consistência

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (2.11)$$

em que λ_{max} = média das medidas de consistência calculada inicialmente.

n= número de alternativas comparadas

RI= *Random Index*= índice de correção correspondente, tabela proposta por Saaty (1990).

Sendo CR = *Consistency Ratio* ou relação de consistência

$$CR = CI/RI \quad (2.12)$$

A Tabela 1 apresenta os valores tabelados por Saaty (1990) para RI em função do número N de alternativas comparadas.

Tabela 1: Tabela Random Index AHP

N	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58

De acordo com Saaty (1990) Se RC for inferior a 0,1 o grau de consistência é satisfatório, mas se RC for superior a 0,1 podem existir sérios problemas de inconsistência e o método AHP não deverá ser utilizado.

2.2.2.2 ANP

Outro método desenvolvido também por L. Saaty, o *Analytic Network Process* (ANP) é um método de Apoio Multicritério à Decisão, pertencente à escola americana considerado uma generalização do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), segundo Whitaker (2007) o ANP é fundamentalmente um caminho para medir fatores intangíveis utilizando comparações pareadas com julgamentos que representam a dominância de um elemento sobre outro, com respeito a

uma propriedade que eles compartilham. Ao contrário do AHP, o ANP usa uma rede (ao invés de hierarquia) sem necessidade de especificar níveis, além de permitir relações de dependência entre seus *clusters* e elementos. Ou seja, o ANP supera a limitação da estrutura hierárquica linear e contraria uma sentença da Independência dos dados. Segundo Saaty (2008), o ANP sintetiza o efeito da dependência dentro e entre conjuntos (*clusters*) de elementos.

Taslicali e Ercan (2006) citam algumas vantagens do ANP sobre o AHP são eles:

1. O fato de possuir uma estrutura em rede e permitir relações de dependência e *feedbacks* entre os elementos torna o ANP mais poderoso que o AHP em ambientes de decisão com incerteza.
2. Com o ANP o problema é representado mais realisticamente e o tempo de desenvolvimento é notavelmente menor;
3. Muitos problemas não podem ser representados hierarquicamente por existir dependência entre os elementos.

De acordo com Agarwal e Shankar (2002) embora o ANP incorpore relacionamentos importantes, ainda possui algumas desvantagem como :

1. Identificar atributos requer sessões extensas de *brainstorming*.
2. A aquisição de dados é um processo demorado.
3. ANP requer muitos cálculos em comparação com o processo AHP.
4. A subjetividade das comparações não é considerada.

Os passos sinalizados e descritos no método da AHP são semelhantes ao da ANP , a estruturação do problema é feita neste método é na forma de rede e *cluster*, a comparação par a par na matriz e a utilização da escala proposta por Saaty (2008) também é utilizada. Bem como o cálculo de CI e CR abordados na seção anterior. De acordo com Ishizaka e Nemery (2013) ANP se apoia na mesma teoria do AHP , sendo a única diferença a super matriz, sendo a mesma uma matriz particionada, em que cada submatriz é composta de um conjunto de relacionamentos entre dois nós da rede.

Segundo Saaty e Vargas (2013) descreve em seu artigo as prioridades derivadas de matrizes de comparação de pares são inseridas como partes das colunas de uma super matriz, sendo representação da prioridade de influência de um elemento à esquerda da matriz em um elemento no topo da matriz com respeito a um determinado critério de controle. Na ANP, se busca prioridades de uma super matriz limite. Para obter o limite, devemos elevar a matriz a

potências. Cada poder da matriz captura todas as transitividades de uma ordem que é igual a esse poder.

Nesse mesmo artigo Saaty e Vargas (2013), descreve o passo a passo para a realização da ANP são eles;

1. Descreva o problema de decisão de forma clara, incluindo seus objetivos, critérios e subcritérios.
2. Determine os critérios de controle e subcritérios nas quatro hierarquias: benefícios, oportunidades, custos e riscos dessa decisão
3. Determine a rede mais geral de *clusters* (ou componentes) e seus elementos que se aplicam a todos os critérios de controle.
4. Para cada critério de controle ou subcritério, determine os *clusters* do sistema com seus elementos, realize a conexão de acordo com influências de dependência interna.
5. Determine a abordagem que deseja seguir na análise de cada *cluster* ou elemento, influenciando (a abordagem preferida) outros *clusters* e elementos com respeito a um critério, ou sendo influenciado por outros *clusters* e elementos.
6. Para cada critério de controle, construa a super matriz, colocando os *clusters* em ordem que são numerados, e todos os elementos em cada *cluster* verticalmente à esquerda e horizontalmente no topo.
7. Realize comparações emparelhadas nos elementos dentro dos próprios *clusters* de acordo com sua influência, em cada elemento ou em outro *cluster*, eles estão conectados para (dependência externa) ou em elementos em seu próprio *cluster* (dependência interna).
8. Realize comparações emparelhadas nos *clusters* à medida que influenciam cada *cluster* para que eles estejam conectados com relação ao critério de controle dado. O derivado pesos são usados, para ponderar os elementos dos blocos de colunas correspondentes da super matriz. Atribua um zero quando não houver influência.
9. Calcule as prioridades limite da super matriz
10. Sintetizar as prioridades limitantes ponderando cada vetor limite, idealizado pelo peso de seu critério de controle e adicionando os vetores resultantes para cada um dos quatro méritos: Benefícios (B), Oportunidades (O), Custos (C) e Riscos (R).

11. Determine critérios estratégicos e suas prioridades, para avaliar os quatro méritos, um de cada vez. Normalize as quatro classificações para assim calcular a síntese geral dos quatro vetores.
12. Realize uma análise de sensibilidade sobre o resultado final, e interprete os resultados de sensibilidade.

De acordo com Saaty e Vargas (2013) A ANP é uma forma útil de lidar com decisões complexas que envolvem dependência podendo realizar a análise no contexto de benefícios, oportunidades, custos e riscos

2.2.2.3 TOPSIS

Roy (2013), classifica o TOPSIS como um método de critério único de síntese, pois consiste na agregação de diferentes critérios em uma única função. O método de acordo com MUSSOI e TEIVE (2012) baseia-se na busca de uma solução que mais se aproxime da ideal e, ao mesmo tempo, se afaste mais da solução não desejada, abordando um problema pela comparação de duas situações hipotéticas: ideal (melhor nível para todos os atributos considerados) e não desejada (o que tem os piores valores de atributos).

Segundo Wang (2018) TOPSIS e AHP, são qualitativos e quantitativos métodos de análise e têm forte aplicabilidade e eficácia ao lidar com multi-objetivos complexos, e problemas de tomada de decisão, podendo ser aplicados em uma ampla gama de campos, como: administração, alocação adequada, utilização da energia, ciências sociais e comportamentais, decisões militares de múltiplos alvos, transporte e finanças, desenvolvimento agrícola e ambiental, educação e talentos, saúde e seguridade social.

Conforme Qin et al. (2008) o TOPSIS é uma abordagem para identificar uma alternativa que está mais próxima da solução ideal e mais distante da negativa solução ideal em um espaço de computação multidimensional. İç (2012) complementa que algumas das vantagens são, ter um processo simples, fácil de usar e programável, e o número de etapas permanece o mesmo independentemente do número de atributos. Porém como desvantagem o autor cita que o uso da Distância Euclidiana não considera a correlação de atributos, com isto é difícil atribuir peso aos atributos e manter a consistência do julgamento, especialmente com atributos adicionais.

Zavadskas e Antucheviciene (2006) cita que o TOPSIS por ser da escola americana tem a característica compensatória, ou seja, permite uma troca de soluções, em que o baixo desempenho de um atributo pode ser negado, por resultados de outro, desta forma segundo o autor essa abordagem tende a fornecer resultados de avaliação mais realistas do que os não

compensatórios, o TOPSIS também tem como suposição que os critérios são independentes.

As etapas e cálculos para a execução do TOPSIS de acordo com Costa e Junior (2013) são apresentados a seguir:

1º Passo é a construção da Matriz de decisão:

$$M = A_1 \dots A_m \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}^{C^n} \quad (2.13)$$

da forma em que A_i representa as alternativas e C_i representa os critérios adotados. Para os critérios há um peso W determinado pelos tomadores de decisão tal que:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (2.14)$$

2º Passo: Calcular a Matriz normalizada sendo $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. Com as alternativas, critérios e respectivos pesos definidos, normalizam-se as matrizes mediante a utilização da equação (2.15).

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n X_{ij}^2}} \quad (2.15)$$

3º Passo: Calcular a Matriz com os pesos respectivos uma vez normalizadas, é necessário ponderar os resultados pelos pesos dos critérios

$$V_{ij} = \bar{X}_{ij} * W_j \quad (2.16)$$

para poder se identificar as soluções ideais positivas V_+ e as soluções anti-ideias V_- , conforme equações (2.17) e (2.18).

$$V_+ = (\max_i X_{ij}) \quad (2.17)$$

$$V_- = (\min_i X_{ij}) \quad (2.18)$$

4º Passo: Calcular para Identificação da Solução Ideal Positiva, e da Solução Ideal Negativa desta forma, calculam-se as distâncias de cada alternativa a cada solução ideal (positiva e anti-ideal)

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_j^+)^2 \right]^{0,5} \quad (2.19)$$

$$S_i^- = \left[\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_j^-)^2 \right]^{0,5} \quad (2.20)$$

5º Passo é o cálculo da performance de cada alternativa para cada dimensão.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}. \quad (2.21)$$

A estratégia proposta nesta pesquisa utilizará o método TOPSIS, como será apresentado posteriormente por acreditar-se, neste contexto que atende aos requisitos do problema tais como a necessidade de uma ferramenta que pode se tornar visual, com a lógica da proximidade da solução ideal, além disso para o melhor entendimento da gestão, era necessário um método que seria possível o ranqueamento das alternativas.

2.3 Aplicações do método TOPSIS

A Tabela 2 apresenta diversos estudos que utilizaram o método TOPSIS, e foram identificados na literatura. Destacam-se que sua utilização é ampla, quando considera-se a área de estudo que passa por Empresarial, energia, TI, cadeia de Suprimentos, Manufatura e Sustentabilidade, demonstrando ser um método de aplicabilidade bastante variável e flexível.

No estudo de Chamodrakas, Leftheriotis e Martakos (2011), o estudo foi na área de TI para avaliação de fornecedores, Tavana e Hatami-Marbini (2011), Athanasopoulos, Riba e Athanasopoulou (2009), também tiveram foco no estudo usando TOPSIS para seleção e avaliação dos fornecedores, porém nesse caso o estudo foi para a área de *Supply Chain*. Já Joshi, Banwet e Shankar (2011) estudou o mesmo tema dos autores citados anteriormente, porém evoluiu no que diz respeito a seleção e ranqueamento das melhores alternativas para implantação de melhoria contínua, um dos pilares do *Lean*.

O estudo de García-Cascales e Lamata (2009), foi para estudar qual o melhor sistema de limpeza em uma indústria, ele coletou e utilizou dados de outras empresas, para posteriormente criar critérios e alternativas, que auxiliassem a decidir qual o melhor sistema de limpeza para o local que ele atuava. No ramo da sustentabilidade podemos citar os artigos de Kumar e Agrawal (2009), Rathod e Kanzaria (2011), Zavadskas e Antucheviciene (2006), Afshar et al. (2011) e Krohling e SOUZA (2011), todos os pesquisadores buscando a seleção e ranqueamento dos melhores projetos e processos, que tivessem melhor condição sustentável, o último artigo inclusive o autor buscou como alternativa um estudo que mostrasse qual a melhor alternativa em caso de acidentes na região da pesquisa.

Já no artigo de Rostamzadeh e Sofian (2011), o mesmo buscou no método TOPSIS uma

Tabela 2: Estudos identificados de Métodos de Apoio a Decisão-Elaborado pelo Autor

Referência	Área de Estudo	Contexto	Critérios	Alternativas
Taylan et al. (2014)	Empresarial	Problema na seleção e ranqueamento do melhor projeto com menor risco	5	7
Şengül et al. (2015)	Energia	Problema na seleção e ranqueamento da melhor tecnologia de energia	9	4
Hatami-Marbini e Kangi (2017)	Empresarial	Problema na seleção e ranqueamento do melhor projeto com menor risco	8	7
Chamodrakas, Leftheriotis e Martakos (2011)	TI	Problema na avaliação em provedores de serviços	4	4
Tavana e Hatami-Marbini (2011)	Supply Chain	Problema de seleção de fornecedores	4	4
Joshi, Banwet e Shankar (2011)	Supply Chain	Problema na avaliação das possíveis alternativas para a melhoria contínua	4	5
Athanasopoulos, Riba e Athanasopoulos (2009)	Supply Chain	Problema de seleção de fornecedores	5	6
García-Cascales e Lamata (2009)	Manufatura	Problema de seleção para o melhor sistema de limpeza para peças	5	3
Kumar e Agrawal (2009)	Sustentabilidade	Problema de seleção e ranqueamento do melhor processo	5	7
Rathod e Kanzaria (2011)	Sustentabilidade	Problema de seleção do melhor processo	6	9
Rostamzadeh e Sofian (2011)	Empresarial	Problema na priorização dos sistemas de produção, buscando melhorar o desempenho de sistemas	5	7
Yurdakul e Iç (2009)	Manufatura	Problema de seleção e ranqueamento do melhor modelo de medição na manufatura	7	6
Amiri et al. (2009)	Empresarial	Problema de seleção e ranqueamento das melhores empresas de um ramo específico	20	5
KarimiAzari et al. (2011)	Manufatura	Problema de seleção e ranqueamento do melhor modelo de custo	4	3
Krohling e SOUZA (2011)	Sustentabilidade	Problema na seleção e ranqueamento das melhores alternativas em casos de acidentes	2	10
Zavadskas e Antucheviciene (2006)	Sustentabilidade	Problema na seleção e ranqueamento das melhores alternativas sustentáveis	15	3
Afshar et al. (2011)	Sustentabilidade	Problema na seleção e ranqueamento dos melhores projetos para sistema de reserva	8	7

Continua na próxima página...

Continuação da página anterior..

Referência	Área de Estudo	Contexto	Critérios	Alternativas
Albayrak and Erensal (2009)	Empresarial	Problema na seleção e ranqueamento da melhor ferramenta para melhoria do gerenciamento tecnológico	10	3
Amiri (2010)	Sustentabilidade	Problema na seleção e ranqueamento para o desenvolvimento de campos	6	5
Kaya e Kahraman (2011)	Energia	Problema na seleção e ranqueamento da melhor tecnologia de energia	9	7

maneira de quantificar e priorizar qual o melhor sistema de produção que se adaptasse a empresa estudada, afim de obter o melhor resultado. Yurdakul e Iç (2009), usou essa ferramenta afim de definir qual os melhores modelos de medição na manufatura para que pudesse utilizar na empresa, o estudo de KarimiAzari et al. (2011), associou custos ao seus estudos, para avaliação do melhor modelo de custo para utilizar na manufatura.

No estudo de Amiri et al. (2009), utilizou-se informações mais genéricas e criou um modelo para ranquear as melhores empresas do ramo. Albayrak e Erensal (2009), usou o TOPSIS para ranquear qual a melhor ferramenta para gerenciamento tecnológico não só na manufatura, mas em todas as áreas da empresa.

A análise dos trabalhos mostrou que, usualmente, os resultados são apresentados de forma numérica. Gerencialmente, esta forma não visual, acaba por gerar dificuldades de interpretação dos resultados.

2.4 O problema de tomada de decisão na implantação de ferramentas emergentes no Lean Office

Nessa seção serão apresentados os principais achados e estudos correlatos que apresentam resultados da implantação de tecnologias emergentes no *Lean Office*.

Conforme Womack e Jones (1997) os principais passos na implementação da filosofia *Lean* são :

1. Definir o valor;
2. Identificar o fluxo de valor;
3. Fluxo de Produtos;

4. Sistema Puxado;
5. Buscar a perfeição;

A partir desse contexto o artigo de Powell e Skjelstad (2012) em que é realizado a implementação do *Lean* em toda a empresa, que é nomeado como *Lean Enterprise*, é apresentado o benefício ao se utilizar uma tecnologia como RFID, e o que pode trazer para o contexto de toda a empresa. Segundo apresentado no Quadro 2 é possível verificar o que as Tecnologias podem auxiliar nos conceitos propostos na literatura.

A empresa que foi escolhida e estudada no artigo tem grande fluxo de movimentação de mercadorias alimentícias e necessitava do controle da cadeia de abastecimento, desta forma o autor cita que a consultoria viu no *RFID* uma oportunidade para redução de desperdícios. Então no *Case 1* do Artigo, a proposta foi entendida e sugerida devido as movimentações realizadas, já no *Case 2* uma empresa de portas e janelas também é citado pelo autor com grande variedades de *SKU's* e cores de difícil identificação, e a tecnologia foi proposta para facilidade de unificação de pedidos e organização de produção. Ambos os casos não apresentam argumentos quantitativos para aplicação e qual o método de tomada de decisão aplicado.

Quadro 2: Conceito Lean x Tecnologia

Conceito Lean	O que a Tecnologia Pode Ajudar o Lean Enterprise
Valor	Muda a "inteligência"de um sistema central para o nível do produto individual
VSM	Pode ser usado para mapear todo o fluxo de valor em tempo real
Fluxo	Pode ser usado para visualizar efetivamente o fluxo do fluxo de valor completo. Pode ser usado para melhorar a comunicação entre os parceiros da cadeia de suprimentos
Sistema Puxado	Pode ser usado como um facilitador do e-kanban
Perfeição	Pode suportar a melhoria contínua, permitindo visualização e transparência em toda a cadeia de suprimentos. Ajuda a alcançar melhorias através da eliminação de erros de escritório. Ative a medição do desempenho em tempo real dos principais indicadores

Fonte: Adaptado de Powell e Skjelstad (2012)

Já conforme apresentado no Quadro 3 adaptado do artigo de Mrugalska e Wyrwicka (2017) demonstra-se a evolução que se espera com as novas tecnologias que entram no mercado, os sistemas de comunicação por exemplo segundo os autores, terá uma evolução para *IoT*, ou seja, independente do setor que estará operando o sistema, todo a empresa acompanhará em tempo real, levando consigo um conceito de *Smart Factory*.

Este que no artigo de Frank, Dalenogare e Ayala (2019), por exemplo identificou-se diferentes padrões das camadas da Indústria 4.0, no *Framework* proposto pelos autores conforme Figura 3, os autores separam a indústria 4.0 em quatro tipos: *Smart Supply Chain*, *Smart Working*, *Smart Manufacturing* e *Smart Product*. Portanto, é definido pelos autores que o *Smart Manufacturing* é o começo e o primeiro objetivo da indústria 4.0, enquanto o produto

inteligente é sua extensão (YIN; STECKE; LI, 2018), com isso é possível verificar que além da fábrica, teremos outras funções que se beneficiarão com as novas tecnologias adotadas.

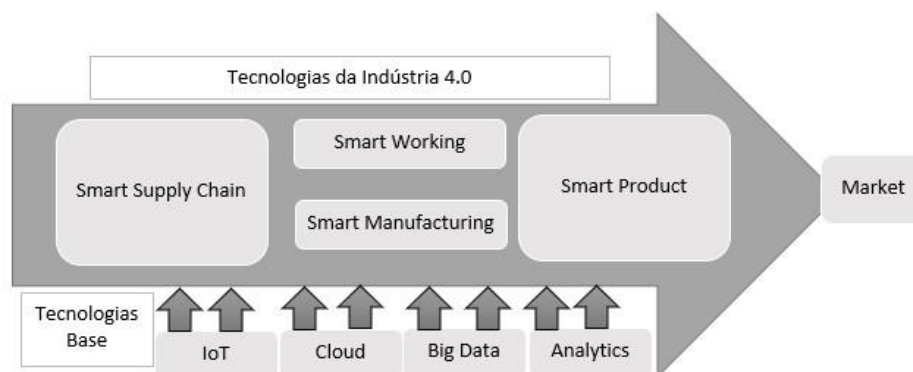


Figura 3: Framework Teórico das Tecnologias da Indústria 4.0

Fonte: Adaptado de Frank, Dalenogare e Ayala (2019)

Para Reddy e Reinartz (2017) a abordagem tradicional da digitalização é definida sendo o uso de tecnologia de computação e internet para um processo de criação de valor econômico mais eficiente e eficaz. No artigo de Horváth e Szabó (2019) é feito um estudo qualitativo das principais forças e barreiras da implementação da indústria 4.0 entre as forças são citadas: competição crescente, Maior capacidade de inovação e produtividade, expectativas dos clientes, esforços para economizar energia e melhorar a sustentabilidade, fatores financeiros e de desempenho, suporte para atividades de gerenciamento, oportunidade para inovação de modelos de negócios.

Já as principais barreiras identificadas pelo autor são: Recursos humanos e circunstâncias de trabalho, Escassez de recursos financeiros, Problemas de padronização, Preocupações sobre segurança cibernética e problemas de propriedade de dados Risco de fragilidade, Integração Tecnológica, Dificuldade de coordenação entre unidades organizacionais, Falta de habilidades e atividades de planejamento Organizacional. A vantagem competitiva decorrente de inovações só persiste se for difícil de ser copiada pela concorrência, nesse sentido inovar em processos e na forma de gerir pode ser o melhor caminho para inovação sem replicação da concorrência (PANTALEÃO; ANTUNES JUNIOR; PELLEGRIN, 2007).

Conforme apresentado no Quadro 4, foi criada uma coluna com as principais práticas de Lean Office encontrados nos livros de: TAPPING e SHUKER (2010); Tapping et al. (2010); Womack e Jones (2015), e na linha as principais tecnologias emergentes que foram citadas anteriormente.

As lacunas foram preenchidas com estudos que foram realizados por pesquisadores e ti-

Quadro 3: Evolução das tecnologias Lean

	Passado	Presente	Futuro
Sistema de Comunicação	Analogico	Internet e Intranet	IoT
Conceito	Neo-Taylorismo	Lean Production	Smart Factory
Solução	Mecanização e Automação	Automação e Computação	Virtualização e Integração

Fonte: Adaptado de Mrugalska e Wyrwicka (2017)

Quadro 4: Práticas Lean Office x Tecnologias Emergentes

Práticas Lean Office	Tecnologias Emergentes							
	IoT	Big Data /Data Analytics	Cloud	RPA	VR	IA	BI	CPS
Padronização				X		X		X
VSM	X	X	X			X	X	
Melhoria Continua					X			
Six Sigma		X	X			X		X
TPM						X		X
5S						X		X
Kanban	X	X				X	X	
Gestão visual	X	X	X				X	
Poka Yoke		X		X		X		
Empoderamento Funcionário						X		
Heijunka	X	X					X	
JIT	X	X		X		X		
Jidoka	X			X		X		
Fluxo Contínuo	X			X		X		

Fonte: Adaptado de Tapping et al. (2010); TAPPING e SHUKER (2010); Womack e Jones (2015)

veram a integração dos dois temas, Meudt, Metternich e Abele (2017) por exemplo utilizou em seu artigo uma abordagem de um mapeamento atualizado do fluxo de valor (VSM), oportunizando para a empresa o entendimento das oportunidades que estão surgindo com o *IoT*, *Big Data*, análises em tempo real, armazenamento e utilização de informações com geração de *KPIs* via *BI*, no estudo citado acima empresa já estava em elaboração e tinha necessidade de realizar o *VSM* na fábrica, então o aplicou utilizando ferramentas da Indústria 4.0.

Mayr et al. (2018) utilizaram *Cloud* e *Machine Learning* no aprimoramento do TPM, conforme citado pelos pesquisadores as tecnologias em si permitiram melhorar a produção, reduzir o tempo de inatividade das máquinas, redução de sucatas e retrabalhos, aumentar a qualidade, e em tempo real os trabalhadores do escritório começaram a agendar dinamicamente as atividades de manutenção, não foi identificadas técnicas para priorização das tecnologias implementadas.

Já Xu e Chen (2018) em seu estudo realizaram uma estrutura tecnológica com *Big Data* e *Analytics*, para apoiar o planejamento e programação de forma dinâmica em um sistema de

JIT, essa estrutura é capaz de reagir a mudanças dinâmicas em relação a pedidos, produção e recursos disponíveis, permitindo que os usuários ajustem cronogramas durante a produção para maximizar a produtividade, no mesmo não houve aplicação quantitativa para definição das realizações e melhorias a serem feitas.

No artigo de Müller et al. (2017) o autor realizou a implantação de um *CPS* ao longo da cadeia de valor, digitalizando o compartilhamento de informações entre o chão de fábrica e os departamentos de negócios, obtendo assim processos otimizados e mais enxutos, esta solução oferece suporte aos funcionários com registro e comunicação de alterações sobre componentes e desenho técnico, no caso desse estudo objetivo do projeto era criar uma ferramenta de *CPS* em pontos descentralizados e cruciais da cadeia de valor, especialmente nas PME's, para conectar os departamentos de produção e negócios e compartilhar informações relevantes. Então por ser um empresa de serviços se buscou fazer um projeto para criação de um produto padronizado e vender para empresas. O estudo de caso foi aplicado em uma empresa de projetos, que precisava reduzir o tempo de desenvolvimento por meio de comunicação, não ficando claro o porque se optou por essa ferramenta de *CPS* para melhorar a cadeia de valor.

Zaker e Coloma (2018) construiu um modelo com realidade virtual (*VR*), para acompanhamento e ações de fluxo contínuo em uma empresa de projetos, segundo os autores os resultados dos *feedbacks* do experimento, confirmaram benefícios de um método de colaboração *VR* com práticas *Lean*, o método previa colaboração e informação online além de adequação aos fluxos de trabalho atuais das empresas dos participantes, a aplicação na empresa ocorreu pois a tecnologia já havia sido adquirida sem mapeamento das áreas que poderiam ser beneficiadas com a tecnologia, o setor administrativo foi aplicado posteriormente, ou seja, não foi feita análise em conjunto da tecnologia versus a contribuição no *Lean Office*.

A *IoT* está ajudando as empresas a melhorar o relacionamento com os clientes, fornecendo produtos mais rapidamente e reduzindo custos, a padronização é essencial para a adaptação da tecnologia, no artigo de Trappey et al. (2017) foi utilizado *IoT* para padronizar o processo de patentes, uma atividade administrativa.

Para Powell et al. (2018) através da adoção de tecnologias emergentes de automação e análise de *big data*, o *Heijunka* (Nivelamento do serviço) se torna de fácil realização, permitindo maiores recursos de otimização de planejamento, e tarefas agora suportadas em tempo real para monitoramento da execução de tarefas, no estudo de caso é citado pelo autor que a empresa escolhida já tinha estabelecido um comitê da Indústria 4.0 e gerenciamento de programas, e tinha várias frentes e iniciativas para aplicação de Tecnologias. Então as práticas e definições dos projetos são constantes e acabam sendo aplicados de diversas formas, o artigo comenta em aplicação de ferramentas de análise de causa raiz, digitalização para verificações

de controle de qualidade, entre outras para sequenciar os projetos mas não cita há utilização de um método ou ferramenta para tomada de decisão.

Hofmann e Rüsç (2017), traz em seu artigo alguns exemplos de empresas que usaram CPS para implementar *Kanban* e *JIT* em seus processos de logística, o pesquisador foca nas melhorias logísticas que foram realizadas, porém ao citar a cadeia de suprimentos como um todo, o mesmo sinaliza que ocorrem mudanças em todas as áreas que fazem parte do processo, como setor administrativo de compras, vendas, entre outros, no que diz respeito a aplicação da tecnologia realizou-se uma análise subjetiva do autor para definir qual projeto melhor ajudaria a empresa estudada, não foi realizado nenhuma aplicação de método de apoio a decisão.

Jayaram (2016) combinou a abordagem de (IoT) na cadeia de suprimentos, construindo um processo totalmente autônomo e com um fluxo de processo otimizado as análises e avaliações para manter um padrão *Six Sigma*, realizando análises online, fazendo que qualquer desvio seja corrigido quase que no mesmo momento, além de empoderar o funcionário com informações imediatas para tomadas de decisão, foi utilizado a Metodologia do DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve and Check*), e na Etapa de Define a consultoria levantou as principais tecnologias que poderiam ser aplicadas.

No artigo de Eraslan, Güneşli e Khatib (2020) utilizou-se métodos da escola Americana como AHP e um da escola europeia o *Electre* para definir qual melhor Layout para a empresa estudada, o estudo usou fatores como conforto para trabalho, segurança do trabalho, para geração de maior agilidade nas movimentações internas e redução do *Lead Time*.

Já o autor Arthus et al. (2018) tinha como objetivo a identificação de um método de apoio a decisão multicritério para seleção de práticas *Lean*, a escolha do método para tomada de decisão foi o *PROMETHEE*, nos resultados apresentados foram aplicados em três situações diversas, as alternativas foram as comparações entre ferramentas *Lean* como (*Kanban, Poka-yoke, VSM*, entre outros). As situações foram:

- Aumento de disponibilidade de linhas;
- Redução de perda de insumos Produto acabado;
- Redução de perda de insumos Matéria-Prima

A apresentação dos resultados não foi realizada de uma boa forma para gestão visual e não houve comparação entre qual das situações trariam maiores resultados para empresa. Neste trabalho, o de que forma realizar a atividade não foi abordado, ou seja, se há conhecimento e tecnologia para aplicação dessas melhorias.

Nessa seção vimos que poucos artigos mencionaram a utilização de métodos de apoio a tomada de decisão, sendo esses utilizados para mitigar os possíveis erros nas escolhas em

ambientes de incerteza, a dissertação nas próximas seções irá demonstrar as etapas de trabalho e artefato criado para facilitar a aplicação desses métodos de apoio a tomada de decisão.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A natureza deste estudo é uma pesquisa aplicada, pois busca adquirir conhecimentos para aplicação em uma situação pré-determinada de forma prática gerando conhecimento para solucionar um problema específico, apresenta caráter quantitativo, com o intuito de auxiliar em um desenvolvimento de uma estratégia de priorização de melhorias tecnológicas para implantação em setores administrativos, com o objetivo de apresentar dados e números para classificar e analisar os resultados (GIL, 2010). Em relação a seus objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como prescritiva pois essa classificação tem o objetivo a proposições de soluções, tendo uma resposta direta ao problema apresentado, podendo prescrever um modelo teórico ideal para delimitar conceitos. Nessa dissertação objetiva-se a proposição de um método de priorização para implantação de tecnologias emergentes associadas ao *Lean Office* em setores de apoio administrativo.

3.1 DSR

A *Design Science Research* (DSR) é um método que consiste em um processo de geração de conhecimento utilizando a concepção, análise da utilização e desempenho de artefatos concebidos para compreender e explicar, sendo que muitas vezes melhorar o comportamento do fenômeno ligado ao sistema de gestão (MANSON, 2006). Para Simon (1996) os artefatos são gerados para satisfazer uma necessidade, representando dessa forma uma maneira de interface entre a empresa e os ambientes internos e externos envolvidos. Dessa forma Manson (2006) cita a *DSR* como um processo criativo de tentativa para resolver os problemas. A *DSR* segundo Dresch, Lacerda e Júnior (2015) visa gerar soluções alternativas para o mesmo problema, propondo regras fundamentadas que devem ser testadas pelo pesquisador. A utilização da *DSR* pode possibilitar a diminuição entre lacunas teóricas e práticas, pelo método poder servir pra construção de conhecimentos e aprimoramento de teorias.

Para Simon (1996) há uma diferença entre solução ótima e solução satisfatória, sendo a primeira em um modelo simplificado dificilmente se adequar ao mundo real, e a segunda normalmente ser suficientemente boa para o tomador de decisão. Dresch, Lacerda e Júnior (2015) faz uma síntese em seu livro dos principais conceitos da *Design Science Research*, sendo eles: (1) O conceito em si: em que o mesmo é classificado como uma ciência que procura consolidar conhecimentos, e desenvolver e projetar soluções para resolver problemas e criar novos artefatos. (2) Artefato: Sendo algo que é construído pelas pessoas, sendo como uma interface entre ambiente interno e externo. (3) Soluções satisfatórias: que como citado

acima são aquelas que são suficientemente adequadas e viáveis, sendo que nem sempre são ótimas. (4) Classe de problemas: a organização que orienta trajetória e o desenvolvimento do conhecimento e (5) Validade Pragmática: que busca assegurar a utilidade da solução proposta para o problema, considerando custo/benefício para a solução.

Uma definição também importante é sobre o propósito da *Design Science Research* descrito por Romme (2003), como sendo de produção de sistemas que ainda não existem, mudando sistemas organizacionais para alcançar melhores resultados. Para March e Smith (1995) uma das saídas para a *DSR* são as aplicações do artefato em seu ambiente.

É apresentado na Figura 4 os passos para realização da *DSR*, inicialmente é necessário a identificação do problema, que surge segundo Dresch, Lacerda e Júnior (2015), a partir do interesse do pesquisador em estudar uma nova ou interessante informação, afim da busca de uma questão importante, ou solução de algum problema prático. Nesse momento os autores citam que é importante uma boa justificativa para estudar esse tema.

Como segunda etapa é citado pelos autores Manson (2006); Dresch, Lacerda e Miguel (2015), a conscientização do problema, afim do pesquisador buscar o máximo de informações possíveis, considerando também as funcionalidades do artefato, a performance esperada e requisitos necessários. Em paralelo essa atividade Dresch, Lacerda e Júnior (2015) cita em seu livro a importância da revisão sistemática da literatura para construir e fundamentar o conhecimento do pesquisador, essa consulta ajuda esclarecer para o mesmo, o conhecimento existente que ajudará a estruturar o artefato. Com essa etapa realizada é possível que o pesquisador já tenha conhecimento e condições de apresentar uma proposta iniciando as atividades da pesquisa (MANSON, 2006).

A etapa de identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas é citada por Dresch, Lacerda e Miguel (2015) como uma etapa em que após a revisão sistemática de literatura, o pesquisador pode se deparar com artefatos já estruturados e implementados, por isso cabe ao mesmo compreender e estudar de forma a assegurar que a pesquisa desenvolvida traga benefícios relevantes e contribuições para o problema estudado, da mesma forma, a identificação desses artefatos pode auxiliar o pesquisador na assertividade na construção do seu artefato.

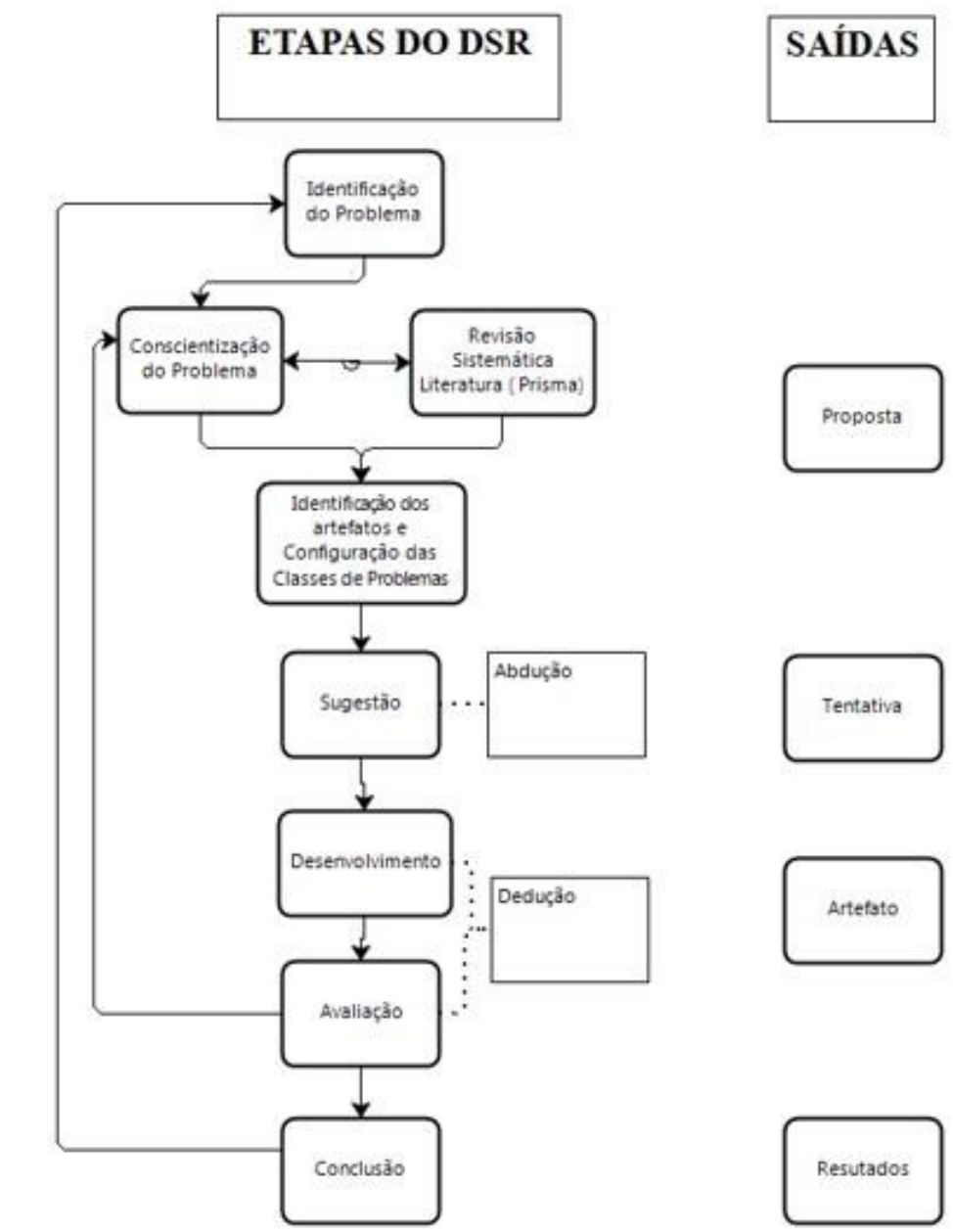


Figura 4: Passos da DSR

Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Júnior (2015); Manson (2006)

A etapa de sugestão identificada por Manson (2006), refere-se ao momento que o pesquisador irá sugerir e testar os artefatos que identificou, ou explicitar premissas que serão consideradas para criação do artefato, registrando todas as tentativas para solução do problema e identificando o porque daquela solução escolhida.

O processo de desenvolvimento se dá pela saída de um ou mais artefatos, também é o mo-

mento que deve se justificar a escolha das ferramentas utilizadas para a resolução do problema enfrentado, após a criação do artefato deve-se avaliar se o mesmo contém todas as premissas e elementos decisórios que foram definidos inicialmente e se atende as necessidades propostas (MANSON, 2006).

Na última etapa do processo da *DSR*, há a conclusão das pesquisas e os resultados obtidos já analisados e consolidados, importante no final desta etapa a realização de uma síntese de resultados e justificativa da contribuição da *Design Science* para a classe de problemas estudado (MANSON, 2006).

3.2 Etapas do Trabalho

Nesta seção serão apresentadas as etapas de trabalho para operacionalizar essa pesquisa. Será demonstrado como foram realizadas as pesquisas, para posteriormente realizar o ranqueamento de tecnologias emergentes como suporte a práticas do *Lean Office*. O método desta pesquisa pode ser dividido em quatro fases essenciais separados em subseções: definição da pesquisa por meio da estruturação da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), definição do método multicritério, construção da estratégia de decisão multicritério, aplicação da estratégia no estudo de caso, conforme é apresentado na Figura 5.

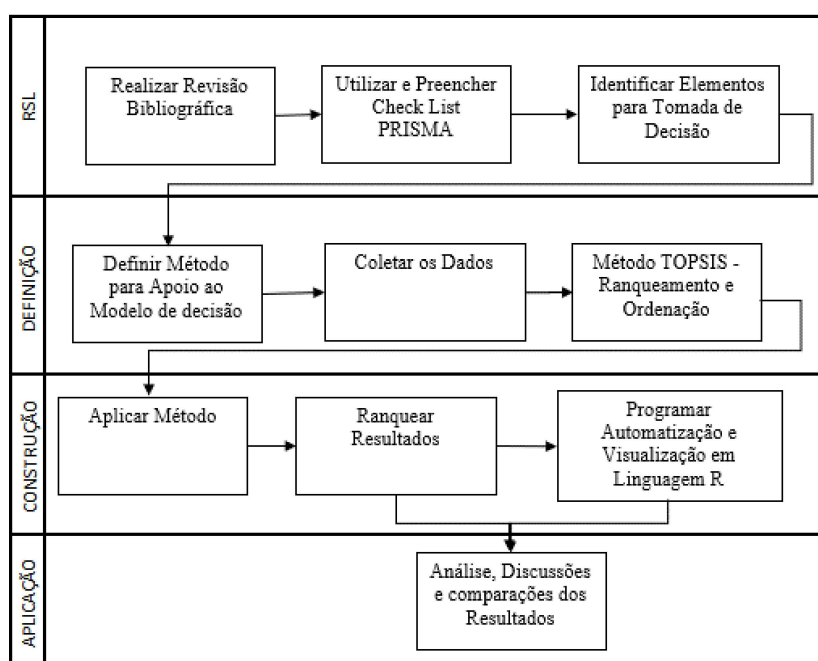


Figura 5: Etapas do Trabalho
Fonte: Elaborado Pelo Autor

Inicialmente será realizada uma revisão bibliográfica, utilizando o método PRISMA, tal ação se faz extremamente importante para que possamos realizar a conscientização do problema de pesquisa, conforme demonstrado na Figura 4.

Os passos e como foi realizado a revisão bibliográfica estão especificado na próxima subseção. Para a realização da proposta e construção do método junto com os especialistas, será utilizado um método de apoio a decisão para ranqueamento das melhores práticas *Lean* x tecnologias para escritórios enxutos. A análise e discussões dos resultados será considerando o ranqueamento realizado sendo este o artefato validado pelos especialistas. Também nessa seção será apresentado um quadro com a síntese das etapas de trabalho, relacionando as Etapas do *DSR* x Etapas do Trabalho e Objetivos.

3.2.1 Revisão Sistemática de Literatura

Inicialmente a Fase de Pesquisa, ajudaram a trazer conceitos e alternativas para o pesquisador em volta do tema abordado. Sendo que a partir dessa etapa é possível identificar lacunas e trazer respostas para a questão de pesquisa. Utilizando a revisão de literatura também podemos verificar e validar como intervir nas situações práticas a partir de lógicas acadêmicas. A revisão sistemática da literatura foi seguindo a metodologia de itens de relatório preferenciais para análises sistemáticas e meta-análises (PRISMA), a fim de analisar o *status* atual deste tópico de pesquisa e identificar futuras estratégias de pesquisa. A relevância de uma nova revisão sistemática sobre esta questão específica é justificada pelo crescente interesse nos habilitadores da indústria 4.0, porém ainda sem a atenção voltada para as ocorrências nos setores de apoio administrativo das empresas.

O desenho da presente revisão sistemática foi realizado seguindo as diretrizes do PRISMA, o método contém 27 subitens (Anexo A) e compreende os estágios bem definidos de uma revisão sistemática, como o desenvolvimento de critérios de elegibilidade e descrição de fontes de informação, estratégias de busca, processos de seleção de estudos, resultados e síntese de dados (MOHER et al., 2015).

Na fase 1, foi determinado a área, o objetivo e o escopo. A área de pesquisa se trata de uma revisão sistemática de aplicações de tecnologias emergentes em escritórios enxutos. O objetivo de pesquisa refere-se a identificar a evolução dessas tecnologias em ambientes administrativos. Como a pesquisa sobre este tema é relativamente recente, o escopo desta investigação não está limitado por período, mas este é considerado representativo porque se embasa em outras pesquisas desenvolvidas nos últimos anos que justificam este tema. Na fase 2, foram definidos os critérios de pesquisa para a seleção dos artigos. Diversas bases de dados

online foram selecionadas para a pesquisa sobre o tema, entre elas, SAGE Journals, Science Direct, Emerald, Wiley, Scholar, Taylor Francis e SCOPUS. Essa busca bibliográfica foi baseada no termo de pesquisa “ALL (“Lean office” AND “Tech*”OR “digital transformation”OR “Smart Working”)) AND (“Smart Working”AND “digital transformation”)) AND (“Lean Enterprise”AND “Tech*”OR “Digital Transformation”)) AND “Lean Simulation Games”.

Tais variações e combinações foram utilizadas de forma a ampliar as possibilidades de encontrar resultados significativos ao tema. Como critério de seleção para compor a base dessa pesquisa foram considerados artigos publicados em *journals*, cada artigo foi cuidadosamente examinado para garantir que atendesse aos critérios de seleção. Primeiro, os artigos devem ter sido publicados em periódicos acadêmicos para os quais as versões em texto completo estão disponíveis. Artigos de conferência, dissertações de mestrado e doutorados, livros didáticos e documentos de trabalho não publicados foram excluídos, na língua inglesa ou em português.

A pesquisa foi realizada em 02/10/2020 e com o critério aplicado, a pesquisa retornou 1243 resultados, foram eliminados os artigos duplicados nas bases sobrando 792 artigos, na sequência, seguiu-se com a seleção por títulos com o objetivo de incluir na pesquisa artigos que apresentassem a mesma abordagem que a proposta desse estudo. Nessa etapa, 83 artigos foram selecionados. Os artigos tiveram os resumos lidos, o que permitiu a seleção de 37 artigos na íntegra, após a leitura desses, utilizou-se o *Google Scholar* para pesquisar os artigos que os citaram, e caso esses apresentem-se características para serem avaliados e entrarem na pesquisa, assim se fez, por fim 27 estudos foram incluídos para a análise e síntese qualitativa.

3.2.2 Definição do Método multicritério

Nessa seção serão apresentados os motivos da escolha do método TOPSIS, definição foi efetuada a partir da análise das escolas e métodos identificados na literatura. O método TOPSIS conforme citado anteriormente foi proposto inicialmente por (HWANG; YOON, 1981) com o intuito de ranquear alternativas através de uma Técnica de Preferência de Ordem Por Similaridade à Solução Ideal.

Essa técnica estabelece uma solução ideal que maximiza critérios de benefício e minimiza critérios de custo, pois consiste na agregação de diferentes critérios em uma única função (ROY, 2013). O método baseia-se na busca de uma solução que mais se aproxime da ideal e, ao mesmo tempo, se afaste mais da solução não desejada, abordando um problema pela comparação de duas situações hipotéticas: ideal (melhor nível para todos os atributos considerados) e não desejada (o que tem os piores valores de atributos) (MUSSOI; TEIVE, 2012).

A vantagem do TOPSIS em relação a outros métodos é que considera três tipos de atribu-

to/critérios: benefício qualitativo, benefício quantitativo e de custo (ISHIZAKA; NEMERY, 2013). O método, segundo Lima Junior e Carpinetti (2015), também se adapta a problemas com grande número de critérios e variáveis de origem quantitativa.

Já de acordo com Hung e Chen (2009) as principais vantagens do TOPSIS são:

1. conceito simples, racional e compreensível
2. lógica intuitiva e clara que representa o fundamento da escolha humana,
3. facilidade de computação e boa eficiência computacional
4. um valor escalar que representa a melhor e a pior capacidade de alternativas para medir o desempenho relativo para cada alternativa de uma forma simples forma matemática,
5. possibilidade de visualização.

Outro ponto é que para Roszkowska (2011) o método TOPSIS é útil para os tomadores de decisão estruturarem os problemas a serem resolvidos, realizar análises, comparações e classificação do alternativas. O método clássico TOPSIS resolve problemas em que todos os dados de decisão são conhecidos e representados por números nítidos. O autor também cita que O método TOPSIS apresenta uma metodologia universal e um modelo prático simplificado, O conceito do método TOPSIS é claro, o cálculo é simples e também adaptável para diversas situações.

Segundo Kraujalienė et al. (2019) em seu artigo de comparação descreve que outra vantagem, deve-se a classificação das alternativas ser baseada na similaridade relativa com a solução ideal, o que evita a situação de ter o mesmo índice de similaridade para ambas soluções ideais positivas e ideais negativas. Isso torna o método extremamente flexível para adaptações, outra vantagem é que além de dar o ranqueamento da melhor solução possível, o método já identifica qual a solução ideal negativa, ou seja, a que não deve de forma alguma ser implementada. Também é citado pelo autor que mesmo com aumento de alternativas e critérios a quantidade de etapas para a busca do resultado continua o mesmo.

Os autores Lima Junior e Carpinetti (2015) contribuem em seu artigo e definem o TOPSIS como o método mais adequado aos problemas com grande número de critérios e alternativas, especialmente nos casos em que os critérios são de natureza quantitativa.

Portanto devido a esses fatores anteriormente descritos, a presente dissertação que na versão de programação estará avaliando 28 alternativas, 8 critérios (Na versão bidimensional-2D) e 12 critérios (Na versão tridimensional-3D) , avaliando as vantagens apresentadas definiu-se o método TOPSIS sendo o mais adequado ao cenário da estrutura do problema nesse estudo de caso.

3.2.3 Construção da estratégia de decisão multicritério e multi-dimensional

Para a proposta do Método foi feito uma sugestão inicial de um fluxo de etapas, a partir dos achados que foram localizados na revisão sistemática de literatura além das boas práticas contidas em livros como Womack e Jones (2015); TAPPING e SHUKER (2010), em que os autores sinalizam como deve se iniciar os processos de melhoria, se desenvolveu o método proposto.

Essa proposta foi encaminhada para os especialistas para validação, em reunião que aconteceu na empresa objeto do estudo, para isso foram chamados os gestores das áreas impactadas bem como os desenvolvedores de sistema, para além de validar o modelo também realizarem seus *feedbacks* em relação aos trabalhos que estão sendo realizados, e que benefícios eles acreditam que a implantação dessas melhorias podem ajudar a empresa.

Destaca-se que nesse momento foram coletados os dados quantitativos para *Input* no método de apoio a decisão. Esta etapa se fez necessária para a coletas de dados e Estruturação dos elementos, para o modelo de decisão em que definiu-se as alternativas e critérios a serem inseridos e estruturados no método.

Para construção inicial da estratégia, foi de suma importância a participação dos especialistas e gestores, afim de auxiliar nas principais lacunas e áreas que deveriam ter uma melhor performance, o mediador das reuniões é o autor dessa pesquisa. Após a reunião inicial da apresentação do projeto de melhoria, identificou-se e apresentou para o grupo as principais soluções existentes no que tange a tecnologias emergentes no suporte a aplicação de princípios *Lean* na área administrativa.

O Quadro 4, presente nessa dissertação foi o principal *Input* para a definição das alternativas proposta de aplicação na empresa, os critérios foram definidos em conjunto e em consenso nas reuniões com a equipe de projetos e seus gestores.

É importante ressaltar que devido a experiências de implementações com diversas questões e variáveis anteriormente não mapeadas, o método buscou trazer em suas medidas o máximo de informações possíveis para melhor ranqueamento.

Vale salientar que apesar do algoritmo e o estudo ter sido realizado em um estudo de caso, buscou-se padronizar e facilitar a ferramenta para uso universal do método, não necessitando de vastos treinamentos e ensinamentos sobre a aplicação do método em si, um aspecto levantado nas reuniões tratou dessa automatização e *input* inicial das medidas ser dado com auxílio da planilha de *Microsoft Excel*, esse último sendo utilizado por todos da empresa.

Mais detalhes sobre a construção e modelagem do método serão apresentados na seção de Desenvolvimento geral do método.

3.2.4 Aplicação da estratégia no caso

A aplicação e o estudo de caso escolhido para este trabalho deve-se ao fato da empresa em que o estudo de caso foi realizado, no ano de 2018 fez uma grande aquisição de outra sede em outro estado brasileiro, isso fez com que os parâmetros de exigências dos clientes e fornecedores fossem modificados. Como a estrutura da nova empresa foi substituída não há mais a expertise dos antigos funcionários, dentro do projeto de migração também aconteceu a junção de dois sistemas de *ERPs* diferentes, acarretando algumas divergências não só nos cadastros dos produtos, mas também nos cadastros de fornecedores e clientes. A rápida solução e resposta aos clientes e processos internos demonstrou-se essencial para a produtividade e crescimento da empresa.

Também a própria empresa em estudo, teve nos últimos anos diversas implantações realizadas, sejam de novos sistemas ou de novas aquisições de outras empresas, acarretando em união de sistemas, em que se utilizou muito dinheiro para realizar melhorias que não eram as melhores para aquele momento, ou não eram as que deveriam iniciar o ciclo de implantações.

Além disso, a crescente evolução da empresa no que tange a faturamento e prospecção de novos clientes, alavancou a necessidade de implantações bem sucedidas para não ocorrer impactos com esses novos públicos.

Outro aspecto, é a importância para os tomadores de decisão da empresa não realizarem investimentos de forma equivocada ou em momentos desnecessários, para que o mesmo possa identificar que tecnologia deve ser implementada de acordo com necessidade empresarial, fazendo reduzir a quantidade de investimentos inadequados, pois após que realizados dificilmente é possível retornar para o estado atual de *performance*, portanto essa pesquisa busca também ajudar na assertividade do processo decisório por parte da empresa.

A empresa estudada é uma empresa de *Outsourcing/Varejo*, localizado na região do vale dos sinos, portanto suas atividades e custos em mão de obra representam muito pouco comparado ao setor administrativo, estima-se que a empresa tenha cerca de 35% dos seus custos vinculados a área comercial, 25% vinculados a área de compras, 20% associados a administrativos em geral (RH, TI, e outros setores de apoio) e os outros 20% relacionados então a atividades operacionais logísticas e distribuição.

Com isso pode-se verificar a importância e relevância dos custos associados as áreas administrativas de apoio, a redução e ajuste dos processos com tecnologias emergentes pode ajudar a empresa a se reestabelecer, e poder continuar crescendo quando da necessidade da aquisição de novas empresas e expansão gradual do mercado. A empresa também no período atual em que a maioria dos funcionários estão tendo que trabalhar em casa, devido a pandemia

que nos atinge nesse ano, está mostrando algumas dificuldades para essa preparação longe do ambiente presencial, como por exemplo, organizações e informações em tempo real, para criação de relatórios é necessário diversos acessos que são impossibilitados fora do servidor da empresa, e que para alguns por falta de mapeamento e clareza das operações realizadas não foram concedidas.

Fica mais claro que a estrutura da empresa é construída a partir de pessoas, processos e tecnologia, essa complexidade de atividades e padrões em ambientes administrativos, em momentos como esse, mostra-se cada vez mais importante para a continuidade e eficiência da empresa em um mercado que não parou e não irá parar, pois é tido como essencial para abastecimentos de supermercados, farmácias, hospitais, bancos entre outros.

3.3 Síntese do método

O Quadro 5 associa cada passo apresentado na Figura 4 com as etapas do método de trabalho descritos na Figura 5, bem como as entregas apontadas como objetivos da pesquisa. As entregas associadas a cada objetivo específico e geral são relacionadas junto as etapas do método de trabalho, mostrando como o mesmo direciona aos objetivos da pesquisa.

Conforme apresentada no quadro, a revisão sistemática de literatura (RSL) como etapa do trabalho ajuda na *DSR* a identificação do problema, bem como a conscientização do mesmo, e também ao entendimento dos artefatos e configuração das classes, essa etapas auxiliam na busca do objetivo de localizar as lacunas na literatura, definindo a área e objetivo do escopo, e a resposta do objetivo específico de avaliar as práticas do *Lean Office* em associação das tecnologias emergentes para a redução dos desperdícios na área administrativa.

Além disso para a etapa de sugestão na *DSR*, junto a etapa de definição do método multicritério também realizou-se estudos para identificar o melhor método para construção do artefato (Modelo), que poderiam atender os requisitos do estudo, tal sugestão foi debatida e teve-se consenso junto aos especialistas da empresa para evolução e desenvolvimento.

Com a etapa de desenvolvimento descrita na *DSR*, definiu-se a construir a estratégia de decisão multicritério e multidimensional, esse último, sendo uma das entregas mais importantes do projeto, visto sendo o diferencial em métodos complexos de tomada de decisão, então como objetivo essas etapas ajudaram a estruturar os elementos critérios e alternativas, para a realização da programação e automatização do método de tomada de decisão JOANA.

Com o método desenvolvido, realizou-se a aplicação no estudo de caso, sendo como etapas da *DSR* a avaliação e conclusão, apresentou-se os resultados para a empresa afim de torná-lo padronizado para novos projetos.

Quadro 5: Síntese do Método

Etapas da DSR	Etapas do Trabalho	Objetivos
Identificação do Problema	Revisão Sistemática da Literatura	Identificar Lacunas, definir área, objetivo e escopo do Projeto, avaliando as práticas do <i>Lean Office</i> em associação as tecnologias emergentes para redução de desperdícios na área Administrativa
Conscientização do Problema/RSL (Prisma)		
Identificação dos Artefatos e Configuração Classes	Definição do Método Multicritério	Definir o método que mais atende os requisitos do estudo e sugerir junto aos especialistas o que pode melhor atender o escopo
Sugestão		
Desenvolvimento	Construção da Estratégia de Decisão multicritério e multidimensional	Estruturar Elementos juntos aos especialistas para desenvolver um método de ranqueamento multicritério e multi-dimensional para Tomada de Decisão
Avaliação	Aplicação da Estratégia no Caso	Apresentar os resultados para empresa e tornar o método padronizado para novas frentes de trabalho e desenvolvimento
Conclusão		

Fonte: Elaborado pelo Autor

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados as considerações e resultados da pesquisa, buscando responder os objetivos propostos inicialmente. O procedimento adotado foi dividido em três subseções, sendo a primeira contendo características básicas da empresa e como a pesquisa foi realizada. Na sequência uma subseção com os passos realizados para a consideração dos parâmetros do método e posteriormente as interpretações dos resultados obtidos.

4.1 Características do estudo

O presente estudo ocorreu em uma empresa de São Leopoldo-RS, líder no mercado varejista brasileiro, com sede também em São Paulo capital, a empresa tem um faturamento superior a 400 milhões/ano e mais de 300 funcionários, e tem como visão sempre inovar em seus processos, para poder proporcionar ao cliente a melhor experiência no momento da compra. A mesma trabalha com compra e venda de cinco linhas de produtos, mobiliário corporativo, papelaria, higiene, equipamentos de segurança e equipamentos de escritórios. Para cada um desses segmentos de produtos há um comprador, que obtém a responsabilidade de cerca de 1.500 *SKU's* cada. Em relação aos clientes o maior percentual de venda está em Varejo Farmacêutico e bancário, indústrias e supermercados ainda tem uma parcela pequena de venda na empresa.

Toda a *interface* realizada entre comprador e vendedor é realizada por um programa de *manager*, customizado apenas pela empresa, então a estrutura de tecnologia de informação se utiliza de um *ERP* comercial, que tem integração com esse sistema integrado altamente customizado, e é a partir dele que boa parte das melhorias ocorrem, também a empresa investe em diversas ferramentas para melhorar a operação. Tendo dois centros de distribuição para recebimento e expedição de materiais, há também *WMS* para esses controles, bem como durante o estudo se investiu na aquisição do *Power BI* para trabalho com grandes massa de dados e indicadores.

Na estrutura de compras e de estoques se utiliza da Curva ABC, para classificação dos principais itens de estoque, e com mais de 400 fornecedores para atingir a *performance* esperada pelos diretores e gerentes da companhia, cada segmento dentro desse contexto não só em venda como também em compras tem sua forma de realizar as atividades.

Com base no Quadro 4, apresentado na subseção 2.4, criado a partir da revisão sistemática de literatura, foram identificadas as tecnologias emergentes que podem auxiliar para tornar o escritório mais enxuto com as práticas do *Lean Office*. As tecnologias identificadas na litera-

tura contidas nesse quadro foram: *Internet Of Things (IoT)*, *Big Data (BD)* e *Data Analytics*, *Cloud*, *RPA*, *VR*, Inteligência Artificial (IA), *BI* e *CPS*. Sendo esses os *Inputs* em conjunto das práticas sendo os *Inputs* para as alternativas.

Também como Práticas *Lean Office*, a partir dos estudos realizados em artigos bem como nos livros citados, uma série de práticas que já foram utilizadas junto a tecnologias disruptivas, entram como *Input* na proposta de método, são elas: Padronização, *VSM*, Melhoria Contínua, *Six Sigma* ou *6-Sigma*, *TPM*, *5S*, *Kanban*, Gestão Visual, *Poka Yoke*, Empoderamento do Funcionário, *Heijunka*, *Just-in-time (JIT)*, *Jidoka* e Fluxo Contínuo.

Os especialistas entram inicialmente nesse método para avaliação técnica e econômica das propostas sugeridas, ou seja, cotações de empresas e viabilidades técnicas foram avaliadas pelos mesmos, pois as montagens das combinações de práticas *Lean Office* x Tecnologias Emergentes partiram dessas análises.

As possibilidades de alternativas foram definidas junto aos gestores da área e com os Especialistas, pois cada departamento tem sua peculiaridade e se buscava a utilização de parte dos controles já existentes. Os posteriores indicadores criados podem servir para novos *inputs* no método para que possa se realizar novos ciclos de implantação, afim de se ter novas tecnologias sendo criadas para auxílio do escritório enxuto.

4.2 Método Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation - JOANA

4.2.1 Desenvolvimento geral do método JOANA

O método JOANA consiste na avaliação conjunta de dois ranqueamentos (um para avaliação de esforço e outro para retorno) produzidos pela técnica de preferência de ordem por similaridade à solução ideal (TOPSIS).

Aplica-se o método JOANA, inicialmente, pela execução do TOPSIS sobre as dimensões de esforço (*Me*) e retorno (*Mr*).

$$Me = A_1 \dots A_m \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}^{C^n} \quad (4.1)$$

$$Mr = A_1 \dots A_m \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}^{C^n} \quad (4.2)$$

onde A_i representa as alternativas, e C_i representa os critérios adotados. Para os critérios há um peso W determinado pelos tomadores de decisão tal que:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (4.3)$$

sendo $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. Com as alternativas, critérios e respectivos pesos definidos, normalizam-se as matrizes mediante a utilização da equação (4.4).

$$\bar{X}_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n X_{ij}^2}} \quad (4.4)$$

Uma vez normalizadas, pondera-se os resultados pelos pesos dos critérios

$$V_{ij} = \bar{X}_{ij} * W_j \quad (4.5)$$

para poder se identificar as soluções ideais positivas $V+$ e as soluções anti-ideias $V-$, realiza-se o cálculo conforme equações (4.6) a (4.9).

$$V_{e+} = (\max_i X_{ij}) \quad (4.6)$$

$$V_{e-} = (\min_i X_{ij}) \quad (4.7)$$

$$V_{r+} = (\min_i X_{ij}) \quad (4.8)$$

$$V_{r-} = (\max_i X_{ij}) \quad (4.9)$$

Por fim, calculam-se as distâncias de cada alternativa a cada solução ideal (positiva e anti-ideal)

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_j^+)^2 \right]^{0,5} \quad (4.10)$$

$$S_i^- = \left[\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_j^-)^2 \right]^{0,5} \quad (4.11)$$

O último passo é o cálculo da *performance* de cada alternativa para cada dimensão.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (4.12)$$

Após os dois vetores de ranqueamento normalizados no intervalo $[0; 1]$, plota-se os resultados num plano cartesiano onde o eixo das abcissas é representado pelos esforços e o eixo

das ordenadas é representado pelos retornos. Com isso, tem-se um quadrado unitário onde o ponto $(0; 1)$ representa o ponto que maximiza o esforço e minimiza o retorno enquanto o ponto $(1; 0)$ representa o ponto que maximiza o retorno e minimiza o esforço. O resultado final é um gráfico como apresentado na Figura 6. Nesta Figura é representado de forma Genérica o método JOANA 2D, a partir do cálculo nas dimensões de Esforço e Retorno por meio do TOPSIS, as alternativas são plotadas no gráfico considerando seus *scores* dimensionais, dessa forma conforme é apresentado as alternativas consideradas são posicionadas nos quatro quadrantes: Prioritário, Dispensável, Discutível e Complexo, apresentando de forma visual e objetiva, o ranqueamento para o tomador de decisão. Desta forma temos como demonstrativo, os Pontos 7 e 8 sendo plotados no quadrante prioritário, os Pontos 4 e 5 no discutível, o Ponto 1 e 2 sendo classificados como dispensáveis e o Ponto 3 e 6 complexos.

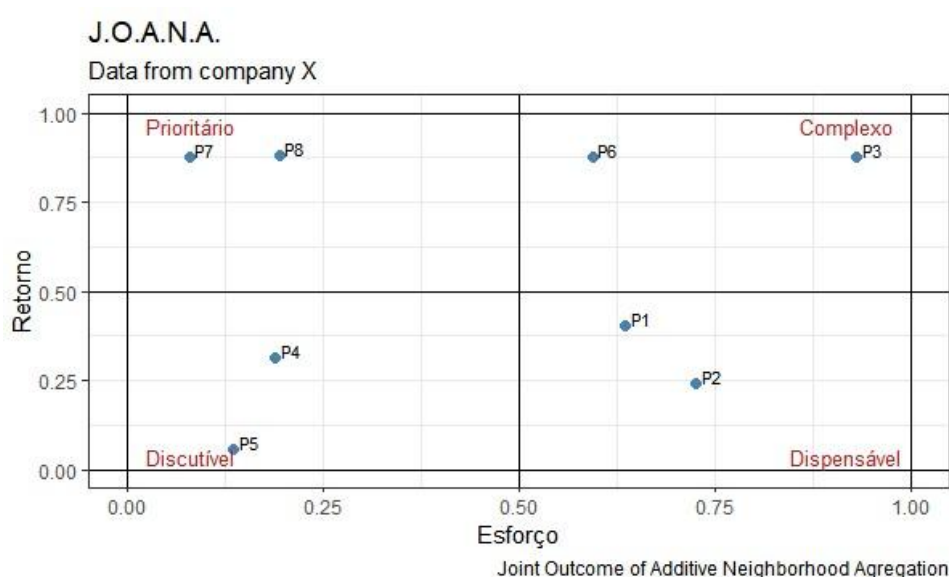


Figura 6: Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation-Apresentação Genérica

A visualização gráfica de saída do método é apresentado em quatro quadrantes onde distribuem-se as alternativas de acordo com o seguinte enquadramento:

- Prioritários: quando a alternativa apresentar Retorno Alto e Esforço Baixo;
- Discutível: quando a alternativa apresentar Retorno Baixo e Esforço Baixo;
- Dispensável: quando a alternativa apresentar Esforço Alto e Retorno Baixo; e
- Complexo: quando a alternativa apresentar Retorno Alto e Esforço Alto.

Dentro de cada quadrante, os dados podem ser projetados a reta que cruza os pontos $(0; 1)$ e $(1; 0)$, em procedimento descrito por (HEIN et al., 2019).

4.2.2 Aplicação do método em duas dimensões

A pesquisa foi aplicada em um momento que a empresa do estudo, estava buscando orientar a implantação de tecnologias emergentes em ambientes administrativos enxutos, em seus centro de distribuição e sedes administrativas.

Conforme apresentado anteriormente no Quadro 4 em que foram levantados práticas de *Lean Office* e Tecnologias Emergentes existentes, que tiveram artigos publicados com essa combinação, sendo as principais práticas de *Lean Office* sendo extraídas de (TAPPING; SHUKER, 2010; TAPPING et al., 2010; WOMACK; JONES, 2015) e as tecnologias de interesse foram identificadas junto ao comitê gestor de inovação de processos da empresa.

As práticas e tecnologias emergentes identificadas e apresentadas na Tabela 3 foram validadas com onze especialistas da empresa, sendo estes 6 gerentes das áreas administrativas impactadas, 3 desenvolvedores sêniores de sistemas e 2 gerentes de TI. Vinte o oito alternativas que combinavam práticas do *Lean Office* e tecnologias emergentes foram avaliadas e aprovadas pelos especialistas para andamento dos estudos de viabilidade técnica e econômica para a priorização.

Tabela 3: Lean Office e Tecnologias Emergentes

Id	Descrição	Id	Descrição
A1	Padronização/RPA	A15	Gestão Visual/BD e Analytics
A2	Padronização/IA	A16	Poka Yoke/RPA
A3	Padronização/CPS	A17	Poka Yoke/BD e Analytics
A4	VSM/IoT	A18	Empoderamento Funcionário/IA
A5	VSM/BD e Analytics	A19	Heijunka/IoT
A6	VSM/ Cloud	A20	Heijunka/BD e Analytics
A7	VSM/ BI	A21	Heijunka/BI
A8	KAIZEN/VR	A22	JIT/ IoT
A9	Six Sigma/BD e Analytics	A23	JIT/ BD e Analytics
A10	5S/ IA	A24	JIT/ RPA
A11	5S/ CPS	A25	Jidoka/IoT
A12	KANBAN/IoT	A26	Jidoka/RPA
A13	KANBAN/BI	A27	Fluxo Contínuo/IoT
A14	Gestão Visual/BI	A28	Fluxo Contínuo/RPA

A matriz de esforço tem a característica de indicadores do tipo Menor Melhor, e para esse foram definidos pelos especialistas quatro critérios para avaliação, sendo eles:

1. Investimento Necessário - Peso= 0.4
2. Tempo Implantação - Peso= 0.1
3. Hora do Desenvolvedor - Peso= 0.3
4. *PayBack* - Peso= 0.2

Já matriz de retorno tem a característica de indicadores do tipo Maior Melhor, e para esse foram definidos pelos especialistas quatro critérios para avaliação sendo eles:

1. Benefício Previsto para Organização - Peso= 0.5
2. Facilidade de Manutenção - Peso= 0.2
3. Facilidade para Operacionalizar - Peso= 0.2
4. Facilidade para Criação de novas práticas a partir da tecnologia - Peso= 0.1

A partir dessas diretrizes definidas pelos especialistas, os dados foram levantados para a realização da visualização por parte da gerência, e para tomada de decisão.

A Figura 7, apresenta o resultado final do enquadramento a partir das priorizações do método. Para a obtenção destes resultados não foram considerados as relações de dependência entre as alternativas, podendo esta dependência também ser incluída como critério no modelo. O ordenamento e a possibilidade de discussão sobre as alternativas prioritárias focou as discussões durante os processos de decisão junto aos gestores da organização.

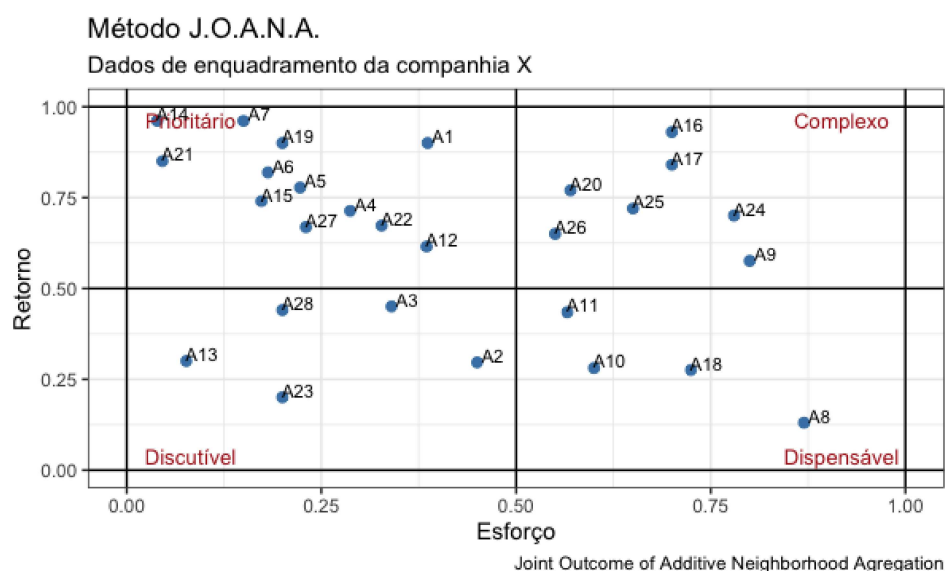


Figura 7: Joint Outcome of Additive Neighborhood Aggregation

O ranking realizado entre os grupos é apresentado na Tabela 4.

Analisando o *ranking* entre categorias prioritárias e complexas é possível verificar que as tecnologias de inteligência de negócios (BI) lideram o *ranking*, possivelmente devido ao baixo custo e ao baixo tempo de implementação associados. Os especialistas também citaram que a facilidade de manutenção e liberdade nessa tecnologia ajuda os desenvolvedores a fazer melhorias adicionais, em relação às práticas enxutas, também podemos avaliar práticas como

Tabela 4: Ranking das alternativas por Quadrante

Id	Prioritárias	Rank	Id	Complexas	Rank
A14	Gestão Visual/BI	1	A16	Poka Yoke/RPA	1
A7	VSM/ BI	2	A20	Heijunka/BD e Analytics	2
A21	Heijunka/BI	3	A17	Poka Yoke/BD e Analytics	3
A19	Heijunka/IoT	4	A26	Jidoka/RPA	4
A6	VSM/ Cloud	5	A25	Jidoka/IoT	5
A15	Visual management/BD e Analytics	6	A24	JIT/ RPA	6
A5	VSM/BD e Analytics	7	A9	Six Sigma/BD e Analytics	7
A1	Padronização/RPA	8			
A27	Fluxo Contínuo/IoT	9			
A4	VSM/IoT	10			
A22	JIT/ IoT	11			
A12	KANBAN/IoT	12			
Id	Discutíveis	Rank	Id	Dispensáveis	Rank
A28	Fluxo Contínuo/RPA	1	A11	5S/ CPS	1
A13	KANBAN/BI	2	A10	5S/ IA	2
A3	Padronização/CPS	3	A18	Empoderamento Funcionário/IA	3
A23	JIT/ BD e Analytics	4	A8	KAIZEN/VR	4
A2	Padronização/IA	5			

gerenciamento visual, *VSM* e *Heijunka* que quase sempre aparecem nas primeiras posições, devido à facilidade e rapidez com que essas técnicas podem ajudar a reduzir o desperdício.

Sobre os quadrantes de implementações complexas, podemos notar que as tecnologias *RPA* de alto custo de investimento acabam sofrendo esse impacto na classificação, apesar do grande retorno que essa tecnologia pode proporcionar, tecnologias e práticas relacionadas ao *BD* e ao *Analytics*, podem não ter sido bem consideradas devido a não ter trabalhos completos sobre essas tecnologias.

Nos quadrantes *Discutíveis* e *Dispensáveis*, as implementações são consideradas secundárias, mas devem ser discutidas no futuro. Inicialmente sobre as *discutíveis*, podemos ver que a prática que já possui uma tecnologia que será implementada inicialmente como *BI*, a prática *Lean* pode muito bem ser executada depois que a tecnologia já foi implementada, ao contrário de tecnologias como inteligência artificial que o desenvolvimento é unitário, para que o setor seja desenvolvido principalmente nas discussões, é necessário verificar as tecnologias que foram implementadas anteriormente no ranking da prioridade e, em seguida, implementar a prática enxuta a partir disso.

Sobre o ranking em *Dispensável*, eles provavelmente terão que ser reavaliados a médio e longo prazo, porque no momento não são viáveis para serem implementados. Essas análises foram realizadas em conjunto com especialistas que, após as reuniões, definiram as implementações que deveriam iniciar o ciclo de investimentos dentro da empresa; em tempos de pandemia, a empresa buscava alavancar suas finanças com base em melhorias e redução de

custos e nesta metodologia buscou-se facilitar ao decisor a melhor alternativa a ser realizada, apesar da natureza acadêmica deste artigo, ele foi validado na prática para ser utilizado em vários segmentos, pois traz a visão gerencial e gráfica para o tomador de decisão.

A fim de operacionalizar a aplicação, um algoritmo em *software* R (R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING, 2020) na *interface* RStudio foi desenvolvido em apoio a uma planilha de *Microsoft Excel* utilizada para inserção dos *INPUTS*.

Ihaka (1998) cita que uma das grandes vantagens do R é a possibilidade de customização, e a diversidade de pacotes disponíveis para necessidades dos usuários. Em relação aos pacotes Carson e Basiliko (2016) explica que o CRAN (*Comprehensive R Archive Network*), serve como repositório para que qualquer pessoa possa contribuir com uma extensão na linguagem de programação, inserindo os Pacotes com a única condição de atender os requisitos pré-estabelecidos, estima-se mais de 10.000 pacotes disponíveis para *Download*.

A operacionalização do algoritmo foi realizado em *software* R, e segue conforme abaixo:

```

1 ## J.O.A.N.A. 2D
2
3 # Inputs
4 require(readxl, topsis, ggplot2, grid, plot3D, plot3Drgl)
5 require(plyr)
6 Inputs <- read_excel("Esforco2d.xlsx", sheet = "Inputs")
7 Esforco <- read_excel("Esforco2d.xlsx", sheet = "Esforco")
8
9
10 # Nomes das alternativas
11 Alt <- Esforco$ID
12
13 n.alt <- length(Alt) # quantidade de alternativas
14
15 # Dimensao 1 (eixo X no grafico)
16 n.crit.d1 <- dim(Esforco)[2]-1 # Total de criterios nesta dimensao
17 w.d1 <- na.omit(Inputs$EsforcoPeso) # Pesos dos criterios
18 i.d1 <- na.omit(Inputs$EsforcoImpacto) # Impacto dos criterios
19
20 # Temos nesta matriz, alternativas nas linhas e criterios nas colunas
21 d1 <- as.matrix(Esforco[,2:dim(Esforco)[2]])
22 # Determina os scores no TOPSIS na D1
23 D1 <- topsis(d1, w.d1, i.d1); (D1 <- D1$score)
24
25 # Inputs

```

```

26 library(readxl)
27 Inputs <- read_excel("Esforco2d.xlsx", sheet = "Inputs")
28 Retorno <- read_excel("Esforco2d.xlsx", sheet = "Retorno")
29
30 #Nomes das alternativas
31 Alt <- Retorno$ID
32
33 n.alt <- length(Alt) # quantidade de alternativas
34
35 n.crit.d2 <- dim(Retorno)[2]-1 # Total de criterios nesta dimensao
36 w.d2 <- na.omit(Inputs$ComplexPeso) # Pesos dos criterios
37 i.d2 <- na.omit(Inputs$ComplexImpacto) # Impacto dos criterios
38 # A proxima linha simula os dados - substituir pelos dados reais
39 # Temos nesta matriz, alternativas nas linhas e criterios nas colunas
40 d2 <- as.matrix(Retorno[,2:dim(Retorno)[2]])
41 # Determina os scores no TOPSIS na D2
42 D2 <- topsis(d2, w.d2, i.d2); (D2 <- D2$score)
43
44 # Salva nomes de alternativas, scores em D1 e D2 e Classificacao
45 foo <- data.frame(Alternativas = Alt, Scores.D1 = D1, Scores.D2 = D2,
46                 Classif = rep(0, n.alt))
47 # Este la o (for) classifica os scores
48 for (i in 1:n.alt){
49   if(foo[i,2] > 0.5 & foo[i,3] > 0.5) {foo[i,4] = "Priority"}
50   if(foo[i,2] <= 0.5 & foo[i,3] > 0.5) {foo[i,4] = "Needless"}
51   if(foo[i,2] <= 0.5 & foo[i,3] <= 0.5) {foo[i,4] = "Complex"}
52   if(foo[i,2] > 0.5 & foo[i,3] <= 0.5) {foo[i,4] = "Contestable"}
53 }
54
55 require(ggplot2)
56 s <- ggplot(foo[,2:3], aes(foo[,2],foo[,3]))
57 s <- s + ggtitle("J.O.A.N.A.",
58                subtitle="Data from company X") +
59   labs(caption = "Joint Outcome of Additive Neighborhood Agregation") +
60   xlab("Esforco") + ylab("Retorno") +
61   theme_bw() + xlim(c(0,1)) + ylim(c(0,1)) +
62   geom_point(size=2,col="steelblue") +
63   geom_vline(xintercept = c(0,0.5,1)) +
64   geom_hline(yintercept = c(0,0.5,1))
65 s
66 s + geom_text(aes(label=Alt),size=3, nudge_x = .02, nudge_y = .02)
67

```

```

68 library(grid)
69 text1 ← "Prioritario"
70 text2 ← "Complexo"
71 text3 ← "Discutível"
72 text4 ← "Contestável"
73 my_grob1 = grid.text(text1, x=0.12, y=0.92,
74                       gp=gpar(col="firebrick", fontsize=10))
75 my_grob2 = grid.text(text2, x=0.88, y=0.92,
76                       gp=gpar(col="firebrick", fontsize=10))
77 my_grob3 = grid.text(text3, x=0.12, y=0.08,
78                       gp=gpar(col="firebrick", fontsize=10))
79 my_grob4 = grid.text(text4, x=0.88, y=0.08,
80                       gp=gpar(col="firebrick", fontsize=10))
81 s + annotation_custom(my_grob1) +
82   annotation_custom(my_grob2) +
83   annotation_custom(my_grob3) +
84   annotation_custom(my_grob4) +
85   geom_text(aes(label=Alt), size=3, nudge_x = .02, nudge_y = .02)

```

A partir dessa programação realizada, pode-se replicar a partir de uma planilha base de *Excel*, os resultados e saídas aqui apresentados.

4.2.3 Aplicação do método em três dimensões

O acréscimo da terceira dimensão foi no intuito de realizar novas análises, e entender se haveria maior assertividade para a tomada de decisão. Uma das ideias quando da criação do Método JOANA 3D foi também de um ordenamento Diferente, a matriz gráfica deste modo demonstra a distância da origem do sistema, desde pior resultado possível que é ter *score* zero nas três dimensões, por meio da distância euclidiana, ou o melhor resultado tendo os maiores *scores* nas alternativas. O método parte conforme apresentado na seção anterior, ou seja, a partida em cada dimensão se dá pelo cálculo do TOPSIS, acrescentando-se uma Matriz de Decisão para Financeiro conforme abaixo, junto as Equações (4.1) e (4.2).

Desta forma a quarta dimensão seria o Financeiro (Mf)

$$Mf = A_1 \dots A_m \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}^{C^n} \quad (4.13)$$

Para decisão os critérios há um peso W determinado pelos tomadores de decisão conforme

equação (4.3).

A normalização da matriz ocorre da mesma forma que o método 2D, utilizando a equação (4.4). E na sequência do método a ponderação dos resultados a partir da (4.5).

Outra alteração que deve ser realizada é no momento do cálculo dos vetores, além do cálculo das soluções ideais positivas $V+$ e as soluções anti-ideias $V-$, conforme equações (4.6) a (4.9), também é acrescido o vetor financeiro apresentado pelas equações abaixo:

$$V_{f+} = (\max_i X_{ij}) \quad (4.14)$$

$$V_{f-} = (\min_i X_{ij}) \quad (4.15)$$

Por fim, igualmente conforme o método 2D calculam-se as distâncias de cada alternativa a cada solução ideal (positiva e anti-ideal) apresentados pelas equações (4.10) e (4.11), posteriormente realizou-se o cálculo da *performance* que é apresentado pela equação (4.12).

Após os vetores normalizados dentro do intervalo $[0; 1]$, plota-se os resultados para análise gráfica. No JOANA 3D, optou-se realizar a plotagem considerando apenas as divisões dos extremos, ou seja as prioritárias, que seriam os pontos com maior *performance* em cada dimensão, e as dispensáveis alternativas com menores *scores*, logo considerando o mesmo conceito do método 2D, as alternativas continuaram também as mesmas, porém com acréscimo da matriz Financeira conforme abaixo:

A matriz Financeira tem a característica de indicadores do tipo Menor Melhor para os dois primeiros critérios, e para os dois últimos critérios quanto Maior Melhor, sendo eles:

1. Possibilidade de Não-Recuperação do Investimento - Peso= 0.3
2. Risco Financeiro Operacional - Peso= 0.2
3. Resultado Operacional - Peso= 0.1
4. Geração Previsto de Caixa - Peso= 0.4

A matriz de esforço(mesmas métricas e medidas no 2D):

1. Investimento Necessário - Peso= 0.4
2. Tempo Implantação - Peso= 0.1
3. Hora do Desenvolvedor - Peso= 0.3
4. *PayBack* - Peso= 0.2

Já matriz de retorno (mesmas métricas e medidas no 2D):

1. Benefício Previsto para Organização - Peso= 0.5
2. Facilidade de Manutenção - Peso= 0.2

3. Facilidade para Operacionalizar - Peso= 0.2
4. Facilidade para Criação de novas práticas a partir da tecnologia - Peso= 0.1

O número de dimensões se dá pelo número de Planilhas com critérios e alternativas avaliados, sendo a solução em três dimensões visível graficamente com apoio do pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016). Note aqui que, uma generalização pode ser efetuada para $n > 3$ dimensões, porém não será possível representar esta saída graficamente.

No Algoritmo a seguir está descrito o código de programação com linguagem R, do método intitulado JOANA 3D.

```

1 ## J.O.A.N.A. 3D
2 require(readxl, topsis, ggplot2, grid, plot3D, plot3Drgl)
3 require(plyr)
4
5
6 # Inputs
7 #library(readxl)
8 Inputs <- read_excel("Esforco.xlsx", sheet = "Inputs")
9 Esforco <- read_excel("Esforco.xlsx", sheet = "Esforco")
10 Retorno <- read_excel("Esforco.xlsx", sheet = "Retorno")
11 Financeiro <- read_excel("Esforco.xlsx", sheet = "Financeiro")
12
13
14 # Nomes das alternativas
15 Alt <- Esforco$ID
16
17 n.alt <- length(Alt) # quantidade de alternativas
18
19 # Dimensao 1 (eixo X no grafico)
20 n.crit.d1 <- dim(Esforco)[2]-1 # Total de criterios nesta dimensao
21 w.d1 <- na.omit(Inputs$EsforcoPeso) # Pesos dos criterios
22 i.d1 <- na.omit(Inputs$EsforcoImpacto) # Impacto dos criterios
23 # Temos nesta matriz, alternativas nas linhas e criterios nas colunas
24 d1 <- as.matrix(Esforco[,2:dim(Esforco)[2]])
25 # Determina os scores no TOPSIS na D1
26 D1 <- topsis(d1, w.d1, i.d1); (D1 <- D1$score)
27
28
29 # Dimensao 2 (eixo Y no grafico)
30 n.crit.d2 <- dim(Retorno)[2]-1 # Total de criterios nesta dimensao
31 w.d2 <- na.omit(Inputs$ComplexPeso) # Pesos dos criterios

```

```

32 i.d2 ← na.omit(Inputs$ComplexImpacto) # Impacto dos criterios
33 # Temos nesta matriz, alternativas nas linhas e criterios nas colunas
34 d2 ← as.matrix(Retorno[,2:dim(Retorno)[2]])
35 # Determina os scores no TOPSIS na D2
36 D2 ← topsis(d2, w.d2, i.d2); (D2 ← D2$score)
37
38 # Dimensao 3 (eixo Z no grafico)
39 n.crit.d3 ← dim(Financeiro)[2]-1 # Total de criterios nesta dimensao
40 w.d3 ← na.omit(Inputs$FinanceiroPeso) # Pesos dos criterios
41 i.d3 ← na.omit(Inputs$FinanceiroImpacto) # Impacto dos criterios
42 # Temos nesta matriz, alternativas nas linhas e criterios nas colunas
43 d3 ← as.matrix(Financeiro[,2:dim(Financeiro)[2]])
44 # Determina os scores no TOPSIS na D3
45 D3 ← topsis(d3, w.d3, i.d3); (D3 ← D3$score)
46
47 # Salva nomes de alternativas, scores em D1, D2, D3 e Classificacao
48 foo ← data.frame(Alternativas = Alt, Scores.D1 = D1, Scores.D2 = D2,
49                 Scores.D3 = D3, Classif = rep(0, n.alt), color = rep(1,
50                 n.alt))
51
52 Id ← c(0,0,0)
53 for (i in 1:n.alt){
54   foo[i,5] ← sqrt(sum((Id-foo[i,2:4])^2))
55   if(foo[i,2] > 0.5 & foo[i,3] > 0.5 & foo[i,4] > 0.5) {foo[i,6] = 2}
56   if(foo[i,2] <= 0.5 & foo[i,3] <= 0.5 & foo[i,4] <= 0.5) {foo[i,6] = 3}
57 }
58
59 (foo←arrange(foo,desc(Classif)))
60 # Create a scatter plot
61 x ← foo$Scores.D1
62 y ← foo$Scores.D2
63 z ← foo$Scores.D3
64 h ← foo$color
65
66
67
68 scatter3D(x, y, z, colvar=h, phi = 20, pch = 20, cex = 0.5, zlim=c
69         (0.3,0.7),
70         xlab="", ylab="", zlab="")
71 # Add text
72 text3D(x, y, z, labels = foo$Alternativas, add = TRUE, colkey = FALSE,

```

```

    cex = 0.8)
72 text3D(x=0.9,y=0.9,z=0.68,labels = "Prioritario", add = TRUE, cex=1)
73 text3D(x=0.1,y=0.1,z=0.32,labels = "Dispensavel", add = TRUE, cex=1)
74
75 z1←c(0.5,0.5); x1←c(0,1); y1←c(0.5,0.5)
76 scatter3D(x1, y1, z1, add = TRUE, colvar=NULL, bty = "g", type = "l",
77           ticktype = "detailed", lwd = 1)
78 z1←c(0.31,0.69); x1←c(0.5,0.5); y1←c(0.5,0.5)
79 scatter3D(x1, y1, z1, add = TRUE, colvar=NULL, bty = "g", type = "l",
80           ticktype = "detailed", lwd = 1)
81 z1←c(0.5,0.5); x1←c(0.5,0.5); y1←c(0,1)
82 scatter3D(x1, y1, z1, add = TRUE, colvar=NULL, bty = "g", type = "l",
83           ticktype = "detailed", lwd = 1)
84
85 # Make the rgl version
86 plotrgl()

```

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos através do *software*. Tal saída apresenta o Ranqueamento geral de cada alternativa, bem como os *Scores* em D1 (Esforço), D2 (Retorno) e D3(Financeiro).

Com isso em relação ao eixo de cada critério definiu-se que o eixo X é o do Esforço, o eixo Y é o do Retorno, e o eixo Z é o Financeiro.

A tabela também apresenta por meio da métrica *Color*, a informação se os *scores* atendem a regra de compromisso, a escala de 0,5 foi definida afim de ser mais um indicativo visual visando auxiliar o tomador de decisão na escolha. Assim, para esse indicador a programação e conceito usados foram:

- (i) Número 1: Alternativa Neutra, graficamente ficará com a Cor AZUL, porém na interpretação do *score* ele não seria prioritário.
- (ii) Número 2: Alternativa Prioritária, graficamente ficará com a Cor VERDE, e serão nessas alternativas que deverá se focar o ordenamento e tomada de decisão.
- (iii) Número 3: Alternativa Dispensável, graficamente ficará com a Cor VERMELHA, sendo as piores alternativas nos 3 *Scores*.

Tabela 5: Resultados JOANA 3D

Rank	Alternativas	ScoresD1	ScoresD2	ScoresD3	Classificação	Color
1	14	0,97857014	0,94321092	0,4477063	1,4309742	1
2	7	0,83786373	0,94321092	0,5121474	1,3616011	2
3	6	0,90255868	0,88214604	0,4662277	1,3454226	1
4	19	0,90500038	0,83892525	0,4678396	1,319733	1
5	1	0,94880499	0,77204445	0,4361068	1,2986426	1
6	5	0,88955064	0,78199604	0,5072587	1,2884601	2
7	15	0,82978038	0,84379213	0,5029784	1,285888	2
8	21	0,85002017	0,83805628	0,407563	1,2613406	1
9	22	0,756696659	0,83209299	0,5453826	1,2501277	2
10	27	0,86842722	0,68026201	0,4187012	1,1799292	1
11	4	0,8272625	0,63004345	0,5009843	1,1542544	2
12	12	0,69257344	0,61373249	0,5951852	1,1002595	2
13	28	0,08815802	0,94321092	0,5243354	1,0827494	1
14	25	0,30849808	0,77685395	0,6043263	1,0314472	1
15	24	0,3285063	0,75437322	0,6134736	1,0263621	1
16	9	0,26194505	0,67825274	0,6100344	0,9490964	1
17	13	0,62284245	0,317082	0,6386933	0,9467855	1
18	2	0,60163616	0,34573253	0,6278327	0,9357729	1
19	26	0,30339062	0,67428163	0,558154	0,9264111	1
20	23	0,66733602	0,26534165	0,5803804	0,9233553	1
21	20	0,311111283	0,60916143	0,6143868	0,9194237	1
22	3	0,66733602	0,20523445	0,5803804	0,9079086	1
23	16	0,24836448	0,59935488	0,5840445	0,8729368	1
24	17	0,31517006	0,63856469	0,3207269	0,7810011	1
25	18	0,23584275	0,07584156	0,6457529	0,6916433	1
26	10	0,22236943	0,06630176	0,5255393	0,5744873	1
27	8	0,21270045	0	0,5254072	0,5668282	1
28	11	0,26694782	0,08736943	0,4774237	0,5539206	3

Desta forma, conforme Tabela 5, a primeira alternativa em que todas as condições são atendidas para ficar como indicador verde é a A7 (*VSM/BI*), pois todos os *scores* foram maiores que 0,5, nessa interpretação gráfica e com a indicação das cores, o A5 (*VSM/BD e Analytics*) seria o segundo, A15 (*Visual Mnagement/BD e Analytics*) o terceiro, A22 (*JIT/IoT*) o quarto, A4 (*VSM/IoT*) o quinto e A12 (*Kanban/IoT*) o sexto colocado do quadrante extremo prioritário em que todas as condições do TOPSIS são superiores a linha de decisão/compromisso 0,5.

É possível perceber que há convergência entre práticas e tecnologias que atenderam a escala de compromisso indicadas: *IoT* é uma tecnologia que aparece três vezes nas cinco primeiras posições, seguido de *Big Data(BD) e Analytics*, já nas práticas *Lean* temos *VSM* aparecendo três vezes, indicando que de alguma forma será implementado, independente da tecnologia a redução de desperdício será atacado por alguma prática *Lean*.

Conforme apresenta a Figura 8 e 9 percebe-se que os pontos verdes são identificados para aquelas alternativas que tem *Score* maior que 0,5 em todas as dimensões, os pontos em vermelho demonstra as alternativas que tem *Score* Menor que 0,5 em todas as dimensões, e os demais pontos estão em uma zona neutra de decisão, ou seja, em que a alternativa não é prioritária nem dispensável.

Como exemplo dessa interpretação podemos buscar a Alternativa A14, em que no 2D era a melhor alternativa entre as demais no cálculo de Esforço e Retorno, no momento que colocamos mais uma dimensão o *ScoreD3* o valor é de 0,44 então ele não se habilita como prioritário, por esse motivo a alternativa não ficou verde nos gráficos apresentados. Desta forma podemos concluir que para essa alternativa a mesma tem pouco esforço, muito retorno, porém financeiramente ele não atende os requisitos estabelecidos.

A análise desta primeira alternativa exemplifica que os resultados podem oscilar entre os dois métodos, o que reforça neste caso que sobre a visão da dimensão financeira a alternativa não seria considerada, mesmo tendo maior *score* de *performance* e sendo a primeira colocada comparada as demais, mas ao mesmo demonstra de forma estruturada para o tomador de decisão, qual dimensão poderia se fazer uma análise de riscos, a ponto que se a alternativa A14 fosse a escolhida mesmo com risco de ter prejuízo do lado financeiro, o tomador de decisão estará ciente deste *score* e por meio de outras técnicas e ferramentas poderia mitigar os riscos existentes na alternativa.

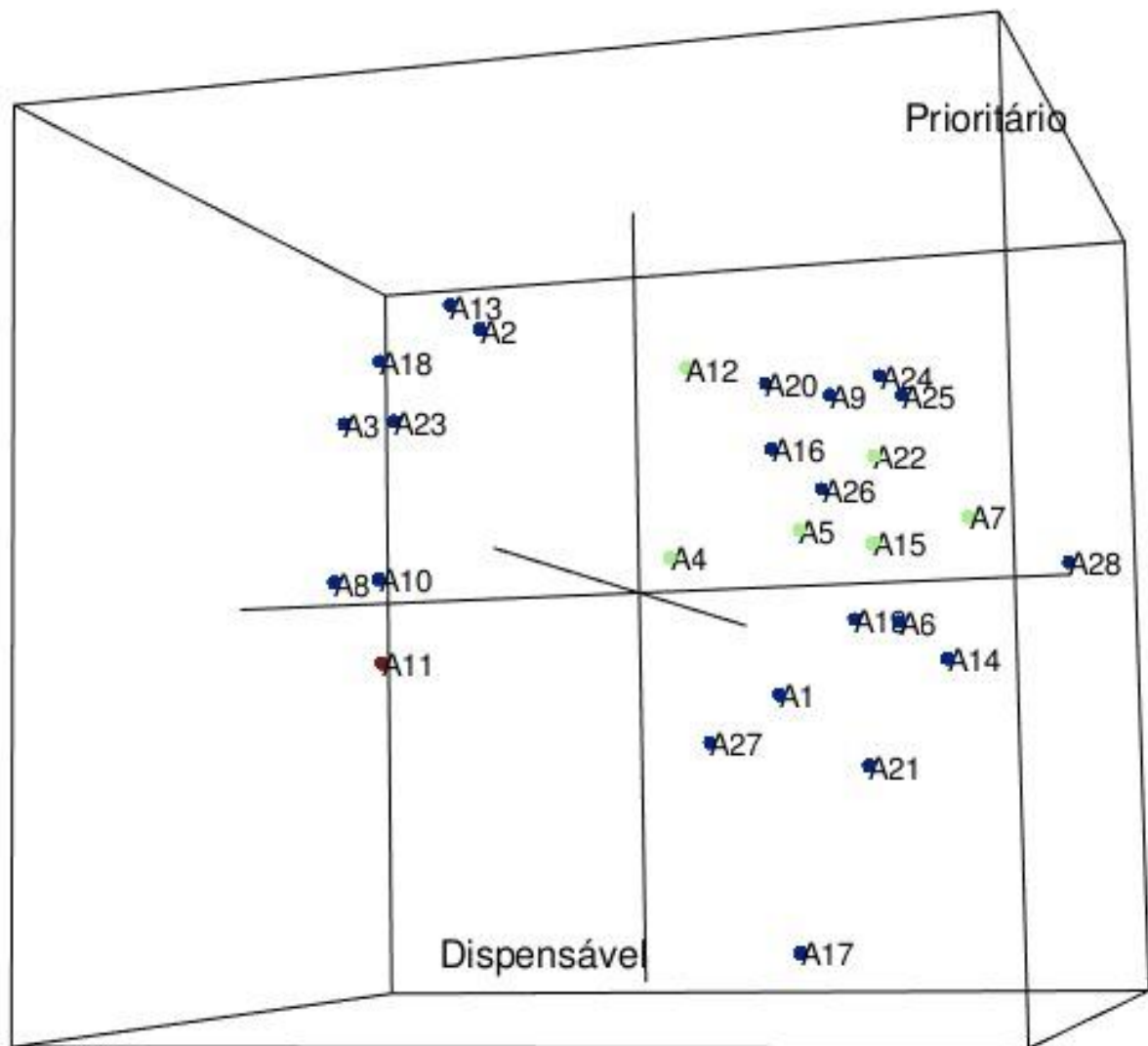


Figura 8: Visão Gráfica Lado 1 JOANA3D
 Fonte: Elaborado Pelo Autor

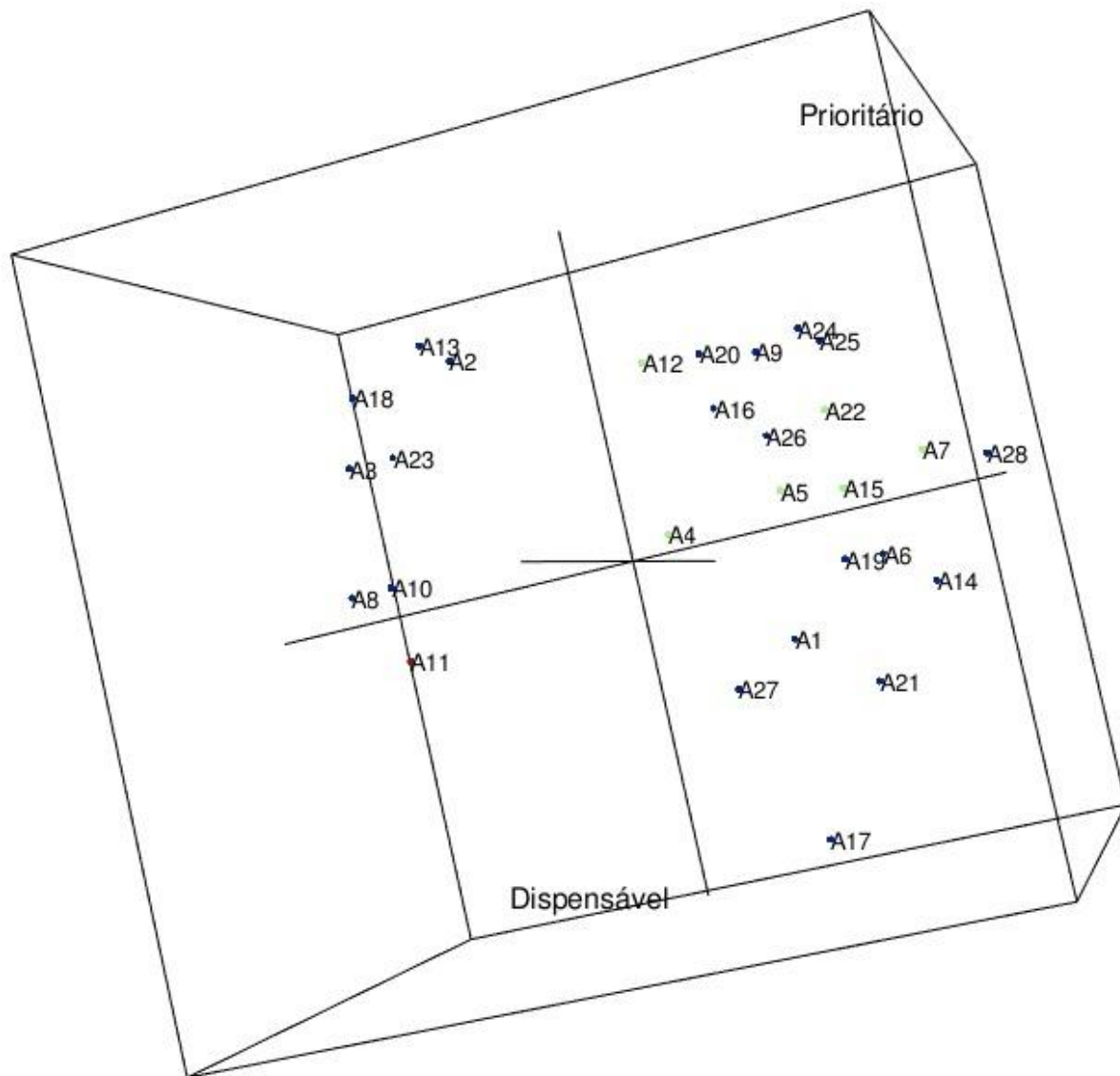


Figura 9: Visão Gráfica Lado 2 JOANA3D
Fonte: Elaborado Pelo Autor

O JOANA 3D busca levar ao tomador de decisão por meio das dimensões, as condições de compromisso para cada uma delas, visto os *trade-off's* envolvidos na decisão, e possibilitando a análise por prioridades empresariais, nos exemplos tabelados fica de fácil interpretação qual alternativa e discussão a ser realizada com os envolvidos, pois por meio das dimensões de Esforço, Retorno e Financeiro, a empresa pode optar e priorizar qual a melhor estratégia, ao entender que busca-se uma alternativa/solução que o lado financeiro envolvido não é relevante no momento, pode-se optar por uma opção mais técnica, visualizando os *scores* e gráficos apresentados.

Conforme comentado anteriormente, foi desenvolvido na programação em R uma forma de gestão visual por meio de cores, a partir de medidas de compromisso em cada *score*, como o intuito de diferenciar aquelas alternativas que poderiam ser muito qualificadas em algumas dimensões, entretanto não chegavam no mínimo em outras, ou seja, a abertura de mais uma dimensão no 3D orienta o tomador de decisão qual o critério mais frágil daquela alternativa.

Outra tratativa importante na criação do método 3D, foi o de não alterar as métricas (medidas) e critérios que já haviam sido previstos e levantados no método 2D, afim também de conseguir realizar as comparações entre as dimensões, e entender os impactos e a dinâmica entre os métodos. Desta forma o método 2D acaba não trazendo essa discussão das análises e interpretações que o método 3D pode realizar, na próxima seção será discutido esses aspectos.

4.3 Discussão dos Resultados

Para discutir os resultados inicialmente vai se apresentar a resolução deste caso (JOANA3D) utilizando todas as variáveis em um único TOPSIS, no intuito da Avaliação e Comparação do Método.

Conforme Tabela 6, é possível avaliar que ao calcularmos com todas as variáveis simulando um "1D" a melhor solução seria A7. Porém ao comparar os resultados com o 3D o maior *Score* conforme apresentado anteriormente seria a alternativa A14, mas se considerarmos o ranqueamento com o entendimento das soluções de compromisso, o método mostra concordância visto que a solução A7 tem maior *score* dentre as que atende todas as soluções de compromisso.

Tabela 6: Resultados Unificados em 1 Dimensão - Dados 3D

Alternativa	Score	Rank	Alternativa	Score	Rank
7	0,691048	1	2	0,5371762	15
22	0,6782834	2	13	0,5328778	16
15	0,6689987	3	9	0,5262145	17
5	0,6666578	4	20	0,5160942	18
6	0,6582719	5	23	0,5158907	19
19	0,6549256	6	26	0,514105	20
14	0,6542747	7	28	0,5127962	21
12	0,6319369	8	3	0,501453	22
1	0,6221196	9	16	0,4937896	23
4	0,6211027	10	17	0,4211178	24
21	0,6070488	11	18	0,4175392	25
27	0,59009883	12	8	0,3374834	26
24	0,5590774	13	10	0,3359218	27
25	0,5557626	14	11	0,3215779	28

Desta forma podemos analisar que há resultados diferentes ao compararmos a Tabela de Resultados do 3D e da unificação das alternativas e critérios, por meio do TOPSIS.

Nesse contexto o método JOANA3D traz uma riqueza e um detalhamento maior, garantindo que a solução de compromisso tenha um *Score* mínimo em todas as dimensões que estão sendo analisados o problema, algo que não ocorre quando temos todas as alternativas sendo analisadas em conjunto. Conforme são separadas as dimensões, é possível direcionar melhor os resultados desse estudo, e do que deve ser priorizado, sendo assim, não é possível avaliar o detalhamento do processo quando estão todos os critérios juntos.

Em alguns casos conforme podemos verificar na Tabela 6 em comparação com a Tabela 5, algumas alternativas por serem muito positivas continuam aparecendo nas primeiras colocações, mas há alternativas que não seriam prioritárias quando acontecem as separações.

Um exemplo seria a alternativa A12 que fica na 8ª posição no TOPSIS Unificado, e a 12ª Colocação no JOANA 3D, mas quando avaliamos a métrica e solução de compromisso a alternativa é a 6ª Colocada entre os prioritários (verde), ou seja, no gráfico de três dimensões, a mesma seria a última a ser priorizada na tomada de decisão.

Outro exemplo em conta dessa comparação é a alternativa A11, diagnosticada como dispensável em todos os métodos explicitados. No caso em que comparamos o “1D” (que tem os mesmos critérios do 3D) com os resultados do 3D, essa alternativa é última colocada em ambos os casos. Já no 2D a alternativa seria a primeira colocada da dispensável visto não ter sido inserida a informação da dimensão Financeira.

Tabela 7: Resultados Unificados em 1 Dimensão - Dados 2D

Alternativa	Score	Rank	Alternativa	Score	Rank
14	0,9571471	1	28	0,506877	15
6	0,8920247	2	2	0,4876782	16
7	0,8782734	3	23	0,4816019	17
19	0,8677001	4	13	0,480513	18
1	0,8397617	5	17	0,4737537	19
15	0,8364093	6	9	0,4683304	20
5	0,8298187	7	3	0,4607686	21
22	0,7895531	8	20	0,4579409	22
27	0,7624492	9	21	0,4579409	23
4	0,7218798	10	16	0,432243	24
12	0,6550131	11	11	0,1955097	25
25	0,5250392	12	18	0,1733878	26
26	0,5250392	13	10	0,1603525	27
24	0,5240905	14	8	0,1512341	28

Da mesma forma quando trazemos os dados do Método JOANA2D, e unificamos em uma só matriz de resultado conforme apresenta a Tabela 7, é possível verificar que em comparação com os resultados apresentados na Tabela 4, com os dados separados, há também uma forte relação, em ambos os casos a alternativa A14 é a primeira colocada, e a alternativa A8 a última, notamos variação entre as posições intermediárias de resultados.

O intuito realizado mediante essas comparações é exatamente para avaliar se há proximidade de resultados, ao compararmos o método tradicional, em que todas as alternativas e critérios são inseridos em uma só matriz de decisão para cálculos dos *scores* de *performance*, e o método JOANA que busca exatamente trazer esse diferencial no TOPSIS, separando o mesmo em dimensões e levando a análise multi dimensional para a discussão dos tomadores de decisão. Desta forma o fato de não considerar a diferença entre as dimensões, fazem com que alguns resultados sejam divergentes, e na separação temos melhor consideração de avaliação dos mesmos.

4.3.1 Implicações Gerenciais

Desta forma conforme apresentado anteriormente, o método traz uma séria de vantagens para os tomadores de decisão que decidirem utilizá-lo. Parte das vantagens são citados na seção 2.4.

Outros pontos que podem ser citados são conforme abaixo:

- Método Generalizável para diversas áreas e segmentos
- Facilidade de entendimento do Racional de cálculo
- Facilidade na gestão visual
- Usabilidade
- Programável
- Fácil manutenção do Programa

Esses são alguns fatores que tornam o método escalável para diversos setores da empresa, tanto o 2D como o 3D foram programados em linguagem R, sendo a mesma com baixo grau de complexidade técnica. Para facilitar a usabilidade do método, a programação já foi construída em um *Template* de base de dados do *Microsoft Excel*, desta forma alterações e manutenção das informações, até para medição do impacto no que tange ao gestão visual podem ser feitas de forma direta e com resultado *online*.

Dentro do contexto gerencial, se for necessário explicar o Racional de Cálculo da programação, também há uma certa facilidade devido ao método escolhido, por ser simples e também possível de demonstração em uma base *Microsoft Excel*, apresentando aos gestores e tomadores de decisão a lógica por traz da programação.

Além disso o ponto mais forte dentro das principais características do JOANA 2D e 3D, é exatamente a gestão visual possível, sendo de fácil entendimento, mesmo com diversas alternativas como o estudo de caso apresentado. Foram estudados e trabalhados junto com a gestão 28 alternativas, ou seja, um projeto com diversas variáveis que se fossem realizadas em outra ferramenta, a compilação seria extremamente complexa.

Nesse contexto também é fator essencial para o sucesso da Empresa, entender melhor como funcionam as métricas/critérios e pesos para tomada de decisão, o Método Joana 2D e 3D, com a automatização via programação, é proporcionado ao gestor, autonomia e rapidez quanto alterações nesses pontos. Tornando assim dinâmico métodos de tomada de decisão, que muitas vezes por uma pequena alteração deve ser revisitado todas informações anteriores.

Contudo, é de conhecimento que a inovação traz consigo muitas incertezas, o que exige que o processo seja gerenciado e os experimentos muito bem controlados e projetados. Há atualmente uma intensa competição em todos os setores, e as empresas que melhor conseguirem ser dinâmicas ao ponto de mitigarem os riscos e rapidamente responderem as tecnologias saem na frente buscando consumidores cada vez mais exigentes, no que diz respeito a interação tecnologia e dinamismo nos serviços.

É difícil em um contexto cada vez mais competitivo e dinâmico entender a melhor forma de organizar e gerenciar projetos, sendo ele tecnológicos ou não em uma empresa, visto que cada tecnologia, cada mercado, cada companhia tem sua exigência e diretriz. Entretanto pela

simplicidade e automatização, as empresas que estão mais atentas e conseguem responder rapidamente a esses movimentos podem ter uma vantagem competitiva no que diz respeito as melhores nos seus processos de desenvolvimento de novos produtos ou serviços.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por assertividade em escolhas de projetos está entre as decisões mais críticas de uma organização, visto os gastos envolvidos, e o potencial risco em todo o processo. A tomada de decisão possui um papel estratégico importante para as empresas, uma vez que as possibilidades em um mundo que se torna cada vez mais dinâmico, com novas ferramentas e tecnologias surgindo a cada momento, e que leva o tomador de decisão trabalhar com diversas variáveis para escolher a "melhor" alternativa.

Para poder considerar todas as possibilidades, as empresas devem cada vez mais investir seus esforços em formulação de critérios, para considerar nos projetos, com uma grande diversidade de dados a disposição e conjunto de critérios de decisão. A necessidade de realizar esse processo sem a necessidade de grandes complexidades de algoritmos e formulações, é de suma importância.

Esta pesquisa realizou uma revisão sistemática de literatura utilizando o *Check List PRISMA*, e encontrou lacunas na aplicação de tecnologias emergentes em benefício a práticas de *Lean Office*, não foi identificado durante a pesquisa métodos de ranqueamento que auxiliem as empresas a tomarem decisão para a aplicação dessas combinações, bem como uma forma gerencial dessa aplicação.

Desta forma o objetivo principal desta dissertação foi propor uma estratégia de priorização e implantação de tecnologias emergentes associadas ao *Lean Office*, em setores de apoio administrativo, identificando elementos e analisando critérios fortes e fracos para essas implantações, como aspectos técnicos e econômicos da empresa em questão. A grande contribuição do método está na apresentação visual dos resultados, o que potencializa sua utilização para gestores de qualquer nível.

Como resultado principal, o método JOANA2D enquadrando e ordenando ao tomador de decisão quatro quadrantes de possibilidades, visualmente fáceis de entender para gerentes e funcionários. O método é adaptável e pode ser usado em diferentes áreas e com diferentes tipos de *KPIs*, sendo portanto generalizável aos mais diversos tipos de problemas de ordenamento. Neste caso de aplicação, os quadrantes usavam indicadores de custos associados, como *pay-back* e métricas de ganhos operacionais, já o método JOANA3D visou a aplicação de um acréscimo de dimensão gráfica, afim de trazer melhores resultados e direcionamento para o tomador de decisão.

Nesse contexto como objetivos específicos foi possível identificar na literatura as práticas do *Lean Office* mais utilizadas em ambientes administrativos, bem como foi possível por meio da revisão sistemática da literatura identificar as principais aplicações de tecnologias emer-

gentes em ambientes de apoio administrativo, e realizar a associação dos mesmos, conforme apresenta o Quadro 4. Deve-se notar que a variedade de possibilidades que se tem em termos de tecnologias e práticas deve ser cuidadosamente avaliada, porque ao mesmo tempo em que se tem essa variedade de opções, usualmente tem-se restrições financeiras. Investimentos ruins devido à falta de estratégia podem causar vários problemas para as empresas, e é nesse contexto que o método JOANA, pode agregar em estudos e empresas.

Com esse intuito se desenvolveu um método de ranqueamento multicritério e multidimensional para auxílio a tomada de decisão, o método JOANA, e se automatizou o mesmo em linguagem R, em um *Software* gratuito, possibilitando apenas colocar como *Input* uma base de dados em *Excel* e o *RStudio* já realiza todo o processo de construção do gráfico e o racional de cálculo.

Os resultados reforçam a ideia de que as empresas também precisam de ajuda das universidades; ao criar métodos para facilitar o gerenciamento e o entendimento visual, o uso do método na empresa em questão ajudou o gerente a tomar a decisão com base em custos, aspectos e operacionais, além de estar alinhado com a estratégia da empresa, trazendo ganhos intangíveis, como por exemplo acultramento das pessoas nos processos e agilidade dos entendimentos operacionais.

Na presente dissertação foram apresentados os resultados e gráficos de forma congelada, mas no momento da saída do *Software* e até mesmo no *Input* realizado via planilha eletrônica, é possível ter um tratamento muito mais dinâmico para busca de melhores resultados e análises.

Sugere-se para trabalhos futuros que o método JOANA seja usado em outras áreas e segmentos, para que seja estressado sua aplicabilidade, sugere-se também o uso de indicadores em tempo real usando o método para monitorar mudanças nas tecnologias prioritárias deixando assim o método dinâmico, para novas tomadas de decisão. Também é possível com a linguagem de programação já elaborado, desenvolver e disponibilizar um aplicativo gratuito para a utilização em diversas plataformas. Outra sugestão é a alteração das variáveis da terceira dimensão de análise, gerando quadrantes tridimensionais diferentes dos apresentados nessa dissertação, para a tomada de de decisão, possibilitando maior robustez, clareza e complexidade ao método.

A realização de uma análise de sensibilidade para as alternativas, buscando entendimento dos limites de alteração da variável para ela se manter no quadrante, também é um ponto que pode ser estudado. Além disso é possível a substituição do método TOPSIS utilizado, por outros métodos da escola americana ou até da escola europeia, visando a comparação de resultados entre as dimensões.

REFERÊNCIAS

- AAS, T. H.; ALAASSAR, A. The Impact Of Visual Performance Management On Decision-Making In The Entrepreneurial Process. **International Journal of Innovation Management**, v. 22, n. 05, p. 1840002, 2018.
- ABOLLADO, J. R.; SHEHAB, E.; BAMFORTH, P. Challenges and Benefits of Digital Workflow Implementation in Aerospace Manufacturing Engineering. **Procedia CIRP**, v. 60, p. 80–85, 2017.
- AFSHAR, A.; MARIÑO, M. A.; SAADATPOUR, M.; AFSHAR, A. Fuzzy TOPSIS multi-criteria decision analysis applied to Karun reservoirs system. **Water resources management**, v. 25, n. 2, p. 545–563, 2011.
- AGARWAL, A.; SHANKAR, R. Analyzing alternatives for improvement in supply chain performance. **Work study**, 2002.
- ALBAYRAK, Y. E.; ERENSAL, Y. C. Leveraging technological knowledge transfer by using fuzzy linear programming technique for multiattribute group decision making with fuzzy decision variables. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 20, n. 2, p. 223–231, 2009.
- ALMEIDA, A. d. O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. **Recife: Editora Universitária da UFPE**, 2011.
- AMIRI, M.; ZANDIEH, M.; SOLTANI, R.; VAHDANI, B. A hybrid multi-criteria decision-making model for firms competence evaluation. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 10, p. 12314–12322, 2009.
- ARTHUS, M. G. et al. Proposta de sistemática de apoio à decisão para aplicação de ferramentas relacionadas ao Lean em projetos de melhoria contínua: um estudo de caso= proposal of decision making aid systematic for applying lean-related tools on continuous improvement projects: a case study. , 2018.
- ATHANASOPOULOS, G.; RIBA, C. R.; ATHANASOPOULOU, C. A decision support system for coating selection based on fuzzy logic and multi-criteria decision making. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, p. 10848–10853, 2009.
- BAUER, W.; HÄMMERLE, M.; SCHLUND, S.; VOCKE, C. Transforming to a hyper-connected society and economy–towards an “Industry 4.0”. **Procedia Manufacturing**, v. 3, p. 417–424, 2015.
- BEATTIE, J. Perceived differences in tradeoff difficulty. , 1988.
- BEATTIE, J.; BARON, J.; HERSHEY, J. C.; SPRANCA, M. D. Psychological determinants of decision attitude. **Journal of Behavioral Decision Making**, v. 7, n. 2, p. 129–144, 1994.

BELAYUTHAM, S.; GONZÁLEZ, V. A.; YIU, T. W. Clean–lean administrative processes: a case study on sediment pollution during construction. **Journal of cleaner production**, v. 126, p. 134–147, 2016.

BRANS, J.-P.; DE SMET, Y. PROMETHEE methods. In: **Multiple criteria decision analysis**. Springer, 2016. p. 187–219.

BRANS, J.-P.; MARESCHAL, B. **PROMETHEE methods, in ‘Multiple Criteria Decision Analysis: state of the art surveys’** edited by j. figueira, s. greco, m. ehrgott. Springer, 2005.

BRANS, J.-P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: the promethee method. **European journal of operational research**, v. 24, n. 2, p. 228–238, 1986.

CAMPOS, V. R. **Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos em saneamento**. 2011. Tese Universidade de São Paulo, 2011.

CARELLI, F. P. L.; RODRIGUEZ, C. M. T.; RÔA, L. M. Proposta de adequação do processo de inspeção com base nos conceitos do lean manufacturing: estudo de caso em um fabricante de equipamentos agrícolas. **Journal of Lean Systems**, v. 1, n. 4, p. 66–86, 2016.

CARSON, M. A.; BASILIKO, N. Approaches to R education in Canadian universities. **F1000Research**, v. 5, 2016.

CHAMODRAKAS, I.; LEFTHERIOTIS, I.; MARTAKOS, D. In-depth analysis and simulation study of an innovative fuzzy approach for ranking alternatives in multiple attribute decision making problems based on TOPSIS. **Applied Soft Computing**, v. 11, n. 1, p. 900–907, 2011.

CHAVES, M. C. d. C.; GOMES, C. F. S. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Production**, v. 24, n. 3, p. 495–507, 2014.

CHEN, J. C.; COX, R. A. Value Stream Management for Lean Office—A Case Study. **American Journal of industrial and business management**, v. 2, n. 2, p. 17, 2012.

COMAI, A. Decision-making support: the role of data visualization in analyzing complex systems. **World Future Review**, v. 6, n. 4, p. 477–484, 2014.

COSTA, C. A. B. E.; VANSNICK, J.-C. The MACBETH approach: basic ideas, software, and an application. In: **Advances in decision analysis**. Springer, 1999. p. 131–157.

COSTA, C. A. Bana e. Structuration, construction et exploitation d’un modèle multicritère d’aide à la décision. **Universidade Técnica de Lisboa, Tese de doutorado**, 1992.

COSTA, J. Bana e. **Behind MACBETH. Nato Advanced Research on Risk, Uncertainty and Decision Analysis for Environmental security and Nonchemical Stressors, Lisbon, Portugal**. Lisboa, Portugal, 2007.

- COSTA, L. S. da; JUNIOR, A. M. D. Uma metodologia para a pré-seleção de ações utilizando o método multicritério TOPSIS. **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 518–529, 2013.
- DEMETER, K.; LOSONCI, D. Transferring lean knowledge within multinational networks. **Production Planning & Control**, v. 30, n. 2-3, p. 211–224, 2019.
- DÍAZ-GARRIDO, E.; PINILLOS, M.-J.; SORIANO-PINAR, I.; GARCÍA-MAGRO, C. Changes in the intellectual basis of servitization research: a dynamic analysis. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 48, p. 1–14, 2018.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; MIGUEL, P. A. C. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a Design Science Research. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios-RBGN**, v. 17, n. 56, p. 1116–1133, 2015.
- DUTRA, A. et al. Elaboração de um sistema de avaliação de desempenho dos recursos humanos da Secretaria de Estado da Administração-SEA à luz da metodologia multicritério de apoio à decisão. , 1998.
- DWORSCHAK, B.; ZAISER, H. Competences for cyber-physical systems in manufacturing—first findings and scenarios. **Procedia CIRP**, v. 25, p. 345–350, 2014.
- DYER, J. S.; FISHBURN, P. C.; STEUER, R. E.; WALLENIUS, J.; ZIONTS, S. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: the next ten years. **Management science**, v. 38, n. 5, p. 645–654, 1992.
- ERASLAN, E.; GÜNEŞLI, İ.; KHATIB, W. The evaluation of appropriate office layout design with MCDM techniques. **SN Applied Sciences**, v. 2, n. 3, p. 388, 2020.
- FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. Industry 4.0 technologies: implementation patterns in manufacturing companies. **International Journal of Production Economics**, v. 210, p. 15–26, 2019.
- FRANK, A. G.; MENDES, G. H.; AYALA, N. F.; GHEZZI, A. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: a business model innovation perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 141, p. 341–351, 2019.
- FREITAG, A. E. B.; CHAGAS SANTOS, J. das; CUNHA REIS, A. da. Lean Office and digital transformation: a case study in a services company. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 4, p. 588–594, 2018.
- FÜLÖP, J. Introduction to decision making methods. In: BDEI-3 WORKSHOP, WASHINGTON, 2005. **Anais...** 2005. p. 1–15.

- GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. Selection of a cleaning system for engine maintenance based on the analytic hierarchy process. **Computers & Industrial Engineering**, v. 56, n. 4, p. 1442–1451, 2009.
- GIL, A. Como Elaborar projetos de pesquisa, 5ª Edição, editora Atlas. **São Paulo**, p. 184, 2010.
- GILOVICH, T.; GRIFFIN, D.; KAHNEMAN, D. **Heuristics and biases: the psychology of intuitive judgment**. Cambridge university press, 2002.
- GOMES, L. Pesquisa Operacional na Tomada de Decisões. **São Paulo: Campus**, 2004.
- GREEF, A. C.; FREITAS, M. d. C. D.; ROMANEL, F. B. Lean Office: operação, gerenciamento e tecnologias. **São Paulo: Atlas**, v. 224, 2012.
- HASTIE, R. Problems for judgment and decision making. **Annual review of psychology**, v. 52, n. 1, p. 653–683, 2001.
- HATAMI-MARBINI, A.; KANGI, F. An extension of fuzzy TOPSIS for a group decision making with an application to Tehran stock exchange. **Applied Soft Computing**, v. 52, p. 1084–1097, 2017.
- HEIDRICH, F.; FACÓ, J. F. B.; REIS, C. **O impacto competitivo na indústria brasileira com a aplicação dos conceitos da indústria 4.0**. SIMPOI, 2017.
- HEIN, N.; KROENKE, A.; SCARPIN, J. E.; BIZATTO, L. S. PARACONSISTENT LOGIC IN COMPANY EVALUATION. In: DSI - DECISION SCIENCES INSTITUTE ANNUAL CONFERENCE 2019, 2019, New Orleans, Louisiana. **Anais...** 2019.
- HILBIG, B. E.; ERDFELDER, E.; POHL, R. F. A matter of time: antecedents of one-reason decision making based on recognition. **Acta Psychologica**, v. 141, n. 1, p. 9–16, 2012.
- HOFMANN, E.; RÜSCH, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers in industry**, v. 89, p. 23–34, 2017.
- HORVÁTH, D.; SZABÓ, R. Z. Driving forces and barriers of Industry 4.0: do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 146, p. 119–132, 2019.
- HUNG, C.-C.; CHEN, L.-H. A fuzzy TOPSIS decision making model with entropy weight under intuitionistic fuzzy environment. In: OF THE INTERNATIONAL MULTICONFERENCE OF ENGINEERS AND COMPUTER SCIENTISTS, 2009. **Proceedings...** 2009. v. 1, p. 13–16.
- HWANG, C.-L.; YOON, K. Methods for multiple attribute decision making. In: **Multiple attribute decision making**. Springer, 1981. p. 58–191.

- İÇ, Y. T. An experimental design approach using TOPSIS method for the selection of computer-integrated manufacturing technologies. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 28, n. 2, p. 245–256, 2012.
- IHAKA, R. R: past and future history. **Computing Science and Statistics**, v. 392396, 1998.
- ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis: methods and software**. John Wiley & Sons, 2013.
- JANNUZZI, P. d. M.; MIRANDA, W. d.; SILVA, D. d. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, v. 11, n. 1, p. 69–87, 2009.
- JAYARAM, A. Lean six sigma approach for global supply chain management using industry 4.0 and IIoT. In: IC3D), 2016., 2016. **Anais...** 2016. p. 89–94.
- JOSHI, R.; BANWET, D.; SHANKAR, R. A Delphi-AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 10170–10182, 2011.
- KARDES, F. R.; KALYANARAM, G. Order-of-entry effects on consumer memory and judgment: an information integration perspective. **Journal of Marketing Research**, v. 29, n. 3, p. 343–357, 1992.
- KARIMIAZARI, A.; MOUSAVI, N.; MOUSAVI, S. F.; HOSSEINI, S. Risk assessment model selection in construction industry. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 9105–9111, 2011.
- KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S. Industry 4.0: opportunities and challenges of the industrial internet. **Strategy & PwC**, 2014.
- KRAUJALIENĖ, L. et al. Comparative analysis of multicriteria decision-making methods evaluating the efficiency of technology transfer. **Business, Management and Education**, v. 17, n. 1, p. 72–93, 2019.
- KROHLING, R. A.; SOUZA, T. T. Dois exemplos da aplicação da técnica TOPSIS para tomada de decisão. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA, Visconde de Araújo**, v. 8, p. 31–35, 2011.
- KUMAR, A.; AGRAWAL, V. Attribute based specification, comparison and selection of electroplating system using MADM approach. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 8, p. 10815–10827, 2009.
- LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. Uma comparação entre os métodos TOPSIS e Fuzzy-TOPSIS no apoio à tomada de decisão multicritério para seleção de fornecedores. **Gestão e Produção, São Carlos**, v. 22, n. 1, p. 17–34, 2015.

- LOCHER, D. **Lean office and service simplified**: the definitive how-to guide. Productivity Press, 2017.
- LOPES, L. L. Re-modeling risk aversion: a comparison of bernoullian and rank dependent value approaches. In: **Acting under uncertainty**: multidisciplinary conceptions. Springer, 1990. p. 267–299.
- LUPPE, M. R.; FELISONI DE ANGELO, C. As decisões de consumo e a heurística da ancoragem: uma análise da racionalidade do processo de escolha. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 11, n. 6, 2010.
- MANSON, N. J. Is operations research really research? **Orion**, v. 22, n. 2, p. 155–180, 2006.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision support systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.
- MAYR, A.; WEIGELT, M.; KÜHL, A.; GRIMM, S.; ERLI, A.; POTZEL, M.; FRANKE, J. Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. **Procedia Cirp**, v. 72, n. 1, p. 622–628, 2018.
- MEUDT, T.; METTERNICH, J.; ABELE, E. Value stream mapping 4.0: holistic examination of value stream and information logistics in production. **CIRP Annals**, v. 66, n. 1, p. 413–416, 2017.
- MILLAR, C.; LOCKETT, M.; LADD, T. Disruption: technology, innovation and society. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 129, p. 254–260, 2018.
- MOHER, D.; COOK, D. J.; EASTWOOD, S.; OLKIN, I.; RENNIE, D.; STROUP, D. F. Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: the quorum statement. **Oncology Research and Treatment**, v. 23, n. 6, p. 597–602, 2000.
- MOHER, D.; SHAMSEER, L.; CLARKE, M.; GHERSI, D.; LIBERATI, A.; PETTICREW, M.; SHEKELLE, P.; STEWART, L. A. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. **Systematic reviews**, v. 4, n. 1, p. 1, 2015.
- MONTEIRO, J.; ALVES, A. C.; SAMEIRO CARVALHO, M. do. Processes improvement applying Lean Office tools in a logistic department of a car multimedia components company. **Procedia Manufacturing**, v. 13, p. 995–1002, 2017.
- MORAES, E. A.; SANTALIESTRA, R. Modelo de decisão com múltiplos critérios para escolha de software de código aberto e software de código fechado. **Revista Organizações em Contexto (Online)**, 2008.
- MOREIRA, R. A. **Análise multicritério dos projetos do SEBRAE/RJ através do Eletre IV**. 2007. Tese Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro: IBMEC, 2007.

MRUGALSKA, B.; WYRWICKA, M. K. Towards lean production in industry 4.0. **Procedia Engineering**, v. 182, p. 466–473, 2017.

MÜLLER, R.; VETTE, M.; HÖRAUF, L.; SPEICHER, C.; BURKHARD, D. Lean information and communication tool to connect shop and top floor in small and medium-sized enterprises. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 1043–1052, 2017.

MUSSOI, F.; TEIVE, C. Uma abordagem multicritério para seleção do portfólio de projetos de melhorias e expansão do sistema de distribuição de energia elétrica. In: XIX CBA-CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA. ANAIS... CAMPINA GRANDE/PB, 2012. **Anais...** 2012.

PANTALEÃO, L. H.; ANTUNES JUNIOR, J.; PELLEGRIN, I. Inovação e a Curva da Riqueza. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2007. **Anais...** 2007. v. 14.

PAYNE, J. W.; PAYNE, J. W.; BETTMAN, J. R.; JOHNSON, E. J. **The adaptive decision maker**. Cambridge university press, 1993.

PERNY, P. **Modélisation, agrégation et exploitation de préférences floues dans une problématique du rangement**: bases axiomatiques, procédures et logiciels. 1992. Tese Paris 9, 1992.

PLOUS, S. **The psychology of judgment and decision making**. Mcgraw-Hill Book Company, 1993.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva–Técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 18ª Edição. **São Paulo-SP: Campus**, 1986.

POWELL, D.; ROMERO, D.; GAIARDELLI, P.; CIMINI, C.; CAVALIERI, S. Towards digital lean cyber-physical production systems: industry 4.0 technologies as enablers of leaner production. In: IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS, 2018. **Anais...** 2018. p. 353–362.

POWELL, D.; SKJELSTAD, L. RFID for the extended lean enterprise. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 3, p. 172–186, 2012.

PRESCOTT, J. The Strategy Confection: visualization of competitor strategies and implementation processes. In: AN ADDRESS PRESENTED AT THE SCIP INTERNATIONAL CONFERENCE, BOSTON, 2004. **Anais...** 2004.

QIN, X.-S.; HUANG, G. H.; CHAKMA, A.; NIE, X.; LIN, Q. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning–A case study for the Georgia Basin, Canada. **Expert Systems with Applications**, v. 34, n. 3, p. 2164–2179, 2008.

R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, 2020.

- RATHOD, M. K.; KANZARIA, H. V. A methodological concept for phase change material selection based on multiple criteria decision analysis with and without fuzzy environment. **Materials & Design**, v. 32, n. 6, p. 3578–3585, 2011.
- REDDY, S. K.; REINARTZ, W. Digital transformation and value creation: sea change ahead. **GfK Marketing Intelligence Review**, v. 9, n. 1, p. 10–17, 2017.
- ROCHA, A. B. R. B. et al. Lean Office–escritório enxuto: um estudo de caso em uma empresa alemã. , 2015.
- ROMME, A. G. L. Making a difference: organization as design. **Organization science**, v. 14, n. 5, p. 558–573, 2003.
- ROSTAMZADEH, R.; SOFIAN, S. Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study). **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 5, p. 5166–5177, 2011.
- ROSZKOWSKA, E. Multi-criteria decision making models by applying the TOPSIS method to crisp and interval data. **Multiple Criteria Decision Making/University of Economics in Katowice**, v. 6, p. 200–230, 2011.
- ROY, B. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Springer Science & Business Media, 2013. v. 12.
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à la décision: méthodes et cas**. Economica Paris, 1993.
- ROY, B.; HUGONNARD, J.-C. Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method. **Transportation Research Part A: General**, v. 16, n. 4, p. 301–312, 1982.
- ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European school of MCDA: emergence, basic features and current works. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 5, n. 1, p. 22–38, 1996.
- SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European journal of operational research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, 1990.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International journal of services sciences**, v. 1, n. 1, p. 83–98, 2008.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. The analytic network process. In: **Decision making with the analytic network process**. Springer, 2013. p. 1–40.
- SASTRE, R. M.; SAURIN, T. A.; ECHEVESTE, M. E. S.; PAULA, I. C. de; LUCENA, R. et al. LEAN OFFICE: study on the applicability of the concept in a design company. In: DS 92: PROCEEDINGS OF THE DESIGN 2018 15TH INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE, 2018. **Anais...** 2018. p. 643–654.

- ŞENGÜL, Ü.; EREN, M.; SHIRAZ, S. E.; GEZDER, V.; ŞENGÜL, A. B. Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. **Renewable Energy**, v. 75, p. 617–625, 2015.
- SHARIATZADEH, N.; LUNDHOLM, T.; LINDBERG, L.; SIVARD, G. Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things. **Procedia CIRP**, v. 50, p. 512–517, 2016.
- SIMON, H. **The sciences of the artificial, 3rd edn Cambridge**. MA: MIT Press, 1996.
- TAPPING, D.; FERTUCK, D.; BABAN, V.; DUNNE, A.; TAPPING, C.; HARPER-WILLIAMS, M. **Lean Office Demystified II-Using the Power of the Toyota Production System in Your Administrative, Desktop and Networking Environments**. MCS Media, Inc., 2010.
- TAPPING, D.; SHUKER, T. Lean Office: gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas-8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias lean nas áreas administrativas. **São Paulo: Editora Leopardo**, 2010.
- TASLICALI, A. K.; ERCAN, S. The analytic hierarchy and the analytic network processes in multicriteria decision making: a comparative study. **Journal of Aeronautics and Space technologies**, v. 2, n. 4, p. 55–65, 2006.
- TAVANA, M.; HATAMI-MARBINI, A. A group AHP-TOPSIS framework for human spaceflight mission planning at NASA. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 11, p. 13588–13603, 2011.
- TAY, H. L.; LOW, S. W. K. Digitalization of learning resources in a HEI—a lean management perspective. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 66, n. 5, p. 680–694, 2017.
- TAYLAN, O.; BAFAIL, A. O.; ABDULAAL, R. M.; KABLI, M. R. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. **Applied Soft Computing**, v. 17, p. 105–116, 2014.
- TEGNER, M. G.; LIMA, P. N. de; VEIT, D. R.; NETO, S. L. H. C. Lean office e BPM: proposição e aplicação de método para a redução de desperdícios em áreas administrativas. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 3, p. 1007–1032, 2016.
- TONETTO, L. M.; KALIL, L. L.; MELO, W. V.; SCHNEIDER, D. D. G.; STEIN, L. M. O papel das heurísticas no julgamento e na tomada de decisão sob incerteza. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, v. 23, n. 2, p. 181–189, 2006.
- TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2975–2987, 2018.

- TRAPPEY, A. J.; TRAPPEY, C. V.; GOVINDARAJAN, U. H.; CHUANG, A. C.; SUN, J. J. A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: a key enabler for industry 4.0. **Advanced Engineering Informatics**, v. 33, p. 208–229, 2017.
- TURATI, R. d. C.; MUSETTI, M. A. Aplicação dos conceitos de lean office no setor administrativo público. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 26, p. 1–9, 2006.
- TURBAN, E.; SHARDA, R.; DELEN, D. Decision support and business intelligence systems (required). **Google Scholar**, 2010.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Judgment under uncertainty: heuristics and biases. **science**, v. 185, n. 4157, p. 1124–1131, 1974.
- TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. Rational choice and the framing of decisions. In: **Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis Using Microcomputers**. Springer, 1989. p. 81–126.
- VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: an overview of applications. **European Journal of operational research**, v. 169, n. 1, p. 1–29, 2006.
- VIEIRA, F. Um Modelo Multicritério Para Gerir Conflitos Na Composição De Aspectos-"A Multiple Criteria Decision Making Model to Handle Aspectual Composition. **Computer Science. Almada, New University of Lisbon. Bachelor of Science**, v. 135, 2006.
- VILLARREAL, B.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V. A lean thinking and simulation-based approach for the improvement of routing operations. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 5, p. 903–925, 2016.
- VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. John Wiley & Sons, 1992.
- WAGNER, T.; HERRMANN, C.; THIEDE, S. Identifying target oriented Industrie 4.0 potentials in lean automotive electronics value streams. **Procedia CIRP**, v. 72, p. 1003–1008, 2018.
- WANG, Y. Application of TOPSIS and AHP in the Multi-Objective Decision-Making Problems. In: MATEC WEB OF CONFERENCES, 2018. **Anais...** 2018. v. 228, p. 05002.
- WERNKE, R.; BORNIA, A. C. A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 12, n. 25, p. 60–71, 2001.
- WHITAKER, R. Validation examples of the analytic hierarchy process and analytic network process. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 46, n. 7-8, p. 840–859, 2007.
- WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.
- WINSTON, W. L.; GOLDBERG, J. B. **Operations research: applications and algorithms**. Thomson/Brooks/Cole Belmont e Calif Calif, 2004. v. 3.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro:** editora campus. Elsevier, 2004.

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.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean solutions:** how companies and customers can create value and wealth together. Simon and Schuster, 2015.

XU, Y.; CHEN, M. An Internet of Things based framework to enhance just-in-time manufacturing. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 232, n. 13, p. 2353–2363, 2018.

YIN, Y.; STECKE, K. E.; LI, D. The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 1-2, p. 848–861, 2018.

YOON, K. P.; HWANG, C.-L. **Multiple attribute decision making:** an introduction. Sage publications, 1995. v. 104.

YURDAKUL, M.; IÇ, Y. T. Analysis of the benefit generated by using fuzzy numbers in a TOPSIS model developed for machine tool selection problems. **Journal of materials processing technology**, v. 209, n. 1, p. 310–317, 2009.

ZAKER, R.; COLOMA, E. Virtual reality-integrated workflow in BIM-enabled projects collaboration and design review: a case study. **Visualization in Engineering**, v. 6, n. 1, p. 4, 2018.

ZAVADSKAS, E. K.; ANTUCHEVICIENE, J. Development of an indicator model and ranking of sustainable revitalization alternatives of derelict property: a lithuanian case study. **Sustainable Development**, v. 14, n. 5, p. 287–299, 2006.

ANEXO A CHECK-LIST - MÉTODO PRISMA

PRISMA

Preferred Reporting Items for Systematic Review: The PRISMA Statement

Section/topic	#	Checklist item	Reported on Page
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review, meta-analysis, or both.	Not Applicable
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary including, as applicable: background; objectives; data sources; study eligibility criteria, participants, and interventions; study appraisal and synthesis methods; results; limitations; conclusions and implications of key findings; systematic review registration number.	50
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known.	Not Applicable
Objectives	4	Provide an explicit statement of questions being addressed with reference to participants, interventions, comparisons, outcomes, and study design (PICOS).	Not Applicable
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate if a review protocol exists, if and where it can be accessed (e.g., Web address), and, if available, provide registration information including registration number.	50
Eligibility criteria	6	Specify study characteristics (e.g., PICOS, length of follow-up) and report characteristics (e.g., years considered, language, publication status) used as criteria for eligibility, giving rationale.	51
Information sources	7	Describe all information sources (e.g., databases with dates of coverage, contact with study authors to identify additional studies) in the search and date last searched.	51
Search	8	Present full electronic search strategy for at least one database, including any limits used, such that it could be repeated.	16
Study selection	9	State the process for selecting studies (i.e., screening, eligibility, included in systematic review, and, if applicable, included in the meta-analysis).	Not Applicable
Data collection process	10	Describe method of data extraction from reports (e.g., piloted forms, independently, in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	11
Data items	11	List and define all variables for which data were sought (e.g., PICOS, funding sources) and any assumptions and simplifications made.	50
Risk of bias in individual studies	12	Describe methods used for assessing risk of bias of individual studies (including specification of whether this was done at the study or outcome level), and how this information is to be used in any data synthesis.	50
Summary measures	13	State the principal summary measures (e.g., risk ratio, difference in means).	Not Applicable
Synthesis of results	14	Describe the methods of handling data and combining results of studies, if done, including measures of consistency (e.g., I ²) for each meta-analysis.	Not Applicable
Risk of bias across studies	15	Specify any assessment of risk of bias that may affect the cumulative evidence (e.g., publication bias, selective reporting within studies).	16
Additional analyses	16	Describe methods of additional analyses (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression), if done, indicating which were pre-specified.	Not Applicable
RESULTS			
Study selection	17	Give numbers of studies screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally with a flow diagram.	16
Study characteristics	18	For each study, present characteristics for which data were extracted (e.g., study size, PICOS, follow-up period) and provide the citations.	17
Risk of bias within studies	19	Present data on risk of bias of each study and, if available, any outcome level assessment (see item 12).	17
Results of individual studies	20	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	Not Applicable
Synthesis of results	21	Present results of each meta-analysis done, including confidence intervals and measures of consistency.	Not Applicable
Risk of bias across studies	22	For all outcomes considered (benefits or harms), present, for each study: (a) simple summary data for each intervention group (b) effect estimates and confidence intervals, ideally with a forest plot.	Not Applicable
Additional analyses	23	Give results of additional analyses, if done (e.g., sensitivity or subgroup analyses, meta-regression [see Item 16]).	Not Applicable
DISCUSSION			
Summary of evidence	24	Summarize the main findings including the strength of evidence for each main outcome; consider their relevance to key groups (e.g., healthcare providers, users, and policy makers).	Not Applicable
Limitations	25	Discuss limitations at study and outcome level (e.g., risk of bias), and at review-level (e.g., incomplete retrieval of identified research, reporting bias).	Not Applicable
Conclusions	26	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence, and implications for future research.	Not Applicable
FUNDING			
Funding	27	Describe sources of funding for the systematic review and other support (e.g., supply of data); role of funders for the systematic review.	Not Applicable

Adapted From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097