

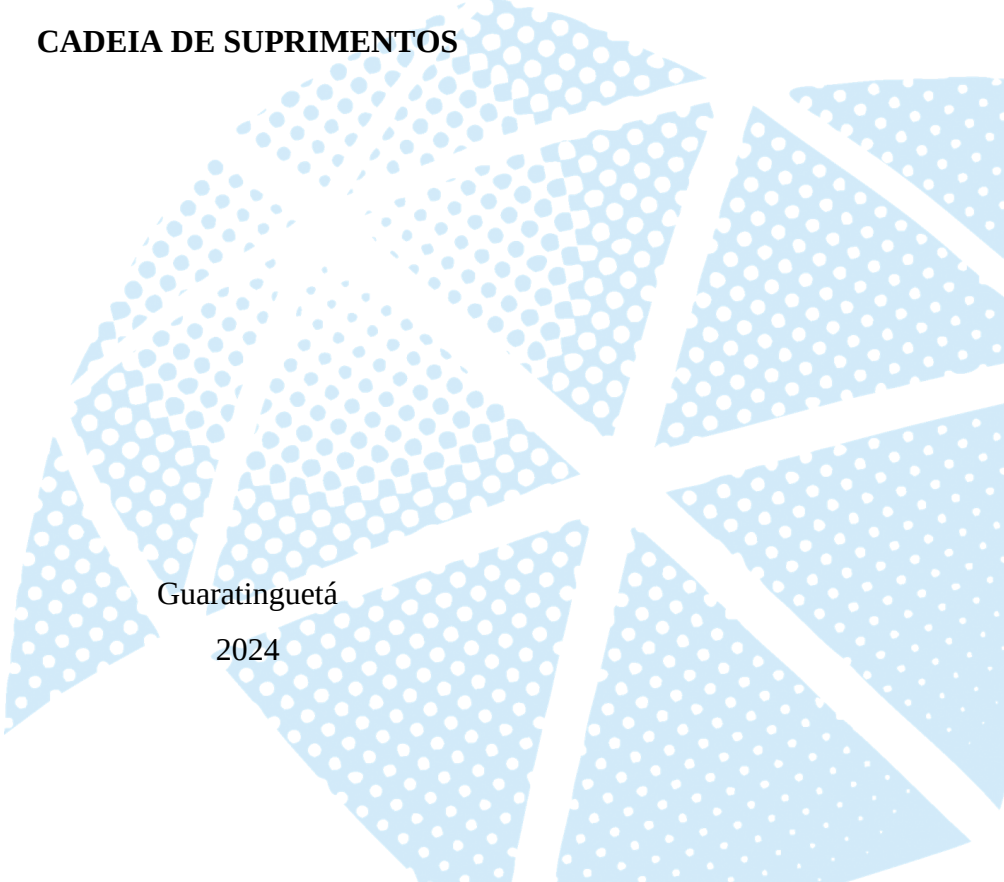
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA FACULDADE DE
ENGENHARIA E CIENCIAS - GUARATINGUETÁ

JOSE MARTINO NETO

TOMADA DE DECISÃO COM MÚLTIPLOS ATRIBUTOS NA GESTÃO DA
CADEIA DE SUPRIMENTOS

Guaratinguetá

2024



JOSE MARTINO NETO

**TOMADA DE DECISÃO COM MÚLTIPLOS ATRIBUTOS NA GESTÃO DA
CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Programa de Pós-Graduação na Faculdade de Engenharia e Ciências, do campus de Guaratinguetá, para obtenção do título de Doutor em Engenharia.

Gestão e Otimização:

Orientador: Prof. Dr. Valério Antônio
Pamplona Salomon

Guaratinguetá

2024

M386t	Martino Neto, José Tomada de decisão com múltiplos atributos na gestão da cadeia de suprimentos / José Martino Neto - Guaratinguetá, 2024. 145 f: il. Bibliografia: f. 109-140 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2025. Orientador: Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon 1. Processo decisório por critério múltiplo. 2. Cadeia de logística integrada. 3. Planejamento estratégico. I. Título. CDU 65.012.4(043)
-------	--

Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O impacto científico desta tese é demonstrar o uso alternativo de métodos de tomada de decisão por múltiplos atributos denominados como não usuais, comparados aos métodos tradicionais, na gestão estratégica das cadeias de suprimentos, como ferramenta que auxilie os gestores na avaliação de alternativas de casos estudados, possibilitando por meio das análises das variáveis e critérios envolvidos, serem mais assertivos na tomada de decisão. Outra contribuição científica importante é o modo de comparação dos resultados dos diferentes métodos aplicados, utilizando-se os índices de compatibilidade e coeficientes de correlação, considerada uma inovação desta tese. Em relação aos impactos sociais, pretende-se com este trabalho fomentar o conhecimento da aplicação de métodos de tomada de decisão por múltiplos atributos aos mais diversos segmentos da sociedade, visto que tal metodologia pode ser aplicada nas mais variadas áreas, seja na indústria, serviços, comércio, áreas administrativas diversas, podendo-se tornar uma vantagem e um diferencial de competitividade.

.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The scientific impact of this thesis is to demonstrate the alternative use of decision-making methods by multiple attributes, considered unusual, compared to traditional methods, in the strategic management of supply chain, as a tool that helps managers in the evaluation of alternatives in cases studies, enabling them to be more assertive in decision-making through the analysis of the variables and criteria involved. Another important scientific contribution is the way of comparing indexes and correlation coefficients, considered an innovation of this thesis. Regarding social impacts, the aim of this work is to promote knowledge of the application of decision-making methods by multiple attributes to the most diverse segments of society, since this methodology can be applied in the most varied areas, be it in industry services, commerce, or various administrative areas, and can become an advantage and a competitive differential.

JOSE MARTINO NETO

Tomada de decisão com múltiplos atributos na gestão de cadeia suprimentos.

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Data da defesa: 19/11/2024

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **VALERIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON**
Data: 19/11/2024 19:02:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. VALÉRIO ANTONIO PAMPLONA SALOMON
Orientador - UNESP

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS**
Data: 22/11/2024 09:17:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
UNESP

Documento assinado digitalmente
 **CLAUDEMIR LEIF TRAMARICO**
Data: 19/11/2024 20:04:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. CLAUDEMIR LEIF TRAMARICO
UNESP

Documento assinado digitalmente
 **CECILIA TOLEDO HERNANDEZ**
Data: 19/11/2024 22:15:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^{fa}. Dr^a. CECILIA TOLEDO HERNANDEZ
UFF

Documento assinado digitalmente
 **MISCHEL CARMEN NEYRA BELDERRAIN**
Data: 21/11/2024 16:58:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^{fa}. Dr^a. MISCHEL CARMEN NEYRA BELDERRAIN
ITA

Dedico este trabalho à ...

À minha esposa Mariluci, minhas filhas Andressa e Larissa, a minha mãe Paulina que sempre foram a minha inspiração e são as paixões da minha vida.

Ao meu pai Roberto (in memoriam) cuja maior herança foi me despertar para um constante aprender.

AGRADECIMENTOS

Toda construção envolve uma rede de relações e é o resultado de muitas contribuições de pessoas e organizações. As teorias que serão apresentadas têm em comum o fato de privilegiarem o trabalho colaborativo e a construção conjunta do conhecimento.

Agradeço em especial ao Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon pela orientação, amizade e sua incontestável sabedoria em me conduzir pelos caminhos da investigação científica, por sua capacidade de reflexão e de tornar simples pensamentos complexos para mim.

Ao Professor Dr. Fernando Augusto Silva Marins, a Professora Dra. Cecília Toledo Hernandez, a Professora. Dra. Mischel Carmem Neyra Belderrain e ao Professor Dr. Claudemir Leif Tramarico pelas contribuições por ocasião da defesa desta tese que muito apoiaram para ampliar minhas reflexões.

Aos Professores do programa de doutorado pelo acolhimento, presteza, contribuições e aprendizagem no decorrer do período de nossas aulas.

Aos funcionários do programa de Pós-Graduação em Engenharia sempre solícitos no fornecimento das informações necessárias.

Aos colaboradores das empresas estudadas pelos depoimentos, informações e documentos que contribuíram para a coleta de dados necessárias.

Mais uma vez a toda minha família, especialmente a minha esposa Mariluci, principal incentivadora deste desafio, bem como as minhas filhas Andressa e Larissa por estarem sempre ao meu lado compreendendo e me apoiando com muita dedicação e carinho.

RESUMO

Decisões fazem parte do cotidiano das organizações. A busca pela competitividade, a pressão exercida pelos stakeholders, questões de sustentabilidade fazem com que as empresas continuamente estudem e busquem identificar estratégias para sustentar os seus negócios. É possível avaliar diferentes variáveis que influenciam as decisões, que tanto podem estar associadas ao ambiente interno ou externo, como a mais recente, em função da pandemia causada pelo coronavírus de 2019, trazendo reflexos e mudanças para todos. Dentre as organizações, especificamente as cadeias de suprimentos (CS) também deverão rever seus processos e o seu modo de operar, visto que os ambientes das organizações estão se tornando ambíguos e interconectados e os gestores sentem a necessidade de pensar estrategicamente, formulando-as de forma eficaz, tendo que lidar com circunstâncias instáveis e desenvolver infraestrutura para adaptação e implementação de suas estratégias. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo analisar a metodologia de tomada de decisão por múltiplos atributos (MADM) como ferramenta de apoio para os gestores no processo de tomada de decisão em diferentes atividades que compõe as CS. A partir de uma revisão sistemática da literatura, foi possível identificar diferentes lacunas, associando a gestão da cadeia de suprimentos (GCS) e MADM. Como proposta de mitigação, foram desenvolvidas duas pesquisas por meio de casos. A primeira envolve o estudo de realocação de uma planta industrial e o segundo estudo está associado a avaliação de riscos nas CS responsivas e eficientes em uma indústria automobilística em função do impacto das operações pós-pandemia. Adotou-se diferentes métodos MADM, denominados como usuais e não usuais em função da sua frequência de aplicação em pesquisas acadêmicas. Comprova-se que os resultados dos diferentes métodos aplicados em cada caso estudado, comparados com o uso de índices de compatibilidade e da análise estatística por meio de coeficientes de correlação contribuem para inferir que podem ser utilizados para apoio a tomada de decisão envolvendo as CS, podendo ser considerada a principal inovação deste trabalho.

Palavras-chave: Cadeias de Suprimentos; tomada de decisão por múltiplos atributos (MADM); coeficiente de correlação; índice de compatibilidade.

ABSTRACT

Decisions are part of everyday life in organizations. The search for competitiveness, the pressure exerted by stakeholders and sustainability issues mean that companies continually study and seek to identify strategies to sustain their businesses. It is possible to evaluate different variables that influence decisions, which may be associated with the internal or external environment, such as the most recent one, due to the pandemic caused by the 2019 coronavirus, bringing consequences and changes for everyone. Among organizations, specifically the supply chains (SC) they should also review their processes and the way they operate, as organizations environments are becoming ambiguous and interconnected and the managers feel the need to think strategically, formulating them in an effectively way, having to deal with unstable circumstances and develop infrastructure to adapt and implement their strategies. In this sense, this work aimed to analyze the multi-attribute decision-making methodology (MADM) as a support tool for managers in the decision-making process in different activities that make up the SC. From a systematic review of the literature, it was possible to identify different gaps, associating supply chain management and MADM. As a mitigation proposal, two studies were developed using cases. The first case involves the study of relocation an industrial plant and the second study is associated with risk assessment in responsive and efficient CS in an automobile industry due to the impact of post-pandemic operations. Different MADM methods were adopted, called usual and unusual according to their frequency of application in academic research. It is proven that the results of the different methods applied in each case studied, compared with the use of compatibility indexes and statistical analysis through correlation coefficient, contribute to inferring that they can be used to support decision making involving CS, and can be considered the main innovation of this work.

Keywords: supply chain; multi-attribute decision making (MADM); correlation coefficient; compatibility index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de cadeias de Suprimentos	23
Figura 2: Cadeias de Suprimentos	25
Figura 3: Atividades das cadeias de suprimentos	25
Figura 4: Tipos de decisões e níveis hierárquicos.....	27
Figura 5: Classificação da pesquisa	34
Figura 6: Etapas do desenvolvimento da pesquisa.....	38
Figura 7: Total de artigos publicados com as palavras-chave "SCM""MCDM"	39
Figura 8: Classificação das referências de acordo com o Qualis	43
Figura 9: Ano das publicações dos artigos selecionados	43
Figura 10: Hierarquia de três níveis e quatro alternativas.....	48
Figura 11: Mapa do Brasil com as principais localidades para RI	70
Figura 12: Hierarquia de três níveis para estudo de RI com quatro critérios e quatro alternativas.....	71
Figura 13: Hierarquia de três níveis para avaliação de riscos com cinco critérios e quatro alternativas.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de decisões estratégicas, táticas e operacionais na GCS	28
Tabela 2: Revisão da literatura - tomada de decisão nas CS com aplicação do MCDM	40
Tabela 3: Lacunas científicas identificadas.....	41
Tabela 4: Métodos MCDM aplicados nos artigos selecionados	42
Tabela 5: Escala Saaty (Escala fundamental do AHP)	49
Tabela 6: Índice randômico médio em função do tamanho da matriz	50
Tabela 7: Níveis de desempenho para medição relativa para AHP	52
Tabela 8: Critérios identificados pelo grupo francês para estudo da RI.....	68
Tabela 9: Avaliação de alternativas a partir do relatório dos especialistas	71
Tabela 10: Cálculo das prioridades entre os critérios de RI	73
Tabela 11: Escala Likert adaptada para o AHP.	74
Tabela 12: Matriz de decisão pelo método AHP por ratings para RI.....	74
Tabela 13: Escala Likert adaptada para o MAUT.....	75
Tabela 14: Matriz de decisão das alternativas para RI	75
Tabela 15: Utilidades marginais e conjunto de alternativas para RI.....	76
Tabela 16: Valores marginais e agregados para alternativas de RI.	76
Tabela 17: Matriz de decisão para TOPSIS	77
Tabela 18: Cálculo da solução ideal e não ideal	77
Tabela 19: Distâncias euclidianas e coeficiente "c" para alternativas de RI.	77
Tabela 20: Matriz de decisão normalizada.	78
Tabela 21: Matriz de decisão ponderada.	78
Tabela 22: Cálculo do grau de Utilidade.	79
Tabela 23: Comparação entre os métodos MADM para RI.	79
Tabela 24: Índices de compatibilidade Saaty entre os métodos para RI.....	81
Tabela 25: Índice de compatibilidade Garuti entre os métodos para RI.....	81
Tabela 26: Coeficiente de correlação Pearson entre métodos para RI.	82
Tabela 27: Teste dos resultados do coeficiente de correlação Pearson para RI.....	82
Tabela 28: Coeficiente de correlação Spearman entre métodos para RI.	83
Tabela 29: Comparação entre CSE e CSR.....	85
Tabela 30: Causa e fontes de riscos de interrupção nas CS.	87
Tabela 31: Pesquisa sobre gestão de risco para as CS por efeito da pandemia.	88

Tabela 32: Equipe de especialistas das unidades 1 e 2.	89
Tabela 33: Avaliação de riscos de interrupção para CSE.	90
Tabela 34: Avaliação dos riscos de interrupção para CSR.	91
Tabela 35: Cálculo das prioridades para CSE.	92
Tabela 36: Cálculo das prioridades para CSR.	92
Tabela 37: Matriz de comparação aos pares por critérios individuais para AHP - CSE.	94
Tabela 38: Matriz de decisão para prioridade global para o AHP - CSE.	95
Tabela 39: Matriz de decisão para cálculo do AHP síntese ideal para CSE.	95
Tabela 40: Avaliação de riscos de interrupção nas CSE.	96
Tabela 41: Cálculo do coeficiente de proximidade para CSE.	96
Tabela 42: Matriz de decisão normalizada para CSE.	97
Tabela 43: Matriz de decisão ponderada para CSE.	97
Tabela 44: Benefícios e não benefícios e grau de Utilidade nas CSE.	98
Tabela 45: Comparação entre métodos usuais e não usuais nas CSE.	98
Tabela 46: Índice de compatibilidade Saaty entre os métodos para CSE.	99
Tabela 47: Índice de compatibilidade Garuti entre os métodos para CSE.	99
Tabela 48: Coeficiente de correlação Pearson entre os métodos para CSE.	100
Tabela 49: Teste do coeficiente Pearson para CSE.	100
Tabela 50: Coeficiente Spearman entre os métodos para CSE.	100
Tabela 51: Comparação entre os métodos para CSR.	101
Tabela 52: Índice Saaty entre os métodos para CSR.	102
Tabela 53: Índice Garuti entre os métodos para CSR.	102
Tabela 54: Coeficiente Pearson entre os métodos para CSR.	103
Tabela 55: Coeficiente Spearman entre os métodos para CSR.	103
Tabela 56: Matriz de comparação aos pares por critérios individuais para AHP - CRS141	141
Tabela 57: Matriz de decisão para prioridade global para AHP - CSR.142	142
Tabela 58: Matriz de decisão AHP Síntese Ideal - CSR.142	142
Tabela 59: Avaliação de riscos de interrupção para CSR.142	142
Tabela 60: Cálculo do coeficiente de proximidade "c" - CSR.142	142
Tabela 61: Matriz de decisão normalizada - CSR.143	143
Tabela 62: Matriz de decisão ponderada - CSR143	143
Tabela 63: Benefícios e não benefícios e grau de utilidade - CSR.143	143
Tabela 64: Teste do coeficiente de correlação Pearson - CSR.143	143

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACSM	<i>Association of Supply Chain Management</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANNOR	<i>Annals of Operations Research</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
BOCR	<i>Benefit, Opportunity, Cost and Risk</i>
COPRAS	<i>Complex Proportional Assessment</i>
COVID-19	Pandemia causada pelo coronavírus de 2019
CR	Razão de Consistência
CS	Cadeia de Suprimentos
CSE	Cadeia de Suprimentos Eficiente
CSR	Cadeia de Suprimentos Responsiva
DEMATEL	<i>Decision Making Trial and Evaluation Laboratory</i>
DI	Diversificação Industrial
ELECTRE	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>
GCS	Gestão da Cadeia de Suprimentos
IR	Índice Randômico
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by Categorical Based Evaluation Technique</i>
MADM	<i>Multi-attribute Decision Making</i>
MAUM	<i>Multi-attribute Utility Theory</i>
MAVT	<i>Multi-attribute Value Theory</i>
MECE	<i>Mutually Exclusive, Collectively Exhaustive</i>
MODM	<i>Multi-objective Decision Making</i>
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>

RI	Realocação Industrial
SAW	<i>Simple Additive Weighting</i>
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to an Ideal Solution</i>
TWD	<i>Three-way Decision</i>
VIKOR	<i>Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 QUESTÕES DE PESQUISA	20
1.2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.2 ESTUDO DA DECISÃO E SUAS APLICAÇÕES	26
2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	31
3 METODOLOGIA	34
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	34
3.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	37
3.3 MÉTODOS MADM	46
3.3.1 AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)	46
3.3.2 Outros procedimentos de aplicação do AHP	51
3.3.3 MAUT (<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>).....	53
3.3.4 MAVT (<i>Multi-Attribute Value Theory</i>).....	55
3.3.5 TOPSIS (<i>Technique for order preference by similarity to the ideal solution</i>).....	56
3.3.6 COPRAS (<i>Complex Proportional Assessment</i>).....	58
3.4 MÉTODOS DE COMPARAÇÃO.....	60
3.4.1 Coeficiente de Correlação Pearson.....	60
3.4.2 Coeficiente de Correlação Spearman.....	62
3.4.3 Índices de compatibilidade Saaty e Garuti	62
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	65
4.1 APLICAÇÃO DO MADM NO PROCESSO DE REALOCAÇÃO INDUSTRIAL.....	65
4.2 APLICAÇÃO DO AHP	72
4.3 APLICAÇÃO DO MAUT E MAVT	75
4.4 APLICAÇÃO DO TOPSIS E COPRAS.....	77
4.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS MADM APLICADOS	79
4.6 CÁLCULO DO ÍNDICE DE COMPATIBILIDADE E DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO.	80
4.7 RESULTADOS ENTRE OS MÉTODOS MADM PARA RI	83
4.8 APLICAÇÃO MADM NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS NAS CS PÓS- PANDEMIA.	84
4.9 APLICAÇÃO AHP E AHP SÍNTESE IDEAL PARA CSE.....	93

4.10 APLICAÇÃO TOPSIS E COPRAS PARA CSE.	96
4.11 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS MADM PARA CSE.....	98
4.12 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO E ÍNDICE DE COMPATIBILIDADE ENTRE MÉTODOS MADM PARA CSE.....	98
4.13 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS PARA CSR.....	101
4.14 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO E ÍNDICE DE COMPATIBILIDADE - CSR. .	101
4.15. IMPLICAÇÕES GERENCIAIS	103
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
5.1 VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA.	105
5.2 CONTRIBUIÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	106
5.3 PUBLICAÇÕES RESULTANTES DA PESQUISA.....	108
REFERENCIAS.....	109
APÊNDICE A	141
DADOS CURRICULARES.....	144

1 INTRODUÇÃO

Decisões estratégicas quando bem executadas podem posicionar as organizações em vantagem competitiva no mercado, porém, em função da sua complexidade, pode-se tornar um enorme desafio em função do conjunto de variáveis a serem analisadas. Essa competitividade oriunda da pressão exercida pelos *stakeholders*, questões de sustentabilidade e variáveis da cadeia de suprimentos faz com que as empresas continuamente busquem identificar estratégias para manter os seus negócios vivos (Arena; Azzone; Piantoni, 2020; Jiang; Timmermans; Yu, 2018; Li; Wang, 2020).

Somadas a estas variáveis é possível afirmar que as organizações não são mais as mesmas pós-pandemia do Covid 19. A necessidade das organizações em se adaptarem ao novo cenário, somadas às transformações que ocorreram na sociedade, trará reflexos e mudanças para todos. Dentre as organizações, especificamente as cadeias de suprimentos (CS) também deverão rever seus processos e o seu modo de operar.

Analisando neste contexto, os ambientes das organizações estão se tornando ambíguos e interconectados e os gestores sentem a necessidade de pensar e aprender estrategicamente, formulando suas estratégias de forma eficaz, tendo que lidar com circunstâncias instáveis e desenvolver infraestrutura para adaptação e implementação de suas estratégias (Bryson, 2011; Ene, J., Ene, E.; Tsegba, 2014).

A estratégia empresarial são planos da alta gerência, ou guias de ação para atingir resultados coerentes com a missão e objetivos da organização a médio e longo prazo construídos pelo comprometimento das principais partes interessadas ao ambiente organizacional (Mintzberg; Ahlstrand; Lampel, 2010; Alison; Kaye, 2015; Beheshti; Mahdiraji; Zavadskas, 2016).

Com base neste cenário, é possível questionar quais poderiam ser as ferramentas de apoio a serem utilizadas pelos gestores das CS, para tornar estas decisões estratégicas mais assertivas?

Especificamente em relação às cadeias de suprimentos, as decisões estratégicas são as mais variadas, em função da complexidade de atividades que envolvem a gestão da cadeia de suprimentos (GCS). Além da tradicional efetividade e agilidade na seleção de fornecedores, os tomadores de decisão devem continuamente avaliar a *performance* da CS, possíveis impactos ambientais envolvendo sustentabilidade dos negócios, avaliar e controlar competências do capital humano, riscos envolvidos, decidir sobre a localização ou realocação de fábricas ou centros de distribuições, avaliar o desempenho da logística verde, sempre buscando tornar as cadeias de suprimentos mais resilientes (Moons *et al.*, 2019; Suhi *et al.*, 2019; Lima; Salomon;

Sampaio, 2020; Mohammed, 2020; Timperio *et al.*, 2020; Liou *et al.*, 2021; Nguyen; Lin; Dang, 2021; Haddad; da Costa; Andrade, 2021; Zulqarnain *et al.*, 2021; Gosh *et al.*, 2021; Bensouna *et al.*, 2021).

No que concerne a teoria da decisão, é considerado uma sequência de operações relativamente complexas que envolvem o processo de tomada de decisão, critérios, tipos e métodos, afetado por preferências, experiências, perspectivas e conhecimentos muitas vezes ambíguos e contraditórios (Hansson, 2005; Wang; Dai; Xu, 2022).

Desde o final da década de 1960 (Stagner, 1969) pesquisadores têm interesse no tema do consenso que descreve amplamente o acordo entre os gerentes de nível superior, médio e operacional sobre as prioridades fundamentais da organização, caracterizado pela necessidade de identificar e priorizar alternativas estratégicas que levem a ser mais assertivo em suas decisões. (Kellermanns; Walter; Floyd, 2005).

Como a teoria da tomada de decisão desempenha um papel cada vez mais importante na realidade, há cada vez mais pesquisas sobre o tema, classificando-a basicamente em duas grandes teorias: a teoria da decisão de três vias (*three-way decision*, TWD) e a teoria dos métodos de decisão por multicritérios (*multi-criteria decision making*, MCDM).

O TWD é um modelo de computação granular, ou seja, um processamento de entidades complexas de informação, que surgem no processo de abstração e derivação de conhecimento de informações ou dados. baseado na cognição humana e tem como ideia central dividir todos os objetos em um conjunto de objetos em três áreas emparelhadas mutuamente independentes e fazer estratégias de tomada de decisão correspondentes para cada área (Yao, 2010). No entanto, a construção da teoria TWD em ambiente incerto ainda é um sério desafio em função da sua complexidade (Pan *et al.*, 2022).

No caso do MCDM, a teoria começou a ser introduzida no campo da ciência da decisão na década de 1960 como um método normativo de tomada de decisão. Após um longo período de desenvolvimento, considera-se que o MCDM envolva muitos aspectos da vida real e forneça muitos suportes teóricos viáveis para orientar as pessoas a tomar decisões (Zavadskas; Turskis; Kildiene, 2014; Wang; Dai; Xu, 2022).

A *International Society on Multiple Criteria Decision Making* (2022), define esta teoria como o estudo de métodos e procedimentos pelos quais as preocupações sobre múltiplos critérios conflitantes podem ser formalmente incorporadas ao processo de planejamento de gestão. A base da tomada de decisão da teoria MCDM é a informação de avaliação quantitativa

obtida após a normalização da informação oriunda da decisão original que será a teoria utilizada neste trabalho.

Os métodos MCDM cobrem uma ampla gama de abordagens bastante distintas e podem ser classificados em duas categorias: métodos MADM (*multi-attribute decision making* ou tomada de decisão por múltiplos atributos) discretos e métodos MODM contínuos (*multi-objective decision making* ou tomada de decisão por múltiplos objetivos) (Zavadskas; Turrskis; Kildiene, 2014).

Os métodos MODM estão associados a problemas onde as alternativas não são pré-determinadas e o objetivo do problema em consideração é projetar a melhor ou a ótima alternativa considerando um conjunto de restrições de projeto bem definidas e um conjunto de objetivos quantificáveis (Jahan; Edwards, 2013).

No caso do MADM, a vantagem é requerer a entrada humana, por exemplo, para atributos de peso. A interação humana é uma grande força do MADM sobre os modelos de regressão e simulação, uma vez que isso permite que a subjetividade seja incorporada na resolução de problemas (Mardani; Jusoh; Zavadskas, 2015b; Ortiz-Barrios *et al.*, 2019).

Este trabalho propõe a aplicação de métodos que abordam problemas com número finito de alternativas. Portanto, métodos de tomada de decisão por múltiplos atributos (MADM) são preferidos em relação à tomada de decisões múltiplos objetivos (MODM) e entre os métodos MADM, será utilizado algumas técnicas da escola americana, visto que também há o objetivo de comparar as técnicas utilizadas. Porém, conforme afirmou Zavadskas, Turrskis e Kildiene (2014), há necessidade de pesquisas que estudem os pontos fortes e pontos fracos dos diferentes métodos de tomada de decisão.

Para responder a esta questão de quais ferramentas de apoio possam ser utilizadas pelos gestores das CS para tornar as decisões estratégicas mais assertivas possíveis, como ponto inicial foi realizada uma revisão sistemática da literatura, que desempenha um papel fundamental em abordar temas restritos, como por exemplo estratégia de operações (Nakano; Muniz, 2018).

Tendo como palavras-chaves “*supply chain management*” e “MCDM”, utilizando-se das bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, o resultado mostra uma tendência crescente nos últimos anos de artigos publicados que envolvem os dois temas. Utilizando-se de filtros, foram selecionados artigos de maior aderência de modo a identificar lacunas científicas e quantificar e classificar os diferentes métodos MCDM utilizados nos artigos selecionados. Várias foram as

sugestões de pesquisa a serem desenvolvidas, relacionadas ao tema, obtidas após a revisão sistemática da literatura.

Alguns autores propõem estudos subsequentes utilizando-se de outros métodos MCDM de modo a garantir a validade dos resultados obtidos (Münch; Benz; Hartmann, 2022; Carpitella *et al.*, 2022; Haddad; da Costa; Andrade, 2021; Bensouna *et al.*, 2021; Poh; Liang, 2017).

Outros autores recomendam a integração de diferentes métodos MCDM para comparar os resultados e testar a estabilidade do modelo, visto que cada método tem certas deficiências e benefícios (Saraji; Streimiki, 2022; Caristi *et al.*, 2022; Liou *et al.*, 2021; Nguyen; Lin; Dang, 2021; Mahmud *et al.*, 2021).

Algumas outras propostas sugerem utilizar outras técnicas para comparar resultados obtidos com o uso de diferentes métodos MCDM aplicados (Wang; Dai; Xu, 2022; Zulqarnain *et al.*, 2021; Roy; Pamucar; Kar, 2019; Petrovic *et al.*, 2018). Demais autores abordam a utilização do MCDM para avaliar outros negócios que envolvam tomadas de decisão nas CS (Husain *et al.*, 2021; Moons *et al.*, 2019).

Da análise da literatura realizada identifica-se os métodos MADM que será a proposta desta pesquisa, que aparecem com maior frequência utilizados na aplicação de decisões que envolvem as CS, podendo ser denominados como métodos usuais com destaque para o AHP (*Analytic Hierarchy Process*), FUZZY, TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to an Ideal Solution*), DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*) e o VIKOR (*Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje*, nome sérvio que significa otimização de múltiplos critérios e solução de compromisso).

Do mesmo modo identifica-se outros métodos que não são utilizados com a mesma frequência, que podemos definir como métodos não usuais como por exemplo BWM (*Best-Worst Scaling*), WASPAS (*Weighted Aggregated Sum Product*), COPRAS (*Complex Proportional Assessment*), SWARA (*Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis*), SAW (*Simple Addictive Weighting*), RST (*Rough Set Theory*), SVM (*Support Vector Machine*) entre outros.

Com base nas diferentes lacunas identificadas, Pandolfi (2005) corrobora afirmando que podem ser representadas por perguntas que não podem ser respondidas ou explicadas pelas teorias atuais.

Entende-se que esta pesquisa poderia contribuir com a utilização de outros métodos para apoiar a tomada de decisão e fazer comparações dos resultados por referência de similaridade e pôr correlação para validação dos resultados.

Portanto, estabelece-se as seguintes questões de pesquisa e o objetivo geral e específicos deste trabalho:

1.1 QUESTÕES DE PESQUISA

- Q1: Como métodos não usuais de MADM podem ser aplicados para apoiar decisões estratégicas que envolvem a GSC?
- Q2: As aplicações de diferentes métodos usuais e não usuais de MADM podem resultar na mesma decisão?
- Q3: Como comparar os resultados de métodos usuais e não usuais em decisões que envolvem a GCS?

1.2 OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

A declaração dos objetivos estabelece a direção fundamental para este trabalho. Como objetivo geral:

- Investigar a aplicação de métodos usuais e não usuais de tomada decisão com múltiplos atributos em atividades que envolvam a gestão de cadeias de suprimentos

Como objetivos específicos:

- Identificar a aplicabilidade de métodos não usuais, comparado a outros métodos MADM mais usuais, em decisões que envolvem as CS.
- Examinar os resultados dos métodos MADM aplicados, usuais e não usuais identificando possíveis vantagens em diferentes decisões da CS.
- Utilizar e avaliar índices de compatibilidade e o coeficiente de correlação para comparar os resultados entre os diferentes métodos de MADM aplicados.

A proposta desta tese é utilizar uma alternativa ao modelo tradicional. Será utilizado a tese por artigos, considerada um movimento crescente para a modernização do processo de desenvolvimento de teses de doutorado, conforme afirmam Carvalho e Cauchick-Miguel

(2019). Os autores ressaltam que a tese por artigos não é uma coletânea de quaisquer artigos do pesquisador, mas sim um conjunto interdependente dentro da fronteira estabelecida no projeto de pesquisa e que corrobora para uma única tese. Para tanto serão utilizadas duas publicações produzidas pelo pesquisador desta tese, em momento anterior a esta pesquisa, já publicados em periódicos indexados com Qualis nos extratos superiores das Engenharias III.

O primeiro estudo envolve a realocação de uma planta industrial, artigo publicado pela ANOR (*Annals of Operations Research*) com o título: *Compatibility and correlation of multi-attribute decision making: A case of industrial relocation*. O segundo estudo envolve a análise de risco de disrupção das CS em função da pandemia, é o capítulo 7, *Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics*, do livro *Understanding the Dynamics of New Normal for Supply Chains* publicado pela Springer.

Como contribuição aplicada este trabalho tem como finalidade também demonstrar o uso alternativo de métodos MADM não usuais. Serão aplicados nas duas publicações dos casos descritos. A partir da elaboração das modelagens matemáticas e dos respectivos resultados, e a comprovação da sua viabilidade, poderá ser utilizada como ferramenta que auxilie os gestores na avaliação das possíveis alternativas, possibilitando por meio das análises das variáveis e critérios envolvidos, serem mais assertivos na tomada de decisão.

Como contribuição científica, a escolha dos métodos MCDM não usuais, que irão compor este trabalho será o COPRAS e a variante do AHP denominada síntese ideal, porém, a escolha deles é aleatória, não sendo considerado uma preferência e sim uma oportunidade de fomentar e ampliar o conhecimento de métodos menos difundidos.

Em relação a originalidade, a partir das aplicações de métodos usuais e não usuais de MADM, pretende-se comparar os resultados utilizando-se os índices de compatibilidade e coeficientes de correlação.

Complementando, esta pesquisa apresenta uma combinação da modelagem matemática dentro de uma abordagem de pesquisa mista. Com índices de compatibilidade e coeficientes de correlação, esperava-se verificar a semelhança entre os métodos MADM. Além de um tema emergente nas teorias de MCDM, a literatura é profundamente escassa. A análise conjunta da compatibilidade e correlação dos resultados com os métodos multicritérios é a principal novidade deste trabalho de pesquisa. Por fim, será possível afirmar que os casos apresentados, apesar de estudarem decisões diferentes dentro das CS, se conversam para responder as

questões de pesquisa e aos objetivos definidos pois ambos corroboram apontando a viabilidade de utilizar métodos menos usuais.

A estrutura deste trabalho, tem como sequência no capítulo dois o referencial teórico utilizado, com a contextualização de CS, conceitua o estudo da tomada de decisão e suas aplicações e fundamenta o método de tomada de decisão por multicritérios. No capítulo três será apresentado a metodologia da pesquisa, os métodos multicritérios a serem aplicados bem como os coeficientes de correlação Pearson e Spearman e os índices de compatibilidade de Saaty e Garuti. No capítulo quatro será apresentado o desenvolvimento da pesquisa por meio de dois casos que foram utilizados em artigos aprovados em periódicos. Ambos, com a aplicação de diferentes métodos MADM, usuais e não usuais e as respectivas comparações dos resultados com a utilização dos índices de compatibilidade e dos coeficientes de correlação. Por último, no capítulo cinco, as respostas as questões de pesquisa e objetivos propostos bem como as considerações finais e contribuições para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico busca embasar teorias que já foram propostas ou analisadas sobre o tema em estudo, bem como ampliar e esclarecer pontos importantes que serão abordados ao longo da pesquisa garantindo a qualidade científica ao trabalho.

O ponto inicial será contextualizar as cadeias de suprimentos, passando pela teoria das decisões e suas aplicações e os métodos de tomada de decisão por multicritérios que serão adotadas neste trabalho. Completa esta pesquisa com os conceitos de índices de compatibilidade e coeficientes de correlação que serão utilizados na comparação entre os diferentes métodos MADM aplicados.

2.1 CADEIA DE SUPRIMENTOS

ASCM (Association of Supply Chain Management), define CS como uma rede global utilizada para entregar produtos e serviços de matérias-primas aos clientes finais por meio de um fluxo projetado de informações, distribuição física e dinheiro (Salomon; Marins; Tramarico, 2016).

O termo cadeia de suprimentos (CS) é utilizado de modo mais comum entre diversos autores do que o termo Gestão da Cadeia de Suprimentos (Cooper; Ellram, 1993; La Londe; Masters, 1994; Lambert; Stock; Ellram, 1998; Mentzer *et al.*, 2001). Na literatura sobre CS é difícil encontrar um fio de ligação com a GCS. A origem da GCS é citada por Singhal, J., e Singhal, K., (2007) com a mudança de dois paradigmas:

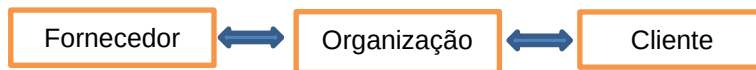
- i.) as funções dos colaboradores não gerenciais que emergem como parte de um sistema Integrado de gestão da produção;
- ii.) planejamento agregado da produção como papel central da gestão da operação, estabelecendo um elo com a cadeia de suprimentos e integração interna (Arredondo; Tanco, 2021).

Na vasta literatura existente sobre o tema, encontram-se diferentes definições que ilustram a complexidade de atividades que a compõem. A CS pode ser caracterizada em três categorias conforme apresentado na Figura 1 (Mentzer *et al.*, 2001).

.

Figura 1: Tipos de cadeias de Suprimentos

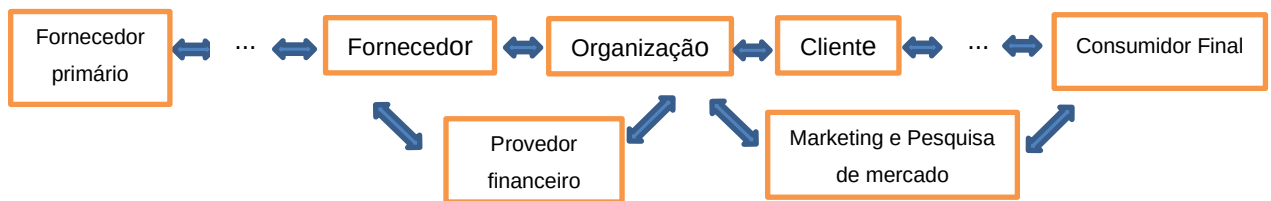
a.) Direta



b.) Estendida



c.) Definitiva



Fonte: Adaptado de Mentzer *et al.* (2001)

- CS direta (a.) - Consiste em uma empresa, um fornecedor e um cliente envolvidos nos fluxos de informações, produtos, serviços e finanças que envolvem o fornecimento e a distribuição;
- CS estendida (b.) - Inclui-se também os fornecedores dos fornecedores e os clientes dos clientes;
- CS definitiva (c.) - Inclui todas as Organizações envolvidas em todos os fluxos de informações, produtos, serviços e finanças, desde os fornecedores primários até os consumidores finais.

A figura 2 ilustra o gerenciamento do fluxo do produto e das informações de acordo com Ballou (2006), tendo como premissa que a CS deveria ter o seu fluxo de informação iniciado a partir do pedido do cliente, ou seja, o conceito de produção puxada, para então mobilizar toda a cadeia iniciando o fluxo do produto com a aquisição das matérias primas junto ao fornecedor.

produzida e distribuída nas quantidades corretas, aos pontos de entrega e nos prazos corretos, com os objetivos de minimizar os custos totais do sistema sem deixar de atender às exigências em relação ao nível de serviço oferecido (Levi, D.; Kaminsky; Levi, E., 2010).

A GCS também envolve a infraestrutura que têm impacto no custo do serviço ou produto oferecido, desde instalações de fornecedores e fabricantes, depósitos ou centros de distribuição, bem como distribuidores e varejistas até o seu cliente ou consumidor final, pois exercem impacto do desempenho na cadeia (Chopra, 2019).

Complementa-se a busca pela eficiência constante das atividades, desde transporte e a distribuição até os estoques de matérias primas, estoques em processo e de produtos acabados que devem ser minimizados. A ênfase não deve residir simplesmente em minimizar os custos de produção, transporte ou em reduzir estoques. Ao contrário, os esforços devem concentrar-se em adotar um pensamento sistêmico para a GCS (Levi, D.; Kaminsky e Levi, E., 2010).

Somente com uma abordagem estratégica, as tomadas de decisões táticas conduzirão a implementações operacionais que irão proporcionar benefícios que a GCS promete (Arredondo; Tanco, 2021). Para que esta visão estratégica seja corretamente implementada, é crucial conhecer o papel e o perfil dos gestores da CS, em função da diversidade de decisões de nível estratégico, tático e operacional a serem operacionalizadas (Ziari *et al.*, 2022).

2.2 ESTUDO DA DECISÃO E SUAS APLICAÇÕES

Decisões fazem parte do cotidiano das organizações. Desde decisões mais simples até mais complexas, define-se que a decisão é um processo de escolha que as pessoas fazem entre diferentes alternativas possíveis para resolver problemas ou aproveitar oportunidades (Gomes, 2007; Maxmiano, 2011; Zavadskas; Turrskis; Kildiene, 2014).

Entretanto as pessoas são afetadas pelo meio onde vivem, por suas percepções, experiências e até mesmo por suas crenças, o que torna, segundo diferentes autores em um processo de decisão muito delicado, pois não existe a decisão perfeita, e sim a busca pela melhor alternativa dentre um conjunto de alternativas (Certo, 2005; Caravantes; Panno; Kloeckner, 2005; Robbins; Judge; Sobral, 2010).

Portanto é possível questionar, como tomar uma boa decisão?

As origens do campo de decisões residem nos esforços para prescrever decisões boas e assertivas, que envolvem a identificação de ações que maximizam os resultados desejáveis (ou minimizam os indesejáveis) em função das condições idealizadas, por meio de análise de decisões (Clemen, 1997; Hastie, 2001; Hammond; Keeney; Raiffa, 2002).

A análise de decisão é uma técnica de decomposição para a estruturação e resolução de problemas de decisão único ou por múltiplos atributos. A técnica decompõe um problema de decisão em três áreas gerais: estrutura do problema, incertezas nos resultados das alternativas, e preferência do decisor (Corner, J.; Corner, P., 1995).

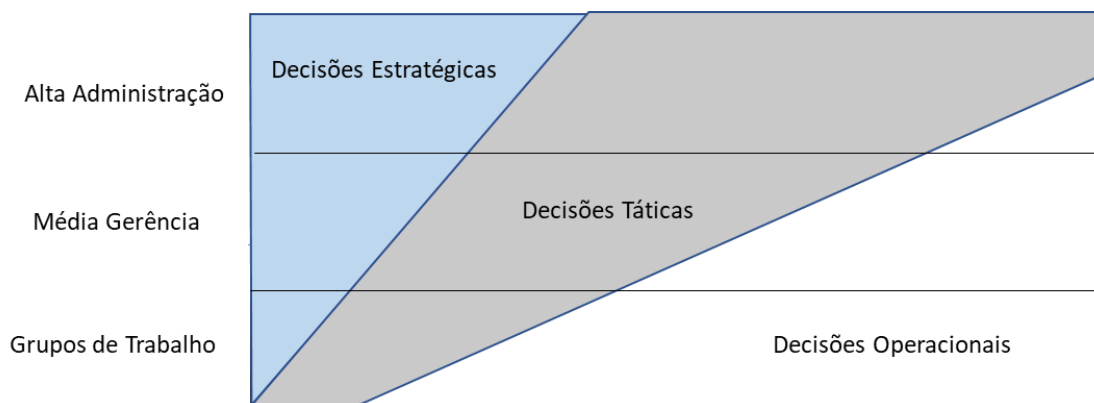
As decisões podem ser classificadas em programadas ou não programadas. Decisões programadas aplicam-se a problemas recorrentes que exigem decisões e soluções semelhantes (Griffin; Phillips; Gully, 2017; Konopaske; Ivancevich; Matteson, 2017), enquanto as não programadas são distintas, novas e não-repetitivas, específicas para resolver situações complexas (Maximiano, 2011). Outra diferença relevante é que as decisões programadas limitam a liberdade dos decisores em relação ao julgamento, intuição e princípios, enquanto as decisões não programadas, os decisores têm liberdade de usar julgamento, intuição e seus próprios princípios (Sobral; Peci, 2013; Robbins; Judge; Sobral, 2010; Certo, 2005).

Os tipos de decisões também podem ser classificados em estratégicas, táticas e operacionais, de acordo com a sua natureza, o nível hierárquico em que são tomadas e seu impacto sobre a organização (Keuning, 1997; Schmidt; Wilhelm, 2000; Christopher, 2000; Ballou, 2006; Bateman; Snell, 2007; Maximiano, 2011; Chopra, 2019).

Decisões estratégicas são consideradas as questões mais interessantes e controversas dos gestores das empresas (Christopher, 2000; Bateman; Snell, 2007) pois determinam políticas e sistemas funcionais que envolvem alto investimento em horizontes de planejamento de longo prazo (Keuning, 1997; Schmidt; Wilhelm, 2000).

Decisões táticas ou administrativas têm como característica principal suportar as decisões estratégicas (Ballou, 2006) enquanto as decisões operacionais estão relacionadas a definição de meios e recursos para a execução das diferentes atividades rotineiras do dia a dia (Chopra, 2019). A Figura 4 ilustra os diferentes tipos de decisões em função do nível hierárquico (Maximiano, 2011).

Figura 4: Tipos de decisões e níveis hierárquicos



Fonte: Maximiano (2011)

A Tabela 1 apresenta exemplos de diferentes níveis de decisão em função do nível hierárquico em diferentes áreas que envolvem as CS.

Tabela 1: Exemplo de decisões estratégicas, táticas e operacionais na GCS

Áreas de decisão	Nível da decisão		
	Estratégica	Tática	Operacional
Localização das instalações	Quantidade, área de localização		
Estoques	Localização de estoque e normas de controle	Níveis de estoque de segurança	Quantidades e momento de reposição
Transporte	Seleção do modal	Leasing de equipamentos	Roteamento
Processamento de pedidos	Tecnologia a ser utilizada		Processamento de pedidos. Atendimento de pedidos pendentes
Serviços aos clientes	Padrões de procedimento	Regras de priorização	Preparação das remessas
Armazenagem	Seleção do material de deslocamento, layout das instalações	Escolhas dos espaços sazonais e utilização de espaços privados	Separação de pedidos e reposição de estoques
Suprimentos	Desenvolvimento das relações fornecedor-comprador	Contratação, seleção de fornecedores, compras antecipadas	Liberação de pedidos, recebimento e armazenamento

Fonte: Ballou (2006)

O processo de tomada de decisão foi analisado por diversos autores, como Fayol, Mintzberg, Luthas e Stewart, que propuseram a ideia de que o processo decisório é um ingrediente fundamental da tarefa de administrar (Maximiano, 2011). Diversas técnicas foram desenvolvidas para ajudar os gestores e outros profissionais a serem mais assertivos nesse processo (Braisby; Gellatly, 2012). A teoria surgiu da necessidade de se apoiar a atividade humana que consiste em tomar boas decisões, diante de uma situação de escolha. Sendo assim, permite uma imensa variedade de análises (Gallo, 2021).

Porém, não se deve acreditar que é um processo puramente racional. Nas decisões complexas podem ocorrer divergências entre opiniões, mesmo sendo experts sobre determinado assunto, principalmente quando houver ambiguidade e informações incompletas (Hastie, 2001; Garg, 2018). Esta subjetividade é produzida pelo fator humano (como os fatores psicológicos e cognitivos, por exemplo) e de conjuntura que influenciam as decisões dos indivíduos e fazem com que cada agente tome decisões distintas.

Para entender o julgamento organizacional é preciso identificar os componentes necessários para o processo de decisão. Seis etapas que geralmente são seguidas, implícita ou explicitamente, para caracterizar um processo racional de tomada de decisão (Bazerman; Moore, 2014):

- 1.) Definir o problema de maneira clara e explícita;
- 2.) Identificar os critérios diferentes e sua importância relativa;
- 3.) Ponderar os critérios atribuindo peso relativo a cada um deles;
- 4.) Gerar alternativas;
- 5.) Classificar as alternativas segundo cada critérios;
- 6.) Identificar a solução ideal.

Dependendo de como os pesquisadores especificam as diferentes etapas e seus componentes, é possível encontrar variantes. Alguns autores as separam em mais ou menos etapas (Hammond; Keeney; Raiffa, 2002).

Racionalidade, refere-se ao processo de tomada de decisão que objetiva o resultado ideal, dada uma avaliação precisa dos valores e preferências de risco do tomador de decisões. O modelo racional é baseado em um conjunto de premissas que determinam como uma decisão deve ser tomada em vez de descrever como uma decisão é tomada. Simon (1955), vencedor do prêmio Nobel, sugeriu que o julgamento individual ficasse limitado pela sua racionalidade e que poderíamos entender melhor o processo decisório descrevendo e explicando decisões reais em vez de focalizar apenas a análise decisória prescritiva (Melo; Fucidji, 2016).

A compreensão sobre como a razão influencia as escolhas é o elemento central da teoria econômica desde o pensamento iluminista de Hume no século XVIII, de que a razão deve

atender aos desígnios do sentimento puro. Uma vez que toda ação é motivada por algum tipo de paixão, a razão sozinha não é capaz de impulsionar alguma ação (Sudgen, 1991). A ideia de que a ação é motivada pelo desejo, sendo o estado de desejo algo inerente ao homem e não resultado de sua reflexão racional, é utilizada para a construção da teoria utilitarista do século XIX. Neste ponto, uma distinção importante deve ser feita entre razão e racionalidade. De um lado, a razão é a capacidade de julgamento da mente humana, formadora de suas crenças e deliberações. De outro, a racionalidade é um instrumento, uma espécie de dispositivo para ajustar meios disponíveis a fins dados (racionalidade instrumental).

A importância da Economia corroborada pela Psicologia refletiu-se mais tarde no conceito de “racionalidade limitada”, um termo associado ao trabalho de Herbert Simon nos anos 1950. Segundo esta concepção, nem todas as decisões são ótimas. Existem restrições ao processamento de informações pelos seres humanos, porque há limites de conhecimento (ou de informações) e de capacidades computacionais (Samson, 2014).

Um dos aspectos principais da teoria da racionalidade limitada é questionar o seu uso em modelos analíticos para a obtenção de soluções maximizadoras. Uma destas limitações é o reconhecimento de que há vários elementos do acaso que mudam o resultado das ações, sendo a razão instrumental insuficiente para identificar previamente todas as contingências futuras de determinada ação. Se na tentativa de alcançar um determinado objetivo o indivíduo utiliza a razão, apenas conseguirá encontrar formas de chegar até este objetivo, mas nunca a certeza de que conseguirá alcançá-lo. Há, portanto, uma utilidade limitada do uso do raciocínio (Melo; Fucidji, 2016).

O campo da tomada de decisões pode ser dividido aproximadamente em duas partes: estudo dos modelos prescritivos e estudo dos modelos descritivos (Simon, 1983). Os cientistas da decisão prescritiva desenvolvem métodos para tomar decisões ideais. Por exemplo, poderiam sugerir um modelo matemático para ajudar um tomador de decisões a agir de forma mais racional. Ao contrário, os pesquisadores da decisão descritiva consideram os modos interligados como as decisões realmente são tomadas (Bazerman; Moore, 2014).

Tversky e Kahneman (1981) forneceram informações críticas sobre vieses sistemáticos específicos que influenciam o julgamento. Especificamente, os pesquisadores descobriram que as pessoas contam com diversas estratégias simplificadoras, ou regras práticas, ao tomar decisões. Estas estratégias simplificadoras são denominadas heurísticas. Assim como as regras-

padrão que orientam implicitamente nosso julgamento, a heurística serve como um mecanismo para enfrentar o ambiente complexo em torno de nossas decisões (Bazerman; Moore, 2014).

Gigerenzer e Goldstein (1996) desenvolveram as ideias de Simon (1983) e propuseram que a racionalidade de uma decisão depende de estruturas encontradas no ambiente. As pessoas são denominadas, ecologicamente racionais, quando fazem o melhor uso possível de suas capacidades limitadas, aplicando algoritmos simples e inteligentes que podem levar a inferências quase ótimas.

Sem um processo formal para avaliar alternativas e prioridades pode haver inconsistência, variabilidade ou falta de previsibilidade sobre a importância de um determinado fator ou critério na decisão. A credibilidade e a potencial legitimidade dos tomadores de decisão pode ser questionada, e isso é especialmente verdadeiro para a responsabilização de uma decisão tomada, se houver falta de transparência sobre como uma decisão foi tomada (Thokala *et al.*, 2016).

Como para resolver todo e qualquer problema de decisão é necessário ao menos dois critérios conflitantes, o apoio à decisão é denominado apoio multicritério à decisão que por meio da estruturação ampla do problema, do enfoque analítico e da aplicação de diferentes métodos.

2.3 TOMADA DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

A tomada de decisão multicritério tem um histórico relativamente curto. Desde as décadas de 1950 e 1960, quando foram estabelecidas bases de métodos modernos de tomada de decisão multicritérios, muitas pesquisas dedicaram seu tempo ao desenvolvimento de novos modelos e técnicas de tomada de decisões multicritérios. Quase sempre o processo de tomada de decisão envolve a escolha da melhor decisão analisando múltiplos critérios, alternativas ou múltiplos objetivos (Hernández, 2010).

Zavadskas, Turrskis e Kildieni (2014) definem o MCDM basicamente em dois grandes grupos: MADM e o MODM. A maioria dos métodos MADM requer uma técnica para atribuir os pesos dos critérios, pois cada critério deve ter sua importância em relação a outros critérios.

Os pesos atribuídos podem ser calculados por meio de métodos subjetivos ou objetivos. Nos métodos subjetivos os pesos são determinados por meio da experiência de julgamentos enquanto nos métodos objetivos dependem de cálculos matemáticos que negligenciam a

decisão de preferência do tomador de decisão em relação a alguns critérios (El Araby; Sabry; El Assal, 2022).

Na literatura MADM, Ishizaka e Nemery (2013) classificam os métodos em:

- a. Escola americana (*full aggregation approach*): A proposta desta técnica consiste em sintetizar os diferentes critérios de um determinado problema e realizar comparações entre as diferentes alternativas avaliadas (Lootsma, 1990). É possível gerar um ranking quantitativo de desempenho global, ordenando as alternativas (De Montis *et al.*, 2005). Entre os métodos desta escola é possível citar: AHP (*Analytic Hierarchy Process*); SAW (*Simple Additive Weighting*); MAUT (*Multi-attribute Utility Theory*); ANP (*Analytic Network Process*); TOPSIS (*Technique for order of preference by similarity to an ideal solution*) (Salomon, 2004).
- b. Escola Europeia ou Escola Francesa (*outranking approach*): Tem como característica ser mais flexível, com uma lógica baseada em preferências, e não possibilita a comparação entre as alternativas (Ehrlich, 1996). Entre os métodos mais difundidos desta técnica destacam-se: ELECTRE I, II, III e IV (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*); PROMETHEE I e II (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*)
- c. Escola híbrida (*Reference level approach*): Utiliza de técnicas de ambas as escolas. Destaca-se os métodos: TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) que combina aspectos do AHP, MAUT e ELECTRE (Tversky; Kahneman, 1981); MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*).

Já os métodos MODM estão associados a problemas onde as alternativas não são pré-determinadas e o objetivo do problema em consideração é projetar a melhor ou a ótima alternativa considerando um conjunto de restrições de projeto bem definidas e um conjunto de objetivos quantificáveis (Jahan; Edwards, 2013). Os métodos MODM permitem a modelagem de fenômenos complexos e não lineares de múltiplos tipos de troca de informações e calcular o valor da informação de cada indivíduo a partir de diferentes aspectos da disseminação de informações tendo infinitas (contínuas) alternativas (Fatima *et al.*, 2013).

Do ponto de vista da modelagem, o MODM geralmente é resolvido por duas técnicas mais populares (Mollahassani-Pour *et al.*, 2016):

- i) métodos que replicam o problema em um único problema de otimização de objetivo por meio de uma abordagem ponderada;
- ii) métodos que utilizam programação por metas para resolver uma função múltiplos objetivos.

Este trabalho propõe a aplicação de método MADM que abordam problemas com um número finito de alternativas utilizando algumas técnicas da escola americana, visto que também há o objetivo de comparar as técnicas utilizadas. Entre os métodos usuais serão utilizados o AHP (tradicional e o *ratings*), MAUT, MAVT, TOPSIS e métodos não usuais, o COPRAS e o AHP síntese ideal por serem técnicas emergentes.

A partir das aplicações dos métodos, pretende-se comparar os resultados utilizando-se os índices de compatibilidade (Garuti; Salomon, 2012) e coeficientes de correlação (Salomon; Rangel, 2015).

Os vetores de decisão são os principais resultados esperados com aplicações AHP, MAUT e TOPSIS. Eles têm nomes e conceitos diferentes como "prioridade geral" para a AHP, "utilidade conjunta" para MAUT e "coeficiente de proximidade" para TOPSIS. No entanto, há algumas características comuns como os componentes que podem variar de 0 a 1.

Portanto, vetores de decisão não idênticos podem levar à mesma decisão. Matematicamente, diferentes vetores podem estar próximos ou distantes. Quando dois vetores diferentes estão próximos, são considerados vetores compatíveis (Saaty, 2014). A criação de índices de compatibilidade é uma forma de expressar numericamente a validade da decisão (Saaty, 2005; Garuti, 2019). O índice Saaty, por exemplo, avalia o nível de proximidade entre vetores de decisão com base em valores pertencentes a escalas relativas relacionadas com comparações de pares de um conjunto de elementos.

Outra forma de medir o quanto dois vetores de decisão mostram resultados semelhantes é utilizando os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman. O coeficiente de correlação é uma medida da associação entre duas variáveis numéricas (Moore; McCabe, 2003; Jupp, 2011). O coeficiente de correlação de Pearson avalia relações lineares e indica a possível direção da correlação e a sua magnitude, enquanto a correlação de Spearman avalia relações monótonas, sejam lineares ou não (Kendall; Gibbons, 1990).

3 METODOLOGIA

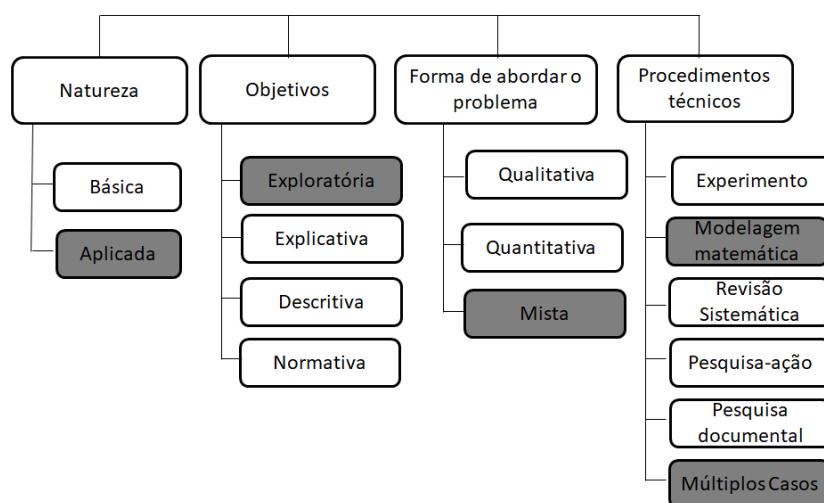
Metodologia é a aplicação de métodos e procedimentos que auxiliarão o pesquisador na aplicação e na coleta de dados, para se obter um resultado ou uma comprovação, podendo ser utilizada em diversas categorias da sociedade (Lakatos; Marconi, 2021). O ponto inicial será classificar os diferentes métodos que serão utilizados nesta pesquisa e a definição das etapas para o seu desenvolvimento.

Finalmente será contextualizado os diferentes métodos MADM, usuais e não usuais, a serem aplicados nos casos apresentados, bem como descrever os conceitos de índice de compatibilidade Saaty e Garuti e os coeficientes de correlação Pearson e Spearman, que serão empregados para a comparação entre os métodos MADM utilizados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Com base nas informações introdutórias associadas as questões de pesquisa e seus objetivos, é possível classificar e definir que a proposta do método deste trabalho é ser de natureza aplicada, exploratória, tendo a forma de abordar os dados de modo misto a partir de dados qualitativos e quantitativos, utilizando como procedimentos técnicos a modelagem matemática com a aplicação do método de tomada de decisão por atributos (MADM) por meio de um estudo de múltiplos casos (Kothari, 2004; Jupp, 2011; Yin, 2015) conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5: Classificação da pesquisa



Fonte: Adaptado de (Jupp, 2006; Kothari; Garg, 2014; Yin, 2015).

A natureza de uma pesquisa pode ser classificada como pura (ou básica) ou aplicada (Gil, 2022). Considera-se uma pesquisa pura, quando o objeto é produzir novos conhecimentos que possam ser utilizados para o avanço da ciência sem a necessidade de uma aplicação prática. O pesquisador tem como propósito desenvolver uma necessidade intelectual que envolve o conhecimento e a compreensão de determinados fenômenos (Barros; Lehfeld, 2007).

Já a pesquisa aplicada pode ser utilizada em atividades que envolvem proporcionar o desenvolvimento de conhecimento para a identificação e compreensão de problemas, analisando possíveis soluções das mais variadas demandas como clientes, instituições, processos ou sistemas (Thiollent, 2018).

Em função da especificidade da pesquisa é possível haver uma combinação entre a pesquisa pura e a pesquisa aplicada, denominada teórica aplicada (Salomon, 2004; Gil, 2022).

Como principais características da pesquisa aplicada que será utilizada neste trabalho destaca-se:

- Gerar conhecimento para a aplicação prática voltada a solução de problemas ou objetivos propostos;
- Utilizar conhecimento disponível visando utilidades sociais e econômicas;
- Aplicar descobertas geradas por pesquisas básicas;
- Identificar novos métodos para alcançar objetivos pré-definidos.

Em relação aos seus objetivos, a pesquisa pode ser caracterizada como pesquisa descritiva, explicativa e exploratória (Kothari, 2004; Jupp, 2011; Yin, 2015). Pesquisa descritiva desenvolve-se principalmente nas ciências humanas e sociais, com o objetivo de descrever características de uma população ou de um fenômeno, quando se investiga opiniões, atitudes, valores ou crenças, tendo os fatos observados, registrados, analisados e classificados, sem a interferência do pesquisador (Andrade, 2017; Medeiros, 2019).

Pesquisas explicativas tem como propósito identificar e registrar fatos, analisá-los e interpretá-los de modo a identificar as suas causas e fatores podendo gerar modelos teóricos. Proporciona um aprofundamento sobre um objeto de estudo buscando explicar os porquês (Severino, 2016).

Dentre as principais características de uma pesquisa explicativa:

- Têm como ênfase na prática e na solução de problemas;
- É necessário ter grande volume de dados para possibilitar conclusões mais assertivas;
- Procura desvendar razões em função do objeto de estudo;

- É considerado bastante complexa, pois envolve hipóteses especulativas.

A maioria das pesquisas explicativas faz uso de métodos experimentais, identificando qual a variável independente que determina a causa da variável dependente ou do fenômeno em estudo, podendo ser classificada como pesquisa experimental ou pesquisa *ex-post-facto* (Gil, 2022).

A pesquisa exploratória que será utilizada neste trabalho tem como propósito proporcionar maiores informações sobre um determinado problema a ser investigado ou conseguir novas compreensões do mesmo, de modo a permitir formular ou construir hipóteses ou clarificar conceitos sobre o tema a partir de novas perspectivas (Shaughnessy; Zechmeister, E.; Zechmeister, J., 2011; Andrade, 2017; Gil, 2022).

Uma outra vertente importante sobre pesquisas exploratórias, é poder realizar descrições precisas de um determinado estudo de caso e descobrir relações existentes entre os elementos que a compõe. Recomenda-se quando há pouco conhecimento sobre o problema estudado (Cervo; Bervian; Silva, 2007).

Em relação a forma de abordar o problema, a pesquisa pode ser qualitativa, quantitativa ou mista. Pesquisa qualitativa têm como principal instrumento a fonte direta de dados predominantemente descritivos (Creswell, J.W.; Creswell, J.D., 2021), porém, subjetivos, em função de crenças, valores, opiniões, fenômenos ou hábitos (Minayo, 2014; Marconi; Lakatos, 2017; Gil, 2022). Existem vários modelos e variações de pesquisa qualitativa que podem ser considerados, portanto não há uma tipologia formal, entretanto requerem técnicas de coleta e análise de dados específicas (Denzin; Lincoln, 2006).

Pesquisas quantitativas tem como premissa testar teorias por meio de variáveis quantificáveis recorrendo à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno ou a relação entre estas variáveis (Fonseca, 2002; Creswell, J.W.; Creswell, J.D., 2021).

Este trabalho irá adotar a forma de abordagem mista visto que os aspectos qualitativos estão relacionados a aplicação dos diferentes métodos MADM, enquanto os aspectos quantitativos desta pesquisa estão associados a aplicação de técnicas estatísticas a serem realizados quando da validação e comparação dos resultados.

A validação de uma pesquisa, deve seguir um rigor metodológico, implementando estratégias de verificação e autocorreção durante o seu processo (Morse *et al.*, 2002). Malmqvist *et al.* (2019) recomendam a utilização de estudos pilotos para avaliar e identificar possíveis deficiências na coleta de dados com uma pequena amostra do público-alvo.

Nesse sentido, para aumento da confiabilidade da pesquisa, deve-se abranger diversos aspectos, desde a revisão crítica da literatura, conexão entre técnicas de coleta de dados e

procedimentos analíticos, apresentando os processos de forma clara, concisa e confiável (Rose; Johnson, 2020).

Em relação ao procedimento técnico de uma pesquisa, pode ser considerada um experimento, modelagem, revisão sistemática da literatura, pesquisa-ação, pesquisa documental e estudos de casos (Yin, 2015; Marconi; Lakatos, 2017; Matias-Pereira, 2018; Gil, 2022).

Neste trabalho, inicialmente será utilizado a revisão sistemática da literatura para gerar informações associadas aos estudos de casos propostos. Revisão sistemática da literatura utiliza-se de critérios muito bem definidos e de modo rigoroso para identificar, avaliar e sintetizar a literatura (Rothstein; Hopewell, 2009).

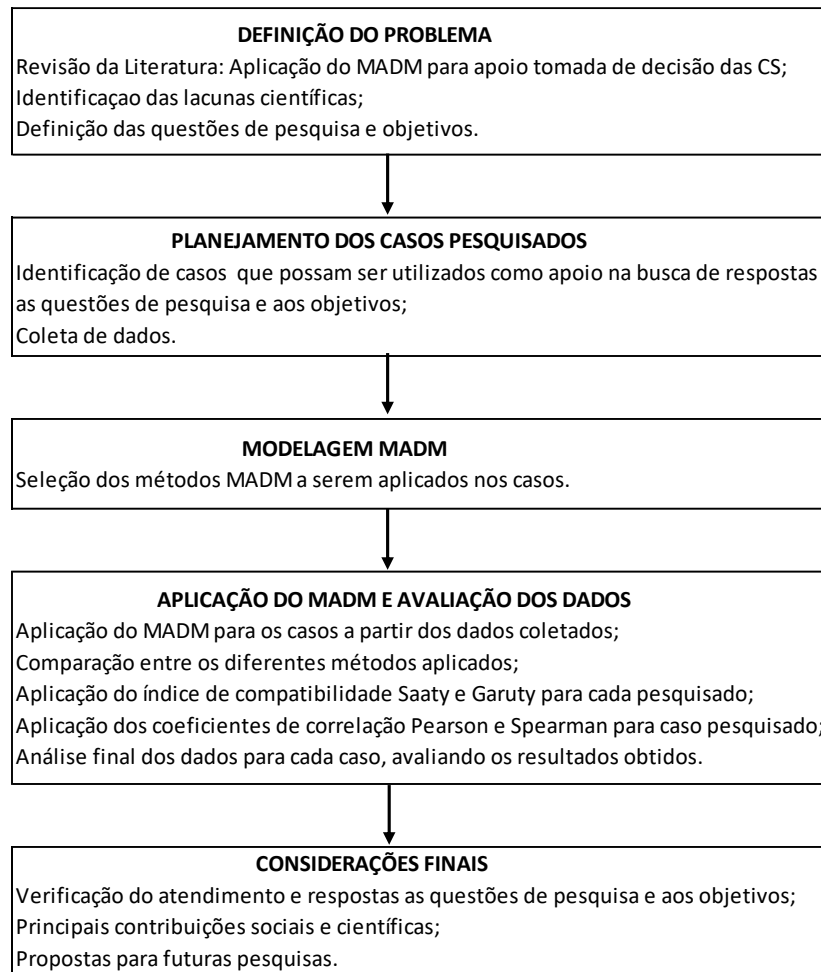
O procedimento técnico estudo de caso, contribui para compreender determinados fenômenos individuais ou processos organizacionais utilizando-se de abordagens específicas de coletas e análise de dados (Yin, 2015). A crescente utilização desta técnica permite alcançar diferentes objetivos (Gil, 2022):

- Explorar situações da vida real cujos limites podem ser redefinidos;
- Preservar o caráter unitário do objeto a ser estudado;
- Descrever determinadas pesquisas sob investigação;
- Desenvolver teorias;
- Formular hipóteses;
- Explicar variáveis que afetam determinados fenômenos em situações complexas.

3.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Definida conceitualmente os métodos a serem utilizados na pesquisa, a seguir será descrito as etapas do seu desenvolvimento, apresentada na Figura 6. A definição da abordagem e a seleção dos métodos e técnicas de pesquisa são realizadas a partir da formulação do problema de pesquisa, podendo ser considerada o nível estratégico de natureza teórico-conceitual (Cauchick-Miguel *et al.*, 2021). É neste nível que são identificadas as lacunas de pesquisa.

Figura 6: Etapas do desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor

O ponto inicial foi realizar a revisão sistemática da literatura que segundo Nakano e Muniz Jr. (2018), de forma sucinta, passa pelas seguintes etapas:

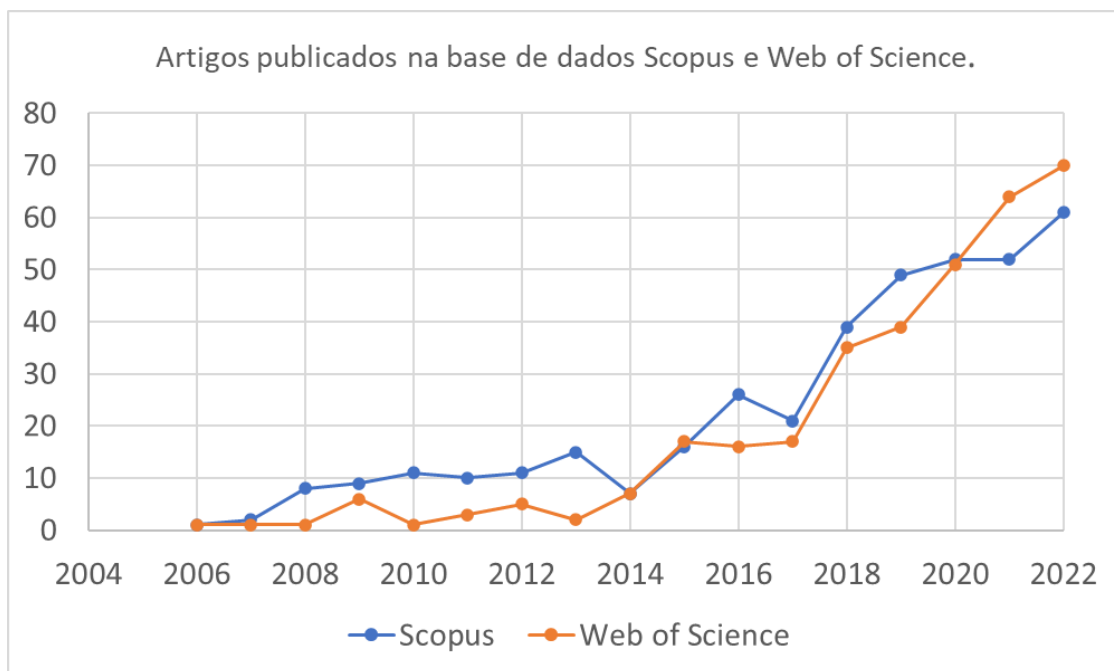
- Planejar e formular o problema;
- Busca na literatura por meio das palavras chaves, seleção dos periódicos, leitura de resumos, aplicação de critérios para inclusão e exclusão;
- Coletar dados e avaliar a qualidade;
- Análise de dados, síntese e interpretação;
- Apresentação dos resultados.

A revisão sistemática da literatura é desenvolvida como princípio, entre os diferentes tipos de documentos disponíveis nas plataformas científicas, o uso de artigos e as revisões publicadas

em periódicos, considerada a fonte mais confiável para a revisão da literatura, uma vez que são revisadas por pares em sua versão completa (Oliveira *et al.*, 2019).

Tendo como palavras-chaves “*supply chain management*” e “MCDM”, utilizando-se das bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, o resultado mostrou uma tendência crescente nos últimos anos de artigos publicados que envolvem os dois temas, confirmando o interesse e a importância de métodos multicritérios na estratégia de tomada de decisão nas CS. A Figura 7 apresenta o total de artigos encontrados na base *Scopus*, 393 artigos e na base *Web of Science*, 387 artigos, sendo que 256 artigos estão em duplicidade.

Figura 7: Total de artigos publicados com as palavras-chave "SCM""MCDM"



Fonte: *Scopus e Web of Science*

Na sequência foram selecionados os artigos nas áreas de Engenharia e Gestão & Negócios no período de 2017 até 2022, sendo selecionados 58 artigos. O próximo filtro foi em relação à maior aderência ao tema, envolvendo diferentes decisões na área de CS, e os respectivos métodos MCDM utilizados, perfazendo trinta e oito artigos que são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Revisão da literatura - tomada de decisão nas CS com aplicação do MCDM

Autor (es)	Foco da Pesquisa	Método(s) MCDM aplicado(s)
Münch <i>et al.</i> 2022; Saraji e Streimikiene, 2022; Husain <i>et al.</i> 2021	Transferencia principios da economia circular para SCM	FUZZY; SWARA; COPRAS; AHP; COBRA; TOPSIS
Gosh <i>et al.</i> 2022; Liou <i>et al.</i> 2021; Nguyen <i>et al.</i> 2021; Demir e Koca, 2021.	Desenvolver modelo para avaliar a logística verde	SVM; FBWM; FTOPSIS; FAHP; VIKOR; PCA; SAW; FUZZY; AHP; TOPSIS
Bali <i>et al.</i> 2022; Islam <i>et al.</i> 2022; Choudhary <i>et al.</i> 2021 Haddad <i>et al.</i> 2021; Agrawal <i>et al.</i> 2021; Ziquan <i>et al.</i> 2021; Bahadori <i>et al.</i> 2020; Sharma e Joshi, 2020; Cheng <i>et al.</i> 2020; Petrovic <i>et al.</i> 2019; Fei <i>et al.</i> 2019	Seleção de Fornecedores	FUZZY-TOPSIS; VIKOR; SWARA-WASPAS; SVR; GP; FUZZY; AHP; MAUT; MAVT; COPRAS; SWARA; PROMETHEE; MOORA
George <i>et al.</i> 2022; Tolooie <i>et al.</i> 2022; Prashar, 2022; Salimian <i>et al.</i> 2022; Zulqarnain <i>et al.</i> 2021; Suhi <i>et al.</i> 2019; Poh e Liang, 2017.	Seleção de Fornecedores Sustentáveis	IFHSS; BMW; EDAS; FUZZY; VIKOR; DEMATEL
Wang <i>et al.</i> 2022; Roy <i>et al.</i> 2019; Jayant <i>et al.</i> 2018.	Seleção e avaliação de terceiros	FAHP; FTOPSIS; IVFRN; FARE; MABAC; TOPSIS
Belhadi <i>et al.</i> 2022; Carpitella <i>et al.</i> 2021; Mohammed, 2020.	Desenvolver CS eficientes e resilientes	DEMATEL; MOVt; ELECTRE
Nabeeh <i>et al.</i> 2021	Localização e Realocação industrial	ANP; DEMATEL; GRA;
Kharisma e Ardi, 2021	Avaliar riscos nas CS	DEMATEL; DANP
Bensouna <i>et al.</i> 2021	Avaliar e controlar competências do capital humano	MCDM
Moons <i>et al.</i> 2019	Controlar a performance das CS	ANP
Mihajlovic <i>et al.</i> 2019.	Selecionar logística de distribuição	WASPAS
Awan e Ali, 2019	Avaliar a logística reversa	FUZZY
Petrovic <i>et al.</i> 2018	Avaliação modais de transportes	AHP; FUZZY

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a leitura destes artigos, foi possível identificar diversas lacunas científicas, que estão sumarizadas e apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Lacunas científicas identificadas

Ano	Autores	Título	Lacunas Científicas
2022	Münch <i>et al.</i>	Exploring the circular economy paradigm: A natural resource-based view on supplier selection criteria	Estudos subsequentes devem repetir a metodologia utilizando de outros métodos MCDM para garantir a validade dos resultados.
2022	Carpitella <i>et al.</i>	Multi-criteria risk classification to enhance complex supply networks performance	Aplicar outros métodos MCDM além do ELECTRE.
2022	Saraji e Streimiki	Evaluating the circular supply chain adoption in manufacturing sectors: A picture fuzzy approach	Recomenda-se integrar outros métodos MCDM para classificar setores de manufatura em relação aos indicadores da GCS circular e comparar os resultados. Fazer uma comparação entre este modelo e outros modelos MCDM aplicados para seleção de fornecedores.
2022	Caristi <i>et al.</i>	Multicriteria Approach for Supplier Selection: Evidence from a Case Study in the Fashion Industry	Utilizar outros métodos MCDM para comparar resultados
2021	Liou <i>et al.</i>	Application of an MCDM model with data mining techniques for green supplier evaluation and selection	Utilizar análise de sensibilidade e análise de comparação para que os tomadores de decisão testem a estabilidade do modelo.
2021	Nguyen <i>et al.</i>	A two phase integrated fuzzy decision-making framework for green supplier selection in the coffee bean supply chain	Combinar outros métodos de MCDM não paramétricos
2021	Haddad <i>et al.</i>	Application of fuzzy-topsis method in supporting supplier selection with focus on hse criteria: A case study in the oil and gas industry	Como cada método MCDM tem certas deficiências e benefícios, outros métodos podem ser combinados para alcançar resultados mais abrangentes.
2021	Mahmud <i>et al.</i>	Evaluating supply chain collaboration barriers in small and medium-sized enterprises	Utilizar métodos de entropia e similaridade
2021	Zulqarnain <i>et al.</i>	Robust aggregation operators for intuitionistic fuzzy hyper-soft set with their application to solve mcdm problem	Estudos futuros devem utilizar outras técnicas de MCDM para comparar resultados de referência de similaridade
2021	Wang <i>et al.</i>	Outsourcing reverse logistics for e-commerce retailers: A two-stage fuzzy optimization approach	Utilizar método fuzzy Swara-Copras associado a análise de sensibilidade
2021	Ziquan <i>et al.</i>	Supplier Selection of Shipbuilding Enterprises Based on Intuitionistic Fuzzy Multicriteria Decision	Utilizar MCDM para avaliar outros negócios envolvem CS
2021	Husain <i>et al.</i>	Analyzing the business models for circular economy implementation: a fuzzy TOPSIS approach	Realizar a modelagem com outros métodos não tangíveis
2021	Bensouna <i>et al.</i>	Competencies Assessment Approach based on Multiple Criteria Decision Making	Propor aplicar análise de sensibilidade para dar robustez a solução
2019	Roy <i>et al.</i>	Evaluation and selection of third party logistics provider under sustainability perspectives: an interval valued fuzzy-rough approach	Realizar benchmarking em diferentes processos logísticos para melhorar o desempenho das CS
2019	Moons <i>et al.</i>	Performance indicator selection for operating room supply chains: An application of ANP	Utilizar análise de sensibilidade associada a outras modelagens de MCDM
2018	Petrovic <i>et al.</i>	An approach for robust decision making rule generation: Solving transport and logistics decision making problems	Desenvolver outros métodos para dar suporte a tomada de decisão
2017	Poh e Liang	Multiple-criteria decision support for a sustainable supply chain: Applications to the fashion industry	

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na Tabela 4, é apresentado uma quantificação dos diferentes métodos MCDM utilizados nos artigos selecionados. Na grande maioria dos artigos selecionados, os pesquisadores utilizam mais de um método MCDM nas pesquisas realizadas.

Tabela 4: Métodos MCDM aplicados nos artigos selecionados

MCDM métodos	Artigos Pesquisados
AHP	12
FUZZY	11
TOPSIS	10
DEMATEL	10
FTOPSIS	6
VIKOR	6
FAHP	4
ANP	3
EDAS	3
FMCDM	3
DEA	2
FBWM	2
GRA	2
DANP	2
BWM	2
WASPAS	2
COPRAS	1
SWARA	1
PCA	1
SAW	1
SWARA WASPAS	1
SWARA TOPSIS	1
RST	1
MOVT	1
SVM	1

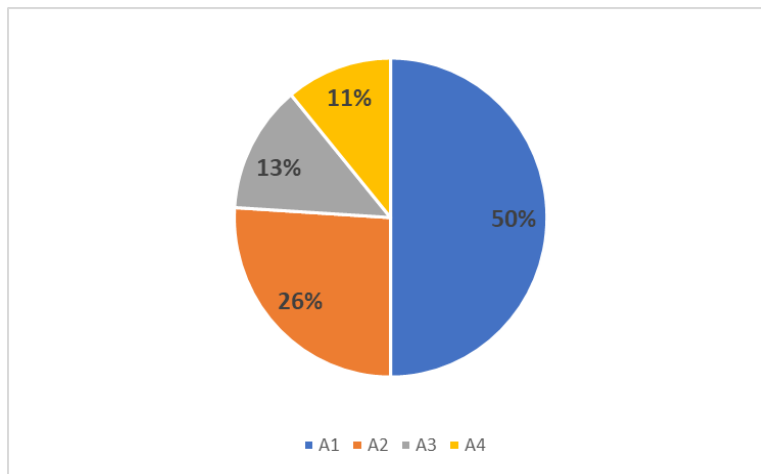
Fonte: Elaborado pelo Autor

É possível concentrar basicamente os métodos MCDM em dois grandes grupos com base na frequência de aplicação entre os artigos selecionados, critério este adotado pelo autor desta tese. Os métodos denominados usuais, aparecem com frequência maior ou igual a três vezes utilizados na aplicação de decisões que envolvem as CS e os métodos não usuais aqueles com frequência menor que três vezes.

Analisando as Tabelas 3 e 4, pode-se afirmar que existe muita literatura envolvendo seleção de fornecedores, logística verde, seleção e avaliação de terceiros, utilizando-se de métodos usuais de MCDM. Porém, poucas pesquisas envolvem outras decisões importantes que fazem parte das CS, como por exemplo localização e realocação industrial ou de centros de distribuição e a gestão de riscos envolvendo diferentes atividades nas cadeias de suprimentos, incluindo o uso de métodos MCDM não usuais.

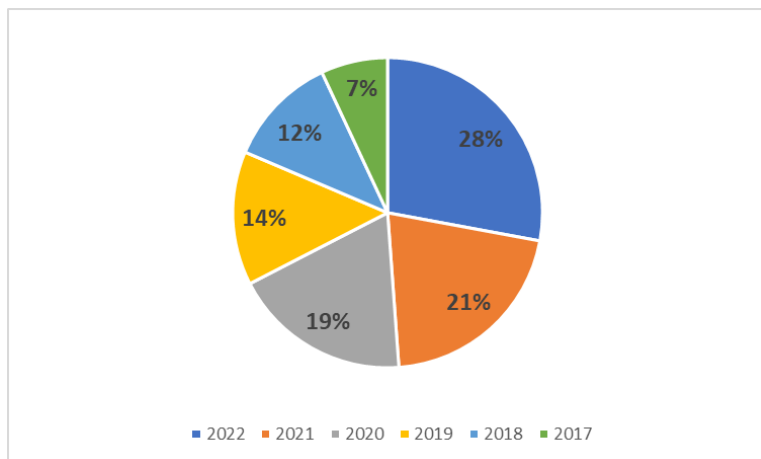
Para garantir a qualidade dos artigos selecionados, as Figuras 8 e 9 apresentam a classificação das referências de acordo com o Qualis e o ano de publicação dos artigos selecionados.

Figura 8: Classificação das referências de acordo com o Qualis



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 9: Ano das publicações dos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pelo Autor

Definido as lacunas científicas a serem exploradas, Cauchick-Miguel *et al.* (2021) e Yin (2015) recomendam que os próximos passos na condução de um estudo de caso sejam o planejamento do(s) caso(s), coleta dos dados, análise dos dados e a geração dos relatórios.

Para o planejamento de um estudo de caso o ponto inicial é a escolha da unidade de análise, ou seja, do caso, que pode ser único ou múltiplos casos, resultando em vantagens e dificuldades em cada um dos tipos.

Se múltiplos casos são empregados, deve-se construir um painel para cada caso, para, em seguida, fazer uma análise cruzada dos casos identificando convergência e divergência entre as fontes de evidências (Cauchick-Miguel, 2007).

Outra característica importante do procedimento de múltiplos casos, que será adotado neste trabalho é permitir a validação de novas técnicas com a aplicação de determinados métodos para situações que já são tratadas por outras abordagens conforme afirmam Cauchick-Miguel *et al.* (2021) que se enquadra na proposta desta pesquisa.

Outro recorte importante conforme Voss *et al.* (2002), é definir o setor e o tempo, resultando em casos pesquisados retrospectivos ou longitudinais. Um caso retrospectivo investiga o passado coletando dados históricos, enquanto os casos longitudinais investigam o presente podendo, entretanto trazer limitações de acesso aos dados (Croom, 2010).

Neste trabalho o setor pesquisado serão as CS envolvendo decisões estratégicas. Os dados coletados foram em um ponto do tempo, portanto caracteriza-se por ser uma pesquisa longitudinal. Para evitar a limitação no grau de generalização, em função da análise de apenas um caso em um determinado ponto do tempo, recomenda-se adoção de múltiplos casos, capaz de alcançar maior grau de generalização dos resultados, porém, talvez haja uma profundidade menor na avaliação de cada um dos casos, além de consumir mais recursos (Voss, 2002; Souza, 2005; Yin, 2015).

Portanto em relação ao planejamento dos casos, a pesquisa será longitudinal, envolvendo dois casos diferenciados de tomada de decisão em CS com a aplicação do MADM. A partir da seleção dos casos, para condução da pesquisa, é necessário determinar os métodos e técnicas tanto para a coleta quanto para a análise dos dados.

A base de dados dos casos a serem apresentados foram extraídos de duas publicações produzidas pelo autor deste trabalho em momento anterior a esta pesquisa. O primeiro caso envolve a realocação de uma planta industrial, foi publicado pela ANOR (*Annals of Operations Research*) com o título: *Compatibility and correlation of multi-attribute decision making: A case of industrial relocation*. O segundo caso envolve a análise de risco de interrupção das CS em função da pandemia, é o capítulo 7, *Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics*, do livro *Understanding the Dynamics of New Normal for Supply Chains* publicado pela Springer.

No primeiro caso pesquisado, foi aplicado o MADM para apoiar os gestores de uma empresa metal mecânica na decisão de escolha de um novo local para a transferência de seu parque industrial, ou seja, um caso de realocação industrial. No segundo caso, a proposta foi utilizar o MADM para apoiar os gestores de uma empresa automobilística a analisar os riscos envolvendo a gestão da cadeia de suprimentos em função do cenário pós pandemia analisando o impacto em cadeias de suprimentos eficientes e responsivas.

Os métodos e as técnicas para a coleta de dados foram por meio de entrevistas semiestruturadas e análise documental fornecida por cada empresa. Foi desenvolvido um protocolo (Souza, 2005), considerado um instrumento que melhora a confiabilidade e a validade da condução dos casos constando área e local, unidade de análise, procedimentos, fontes de informação e meios de controle da pesquisa. Não foram utilizados questionários, pois a aplicação dos métodos MADM não era totalmente familiar para todos os gestores envolvidos, portanto, para esclarecer possíveis divergências e alinhar conceitos com os entrevistados, o questionário não seria considerado eficiente. Destaca-se que as entrevistas consideraram diferentes gestores em uma perspectiva diversificada em termos de áreas funcionais e níveis hierárquicos.

Para garantir uma boa condução da fase das entrevistas conforme Yin (2015), os seguintes fatores foram considerados:

- Ter a capacidade de elaborar questões adequadas ao objetivo da pesquisa;
- Interpretar os resultados;
- Ser um bom ouvinte;
- Não trazer nenhum preconceito;
- Estar muito bem embasado teoricamente no tema investigado;
- Ser sensível e receptivo a evidências contraditórias;
- Ser adaptável e flexível às situações novas ou não previstas.

A coleta de dados foi dada como concluída quando a quantidade de dados e informações foram consideradas suficientes para a sequência da pesquisa. Porém, a partir do conjunto de dados coletados, recomendou-se que o pesquisador deveria produzir uma narrativa do caso e respeitar o conceito de *data reduction*, ou seja, incluir na próxima etapa que será a análise, somente aquilo que é considerado essencial e tem estreita relação com os objetivos e questões de pesquisa a serem avaliados (Cauchick-Miguel *et al.*, 2010).

Para garantir a confiabilidade e validade dos dados, critérios utilizados para julgar a qualidade da pesquisa (Yin, 2015) assegura-se que as conclusões das análises de casos serão

resultado das evidências (validação interna) e que a verificação de quão aplicável serão os resultados para outros objetos de análise (validade externa).

Em relação a aplicação dos métodos MADM para cada caso pesquisado, o critério de escolha foi comparar os métodos usuais (tradicionais) utilizados pelos especialistas em cada um dos artigos publicados e realizar a comparação com a adoção de métodos não usuais.

Portanto, para o caso 1 que irá envolver a tomada de decisão de realocação industrial os métodos escolhidos foram o AHP por *ratings* (por praticidade da aplicação), TOPSIS, MAVT, MAUT, utilizados no artigo, e a comparação será com o método não usual COPRAS.

Para o caso 2, que irá envolver a análise de risco de disrupção nas CS os métodos escolhidos foram o AHP original (também denominado AHP por medição relativa ou síntese normal) e o TOPSIS, utilizados no artigo, e a comparação será com os métodos não usuais AHP por síntese ideal e o COPRAS. A escolha pelo AHP por síntese ideal e o COPRAS se deve pelo fato de serem consideradas técnicas emergentes.

Para avaliar a comparação entre os diferentes métodos usuais e não usuais para cada caso, será utilizado índices de compatibilidade desenvolvido por Saaty e Garuti e os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman.

Por fim, a última etapa será a verificação ao atendimento e respostas das questões de pesquisa e objetivos definidos, bem como as principais contribuições deste trabalho e propostas para futuras pesquisas.

3.3 MÉTODOS MADM

Neste tópico serão apresentados os métodos de agregação simples que foram selecionados e fazem parte dos estudos de casos pesquisados, bem como os métodos não usuais escolhidos para comparação.

3.3.1 AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Desenvolvido por Saaty (1974, 1980), o AHP é um dos métodos MADM mais utilizados e usuais aplicados em diversas áreas, como engenharia química, ciência da computação, ecologia, setor de energia, setor de saúde, setor de ensino superior, manufatura, avanços

matemáticos, gestão da cadeia de suprimentos e logística (Vaidya e Kumar, 2006; Emrouznejad; Marra, 2017; Tramarico *et al.*, 2015; Almeida *et al.*, 2021).

É considerada uma metodologia que tem por objetivo auxiliar na tomada de decisão de problemas de maior grau de complexidade, envolvendo benefícios, oportunidades, custos e riscos, com a finalidade de fornecer uma visão geral sobre a solução proposta, suas especificidades e aplicações (Zopounidis; Pardalos, 2010).

Saaty (1980) também desenvolveu o ANP (*analytic network process*) considerado uma generalização do AHP. Enquanto o AHP pode ser aplicado seguindo um conjunto de passos ou etapas com procedimentos matemáticos perfeitamente definidos que permitem traduzir critérios qualitativos em números, formulado por uma hierarquia e possuir relações entre seus níveis de decisão, o ANP é formulado por uma rede, com a composição de clusters que podem conter relações entre todos os elementos da rede e também relações internas em cada cluster (Hernández, 2010), ou seja, o ANP não exige que os critérios sejam independentes.

Três princípios orientam a solução de problemas usando o AHP (Saaty, 1987): complexidade da estruturação (decomposição); comparação e julgamentos; e a síntese de prioridades (Almeida *et al.*, 2021).

Saaty (1991) afirma que para lidar com a complexidade de um processo decisório é preciso identificar todos os diferentes fatores que afetam a decisão e organizá-los em uma estrutura hierárquica de vários níveis sucessivos e decrescentes partindo do objetivo final aos critérios, subcritérios e alternativas (Gass, 2001).

A partir da definição destes parâmetros, o princípio de julgamentos comparativos prevê a obtenção de dados significativos por meio de um conjunto de comparações pareadas entre os elementos a serem medidos. Diferentemente de uma abordagem tradicional de análise, onde os elementos são medidos individualmente, esta abordagem de medição relativa é derivada de comparações aos pares em que são aplicados parâmetros extraídos da escala fundamental absoluta AHP (Saaty, 2000).

Estas comparações são usadas para obter uma escala de valores relativos, pesos de importância e estabelecer prioridades entre os critérios de decisão, medidas relativas de desempenho e alternativas em termos de cada critério individual de decisão (Saaty, 2008).

O terceiro princípio é o de sintetizar as prioridades. No AHP as prioridades são sintetizadas do segundo nível para baixo, multiplicando as prioridades locais pela prioridade de seus correspondentes critérios no nível acima e somando, para cada elemento em um nível de acordo com os critérios que ele afeta. (Os elementos de segundo nível são multiplicados pela unidade, o peso do único objetivo de nível superior). Isso dá a prioridade composta ou global

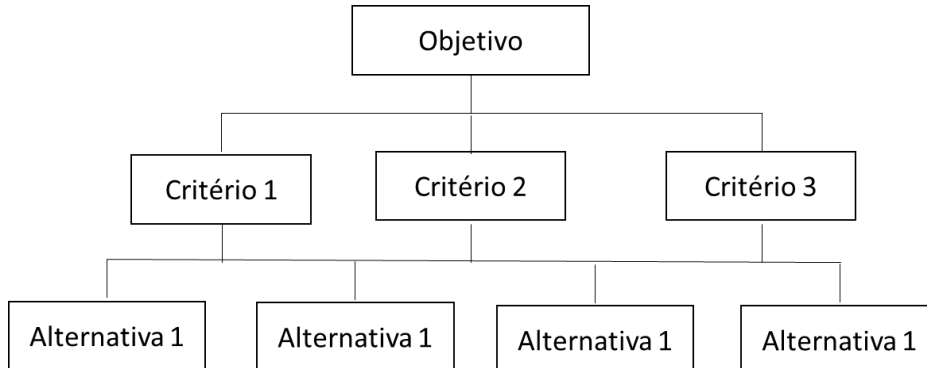
desse elemento, que por sua vez é usado para ponderar as prioridades locais dos elementos no nível abaixo comparados entre si com ele como critério, e assim por diante até o nível inferior (Saaty, 1987).

Desta forma, a montagem do sistema decisório no método AHP de acordo com Saaty (2008) é composto das seguintes etapas:

1. Definição do problema e determinação do tipo de conhecimento procurado;
2. Estruturação da hierarquia de decisão a partir da perspectiva ampla do objetivo, passando por níveis intermediários que contêm critérios consequentes e interdependentes, até chegar ao nível mais fundamental em que são estabelecidos cenários e alternativas.

Uma estrutura hierárquica utilizada como exemplo tendo três critérios e quatro alternativas, na aplicação do AHP, está ilustrada na Figura 10 (Saaty; Roger, 1976). O objetivo da decisão é colocado no primeiro nível hierárquico. No segundo nível estão os critérios: C1, C2 e C3 no último nível hierárquico estão as alternativas, A1, A2, A3 e A4 (Salomon; Marins; Duduch, 2009).

Figura 10: Hierarquia de três níveis e quatro alternativas



Fonte: Saaty e Rogers (1976)

3. Construção de um conjunto de matrizes de comparação aos pares: cada elemento de nível superior deve ser utilizado para comparar os elementos de nível imediatamente inferior a ele.

Portanto, os critérios devem ser comparados aos pares quanto ao objetivo da decisão. Para tanto, a Escala Saaty mais comumente chamada de Escala Fundamental de Números Absolutos, apresentada na Tabela 5, é utilizada nestas comparações de pares, além da reciprocidade nas comparações, por meio de $a_{ij} = 1/a_{ji}$ (Saaty, 1977).

Tabela 5: Escala Saaty (Escala fundamental do AHP)

Intensidade	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois elementos contribuem igualmente para o elemento do nível superior
3	Moderada importância	A experiência favorece levemente a um dos elementos
5	Forte importância	A experiência favorece fortemente a um elemento
7	Importância demonstrada	A dominância de um elemento pode ser comprovada na prática
9	Importância extrema	Há evidências a favor de um elemento na mais alta ordem de afirmação
1,1 a 1,9	Quando a importância dos elementos está muito próxima	

Fonte: Adaptado Saaty e Rogers (1976); Saaty (1977)

A Escala Saaty é uma escala linear de 1 a 9, com 1 para “igual importância”, 3 para “importância moderada de um sobre o outro”, 5 para “importância forte”, 7 para “importância muito forte ou demonstrada” e 9 para “importância absoluta”. Valores intermediários, como 2, 4, 6 e 8, e até números racionais podem ser usados, se necessário (Saaty; Rogers, 1976; Saaty, 2014).

Uma matriz de comparações que satisfaça todas as possíveis relações de transitividade é considerada como uma matriz cem por cento consistente. O autovalor de uma matriz de comparação consistente será $\lambda_{max} = n$ (Tramarico *et al.*, 2015).

A verificação de consistência é uma das grandes vantagens do AHP em relação a outros métodos MADM. Vários métodos para calcular índices de consistência têm sido propostos na literatura para medir o nível de inconsistência em um conjunto de julgamentos (Amenta; Lucadamo; Marcarelli, 2020). Este trabalho fará a opção de utilizar o mais conhecido e amplamente difundido que foi introduzido por Saaty (1980) que calcula o índice de consistência por meio do cálculo da razão de consistência. Entre outros métodos conhecidos destaca-se: o método de consistência introduzido por Koczkodaj (1993), que calcula por média ponderada das inconsistências; o método de consistência proposto por Salo e Hämmäläinen (1997) que pode ser aplicado a matrizes recíprocas, independente da escala utilizada e não está vinculada a nenhum método de priorização; e o índice de consistência geométrica (GCI, *geometric consistency index*) proposto por Crawford e Williams (1985) que busca uma abordagem geométrica para verificar a consistência quando das comparações dos critérios.

Segundo Saaty (1980), é desejável que o índice de consistência esteja próximo de zero. Se não, os julgamentos podem ser revistos para melhorar a consistência. Os pesos para os atributos, geralmente denominados como prioridades de critérios, são obtidos normalizando o

autovetor direito w da matriz de comparação aos pares A , como na Eq. (1), onde λ_{max} é o seu autovalor máximo.

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (1)$$

O índice de consistência μ é uma medida da consistência de uma matriz de pares, como na Eq. (2), onde m é o número de critérios.

$$\mu = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1} \quad (2)$$

Para validar a matriz de comparações utiliza-se a razão de consistência CR , pois compara μ com um índice randômico IR , conforme apresentado na Tabela 6, computado pelo Oak Ridge Laboratory (Saaty, 1991), como na Eq. (3).

Tabela 6: Índice randômico médio em função do tamanho da matriz

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte: Saaty (1991)

$$CR = \frac{\mu}{IR} \quad (3)$$

Matrizes consistentes têm $\lambda_{max} = m$, então $\mu = 0$ e $CR = 0$. Matrizes inconsistentes têm pelo menos uma comparação e sua recíproca, $a_{ij} = a_{ik}a_{kj}$, resultando em $\lambda_{max} > m$. É desejável que $CR \leq 0,1$, então A pode ser aceito, ou seja, está em conformidade com a prática anterior, ou que os tomadores de decisão não mudaram de ideia ao preencher a matriz de comparação aos pares.

As alternativas devem ser avaliadas em relação a cada critério, resultando em sua importância, como qualidade, adesão ou preferência x . No AHP, esses valores de preferências são geralmente denominados como prioridades locais de alternativas (Saaty, 2014).

4. Construção de uma escala de valores relativos, utilizando as prioridades obtidas nas comparações aos pares para ponderar as prioridades no nível das alternativas e no nível dos

critérios adotados. A partir desta etapa, pode-se construir uma escala de valores globais com prioridades finais.

3.3.2 Outros procedimentos de aplicação do AHP

Salomon, Marins e Duduch (2009) apresentam dois outros procedimentos diferentes que podem ser úteis na aplicação do AHP: O primeiro é o uso do *ratings* ou medição absoluta e o segundo procedimento diferente de representar o desempenho é a síntese ideal (Saaty, 2006).

Em relação ao *ratings* ou medição absoluta, Saaty (2008) propõe que em problemas práticos, muitas vezes a grande quantidade de alternativas avaliadas faz com que o número de comparações aos pares necessárias seja excessivamente grande para o tratamento pela abordagem original do AHP (medição relativa), o que pode ser resolvido com a utilização da abordagem do AHP com *ratings*.

Salomon, Marins e Tramarico, (2016) corroboram afirmando que a diferença na abordagem *ratings* do AHP é que a avaliação é realizada a partir de níveis de desempenho associadas a cada critério ou subcritério relacionados a cada alternativa, ao invés de realizar as comparações aos pares das alternativas. As categorias que formam os ratings devem ser claramente definidas, de forma menos ambígua possível, para descrever adequadamente o critério e os subcritérios (Duarte Junior, 2024). O rating é considerado adequado pois os tomadores de decisão o consideram uma ferramenta apropriada para avaliar alternativas e sua principal vantagem é diminuir o número de comparações necessárias quando há muitas alternativas (Silva; Belderrain; Pantoja, 2010).

Em geral, as técnicas de escala podem ser divididas em duas categorias: escalas não comparativas e escalas comparativas (Debicka; Mazureck; Ostaseiwics, 2022). Ainda segundo os autores, as escalas não comparativas são utilizadas para analisar o desempenho de um produto ou um objeto individual, enquanto nas comparativas os entrevistados são solicitados a colocar um determinado objeto em relação a um outro. Esta pesquisa concentra-se em classificação de escalas comparativas, ou seja, em tarefas ordinais que envolvem classificar dados de dominância, ou de um estímulo sobre outro ou julgamentos de maior que, ou menor que, quando são necessários. Simboliza que o respondente precisa selecionar um de acordo com a sua preferência.

Entre as mais usuais de acordo com a literatura, temos a Escala Likert, a ser utilizada de modo adaptada neste trabalho, a escala Thurstone, considerada um modelo de comparação aos

pares por meio de escolhas probabilísticas e a escala de Bradley-Terry quando comparações pareadas são realizadas e necessárias em períodos de tempo prolongados (Cattelan, 2012).

A Tabela 7 apresenta sete níveis de desempenho, para avaliar alternativas quanto aos critérios (Salomon, 2016).

Tabela 7: Níveis de desempenho para medição relativa para AHP

Nível	Preferência
Excelente	1.0
Muito bom	0.9
Bom	0.8
Médio	0.7
Abaixo da média	0.6
Pobre	0.5
Muito pobre	0.4

Fonte: Salomon (2016)

Em relação ao procedimento AHP síntese ideal, Saaty (2006), define que, ao invés de normalizar o vetor de desempenho, dividindo os seus pela sua soma, os componentes devem ser divididos pelo seu valor máximo. A principal vantagem deste método calculando a prioridade pelo máximo valor e não pela soma, é que mesmo as alternativas que pela soma possam ser consideradas menos importantes, quando do cálculo pelo valor máximo, esta mesma alternativa possa ter uma importância em termos de valor mais significativa.

Resumindo, uma primeira limitação do AHP é a independência necessária de critérios e alternativas. Outra limitação está no total de critérios e alternativas. Se o número de critérios for > 9 , então podem ser agrupados como subcritérios que conduz a um outro nível na hierarquia. Se o número de alternativas for > 9 , podem ser agrupadas e aplicar o procedimento *ratings* ou medição absoluta.

As prioridades gerais das alternativas são obtidas ponderando as prioridades locais das alternativas x pelos pesos dos critérios w , como na Eq. (4).

$$y = wx \quad (4)$$

Apesar de seu uso extensivo nesta direção, é difícil aplicar o AHP quando o número de escolhas alternativas disponíveis para os tomadores de decisão é grande porque será complicado completar as matrizes AHP pareadas (Ishizaka; Pearman; Nemery, 2012). O MAUT é preferível

ao AHP em tais situações (Guarini; Battisti; Chiovitti, 2018). Dado um conjunto de opções de decisão a serem classificadas de acordo com certos critérios, o MAUT fornece um método para classificar estas opções de decisão de modo que a opção de decisão mais bem classificada seja aquela que maximiza uma função de utilidade especificada (Akpan; Morimoto, 2022), que será apresentado na sequência.

3.3.3 MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*)

A teoria de utilidade por múltiplos atributos, MAUT foi introduzido por Keeney e Raiffa em 1976 e tem como base a combinação de técnicas da teoria da utilidade e de técnicas das teorias das decisões desenvolvida por Von Neumann e Morgenstern (1953), sendo considerada um dos métodos fundamentais e mais populares e usuais da tomada de decisão múltiplos critérios (Wang; Lin; Lo, 2011; Emovon; Norman; Murphy, 2016; Bukhsh *et al.*, 2018).

A teoria da decisão demonstra que, sob certos axiomas, ou seja, proposições aceitas como verdadeiras sem demonstração e que servem de base para o desenvolvimento de uma teoria, um tomador de decisão diante de resultados probabilísticos de diferentes escolhas irá se comportar como se estivesse maximizando o valor esperado de alguma função definida sobre os resultados potenciais (Von Neumann; Morgenstern, 2007).

No MAUT os fatores básicos tratados pela teoria da decisão, são definidos como: os estados da natureza; ações (alternativas) que o decisor pode adotar; consequências, que podem ser estimadas por meio das funções probabilísticas da consequência. Também trata de incertezas inerentes aos problemas a serem analisados por meio do uso de conhecimento a priori de especialistas (Almeida, 2013; Bukhsh, 2018).

O MAUT é considerado um método mais simples do que o AHP pois não requer comparações aos pares (Wang; Lin; Lo, 2011; Doczy; Abdel-Razig, 2017; Kong; Wu, 2022), caracterizado por um método sistemático de identificar e analisar múltiplas variáveis, quantitativas ou qualitativas, para fornecer uma base comum com o objetivo de apontar uma decisão.

O elemento chave é construir funções de utilidade para a qual são necessárias funções de utilidade única e seus fatores de ponderação (Kim; Song, 2009; Chang, 2009; Ishizaka; Nemery, 2013; Oliveira; Dias, 2020).

O método assume que cada tomador de decisão tente otimizar, consciente ou implicitamente, uma função agregada que integra as opiniões de todos envolvidos na decisão. Esta função pode ser desconhecida antes do início da decisão, e desse modo, os tomadores de decisão precisam primeiro construí-la (Ishizaka; Nemery, 2013; Wallenius *et al.*, 2008).

A utilidade de cada critério ou atributo não precisa ser linear. A forma da função de utilidade representa a atitude de risco do tomador de decisão. Se o tomador de decisão for racional (chamado risco neutro), a função de utilidade é (aproximadamente) linear. Se a função de utilidade for côncava, o tomador de decisão é avesso ao risco; por outro lado, se a função de utilidade for convexa, o tomador de decisão está propenso ao risco (Wang; Lin; Lo, 2011; Emovon; Norman; Murphy, 2016).

Esta pesquisa adota funções de utilidade lineares, porque são simples de trabalhar e porque conceitos como riscos e incerteza não estão sendo considerados.

O procedimento metodológico do método MAUT pode ser sumarizado nas seguintes etapas (Cheung; Suen, 2002; Chan; Suen; Chan, 2006; Adali; Isik, 2017):

1. Determinar os critérios, subcritérios e alternativas do problema de decisão;
2. Estimar os pesos dos critérios com um dos métodos de ponderação;
3. Construir a matriz de decisão X , conforme Eq. (5), representada pelo desempenho da i -ésima alternativa no j -ésimo critério;

$$X = [x_{ij}]_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

4. Definir a função utilidade para o intervalo de resultados de cada atributo. O valor de um (1) é atribuído ao nível mais alto de satisfação para um determinado critério, enquanto o valor zero (0) é atribuído ao valor mais baixo. Valores intermediários podem ser calculados por interpolação linear entre 0 e 1 (Salomon, 2010).

Para cada alternativa, deve-se determinar uma utilidade marginal u em relação a cada critério. Para atributos qualitativos, pode-se adotar a escala Likert adaptada para MAUT de cinco pontos, onde recebe cinco pontos para a avaliação excelente; quatro pontos para a avaliação muito bom; três pontos para bom; dois pontos para médio e um ponto para a avaliação regular (Salomon, 2016);

5. Usar a função global para encontrar a utilidade esperada de cada alternativa. Função utilitária aditiva mostrada na Eq. (6) é o modelo mais simples do MAUT.

Nesse modelo, a utilidade combinada dos objetivos múltiplos é a soma das funções de utilidade única multiplicadas por uma constante de escala que reflete a importância de cada objetivo no contexto da decisão (Kailiponi, 2010), onde $U(A_i)$ representa a utilidade da alternativa i , w_j representa o peso do critério j e $u_j(x_{ij})$ representa os valores dos critérios normalizados determinados a partir de funções de utilidade de critério único em escalas normalizadas.

$$U(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j u_j(x_{ij}) \quad (6)$$

Os tomadores de decisão devem escolher pela alternativa com o maior valor de utilidade integrada (Wang; Lin; Lo, 2011).

3.3.4 MAVT (*Multi-Attribute Value Theory*)

Os fundamentos da teoria do valor por múltiplos atributos, MAVT foram descritos por Keeney e Raiffa (1976) e pode ser usada para resolver problemas que envolvem um número finito e conjunto discreto de alternativas que devem ser avaliadas com base em objetivos conflitantes.

O MAVT é uma variação de MAUT com funções de valor V , em vez de funções de utilidade U (Oppio; Bottero; Arcidiacono, 2022). U e V têm o mesmo contradomínio: intervalo $[0, 1]$. No entanto, para cada critério, haverá sempre pelo menos uma alternativa com $U = 0$. Em MAVT, zero marginal os valores resultam apenas de pontuações nulas. Então, para as pontuações 3, 4 e 5, os valores marginais serão $V(3) = 0,6$; $V(4) = 0,8$; e $V(5) = 1$, respectivamente

A intenção do MAVT é construir um meio de associar um número real a cada alternativa, a fim de produzir uma ordem de preferência das alternativas consistente com julgamentos de valor do tomador de decisão (Bottero; Mondini; Oppio, 2016).

Deve-se notar que a aplicação do MAVT como apresentado neste trabalho refere-se a uma versão simplificada para o desenvolvimento do método.

Do ponto de vista metodológico, o processo a ser seguido para construir um modelo MAVT consiste nos seis passos fundamentais (Oppio; Bottero; Arcidiacono, 2022):

1. O primeiro passo está relacionado com a definição e estruturação do objetivo fundamental e seus critérios relacionados. Objetivos são “declarações de algo que se deseja alcançar” (Keeney, 1992) e dependem do problema a ser analisado, dos atores envolvidos no processo de decisão e no ambiente em que o processo de decisão ocorre (Keeney, 1992; Beinat, 1997);
2. A segunda etapa consiste em identificar e criar opções alternativas. As alternativas são as soluções potenciais para o problema de decisão;
3. A terceira etapa está relacionada com a avaliação dos escores de cada alternativa em termos de cada atributo. Os desempenhos de cada alternativa especificam para cada critério o resultado da alternativa (Beinat, 1997);
4. A quarta etapa diz respeito à modelagem de preferências e trocas de valor. Além dos perfis de múltiplos atributos em avaliação (ou seja, as alternativas de decisão), os itens de informação que desempenham um papel em um modelo de função de valor múltiplo atributo são as funções de valor marginal, os pesos, e a função de valor múltiplo atributo que associa um valor global com cada alternativa;
5. O quinto passo está relacionado ao ranking das alternativas.

O MAVT inclui diferentes modelos de agregação, mas o mais simples e mais utilizado é o modelo aditivo (Belton; Stewart, 2002) como é representado na Eq. (7) onde $V(A_i)$ é o valor global da alternativa a , $v_i(a_i)$ é o valor associado à avaliação da alternativa a no atributo i , e w_i é a relação de troca entre os critérios.

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(x_{ij}) \quad (7)$$

3.3.5 TOPSIS (*Technique for order preference by similarity to the ideal solution*)

TOPSIS, técnica de preferência de ordem por semelhança com a solução ideal é um dos métodos clássicos de MCDM mais eficientes e conhecidos e foi originalmente desenvolvido por Hwang e Yoon em 1981 em seu livro “*Multiple-Attribute Decision Making*”, com desenvolvimento posterior por Chen e Hwang em 1992 (Wang; Zhu; Wang, 2016; El-Araby; Sabry; El-Assal, 2022) que avalia o desempenho das alternativas por meio da similaridade com a solução ideal (Liern; Pérez-Gladish, 2022).

Como em MAUT e MAVT, os pesos dos critérios são diretamente avaliados, sem comparações aos pares e se assemelha aos referidos métodos pelo uso de valores para preferências de alternativas x .

O método TOPSIS apresenta dois pontos de "referência": uma solução ideal positiva (PIS)(a+) e uma solução ideal negativa (NIS)(a-) (Yue, 2011). A solução ideal positiva é aquela que maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de custo, enquanto a solução ideal negativa maximiza os critérios de custo e minimiza os critérios de benefício. O TOPSIS determina a melhor alternativa minimizando a distância até a solução ideal e maximizando a distância até a solução ideal negativa. Este método assume que cada critério está aumentando ou diminuindo monotonicamente. No entanto, a matriz de decisão no TOPSIS possui valores ponderados, como na Eq. (8), para $i = 1, \dots, m$, e $j = 1, \dots, n$. As eq. (9) e (10) apresentam como calcular a_j^+ e a_j^- .

$$x_{ij} = w_j v_{ij} \quad (8)$$

$$a_j^+ = \max(x_{ij}) \quad (9)$$

$$a_j^- = \min(x_{ij}) \quad (10)$$

A ordem de preferência das alternativas é obtida por meio da comparação das distâncias euclidianas d_i^+ para a solução ideal positiva e d_i^- , para a solução ideal negativa conforme as Eq. (11) e (12), para $i = 1, \dots, m$.

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (a_j^+ - x_{ij})^2} \quad (11)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - a_j^-)^2} \quad (12)$$

Finalmente, os coeficientes de proximidade c_i são obtidos como na Eq. (13), para $i = 1, \dots, m$.

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (13)$$

Quando as preferências gerais para a alternativa i estão mais próximas do PIS do que do NIS, então $c_i > 0,5$.

3.3.6 COPRAS (*Complex Proportional Assessment*)

A avaliação proporcional complexa COPRAS foi proposta por Zavadskas *et al.*, (1994) e a sua lógica é priorizar as possíveis alternativas para tomada de decisão com base em critérios benéficos e não-benéficos, além de funcionar como um ranking de avaliação entre as alternativas analisadas.

O método possui uma abordagem lógica e sistemática que é primordial para a tomada de decisão, uma vez que esta atividade é complexa e com vários critérios (Gadakh, 2014). Porém, neste contexto, se comparado o método COPRAS com os mais utilizados como AHP, ANP e TOPSIS, pode-se dizer que ele é relativamente novo e está em evolução (Schramm, V.; Cabral e Schramm, F., 2020).

Neste método, o melhor valor alternativo é selecionado encontrando tanto a solução para o melhor valor ideal como para a pior solução ideal. É utilizado em problemas de campo de engenharia para avaliação e seleção de projetos alternativos (Patel *et al.*, 2020).

Pode-se afirmar que o método MADM assume a dependência direta e proporcional da significância e grau de utilidade das versões investigadas de um sistema de descrição adequado das alternativas e dos valores e pesos dos critérios (Zavadskas; Turrskis; Kildiene, 2014).

A determinação da significância, a ordem de prioridade e o grau de utilidade das alternativas é realizado em cinco passos a seguir:

1º passo: Construir uma matriz de tomada de decisão normalizada ponderada. O objetivo é receber valores ponderados adimensionais dos índices comparativos. Quando os valores adimensionais dos índices são conhecidos, todos os critérios, originalmente com dimensões diferentes, podem ser comparados conforme Eq. (14), onde x_{ij} é o valor do critério i no atributo ou alternativa j de uma solução, m é o número de critérios, n é o número de alternativas a serem comparadas;

$$X = [x_{ij}]_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

2º passo: Normalizar a matriz de decisão, utilizando da Eq. (15);

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (15)$$

3º passo: Ponderar a matriz de decisão normalizada $V = (v_{ij})$, onde cada v_{ij} representa o desempenho normalizado e ponderado do critério i pelo peso (w) do critério j , conforme Eq. (16);

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (16)$$

As melhores alternativas são aquelas que têm o maior v_{ij} para critérios que devem ser maximizados e o mínimo v_{ij} para os critérios que devem ser minimizados. A+ indica a melhor alternativa, ou seja, a solução ideal e com mesma lógica, A- indica solução anti-ideal.

4º passo: Deve-se somar os valores dos critérios, onde valores maiores são mais desejáveis (a direção da otimização é a maximização), e vice-versa. A solução ideal é definida pelos melhores valores de classificação das alternativas para cada critério individual, e vice-versa. A solução ideal negativa é representada pelos piores valores de classificação das alternativas. Termos “o melhor” e “o pior” são interpretados como cada critério individualmente no que diz respeito maximização ou minimização de critérios. Os cálculos das somatórias dos dados normalizados, para os critérios positivos (S_{+j}) e para os critérios negativos (S_{-j}), são apresentados pelas Eq. (17) e (18), onde v_{+ij} representa os valores dos critérios positivos que se deseja maximizar, pois descrevem benefícios, enquanto v_{-ij} representa os valores dos critérios negativos, que se pretende minimizar por serem custos ou não-benefícios (Zavadskas *et al.*, 2007; Patel *et al.*, 2020).

$$S_{+j} = \sum_{i=1}^m v_{+ij}, \quad \text{para } i = 1, \dots, m \quad e \quad j = 1, \dots, n \quad (17)$$

$$S_{-j} = \sum_{i=1}^m v_{-ij}, \quad \text{para } i = 1, \dots, m \quad e \quad j = 1, \dots, n \quad (18)$$

5º passo: Determinar a significância relativa de cada alternativa, onde S_{-min} é o mínimo valor aceito de S_{-j} , conforme Eq. (19).

$$Q_j = S_{+j} + \frac{S_{-min} \sum_{j=1}^n S_{-j}}{S_{-j} \sum_{j=1}^n \frac{S_{-min}}{S_{-j}}} \quad \text{para } j = 1, \dots, n \quad (19)$$

A significância Q_j do projeto a_j indica o grau de satisfação das demandas e objetivos perseguidos pelos stakeholders. Quanto maior for Q_j , maior será a eficiência do projeto. Nesse caso, a significância Q_{max} do projeto mais racional será sempre a mais alta. A significância dos projetos restantes é menor em comparação com o mais racional.

Isso significa que todas as demandas e objetivos das partes interessadas serão atendidos em menor grau do que seria no caso do melhor projeto.

O grau de utilidade é calculado pela comparação do projeto analisado com o projeto mais eficiente. Neste caso, todos os valores de grau de utilidade relacionados ao projeto analisado irão variar de 0 a 100% (Zavadskas *et al.*, 2007).

Isso facilitará uma avaliação visual da eficiência dos projetos. A Eq. (20) é utilizada para calcular o grau de utilidade N_j definida por:

$$N_j = \frac{Q_j}{Q_{máx}} 100\% \quad (20)$$

O grau de utilidade N_j para a alternativa a_j indica o nível de satisfação das necessidades das partes interessadas no projeto.

3.4 MÉTODOS DE COMPARAÇÃO

Neste tópico serão apresentados os coeficientes de correlação e os índices de compatibilidade que serão utilizados quando da comparação entre a aplicação dos métodos MADM usuais e não usuais nos casos pesquisados.

3.4.1 Coeficiente de Correlação Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson foi idealizado por Karl Pearson e Francis Galton (Stanton, 2001) e avalia o grau de associação linear entre variáveis (Smirnov *et al.*, 2022).

Duas variáveis se associam a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância. No caso da correlação de Pearson (r) vale este último parâmetro, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis (Garson, 2009; Moore; Notz; Fligner, 2015). Caracteriza-se um modelo linear quando um determinado acréscimo ou decréscimo de uma unidade na variável x gera o mesmo impacto na variável y .

Portanto, a correlação de Pearson (r) exige um compartilhamento de variância de modo que seja distribuída linearmente (Kozak, 2009). Diante de uma relação não linear, este coeficiente não será capaz de descrever adequadamente o padrão de associação entre as variáveis (Moore; Mc Cabe, 2003).

Na estatística, a variância $var(x)$ é uma medida da variação de uma variável x , obtida como em Eq. (21), onde $\bar{x}$ é a média, ou média aritmética de x_i , para $i = 1, \dots, m$.

$$var(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \quad (21)$$

Covariância $cov(x, y)$ é uma medida de variação conjunta entre duas variáveis, x e y (Rice, 2007), obtido pela Eq. (22).

$$cov(x, y) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m ((x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})) \quad (22)$$

O coeficiente de correlação de Pearson r entre x e y pode ser calculado conforme Eq. (23) (Asuero; Sayago; González, 2006).

$$r = \frac{cov(x, y)}{\sqrt{var(x)var(y)}} \quad (23)$$

O coeficiente de correlação de Pearson varia entre -1 e 1. O sinal indica a direção da correlação (negativa ou positiva) enquanto o valor indica a magnitude. Vetores idênticos $x = y$ resultam em $r = 1$.

Quanto mais perto de 1, mais forte é o nível de associação linear entre as variáveis. Quanto mais próximo de zero, menor é o nível de associação. Em particular, uma correlação de valor zero significa que as variáveis são ortogonais entre si (ausência de correlação). Uma correlação $r > 0$ indica que quando o valor da variável x aumenta, a variável aumenta de modo correspondente, e caso $r < 0$ pode-se afirmar que há uma correlação negativa entre x e y (Cohen, 1998).

MADM lida com um número finito de alternativas. Caso o conjunto de alternativas for, por exemplo, $n = 2, 3, 4$, há uma preocupação matemática com o uso de r . Correlação de poucas

observações podem não ser confiáveis. Portanto, a correlação deve ser verificada pela sua significância estatística (t_r) da diferença de zero, previamente calculada, como na Eq. (24).

$$t_r = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (24)$$

Deste modo será possível não apenas indicar onde tal correlação é maior ou menor, mas também será possível testar a confiabilidade quantitativa do valor resultante para r . Existem diferentes testes estatísticos sobre a significância dos índices de correlação. Este trabalho emprega a distribuição *t student*. Na distribuição *t* bicaudal, o nível de significância de $\alpha = 0,1$, resulta em $t = 2,92$.

Portanto, para $t_r \geq 2.92$, r pode ser considerado um índice de correlação confiável, com probabilidade pelo menos igual a 90% (Venables; Ripley, 2003).

3.4.2 Coeficiente de Correlação Spearman

O coeficiente de correlação de Spearman r_s é calculado para expressar o desvio entre os rankings de diferentes métodos em números numéricos. Ranking é a ordem crescente entre as variáveis. O valor de r_s deve ficar entre +1 e -1 onde o valor de (+1) indica uma coincidência perfeita entre os dois métodos e o valor de (-1) indica que não há coincidência entre os dois métodos.

Quanto mais próximo o valor de r_s de zero, mais fraca a correlação entre os dois métodos (El-Araby; Sabry; El-Assal, 2022).

O coeficiente de correlação de Spearman r_s entre dois métodos é obtido pela Eq. (25), onde $p_i = \text{ranking}(x_i/x)$ e $q_i = \text{ranking}(y_i/y)$ para $i = 1, \dots, m$.

$$r_s = \frac{\text{cov}(p, q)}{\sqrt{\text{var}(p) \text{var}(q)}} \quad (25)$$

3.4.3 Índices de compatibilidade Saaty e Garuti

Os vetores de decisão são o principal resultado esperado com as aplicações AHP, MAUT, MAVT e TOPSIS. Eles têm nomes e conceitos diferentes como “prioridade geral” para AHP,

“utilidade conjunta” para MAUT, e “valor agregado” para MAVT, e “coeficiente de proximidade” para TOPSIS. No entanto, também existem algumas características comuns. Componentes que variam de 0 a 1 são as principais similaridades matemáticas dos vetores de decisão AHP, MAUT, MAVT e TOPSIS.

Como mencionado, as aplicações de diferentes métodos MADM podem resultar em diferentes decisões (Zanakis *et al.*, 1998). Por outro lado, vetores de decisão não idênticos podem levar à mesma decisão. Matematicamente, diferentes vetores podem estar próximos ou distantes. Quando dois vetores diferentes estão próximos, são denominados vetores compatíveis (Saaty, 2014). Saaty (2005) e Garuti (2019) propõem a utilização de índices de compatibilidade devido ao seu potencial para medir o grau de correspondência entre perfis e dados padrões.

O índice de compatibilidade de Saaty S , pode ser calculado baseado em conceitos da álgebra linear. S pode ser considerado um indicador da eficácia da decisão, se depois de tomada a decisão puderem ser obtidos valores reais. Neste caso, S indicará a compatibilidade entre x , o vetor de decisão obtido com a aplicação de um método de MCDM, e y , um vetor obtido com dados reais (Paula; Salomon, 2008).

S indica o distanciamento entre dois vetores, x e y . Quanto mais o valor de S se aproxima de 1, mais próximos os vetores estão entre si. Quanto mais compatíveis são dois vetores, mais próximo S está de 1, e sugere que x e y não sejam considerados compatíveis para $S > 1,1$ (Saaty, 2005).

O valor S é obtido da Eq. (26), onde e é uma matriz-coluna com todos componentes iguais a 1, A e B são matrizes obtidas a partir dos vetores $(a_{ij} = x_i/x_j, b_{ij} = y_i/y_j)$ e $A * B$ é o Produto Hadamard entre as matrizes, ou seja, $a_{ij}b_{ij} = a_{ij}b_i$ (Salomon, 2010).

$$S = \left(\frac{1}{n^2}\right) e^T A B^T e \quad (26)$$

A matriz de Hadamard, nomeada em homenagem ao matemático Jacques Hadamard, é uma matriz quadrada cujas entradas têm valores de +1 e -1 e têm vetores ortogonais de linha e de coluna (Seberry; Wysocki, B.; Wysocki, T., 2005). O contradomínio, definido como um conjunto que deve conter todos os resultados de $S(x, y)$ é o intervalo entre $(1, \infty)$. Vetores idênticos $x = y$ resultam em $S = 1$.

Para $3 \leq m \leq 5$ Saaty (2014) sugere que caso $S \leq 1,1$ indica compatibilidade entre x e y .

O índice de compatibilidade de Garuti G retorna valores corretos em ambientes ponderados, principalmente porque G considera o processo de ponderação na projeção correta de vetores (Garuti, 2019). Ainda de acordo com o autor, os índices G são baseados em escalas ordinais capazes de responder adequadamente ao conceito mais complexo e mais rico de proximidade pois a intensidade, e não sua ordem numérica de classificação, é o que realmente importa para estabelecer a proximidade entre os vetores prioritários.

Portanto o índice G , entre x e y , é obtido como na Eq. (27).

$$G = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{\min(x_i, y_i)}{\max(x_i, y_i)} (x_i + y_i) \right] \quad (27)$$

O contradomínio de $G(x, y)$ é o intervalo $[0, 1]$. Vetores idênticos $x = y$ também resultam em 1 para este índice de compatibilidade, ou em $G = 1$. Caso contrário, $G < 1$. Tolerância de dez por cento também foi proposto para G , como em Garuti (2019).

Para $n > 5$, S não é indicado devido à sensibilidade a pequenos componentes em x e y .

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Os dados a serem apresentados, como descrito, foram extraídos de dois *Papers* publicados pelo autor deste trabalho. A pesquisa que envolve a realocação de uma planta industrial, foi publicado pela ANOR (*Annals of Operations Research*) com o título: *Compatibility and correlation of multi-attribute decision making: A case of industrial relocation*. A outra pesquisa que envolve a análise de risco de interrupção das CS em função da pandemia, é o capítulo 7, *Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics*, do livro *Understanding the Dynamics of New Normal for Supply Chains* publicado pela Springer.

4.1 APLICAÇÃO DO MADM NO PROCESSO DE REALOCAÇÃO INDUSTRIAL

A diversificação industrial (DI) e a realocação industrial (RI) são dois tipos dominantes de respostas estratégicas ao declínio industrial (Grillitsch; Asheim, 2018; Schamp, 2005). Na DI, as empresas permanecem no local, mas deixam a indústria. Na RI, as empresas permanecem na indústria, mas saem do local. Portanto, o RI é uma estratégia para aumentar a competitividade do negócio, deslocando o local de suas operações.

Existem diferentes estratégias para RI, como pseudo realocação, realocação estratificada e realocação total (Atakhan-Kenneweg; Oerlemans; Raab, 2021; Brouwer; Mariotti; Van Ommeren, 2004). Pseudo realocação ocorre por meio de aquisições ou terceirização de operações. A realocação estratificada foi utilizada por fabricantes que envolvem alguns segmentos de produção (Johansson; Olhager, 2017; Liao; Chan, 2011). A realocação total é o foco desta pesquisa. A estratégia de RI envolve a necessidade de instalações mais adequadas, redução de custos e incentivos políticos.

As principais razões para RI incluem impactos ambientais (Aus Dem Moore; Grobkurth; Themann, 2019; Koch; Basse Mama, 2019; Li; Wang, 2020; Li *et al.*, 2019; Wang; Dong; Liu, 2019; Zhang, 2017), aumento dos preços da terra (Chen *et al.*, 2018; Tang *et al.*, 2020), busca por melhorias no processo de manufatura (Jiang; Timmermans; Yu, 2018; Liu *et al.*, 2021), reestruturação industrial (Kurata; Nomura; Suga, 2020; Lundberg; Andresen; Törnroos, 2016), criação de valor compartilhado (*shared value*) (Arena; Azzone; Piantoni, 2020) e impactos

socioeconômicos (Indraprahasta; Derudder; Hudalah, 2019; Pan *et al.*, 2019; Pappas *et al.*, 2018; Yang; Gallagher, 2017).

Vários métodos têm sido aplicados como apoio a tomada de decisão em relação à RI, como regressão linear (Pappas *et al.*, 2018; Tang *et al.*, 2020), simulação de Monte Carlo (Li; Wang, 2020), regressão não linear (Wang; Dong; Liu, 2019) e teoria de percolação (Jiang; Timmermans; Yu, 2018). Estes métodos são puramente modelagem matemática. O MADM, em vez disso, requer entrada humana, por exemplo, para ponderar atributos. A interação humana é uma grande força do MADM sobre modelos de regressão e simulação, uma vez que permite que a subjetividade seja incorporada na resolução de problemas e está ganhando atenção graças à possibilidade de enfrentar interesses conflitantes em problemas muito complexos (Mardani; Jusoh; Zavadskas, 2015b; Ortiz-Barrios; Cabarcas; Ishizaka, 2021).

Revisões da literatura realizadas de aplicações do AHP, tendo “alocações” como palavra-chave não resultaram em sucesso, ou seja, não foram encontrados artigos com foco em realocação industrial. Entre os artigos selecionados sobre alocações, o principal objetivo das pesquisas era em relação a escolha e seleção de uma primeira locação industrial (Vayda; Kumar, 2006; Farahani; Steadie-Seife; Asgari, 2010; Emrouznejad; Marra, 2017).

Uma revisão das revisões de literatura (Zavadskas; Turskis; Kildiene, 2014), não delimitado ao AHP, identificou apenas uma referência à localização industrial (Melo; Nickel; Saldanha-da-Gama, 2009). Apesar de citar o RI como realocação de instalações, esta referência não associou RI aos métodos MADM. Em outra revisão da literatura (Mardani *et al.*, 2015a) também identificou uma única referência sobre problema de realocação. No entanto, esta referência apresenta o AHP aplicado a um problema de realocação de tecnologia (Cay; Uyan, 2013), não de interesse industrial.

Portanto, há uma lacuna de pesquisa na literatura de RI, uma vez que MADM e MCDM são bem aplicados em diversos problemas de decisão gerencial, com ênfase na GCS (Ishizaka; Nemery, 2013; Khan; Chaaabane; Dweiri, 2018; Mardani; Jusoh; Zavadskas, 2015b; Tramarico *et al.*, 2015; Ortiz-Barrios *et al.*, 2019; Ortiz-Barrios; Alfaro-Saiz, 2020).

Deste modo justifica-se a escolha desta atividade para aplicações dos métodos MADM em um caso real de RI. Como observado anteriormente, os modelos matemáticos como regressão linear ou não linear e simulação já foram aplicados em estudos de RI. Uma das

principais desvantagens destes modelos em relação ao MADM é a necessidade de dados históricos. Com o MADM, o conhecimento de especialistas pode ser incorporado à análise.

Para aplicação do MADM, um conjunto de atributos ou critérios foi coletado da literatura como sendo os principais motivos geradores do estudo para realocação industrial (Chen *et al.*, 2018; Jiang; Timmermans; Yu, 2018; Li; Wang, 2020; Liao; Chan, 2011; Liu *et al.*, 2021; Pappas *et al.*, 2018; Tang *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2017):

- Incentivos políticos atraentes;
- Aspectos ambientais;
- Escassez de trabalho;
- Necessidade de cortar custos de produção;
- Proximidade física de parques de alta tecnologia para modernização industrial.

Um conjunto de critérios de cinco componentes pode parecer pequeno demais para uma decisão estratégica. No entanto, o tamanho não é a característica mais desejável de tal conjunto. Exclusividade mútua e exaustividade coletiva (MECE) são as características mais desejáveis para um conjunto de critérios (Lee; Chen, 2018). Neste sentido, a análise de benefícios, oportunidades, custos e riscos (Modelo BOCR) foi aplicado com sucesso com AHP (Wijnmalen, 2007). Com o modelo BOCR é possível avaliar todos os fatores para a tomada de decisão: O certo (B e C), o incerto (O e R), méritos positivos (B e O) e negativos (C e R) (Shih *et al.*, 2014). Portanto, quatro critérios exclusivos e exaustivos poderiam ser melhores do que mais critérios não exclusivos, ou nem exaustivos.

O caso pesquisado é um grupo industrial francês que se predispôs a fornecer os dados por meio de entrevistas com a equipe de especialistas em função do autor desta tese ter trabalhado por longo período nesta organização. Uma de suas principais fábricas está localizada no município de São Paulo, capital do estado de São Paulo, têm sua planta parcialmente automatizada, conta com 400 colaboradores e transforma anualmente 6.000 toneladas de matéria-prima em produtos metais mecânicos. O planejamento estratégico do grupo identificou a necessidade de redução de custos das operações no Brasil. Portanto, o conselho de administração do grupo considerou a mudança de localização desta fábrica.

A opção de realocar a fábrica veio em função de uma soma de diversos fatores como por exemplo: o alto custo envolvendo os colaboradores diretos e respectivos benefícios em função

de constantes acordos sindicais; o preço atual do aluguel do imóvel em função da valorização da área do local da fábrica; a alta gerência entende que a planta atingiu a máxima eficiência operacional, pois já implementou os melhores e mais atuais conceitos e ferramentas em relação às boas práticas em Gestão da Manufatura. Outro fator importante foi a diminuição da competitividade devido ao lançamento de novos produtos fabricados na China.

O mesmo conselho recomendou que fosse criado um comitê gestor responsável em analisar quais critérios deveriam ser considerados os mais relevantes para estudar a possibilidade de realocação industrial. Fizeram parte deste comitê:

- Diretor Industrial, responsável pelas atividades de quatro plantas na América do Sul, 35 anos de experiência na empresa;
- Gerente Sênior de Manufatura, responsável por duas plantas no Brasil, 25 anos de experiência;
- Gerente Sênior da Cadeia de Suprimentos, responsável por todas as operações logísticas na América do Sul, 20 anos de experiência;
- Gerente Sênior de Engenharia, 18 anos de experiência em empresas multinacionais.

Os critérios escolhidos estão apresentados na Tabela 8, tendo como premissa de escolha, impactos considerados de grande monta relativo ao corte de custos de produção, como objetivo de decisão.

Tabela 8: Critérios identificados pelo grupo francês para estudo da RI

Critérios	Definição
Meio Ambiente (M)	Satisfação das questões ambientais, definidas pela regulamentação local e nacional
Infraestrutura (I)	Custos de aluguel, eletricidade, gás, água, etc associados a disponibilidade
Logística (L)	Facilidade para receber e enviar materiais para aeroportos, rodovias e portos marítimos
Colaboradores (C)	Disponibilidade e custos de mão de obra direta qualificada

Fonte: Martino *et al.* (2022)

Importante contextualizar que os critérios escolhidos pelo comitê gestor também estão entre os cinco critérios identificados na revisão de literatura descrita. Portanto, os impactos no meio ambiente (M), redução do custo de infraestrutura (I), impactos nos custos logísticos (L) e redução nos custos que envolvam os colaboradores diretos (C), formam um conjunto de critérios de quatro elementos. Este conjunto é mutuamente exclusivo e coletivamente exaustivo uma vez que todos os elementos do BOCR são considerados. O meio Ambiente está relacionado a riscos, infraestrutura está relacionado a benefícios, logística está relacionado a oportunidades

e colaboradores está relacionado a custos. Ainda sobre o meio ambiente, esta é uma questão importante nos dias de hoje. O Brasil está no centro de várias controvérsias. Incêndios florestais e acidentes com barragens ganharam repercussão internacional nos últimos anos. Felizmente, este não é o caso da empresa estudada, que atua no setor secundário da economia. Ou seja, as indústrias não são a maior fonte de preocupação com as leis ambientais.

Desta forma, a infraestrutura poderia ser um critério mais importante para orientar uma decisão de realocação industrial. No entanto, conforme a ser apresentado mais adiante nesta seção, todas alternativas de localização consideradas para realocação possuem, no mínimo, boa infraestrutura, em relação a energia elétrica, distribuição de gás e gestão de água e resíduos.

A logística envolvendo custos de transporte é uma questão importante devido à dimensão continental brasileira. O transporte terrestre em rodovias pavimentadas é o principal modal para cargas e passageiros. Os modais ferroviário e fluvial raramente são utilizados (mais específicos para algumas *commodities*) e o modal aéreo está em pleno desenvolvimento, contando com mais de 4 mil aeroportos e campos de pouso. O Brasil tem a segunda maior malha aérea, atrás apenas dos Estados Unidos (*Central Intelligence Agency*, 2021).

Em relação aos colaboradores diretos para operar a fábrica, requer profissionais técnicos, altamente treinados em determinadas operações de fabricação específicas, além das tradicionais operações em máquinas-ferramentas, como corte, torneamento e fresamento entre outros. Definidos os critérios para análise de decisão, o próximo passo do comitê gestor foi identificar possíveis localidades para a transferência da planta industrial. A Figura 11 apresenta um mapa do Brasil, com as fronteiras dos estados. Quatro locais foram identificados a partir de relatórios e pesquisas internas da empresa, referenciados por seus códigos aeroportuários: Recife (REC), Rezende (QRZ), São José dos Campos (SJK) e São Paulo (GRU) destacados no mapa na cor preta. GRU e REC são duas das dez cidades brasileiras mais populosas.

Figura 11: Mapa do Brasil com as principais localidades para RI

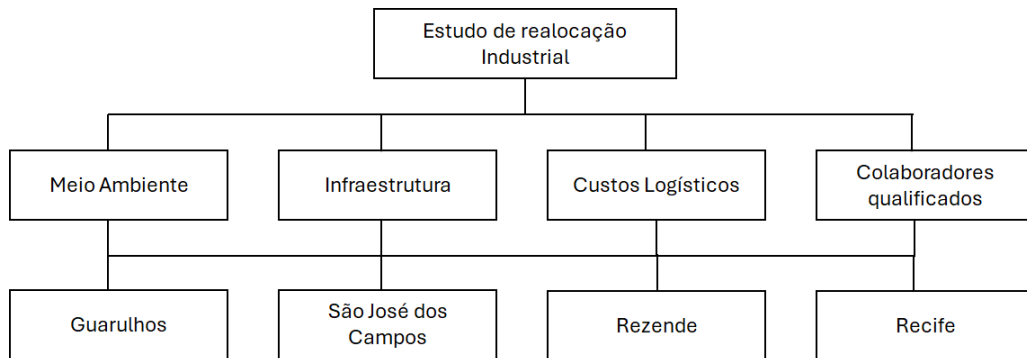


Fonte: Martino *et al.*, (2022)

As outras oito cidades estão incluídas em vermelho, consideradas como os principais polos industriais brasileiros. A localização atual (GRU) é considerada como uma alternativa. Ainda assim, trata-se de um caso de realocação industrial e não um caso de diversificação industrial. Afinal, mesmo que a empresa opte por GRU, seus produtos serão os mesmos da indústria metal mecânica. A opção por REC, apesar de ser um polo industrial na região nordeste do Brasil, foi fortemente considerada, pois o Grupo francês possui uma planta industrial nesta localidade, porém, de pequeno porte.

Portanto, resumizando as decisões de realocação definidos, é possível construir a matriz de hierarquia de três níveis com quatro critérios e quatro alternativas conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12: Hierarquia de três níveis para estudo de RI com quatro critérios e quatro alternativas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma equipe de especialistas na operação da planta, foi escolhida para fornecer dados para o comitê gestor de modo a possibilitar a aplicação do MADM. Foram selecionados cinco níveis de intensidade (regular, médio, bom, muito bom e excelente). Os dados coletados são apresentados na Tabela 9 correlacionando as quatro alternativas de localização e respectivas avaliações em função dos critérios definidos.

Tabela 9: Avaliação de alternativas a partir do relatório dos especialistas

Alternativas	M	I	L	C
GRU	Regular	Bom	Muito Bom	Excelente
QRZ	Bom	Excelente	Bom	Bom
REC	Excelente	Excelente	Regular	Médio
SJK	Excelente	Muito Bom	Bom	Muito Bom

Fonte: Martino *et al.* (2022)

Como identificado quando da descrição da empresa estudada, uma característica importante considerada, por ser uma fábrica parcialmente automatizada, é a dependência de mão de obra especializada e, portanto, têm expressiva importância da tomada de decisão na escolha da nova localidade. O segundo critério mais relevante foi em relação aos custos logísticos principalmente em função dos custos de transporte.

No Brasil pela sua extensão territorial, a distância de fornecedores de matérias primas e a distribuição dos produtos aos respectivos centros de distribuição tem um alto fator de impacto nos custos. Em relação à infraestrutura, por todos os locais pré-definidos oferecerem condições similares muito em função dos possíveis benefícios que possam ser concedidos pelas

respectivas prefeituras fruto de determinadas políticas locais a importância é um pouco menos impactante. Por último as análises que envolvem o meio ambiente, apesar da empresa já ter incorporado em seu processo produtivo as boas práticas recomendadas pelas normas vigentes.

Conforme informado pelo autor, em entrevista ao grupo de especialistas, primeiramente foi introduzido os conceitos gerais da metodologia MADM, visto que não havia muita familiaridade na aplicação dos métodos pelos especialistas. Em seguida, após novas reuniões e com a evolução do grupo, foram detalhadas as aplicações dos métodos AHP, MAUT, MAVT e TOPSIS.

Ressalta-se que, independentemente do método MADM a ser aplicado e avaliado, as informações que constam na Tabela 9 será a base da avaliação das alternativas de cada método MADM, porém, seguindo formas de cálculos diferentes, específicas para cada método, de modo a permitir a comparação e análise de similaridade entre eles.

4.2 APLICAÇÃO DO AHP

A opção de aplicação do AHP foi utilizar o AHP com *ratings* ou medição absoluta, pois a estrutura de avaliação é planejada (fixa) e cada alternativa é avaliada de acordo com seu desempenho em cada critério. Quando se trabalha com *ratings*, Saaty (2006) recomenda que os vetores de prioridades sejam idealizados e a melhor categoria recebe o valor igual a 100%. A síntese dos resultados, ou seja, as prioridades finais das alternativas são encontradas, somando-se os valores oriundos da multiplicação entre as prioridades de cada categoria e as prioridades globais dos critérios dessas categorias.

O ponto de partida foi calcular a prioridade para os critérios de realocação. A Tabela 10 apresenta as comparações aos pares sobre os critérios, agregadas por sua média geométrica gerando os valores do autovetor e a sua prioridade já em escala percentual, conforme Saaty e Peniwati (2013).

Tabela 10: Cálculo das prioridades entre os critérios de RI

Crítérios	M	I	L	C	Autovetor	Prioridade
M	1	3	1/3	1/5	0,668	12%
I	1/3	1	1/5	1/7	0,312	5%
L	3	5	1	1/3	1,495	26%
C	5	7	3	1	3,201	56%
soma	9 1/3	16	4 1/2	1 2/3		

Fonte: Martino *et al.* (2022)

Para verificar se esta matriz de comparação possa ser aceita, o próximo passo é calcular o autovalor do λ_{max} que é calculado por meio da matriz de multiplicação do vetor soma S e do autovetor normalizado W , conforme apresentado na Eq. (28):

$$\lambda_{max} = [9 \frac{1}{3}; 16; 4 \frac{1}{2}; 1 \frac{2}{3}] \begin{bmatrix} 0,118 \\ 0,055 \\ 0,263 \\ 0,564 \end{bmatrix} = 4,11 \quad (28)$$

O índice de consistência (μ) que calcula a medida de coerência dos julgamentos, é calculado por meio da Eq. (29):

$$\mu = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} = \frac{(4,11 - 4)}{(4 - 1)} = 0,037 \quad (29)$$

Para calcular a razão de consistência CR é necessário obter o índice randômico IR na Tabela 6, computado pelo Oak Ridge Laboratory (Saaty, 1991). Como a matriz é de 4 atributos, considera-se IR = 0,90, conforme apresentado na Eq. (30).

$$CR = \frac{\mu}{IR} = \frac{0,037}{0,90} = 0,041 \quad (30)$$

A verificação em relação a agregação pode ser aceita, visto que as razões de consistência de matrizes de comparação de pares foram bastante satisfatórias, abaixo do limite de 0,10. Importante destacar que as prioridades para cada critério calculada será considerada como os pesos dos critérios que serão utilizados não apenas no método AHP, mas nos demais métodos a serem calculados.

Para o cálculo do AHP por medição absoluta (*ratings*), o primeiro passo é definir os valores que serão inseridos na matriz de decisão. Estes valores, denominados de prioridades locais, são os dados qualitativos que foram definidos pelo comitê Gestor (ver Tabela 9) na avaliação de cada critério na correspondente alternativa, transformados em valores quantitativos em função do uso da Escala Likert adaptada para o AHP, que é apresentada da Tabela 11.

Tabela 11: Escala Likert adaptada para o AHP.

Nível de Desempenho	Prioridade
Excelente	100%
Muito bom	90%
Bom	80%
Médio	70%
Regular	60%

Fonte: Martino *et al.* (2022)

Ou seja, caso a avaliação de um determinado critério de uma alternativa (Tabela 9) seja excelente, recebe o valor de prioridade local 100%; caso seja muito bom recebe o valor 90% e assim sucessivamente. Complementa-se a matriz de decisão com a inserção dos pesos (prioridades) que foram definidas na matriz de comparações aos pares apresentada na Tabela 10.

Finalmente, por média geométrica é possível calcular a prioridade global para cada alternativa para método do AHP por medição absoluta (*ratings*) apresentado na Tabela 12.

Tabela 12: Matriz de decisão pelo método AHP por ratings para RI.

Alternativas	M	I	L	C	Global
GRU	60%	80%	90%	100%	0,914
QRZ	80%	100%	80%	80%	0,812
REC	100%	100%	60%	70%	0,728
SJK	100%	90%	80%	90%	0,886
Prioridade (pesos)	12%	6%	26%	56%	

Fonte: Martino *et al.* (2022)

O resultado demonstra que a prioridade global mais alta é para a realocação industrial ser em GRU. A segunda melhor decisão, seria mudar para São José dos Campos (SJK). A

realocação para Recife (REC) ou Rezende (QRZ) também são boas decisões, com prioridades gerais superiores a 0,8 e 0,7, respectivamente.

4.3 APLICAÇÃO DO MAUT E MAVT

Para construir a matriz de decisão, os valores úteis devem variar de um mínimo de 0 a um máximo de 1 como visto nas Equações 5 e 6. Os valores intermediários são calculados por interpolação linear (Salomon, 2010). Partindo da Tabela 9 gerada em função da avaliação das alternativas de realocação desenvolvida pelo Comitê Gestor, o primeiro passo é transformar os dados qualitativos desta tabela em dados quantitativos utilizando-se da tabela Likert adaptada para MAUT, conforme Salomon (2016) e apresentado na Tabela 13, gerando a matriz de decisão apresentada na Tabela 14.

Tabela 13: Escala Likert adaptada para o MAUT.

Explicação	Pontuação
Excelente	5
Muito Bom	4
Bom	3
Médio	2
Regular	1

Fonte: Salomon (2016)

Tabela 14: Matriz de decisão das alternativas para RI

Alternativas	M	I	L	C
GRU	1	3	4	5
QRZ	3	5	3	3
REC	5	5	2	3
SJK	5	4	3	4

Fonte: Martino *et al.* (2022)

Utilizando-se das Eq. (5) e (6), assumindo a mesma prioridade (pesos) calculados pelo método AHP e apresentados na Tabela 10, é possível elaborar a Tabela 15 gerando os valores consolidados denominados de utilidade conjunta.

Tabela 15: Utilidades marginais e conjunto de alternativas para RI.

Alternativas	M	I	L	C	Utilidade Conjunta
Pesos	0,12	0,06	0,26	0,56	
GRU	0,00	0,00	1,00	1,00	0,820
QRZ	0,50	1,00	0,50	0,00	0,250
REC	1,00	1,00	0,00	0,00	0,180
SJK	1,00	0,50	0,50	0,50	0,560

Fonte: Martino *et al.* (2022)

A aplicação do MAUT resulta em uma maior utilidade conjunta para localização GRU (destacada em negrito). Portanto, é a mesma decisão comparada ao método AHP anteriormente elaborado, ou seja, manter a fábrica em São Paulo. Mudar para São José dos Campos (SJK) vem em segundo lugar, e realocação para Recife (REC) e Rezende (QRZ) tiveram utilidades conjuntas inferiores a 0,5. Isso significa que a mudança para QRZ ou REC podem ser consideradas como não satisfatórias, em função do conjunto de atributos definidos.

Para o cálculo do MAVT, tendo como ponto de partida também a Tabela 14, adota-se o valor 1 para o maior valor em cada alternativa avaliada e os demais valores são calculados por interpolação. Por exemplo, na alternativa do meio ambiente (M), as alternativas de REC e SJC recebem o valor marginal 1,00 (em função da divisão 5/5). No caso de GRU, será $1/5 = 0,20$ e no caso de QRZ $3/5 = 0,60$. A seguir multiplica-se pelos respectivos pesos de cada alternativa e é possível obter o valor agregado para cada alternativa avaliada, conforme apresentado na Tabela 16.

Tabela 16: Valores marginais e agregados para alternativas de RI.

Alternativas	M	I	L	C	Valor Agregado
Pesos	0,12	0,06	0,26	0,56	
GRU	0,20	0,60	1,00	1,00	0,880
QRZ	0,60	1,00	0,75	0,60	0,663
REC	1,00	1,00	0,50	0,60	0,646
SJK	1,00	0,80	0,75	0,80	0,811

Fonte: Martino *et al.* (2022)

A aplicação do método MAVT também resulta no valor agregado mais alto para a localização GRU (destacado em negrito), acompanhando a decisão dos métodos aplicados AHP e MAUT: manter a planta em São Paulo (GRU). Mudar para SJK vem em segundo lugar, realocar para REC em terceiro e realocar para QRZ em quarto e último. Porém, no MAVT, os valores agregados entre as alternativas estão mais próximos e superiores a 0,5, podendo ponderar que a realocação para estas cidades pode ser mais bem avaliada, considerando todo o conjunto de atributos.

4.4 APLICAÇÃO DO TOPSIS E COPRAS

O procedimento TOPSIS consiste nas seguintes etapas:

1. Com base na matriz normalizada obtida pelo método MAVT (Tabela 16), desenvolve-se a matriz ponderada (Tabela 17) utilizando-se da Eq. (8).

Tabela 17: Matriz de decisão para TOPSIS

Alternativas	M	I	L	C
GRU	0,024	0,036	0,260	0,560
QRZ	0,072	0,060	0,195	0,336
REC	0,120	0,060	0,130	0,336
SJK	0,120	0,048	0,195	0,448

Fonte: Martino *et al.* (2022)

2. Na sequência calcula-se os valores da solução ideal (a^+) e da solução não ideal (a^-) por meio das Eq. (9) e (10), apresentada na Tabela 18.

Tabela 18: Cálculo da solução ideal e não ideal

Alternativas	M	I	L	C
GRU	0,024	0,036	0,260	0,560
QRZ	0,072	0,060	0,195	0,336
REC	0,120	0,060	0,130	0,336
SJK	0,120	0,048	0,195	0,448
ideal a+	0,120	0,060	0,260	0,560
não ideal a-	0,024	0,036	0,130	0,336

Fonte: Adaptado de Martino *et al.* (2022)

3. O próximo passo é calcular as distâncias euclidianas entre cada alternativa e suas respectivas soluções ideal positiva (d^+) e ideal negativa (d^-) calculadas pelas Eq. (11) e (12), bem como os coeficientes de proximidade c pela Eq. (13), dados que geram a Tabela 19 apresentada a seguir:

Tabela 19: Distâncias euclidianas e coeficiente "c" para alternativas de RI.

Alternativas	d+	d-	c
GRU	0,099	0,259	0,723
QRZ	0,238	0,084	0,261
REC	0,259	0,099	0,277
SJK	0,130	0,162	0,555

Fonte: Martino *et al.* (2022)

A aplicação do método TOPSIS apresenta como maior coeficiente de proximidade a realocação para GRU (destacado em negrito). Portanto, a mesma decisão das aplicações AHP, MAUT e MAVT, ou seja, manter a planta de GRU. A realocação para SJK vem em segundo lugar, a realocação para QRZ e REC tiveram coeficientes de proximidade mais baixos do que 0,5. Isso significa que a mudança para QRZ ou REC deveria ser reavaliada, considerando todo o conjunto de atributos.

Para a aplicação do COPRAS, considerado neste trabalho como método MADM não usual, o ponto de partida é a matriz de decisão apresentado na Tabela 14, utilizada para o cálculo do MAUT, com os mesmos pesos (prioridades) calculados na Tabela 10 quando do cálculo do AHP, e a partir dela, constrói-se a matriz de decisão normalizada (apresentada na Tabela 20) por meio da Eq. (15).

Tabela 20: Matriz de decisão normalizada.

Alternativas	M	I	L	C
Pesos	0,12	0,06	0,26	0,56
GRU	0,071	0,176	0,333	0,333
QRZ	0,214	0,294	0,250	0,200
REC	0,357	0,294	0,167	0,200
SJK	0,357	0,235	0,250	0,267

Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir, pondera-se a matriz normalizada (Tabela 21) por meio da equação 16;

Tabela 21: Matriz de decisão ponderada.

Alternativas	M	I	L	C
GRU	0,009	0,011	0,087	0,187
QRZ	0,026	0,018	0,065	0,112
REC	0,043	0,018	0,043	0,112
SJK	0,043	0,014	0,065	0,149

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, calcular as somatórias dos dados normalizados, para os atributos positivos (S+) e para os atributos negativos (S-). Os valores dos atributos positivos desejam-se maximizar, pois representam benefícios, e os valores dos atributos negativos, desejam-se minimizar por serem custos ou não-benefícios conforme Equações 17 e 18.

Analisando os critérios definidos, entende-se como benefícios a serem maximizados a estrutura necessária para meio ambiente, a utilização dos colaboradores e a infraestrutura

disponível por região, que representam o S_{+j} . Os custos logísticos deveriam ser minimizados e representam o S_{-j} .

Por fim, calcular a significância de cada alternativa (Q) utilizando-se da Eq. (19). Conforme definido por Zavadskas *et al.* (2007) a significância Q_j indica o grau de satisfação das demandas e objetivos perseguidos pelos especialistas. Quanto maior for Q_j , melhor será a sua escolha.

O grau de utilidade N_j é calculado pela Eq. (20) e indica o nível de satisfação das necessidades das partes interessadas no projeto e é determinado pela comparação das alternativas analisado com a mais eficiente. A Tabela 22 apresenta os cálculos de cada alternativa.

Tabela 22: Cálculo do grau de Utilidade.

Alternativas	S+j	S-j	Qj	Nj
GRU	0,282	0,011	0,282	100,000
QRZ	0,203	0,018	0,202	71,909
REC	0,198	0,018	0,198	70,304
SJK	0,257	0,014	0,257	91,233

Fonte: Elaborado pelo autor

A aplicação do método não usual COPRAS também resultou na mesma decisão dos métodos anteriores, ou seja, manter a planta em GRU (destacado em negrito). A realocação para SJK vem em segundo lugar enquanto a realocação para QRZ e REC vieram na sequência com graus de utilidades próximos. Isso significa que a mudança para QRZ ou REC também pode ser considerada valiosa, considerando o conjunto de atributos analisados.

4.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS MADM APLICADOS

A Tabela 23 apresenta a comparação entre os diferentes métodos MADM aplicados envolvendo a tomada de decisão de realocação industrial.

Tabela 23: Comparação entre os métodos MADM para RI.

Alternativas	MAUT	MAVT	AHP	TOPSIS	COPRAS
GRU	0,820	0,880	0,914	0,723	100,000
QRZ	0,250	0,663	0,812	0,261	71,909
REC	0,180	0,646	0,728	0,277	70,304
SJK	0,560	0,811	0,886	0,555	91,233

Fonte: Elaborado pelo autor

A localização em GRU (destacado em negrito) obteve os maiores valores em todos os cinco métodos MADM utilizados, ou seja, os de utilidade global, valor agregado, prioridade, proximidade e grau de utilidade comparadas entre as alternativas de localização. A localização em SJK também representa como segunda opção em todos os métodos, enquanto QRZ e REC obtiveram os menores valores. Pelo método MAUT e TOPSIS por terem valores abaixo de 0,5 deveriam ser evitadas ou reavaliadas como opções.

As aplicações AHP *por ratings*, MAUT, MAVT e COPRAS resultaram nas mesmas classificações: primeiro GRU, segundo SJK, terceiro QRZ e quarto REC. Com o TOPSIS, o REC ficou em terceiro lugar, e o QRZ ficou em quarto lugar.

Conforme proposto, o próximo passo é avaliar os índices de compatibilidade e correlação com base nos resultados apresentados na Tabela 23, de modo a verificar o quanto estes resultados similares entre os diferentes métodos MADM aplicados, possam trazer confiabilidade para a recomendação da decisão a ser tomada.

4.6 CÁLCULO DO ÍNDICE DE COMPATIBILIDADE E DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO.

As aplicações de diferentes métodos MADM podem resultar em diferentes decisões (Zanakis *et al.*, 1998). Por outro lado, vetores de decisão não idênticos podem levar à mesma decisão. Matematicamente, diferentes vetores podem estar próximos ou distantes. Quando dois vetores diferentes estão próximos, são denominados vetores compatíveis (Saaty, 2014). Saaty (2005) e Garuti (2019) propõem a utilização de índices de compatibilidade devido ao seu potencial para medir o grau de correspondência entre perfis e dados padrões.

O índice de compatibilidade de Saaty S , indica o distanciamento entre dois vetores, x e y . Quanto mais o valor de S se aproxima de 1, mais próximos os vetores estão entre si. Quanto mais compatíveis são dois vetores, mais próximo S está de 1, e sugere que x e y não sejam considerados compatíveis caso $S > 1,1$ (Saaty, 2005).

A Tabela 24 apresenta os índices de compatibilidade Saaty entre os resultados de AHP, MAUT, MAVT, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 24: Índices de compatibilidade Saaty entre os métodos para RI.

Método	MAUT	MAVT	AHP	TOPSIS	COPRAS
MAUT		1,247	1,301	1,044	1,226
MAVT	1,247		1,004	1,099	1,001
AHP	1,301	1,004		1,139	1,006
TOPSIS	1,044	1,099	1,139		1,086
COPRAS	1,226	1,001	1,006	1,086	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os índices *S* entre MAUT e TOPSIS (1,044), MAVT e AHP (1,004), MAVT e COPRAS (1,001), AHP e COPRAS (1,006) e TOPSIS e COPRAS (1,086) estão destacados em negrito, pois são inferiores ao limite superior de 1,1, indicando compatibilidade entre estes pares de métodos.

A Tabela 25 apresenta os índices de compatibilidade de Garuti entre os resultados de AHP, MAUT, MAVT, TOPSIS e COPRAS. Como os índices *G* entre MAUT e TOPSIS (0,895), MAVT e AHP (0,952) e MAVT e COPRAS (0,981) e entre AHP e COPRAS (0,934) destacados em negrito, são maiores que o limite inferior de 0,9 proposto por Garuti, podemos inferir que entre estes métodos existe compatibilidade.

Tabela 25: Índice de compatibilidade Garuti entre os métodos para RI.

Método	MAUT	MAVT	AHP	TOPSIS	COPRAS
MAUT		0,680	0,647	0,895	0,693
MAVT	0,680		0,952	0,758	0,981
AHP	0,647	0,952		0,723	0,934
TOPSIS	0,895	0,758	0,723		0,773
COPRAS	0,693	0,981	0,934	0,773	

Fonte: Elaborado pelo autor

Portanto, de acordo com as Tabelas 24 e 25, os resultados de AHP e MAVT, de MAUT e TOPSIS, de AHP e COPRAS e de MAVT e COPRAS são compatíveis. Mesmo resultando na mesma decisão de não se mudar de São Paulo, resultados de AHP e MAUT, de MAUT e MAVT e de AHP e TOPSIS, MAUT e COPRAS são indicados como não compatíveis por ambos os índices *G* e *S*.

O coeficiente de correlação de Pearson varia entre -1 e 1. O sinal indica a direção da correlação (negativa ou positiva) enquanto o valor indica a magnitude. Quanto mais próximo

de 1 mais forte é o nível de associação linear entre as variáveis (Cohen, 1998). Quanto mais próximo de zero, menor é o nível de associação.

A Tabela 26 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson r entre os resultados de MAUT, MAVT, AHP, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 26: Coeficiente de correlação Pearson entre métodos para RI.

Método	MAUT	MAVT	AHP	TOPSIS	COPRAS
MAUT		0,992	0,925	0,991	0,991
MAVT	0,992		0,931	0,994	0,999
AHP	0,925	0,931		0,887	0,925
TOPSIS	0,991	0,994	0,887		0,995
COPRAS	0,991	0,999	0,925	0,995	

Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto mais próximo o coeficiente de correlação estiver de 1 indica ser mais forte a correlação. Portanto podemos inferir que existe uma correlação muito forte entre os resultados dos métodos aplicados. Destaca-se apenas o coeficiente entre AHP e TOPSIS que apresenta um valor inferior a 0,9 representando uma correlação um pouco inferior as demais, porém ainda considerada forte.

A Tabela 27 apresenta os valores de t_r calculados para r conforme apresentado na Tabela 26. Verifica-se que o par menos correlacionado é entre AHP-TOPSIS, pois teve o valor de $t_r < 2,92$, portanto, é a única correlação não confiável.

Tabela 27: Teste dos resultados do coeficiente de correlação Pearson para RI.

Método	MAUT	MAVT	AHP	TOPSIS	COPRAS
MAUT		11,113	3,443	9,925	10,470
MAVT	11,113		3,578	12,852	31,599
AHP	3,443	3,578		2,717	3,443
TOPSIS	9,925	12,852	2,717		14,089
COPRAS	10,470	31,599	3,443	14,089	

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 28 apresenta os coeficientes de correlação de Spearman r_s entre os resultados dos métodos MAUT, MAVT, AHP, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 28: Coeficiente de correlação Spearman entre métodos para RI.

Método	MAUT	MAVT	AHP	TOPSIS	COPRAS
MAUT		1,0	1,0	0,8	1,0
MAVT	1,0		1,0	0,8	1,0
AHP	1,0	1,0		0,8	1,0
TOPSIS	0,8	0,8	0,8		0,8
COPRAS	1,0	1,0	1,0	0,8	

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os resultados do MAUT, MAVT, AHP e COPRAS estão perfeitamente correlacionados por terem valores igual a 1. Os resultados do TOPSIS comparados aos demais métodos aplicados são pouco correlacionados com os demais, com valor de 0,8.

4.7 RESULTADOS ENTRE OS MÉTODOS MADM PARA RI

As aplicações dos quatro métodos usuais e não usuais resultaram na mesma decisão para a empresa: não mudar de GRU. Além disso, esta indicação veio de um modelo por múltiplos atributos analisado por diferentes métodos, considerando diversos conceitos como distância euclidiana, prioridade, utilidade e valor e, portanto, podemos confirmar não existe vantagem em utilizar neste caso um método usual ou não usual.

Esta unanimidade reforça e justifica a tomada de decisão. Fatores externos e internos levaram a alta direção da empresa a considerar a realocação industrial. Portanto, quatro atributos principais foram identificados na literatura internacional para decisões de RI: meio ambiente, infraestrutura, custos logísticos e colaboradores. Os principais gestores da área industrial avaliaram os atributos em uma única reunião. Com a AHP por *ratings* a opinião dos especialistas foi comprovada pelo cálculo da razão de consistência, o que foi muito bem recebido por eles. Assim, os gestores estão motivados em aplicar o AHP para outras decisões estratégicas.

Apesar da aplicação de quatro métodos diferentes com resultados praticamente idênticos, os gestores estavam convencidos de que não era o momento para uma mudança estratégica e decidiram por enquanto não recomendar a realocação industrial, mantendo a fábrica na localização atual.

4.8 APLICAÇÃO MADM NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS NAS CS PÓS-PANDEMIA.

O segundo caso pesquisado analisa os impactos que as CS sofreram em função da pandemia COVID-19 em relação ao risco de disrupção de suas características eficientes ou responsivas, tendo a base de dados extraídos do capítulo 7, *Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics*, do livro *Understanding the Dynamics of New Normal for Supply Chain* publicado pela Springer.

É possível afirmar que as cadeias de CS não serão mais as mesmas pós-pandemia, doença associada ao coronavírus (COVID-19). A necessidade de adaptação ao novo cenário somado as transformações nas sociedades local e global, tende a impactar a vida de todos.

As empresas, as corporações, as organizações e as CS também tiveram que revisar seus processos e as formas de operá-los. Chopra (2019) categorizou os processos das cadeias de suprimentos, como cadeias de suprimentos eficientes (CSE) ou cadeias de suprimentos responsivas (CSR).

Redes de fornecimento eficiente buscam atender as demandas com o menor custo possível, com margens menores, níveis de serviço mais baixos, maior utilização de ativos e o uso de modais de transporte mais baratos.

Por outro lado, CSR atendem a requisitos de pedidos flexíveis, prazos de entrega e mix de produtos mais amplos (Holweg, 2005; Anparasan; Lejeune, 2018).

Na prática, a GCS analisa e define combinações adequadas de eficiência e capacidade de resposta. As CS devem ter bom desempenho de acordo com os indicadores financeiros, bem como para a satisfação dos clientes em relação a sustentabilidade.

No entanto, em um cenário pós-pandemia, é possível afirmar que a combinação de eficiência e capacidade de resposta ainda continua adequada?

As epidemias regionais têm sido discutidas como potencial fonte de risco para as CS (Anparasan; Lejeune, 2018; Farooq *et al.*, 2021). No entanto, as empresas podem não estar preparadas para pandemias globais (Ivanov, 2020).

A gestão de risco nas CS pode ser definida como um conjunto de ações preventivas e responsivas para diminuir danos e perdas por toda cadeia (Mailena; Indrawanto; Astuti, 2021).

O objetivo deste caso é propor um modelo para avaliação de risco de CSE e CSR utilizando-se da *expertise* dos gestores de uma indústria automobilística que atua nos dois conceitos de CS.

As CS foram primeiramente categorizadas por Fisher (1997) como “fisicamente eficiente” ou “responsivas ao mercado”. Chopra (2019) corrobora esta categorização, e define os principais atributos que identificam cada modelo de CS, conforme apresentado na Tabela 29.

Tabela 29: Comparação entre CSE e CSR.

Atributos das CS	CS Eficientes	CS Responsivas
Objetivo Principal	Atender a demanda ao menor custo possível	Atender a demanda o mais rápido possível
Estratégia da Criação de Produtos	Maximizar o desempenho ao menor custo possível	Criar diferenciação no produto
Estratégia de Preços	Margens baixas pois o foco é o cliente	Margens altas pois o preço não é a principal fator de escolha
Estratégia de Fabricação	Reduzir custos pela alta utilização dos equipamentos	Ser flexível para atender a demandas inesperadas
Estratégia de Estoques	Minimizar para reduzir custos	Manter estoques reguladores para atender variações de demanda
Estratégia de Lead Time	Reduzir sem sacrificar custos	Reduzir agressivamente mesmo que haja impacto em custos
Estratégia com Fornecedores	Selecioná-los com base em custo e qualidade	Selecioná-los baseado em velocidade, qualidade e flexibilidade

Fonte: Fischer (1997); Chopra (2019).

Como ponto de partida, foi realizada uma revisão de literatura, avaliando os efeitos da COVID-19 nas CS. A aplicação do MADM será desenvolvida para avaliar benefícios, custos, oportunidades e riscos (Ishizaka; Newery, 2013).

Os modelos MADM escolhidos foram os métodos usuais AHP e o TOPSIS e os métodos não usuais, AHP por síntese ideal e o COPRAS.

Vários fatores importantes devem ser levados em consideração no processo de construção de uma CS adaptável. A demanda flutuante, a incerteza do mercado e o surgimento de novas tecnologias explicam a necessidade de CS mais flexíveis e ágeis (Hajiagha *et al.*, 2021; Zidi; Hamani; Kermad, 2021).

No entanto, em um cenário pós-pandemia, a combinação de eficiência e capacidade de resposta ainda é adequada? Como avaliar os benefícios, custos, oportunidades e riscos envolvidos?

As CS ágeis eram uma tendência na GCS, no tempo pré-COVID-19 (Azevedo e Sousa, 2000). É possível definir agilidade como a capacidade que abrange estruturas organizacionais, sistemas de informação, processos logísticos e, em particular, mentalidades (Christopher, 2000; Ismail; Sharifi, 2006).

Portanto, uma CS ágil diz respeito à adaptabilidade e flexibilidade, por causa de sua resposta contínua, dinâmica e rápida às necessidades de mudança dos clientes em ambientes (Lin; Chiu; Chu, 2006; Gunasekaran; Lai; Cheng, 2008).

O foco está na velocidade, na sua capacidade de resposta, eficiência de custos e um aumento na produtividade de bens e serviços (Gawade, 2021). Todos estes recursos podem ser identificados nas cadeias de suprimentos responsivas.

Devido a COVID-19, a GCS foi profundamente transformada a partir de 2020. Pandemias são consideradas disruptivas, incluindo todas as dimensões de distribuição como também em relação a logística reversa. Sua longa duração gera problemas com impactos negativos em vários níveis de sociedades (Ivanov; Dolgui, 2019).

Há uma ambiguidade de quando ou como a pandemia pode ser considerada sob controle (Gölgeci; Kuivalainen, 2020). O COVID-19 trouxe às CS mais incertezas do que nunca observado anteriormente (Durmaz; Demir; Sezen, 2021): Ligações de fornecimento internacional quebradas, aumentos acentuados de preços de fornecedores, interrupção do transporte, matéria-prima insuficiente para muitos setores industriais, vulnerabilidades financeiras, atrasos na entrega devido a problemas de transporte em função de bloqueios e riscos de propagação de infecção de entregas de contato (Sarkis *et al.*, 2020; Yu; Aviso, 2020; Dhama *et al.*, 2022). Todos estes fatos obstruíram severamente as CS em todo o mundo (Antony *et al.*, 2020; Jabbour; Song; Godinho Filho, 2020).

O impacto da pandemia da COVID-19, e as medidas para seu controle, têm mudado os ecossistemas, redes, fluxos e empresas em escalas sem precedentes desafiando as CS, sob severa incerteza (Ivanov; Dolgui, 2020; Sodhi; Tang; Willenson, 2021). Com o fechamento das unidades fabris, durante meses, os gerentes das CS tentaram desenvolver alternativas (Birkel; Hartmann, 2019; Calatayud; Mangan; Christopher, 2019), reorganizando-se para garantir a continuidade das operações e a disponibilidade futura dos produtos (Wang; Dong; Liu, 2019; Flynn *et al.*, 2021).

O risco pode ser considerado um fator importante na tomada de diferentes decisões (Mokhtarzadeh *et al.*, 2020a, 2020b). De acordo com Jabbarzadeh *et al.* (2018), há dois tipos principais de riscos envolvidos no contexto da rede da CS:

- Riscos de interrupção: interrupções de baixa frequência, geralmente causadas por desastres ou grandes ameaças, causando danos consideráveis em toda a cadeia de suprimentos;

- Riscos operacionais: incertezas arraigadas, causadas por distúrbios mundanos com alta frequência na natureza e pequenas interrupções.

Os riscos de interrupção são o foco da análise pós-pandemia. A Tabela 30 apresenta as causas dos riscos disruptivos agrupados por consumidores, fabricantes e fornecedores.

Tabela 30: Causa e fontes de riscos de disrupção nas CS.

Fontes	Causas	Referencias
Consumidores	Mudança no comportamento dos consumidores; Variações na demanda; Fechamento de instalações; Lockdown.	Göcer (2021); Kumar <i>et al.</i> (2021)
Fabricantes	Desinformação de fornecedores ou clientes; Queda na eficiência ou produtividade; Fechamento das instalações; Questões relacionadas a matérias primas e componentes.	Belhadi <i>et al.</i> (2021); Birkel e Hartmann (2019); Calatayud <i>et al.</i> (2019)
Fornecedores	Atrasos de auditorias; Desinformação dos clientes; Colapso do transporte global; Questões logísticas internas; Redesenho de canais de distribuição.	Bag <i>et al.</i> (2021); Hajiagha <i>et al.</i> (2021); Ivanov (2020); Nassereddine <i>et al.</i> (2021); Velayutham <i>et al.</i> (2021); Zidi <i>et al.</i> (2021)

Fonte: Elaborado pelo autor

Da literatura pesquisada, podemos destacar que a gestão de risco forneceu avaliação e mitigação de risco em um caso de GSC na indústria da construção (Banaitis; Banaitiene, 2012). A gestão de risco tem se tornado extremamente importante em cenários pós-pandemia, com ambientes em rápida mudança, trazendo abordagens novas e mais adaptáveis (Bakos; Dumitras, 2021).

Bocanet *et al.* (2021) estudaram os efeitos das pandemias em ambientes empresariais e a sociedade, analisando as taxas de crescimento do emprego. Kumar *et al.* (2021) identificaram e analisaram estratégias de mitigação de risco para CS de alimentos perecíveis.

El Baz e Ruel (2021) pesquisaram práticas de gerenciamento de risco para mitigar os impactos da interrupção nas CS no surto de COVID-19. Alkahtani *et al.* (2021) propuseram um modelo não linear para fornecer benefícios econômicos a uma CS com alta flutuação de demanda devido ao COVID-19.

Qazi *et al.* (2021) exploraram a eficácia dos sistemas de alerta precoce na previsão de pandemias. Bag *et al.* (2021) propuseram o uso de big data para ajudar a restaurar a força das CS.

Di Francesco *et al.* (2020) desenvolveram um modelo usando mecanismos baseados em contrato considerando os riscos de incerteza de demanda, interrupção de fornecimento e rendimento aleatório. Friday *et al.* (2021) propuseram uma abordagem colaborativa para manter o estoque ideal, mitigando os riscos de interrupção durante pandemias. Li *et al.* (2020) sumarizaram as finanças atuais das CS e suas tendências. Ivanov (2020) apresentou os resultados de impactos simulados do COVID-19 para as CS globais. Ahlqvist *et al.* (2020) desenvolveram o conceito de “governança de risco da CS” que abrange vários tipos de atores da CS.

A Tabela 31 apresenta um resumo de pesquisa realizada sobre gestão de risco aplicada a GCS considerando os efeitos da pandemia.

Tabela 31: Pesquisa sobre gestão de risco para as CS por efeito da pandemia.

Referência	Objeto da Pesquisa
Ahlqvist et al. (2021)	Propor o conceito de governança de gerenciamento de risco da cadeia de suprimentos;
Alkahtani et al. (2021)	Desenvolver um modelo de gerenciamento de cadeia de suprimentos não linear para lidar com as variações da demanda;
Bag et al. (2021)	Uso de big data para restaurar a força da cadeia de suprimentos;
Bocanet et al. (2021)	Estudo dos efeitos das pandemias nos negócios dos Emirados Árabes Unidos;
Di Francesco et al. (2021)	Fornecer diretrizes para os gerentes sobre as influências dos riscos da cadeia de suprimentos;
El Baz and Ruel (2021)	Estudar a integração de informações e fluxos de materiais;
Friday et al. (2021)	Revisar a literatura sobre colaborações em cadeias de suprimentos de saúde e reforçar a resiliência contra interrupções durante pandemias;
Kumar et al. (2021)	Discutir todas as estratégias de mitigação relativas à situação socioeconômica originadas do COVID 19;
Li et al. (2021)	Resumir a situação das finanças da cadeia de suprimentos e identificar futuras tendências;
Qasi et al. (2021)	Explorar a eficácia das classificações de risco baseadas em desastres e epidemias em prever a exposição do país a COVID-19;
Ivanov (2020)	Simular os impactos da covid-19 nas cadeias de suprimentos globais.

Fonte: Elaborado pelo autor

Vários trabalhos já abordaram os riscos disruptivos na CS causados por pandemias, inclusive com análise por decisão multicritério (MADM), porém, a proposta é comparar com métodos usuais e não usuais, bem como as análises dos índices de compatibilidade e correlação entre os métodos para validar tal aplicação.

A empresa escolhida para este estudo é uma montadora multinacional do segmento automotivo que opera duas plantas industriais no Brasil, denominadas de unidade 1 e 2. Ambas

as unidades montam automóveis tendo como dimensão competitiva os prazos de entrega a seus consumidores, realizados de forma ágil e eficiente.

Na unidade 1, localizada no estado do Paraná, o carro mais vendido tem uma CS caracterizada como eficiente, pois este modelo é classificado como um carro popular. Na mesma planta, são montados também modelos de carros mais caros cuja CS é considerada como responsiva. A unidade 2 está localizada no interior do estado do Rio de Janeiro. O carro mais vendido é um modelo esportivo utilitário. Curiosamente, as vendas deste modelo são divididas em uma oferta responsiva, para o mercado regular, e uma CSE, para o mercado especial de pessoas com deficiência, denominadas PCD (Pessoas com deficiência), no Brasil.

Foi constituída uma equipe de especialistas das duas unidades, apresentada na Tabela 32 para gerar as informações necessárias para a aplicação dos métodos MADM definidos, para a avaliação de risco de interrupção de fornecimento devidos ao impacto da pandemia.

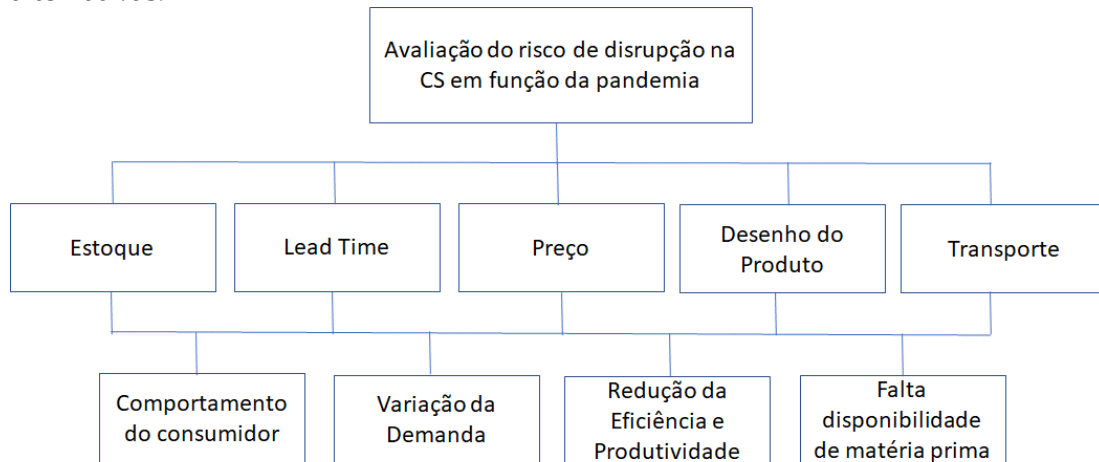
Tabela 32: Equipe de especialistas das unidades 1 e 2.

Especialista	Cargo	Idade	Experiencia na Empresa
1	Diretor de Supply Chain	58 anos	32 anos
2	Gerente de Supply Chain - Unidade 1	52 anos	35 anos
3	Gerente de Supply Chain - Unidade 2	44 anos	18 anos
4	Responsável por Suprimentos - Unidade 1	46 anos	22 anos
5	Responsável por Suprimentos - Unidade 2	41 anos	17 anos
6	Gerente de Operações - Unidade 1	43 anos	14 anos
7	Gerente de Operações - Unidade 2	49 anos	12 anos

Fonte: Martino e Salomon (2022).

A literatura revisada apresentada, foi enviada ao grupo de especialistas em uma primeira videoconferência e desta reunião resultou no modelo hierárquico apresentado na Figura 13, como consenso entre os especialistas. Os critérios em relação as estratégias de estoque, lead time, preço e desenho do produto vieram principalmente da Tabela 29, da primeira coluna, ou seja, os atributos das CS.

Figura 13: Hierarquia de três níveis para avaliação de riscos com cinco critérios e quatro alternativas.



Fonte: Martino e Salomon (2022)

Os especialistas também propuseram outro critério: Transporte. Estima-se que no Brasil os custos logísticos das atividades de movimentação e transporte possam atingir até 60 % dos custos logísticos totais (Ballou, 2006) muito em função da grandeza geográfica do Brasil, bem como das condições dos principais modais de transporte.

Na sequência foram definidas o conjunto de alternativas para avaliar as causas dos riscos de interrupção na base da hierarquia, a saber: Comportamento do consumidor (CC); variação da demanda (VD); reduções de eficiência e produtividade (RE); falta de disponibilidade de matérias primas e componentes (RM), todos retirados da coluna de causas da Tabela 30.

Na segunda sessão de videoconferência, os especialistas, por consenso, avaliaram as alternativas de risco de interrupção, referentes a cada critério estabelecido. A Tabela 33 apresenta a avaliação dos riscos de interrupção para as CSE, enquanto a Tabela 34 apresenta a avaliação dos riscos para as CSR.

Tabela 33: Avaliação de riscos de interrupção para CSE.

Causa riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	Muito Alto	Alto	Médio	Muito Baixo	Médio
Variação da demanda	Muito Alto	Alto	Alto	Muito Baixo	Alto
Redução da eficiência e produtividade	Alto	Alto	Muito Alto	Baixo	Baixo
Restrição de matérias primas	Alto	Muito Alto	Baixo	Muito Baixo	Alto

Fonte: Martino e Salomon (2022)

Tabela 34: Avaliação dos riscos de interrupção para CSR.

Causa riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Médio
Variação da demanda	Muito Baixo	Baixo	Médio	Muito Baixo	Médio
Redução da eficiência e produtividade	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto	Alto	Médio
Restrição de matérias primas	Alto	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alto	Alto

Fonte: Martino e Salomon (2022)

Segundo os especialistas, todas as alternativas referentes as CSE apresentam desempenho baixo ou muito baixo em relação ao Desenho de Produto (DEP), ou seja, este critério tem pouca chance de causar riscos de interrupção. Por outro lado, ainda analisando a Tabela 33, as CSE, todas as alternativas têm desempenho alto ou muito alto em relação ao estoque, que significa alta chance de causar riscos de interrupção.

O desempenho das alternativas variou mais em relação as CSR, de acordo com especialistas. Analisando o critério de desenho de produto por exemplo, a variação de demanda manteve desempenho muito baixo, até porque, já é uma característica desta cadeia, porém, os problemas de restrição de matérias primas aumentaram de muito baixo para muito alto quando comparada a CSE.

Ainda durante a segunda sessão de videoconferência, os especialistas forneceram, por consenso, comparações entre os critérios, em relação a CSE e em relação a CSR, definindo a prioridade de cada critério para cada tipo de CS. Pela expertise da equipe de especialistas em utilizar o MADM, a preferência foi utilizar o método do cálculo para o AHP original.

As Tabelas 35 e 36 apresentam as comparações aos pares para as CSE e CSR, sobre os critérios utilizando-se da escala fundamental Saaty em função da intensidade de importância entre os critérios (Tabela 5). Conforme Saaty e Peniwati (2013), na mesma Tabela é calculado o autovetor por média geométrica e na sequência a normalização para obter as prioridades, desprezando as casas decimais. Ainda em relação as prioridades calculadas, apesar de haver uma diferenciação conceitual, serão denominadas como pesos para cada critério quando da aplicação de outros métodos MADM, caso sejam aceitas após o cálculo da razão de consistência.

Tabela 35: Cálculo das prioridades para CSE.

Causa dos riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT	Auto vetor	Prioridade
Estoque (EST)	1	3	2	7	1	2,112	33%
Lead Time (LDT)	1/3	1	3	5	1/2	1,201	19%
Preço (PRE)	1/2	1/3	1	3	1/3	0,699	11%
Desenho do Produto (DEP)	1/7	1/5	1/3	1	1/7	0,267	4%
Transporte (TPT)	1	2	3	7	1	2,112	33%

Fonte: Martino e Salomon (2022)

Tabela 36: Cálculo das prioridades para CSR.

Causa dos riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT	Auto vetor	Prioridade
Estoque (EST)	1	7	7	5	3	3,743	49%
Lead Time (LDT)	1/7	1	1	1/5	1/7	0,333	4%
Preço (PRE)	1/7	1	1	1/5	1/7	0,333	4%
Desenho do Produto (DEP)	1/5	5	5	1	1/3	1,108	15%
Transporte (TPT)	1/3	7	7	3	1	2,178	28%

Fonte: Martino e Salomon (2022)

Verifica-se que estoque e transporte são os critérios mais relevantes para as CSE. Surpreendentemente, estes critérios foram julgados mais importantes do que o preço, mesmo sendo o preço considerado o principal diferencial das cadeias eficientes (Chopra, 2019). Entende-se que foi devido aos efeitos da pandemia, do ponto de vista dos especialistas.

O estoque é um critério muito mais importante para as CSR, ainda mais considerando os efeitos da pandemia. Como esperado, a importância do preço diminuiu, assim como a do *lead time*, porém, o desenho do produto aumentou comparado às CSE.

O próximo passo, portanto, é calcular a razão de consistência CR para assegurar que as matrizes de comparação possam ser aceitas, tendo como premissa $CR \leq 0,1$.

Para CSE:

Cálculo do autovalor do λ_{max} por meio da matriz de multiplicação do vetor soma S e do autovetor normalizado W , conforme apresentado a seguir utilizando-se da Eq. (1).

$$\lambda_{max} = [3; 6 \frac{1}{2}; 9 \frac{1}{3}; 23; 3] \begin{bmatrix} 0,330 \\ 0,188 \\ 0,109 \\ 0,042 \\ 0,330 \end{bmatrix} = 5,177$$

O índice de consistência (μ) que calcula a medida de coerência dos julgamentos, é calculado por meio da equação 2 a seguir:

$$\mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5,177 - 5}{5 - 1} = 0,044$$

Para calcular a razão de consistência CR é necessário obter o índice randômico IR na Tabela 6, computado pelo Oak Ridge Laboratory (Saaty, 1991). Como a matriz é de 5 atributos, considera-se IR = 1,12, portanto utilizando da Eq. (3):

$$CR = \frac{\mu}{IR} = \frac{0,044}{1,12} = 0,039$$

O mesmo raciocínio para o cálculo das CSR:

$$\lambda_{\max} = \left[1 \ 5/16; 21; 21; 9 \ 2/5; 4 \ 5/8 \right] \begin{bmatrix} 0,487 \\ 0,043 \\ 0,043 \\ 0,144 \\ 0,283 \end{bmatrix} = 5,362$$

$$\mu = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5,362 - 5}{5 - 1} = 0,0905$$

E o CR,

$$CR = \frac{\mu}{IR} = \frac{0,0905}{1,12} = 0,081$$

Portanto, ambas as matrizes de comparação podem ser aceitas pois resultaram em $CR \approx 0,039$ e $CR \approx 0,081$.

A partir deste ponto aplica-se os quatro métodos de MADM usuais e não usuais para avaliação dos riscos, AHP original, AHP por síntese ideal, TOPSIS e o método COPRAS para as CSE e CSR. Para facilitar o entendimento das aplicações, será realizada primeiro os métodos para a CSE e na sequência para a CSR.

4.9 APLICAÇÃO AHP e AHP SÍNTESE IDEAL PARA CSE.

Para calcular o AHP original, é necessário realizar matrizes de comparações aos pares para cada critério, comparando as causas escolhidas de risco de interrupção para cada critério em relação ao grau de importância. Aplica-se a escala fundamental do AHP (Saaty, 2008). As comparações foram realizadas pela equipe de especialistas, e é apresentado na Tabela 37. Da

mesma forma são calculados o autovetor para cada causa de cada critério e na sequência a normalização. As prioridades calculadas são denominadas prioridades locais. Para garantir que as matrizes de comparação possam ser aceitas, foram calculados para cada critério a respectiva razão de consistência (CR) e conforme apresentado na mesma Tabela, todas as matrizes foram validadas pois todas tiveram o CR abaixo do recomendado que é o valor menor ou igual a 0.10.

Tabela 37: Matriz de comparação aos pares por critérios individuais para AHP - CSE.

Estoque	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1	3	3	1,732	37,5%
VD	1	1	3	3	1,732	37,5%
RE	1/3	1/3	1	1	0,576	12,5%
RM	1/3	1/3	1	1	0,574	12,5%
$\lambda_{\text{máx}} \approx 4,00$ CI $\approx 0,0012$ CR $\approx 0,0012$						
Lead Time	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1	1	1/3	0,758	16,6%
VD	1	1	1	1/3	0,758	16,6%
RE	1	1	1	1/3	0,758	16,6%
RM	3	3	3	1	2,280	50,2%
$\lambda_{\text{máx}} \approx 4,00$ CI $\approx 0,0012$ CR $\approx 0,0017$						
Preço	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1/3	1/5	3	0,669	11,8%
VD	3	1	1/3	5	1,495	26,3%
RE	5	3	1	7	3,201	56,4%
RM	1/3	1/5	1/7	1	0,312	5,5%
$\lambda_{\text{máx}} \approx 4,12$ CI $\approx 0,0038$ CR $\approx 0,043$						
Des. Produto	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1	3	1	1,316	30%
VD	1	1	3	1	1,316	30%
RE	1/3	1/3	1	1/3	0,435	10%
RM	1	1	3	1	1,316	30%
$\lambda_{\text{máx}} \approx 4,00$ CI $\approx 0,002$ CR $\approx 0,0028$						
Transporte	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1/3	3	1/3	0,756	15,0%
VD	3	1	5	1	1,968	39,1%
RE	1/3	1/5	1	1/5	0,339	6,8%
RM	3	1	5	1	1,968	39,1%
$\lambda_{\text{máx}} \approx 4,03$ CI $\approx 0,011$ CR $\approx 0,012$						

Fonte: Martino e Salomon (2022)

Com base nesta tabela 37, é possível construir a matriz de decisão, extraindo os valores das prioridades locais calculadas para cada critério e utilizando-se dos pesos (prioridade)

calculada na Tabela 35 para cada causa de disrupção, é possível calcular o valor global por média geométrica, conforme apresentado na Tabela 38.

Tabela 38: Matriz de decisão para prioridade global para o AHP - CSE.

Causa riscos de disrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT	Global
Comportamento do consumidor	0,375	0,166	0,118	0,300	0,150	0,230
Variação da demanda	0,375	0,166	0,263	0,300	0,391	0,326
Redução da efic. e produtividade	0,125	0,166	0,564	0,099	0,067	0,161
Restrição matérias primas	0,124	0,501	0,055	0,300	0,391	0,283
Prioridade	33%	19%	11%	4%	33%	

Fonte: Martino e Salomon (2022)

Pela aplicação deste método, é possível inferir que analisando a prioridade global calculada para cada causa de disrupção, que a variação de demanda, destacado em negrito, é o principal risco para a operacionalização das CSE, seguido das alternativas de restrição de matérias primas, comportamento do consumidor e a alternativa de menos impacto é a redução da eficiência e da produtividade.

Para a aplicação do método AHP com síntese ideal conforme Saaty (1987), o princípio é em vez de normalizar para calcular a prioridade pela soma, a normalização será pelo máximo valor da prioridade em cada critério individual previamente calculado na Tabela 37. Uma vantagem de utilizar este método calculando a prioridade pelo máximo valor e não pela soma, é que mesmo as alternativas que pela soma passaram a ser consideradas menos importantes, posicionadas em último lugar no ranking por exemplo, quando do cálculo pelo valor máximo, esta mesma alternativa possa ter uma prioridade em termos de valor mais significativa.

Portanto, normalizando pelo máximo valor de cada prioridade por critérios individuais (Tabela 38), define-se novos valores normalizados que associado aos respectivos pesos das causas de disrupção, por média geométrica calcula-se os valores do AHP por síntese ideal, apresentado na Tabela 39.

Tabela 39: Matriz de decisão para cálculo do AHP síntese ideal para CSE.

Causa riscos de disrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT	Síntese Ideal
Comportamento do consumidor	1,000	0,332	0,209	1,000	0,384	0,583
Variação da demanda	1,000	0,332	0,467	1,000	1,000	0,815
Redução da efic. e produtividade	0,332	0,332	1,000	0,331	0,172	0,353
Restrição matérias primas	0,332	1,000	0,097	1,000	1,000	0,680
Prioridade	33%	19%	11%	4%	33%	

Fonte: Elaborado pelo autor

Pela aplicação do AHP por síntese ideal, é possível inferir que a variação de demanda continua sendo o principal risco para a operacionalização das CSE (destacado em negrito), seguido das alternativas de restrição de matérias primas, comportamento do consumidor e a alternativa de menor impacto é a redução da eficiência e da produtividade.

4.10 APLICAÇÃO TOPSIS E COPRAS PARA CSE.

O TOPSIS avalia o desempenho das alternativas por meio da similaridade com a solução ideal (Hwang; Yoon, 1981; Lombardi Netto; Salomon; Ortiz-Barrios, 2021). A Tabela 33 é utilizada como referência para avaliar os riscos de disrupção das CSE, transformando os dados qualitativos, com base na Tabela 7 em dados quantitativos apresentados na Tabela 40.

Tabela 40: Avaliação de riscos de disrupção nas CSE.

Causa riscos de disrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	0,90	0,80	0,70	0,40	0,70
Variação da demanda	0,90	0,80	0,80	0,40	0,80
Redução da eficiência e produtividade	0,80	0,80	0,90	0,50	0,50
Restrição de matérias primas	0,80	0,90	0,90	0,40	0,80

Fonte: Martino e Salomon (2022)

A partir desta Tabela 40, utilizando as fórmulas das Eq. (8), (9), (10), (11), (12) e (13) é possível calcular os coeficientes de proximidade, apresentados na Tabela 41.

Tabela 41: Cálculo do coeficiente de proximidade para CSE.

Causa riscos de disrupção	d+	d-	c
Comportamento do consumidor	0,094	0,053	0,638
Variação da demanda	0,134	0,026	0,839
Redução da eficiência e produtividade	0,050	0,131	0,275
Restrição matérias primas	0,126	0,062	0,671

Fonte: Martino e Salomon (2022)

A Variação da Demanda foi considerada a principal causa de ruptura de risco para as CSE (destacado em negrito), seguido pela restrição de matérias primas e do comportamento do consumidor.

Em relação ao método COPRAS, o ponto inicial é a Tabela 40, e constrói-se a matriz de decisão normalizada (Tabela 42) utilizando-se da Eq. (15).

Tabela 42: Matriz de decisão normalizada para CSE.

Critérios	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Prioridades	0,33	0,19	0,11	0,04	0,33
Comportamento do consumidor	0,265	0,242	0,241	0,235	0,250
Variação da demanda	0,265	0,242	0,276	0,235	0,286
Redução da efic. e produtividade	0,235	0,242	0,310	0,294	0,179
Restrição matérias primas	0,235	0,273	0,172	0,235	0,286

Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir, pondera-se a matriz normalizada (Tabela 43) utilizando-se da Eq. (16),

Tabela 43: Matriz de decisão ponderada para CSE.

Causa riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	0,087	0,046	0,027	0,009	0,083
Variação da demanda	0,087	0,046	0,030	0,009	0,094
Redução da eficiência e produtividade	0,078	0,046	0,034	0,012	0,059
Restrição de matérias primas	0,078	0,052	0,019	0,009	0,094

Fonte: Elaborado pelo autor

Na sequência, calcula-se as somatórias dos dados normalizados, para os atributos positivos (S+) e para os atributos negativos (S-), conforme Eq. (17) e (18).

Analisando os critérios definidos, entende-se como benefícios no qual deseja-se maximizar: estoques; lead time; preço e transporte, enquanto o desenho de produtos deveria ser minimizado. Por fim, calcular a significância de cada alternativa (Q) utilizando-se da Eq. (19) e o grau de utilidade N_j pela Eq. (20).

A Tabela 44 apresenta a aplicação do método COPRAS que também resultou na mesma decisão dos métodos anteriores, ou seja, a variação da demanda. A restrição de matérias primas vem em segundo lugar enquanto o comportamento do consumidor e a redução da eficiência e produtividade.

Tabela 44: Benefícios e não benefícios e grau de Utilidade nas CSE.

Causa riscos de interrupção	S+1	S-1	Qj	Nj
Comportamento do consumidor	0,242	0,009	0,242	93,963
Variação da demanda	0,258	0,009	0,258	100,000
Redução da efic. e produtividade	0,217	0,012	0,217	84,007
Restrição matérias primas	0,243	0,009	0,243	94,060

Fonte: Elaborado pelo autor

4.11 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS MADM PARA CSE

A Tabela 45 apresenta a comparação entre os métodos usuais e não usuais de MADM utilizados.

Tabela 45: Comparação entre métodos usuais e não usuais nas CSE.

Causa riscos de interrupção	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
Comportamento do consumidor	0,230	0,583	0,635	93,963
Variação da demanda	0,326	0,815	0,831	100,000
Redução da efic. e produtividade	0,161	0,353	0,294	84,007
Restrição matérias primas	0,283	0,680	0,646	94,060

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos apontam que a variação de demanda seria o principal risco de interrupção das CS. Porém, para validar este resultado é necessário verificar a correlação e o índice de compatibilidade entre os métodos empregados, que será apresentado no próximo tópico.

4.12 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO E ÍNDICE DE COMPATIBILIDADE ENTRE MÉTODOS MADM PARA CSE.

A tabela 46 apresenta os índices de compatibilidade Saaty S entre os resultados de AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 46: Índice de compatibilidade Saaty entre os métodos para CSE.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		1,099	1,024	1,042
AHP Síntese Ideal	1,099		1,009	1,064
TOPSIS	1,024	1,009		1,112
COPRAS	1,042	1,064	1,112	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os índices S entre AHP e AHP síntese ideal (1,099), AHP e TOPSIS (1,024), AHP e COPRAS (1,042), AHP síntese ideal e TOPSIS (1,009), AHP síntese ideal e COPRAS (1,064), são destacados em negrito, pois são inferiores ao limite superior de 1,1, indicando compatibilidade entre estes pares de métodos. A única exceção é entre TOPSIS e COPRAS que são superiores a 1.1. A Tabela 47 apresenta o índice de compatibilidade Garuti G entre os resultados de AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 47: Índice de compatibilidade Garuti entre os métodos para CSE.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		0,962	0,900	0,842
AHP Síntese Ideal	0,962		0,935	0,836
TOPSIS	0,900	0,935		0,826
COPRAS	0,842	0,836	0,826	

Fonte: Elaborado pelo autor

Índices G entre AHP e AHP síntese ideal (0,962), AHP e TOPSIS (0,900) e entre AHP síntese ideal e TOPSIS (0,935) também são destacados em negrito, pois são maiores que o limite inferior de 0,9, portanto, apresentam compatibilidade entre os métodos, enquanto todos os índices em relação ao COPRAS não atingem o limite inferior.

Pode-se inferir que de acordo com as Tabelas 46 e 47, resultados de AHP e AHP síntese ideal, AHP e TOPSIS e AHP síntese ideal e TOPSIS podem ser considerados compatíveis.

Na sequência, a Tabela 48 apresenta os resultados do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson.

Tabela 48: Coeficiente de correlação Pearson entre os métodos para CSE.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		0,999	0,994	0,983
AHP Síntese Ideal	0,999		0,997	0,978
TOPSIS	0,994	0,997		0,969
COPRAS	0,983	0,978	0,969	

Fonte: Elaborado pelo autor

Como em todas as correlações obtemos valores próximo a 1, é possível inferir que todos os métodos AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS têm uma forte correlação entre eles. A Tabela 49 apresenta os valores de t_r calculados para r apresentados na Tabela 48.

Tabela 49: Teste do coeficiente Pearson para CSE.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		31,599	12,852	7,572
AHP Síntese Ideal	31,599		18,216	6,630
TOPSIS	12,852	18,216		5,547
COPRAS	7,572	6,630	5,547	

Fonte: Elaborado pelo autor

Pelo resultado apresentado, comprova-se que todos os métodos avaliados se correlacionam, pois, todos os valores de t_r são maiores que 2,92, portanto, podemos inferir que as correlações são confiáveis. A Tabela 50 apresenta os coeficientes de correlação de postos de Spearman r_s entre os resultados do AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 50: Coeficiente Spearman entre os métodos para CSE.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		1,0	1,0	1,0
AHP Síntese Ideal	1,0		1,0	1,0
TOPSIS	1,0	1,0		1,0
COPRAS	1,0	1,0	1,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores obtidos confirmam os resultados que os métodos AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS estão perfeitamente correlacionados, pois resultaram nos mesmos valores iguais a 1, ou seja, indica uma coincidência perfeita entre os dois métodos comparados.

4.13 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS PARA CSR.

A aplicação para a CSR segue o mesmo procedimento utilizado para as CSE. Destaca-se que as prioridades dos critérios foram calculadas e apresentadas na Tabela 36 e a avaliação dos riscos de interrupção definidos pelo grupo de especialistas foram apresentados na Tabela 38 e são a base para os cálculos dos métodos usuais e não usuais utilizados para a avaliação.

A Tabela 51 apresenta os resultados da aplicação dos métodos com as respectivas comparações entre os diferentes métodos aplicados. Todos os cálculos e tabelas geradas pela aplicação dos métodos seguindo o mesmo processo realizado pela CSE, estão disponíveis no Apêndice A deste trabalho.

Tabela 51: Comparação entre os métodos para CSR.

Causas de riscos de interrupção	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
Comportamento do consumidor	0,107	0,200	0,198	57,976
Variação da demanda	0,080	0,154	0,000	47,872
Redução da efic. e produtividade	0,411	0,743	0,889	100,000
Restrição matérias primas	0,402	0,754	0,811	94,387

Fonte: Elaborado pelo autor

Os métodos AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS apontam que a redução de eficiência e produtividade e a restrição de matérias primas de seus fornecedores podem causar um colapso nas cadeias responsivas, gerando um risco de interrupção, destacadas em negrito. Pela proximidade entre os resultados destas duas alternativas não é possível apontar apenas uma das causas. Porém, para validar este resultado é necessário verificar a correlação e o índice de compatibilidade entre os métodos empregados.

4.14 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO E ÍNDICE DE COMPATIBILIDADE PARA CSR.

A Tabela 52 apresenta os índices de compatibilidade Saaty S entre os resultados de AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS

Tabela 52: Índice Saaty entre os métodos para CSR.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		1,000	#DIV/0!	1,203
AHP Síntese Ideal	1,000		#DIV/0!	1,186
TOPSIS	#DIV/0!	#DIV/0!		#DIV/0!
COPRAS	1,203	1,186	#DIV/0!	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os índices S entre AHP e AHP síntese ideal, são destacados em negrito, pois são inferiores ao limite superior de 1,1, indicando compatibilidade entre estes pares de métodos. Os índices entre AHP e COPRAS, AHP Síntese ideal e COPRAS são superiores a 1.1 e conforme Saaty (2005) sugere que não sejam considerados compatíveis. Como a variação de demanda no cálculo do TOPSIS foi nulo, não é possível calcular sua compatibilidade em relação aos outros métodos.

Em relação ao índice de compatibilidade de Garuti G , a Tabela 53 apresenta os resultados entre os métodos aplicados.

Tabela 53: Índice Garuti entre os métodos para CSR.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		0,980	0,880	0,724
AHP Síntese Ideal	0,980		0,872	0,731
TOPSIS	0,880	0,872		0,638
COPRAS	0,724	0,731	0,638	

Fonte: Elaborado pelo autor

Confirma-se que apenas entre o AHP, AHP síntese ideal são compatíveis e estão destacados em negrito. Os demais índices entre AHP e TOPSIS, AHP e COPRAS, e TOPSIS e COPRAS não atingem o limite inferior.

De acordo com as Tabelas 52 e 53, apenas os resultados de AHP e AHP síntese ideal podem ser considerados compatíveis. A tabela 54 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson r entre os resultados de AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e COPRAS. O teste de t_r foi calculado e mostra valores maiores que 2,92 (Tabela 9A apresentada no Apêndice A), e é possível inferir que as correlações são confiáveis.

Tabela 54: Coeficiente Pearson entre os métodos para CSR.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		0,999	0,990	0,963
AHP Síntese Ideal	0,999		0,988	0,964
TOPSIS	0,990	0,988		0,926
COPRAS	0,963	0,964	0,926	

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim a Tabela 55 apresenta os coeficientes de correlação de postos de Spearman r_s entre os resultados do AHP, AHP Síntese ideal, TOPSIS e COPRAS.

Tabela 55: Coeficiente Spearman entre os métodos para CSR.

Métodos	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		0,8	1,0	1,0
AHP Síntese Ideal	0,8		0,8	0,8
TOPSIS	1,0	0,8		1,0
COPRAS	1,0	0,8	1,0	

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com os resultados, os métodos AHP, TOPSIS e COPRAS são perfeitamente correlacionados, resultando nos mesmos valores. Entretanto, os coeficientes r entre AHP síntese ideal e outros métodos por serem menores que 0,8, indicam que a correlação não é tão forte entre os métodos.

4.15. IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

As implicações gerenciais dos casos pesquisados são que, ao enfrentar os efeitos da pandemia, os gerentes da cadeia de suprimentos devem:

- Ao buscar eficiência, concentrar-se na Variação da Demanda, Restrições de Materiais e no Comportamento do Consumidor. Ou seja, concentre-se em gerenciamento de capacidade, planejamento de demanda e previsão de vendas;
- Ao buscar responsividade, foque nas operações para aumentar ou manter os indicadores de eficiência e produtividade bem como desenvolver planos de gestão para minimizar restrições de matéria prima. Não é demais reforçar que estes resultados vieram por meio de um caso pesquisado. Especificamente, um caso da indústria automobilística, localizada principalmente

na América Latina que pode ser utilizado como referência para analisar e estudar os resultados para diferentes indústrias ou locais.

Em relação aos métodos MADM usuais e não usuais utilizados, todos apontam para os mesmos resultados, ou seja, a preocupação de disrupção em relação a perda da eficiência e produtividade e restrições de matéria prima. Não é possível identificar uma vantagem de um método em relação a outro. Os coeficientes de correlação apresentam dados compatíveis embora os índices de compatibilidade não sejam conclusivos,

Implicações pós-COVID-19:

1. A pandemia tornou-se mais volátil para o mercado e implicará na reconfiguração das CS devido à imprevisibilidade da demanda e ao aumento da incerteza;
2. Embora existam muitas pesquisas sobre os impactos nas CS, as estratégias de adaptação ao novo cenário exigirão resiliência de seus gestores em seus respectivos mercados, na busca de soluções alinhadas ao seu diferencial competitivo;
3. É possível destacar o aumento do e-commerce, acelerando as previsões de crescimento nesta área, e como consequência a mudança na infraestrutura e nos modelos de distribuição de bens e consumo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seguir será apresentado a verificação dos objetivos e questões de pesquisa bem como as contribuições e sugestões para futuras pesquisas e as publicações resultantes que foram a base desta tese.

5.1 VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E QUESTÕES DE PESQUISA.

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a aplicação de métodos usuais e não usuais para a tomada de decisão com múltiplos atributos em atividades que envolvam a GCS, e como específicos, a comparação de seus resultados, avaliando possíveis vantagens entre os métodos e a utilização e avaliação de índices de compatibilidade e coeficiente de correlação.

Para tanto foram selecionados dois casos em que foi possível aplicar métodos usuais, AHP, MAUT, MAVT e TOPSIS e métodos não usuais como o COPRAS e o AHP Síntese Ideal avaliando os seus resultados.

No caso sobre a realocação industrial foram utilizados cinco métodos MADM sendo quatro considerados usuais e um não usual. Considerando atributos da literatura sobre RI, todos os métodos resultaram em não mover a fábrica de São Paulo, tendo também em comum a segunda opção ser em SJC.

Os resultados foram comparados com índices de compatibilidade e coeficientes de correlação. É possível afirmar que os métodos AHP e MAVT; MAVT e COPRAS; AHP e COPRAS; MAUT e TOPSIS são compatíveis, ou seja, existe compatibilidade entre métodos usuais e não usuais, respondendo a um dos objetivos específicos. Em relação a correlação também os resultados apontam perfeita correlação entre MAUT, MAVT, AHP e o COPRAS, métodos considerados usuais e não usuais. Apenas o TOPSIS teve uma correlação de compatibilidade menor comparado aos outros métodos.

Não é possível identificar determinada vantagem em relação a aplicação dos métodos, a não ser em relação a simplicidade do cálculo, no caso mais específico do MAUT, MAVT e do COPRAS.

Portanto a aplicação de diferentes métodos usuais e não usuais resultaram na mesma decisão de não mudar a fábrica.

No segundo caso foi aplicado o MADM para avaliar os riscos de interrupção nas CS devido aos efeitos da pandemia. O modelo foi aplicado em uma indústria automobilística que opera no mercado comercializando produtos em CS eficientes e responsivas. Foram utilizados quatros

métodos, sendo dois considerados usuais, AHP e o TOPSIS e dois métodos não usuais o COPRAS e o AHP síntese ideal. O conjunto de critérios foi obtido da teoria GCS (CHOPRA, 2019) e o conjunto de alternativas por meio da revisão de literatura. Especialistas da empresa forneceram os dados e diferentes pesos foram propostos para as CSE e CSR.

Os métodos usuais e não usuais aplicados apontaram os mesmos resultados, ou seja, a variação de demanda é o principal risco de disrupção para as CSE. Por outro lado, em relação ao risco em relação as CSR, os métodos usuais e não usuais consideraram que as quedas da eficiência e na produtividade e as restrições de fornecimento de matéria prima então tecnicamente empatados em função da proximidade dos resultados.

Os resultados foram comparados com índices de compatibilidade e coeficientes de correlação. No caso das CSE, é possível afirmar que os métodos AHP e AHP síntese ideal; AHP e TOPSIS; AHP síntese ideal e TOPSIS; MAUT e TOPSIS são compatíveis, ou seja existe compatibilidade entre métodos usuais e não usual, respondendo a um dos objetivos específicos. Ainda em relação as CSE, resultados apontam perfeita correlação entre AHP, AHP síntese ideal, TOPSIS e o COPRAS, métodos considerados usuais e não usuais. Analisando as CSR, foi apontado compatibilidade entre os métodos AHP e AHP síntese ideal e forte correlação entre todos os métodos usuais e não usuais. Não é possível identificar determinada vantagem em relação a aplicação dos métodos.

Portanto entende-se que foram respondidas as questões de pesquisa em relação a utilização de métodos usuais e não usuais para apoiar decisões estratégicas que envolvem a GCS, bem como afirmar que a aplicação de diferentes métodos usuais e não usuais podem resultar na mesma decisão e que a utilização de índices de compatibilidade e correlação podem ser utilizados na comparação entre os resultados dos métodos utilizados.

5.2 CONTRIBUIÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Como contribuição aplicada, este trabalho teve como finalidade demonstrar o uso alternativo de métodos MADM usuais e não usuais para apoio a tomada de decisão envolvendo as cadeias de suprimentos. A partir da elaboração das modelagens matemáticas e dos respectivos resultados, e a comprovação da sua viabilidade, entende-se que pode ser utilizada como ferramenta que auxilie os gestores das CS a serem mais assertivos no processo de tomada de decisão.

Como contribuição científica, fomenta e amplia o conhecimento existente do método MADM, utilizando-se de métodos menos difundidos como o COPRAS e o AHP síntese ideal, e o uso de índices de compatibilidade e de coeficientes de correlação para comparar, avaliar e validar os resultados por meio da utilização de diferentes métodos MADM aplicados. Além disso, espera-se contribuir para que novos pesquisadores desenvolvam futuros estudos, estimulando novas pesquisas nesta área com aplicações de novos métodos MADM não usuais como o BWM (*Best Worst Method*), PAPRIKA (*Potentially All Pairwise Rankings*), VIKOR (*Visekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje*). Também pode ser incorporar técnicas como Delphi e Fuzzy, caso haja incertezas ou o ANP, caso ser possível analisar a dependência ou influência entre as alternativas e os critérios.

Importante destacar como desafio e limitações em relação ao uso de métodos multicritérios como ferramenta de apoio a tomada de decisão a falta de cultura de algumas empresas em relação a aplicação destes conceitos. Em relação ao primeiro caso estudado, ficou evidenciado esta dificuldade e o aprofundamento aos critérios e alternativas definidas, tanto que a decisão foi manter a fábrica no local atual. Portanto, a limitação pode se tornar uma oportunidade em desenvolver a maturidade dos gestores das CS em utilizar o MADM com maior frequência e apoiar-los na tomada de decisão mais assertivas na busca da competitividade tão fundamental para a sobrevivência de suas organizações.

Como propostas adicionais para futuras pesquisas, aplicação deste modelo para outros tipos de indústrias ou outras atividades que envolvam a GCS ou até mesmo a inclusão de novos atributos por exemplo tratando de questões políticas ou sociais. Por último, a possibilidade de utilizar análise de sensibilidade, avaliando as possibilidades dos resultados obtidos em função da variação dos pesos dos critérios utilizados.

5.3 PUBLICAÇÕES RESULTANTES DA PESQUISA

MARTINO NETO, J.; SALOMON, V.A.P. Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics. In: Qudrat-Ullah, H. (eds) **Understanding the Dynamics of New Normal for Supply Chains**, Londres, p. 121-137, out. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-07333-5_7

MARTINO NETO, J.; SALOMON, V.A.P.; ORTIZ-BARRIOZ, M.A. *et al.* Compatibility and correlation of multi-attribute decision making: a case of industrial relocation. **Annals of Operations Research**, [s.L], fev. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04603-9>.

REFERENCIAS

ADALI, E.A.; ISIK, A.T. Critic and MAUT methods for the contract manufacturer selection problem. **European Journal of Multidisciplinary Studies**, Albania, v. 2, n. 5, p. 93–101, ago. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318537335-_Critic_and_Maut_Methods_for_the_Contract_Manufacturer_Selection_Problem. Acesso em: 19 set. 2022.

AGRAWAL, V.; DIXIT, J.K.; AGARWAL, S. FTOPSIS approach for material supplier selection: A study. **Materials Today: Proceedings**, Kidlington, v. 45, n. 1, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.913>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349674905_FTOPSIS_approach_for_material_supplier_selection_A_study. Acesso em: 20 set. 2022.

AHLQVIST, V.; NORRMAN, A.; JAHRE, M. Supply chain risk governance: Towards a conceptual multi-level framework. **Operations and Supply Chain Management**. Surabaya, v.13, n. 4, p. 382–395, abr. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.31387/oscm0430278>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344102035_Supply_Chain_Risk_Governance_Towards_a_Conceptual_Multi-Level_Framework. Acesso em: 03 out. 2022.

AKPAN U.; MORIMOTO R. An application of Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) to the prioritization of rural roads to improve rural accessibility in Nigeria, **Socio-economic Planning Sciences**, New York, v. 82, part B, ago. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012122000349>. Acesso em: 19 set. 2022.

ALISON, M.; KAYE, J. **Strategic planning for nonprofit organizations: A Practical Guide for Dynamic Times**. 3th. ed. Hoboken: John Wiley and Sons, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118769690?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 07 jul. 2022.

ALKAHTANI, M.; OMAIR, M.; KHALID, Q.S. A COVID 19 supply chain management strategy based on variable production under uncertain environmental conditions. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v.18, n. 4, p. 1662, fev. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18041662>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349187804_A_COVID-19_Supply_Chain_Management_Strategy_Based_on_Variable_Production_under_Uncertain_Environment_Conditions. Acesso em: 02 fev. 2022.

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão multicritério**. São Paulo: Atlas, 2013.

ALMEIDA, R.G. *et al.* Some mathematical comments about the analytic hierarchy process: Part II – Practical analysis. **Research and teaching in exact and natural sciences**, Paraíba, v. 5, e1820, nov. 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.29215/pecen.v5i0.1820>. Disponível em:

<https://cfp.revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/RPECEN/article/view/1820>. Acesso em: 04 nov. 2023.

AMENTA, P.; LUCADAMO, A.; MARCARELLI, G. On the transitivity and consistency approximated thresholds of some consistency indices for pairwise comparison matrices. **Information Sciences**, Italy, v. 507, p. 274-287, ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.08.042>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025519307832>. Acesso em: 23 abr. 2022.

ANDRADE, M.M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

ANPARASAN, A.A.; LEJEUNE, M.A. Data laboratory for supply chain response models during epidemic outbreaks. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, v. 270, n. 6, p. 1-12, nov. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-017-2462-y>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315904593_Data_laboratory_for_supply_chain_response_models_during_epidemic_outbreaks. Acesso em: 03 fev. 2022.

ANTONY, J. *et al.* Practical implications and future research agenda of lean manufacturing: A systematic literature review. **Production Planning and Control**. London, v. 32, n.11, p. 1-37, jun. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0953287.2020.1776410>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342531705_Practical_implications_and_future_research_agenda_of_lean_manufacturing_a_systematic_literature_review. Acesso em: 26 jan. 2022.

ARENA, M.; AZZONE, G.; PIANTONI, G. Shared value creation during site decommissioning: A case study from the energy sector. **Journal of Cleaner Production**. Amsterdam, v. 251, n. 1, p. 119587, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119587>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619344579>. Acesso em: 04 abr. 2022.

ARREDONDO, C.R.; TANCO, J.A.A. Supply Chain Management: some reflections to improve its influence in business strategy. **Innovar**, Colômbia, v. 31, n. 81, 2021. DOI: <https://doi.org/10.15446/innovar.v31.n81.95568>. Disponível em: https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_artetext&pid=S0121-50512021000300007. Acesso em: 07 jul. 2022.

ASUERO, A.G.; SAYAGO, A.; GONZÁLEZ, G. The correlation coefficient: An overview. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, USA, v. 36 n. 1, p. 41–59, jan. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408340500526766>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408340500526766>. Acesso em: 28 maio 2022.

ATAKHAN-KENNEWEG, M.; OERLEMANS, L.A.G; RAAB, J. New inter-organizational knowledge tie formation after firm relocation: Investigating the impact of spatial, relational, and temporal context. **Journal of Business Research**, Athens v. 127, p. 264–276, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.023>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296321000321>. Acesso em: 04 mar. 2022.

AUS DEM MOORE, N.; GROßKURTH, P.; THEMANN, M. Multinational corporations and the EU Emissions Trading System: The specter of asset erosion and creeping deindustrialization. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 94, n. C, p. 1–26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0095069617305521>. Acesso em: 04 mar. 2022.

AZEVEDO, A.; SOUSA, J.P. Agile supply-chain management: Challenges, requirements and solutions. **IFAC Proceedings Volumes**, USA, v. 33, n. 17, p. 917–922, jul. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)39526-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)39526-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017395265>. Acesso em: 05 set. 2022.

AWAN, M.A.; ALI, Y. Sustainable modeling in reverse logistics strategies using fuzzy MCDM: Case of China Pakistan economic corridor. **Management of Environmental Quality**, UK, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/MEQ-01-2019-0024>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/meq-01-2019-0024/full/html>. Acesso em: 04 set. 2022.

BAG, S. *et al.* How big data analytics can help manufacturing companies strengthen supply chain resilience in the context of the COVID-19 pandemic. **The International Journal of Logistics Management**, UK, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0095>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333764495_How_big_data_analytics_can_help_manufacturing_companies_strengthen_supply_chain_resilience_in_the_context_of_the_COVID-19_pandemic. Acesso em: 07 jan. 2022.

BAHADORI, M. *et al.* A supplier selection model for hospitals using a combination of artificial neural network and fuzzy VIKOR. **International Journal of Healthcare Management**, UK, v. 13, n. 4, p. 286-294, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/20479700.1404730>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20479700.2017.1404730>. Acesso em: 03 set. 2022.

BAKOS, L.; DUMITRASCU, D.D. Decentralized Enterprise risk management issues under rapidly changing environments. **Risks**, Basel, v. 9, n. 165, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/risks9090165>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9091/9/9/165>. Acesso em: 07 jan. 2022.

BALI, S. *et al.* A strategic decision-making framework for sustainable reverse operations. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 381, n. 135058, dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135058>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652622046327>. Acesso em: 02 set. 2022.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial**. Ed Bookman, 5. ed. Rio Grande do Sul: Bookman, 2006.

BANAİTIS, A.; BANAİTIENE, N. Risk management in construction projects. *In*: BANAİTIENE, N. **Risks management**: current issues and challenges, p. 429-448, [S.l.]: TechOpen, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5772/51460>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapter/38973>. Acesso em: 08 jan. 2022.

BARROS, A.J.S.; LEHFELD, N.A.S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BATEMAN, T.S.; SNELL, S.A. **Administração**: liderança e colaboração no mundo competitivo. 7. ed. São Paulo: McGraw Hill, 2007.

BAZERMAN, M.H.; MOORE, D. **Processo decisório**. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2014.

BEHESHTI, M.; MAHDIRAJI, H.A.; ZAVADSKAS, E.K. Strategy Portfolio Optimization: A COPRAS G-MODM Hybrid Approach. **Transformations in Business and Economics**. Lithuania, v. 15, n. 3C, p. 500-520, dez. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/314231540_Strategy_Portfolio_Optimization_A_COPRAS_G-MODM_Hybrid_Approach. Acesso em: 30 out. 2022.

BEINAT, E. **Value functions for environmental management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. *E-book*.

BELHADI, A. *et al.* Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v. 163, n. C, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120447>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162520312737>. Acesso em: 07 jan. 2022.

BELHADI, A. *et al.* Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework. **International Journal of Production Research**, UK, v. 60, n. 14, p. 4487-4507, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1950935>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2021.1950935>. Acesso em: 05 set. 2022.

BELTON, V.; STEWART, T.J. **Multiple criteria decision analysis**: An integrated approach. Boston: Kluwer Academic Press, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4615-1495-4>. Acesso em: 02 out. 2022.

BENSOUNA, I. *et al.* Competencies Assessment Approach based on multiple criteria decision making. *In*: INTERNATIONAL COLLOQUIUM OF LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN, 13, 2021. Marrocos. **Proceedings** [...] Marrocos: IEEE, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1109/LOGISTQUA4982.2020.9353948>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9353948>. Acesso em: 01 set. 2022.

BIRKEL, H.; HARTMANN, E. Impact of IoT challenges and risks for SCM. **Supply Chain Management**: An International Journal, Bradford, v. 24, n.7, p. 39-61, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0142>. Disponível em:

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/scm-03-2018-0142/full/html>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BOCANET, A.; BADRAN, O.; ALPENIDZE, O. Business analysis in post-pandemic era. **Academy of Strategic Management Journal**, London, v. 20, n. 4, p. 1–9, ago. 2021.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/353555467_BUSINESS_ANALYSIS_IN_POST-PANDEMIC_ERA. Acesso em: 22 fev. 2022.

BOSTRÖM, M. *et al.* Sustainable and responsible supply chain governance: Challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 107, p. 1–7, 2015. Disponível em:

https://www.academia.edu/28704278/Sustainable_and_responsible_supply_chain_governance_challenges_and_opportunities. Acesso em: 20 fev. 2022.

BOTTERO, M.; MONDINI, G.; OPPIO, A. Decisions support systems for evaluating urban regeneration. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Netherlands v. 223, p. 923–928, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.319>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816303998>. Acesso em: 05 set. 2022.

BRAISBY, N.; GELLATLY, A. **Cognitive psychology**, 2nd. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012. *E-book*.

BROUWER, A.; MARIOTTI, I.; Van OMMEREN, J. N. The firm relocation decision: An empirical investigation. **The Annals of Regional Science**, Berlin, v. 38, n. 2, p. 335–347, fev. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00168-004-0198-5>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00168-004-0198-5>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BRYSON, J. **Strategic planning for public and nonprofit organizations**: A guide to strengthening and sustaining organizational achievement, 4th. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2011.

BUKSHSH, Z.A. *et al.* Evaluation and application of AHP, MAUT and ELECTRE for infrastructure management. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIFE-CYCLE CIVIL ENGINEERING, 6, 2018, Belgium. **Proceedings** [...] Ghent: IALCEE, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/335404137>. Acesso em: 23 maio 2022.

CALATAYUD, A.; MANGAN, J.; CHRISTOPHER, M. The self-thinking supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, Bradford, v. 24, n. 1, p. 22–38, mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0136>. Disponível em:

https://www.academia.edu/99111998/The_self_thinking_supply_chain. Acesso em: 14 nov. 2022.

CARAVANTES, G.R.; PANNO, C.; KLOECKNER, M. **Administração**: teorias e processo. São Paulo: Pearson, 2005. *E-book*.

CARISTI, G. *et al.* Multicriteria approach for supplier selection: Evidence from a case study in the fashion industry. **Sustainability**. London, v. 14, n. 13, maio 2022. DOI:

<https://doi.org/10.3390/su14138038>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/13/8038>. Acesso em: 10 set. 2022.

CARPITELLA, S. *et al.* Multi-criteria decision-making approach enterprise resource planning sorting problems, **Wiley library**, Hoboken, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/mcda.1745>.

CARVALHO, M.M.; CAUCHICK-MIGUEL, P.A. "Tese por artigos: desafios e oportunidades". In: CAUCHICK-MIGUEL, P.A. (org.) **Metodologia científica para engenharia**. Rio de Janeiro, GEN LTC, 2019, p. 244-253.

CAUCHICK-MIGUEL, P.A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para a sua condução. **Produção**, São Paulo, v.17, n.1, p. 216-229, abr. 2007. DOI: <https://prod.org.br/article/10.1590/S0103-65132007000100015>. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001626605>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CAUCHICK-MIGUEL, P. A. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. São Paulo: Gen LTC, 2021.

CAY, T.; UYAN, M. Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarchy Process (AHP). **Land Use Policy**, Guildford, v. 30, n. 1, p. 541–548, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.04.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837712000890>. Acesso em: 27 abr. 2022.

CERTO, S.C. **Tomada de decisões**: Administração moderna. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2007.

CHAN E.H.W.; SUEN H.C.H.; CHAN C.K.L. MAUT-based dispute resolution selection model prototype for international construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**. Hong Kong, v. 132, p. 444-45, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1061/ASCE0733-93642006132:5444>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233518732_MAUT-Based_Dispute_Resolution_Selection_Model_Prototype_for_International_Construction_Projects. Acesso em: 11 set. 2022.

CHANG, W.L. Using multi-criteria decision aid to rank and select co-branding partners: From a brand personality perspective. **Kybernetes**, Bradford, v. 38, n. 6, p. 950–965, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/03684920910973171>. Disponível em: <https://ntut.elsevierpure.com/publications/using-multi-criteria-decision-aid-to-rank-and-select-co-branding>. Acesso em: 09 set. 2022.

CHEN S.J.; HWANG C.L. **Fuzzy multiple attribute decision making**: Methods and applications. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

CHEN, W. *et al.* The effect of industrial relocation on industrial land use efficiency in China: A spatial econometrics approach. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 205, p.

525–535, dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.106>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618328269>. Acesso em: 04 mar. 2022.

CHENG, Y. *et al.* An intelligent supplier evaluation model based on data-driven support vector regression in global supply chain. **Computers and Industrial Engineering**, New York, v. 139, n. 105834, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.04.047>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036083521930258X>. Acesso em: 01 set. 2022.

CHEUNG, S.O.; SUEN, H.C.H. Multi-attribute utility model for dispute resolution strategy selection. **Construction Management and Economics**. London, v. 20, n. 7, p. 557-568, fev. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/01446190210157568>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446190210157568>. Acesso em: 08 set. 2022.

CHOUDHARY, A. *et al.* An Integrated fuzzy intuitionistic sustainability assessment framework for manufacturing supply chain: a study of UK based firms. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03452-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-019-03452-3>. Acesso em: 06 set. 2022.

CHOPRA, S. **Supply chain management: Strategy, planning, and operation**. 7th. ed. New Jersey: Pearson, 2019.

CHRISTOPHER, M. The agile supply chain: Competing in volatile markets. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 29, n. 1, p. 37–44, jan. 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00110-8](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00110-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019850199001108>. Acesso em: 10 set. 2022.

CLEMEN R.T. **Making hard decisions: An Introduction to Decision Analysis**. 2nd. ed. Pacific Grove, CA: Duxbury, 1997.

COHEN, J. **Statistical power analysis for behavioral sciences**. 2nd. ed. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1998. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203771587/statistical-power-analysis-behavioral-sciences-jacob-cohen>. Acesso em: 16 ago. 2022.

COOPER, D.R.; SCHINDLER, P.S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2016. *E-book*.

COOPER, M.C.; ELLRAM, L.M. Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. **The International Journal of Logistics Management**. UK, jul, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574099310804957>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235251758_Characteristics_of_Supply_Chain_Management_the_Implications_for_Purchasing_Logistics_Strategy. Acesso em: 13 set. 2022.

CORNER, J.L.; CORNER, P.D. Characteristics of Decisions in Decision Analysis Practice. **Journal of the Operational Research Society**, Oxford, v. 46, n.3, p. 304-314, mar. 1995.

DOI: <https://doi.org/10.2307/2584324>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1057/jors.1995.45>. Acesso em: 16 set. 2022.

CRAWFORD, G.; WILLIAMS, C. A note of the analysis of subjective judgement matrices. **Journal of Mathematical Psychology**, New York, v.29, n. 4, p. 387-405, 1985. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(85\)9002-1](https://doi.org/10.1016/0022-2496(85)9002-1). Disponível em:
<https://sciencedirect.com/science/article/pii/0022249685900021>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CRESWELL, J.W.; CRESWELL, J.D. **Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021. *E-book*.

CROOM, S. Introduction to research methodology in operations management. **Researching operations management**. Routledge, Abingdon-on-Thame, p. 56-97, 2010. Disponível em:
<https://www.scirp.org/reference/referencepapers?referencedid-2275026>. Acesso em: 23 nov. 2023.

DEBICKA, J.; MAZUREK, E.; OSTASIEWICZ, K. Methodological aspects of measuring preferences using the rank and Thurstone scale. **Statistika: statistics and economy journal**. v. 102, n. 3, p. 236-248, Czech Republic, 2022. DOI: <https://doi.org/10.54694/stat.2022.5>. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/363522677_Methodological_Aspects_of_Measuring_Preferences_Using_the_Rank_and_Thurstone_Scale. Acesso em: 27 nov. 2024.

DEMIR, E.; KOCA, G. Green Supplier Selection using Intuitionistic Fuzzy AHP and TOPSIS methods: A case study from the paper mills. In book: **Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions**, Istambul, p. 666-673, jan. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-51156-2_77. Disponível em:
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51156-2_77. Acesso em: 05 set. 2022.

DENZIN N.K.; LINCOLN Y.S. **O planejamento da pesquisa qualitativa: temas e abordagens**. 2. ed. Porto alegre: Artmed, 2006.

DHAMA, K. *et al.* Coronavirus disease 2019–COVID19. **Clinical Microbiology Reviews**, Bethesda, v. 33, n. 4, e00028–e120, nov. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00028-20>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32580969/>. Acesso em: 06 jan. 2022.

DE MONTIS, A. *et al.* Assessing the quality of different MCDA methods. **Alternatives for Environmental Valuation**. [s.l], p. 99–133, jan. 2005. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/259780141_Assessing_the_quality_of_different_MCDA_methods. Acesso em: 31 mar. 2022.

DI FRANCESCO, R. M.; MEENA, P.; TIBREWALA, R. Buyback and risk sharing contracts to mitigate the supply and demand disruption risks. **European Journal of Industrial Engineering**, Switzerland, v. 15, n. 1, p. 550–581, ago. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1504/EJIE.2021.10035324>. Disponível em:
<https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/EJIE.2021.116140>. Acesso em: 09 jan. 2022.

DOCZY, R.; ABDEL-RAZIG, Y. Green buildings case study analysis using AHP and MAUT in sustainability and costs. **Journal of Architectural Engineering**, New York, v. 23, n. 3,

mar. 2017. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000252](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000252). Disponível em: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29AE.1943-5568.0000252>. Acesso em 26 set. 2022.

DUARTE JUNIOR, A.M. **Gestão de riscos para fundos de investimento: Teoria e Prática**. Appris Editora, São Paulo, 2024.

DURMAZ, A.; DEMIR, H.; SEZEN, B. The role of negative entropy within supply chain sustainability. **Sustainable Production and Consumption**, Netherlands, v. 28, p. 218–230, out. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550921001263>. Acesso em: 03 jan. 2022.

EHRLICH, P. J. Modelos quantitativos de apoio às decisões - II. **RAE - Revista de administração de empresas**, São Paulo, v.36, n. 2, p. 44–52, 1996. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/38068>. Acesso em: 29 abr. 2022.

EL-ARABY A.; SABRY I.; EL-ASSAL, A. A Comparative study of using MCDM methods integrated with entropy weight method for evaluating location problem. **Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications**, Bosnia & Herzegovina, v. 5, n. 1, p. 121-138, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta250322151a>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Comparative-Study-of-Using-MCDM-Methods-with-for-El-Araby-Sabry/cff964ddb6a9c969257ace9fe00686ad2a2ed5a0>. Acesso em: 04 set. 2022.

EL BAZ, J.; RUEL, S. Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 233, n. 107972, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107972>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527320303224>. Acesso em: 05 jan. 2022.

EMOVON, I.; NORMAN, R.; MURPHY, A.J. An integration of multi-criteria decision-making techniques with a delay time model for determination of inspection intervals for marine machinery systems. **Applied Ocean Research**, Southampton, v. 59, p. 65–82, set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apor.2016.05.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014118716301390>. Acesso em: 05 set. 2022.

EMROUZNEJAD, A.; MARRA, M. The state-of-the-art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis. **International Journal of Production Research**, London, v. 55, n. 22, p. 6653–6675, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1334976>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2017.1334976>. Acesso em: 09 jul. 2022.

ENE, J.; ENE, E.E.; TSEGBA, I.N. Driving Performance through Strategic and Financial Planning (The Nigerian Experience). **IOSR Journal of Business and Management**, India, v. 16, n. 12, p.74- 83, jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.9790/487X-161217483>. Disponível em:

<https://www.iosrjournals.org/iosr-jbmqpapers/Vol16-issue12/Version-1/L0161217483.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2022.

FARAHANI, R. Z.; STEADIE-SEIFE, M.; ASGARI, N. Multiple criteria facility location problems: A survey. **Applied Mathematical Modelling**, New York, v. 34, n. 7, p. 1689–1709, jul. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2009.10.005>. Disponível em: <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X09003242>. Acesso em: 05 set. 2022.

FAROOQ, M. U. *et al.* Supply chain operations management in pandemics: A state-of-the-art review inspired by COVID-19. **Sustainability**, London, v.13, n. 5, p. 2504, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13052504>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/5/2504>. Acesso em: 07 jan. 2022.

FATIMA, I. *et al.* MODM: multi-objective diffusion model for dynamic social networks using evolutionary algorithm. **The Journal of Supercomputing**, Dordrecht, v. 66, n. 2, nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-013-0947-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11227-013-0947-2>. Acesso em: 11 set. 2022.

FEI, L. *et al.* An ELECTRE-Based multiple criteria decision-making method for supplier selection using Dempster-Shafer Theory. **IEEE Access**, Los Alamitos, v. 7, n. 8746082, p. 84701-84716, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2924945>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8746082>. Acesso em: 15 set. 2022.

FISHER, M. L. What is the right supply chain for your product? **Harvard business review**, Cambridge, p. 105– 117, 1997. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/245487/mod_resource/content/1/what%20is%20the%20right%20supply%20chain%20for%20your%20product.pdf. Acesso em: 04 ago. 2022.

FLYNN, B. *et al.* From the Editors: Introduction to managing supply chains beyond COVID-19 - preparing for the next global mega-disruption. **Journal of Supply Chain Management**, Tempe, v. 57, n. 1, p. 3-6, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jscm.12254>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jscm.12254?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 06 jan. 2022.

FONSECA, J.J.S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceara, 2002. Disponível em: <http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.

FRIDAY, D. *et al.* A collaborative approach to maintaining optimal inventory and mitigating stockout risks during a pandemic: Capabilities for enabling health-care supply chain resilience. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, UK, v. 11, n. 2, p. 248-271, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/JHLSCM-07-2020-0061>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jhlscm-07-2020-0061/full/html>. Acesso em: 07 jan. 2022.

GADAKH, V.S. Application of complex proportional assessment method for vender selection. **International Journal of Logistic Research and Applications**, London, v. 17, n. 1, p. 23-34, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/13675567.2013.836159>. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13675567.2013.836159>. Acesso em: 18 set. 2022.

GALLO, E.R.S. Teoria da decisão: o desenvolvimento do pensamento econômico da racionalidade à subjetividade. **História econômica & história de empresas**, São Paulo, v. 24, n. 2, pp. 531-564, mai-ago. 2021. Disponível em: [https://www.768-Artigo-3338-1-10-20210621\(1\).pdf](https://www.768-Artigo-3338-1-10-20210621(1).pdf). Acesso em: 23 jun. 2022.

GARG, H. Novel Correlation coefficients under the intuitionistic multiplicative environment and their applications to decision-making process. **Journal of Industrial and Management Optimization**, USA, v. 13, n. 5, p. 1-19, out. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3934/jimo.2018018>. Disponível em: <https://www.aims sciences.org/articleqdoi/10.3934/jimo.2018018>. Acesso em: 01 out. 2022.

GARSON, G.D. **Statnotes**: Topics in Multivariate Analysis, North Carolina, 2009. Disponível em: <https://faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/statnote.htm>. Acesso em: 09 ago. 2022.

GARUTI, C.; SALOMON, V.A.P. Compatibility indices between priority vectors. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, USA, v. 4, n. 2, p. 152–160, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v4i2.130>. Disponível em: <https://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/130>. Acesso em: 07 jul. 2022.

GARUTI, C. E. A set theory justification of Garuti's compatibility index. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, UK, v. 27, n. 1-2, p. 50–60, maio 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/mcda.1667>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mcda.1667?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 07 jul. 2022.

GASS, S. I. The Analytic Hierarchy Process: An Exposition. **Operations research**, Baltimore, v. 49, n. 4, p. 469–486, ago. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3088581>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GAWADE, D. Agile supply chain in manufacturing and service industry: Bibliometric and content analysis. **Sage Journals**, USA, v. 27, n. 2, p. 167-177, jun. 2021. DOI : <https://doi.org/10.1177/09722629211002000>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/09722629211002000>. Acesso em: 12 jan. 2022.

GEORGE, J.; BADONIYA, P.; XAVIER, J.F. Comparative analysis of supplier selection based on ARAS, COPRAS and MOORA methods integrated with Fuzzy AHP in Supply Chain Management. **Lectures notes in mechanical engineering**, Germany, p. 141-156, out. 2022. DOI: https://doi.org/q007/978-981-16-7059-6_13. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-7069-6_13. Acesso em: 08 set. 2022.

GIGERENZER, G.; GOLDSTEIN, D.G. Reasoning the fast and frugal way: Models of bounded rationality. **Psychological Review**, Washington, v. 103, n. 4, p. 650-669, out. 1996. DOI: <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.4.650>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8888650/>. Acesso em: 13 ago. 2022.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GÖÇER, F. A novel interval value extension of picture fuzzy sets into group decision making: An approach to support supply chain sustainability in catastrophic disruptions. **IEEE Access**, Los Alamitos, v. PP, n. 99, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105734>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9515968>. Acesso em: 14 set. 2022.

GÖLGEÇI, I.; KUIVALAINEN, O. Does social capital matter for supply chain resilience? The role of absorptive capacity and marketing–supply chain management alignment. **Industrial Marketing Management**, New York, v. 84, p. 63–74, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2019.05.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S00198501183006023>. Acesso em: 08 jan. 2022.

GOMES, L.F.A.M. (2007). **Teoria da decisão**. São Paulo: Cengage, 2007. *E-book*.

GOSH, S. *et al.* Green Supplier Selection: An empirical investigation. **Modeling, simulation and optimization**, UK, p. 723-735, mar. 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-9829-6_57. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-15-9829-6_57. Acesso em: 14 ago. 2022.

GRIFFIN, R. W.; PHILLIPS, J. M.; GULLY, S. M. **Organizational Behavior: Managing people and organizations**. 12th. ed. Boston: Cengage, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305122515_Organizational_Behavior_Managing_People_and_Organizations. Acesso em: 13 ago. 2022.

GRILLITSCH, M.; ASHEIM B. Place-based innovation policy for industrial diversification in regions. **European Planning Studies**, Abingdon, v. 26, n. 8, p. 1638–1662, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1484892>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09654313.2018.1484892>. Acesso em: 31 mar. 2022.

GUARINI, M. R.; BATTISTI, F.; CHIOVITTI, A. A methodology for the selection of multi-criteria decision analysis methods in real estate and land management processes. **Sustainability**, London, v. 10, n. 2, p. 507, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10020507>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/507>. Acesso em: 16 jul. 2022.

GUNASEKARAN, A.; LAI, K-H.; CHENG, T. C. E. Responsive supply chain: A competitive strategy in a networked economy. **Omega**, Oxford, v. 36, n.4, p. 549– 564, ago. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2006.12.002>. Disponível em: <https://sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305048307000825>. Acesso em: 10 jan. 2022.

HADDAD, A.N.; COSTA, B.B.F.; ANDRADE, L.S. Application of Fuzzy-TOPSIS method in supporting supplier selection with focus on HSE Criteria: A case study in the oil and gas industry. **Infrastructures**, Basel, v. 6, n. 8-105, jul. 2021. DOI : <https://doi.org/10.3390/infrastructures6080105>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2412-3811/6/8/105>. Acesso em: 05 set. 2022.

HAIAGHA, S. H. R. *et al.* A scenario based robust time–cost tradeoff model to handle the effect of COVID-19 on supply chains Project management. **Operations Management Research**, USA, v. 15, p. 357-377, maio 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00195-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12063-021-00195-y.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2022.

HAMMOND, J.S; KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. **Smart choices: A Practical Guide to Making Better Decisions**. Boston: Crown Business, 2002. *E-book*.

HANSSON, S.O. Decision Theory: A brief Introduction. **Royal institute of technology**, Sweden, jan. 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/210642121>. Acesso em: 22 maio 2022.

HASTIE R. Problems for judgment and decision making. **Annual Review of Psychology**, Palo Alto, v. 52, n. 1, fev. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.653>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.psych.52.1.653>. Acesso em: 12 set. 2022.

HERNÁNDEZ, C. T. **Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações**. 2010. 173f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2010. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/1fa7b6e8-2d1b-496e-a637-baa9bab4b0e3>. Acesso em: 18 ago. 2022.

HOLWEG, M. An investigation into supplier responsiveness: Empirical evidence from the automotive industry. **International Journal of Logistics Management**, UK, v. 16, n.1, p. 96–119, jun. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574090510617376>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09574090510617376/full/html>. Acesso em: 05 set. 2022.

HUSAIN, Z. *et al.* Analyzing the business models for circular economic implementation: a fuzzy TOPSIS approach. **Operations Management Research**, USA, v. 14, p. 256-271, jun. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s120630021-00197-w>. Acesso em: 22 maio 2022.

HWANG C-L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: Methods and Applications**. New York: Springer, 1981. *E-book*.

INDRAPRAHASTA, G. S.; DERUDDER, B.; HUDALAH, D. Local institutional actors and globally linked territorial development in Bekasi District: A strategic coupling? **Singapore Journal of Tropical Geography**, Singapore, v. 40, n. 2, p. 219–238, out. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/sjtg.12269>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sjtg.12269?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 04 mar. 2022.

INTERNATIONAL SOCIETY ON MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING (MCDM). Mission of the Society. Disponível em: Mission of the Society: Multiple Criteria Decision Making (mcdmsociety.org) Acesso em: 05 out. 2022.

ISHIZAKA, A.; PEARMAN, C.; NEMERY, P. AHP Sort: an AHP-based method for sorting problems. **International Journal of Production Research**, London, v. 50, n. 17, p. 4767-4784, set. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.65796>. Disponível em: https://researchgate.net/publication/238046864_AHPSort_anAHP-based_method_for_sorting_problems. Acesso em: 27 abr. 2022.

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Multi-criteria decision analysis**. John Wiley and Sons, UK, 2013. Disponível em: <https://download.e-bookshelf.de/download/003/8460/95/L-G-0003846095-0002367570.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

ISLAM, S.; AMIN, S.H.; WARDLEY, L.J. Supplier selection and order allocation planning using predictive analytics and multi-objective programming. **Computers and Industrial Engineering**, New York, v. 174, n. 108825, dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108825>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835222008130>. Acesso em: 30 set. 2022.

ISMAIL, H.S.; SHARIFI, H. A balanced approach to building agile supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, Bradford, v. 36, n. 6, p. 431–444, jul. 2006. DOI: <http://doi.org/10.1108/09600030610677384>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/235250834_A_Balanced_Approach_to_Building_A_gile_Supply_Chains. Acesso em: 08 jan. 2022.

IVANOV, D. Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. **Transportation Research Part e: Logistics and Transportation Review**, Exeter, v. 136, p.101922, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101922>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554520304300>. Acesso em: 09 jan. 2022.

IVANOV, D.; DOLGUI, A. New disruption risk management perspectives in supply chains: Digital twins, the ripple effect, and resilience. **IFAC-Papersonline**, Laxenburg, v. 52, n. 13, p. 337–342, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.138>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319310869>. Acesso em: 10 jan. 2022.

IVANOV, D.; DOLGUI, A. OR-methods for coping with the ripple effect in supply chains during COVID-19 pandemic: Managerial insights and research implications. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 232, n. 1, p. 107921, set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107921>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527320302784>. Acesso em: 13 jan. 2022.

JABBARZADEH, A.; FAHIMNIA, B.; SABOUHI, F. Resilient and sustainable supply chain design: Sustainability analysis under disruption risks. **International Journal of Production Research**, London, v. 56, p. 5945-5968, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1461950>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2018.1461950>. Acesso em: 11 jan. 2022.

JABBOUR, A.B.L.S.; SONG, M.; GODINHO FILHO, M. Sustainability implications for operations management: Building the bridge through exemplary case studies. **Production Planning and Control**, London, v. 31, n. 11-12, jan. 2020, DOI: <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695926>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2019.1695926>. Acesso em: 11 jan. 2022.

JAHAN, A.; EDWARDS, K.L. VIKOR method for material selection problems with interval numbers and target-based criteria. **Materials and Design**, Surrey, v. 47, p. 759–765, maio 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.12.072>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261306913000034>. Acesso em: 08 set. 2022.

JAYANT, A. *et al.* A state-of-the-art literature survey of grey relational analysis applications in a competitive business environment. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, Maryland, v. 30, n. 4, p. 425-448, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJISE.2018.096160>. Disponível em: <https://sci-hub-st/10.1504/IJISE.2018.096160>. Acesso em: 12 set. 2022.

JIANG, Y.; TIMMERMANS, H.; YU, B. Relocation of manufacturing industry from the perspective of transport accessibility: An application of percolation theory. **Transport Policy**, The Hague, v. 63, n. C, p. 10–29, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X17302305>. Acesso em: 06 mar. 2022.

JOHANSSON, M.; OLHAGER, J. Manufacturing relocation through offshoring and backshoring: The case of Sweden. **Journal of Manufacturing Technology Management**, UK, v. 29, n. 4, p. 637–657, dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2017-0006>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jmtm-01-2017-0006/full/html>. Acesso em: 11 mar. 2022.

JUPP, V. **The sage dictionary of social research methods**. London: Sage Publications, 2011, *E-book*.

KAILIPONI, P. Analyzing evacuation decisions using multi-attribute utility theory (MAUT). **Procedia Engineering**, Netherlands, v. 3, p. 163 – 174, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.07.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705810004856>. Acesso em: 19 set. 2022.

KEENEY, R.L. **Value focused thinking**. Cambridge: Harvard University Press, 1992. *E-book*.

KEENEY, R.L.; RAFFIA, H. **Decisions with multiple objectives**: Preferences and value trade-offs. Cambridge University Press, 1976.

KELLERMANN, F.W.; WALTER J.L.C.; FLOYD, S.W. The lack of consensus about strategic consensus: Advancing Theory and Research. **Journal of Management**, Washington, v. 31, n. 5, p. 719-737, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1177/0149206305279114>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0149206305279114>. Acesso em: 25 set. 2022.

KENDALL, M.; GIBBONS, J.D. **Rank correlation methods**. 5th. ed, London: Edward Arnold, 1990.

KENT, J.L.; FLINT, D.J. Perspectives on the Evolution of Logistics Thought. **Journal of Business Logistics**, Oak Brook, v. 18, n. 2, p. 15– 29, 1997. Disponível em: <https://www.library.northwestern.edu/find-borrow-request/requests-interlibrary-loan/lending-institutions.html>. Acesso em: 30 maio 2022.

KEUNING, D. **Management**. A Contemporary Approach. Londres: Pearson Higher Education, 1997. Disponível em: <https://archive.org/details/managementcontem0000keun/page/n9/mode/2up>. Acesso em: 17 set. 2022.

KHAN, S.A.; CHAABANE, A.; DWEIRI, F.T. **Multi-criteria decision-making methods application in supply chain management**: A systematic literature review. Multi-criteria methods and techniques applied to supply chain management. Edited by SALOMON, V.A.P. Tech Open, jun, 2018 DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.74067>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/6562>. Acesso em: 09 set. 2022.

KHARISMA, S.A.; ARDI, R. Supply Chain risk assessment of generic medicine in Indonesia using DEMATEL-based ANP (DANP). **IEEE Xplore**, Singapore, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEEM45057.2020.9309793>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9309793>. Acesso em: 27 jan. 2022.

KIM S-K.; SONG, O. A MAUT approach for selecting a dismantling scenario for the thermal column in KRR-1, **Annals of Nuclear Energy**, Oxford, v. 36, n. 2, p. 145-150, mar. 2009. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.anucene.2008.11.034>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306454908003174>. Acesso em: 07 set. 2022.

KOCH, N.; BASSE MAMA, H. Does the EU Emissions Trading Systems induce investment leakage? Evidence from German multinational firms. **Energy Economics**, Guildford, v. 81, n. C, p. 479–492, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.04.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014098831930132X>. Acesso em: 07 mar. 2022.

KONG, Q.; WU, L. Combinatorial design of the MAUT and PAMSSEM II methods for multiple attributes group decision making with probabilistic linguistic information. **Soft Computing**, Germany, v. 27, n. 4, p. 2093-2108, ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00500-022-07379-z>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-022-07379-z>. Acesso em: 11 set. 2022.

KONOPASKE, R.; IVANCEVICH, J.; MATTESON, M. **Organizational behavior and management**. 11th. ed. New York: McGraw Hill, 2017. *E-book*.

KOTHARI, C.R. **Research methodology**: methods and techniques. 2. ed. New Delhi: New Age International Publishers, 2004. Disponível em: https://ccsuniversity.ac.in/bridge-library/pdf/Research-Methodology-CR_Kothari.pdf. Acesso em: 02 maio 2023.

KOCZKODAJ, W. A new definition of consistency of pairwise comparisons, **Mathematical and Computer Modelling: An International Journal**, Oxford, v. 18, n. 7, p. 79-84, out, 1993. DOI: [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(93\)90059-8](https://doi.org/10.1016/0895-7177(93)90059-8). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0895717793900598>. Acesso em: 28 nov. 2024.

KOZAK, M. What is a strong correlation. **Teaching statistics**, Sheffield, v. 31, n. 3, p. 85-86, ago. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9639.2009.00387.x> Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9639.2009.00387.x?msockid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 08 set. 2022.

KUMAR, A. *et al.* Mitigate risks in perishable food supply chains: Learning from COVID-19. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v.166, n. 12, p. 120643, maio 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120643>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162521000755>. Acesso em: 09 set. 2022.

KURATA, H.; NOMURA, R.; SUGA, N. Vertical specialization in North-South trade: Industrial relocation, wage and welfare. **Review of International Economics**, London, v. 28, n. 5, p. 119–137, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/roie.12444>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/role.12444?msockid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 17 mar. 2022.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, fev. 2021.

LA LONDE, B.J.; MASTERS, J.M. Emerging logistics strategies: Blueprints for the next century. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, Bradford, set. 1994. DOI: <https://doi.org/10.1108/09600039410070975>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09600039410070975/full/html>. Acesso em: 15 set. 2022.

LAMBERT, D.M.; STOCK, J.R.; ELLRAM, L.M. **Fundamentals of logistics management**. New York: McGraw-Hill, 1998. Disponível em: <https://archive.org/details/fundamentalsoffo0000lamb>. Acesso em: 14 set. 2022.

LEE, C.-Y.; CHEN, B-S. Mutually-exclusive-and-collectively-exhaustive feature selection scheme. **Applied Soft Computing**, Amsterdam, v. 68, n. C, p. 961–971, jul. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.04.055>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494617302375>. Acesso em: 19 mar. 2022.

LEVI, D.S.; KAMINSKY, P.; LEVI, E.S. **Cadeia de suprimentos projeto e gestão: Conceitos, Estratégias e Estudos de Caso**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2010.

LI, M.; WANG, Q. Does industrial relocation alleviate environmental pollution? A mathematical economics analysis. **Environmental, Development and Sustainability**, Netherlands, v. 22, n. 5, p. 4673–4698, jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-019->

00403-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007qs10668-019-00403-7>. Acesso em: 20 mar. 2022.

LI, T. *et al.* Decentralization of the non-capital functions of Beijing: Industrial relocation and its environmental effects. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 224, n. 2, p. 545–556, jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.247>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619309564>. Acesso em: 09 mar. 2022.

LI, J. *et al.* Supply chain finance review: Current situation and future trend. **System Engineering Theory and Practice**, Netherlands, v. 40, n. 8, p. 1977–1995, 2020. DOI: <https://doi.org/10.12011/1000-6788-2029-2801-19>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355757985_Supply_chain_finance_review_Current_situation_and_future_trend. Acesso em: 16 jan. 2022.

LIAO, H. F.; CHAN, R.C.K. Industrial relocation of Hong Kong manufacturing firms: Towards an expanding industrial space beyond the Pearl River Delta. **GeoJournal**, Netherlands, v. 76, n. 6, p. 623–639, dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10708-009-9316-3>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/41308672>. Acesso em: 11 mar. 2022.

LIERN, V.; PÉREZ-GLADISH, B. Multiple criteria ranking method based on functional proximity index: un-weighted TOPSIS. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, v. 311, n. 2, p. 1099–1121, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03718-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-020-03718-1>. Acesso em: 19 set. 2022.

LIMA, B.P.; SALOMON, V.A.P.; SAMPAIO, P. Bibliometric analysis of quality function deployment with fuzzy systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY ENGINEERING AND MANAGEMENT, 4., 2020, Braga. **Proceedings of the 4th ICQEM conference**. Braga: Universidade do Minho, 2020. Disponível em: https://repositorium.sdum.uminho.pt/1822/70738/1/Lima_et al.pdf. Acesso em: 23 maio 2022.

LIN, C-T. ; CHIU, H. ; CHU, P-Y. Agility index in the supply chain. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 100, n. 2, p. 285–299, abr. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527304004451>. Acesso em: 02 fev. 2022.

LIOU, J.J.H. *et al.* Application of an MCDM model with data mining techniques for green supplier evaluation and selection. **Applied Soft Computing**, Amsterdam, v. 109, n. 107534, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107534>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494621004579>. Acesso em: 09 out. 2022.

LIU, Y. *et al.* Ranking range model in multiple attribute decision making: A comparison of selected methods. **Computers & Industrial Engineering**, New York, v. 155, n. 6, p. 107–180, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107180>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036083522100084X>. Acesso em: 05 abr. 2022.

LOMBARDI NETTO, A.; SALOMON, V.A.P.; ORTIZ-BARRIOS, M.A. Multi-criteria analysis of green bonds: Hybrid multi-method applications. **Sustainability**, London, v. 13, n. 2, p. 10512, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su131910512>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354791503_Multi-Criteria_Analysis_of_Green_Bonds_Hybrid_Multi-Method_Applications. Acesso em: 06 mar. 2022.

LOOTSMA, F. The french and the american school in multi-criteria decision analysis. **Recherche Opérationnelle/Operations Research**, Delft, v. 24, n. 3, p. 263–285, 1990. DOI: <https://doi.org/10.1051/RO/1990240302631>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-french-and-the-american-school-in-decision-Lootsma/8ef3a31c12af4252a864eba142ded504b4e69bad>. Acesso em: 16 set. 2022.

LUNDBERG, H.; ANDRESEN, E.; TÖRNROOS, J-A. Understanding network emergence after turbulent industrial relocation: A Swedish biorefinery initiative. **European Management Journal**, London, v. 34, n. 5, p. 475–483, out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2016.03.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263237316300275>. Acesso em: 19 mar. 2022.

LYNCH D.F.; KELLER, S.B.; OZMENT, J. The Effects of Logistics Capabilities and Strategy on Firm Performance. **Journal of Business Logistics**, Oak Brook, v. 21, n. 2, p. 47–67, jan. 2000. Disponível em: <https://researchgate.net/publication/284046901>. Acesso em: 31 maio 2022.

MAHMUD, P. *et al.* Evaluating Supply Chain collaboration barriers in small and medium sized enterprises. **Sustainability**, London, v. 13, n. 3, p. 7749, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13137449>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7449>. Acesso em: 15 set. 2022.

MAILENA, L.; INDRAWANTO, C.; ASTUTI, E.P. Risk management of chilli supply chains using weighted failure mode effect analysis. **IOP conference series: earth and environmental science**, UK, v. 782, n. 2, p. 022004, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/782/2/022004>. Disponível em: <https://stas.iop.org/article/10.1088/1755-1315/782/2/022004>. Acesso em: 21 jan. 2022.

MALMQVIST, J. *et al.* Conducting the Pilot Study: A neglected part of the research process? Methodological findings support the importance of piloting in qualitative research studies. **International Journal of Qualitative Methods**, UK, v. 18, p. 1-11, set. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/1609406919878341>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1609406919878341>. Acesso em: 23 out. 2022.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de Pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARDANI, A. *et al.* Multiple criteria decision-making techniques and their applications: A review of the literature from 2000 to 2014. **Economic Research-Ekonomska Istraživanja**, London, v. 28, n. 1, p. 516–571, jan. 2015a. DOI: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1331677X.2015.1075139>. Acesso em: 09 jun. 2022.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; ZAVADSKAS, E.K. Fuzzy multiple criteria decision-making techniques and applications: Two decades review from 1994 to 2014. **Expert Systems with Applications**, New York, v. 42, n. 8, p. 4126–4148, maio 2015b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.01.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417415000081>. Acesso em: 11 mar. 2022.

MARTINO NETO, J.; SALOMON, V.A.P. Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics. In: Quadrat-Ullah, H. (eds) **Understanding the dynamics of new normal for supply chains**, London, p. 121-137, out. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-07333-5_7. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-07333-5_7. Acesso em: 06 out. 2022.

MARTINO NETO, J. *et al.* Compatibility and correlation of multi-attribute decision making: a case of industrial relocation. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, fev. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04603-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-022-04603-9>. Acesso em: 28 fev. 2022.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MAXIMIANO, A.C.A. **Introdução à Administração**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2011. *E-book*.

MEDEIROS, J.B. **Redação Científica**: prática de fichamentos, resumos, resenhas. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MELO, M.T.; NICKEL, S.; SALDANHA-DA-GAMA, F. Facility location and supply chain management: A review. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 196, n. 2, p. 401–412, jul. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.05.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221708004104>. Acesso em: 04 fev. 2022.

MELO, T.M.; FUCIDJI, J.R. Racionalidade limitada e a tomada de decisão em sistemas complexos. **Revista de economia política**, Araraquara, v. 36, n. 3 (144), p. 622-645, jul.-set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0101-31572016v36n03a09>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/SZq8Tj3JLNsxHbx44Pn8H6H/?format=pdf>. Acesso em: 26 set. 2022.

MENTZER, J.T. *et al.* Defining Supply Chain Management, **Journal of Business Logistics**, Oak Brook, v. 22, n. 2, p. 1-25, set. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x?msockid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 01 set. 2022.

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento**: Pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND B.; LAMPEL, J. **Strategy Safari**: The complete guide through the wilds of strategy management. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

MOHAMMED, A. Towards “gresilient” supply chain management: A quantitative study. **Resources Conservation and Recycling**, Amsterdam, n. 155:104641, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104641>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344919305476>. Acesso em: 04 set. 2022.

MOKHTARZADEH, N.G. *et al.* A product technology portfolio alignment approach for food industry: A multi-criteria decision making with z-numbers. **British Food Journal**, Bradford, v. 122, n. 12, p. 3947-3967, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2020-0115>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/bfj-02-2020-0115/full/html>. Acesso em: 24 jan. 2022.

MOKHTARZADEH, N.G. *et al.* Investigating the impact of networking capability on firm innovation performance: Using the resource action performance framework. **Journal of Intellectual Capital**, Bradford, v.21, p. 1009-1034, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1108/JIC-01-2020-0005>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/jic-01-2020-0005/full/html>. Acesso em: 25 jan. 2022.

MOLLAHASSANI-POUR, M. *et al.* Demand response resources’ allocation in security-constrained preventive maintenance scheduling via MODM method. **IEEE Systems Journal**, Concordia, v. 11, n. 2, p. 1-12, mar, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSYST.2015.2424675>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7445131>. Acesso em: 25 out. 2022.

MOORE, D.S; NOTZ W.I.; FLIGNER, M.A. **The basic practice of statistics**. New York, Freeman, 2015. *E-book*.

MOORE, D.S.; MC CABE, G.P. **Introduction to the practice of statistics**. 4th. ed. Londres: W. H. Freeman, 2003.

MOONS, K. *et al.* Performance indicator selection for operating room supply chains: An application of ANP. **Operations Research for Health Care**, Karlsruhe, v. 23.; n. 100229, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2019.100229>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211692317301492>. Acesso em: 29 ago. 2022.

MORSE, J.M. *et al.* Verification strategies for establishing reliability and validity in qualitative research. **International Journal of Qualitative Methods**, UK, v. 19, p. 1-3, jun. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1177/160940690200100202>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/160940690200100202>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MÜNCH, C.; BENZ, L.A.; HARTMANN, E. Exploring the circular economy paradigm: A natural resource-based view on supplier selection criteria. **Journal of Purchasing & Supply Management**, New York, v. 28, n. 4, 100793, out. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2022.100793>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1478409222000486>. Acesso em: 15 out. 2023.

NAKANO, D.N.; MUNIZ JR, J. Writing literature review for empirical papers. **Production**, São Paulo, v. 28, e20170086, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20170086>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323558574_Writing_the_literature_review_for_empirical_papers. Acesso em: 09 set. 2022.

NASSEREDDINE, H. *et al.* Propositions for a resilient, post-COVID-19 future for the AEC industry. **Frontiers in Built Environment**, Switzerland, v. 7:687021, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.687021>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/built-environment/articles/10.3389/fbuil.2021.687021/full>. Acesso em: 14 jan. 2022.

NGUYEN, N.B.T; LIN, G-H.; DANG, T-T. A two-phase integrated fuzzy decision-making framework for green supplier selection in the coffee bean supply chain, **Mathematics**, Switzerland, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/math9161923>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-two-Phase-Integrated-Fuzzy-Decision-Making-for-in-Nguyen-Lin/91b9daa7c6ee8c0c0f21d8d7af43227447b32595>. Acesso em: 17 set. 2022.

OLIVEIRA, O. J. *et al.* **Bibliometric method for mapping the state-of-art and identifying research gaps**. TechOpen, Netherlands, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.85.856>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/69867>. Acesso em: 08 set. 2022.

OLIVEIRA, G.; DIAS, L.C. The potential learning effect of a MCDA approach on consumer preferences for alternative fuel vehicles. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, v. 293, n. 2, p. 767–787, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03584-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-020-03584-x>. Acesso em: 17 out. 2022.

OPPIO, A.; BOTTERO, M.; ARCIDIACONO, A. Assessing urban quality: a proposal for an MCDA evaluation framework. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, v. 312, n. 1, maio 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2738-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-017-2738-2>. Acesso em: 25 set. 2022.

ORTIZ-BARRIOS, M. *et al.* A case of food supply chain management with AHP, DEMATEL, and TOPSIS. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, London, v. 27, n. 1–2, p. 104–128, ago. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/mcda.1693>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mcda.1693?msockid-178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 30 out. 2022.

ORTIZ-BARRIOS, M.; ALFARO-SAIZ, J-J. A hybrid fuzzy multi-criteria decision-making model to evaluate the overall performance of public emergency departments: A case study. **International Journal of Information Technology & Decision Making**, Singapore, v. 19, n. 6, p. 1485–1548, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0219622020500364>. Disponível em: <https://worldscientific.com/doi/10.1142/S0219622020500364>. Acesso em: 01 nov. 2022.

ORTIZ-BARRIOS, M.A. *et al.* A hybrid fuzzy multi criteria decision making model for selecting a sustainable supplier of forklift filters: A case study from the mining industry. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, v. 307, n. 1, dez. 2021. DOI: <https://doi.org/>

10.1007/s10479-020-03737-y. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-020-03737-y>. Acesso em: 19 out. 2022.

PAN, Z. *et al.* Characterizing urban redevelopment process by quantifying thermal dynamic and landscape analysis. **Habitat International**, Oxford, v. 86, p. 61–70, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.03.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397518304557>. Acesso em: 14 mar. 2022.

PAN, X-H. *et al.* A novel interval-valued three-way decision theory under multiple criteria environments, **Knowledge-Based Systems**, Leicester, v. 253:109522, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.109522>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950705122007675>. Acesso em: 04 nov. 2022.

PANDOLFI, M. **Sistemas de medição e avaliação do desempenho organizacional: Contribuição para a gestão de metas globais a partir de performances individuais.** Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-30052005-165204/publico/TESE_PANDOLFI.pdf. Acesso em: 06 nov. 2022.

PAPPAS, D. *et al.* Energy and carbon intensity: A study on the cross-country industrial shift from China to India and SE Asia. **Applied Energy**, London, v. 225, p. 183–194, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.04.132>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261918306652>. Acesso em: 02 abr. 2022.

PAULA, D. C.; SALOMON, V.A.P. Utilização de indicadores na análise da aplicação de métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 40., 2008, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: SOBRAPO, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/51165841-Utilizacao-de-indicadores-na-analise-da-aplicacao-de-metodos-de-tomada-de-decisao-com-multiplos-criterios.html>. Acesso em: 07 jul. 2022.

PATEL, A. *et al.* Comparative study of MCDM techniques COPRAS and TOPSIS for selection of electric motorcycles. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND APPLICATIONS (ICIEA)*, 7. Sochi, 2020. **Proceedings [...]** New York: IEEE Xplore, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIEA49774.2020.9101932>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9101932>. Acesso em: 23 maio 2022.

PETROVIC, G.S. *et al.* An approach for robust decision-making rule generation: Solving transport and logistics decision making problems. **Expert Systems with Applications**, New York, mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.03.065>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417418302227>. Acesso em: 09 set. 2022.

PETROVIC, G. *et al.* Comparison of three fuzzy MCDM methods for solving the supplier selection problem. **Facta Universitatis Series Mechanical Engineering**, Nis, v. 17, n. 3, p. 455, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.22190/FUME190420039P>. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/q340170050_Comparison_of_three_Fuzzy_methods_for_solving_the_supplier_selection_problem. Acesso em: 22 set. 2022.

POH, K.L.; LIANG, Y. Multi-criteria decision support for a sustainable supply chain: Applications to the fashion industry. **Informatics**, Basel, v. 4, n. 4, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/informatics4040036>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9709/4/4/36>. Acesso em: 20 set. 2022.

PRASHAR, A. Supply chain sustainability drivers for fast-moving consumer goods (FMCG) sector: an Indian perspective. **International Journal of Productivity and Performance Management**, UK, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-10-2021-0582>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360263078_Supply_chain_sustainability_drivers_for_fast_moving_consumers_goods_FMCG_sector_an_Indian_perspective. Acesso em: 04 set. 2022.

QAZI, A.; SIMSEKLER, M.C.E.; AKRAN, M. Efficacy of early warning systems in assessing country-level risk exposure to COVID-19. **Geomatics, Natural Hazards and Risk**, London, v.12, n.1, p. 2352–2366, maio 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1962984>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475705.2021.1962984>. Acesso em: 10 set. 2022.

RICE, J.A. **Mathematical statistics and data analysis**. São Paulo: Cengage, 2007. *E-book*.

ROBBINS, S.P.; JUDGE, T.A.; SOBRAL, F. **Comportamento organizacional: teoria e prática no contexto brasileiro**. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2010. *E-book*.

ROSE, J.; JOHNSON, C.W. Contextualizing reliability and validity in qualitative research: toward more rigorous and trustworthy qualitative social science in leisure research. **Journal of Leisure Research**, Washington, v. 51, n. 4, p. 432-451, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00222216.2020.1722042>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00222216.2020.1722042>. Acesso em: 03 ago. 2023.

ROTHSTEIN, H.R.; HOPEWELL, S. Grey Literature. **In the handbook of research synthesis and meta-analysis**. 2nd. ed. edited by Cooper H.; Hedges, L.V.; Valentine, J.C., p. 103–125. New York: Russell Sage Foundation, 2009. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2009-05060-006>. Acesso em: 05 ago. 2023.

ROY, J.; PAMUCAR, D.; KAR, S. Evaluation and selection of third part logistics provider under sustainability perspectives: an interval valued fuzzy-rough approach. **Annals of Operations Research**, Amsterdam, v. 298, p. 669-714, dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03501-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10479-019-03501-x>. Acesso em: 27 set. 2022.

SAATY, R.W. The analytic hierarchy process- what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, New York, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987. DOI: [http://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](http://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0270025587904738>. Acesso em: 19 ago. 2022.

SAATY, T.L. Measuring the fuzziness of sets. **Journal of Cybernetics**, Washington, v. 4, n. 4, p. 53–61, 1974. DOI: <https://doi.org/10.1080/01969727408546075>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01969727408546075>. Acesso em: 01 set. 2022.

SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, New York, v. 15, n. 3, p. 234–281, 1977. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022249677900335>. Acesso em: 24 out. 2022.

SAATY, T.L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-3982-6_5. Acesso em: 27 set. 2022.

SAATY, T.L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

SAATY, T. L. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. 6th. ed. Pittsburgh: RWS Pubns, 2000. *E-book*.

SAATY, T.L. **Theory and applications of the analytic network process**: Decision making with benefits, opportunities, costs, and risks. Pittsburgh: RWS Pubns. 2005. *E-book*.

SAATY, T.L. Decision making with analytic Hierarchy Process. **International Journal of Services Sciences**, Switzerland, v. 1, n. 1, p. 83–86, jan. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJSSCI.2008.01759>. Acesso em: 15 out. 2022.

SAATY, T.L. **Mathematical principles of decision making**. Principia mathematica decernendi: The complete Theory of the Analytic Hierarchy Process. Pittsburgh: RWS Pubns. 2014. *E-book*.

SAATY, T.L.; PENIWATI, K. **Group decision making**: Drawing Out and Reconciling Differences. Pittsburgh: RWS Pubns. 2013. *E-book*.

SAATY, T.L.; ROGERS, P. C. Higher education in the United States (1985–2000): Scenario construction using a hierarchical framework with eigenvector weighting. **Socio-economic Planning Sciences**, New York, v. 10, n. 6, p. 251–263, 1976. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0121\(76\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0038-0121(76)90012-4). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038012176900124>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SALIMIAN, S.; MOUSAVI, M.; ANTUCHEVICIENE, J. Evaluation of infrastructure projects by a decision model based on RPR, MABAC, and WASPAS method with interval-valued intuitionistic fuzzy sets. **International Journal of Strategy Property Management**, UK, v. 6, n. 2, p. 106–118, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3846/ijspm.2022.16476>. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/358783188_Evaluation_of_infrastructure_projects_by_a_decision_model_based_on_RPR_MABAC_and_WASPAS_method_with_interval-valued_intuitionistic_fuzzy_sets. Acesso em: 16 set. 2022.

SALO, A.; HÄMÄLÄINEN, R. On the measurement of preference in the analytic hierarchy process. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, UK, v. 6, p. 309-319, nov. 1997. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1360\(199711\)6:6-309](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1360(199711)6:6-309). Disponível em: [https://sci-hub.st/10.1002/\(sici\)1099-1360\(199711\)6:6-309::aid-mcda163-3.0.co;2-2](https://sci-hub.st/10.1002/(sici)1099-1360(199711)6:6-309::aid-mcda163-3.0.co;2-2). Acesso em: 01 dez. 2024.

SALOMON, D.V. **Como fazer uma monografia**. 11. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004. *E-book*.

SALOMON, V.A.P.; MARINS, F.; DUDUCH, M. Tomada de decisões múltiplas aplicada à seleção de fornecedores de equipamentos de uma linha de montagem em uma fábrica de autopeças. **Pesquisa operacional para o desenvolvimento**, Brasil, v. 1, n. 3, p. 208-217, ago, 2009. Disponível em: <https://www.podesenvolvimento.org.br/podesenvolvimento/article/22>. Acesso em: 27 set. 2022.

SALOMON, V.A.P. **Contribuições para validação de tomada de decisão com múltiplos critérios**. Tese (Livre docência) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2010. Disponível em: <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfValerioSalomon367/tese-ld.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2022.

SALOMON, V.A.P. Absolute measurement and ideal synthesis on AHP. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, USA, v. 3, n. 1, p. 538–545, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v8i3.452>. Disponível em: <https://www.ijahp.org/index.php/IJAHp/article/view/452>. Acesso em: 12 jul. 2022.

SALOMON, V.A.P.; RANGEL, L.D. Comparing rankings from using TODIM and a fuzzy expert system. **Procedia Computer Science**, Netherlands, v. 55, p. 126-138, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915014945>. Acesso em: 07 jul. 2022.

SALOMON, V.A.P.; MARINS, F.A.S.; TRAMARICO, C.L. Analytic hierarchy process applied to supply chain management. In: DE FELICE, F.; SAATY, T. L.; PETRILLO, A., editors. **Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process: Decision Making for Strategic Decision**. TechOpen, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.5772/64022>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/50912>. Acesso em: 08 out. 2022.

SAMSON, A. **The behavioral economics guide** (with a foreword by George Loewenstein and Rory Sutherland). [s.l.], 2014. Disponível em: <http://www.behavioraleconomics.com>. Acesso em: 26 abr. 2022.

SARAJI, M.K.; STREIMIKIENE, D. Evaluating the circular supply chain adoption in manufacturing sectors: A fuzzy picture approach. **Technology in Society**, New York, v 70, 102050, ago. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102050>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160791X22001919>. Acesso em: 17 set. 2022.

SARKIS, J. *et al.* A brave new world: Lessons from the COVID-19 pandemic for transitioning to sustainable supply and production. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 159, n. 1, 104894, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104894>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32313383>. Acesso em: 24 jan. 2022.

SCHAMP, E.W. Decline of the district, renewal of firms: An evolutionary approach to footwear production in the Pirmasens area, Germany. **Environmental and Planning A**, UK, v. 37, n. 4, p. 617–634, abr. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1068/a36275>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a36275>. Acesso em: 09 mar. 2022.

SCHMIDT, G.; WILHELM, W.E. Strategic, tactical and operational decisions in multi-national logistics networks: A review and discussion of modelling issues. **International Journal of Production Research**, London, v. 38, N. 7, p. 1501-1523, maio 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/002075400188690>. Disponível em: <https://tandfonline.com/doi/abs/10.1080/002075400188690>. Acesso em: 15 out. 2022.

SCHRAMM, V.B.; CABRAL, L.; SCHRAMM, F. Approaches for supporting sustainable supplier selection: A literature review. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 6, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620331346>. Acesso em: 20 set. 2022.

SEBERRY, J.; WYSOCKI, B.J.; WYSOCKI, T.A. On some applications of Hadamard matrices. **Metrika**, Heidelberg, 2005. v. 62, pp. 221–239. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00184-005-0415-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00184-005-0415-y>. Acesso em: 27 out. 2022.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2016.

SHARMA, M.; JOSHI, S. Digital supplier selection reinforcing supply chain quality management systems to enhance firm's performance. **The TQM Journal**, Abingdon, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/TQM-07-2020-0160>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346033834_Digital_supplier_selection_reinforcing_supply_chain_quality_management_systems_to_enhance_firm's_performance. Acesso em: 17 set. 2022.

SHAUGHNESSY, J.J.; ZECHMEISTER, E.B.; ZECHMEISTER, J.S. **Research methods in psychology**. 9th. ed. New York: McGraw-Hill Humanities, 2011. Disponível em: https://archive.org/details/researchmethods0000shau_I6h4/page/n9/mode/2up. Acesso em: 03 mar. 2023

SHIH, H-S. *et al.* Environmental impact on the vendor selection problem in electronics firms: A systematic analytic network process with BOCR. **International Journal of the Analytic Hierarchy Process**, London, v. 6, n. 2, p. 202–227, nov. 2014. DOI: <https://doi.org/10.13033/ijahp.v6i2.256>. Disponível em: <https://www.ijahp.org/index.php/IJAHp/article/view/256>. Acesso em: 24 ago. 2022.

SILVA, A.C.S.; BELDERRAIN, M.C.N.; PANTOJA, F.C.M. Prioritization of R&D projects in the aerospace sector: AHP method with ratings. **Journal Aerospace Technology Management**, São José dos Campos, v. 2, n. 3, p. 339-348, set-dec, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5028/jatm.2010.02039110>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jatm/a/knRjxKtmTkZ6pvJjVLnHzt/>. Acesso em: 30 set. 2022.

SIMON, H.A. A Behavioral Model of Rational Choice. **Quarterly journal of economics**, Pittsburgh, v. 69, n. 1, p. 99-118, fev. 1955. DOI: <https://doi.org/10.2307/1884852>. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/1956-00801-001>. Acesso em: 14 ago. 2022.

SIMON, H.A. **Reason in human affairs**. Stanford: Stanford University Press, 1983. *E-book*.

SINGHAL, J.; SINGHAL, K. Holt, Modigliani, Muth, and Simon's work and its role in the renaissance and evolution of operations management. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 25, n. 2, p. 300-309, jul. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.06.003>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1016/j.jom.2006.06.003?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SMIRNOV, P. *et al.* Evaluation of statistical approaches for association testing in noisy drug screening data. **BMC Bioinformatics**. Bethesda, v. 23, n. 188, abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12859-022-04693-z>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35585485/>. Acesso em: 06 out. 2022.

SOBRAL, F.; PECI, A. **Administração: teoria e prática no contexto brasileiro**, 2. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

SODHI, M.S.; TANG, C.S.; WILLENSON, E.T. Research opportunities in preparing supply chains of essential goods for future pandemics. **International Journal of Production Research**, London, v. 61, n. 8, p. 2416-2431, jan. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1884310>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2021.1884310>. Acesso em: 19 jan. 2022.

STANTON, J.M. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. **Journal of Statistics Education**, London, v. 9, n. 3, jan. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1080/10691898.2001.11910537>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10691898.2001.11910537>. Acesso em: 03 nov. 2022.

SUDGEN, R. Rational Choice: A Survey of Contributions from Economics and Philosophy. **Economic Journal**, Cambridge, v. 101, n. 407, p. 751-785, jul. 1991. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2233854>. Acesso em: 06 nov. 2022.

SUHI, S.A. *et al.* Environmental sustainability assessment in supply chain: An emerging context. **Environmental Impact Assessment Review**, New York, v. 79, n. 106306, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106306>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925519301611>. Acesso em: 12 set. 2022.

TANG, T. *et al.* Land costs, government intervention, and migration of firms: The case of China. **China Economic Review**. Beijing, v. 64, n. 2. 101560, dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2020.101560>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1043951X20301577>. Acesso em: 04 mar. 2022.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 18. ed. Rio de Janeiro: Ed. Cortez, 2018.

THOKALA, P. *et al.* Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making—An Introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. **Science Direct**, USA, v. 19, n. 1, p. 1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jval.2015.12.003>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26797229/>. Acesso em: 18 nov. 2022.

TIMPÉRIO, G. *et al.* Integrated decision support framework for distribution network design. **International Journal of Production Research**, London, v. 58, n. 8, p. 2490-2509, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1680894>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2019.1680894>. Acesso em: 04 dez. 2022.

TOLOOIE, M. *et al.* Sustainable supplier evaluation and selection in developing countries: an integrated fuzzy framework. **International Journal of Integrated Supply Management**, Orebro, v. 15, n. 2, p. 151-183, mar. 2022, DOI: <https://doi.org/10.1504/IJISM.2022.121952>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359853289_Sustainable_supplier_evaluation_and_selection_in_developing_countries_an_integrated_fuzzy_framework. Acesso em: 17 nov. 2022.

TRAMARICO, C.L. *et al.* Analytic hierarchy process and supply chain management: A bibliometric study. **Procedia Computer Science**. Netherlands, v. 55, p. 441–450, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915014805>. Acesso em: 26 mar. 2023.

TVERSKY, A.; KAHNEMAN, D. The framing of decisions and the psychology of choice. **Science**, USA, v. 211, n. 4481, p. 453–458, jan. 1981. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.7455683>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7455683/>. Acesso em: 30 out. 2022.

VAIDYA, O.S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 169, n.1, p. 1–29, fev. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221704003054>. Acesso em: 19 jan. 2023.

VELAYUTHAM, A. *et al.* Pandemic turned into pandemonium: The effect on supply chains and the role of accounting information. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, UK, v. 34, p. 1404–1405, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1108/AAAJ-08-2020-4800>. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/351233334_Pandemic_turned_into_pandemonium_the_effect_on_supply_chains_and_the_role_of_accounting_information. Acesso em: 02 fev. 2022

VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. **Modern applied statistics**, 4th. ed. Oxford, Springer, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-21706-2>. Acesso em: 03 out. 2022.

VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behavior**. New Jersey: Princeton University Press, 1953. Disponível em: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.215284/page/n5/mode/2up>. Acesso em: 05 out. 2022.

VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. **Theory of games and economic behavior**. 16th. ed. New Jersey: Princeton University Press, 2007. *E-book*.

VOSS, C. *et al.* Case research in operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, Bradford, v 22, n. 2, p. 195-219, fev, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1108/01443570210414329>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/224952206_Case_research_in_operations_management. Acesso em: 29 nov. 2024.

ZANAKIS, S. H. *et al.* Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 107, n. 3, p. 507–529, jun. 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(97\)00147-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00147-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221797001471>. Acesso em: 07 dez. 2022.

ZAVADSKAS, E.K.; KAKLAUSKAS, A. Determination of an efficient contractor by using the new method of multicriteria assessment. **Vilnius tech**, Lithuania, 1996. Disponível em: <https://etalpykla.vilniustech.lt/handle/123456789/79193>. Acesso em: 23 maio 2022.

ZAVADSKAS, E.K.; KAKLAUSKAS, A.; SARKA, V. The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. **Technological and Economic Development of Economy**, Lithuania, v. 1, n. 3, p. 131-139, jan. 1994. Disponível em: <https://researchgate.net/publication/285902199>. Acesso em: 05 maio 2022.

ZAVADSKAS, E.K. *et al.* Multi-attribute assessment of road design solutions by using the COPRAS method. **The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**, Latvia, v. 2, n. 4, p. 195-203, 2007. Disponível em: <https://bjrbe-journals.rtu.lv/article/view/1822-427X.2007.4.195-203>. Acesso em: 22 maio 2022.

ZAVADSKAS, E.K.; TURRSKIS Z.; KILDIENE, S. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. **Technological and Economic Development of Economy**, Lithuania, v. 20, n. 1, p. 165-179, mar. 2014. DOI: <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.892037>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/20294913.2014.892037>. Acesso em: 09 jul. 2022.

ZHANG, L. *et al.* Spatial and temporal analysis of the mitigating effects of industrial relocation on the surface urban heat island over China. **International Journal of Geoinformation**, Basel, v. 6, n. 4, p. 1–14, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6040121>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/6/4/121>. Acesso em: 31 mar. 2022.

ZIARI, M. *et al.* A review on competitive pricing in supply chain management problems: models, classification, and applications. **International Transactions in Operational Research**, Oxford, v. 29, n. 4, p. 2082-2115, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/itor.13082>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/itor.13082?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 07 set. 2022.

ZIDI, S.; HAMANI, N.; KERMADE, L. New metrics for measuring supply chain reconfigurability. **Journal of Intelligent Manufacturing**, USA, v. 33, p. 2371-2391, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01798-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10845-021-01798-9>. Acesso em: 12 dez. 2022.

ZIQUAN, X. *et al.* Supplier selection of shipbuilding enterprises based on Intuitionistic fuzzy multicriteria decision. **Mathematical Problems in Engineering**, Beijing, v. 2021, n. 2, p. 1-11, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/1775053>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/1775053?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 09 jan. 2023.

ZOPOUNIDIS, C.; PARDALOS, P.M. **Handbook of multicriteria analysis**. 2010. London: Springer Science, 2010. *E-book*.

ZULQARNAIN, R.M. *et al.* Robust aggregation Operators for intuitionistic Fuzzy Hyper-soft set with their application to solve MCDM problem. **Entropy**, Basel, v. 23, n. 6, p. 688, maio 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/e23060688>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/q099-4300/23/6/688>. Acesso em: 11 set. 2022.

WALLENIOUS J. *et al.* Multiple criteria decision making, multi-attribute utility theory: Recent accomplishments and what lies ahead. **Management Science**, Linthicum, v. 54, n. 7, p. 1336–1349, jul. 2008. DOI : <https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0838>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20122479>. Acesso em: 21 out. 2022.

WANG M.; LIN S-J.; LO Y-C. The comparison between MAUT and PROMETHEE. **IEEE International conference on industrial engineering and engineering management**. Macao, pp. 753-757, jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/IEEM.2010.5675608>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5675608>. Acesso em: 19 out. 2022.

WANG P.; ZHU Z.; WANG Y. A novel hybrid MCDM model combining the SAW, TOPSIS and GRA methods based experimental design. **Information Sciences**, New York, v. 345, p. 27-45, fev. 2016. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.01.076>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025516300123>. Acesso em: 01 nov. 2022.

WANG, H.; DONG, C.; LIU, Y. Being direct investment to its neighbors: A pollution haven or pollution halo effects? **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, 118062. dec. 2019.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118062>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619329324>. Acesso em: 31 out. 2022.

WANG Q.; DAI J.; XU, Z. A new three-way multi-criteria decision-making method with fuzzy complementary preference relations based on additive consistency, **Information Sciences**, New York, v. 592, n. 4, p. 277-305, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.01.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025522000408>. Acesso em: 08 jul. 2022.

WIJNMALEN, D.J.D. Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP–ANP: A critical validation. **Mathematical and Computer Modelling**, Oxford, v. 46, n. 7–8, p. 892–905, out. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.020>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0895717707000994>. Acesso em: 06 ago. 2022.

YANG, Y.; GALLAGHER, M. Moving in and moving up? Labor conditions and China's changing development model. **Public Administration and Development**, Sussex, v. 37, n. 3, p. 160–175, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/pad.1800>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pad.1800?msocid=178ea67a42726b1d0e1bb6f843c46ae4>. Acesso em: 30 mar. 2022.

YAO, Y. Three-way decisions with probabilistic rough sets. **Information Sciences**, New York, v. 180, n. 3, p. 341-353, fev. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2009.09.021>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025509004253>. Acesso em: 29 set. 2022.

YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2015. *E-book*.

YU, K.D.S.; AVISO, K.B. Modelling the economic impact and ripple effects of disease outbreaks. **Process Integration and Optimization for Sustainability**, Germany, v. 4, n. 1, p. 183–186, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41660-020-00113-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41660-020-00113-y>. Acesso em: 15 ago. 2022.

YUE, Z. L. An extended TOPSIS for determining weights of decision makers with interval numbers. **Knowledge-Based System**, Netherlands, v. 24, n. 1, p. 146-153, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.07.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950705110001280>. Acesso em: 17 dez. 2022.

APÊNDICE A

A proposta no apêndice é inserir todas as tabelas que foram utilizadas para o cálculo dos diferentes métodos aplicados para avaliar o risco de disrupção nas CSR.

Tabela 56: Matriz de comparação aos pares por critérios individuais para AHP - CRS

Estoque	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	3	1/7	1/5	0,541	8,5%
VD	1/3	1	1/9	1/7	0,269	4,2%
RE	7	9	1	3	3,708	58,3%
RM	5	7	1/3	1	1,844	29,0%
$\lambda_{\max} \approx 4,16$ $CI \approx 0,054$ $CR \approx 0,0059$						
Lead Time	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1	1/7	1/7	0,378	6,3%
VD	1	1	1/7	1/7	0,374	6,3%
RE	7	7	1	1	2,646	43,8%
RM	7	7	1	1	2,646	43,8%
$\lambda_{\max} \approx 4,01$ $CI \approx 0,0025$ $CR \approx 0,0027$						
Preço	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1	1/5	1/5	0,447	8,3%
VD	1	1	1/5	1/5	0,447	8,3%
RE	5	5	1	1	2,236	41,7%
RM	5	5	1	1	2,236	41,7%
$\lambda_{\max} \approx 4,00$ $CI \approx 0,0001$ $CR \approx 0,0001$						
Des. Produto	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	3	1/5	1/7	0,541	8,5%
VD	1/3	1	1/7	1/9	0,270	4,2%
RE	5	7	1	1/3	1,844	29,0%
RM	7	9	3	1	3,708	58,3%
$\lambda_{\max} \approx 4,16$ $CI \approx 0,054$ $CR \approx 0,061$						
Transporte	CC	VD	RE	RM	Auto vetor	Prioridade
CC	1	1	1	1/3	0,758	16,6%
VD	1	1	1	1/3	0,758	16,6%
RE	1	1	1	1/3	0,758	16,6%
RM	3	3	3	1	2,280	50,2%
$\lambda_{\max} \approx 4,00$ $CI \approx 0,0024$ $CR \approx 0,0026$						

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 57: Matriz de decisão para prioridade global para AHP - CSR

Causa de riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT	Global
Comportamento do consumidor	0,085	0,063	0,083	0,085	0,166	0,107
Variação da demanda	0,042	0,062	0,083	0,042	0,166	0,079
Redução da efic. e produtividade	0,583	0,438	0,417	0,290	0,166	0,410
Restrição matérias primas	0,290	0,438	0,417	0,583	0,501	0,404
Peso	49%	4,0%	4,0%	15%	28%	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 58: Matriz de decisão AHP Síntese Ideal - CSR

Causa de riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT	Síntese Ideal
Comportamento do consumidor	0,146	0,143	0,200	0,146	0,332	0,200
Variação da demanda	0,073	0,141	0,200	0,073	0,332	0,154
Redução da efic. e produtividade	1,000	1,000	1,000	0,497	0,332	0,743
Restrição matérias primas	0,497	1,000	1,000	1,000	1,000	0,754
Pesos	49,0%	4,0%	4,0%	15,0%	28,0%	

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 59: Avaliação de riscos de interrupção para CSR

Causa de riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	0,50	0,50	0,70	0,50	0,70
Variação da demanda	0,40	0,50	0,70	0,40	0,70
Redução da efic. e produtividade	0,90	0,90	0,90	0,80	0,70
Restrição matérias primas	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 60: Cálculo do coeficiente de proximidade "c" - CSR

Causas de riscos de interrupção	d+	d-	c
Comportamento do consumidor	0,057	0,236	0,194
Variação da demanda	0,000	0,291	0,000
Redução da eficiência e produtividade	0,280	0,064	0,814
Restrição matérias primas	0,241	0,054	0,815

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 61: Matriz de decisão normalizada - CSR

Causa de riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	0,192	0,179	0,219	0,192	0,233
Variação da demanda	0,154	0,179	0,219	0,154	0,233
Redução da efic. e produtividade	0,346	0,321	0,281	0,308	0,233
Restrição matérias primas	0,308	0,321	0,281	0,346	0,300
Pesos	49,0%	4,0%	4,0%	15,0%	28,0%

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 62: Matriz de decisão ponderada - CSR

Causa de riscos de interrupção	EST	LDT	PRE	DEP	TPT
Comportamento do consumidor	0,094	0,008	0,010	0,027	0,065
Variação da demanda	0,075	0,008	0,010	0,022	0,065
Redução da efic. e produtividade	0,170	0,014	0,013	0,043	0,065
Restrição matérias primas	0,151	0,014	0,013	0,048	0,084

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 63: Benefícios e não benefícios e grau de utilidade - CSR

Causa riscos de interrupção	S+1	S-1	Qj	Nj
Comportamento do consumidor	0,139	0,065	0,139	57,976
Variação da demanda	0,115	0,065	0,115	47,872
Redução da efic. e produtividade	0,240	0,065	0,240	100,000
Restrição matérias primas	0,226	0,084	0,226	94,387

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 64: Teste do coeficiente de correlação Pearson - CSR

Critérios	AHP	AHP Síntese Ideal	TOPSIS	COPRAS
AHP		31,599	9,925	5,053
AHP Síntese Ideal	31,599		9,046	5,127
TOPSIS	9,925	9,046		3,469
COPRAS	5,053	5,127	3,469	

Fonte: Elaborado pelo autor

DADOS CURRICULARES

IDENTIFICAÇÃO	
	JOSE MARTINO NETO 29/12/1959
Nacionalidade	brasileira
Nome em citações bibliográficas:	Martino Neto, J.
Currículo Lattes	http://lattes.cnpq.br/4241594006171695
ORCID	0000-0002-4521-7356
outro identificador	URL
FORMAÇÃO ACADÊMICA	
03/1983	Engenheiro Mecânico – Fundação Armando Alvares Penteado
04/2017	Mestre em Sistemas Produtivos – Centro Paula Souza
PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA	
★ MARTINO NETO, J.; SALOMON, V. A. P. ; ORTIZ-BARRIOS, M. A. ; PETRILLHO, A. . Compatibility and correlation of multi-attribute decision making: a case of industrial relocation. ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH JCR, v. 2022, p. 1, 2022. Citações: WEB OF SCIENCE 6 SCOPUS 7 ★ MARTINO NETO, J.; SALOMAO, V. A. P. . Multi-criteria Analysis of Disruption Risks for Supply Chains Due to Pandemics. In: Hassan Qudrat-Ullah. (Org.). Understanding the Dynamics of New Normal for Supply Chains. 1ed.Cham: Springer, 2022, v. , p. 121-137. MARTINO NETO, J.; SALOMAO, V. A. P. ; PETRILLHO, A. ; AKABANE, G. K. . Impact of Industry 4.0 on the Lean Manufacturing concept: A systematic literature review. PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT JCR, 2021. MARTINO NETO, J.; FERIOTI, M. A. ; FORMIGONI, A. ; LIMA NETO, E. F. . OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE USINAGEM EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE. Anais - SIMPEP, v. 2022, p. 1, 2022. ★ MARTINO NETO, J.; PIZOLATO, C. L. ; GIORGIO, W. A. ; MARTINO, M. A. . Regional tax differences of QAV and its influence on the Brazil environments. POMS 29th Annual Conference JCR, v. 1, p. 1, 2018.	

PARTICIPAÇÃO EM BANCAS E ORIENTAÇÕES
Bancas de trabalhos de conclusão
SALOMON, V. A. P.; DIAS, E. X.; MARTINO NETO, J.. Participação em banca de Cintia Peixoto da Silva. O Estado da arte do planejamento integrado de negocios no Brasil. 2022. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Gestão da produção) - Faculdade de Engenharia de Guaratingueta - UNESP. ANTONIO, V.; MARINS, F. A. S.; MARTINO NETO, J.. Participação em banca de Kauan Ubaldo e Silva. Comparação do software MFG/PRO com a teoria de Material Requirements Planning. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Guaratingueta - UNESP. MARTINO NETO, J.; SALOMON, V. A. P.; BARGUENO, D. R.. Participação em banca de Leonardo Sanches Xavier de Almeida. Aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para classificação de itens importados disponibilizados em estoque. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Guaratingueta - UNESP. MARTINO NETO, J.; SALOMON, V. A. P.; PACETTA, T. C.. Participação em banca de Douglas Soares Maia. Pesquisa-ação sobre treinamento de operadores em habilidades de chão de fábrica na indústria de alimentos. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) - Faculdade de Engenharia de Guaratingueta - UNESP.
Orientações
PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS
MARTINO NETO, J.; ROSA, J. ; CERQUEIRA, D. S. ; TALLACH, V. . CURSO YELLOW BELT - 6 SIGMA. 2019. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).