



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

Priorizando a sustentabilidade para aumentar a transferência de tecnologia nas indústrias automotivas por meio de uma abordagem de decisão de multicritério

Claudio José Santiago

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Gabriel Alas Mayer

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Aldo Braghini Junior

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

João Luiz Kovaleski

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Adriano Mesquita Soares

Departamento de Engenharia de Produção – Faculdade Sagrada Família (FASF)

Resumo: Neste artigo é proposto uma análise multicritérios para apoiar decisões na priorização da execução de projetos considerando aspectos sustentáveis. Trata-se de uma ferramenta que pode ajudar a indústria automotiva e estudos futuros a serem aplicados em outros segmentos. Um modelo de análise estrutural e priorização, com pesos adeptos à tomada de decisão nas organizações, como mecanismo de tomada de decisão em seus projetos de sustentabilidade, incumbido em sua totalidade sobre os meios de compartilhamento de conhecimento. O modelo permite a gestão e priorização de decisões, com distribuição de pesos e elementos mencionados por Duffield e Whitty (Duffield & Whitty, 2016). Uma vez que a avaliação dos impactos, geração de valor e contribuição para a sociedade é um fator que precisa ser aprofundado. Principalmente no ato de tomada de decisão, no que se refere aos custos, transparência, viabilidade, além de fornecer recursos para a sustentabilidade a longo prazo com maior eficiência. A seleção de artigos foi por meio Methodi Ordinatio (Pagani et al., 2015). Na metodologia de gerenciamento de projetos tendo como parâmetros critérios de prazo, recurso, impacto, risco e complexidade (Mathivathanan et al., 2019). Este estudo será baseado no MADM (Multi Attribute Decision Making), mais especificamente o método SAW adicionado à lógica Delphi e Fuzzy de forma híbrida.

Palavras-chave: Gerenciamento de projetos; Suporte à decisão; transferência de tecnologia; Fuzzy SAW.

Prioritizing sustainability to increase technology transfer in automotive industries through multi-criteria decision approach

Abstract: In this paper a multi-criteria analysis is proposed to support decisions in prioritizing the execution of projects considering sustainable aspects. This is a tool that can help the automotive industry and future studies to be applied in other segments. A structural analysis and prioritization model, with weights adept to decision making in organizations, with distribution of weights and elements mentioned by Duffield and Whitty (Duffield & Whitty, 2016). Since the evaluation of

impacts, value generation and contribution to society is a factor that needs to be deepened. The selection of articles by means of the Methodi Ordinatio (Pagani et al., 2015). In applying the proposed model, the criteria parameters of deadline, resource, impact, risk and complexity were defined (Mathivathanan et al., 2019). This study will be based on MADM (Multi Attribute Decision Making), more specifically the SAW method added to Delphi and Fuzzy logic in a hybrid way.

Keywords: Project management; Decision Support; technology transfer; Fuzzy SAW.

1. Introdução

Analisar projetos sustentáveis por diversos pontos de vista ou critérios para aumentar a transferência de tecnologia nas indústrias automotivas tem sido um desafio global para este setor, uma vez que os fabricantes de automóveis estão sob intensas pressões para cumprir as políticas dos países e suas metas internas e mutáveis (Wellbrock et al., 2020).

Comumente, os tomadores de decisão têm dificuldade em reconhecer critérios, pesos e alternativas que aderem à tomada de decisão coerente na indústria automotiva. O estudo de literatura mostra que não há modelo estrutural estatisticamente validado adequado para ganhar confiança e tomar decisões (Thirupathi et al., 2019).

Este estudo será baseado no MADM (Multi Attribute Decision Making), que é um conjunto de métodos que avaliam um conjunto de alternativas por meio de critérios de decisão (Triantaphyllou, 2000). Juntamente com o método SAW adicionou a lógica de Delphi e Fuzzy em uma forma híbrida. O objetivo de uma ferramenta de decisão multicritério é fornecer uma escolha através de uma ordem de alternativas da mais preferida para a menos preferida (Roy, 1996); (Rikhtegar et al., 2014). O desenvolvimento da Revisão Bibliográfica Sistemática justifica a pesquisa. Para isso, foram avaliados 324 artigos para essa base de análise, terminando com 26 artigos aderindo a projetos de sustentabilidade e a pesquisa.

Considerando a indústria, o modelo permite uma gestão de decisões e gerenciamento de projetos, com distribuição de pesos e elementos mencionados por Duffield e Whitty (Duffield & Whitty, 2016). As informações sugerem expansão na capacidade de tomada de decisão, e a simetria das informações é importante quando uma organização não está alinhada com as características de outra em termos de conhecimento e transferência de tecnologia (Ismail et al., 2018).

Buscando minimizar impactos e reduzir o consumo de recursos, definindo drivers que possam auxiliar na definição de projetos de investimento otimizados, com a obtenção de melhores resultados em sustentabilidade e gestão de projetos tendo como parâmetros critérios de prazo, recurso, impacto, risco e complexidade (Mathivathanan et al., 2019).

2. Metodologia

Com uma pesquisa nas bases de dados Scopus, Science Direct e Web Science, buscando entender se existe atualmente uma ferramenta de priorização para a tomada de decisões para projetos de sustentabilidade. Uma revisão sistemática da literatura (SBR) foi aplicada na estruturação com o objetivo de robustez e consolidação das informações pesquisadas.

2.1 Methodi Ordinatio

A revisão sistemática da literatura foram categorizadas pela aplicação do Methodi Ordinatio que propõe uma investigação mais ampla em pesquisa e qualidade nos dados definidos, bem como sua relevância em publicações científicas que crescem a cada ano (Pagani et al., 2015).

As combinações de palavras-chave foram as seguintes:

- a) "Project management" AND sustainability AND prioritization;
- b) "Project management" AND sustainability AND multicriteria;
- c) Sustainability AND automotive AND project.

O fluxograma do processo de seleção do artigo para leitura é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fluxograma de seleção de artigos para seleção de critérios

Combinação das palavras chaves	37	25	262
Filtro 1		53	
Filtro 2		26	
Artigos selecionados		26	

Fonte: Autores (2022)

2.2O Método Delphi

Turoff (2002) define o método Delphi como: "Um método de estruturação de um processo de comunicação em grupo para que o processo seja eficaz em permitir que um grupo de indivíduos, como um todo, lide com um problema complexo (Turoff, 2002).

O método é bastante abrangente e personalizável, visto os vários estudos citados em Turoff, 2002. A melhor abordagem eleita para este trabalho foi a de Ashfari, de 2012, que será abordada oportunamente na seção "Metodologia" deste artigo (Ashfari, 2012).

2.3 Métodos de Seleção e Ferramentas multicritérios

A Tomada de Decisão Multicritério (MCDM) é um conjunto de métodos que avaliam um conjunto de alternativas por meio de critérios de decisão (Triantaphyllou, 2000). O objetivo de uma ferramenta de decisão multicritério é fornecer uma escolha por meio de uma ordem de alternativas da mais preferencial para a menos preferida (Roy, 1996); (Ghorabae et al., 2017).

O MCDM pode ser dividido em duas categorias de acordo com a natureza das alternativas, MADM (Multi Attribute Decision Making) e MODM (Multi Objective Decision Making). A categoria MADM define a melhor alternativa entre um conjunto de alternativas predeterminadas e é mais comumente utilizada para problemas alternativos de seleção e classificação.

2.4 Método SAW – Ponderação Aditiva Simples (WSM – Método de Soma Ponderada)

O método SAW, formulado por Churchman e Ackoff, (1954) (Churchman et al., 1954) parte de uma matriz de decisão D, na qual a IA representa as alternativas i de 1 a m, Cj representa os critérios j de 1 a n e aij representa o desempenho da alternativa i em relação ao critério j. Nesta matriz também são mostrados os pesos dos critérios wj qual soma deve ser igual a 1.

Para as alternativas M e n critérios, a melhor alternativa é aquela que satisfaz (para casos de maximização) a expressão abaixo (Fishburn, 1967):

$$A_{WSM-score}^* = \max \sum_{j=1}^n a_{ij}w_j \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots, m.$$

Onde: A_(WSM-score)^* é a pontuação da melhor alternativa, n é o número de critérios de decisão, a_ij é o valor real da alternativa i-th em termos dos critérios j-th, w_j é o peso dos critérios j-th. A premissa que rege esse modelo é que o valor total de cada alternativa seja igual à soma de todos os produtos de acordo com a equação 1 (Triantaphyllou, 2000).

Uma vez que esse método envolve medir os benefícios de cada alternativa, todos os critérios de minimização (custo, por exemplo) devem ser transformados em critérios de maximização (benefícios) antes da normalização (Mulliner et al., 2016).

2.5 Números Fuzzy

Para este estudo, serão utilizados números triangulares fuzzy, que, segundo Zadeh, 1965 (ZADEH, 1965); Dubois, 1980 (DUBOIS, 1980) (Wang, 2021) , são expressos por uma ordem tripla $\tilde{A} = (a, b, c)$, de tal forma que um $a \leq b \leq c$, obedecendo à função:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Onde a e c, respectivamente, representam os limites inferiores e superiores de \tilde{A} e b é seu valor modal.

2.6O Método Fuzzy SAW

O método Fuzzy SAW é um método híbrido que mistura números fuzzy com o método de decisão SAW, descrito anteriormente. Parte das variáveis linguísticas atribuídas às alternativas, transformando-as em números absolutos (crisp) para aplicar apenas o método SAW para a priorização das alternativas (Kiani et al., 2019).

Agora, de acordo com Triantaphyllou (2000), o valor de desempenho da alternativa i -th em termos dos critérios j -th é um número fuzzy com o formato $\hat{a}_{ij}=(a_{ija},a_{ijb},a_{ijc})$. Da mesma forma, presume-se que o tomador de decisão utilizará números triangulares fuzzy para expressar os pesos dos critérios, expressos como $\hat{w}_{ij}=(w_{ija},w_{ijb},w_{ijc})$. Como no método SAW, a soma dos pesos deve ser igual a 1. Da mesma forma, a melhor alternativa $P^*(F\text{-WSM-score})^*$ é descrita pela relação:

$$\hat{P}_{F\text{-WSM-score}}^* = \max \sum_{j=1}^n \hat{a}_{ij} \hat{w}_j \quad \text{para } i = 1, 2, 3, \dots, m.$$

3. Transferência de tecnologia

Nas organizações e no monetizo global, que tem como objetivos a serem alcançados: aumento da capacidade de produção e operações tecnológicas (Blohmke, 2014). A transferência de tecnologia, é apresentada uma ferramenta para apoiar a tomada de decisão sobre os fatores que associam a sustentabilidade, com foco na transparência, nos recursos prioritários que a empresa precisa e menores custos para a conclusão de projetos de sustentabilidade que talvez precisem finalizar e contribuir para a sociedade e, assim, manter as empresas competitivas no mercado atual (Barros et al., 2020).

4. Aplicação do modelo e resultados

O critério "Custo" refere-se diretamente à quantidade de dinheiro que será usada para a realização do projeto. Nesse critério, não serão considerados custos indiretos, como o custo por hora dos colaboradores que participam do projeto, mas não foram contratados exclusivamente para esse fim. Esses custos serão considerados no critério "Recursos", que será discutido no devido tempo abaixo. Todas as menções como "investimento", "despesa", "gastos" entre outras relacionadas ao custo, foram consideradas nesse critério.

"Benefício" refere-se ao benefício financeiro que esse projeto gerará, direta ou indiretamente. Termos como "qualidade", "melhoria de processos", "eficiência operacional", "redução de custos", "satisfação do cliente" foram considerados como parte desse critério.

O critério "Avanço Tecnológico" refere-se a melhorias de produtos ou processos que não necessariamente gerarão retorno financeiro, mas que manterão a empresa na vanguarda da tecnologia em sua indústria (Wellbrock et al., 2020). Foram consideradas menções de "melhoria da tecnologia", "melhoria do produto" e outras melhorias relacionadas.

"Risco" refere-se ao que pode dar errado e suas consequências.

"Market share" é a parte do mercado que a empresa representa com seus produtos ou serviços.

"Tempo" é o tempo de implementação de todos os itens do escopo do projeto. Um projeto que tem um bom benefício, mas demora muito para ser executado tem um retorno ruim, o que pode ser inviável sua execução.

"Sustentabilidade" é o critério que norteia este artigo. Representa impactos ambientais e/ou sociais decorrentes da execução do projeto.

"Recursos" referem-se a recursos empregados que não são diretamente dinheiro, como funcionários, estrutura da empresa e materiais indiretos.

"Complexidade" refere-se à complexidade da execução do projeto em si, e é uma medida de quão difícil será alcançar o objetivo do projeto.

A "transparência" é um benefício que não envolve diretamente um retorno financeiro à empresa, mas pode ajudar no reconhecimento e crescimento de sua imagem.

Uma segunda rodada do método Delphi, definida como o número ideal por Belay (Belay et al., 2021), foi realizada e decidiu-se agregar os critérios "Market share", "Complexity" e

"Transparência" aos demais critérios. "Market share" deve ser considerado como "Benefício", portanto, durante a avaliação do desempenho das alternativas, o "Benefício" deve ser pontuado mais alto se o escopo do projeto prever um aumento da participação de mercado. "Complexidade" é reflexo de alto risco, alta utilização de recursos, alto tempo de execução no projeto, por isso será desconsiderado como critério isolado, mas continuará indiretamente na combinação de outros critérios já mencionados. A "transparência" também será considerada como um benefício, de modo que a mesma lógica de "Market Share" deve ser usada.

Para atribuir os pesos, foi adicionado o número de menções de cada subcritério, resultando em 137 menções. Os pesos dos critérios são arredondados dividindo a soma do número de menções de seus subcritérios pelo número total ("Risco" e "Tempo" tiveram 27 menções, então 27 divididas por 137 menções totais resultam em aproximadamente 0.200). Da mesma forma, o peso dos substratos foi atribuído dividindo o número de citações pelo número de citações do critério. Foram atribuídos aos subscritos "Avanço Tecnológico" e "Impacto Socioambiental" valores priorizando o critério "Fatores Sustentáveis", que é o principal objetivo do artigo. A Tabela 2 mostra os pesos finais dos subcritérios calculados e ponderados de acordo com o peso dos critérios.

Tabela 2: Critérios e subcritérios pesos calculados e ponderados

Critério	Peso	Subcriteração	Peso
Fatores de design	0,200	Risco (C ₁)	0,126
		Tempo (C ₂)	0,074
Fatores Econômicos	0,500	Custo (C ₃)	0,172
		Benefício (C ₄)	0,187
		Recursos (C ₅)	0,141
Fatores Técnicos	0,100	Avanço Tecnológico (C ₆)	0,100
Fatores Sustentáveis	0,200	Impacto Socioambiental (C ₇)	0,200

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 3 mostra a representação das variáveis linguísticas em números triangulares fuzzy. A tabela utiliza uma escala de 0 a 1, com intervalos variados. A Figura 5 mostra a representação gráfica utilizada. A representação dos termos linguísticos transformará todos os critérios em critérios de benefício, ou seja, os critérios "Custo", "Risco" e "Tempo", quando avaliados, devem obedecer que quanto menor o custo, o risco e o tempo, melhor será a alternativa. Uma alternativa que tenha o critério "Risco" classificado como "VH" significa que o risco é o menor possível na alternativa em questão.

Tabela 3: Representação das variáveis linguísticas em números triangulares fuzzy

Termos Linguísticos	Código	Número Difuso Triangular		
		a	b	c
Muito baixo	VI	0	0	0,1
Baixo	L	0	0,1	0,3
Média baixa	MI	0,1	0,3	0,5
Média	M	0,3	0,5	0,7
Média alta	Mh	0,5	0,7	0,9
Alto	H	0,7	0,9	1
Muito alto	VH	0,9	1	1

Fonte: Autores (2022)

Considerando agora que existem 5 projetos representados de A1 a A5, representados pelas variáveis linguísticas na Tabela 4 a seguir, já com a atribuição dos respectivos números gráficos e os valores desfaçados seguindo o método de Distância Assinada (YAO e WU, 2000) com a equação:

$$d(\hat{x}_{ij}) = \frac{1}{4}(a_{ij} + 2b_{ij} + c_{ij}) \quad \forall j \quad (3)$$

Tabela 4. Avaliação de critérios na literatura selecionada. Fonte: Autores

Autor	Título	Cust ar	Benefício	Avanço tecnológico	Risco	Fatia de mercado	Hora	Sustentabilidade	Recursos	Complexidade	Transparência
Al Rashid, A. et al (2020)	Fabricação aditiva: Tecnologia, aplicações, mercados e oportunidades para o ambiente construído	x	x	x	x			x	x		
Barnes, T.A., Pashby, I.R. e Gibbons, A.M. (2006)	Gerenciamento de projetos colaborativos de P&D desenvolvimento de uma ferramenta de gestão prática	x	x	x	x	x	x		x		
Beattie, P.J., Henry, C.J. e Bradburn, J.J. (2011)	Grupo de sistemas de tecnologia verde da SAE: Foco na sustentabilidade ambiental para a indústria automotiva	x	x	x	x		x	x	x	x	
Blohmke, J. (2014)	Complexidade tecnológica, mecanismos de transferência de tecnologia e desenvolvimento sustentável	x	x	x	x	x		x		x	
Brook, J.W. e Pagnanelli, F. (2014)	Integração da sustentabilidade na gestão do portfólio de projetos de inovação - Uma perspectiva estratégica	x	x	x	x	x	x	x	x		
Carpejani, P. et al (2020)	O uso da transformação digital como mecanismo sustentável: um caso da indústria automotiva	x	x	x	x		x	x	x		
Ceschin, F. e Vezzoli, C. (2010)	O papel da política pública no estímulo à redução radical do impacto ambiental no setor automotivo: A necessidade de focar na inovação do sistema de serviços de produtos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Elamrani, T. et al. (2020)	Rumo a uma ferramenta inteligente de avaliação de vulnerabilidades: Caso de Gerenciamento de Projetos em Indústrias Automotivas		x		x			x	x		

Tabela 4. Avaliação de critérios na literatura selecionada. (Continuação) Fonte: Autores

Autor	Título	Cust ar	Benefício	Avanço tecnológico	Risco	Fatia de mercado	Hora	Sustentabilidade	Recursos	Complexidade	Transparência
Fernando, Y. et al. (2018)	Gerenciamento do sucesso do projeto utilizando risco de projeto e gestão da	x	x		x	x	x	x	x		

	cadeia de suprimentos verde: Uma pesquisa da indústria automotiva											
- Fraga-Lamas, P. e Fernández-Caramés, T.M. (2019)	Uma revisão sobre tecnologias blockchain para uma indústria automotiva avançada e resistente a ciber-resilientes	x	x	x	x	x		x	x		x	
Fraser, I.J., Müller, M. e Schwarzkopf, J. (2020)	Transparência para gestão sustentável da cadeia de suprimentos multi-níveis: Um estudo de caso de uma abordagem de transparência multi-nível para SSCM na indústria automotiva	x	x	x	x			x	x		x	x
Haessler, P. (2020)	Decisões estratégicas entre lucro de curto prazo e sustentabilidade	x	x	x	x			x	x			
Koplin, J., Seuring, S. e Mesterharm, M. (2007)	Incorporando sustentabilidade na gestão de suprimentos na indústria automotiva - caso da Volkswagen AG	x	x	x	x			x	x			
Lim, C.H. et al. (2018)	Projeto de serviços baseados em informática em indústrias de manufatura: estudos de caso usando grandes bancos de dados relacionados a veículos	x	x	x				x	x			
Loganathan, Y.D. (2013)	Projetos indianos de greenfield automotivo e seu impacto na sustentabilidade econômica	x	x					x	x			

Tabela 4. Avaliação de critérios na literatura selecionada. (Continuação) Fonte: Autores

Autor	Título	Cust ar	Benefício	Avanço tecnológico	Risco	Fatia de mercado	Hora	Sustentabilidade	Recursos	Complexidade	Transparência
Loganathan, (2013)	Ferramentas contemporâneas e abordagem para a sustentabilidade da gestão de projetos na indústria automotiva indiana	x	x	x	x	x	x	x	x		
Malviya, R.K., Kant, R. e Gupta, A.D. (2018)	Avaliação e Seleção de Estratégia Sustentável para Implementação da Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde	x	x	x	x			x	x		

Mathivathanan, D. et al. (2019)	Estudo comparativo sobre adoção de práticas sustentáveis de gestão da cadeia de suprimentos em indústrias manufatureira indianas	x	x	x		x			x		
Roy, P. et al. (2019)	Perspectivas ambientais e econômicas de biomateriais na indústria automotiva	x	x	x		x			x		
Sun, J. e Zhu, Q. (2018)	Avaliação da capacidade de gerenciamento da cadeia de suprimentos verde organizacional: uma aplicação do modelo de tomada de decisão de grupo híbrido	x	x					x	x		
Thirupathi, R.M., Vinodh, S. e Dhanasekaran, S. (2019)	Aplicação da modelagem da dinâmica do sistema para um sistema de fabricação sustentável de uma organização indiana de fabricação de componentes automotivos: um estudo de caso	x	x	x		x			x		x

Tabela 4. Avaliação de critérios na literatura selecionada. (Continuação) Fonte: Autores

Autor	Título	Cust ar	Benefício	Avanço tecnológico	Risco	Fatia de mercado	Hora	Sustentabilidade	Recursos	Complexidade	Transparência
Turan, F.M. e Johan, K. (2016)	Avaliação do quadro de sustentabilidade da indústria automotiva no contexto da Malásia com base no padrão GPM P5	x	x	x				x			
Wedel, M., Noessler, P. e Metternich, J. (2016)	Desenvolvimento de métodos de detecção de gargalos que permitem uma efetiva priorização de reparação de falhas em linhas de usinagem da indústria automobilística		x				x		x	x	
Wellbrock, W. et al. (2020)	Sustentabilidade na indústria automotiva, importância e impacto no interior do automóvel – insights de uma pesquisa empírica	x	x	x		x	x	x			
Wolff, S. et al. (2020)	Transformando empresas automotivas em líderes de sustentabilidade: Um conceito para gerenciar desafios atuais	x	x	x	x			x	x	x	x
Total		23	25	20	17	11	10	23	19	7	2

4.1 Discussão

O Projeto A1 é o projeto que tem a média em todos os critérios como parâmetro. Servirá de base comparativa para a análise final do ranking. Os projetos A3 e A5 são os que têm maior impacto socioambiental, diferindo no risco de sua execução, tempo, benefício, avanço tecnológico e impacto.

Os projetos A2 e A4 são os que têm menor impacto de sustentabilidade e desempenho semelhante aos demais em outros critérios. Eles servirão de base para validar a priorização do subcritério "Impacto Socioambiental" sobre os demais.

Os projetos A3 e A5 representam aqueles com maior impacto socioambiental, mas com diferenças em outros subcritérios. A intenção é validar a variação em outros subcritérios e mostrar que não necessariamente o projeto com maior impacto socioambiental será o projeto preferido para execução.

Tabela 5- Desempenho das alternativas, seus respectivos números gráficos

Critério	Alternativa	Código	Número difuso			Valor desfuzzado
			<i>um</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
C1	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	VH	0,9	1	1	0,975
	A3	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
	A4	H	0,7	0,9	1	0,875
	A5	VH	0,9	1	1	0,975
C2	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	MI	0,1	0,3	0,5	0,300
	A3	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
	A4	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A5	MI	0,1	0,3	0,5	0,300
C3	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A3	H	0,7	0,9	1	0,875
	A4	VH	0,9	1	1	0,975
	A5	H	0,7	0,9	1	0,875
C4	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	MI	0,1	0,3	0,5	0,300
	A3	VH	0,9	1	1	0,975
	A4	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
	A5	H	0,7	0,9	1	0,875
C5	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A3	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
	A4	VH	0,9	1	1	0,975
	A5	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
C6	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
	A3	VH	0,9	1	1	0,975
	A4	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A5	H	0,7	0,9	1	0,875
C7	A1	M	0,3	0,5	0,7	0,500
	A2	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700

	A3	H	0,7	0,9	1	0,875
	A4	Mh	0,5	0,7	0,9	0,700
	A5	VH	0,9	1	1	0,975

Fonte: Autores (2022)

Assim, a matriz de decisão D na Tabela W pode ser expressa adicionando os pesos relativos de cada critério previamente calculado e normalizado utilizando o método de Soma Linear (N2) descrito na Sessão 3 deste artigo. Com a matriz de decisão normalizada e os respectivos pesos de critérios atribuídos, é possível calcular o desempenho de SERRA de cada alternativa através da equação (1) e classificá-los.

Tabela 6: Matriz de decisão D com desempenho de alternativas, desempenho de VISTO e Ranking

	Critérios							Ser ra	Cla ssif icar
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇		
Pesos (w _j)	0,126	0,074	0,172	0,187	0,141	0,100	0,200		
A1	0,124	0,217	0,134	0,149	0,148	0,141	0,133	0,144	5
A2	0,242	0,130	0,134	0,090	0,148	0,197	0,187	0,158	4
A3	0,174	0,304	0,235	0,291	0,207	0,275	0,233	0,243	1
A4	0,217	0,217	0,262	0,209	0,289	0,141	0,187	0,220	3
A5	0,242	0,130	0,235	0,261	0,207	0,246	0,260	0,235	2

Fonte: Autores (2022)

Como resultado, o projeto A3 será o primeiro escolhido para execução, levando em conta os recursos limitados da empresa. Se houver mais recursos disponíveis para mais de um projeto, o próximo no ranking deve ser selecionado para execução.

Se algum critério como "Custo", "Tempo" e "Benefício" quiser ser usado explicitamente (Crisp), é possível ajustando os procedimentos de normalização e defuzzificação. Pode-se utilizar uma normalização da Tabela 2 e tratar os dados separadamente ou usar os parâmetros a, b e c do número difuso triangular como a=b=c, onde a é o desempenho da alternativa. Observe que os critérios "Custo" e "Tempo" são critérios de minimização e, portanto, devem ser tratados como tal nas operações matemáticas decorrentes da execução do método.

A validação foi toda expressa em variáveis linguísticas porque a intenção desta ferramenta é sua publicação nos relatórios GRI (Global Reporting Initiative) das indústrias automotivas e, portanto, valores como "Custo" e "Benefício" são geralmente confidenciais para projetos futuros e divulgar seus valores pode causar uma grave perda de competitividade.

4.2 Conclusões

Vemos que a ferramenta foi capaz de classificar os 5 projetos na agenda descrita acima. O ranking da A1 foi o menor porque tem um desempenho médio em todos os critérios, por isso não se destaca em nenhuma esfera. Este projeto precisa de melhoria de escopo para ser escolhido para execução. Os projetos A2 e A4 foram classificados em 4º e 3º, respectivamente. Vemos que, apesar do desempenho semelhante com os outros projetos na maioria dos subscritos, o baixo impacto socioambiental fez com que fossem repassados pelos projetos A3 e A5, que têm 1º e 2º lugares no ranking, respectivamente. O projeto A5 teve melhor desempenho nos subscritos "Impacto Socioambiental", mas os subscritos "Tempo", "Benefício" e "Avanço Tecnológico" pesaram em favor da A3, embora este último tivesse um risco ligeiramente maior. Portanto, mesmo que o resultado seja um maior impacto socioambiental no final do projeto, se os demais critérios não pesarem a favor de forma proporcional, o projeto não será priorizado.

A ferramenta se mostra sólida em seus resultados porque é capaz de classificar os projetos de forma clara, ordenada e coerente. Por meio dessas priorizações e execução de projetos de sustentabilidade, o compartilhamento será de fundamental importância para que outras

empresas possam utilizar as inovações e se orientar para a construção de suas organizações. Terminando em uma transparência para a sociedade, partes interessadas, órgãos reguladores. Na concepção deste estudo o foco não foi o avanço tecnológico, porém, após a revisão da literatura disponível, vê-se uma grande participação e necessidade de aquisições tecnológicas e habilidades para a sociedade.

A discussão dos resultados permite uma avaliação considerando os projetos prioritários na organização e visando uma melhor alocação de recursos em projetos que causem maior impacto sustentável, tecnológico e financeiro. Foram analisados projetos de uma indústria automobilística; no entanto, o método pode ser utilizado em outros setores para apoio à decisão e priorização de projetos dentro do escopo sustentável. Uma vez que um único método multicritérios foi utilizado para a priorização, incentivamos estudos futuros a utilizar outros métodos em formato comparativo a este artigo. Propomos que outras empresas publiquem seus relatórios GRI, adicionando esta ferramenta a fim de informar aos leitores quais serão seus projetos nos próximos anos.

Referências

Livro

DUBOIS, Didier J. **Fuzzy sets and systems: theory and applications**. Academic press, 1980.

ROY, Bernard. **Multicriteria methodology for decision aiding**. Springer Science & Business Media, 1996.

TUROFF, Murray; LINSTONE, Harold A. **The Delphi method-techniques and applications**. 2002.

Capítulo de Livro

FISHBURN, Peter C. Methods of estimating additive utilities. *Management science*, v. 13, n. 7, p. 435-453, 1967.

ZADEH, L. A. (1965), Fuzzy sets, *Information and Control* 8, 338-353.

Artigo de periódico

BARROS, M. V. et al. The interaction between knowledge management and technology transfer: a current literature review between 2013 and 2018. **Journal of Technology Transfer**, v. 45, n. 5, p. 1585–1606, 2020.

BELAY, S. et al. A Hybrid Delphi-AHP Based Analysis of Construction Project - Specific Success Factors in Emerging Markets: The Case of Ethiopia. **Cogent Engineering**, v. 8, n. 1, 2021.

BLOHMKE, J. Technology complexity, technology transfer mechanisms and sustainable development. **Energy for Sustainable Development**, v. 23, p. 237–246, 2014.

CHURCHMAN, C. West; ACKOFF, Russell L. An approximate measure of value. **Journal of the Operations Research Society of America**, v. 2, n. 2, p. 172-187, 1954.

DUFFIELD, S. M.; WHITTY, S. J. Application of the Systemic Lessons Learned Knowledge model for Organisational Learning through Projects. **International Journal of Project Management**, v. 34, n. 7, p. 1280–1293, 2016.

GHORABAE, Mehdi Keshavarz et al. A new multi-criteria model based on interval type-2 fuzzy sets and EDAS method for supplier evaluation and order allocation with environmental considerations. **Computers & Industrial Engineering**, v. 112, p. 156-174, 2017.

ISMAIL, M.; HAMZAH, S. R.; BEBENROTH, R. Differentiating knowledge transfer and technology transfer: What should an organizational manager need to know? **European Journal of Training and Development**, v. 42, n. 9, p. 611–628, 2018.

KIANI, Mehrdad et al. A model for prioritizing outsourceable activities in universities through an integrated fuzzy-MCDM method. **International Journal of Construction Management**, p. 1-17, 2019.

MATHIVATHANAN, D. et al. Comparative study on adoption of sustainable supply chain management practices in Indian manufacturing industries. **Journal of Modelling in Management**, v. 14, n. 4, p. 1006–1022, 2019.

MULLINER, E.; MALYS, N.; MALIENE, V. Comparative analysis of MCDM methods for the assessment of sustainable housing affordability. **Omega (United Kingdom)**, v. 59, p. 146–156, 2016.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

RIKHTEGAR, Navid et al. Environmental impact assessment based on group decision-making methods in mining projects. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 27, n. 1, p. 378-392, 2014.

THIRUPATHI, R. M.; VINODH, S.; DHANASEKARAN, S. Application of system dynamics modelling for a sustainable manufacturing system of an Indian automotive component manufacturing organisation: a case study. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 21, n. 5, p. 1055–1071, 2019.

TRIANAPHYLLOU, E. Multi-Criteria Decision Making Methods. In: Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. **Applied Optimization**, v. 44 Springer, n. August, p. 35–48, 2000.

WANG, F. Preference degree of triangular fuzzy numbers and its application to multi-attribute group decision making. **Expert Systems with Applications**, v. 178, n. November 2020, p. 114982, 2021.

WELLBROCK, W. et al. Sustainability in the automotive industry, importance of and impact on automobile interior – insights from an empirical survey. **International Journal of Corporate Social Responsibility**, v. 5, n. 1, 2020.

YAO, Jing-Shing; WU, Kweimei. Ranking fuzzy numbers based on decomposition principle and signed distance. **Fuzzy sets and Systems**, v. 116, n. 2, p. 275-288, 2000.

Trabalho em evento

AFSHARI, Ali Reza; YUSUFF, Rosnah; DERAYATIFAR, Amir Reza. Project manager selection by using Fuzzy Simple Additive Weighting method. In: **2012 International Conference on Innovation Management and Technology Research**. IEEE, 2012. p. 412-416.