

APLICAÇÃO INTEGRADA DOS MÉTODOS *FUZZY-QFD* E *FUZZY-TOPSIS* PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE ORGANIZACIONAL EM ESG

1 INTRODUÇÃO

A sigla ESG foi introduzida em 2004, quando o então Secretário-Geral das Nações Unidas, Kofi Annan, desafiou os CEOs das principais instituições financeiras a incorporarem aspectos sociais e ambientais na avaliação e precificação das empresas de capital aberto. Embora o termo ESG tenha surgido em 2004, sua popularização cresceu significativamente a partir de janeiro de 2020. Nesse período, o presidente da *BlackRock*, a maior gestora de fundos de investimento do mundo, anunciou sua intenção de direcionar recursos para organizações mais sustentáveis e projetos que visem mitigar as emissões de CO², contribuindo para combater o efeito estufa (BM&F BOVESPA, 2022). A pandemia do coronavírus também intensificou a necessidade de investir em organizações alinhadas ao desenvolvimento sustentável, ou seja, aquelas com maior resiliência (STEBLIANSKAIA et al., 2023).

Diante da crescente demanda por mensuração dos aspectos ESG, a norma GRI (*Global Reporting Initiative*) tem se tornado um importante instrumento de apoio. O objetivo da GRI é fornecer um conjunto de diretrizes e indicadores para que as organizações possam relatar seu desempenho nas questões de sustentabilidade. A avaliação dos resultados de iniciativas em práticas sustentáveis, bem como a identificação dos setores nos quais investir, constituem desafios que os Padrões GRI se propõem a abordar. Questões como "Como posso avaliar o impacto das minhas ações?" e "Quais indicadores devo considerar?" encontram resposta nos referidos padrões da GRI. Nesse sentido, as informações reportadas utilizando as normas GRI podem auxiliar os usuários a avaliar se a organização atende às expectativas delineadas nesses instrumentos. No entanto, as normas GRI não estabelecem alocações, limiares, objetivos, metas ou quaisquer outros padrões de referência para bom ou mau desempenho (GRI, 2021).

A implementação de práticas ESG requer uma avaliação contínua destas práticas dentro das organizações, embora seja difícil mensurar o resultado delas longo do tempo (ZHOU et al., 2022). A avaliação da maturidade em ESG tem por objetivo apoiar soluções que visam mitigar os impactos ambientais, sociais e econômicos de uma empresa, além de identificar pontos fortes e áreas de melhoria para adoção de práticas mais sustentáveis (CAPPUYNS, 2016). A avaliação dos indicadores de sustentabilidade organizacional frequentemente envolve múltiplos tomadores de decisão. Esses especialistas têm a tarefa de determinar os pesos das métricas e as pontuações das alternativas dentro de um contexto marcado pela incerteza. Estudos prévios indicam que o uso de variáveis linguísticas pode ser uma alternativa viável no processo de avaliação dos aspectos da sustentabilidade, uma vez que estas variáveis lidam com aspectos qualitativos, incerteza e avaliações subjetivas (LIMA; CARPINETTI, 2016).

A mensuração dos aspectos da sustentabilidade organizacional ainda apresenta desafios, frequentemente devido à sua natureza subjetiva e à dificuldade de definir e mensurar indicadores de desempenho (FINGER; LIMA, 2022). Ademais, frequentemente não há padrões de referência para interpretações dos resultados da avaliação. Nesse contexto, os modelos de maturidade baseados em métodos multicritério podem ser empregados para medir os estágios de evolução da sustentabilidade organizacional (YAZO-CABUYA et al., 2024). Dois métodos multicritério baseados na Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*, denominados *Fuzzy-QFD* (*Quality Function Deployment*) e *Fuzzy-TOPSIS* (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), são particularmente úteis a esse problema, pois auxiliam na tomada de decisão organizacional em ambientes de incerteza, sem limitar a quantidade de critérios e alternativas..

Nesse contexto, esse estudo objetiva aplicar os métodos *Fuzzy-QFD* e *Fuzzy-TOPSIS* para avaliação da maturidade em ESG. A aplicação foi feita considerando a realidade de quatro

cooperativas paranaenses que atuam no agronegócio. Foram adotados oito critérios baseados no GRI. Os procedimentos adotados para condução desse estudo são detalhados a seguir.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O tipo de estudo realizado consiste em modelagem e simulação computacional (RUOTOLO et al., 2024), pois envolveu a construção de um modelo quantitativo baseado em dois métodos multicritério, com variáveis de entrada e variáveis de saída que possuem relações causais entre si. O estudo também foi embasado por uma pesquisa bibliográfica realizada na base Scopus e também utilizando o Google Scholar. As buscas de artigos foram feitas com as palavras-chave: ESG, *multicriteria*, *multi-criteria*, *maturity* e *sustainability*.

A implementação computacional foi feita em Microsoft Excel. As equações implementadas foram baseadas em Lima e Carpinetti (2016) e Ruotolo et al. (2024). O método *Fuzzy-QFD* foi aplicado para definir os pesos das dimensões do ESG e dos critérios selecionados com base na norma GRI. Para a avaliação do nível de maturidade das organizações, foi utilizado o método *Fuzzy-TOPSIS*.

A aplicação do modelo foi baseada na opinião de três decisores atuantes em cooperativas agroindustriais localizadas no Estado do Paraná. Esses decisores são profissionais líderes no tema da sustentabilidade dentro das organizações. Com formação nas áreas de engenharia e/ou gestão, todos possuem mais de 10 anos de atuação dentro das cooperativas, o que lhes confere um profundo conhecimento sobre os processos internos. Eles são responsáveis pelo desenvolvimento e implementação das práticas de ESG nas cooperativas, sendo que já possuíam formação específica sobre ESG. Na aplicação em questão, os decisores foram responsáveis por avaliar os requisitos, os critérios e as cooperativas agroindustriais (também chamadas de “alternativas”). Os julgamentos coletados foram inseridos no modelo computacional para permitir o ranqueamento e a classificação do grau de maturidade das organizações avaliadas. Os resultados são apresentados na Seção 4.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O Método *Fuzzy-TOPSIS*

Fuzzy-TOPSIS é uma técnica de tomada de decisão multicritério que combina a teoria dos conjuntos *fuzzy* com o método TOPSIS. Essa combinação é particularmente útil para lidar com problemas em que há muitas variáveis e seus valores são incertos, imprecisos e/ou subjetivos. Nesse método, as alternativas são ranqueadas com base na proximidade destas em relação às soluções ideais positiva e negativa. A teoria dos conjuntos *fuzzy* permite que os decisores expressem seus julgamentos na forma de termos linguísticos, como "alto" e "baixo", os quais são então quantificados por números *fuzzy* triangulares (RUOTOLO et al., 2024).

O método *Fuzzy-TOPSIS* é aplicado seguindo estas etapas (RUOTOLO et al., 2024):

a) Construção da Matriz de Decisão *Fuzzy*: cria-se uma matriz de decisão composta por alternativas nas linhas e critérios nas colunas. Os valores dessa matriz são dados por números *fuzzy* triangulares, resultantes da conversão dos julgamentos coletados dos especialistas.

b) Normalização da Matriz de Decisão: a normalização ajusta os valores *fuzzy* para que estejam em uma escala comparável.

c) Construção da Matriz de Decisão Normalizada Ponderada: os valores normalizados são multiplicados pelos pesos dos critérios, formando a matriz normalizada ponderada. Os pesos dos critérios refletem a importância relativa de cada critério no processo decisório.

d) Determinação das Soluções Ideais Positiva (FPIS) e Negativa (FNIS): as soluções ideais positiva e negativa são determinadas com base nos valores mais favoráveis e menos

favoráveis para cada critério, respectivamente. FPIS é a solução que maximiza os critérios de benefícios e minimiza os critérios de custo, enquanto FNIS realiza o inverso.

e) Cálculo das Distâncias: para cada alternativa, calcula-se a distância Euclidiana das pontuações em relação à FPIS e à FNIS.

f) Cálculo dos Coeficientes de Similaridade: os coeficientes de similaridade para cada alternativa são calculados em relação às soluções ideais. As alternativas são classificadas com base nos coeficientes de similaridade. A alternativa com o maior coeficiente de similaridade é considerada a melhor escolha.

As equações do *Fuzzy*-TOPSIS estão detalhadas em Ruotolo et al. (2024).

3.2 O Método *Fuzzy*-QFD

O *Fuzzy*-QFD combina a lógica *fuzzy* com o processo de desdobramento do QFD, a fim de melhorar a tomada de decisão em projetos e sistemas complexos, caracterizados por incerteza e subjetividade nos dados. O *Fuzzy*-QFD é usado para traduzir as necessidades dos *stakeholders* em características ou critérios técnicos de um produto, serviço ou sistema, priorizando esses requisitos e critérios, de maneira que as imprecisões sejam levadas em conta. Para a aplicação do método, são necessários sete passos (OSIRO et al., 2018):

a) Identificação dos Requisitos e Critérios: coletar informações sobre o que os *stakeholders* desejam. Na sequência, selecionar critérios baseados na literatura e/ou entrevistas com especialistas, levando em conta os requisitos predefinidos.

c) Ponderação dos Requisitos: utilizar uma matriz "*what*" para ponderar os requisitos com base em julgamentos linguísticos fornecidos por especialistas.

d) Cálculo dos Pesos dos Requisitos: com base nos julgamentos coletados em "c", realizar as operações de média aritmética *fuzzy*, desfuzificação e normalização dos pesos.

e) Avaliação da Intensidade dos Relacionamentos: avaliar a intensidade do relacionamento entre os requisitos e os critérios selecionados usando uma matriz "*how*".

f) Cálculo dos Pesos dos Critérios: agregar os julgamentos fornecidos pelos decisores e calcular os pesos dos critérios usando operações *fuzzy*. Novamente, os pesos são agregados, desfuzificados e normalizados. As equações são detalhadas em Lima e Carpinetti (2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação apresentada neste estudo integrou os métodos *Fuzzy*-QFD e *Fuzzy*-TOPSIS para avaliar a maturidade em ESG de quatro cooperativas agroindustriais. Elas atuam no fornecimento de insumos, no recebimento e comercialização de *commodities*, além de realizar a industrialização dos produtos agrícolas de seus cooperados. As cooperativas escolhidas são de grande porte, possuindo mais de 500 colaboradores e cooperados.

Enquanto o *Fuzzy*-QFD foi aplicado para ponderar as dimensões de ESG, o *Fuzzy*-TOPSIS foi empregado para avaliar a maturidade das organizações considerando cada critério. Foram entrevistados três decisores, nomeados DM1, DM2 e DM3. Cada requisito se refere a uma dimensão ESG, enquanto os critérios foram definidos pelos decisores com base em termos do GRI. Nessa aplicação piloto, os critérios selecionados estão mais relacionados a temas de governança, embora alguns também possuem relação com aspectos ambientais e sociais, principalmente os critérios C1, C5 e C6.

Inicialmente, os decisores avaliaram o grau de importância dos requisitos utilizando uma escala linguística composta por cinco termos: muito baixo (0, 1, 2), baixo (1, 2, 3), médio (2, 3, 4), alto (3, 4, 5) e muito alto (4, 5, 5). A Tabela 1 apresenta os julgamentos atribuídos por eles, já convertidos para o formato de números *fuzzy* triangulares, nos quais l é o limite inferior dos números triangulares, m é o vértice central e u é o limite superior. Todos os decisores

avaliaram os eixos ESG como tendo a mesma importância. Na sequência, os julgamentos dos decisores foram agregados utilizando média aritmética *fuzzy*. Por meio da desfuzificação, calculou-se os pesos absolutos, os quais foram normalizados por meio da divisão pela soma dos valores da coluna. A Tabela 1 também apresenta os resultados desses cálculos.

Tabela 1 – Matriz “What” com resultados dos cálculos dos pesos dos requisitos

Requisitos	DM1			DM2			DM3			Agregação			Peso absoluto	Peso relativo
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u		
Governança	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4,75	0,33
Social	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4,75	0,33
Ambiental	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4,75	0,33

Fonte: autores.

O Quadro 1 apresenta uma descrição dos critérios definidos pelos decisores. Os inter-relacionamentos entre esses critérios e as dimensões ESG foram avaliados pelos decisores utilizando a escala linguística: não relacionado (0, 0, 0), relacionamento baixo (0, 1, 3), médio (1, 3, 5) e alto (3, 9, 9) (Lima; Carpinetti, 2016). A Tabela 2 apresenta as avaliações dos decisores convertidas ao formato de números *fuzzy*. Também mostra os valores resultantes para os pesos dos critérios, calculados utilizando média ponderada *fuzzy*, seguido pela desfuzificação e normalização. Esses resultados indicam que os critérios com maiores pesos foram o envolvimento da alta direção (C1), o desenvolvimento do planejamento estratégico (C5) e a integração entre sustentabilidade e o planejamento estratégico (C6).

Quadro 1 – Critérios considerados na aplicação

Descrição dos critérios
C1 - Envolvimento da Alta Direção: avalia se o tema sustentabilidade é monitorado periodicamente e diretamente pela alta gestão como, por exemplo, pela presidência, vice-presidência, diretoria, superintendência, ou outro cargo de referência em liderança.
C2 - Comitê: verifica se a cooperativa possui comitê de sustentabilidade formalmente constituído.
C3 – Profissional dedicado: leva em conta se a cooperativa possui profissional dedicado à gestão do tema ESG / sustentabilidade.
C4 – Organização: avalia se a apreciação, aprovação e atualização das diretrizes organizacionais, propósito, declaração de missão, visão e valores é realizada pelo conselho de administração e o seu desenvolvimento e proposta é realizado pelo presidente e diretoria.
C5 – Desenvolvimento do planejamento estratégico: o desenvolvimento e a atualização das estratégias, políticas e metas relacionadas a tópicos econômicos, ambientais e sociais são tratados diretamente pela alta liderança (dirigentes) e apreciação e aprovação é realizada pelo conselho de administração.
C6 – Integração entre sustentabilidade e planejamento estratégico: o planejamento estratégico integra aspectos sociais, ambientais e climáticos com objetivos, metas e indicadores de desempenho.
C7 – Remuneração: são adotados critérios ESG na remuneração de seus executivos (exclui cargos eletivos).
C8 – Avaliação de desempenho: existe processo de avaliação de desempenho do mais alto órgão de governança (por exemplo, conselho de administração), no que diz respeito à governança de tópicos econômicos, ambientais e sociais.

Fonte: autores.

Tabela 2 – Matriz “How” com resultados dos cálculos dos pesos dos critérios

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7			C8		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
Governança	5	9	9	5	9	9	5	9	9	5	9	9	5	9	9	5	9	9	5	9	9	5	9	9
Social	5	9	9	1	3	5	1	3	5	0	0	0	5	9	9	5	9	9	1	3	5	1	3	5
Ambiental	5	9	9	1	3	5	1	3	5	0	0	0	5	9	9	5	9	9	1	3	5	1	3	5
Pesos fuzzy	5	9	9	2,3	5	6,3	2,3	5	6,3	1,7	3	3	5	9	9	5	9	9	2,3	5	6,3	2,3	5	6,3
Peso absoluto	8,00			4,67			4,67			2,67			8,00			8,00			4,67			4,67		
Peso relativo	0,18			0,10			0,10			0,06			0,18			0,18			0,10			0,10		

Fonte: autores.

Após a conclusão da aplicação do *Fuzzy-QFD*, realizou-se a aplicação do *Fuzzy-TOPSIS* para avaliação de quatro cooperativas agroindustriais. Os pesos dos critérios calculados pelo *Fuzzy-QFD* serviram como entrada para aplicação do *Fuzzy-TOPSIS*. Nessa etapa, os decisores utilizaram a escala de termos linguísticos apresentada no Quadro 2 para pontuar as alternativas a respeito de cada critério. Eles levaram em conta o desenvolvimento do tema em cada cooperativa, incluindo a existência de políticas e procedimentos estabelecidos para os critérios avaliados, bem como sua percepção da evolução do tema em comparação com outras organizações.

Quadro 2 – Termos linguísticos utilizados para avaliação das alternativas

Descrição dos termos linguísticos	l	m	u
Supera (S): supera os padrões estabelecidos pela cooperativa, por meio de ações que foram além das expectativas.	7,5	10	10
Atende completamente (A): atende dentro de um padrão esperado de comportamento estabelecido pela cooperativa.	5	7,5	10
Atende parcialmente (P): está em desenvolvimento e atende parcialmente alguns indicadores.	2,5	5	7,5
Não Atende (NA): não há evidências de que a organização atende ao critério em questão.	0	0	2,5

Fonte: autores.

A Tabela 3 apresenta o resultado da agregação dos julgamentos dos decisores em relação às pontuações das alternativas. Utilizando esses dados, foram aplicados os passos descritos na subseção 3.2, chegando-se aos resultados finais apresentados na Tabela 4. O ranqueamento obtido foi $A2 > A1 > A3 > A4$, de modo que a organização A2 apresentou o melhor desempenho. Por meio dos valores de pontuação global (CC_i), o grau de maturidade das organizações foi classificado. Enquanto as organizações A1, A2 e A3 foram classificadas como nível de maturidade básico ($0,5 < CC_i < 0,75$), A4 apresentou nível de maturidade inicial. Nenhuma organização se enquadrou nos níveis intermediário ($0,5 < CC_i < 0,75$) ou avançado ($CC_i \geq 0,75$).

Tabela 3 - Exemplo de uma legenda de tabela

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7			C8		
	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u	l	m	u
A1	7,5	10	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	5	7,5	10	0	0	2,5	0	0	2,5
A2	5	7,5	10	7,5	10	10	7,5	10	10	7,5	10	10	5	7,5	10	2,5	5	7,5	0	0	2,5	0	0	2,5
A3	7,5	7,5	10	2,5	5	7,5	0	0	2,5	5	7,5	10	5	7,5	10	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5	0	0	2,5
A4	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	2,5	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5	2,5	5	7,5	0	0	2,5	0	0	2,5

Fonte: autores.

Tabela 4 – Resultado final da classificação Exemplo de uma legenda de tabela

Organização	Ranqueamento	CCi	Nível de Maturidade
A1	2º	0,367	Básico
A2	1º	0,430	Básico
A3	3º	0,334	Básico
A4	4º	0,135	Inicial

Fonte: autores.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou uma aplicação integrada de métodos multicritério para avaliação da maturidade em ESG. Enquanto o *Fuzzy-QFD* permitiu identificar os critérios prioritários para o desenvolvimento e aperfeiçoamento das ações ligadas aos aspectos ESG, o *Fuzzy-TOPSIS* possibilitou ordenar as cooperativas comparativamente. A utilização da norma GRI para definição dos critérios traz maior versatilidade e credibilidade à avaliação de maturidade em ESG, por ser um instrumento já consolidado na área de sustentabilidade.

Os métodos multicritério escolhidos possibilitaram considerar a opinião de um grupo de decisores, modelando os seus julgamentos com termos linguísticos mais próximos à linguagem natural humana. Esses métodos são de fácil aplicação e podem ser implementados em Microsoft Excel, o que facilita o seu uso e manipulação. Podem ser adotados em estudos futuros que visem avaliar a maturidade ou a sustentabilidade organizacional, bem como em outros problemas de tomada de decisão sob incerteza da área de gestão ambiental.

Uma limitação deste estudo é que, como a aplicação piloto que visou analisar a adequabilidade das técnicas para o problema em questão, o estudo focou em apenas oito temas extraídos do caderno GRI, voltados principalmente para a governança. Assim, há a intenção de expandir o presente estudo para incluir critérios ambientais e critérios sociais baseados em temas extraídos do GRI. Outra limitação é que não foi possível realizar uma comparação com estudos prévios similares, uma vez que não foi encontrado na literatura um estudo prévio que utilize métodos multicritério para avaliação da maturidade em ESG. Como as organizações ainda carecem de modelos de apoio à avaliação do desempenho das práticas sustentáveis, recomenda-se o desenvolvimento de trabalhos futuros que apliquem outros métodos multicritério para avaliação da maturidade em ESG.

REFERÊNCIAS

BM&F BOVESPA. **Relatório de Sustentabilidade 2022**. São Paulo: BM&FBOVESPA, 2022. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/b3-divulga-relatorio-anual-2022.htm.

CAPPUYNS, V. **Inclusion of social indicators in decision support tools for the selection of sustainable site remediation options**. Journal of Environmental Management, v. 184, p. 45–56, 2016.

FINGER, G. S. W.; LIMA-JUNIOR, F. R. **A hesitant fuzzy linguistic QFD approach for formulating sustainable supplier development programs**. International Journal of Production Economics, v. 247, 2022.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). **What is sustainability reporting?** 2021. Disponível em: <http://database.globalreporting.org/SDG-12-6/about-sustainability-reporting>.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L.C.R. **A multicriteria approach based on fuzzy QFD for choosing criteria for supplier selection**. Computers & Industrial Engineering, v. 101, p. 269-285, 2016.

RUOTOLO, V.; SCHUSTER, D.; NOVAES, T.; MARTINS, L.; LIMA, F.R. **Priorização de requisitos para um novo software de decisão multicritério: uma aplicação baseada em Fuzzy TOPSIS**. Exacta (No prelo), 2024.

STEBLIANSKAIA, E.; VASIEV, M.; DENISOV, A.; BOCHARNIKOV, V.; STEBLYANSKAYA, A.; WANG, Q. **Environmental-social-governance concept bibliometric analysis and systematic literature review: Do investors becoming more environmentally conscious?** Environmental and Sustainability Indicators, v. 17, 2023.

YAZO-CABUYA, E. J.; IBEAS, A.; HERRERA-CUARTAS, J. A. **Integration of Sustainability in Risk Management and Operational Excellence through the VIKOR Method Considering Comparisons between Multi-Criteria Decision-Making Methods**. Sustainability, v. 16, n. 11, 2024.

ZHOU, G., LIU, L., LUO, S. **Sustainable development, ESG performance and company market value: Mediating effect of financial performance**. Business Strategy and the Environment, v. 31, 3371–3387, 2022.