v7.n7.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MATRIZ DE MATERIALIDADE ESG: PROPOSTA INTEGRADA PARA A VITICULTURA

ESG MATERIALITY MATRIX: AN INTEGRATED PROPOSAL FOR VITICULTURE

MATRIZ DE MATERIALIDAD ESG: PROPUESTA INTEGRADA PARA LA VITICULTURA

João Carlos Sedraz Silva [1], Zacarias Lourenço Vaz Ribeiro Filho[2], Jorge Luis Cavalcanti Ramos[1], Erik de Gouveia Zambom[3]

e778384
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i7.8384

PUBLICADO: 07/2026

RESUMO

Contexto e problema: A transição para práticas sustentáveis na viticultura exige conformidade com requisitos internacionais cada vez mais rigorosos. Contudo, a complexidade do processamento de dados ESG (*Environmental, Social and Governance*) frequentemente sobrecarrega auditores, consultores e produtores rurais, gerando ineficiência analítica e dificultando a priorização. Objetivo: Propor e testar em simulação a arquitetura algorítmica da "Matriz de Materialidade ESG", concebida para converter dados diagnósticos estáticos em planos de ação dinâmicos e parametrizados. Método: A pesquisa, de natureza aplicada e orientada pela *design science research*, consolidou diretrizes da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) em 15 temas de materialidade. Em seguida, estabeleceu-se uma regra de correspondência 1:3 entre temas estratégicos e questões operacionais do diagnóstico ESG. O modelo integra a dupla materialidade, expressa pelos eixos X e Y, com a maturidade operacional do eixo Z e com um índice contínuo de risco ESG. Resultados: A simulação computacional em um cenário representativo de uma fazenda exportadora demonstrou a capacidade do *framework* de classificar temas, ordenar prioridades e apoiar a construção de recomendações gerenciais orientadas a risco. Conclusão: O sistema configura-se como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) voltado à priorização gerencial, reduzindo a carga interpretativa típica de diagnósticos extensos e ampliando a efetividade analítica da consultoria ESG na viticultura.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Viticultura. Sistema de Apoio à Decisão. Risco ESG. OIV.

ABSTRACT

Context and Problem: The transition to sustainable practices in viticulture requires compliance with increasingly stringent international requirements. However, the complexity of ESG (Environmental, Social, and Governance) data processing often overwhelms auditors, consultants, and rural producers, leading to analytical inefficiency and hindering prioritization. Objective: To propose and test, through simulation, the algorithmic architecture of the "ESG Materiality Matrix," designed to convert static diagnostic data into dynamic, parameterized action plans. Method: This applied research, guided by design science research, consolidated the guidelines of the International Organisation of Vine and Wine (OIV) into 15 materiality themes. A 1:3 correspondence rule was then established between strategic themes and operational issues in the ESG diagnosis. The model integrates double materiality, expressed by the X and Y axes, with operational maturity on the Z axis and a continuous ESG risk index. Results: Computational simulation in a representative scenario of an exporting farm demonstrated the framework's ability to classify themes, rank

[1] Doutor em Ciência da Computação. Professor da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro-BA.

[2] Mestre em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina-PE

[3] Graduado em Ciência da Computação. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

priorities, and support the development of risk-oriented managerial recommendations. Conclusion: The system is configured as a Decision Support System (DSS) aimed at managerial prioritization, reducing the interpretive burden typical of extensive diagnostics and enhancing the analytical effectiveness of ESG consulting in viticulture.

KEYWORDS: *Sustainability. Viticulture. Decision Support System. ESG Risk. OIV.*

RESUMEN

Contexto y problema: La transición hacia prácticas sostenibles en la viticultura exige el cumplimiento de requisitos internacionales cada vez más estrictos. Sin embargo, la complejidad del procesamiento de datos ESG (Ambientales, Sociales y de Gobernanza) suele abrumar a auditores, consultores y productores rurales, lo que genera ineficiencia analítica y dificulta la priorización. Objetivo: Proponer y probar, mediante simulación, la arquitectura algorítmica de la «Matriz de Materialidad ESG», diseñada para convertir datos de diagnóstico estáticos en planes de acción dinámicos y parametrizados. Método: Esta investigación aplicada, guiada por la investigación en diseño, consolidó las directrices de la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) en 15 temas de materialidad. Posteriormente, se estableció una correspondencia 1:3 entre los temas estratégicos y los aspectos operativos del diagnóstico ESG. El modelo integra la doble materialidad, expresada por los ejes X e Y, con la madurez operativa en el eje Z y un índice de riesgo ESG continuo. Resultados: La simulación computacional en un escenario representativo de una explotación exportadora demostró la capacidad del marco para clasificar temas, priorizar tareas y respaldar el desarrollo de recomendaciones de gestión orientadas al riesgo. Conclusión: El sistema se configura como un Sistema de Apoyo a la Decisión (SAD) orientado a la priorización de la gestión, reduciendo la carga interpretativa típica de los diagnósticos exhaustivos y mejorando la eficacia analítica de la consultoría ESG en viticultura.

PALABRAS CLAVE: *Sostenibilidad. Viticultura. Sistema de Apoyo a la Decisión. Riesgo ESG. OIV.*

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a sustentabilidade deixou de ocupar um papel periférico na gestão organizacional e passou a integrar a agenda estratégica de empresas, cadeias produtivas e órgãos reguladores. No campo do relato corporativo, a *Global Reporting Initiative* (GRI) afirma que as organizações devem identificar e reportar seus impactos mais significativos sobre a economia, o meio ambiente e as pessoas, o que reforça a centralidade da materialidade como princípio estruturante da governança da sustentabilidade (Global Reporting Initiative, 2021). No ambiente regulatório europeu, a *Corporate Sustainability Reporting Directive* (CSRD) consolidou o princípio da dupla materialidade, segundo o qual as organizações precisam considerar simultaneamente os impactos da sustentabilidade sobre o desempenho empresarial e os impactos da própria organização sobre a sociedade e o meio ambiente (European Union, 2022).

Na fruticultura e, particularmente, na viticultura, essa transição assume caráter ainda mais sensível. A atividade depende intensamente de recursos naturais, especialmente solo e água, está sujeita às pressões das mudanças climáticas, utiliza mão de obra em escala significativa e precisa

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

responder às exigências crescentes de compradores, certificadores e mercados externos. Nesse contexto, as resoluções da Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV) têm papel decisivo na formulação de princípios de sustentabilidade aplicados à produção vitivinícola, ao estabelecer diretrizes que combinam dimensões ambientais, sociais, econômicas e culturais (OIV, 2011; OIV, 2016; OIV, 2021).

Apesar do amadurecimento conceitual do campo ESG e da existência de instrumentos diagnósticos mais abrangentes, a prática da consultoria especializada ainda enfrenta um gargalo recorrente: a transformação de grandes volumes de dados em decisões gerenciais objetivas. Em muitos casos, a aplicação de auditorias e questionários resulta em relatórios extensos, planilhas fragmentadas e dificuldade de distinguir aquilo que é urgentemente crítico daquilo que pode ser aperfeiçoado gradualmente. Essa lacuna produz dois efeitos simultâneos: de um lado, aumenta o trabalho manual dos especialistas; de outro, reduz a capacidade do produtor rural de interpretar o diagnóstico como um roteiro de ação.

É nesse ponto que emerge a relevância de uma abordagem baseada em sistemas de apoio à decisão. Conforme Hevner *et al.* (2004) e Peffers *et al.* (2007), a *design science research* se orienta à construção e avaliação de artefatos capazes de resolver problemas organizacionais complexos. No presente estudo, o artefato proposto consiste em um módulo de materialidade integrado a um mecanismo algorítmico de priorização, capaz de traduzir diagnósticos ESG em recomendações analíticas e operacionais.

Mais do que propor um aprimoramento incremental, este estudo reposiciona a matriz de materialidade no campo ESG ao redefini-la como um componente estruturante de um Sistema de Apoio à Decisão orientado a risco. Embora preserve sua função clássica de identificação e hierarquização de temas relevantes, conforme preconizado por referenciais como a *Global Reporting Initiative* e a *Corporate Sustainability Reporting Directive*, o modelo proposto amplia seu escopo ao integrar materialidade estratégica, maturidade operacional e risco contínuo em uma lógica analítica unificada. Com isso, a matriz deixa de operar exclusivamente como instrumento descritivo e comunicacional, passando a desempenhar uma função prescritiva, capaz de converter diagnósticos em prioridades gerenciais explicitamente ordenadas. Essa transição representa uma mudança funcional relevante, ao deslocar o uso da materialidade do campo do reporte para o campo da decisão, aproximando avaliação e ação e contribuindo para maior efetividade na implementação de práticas ESG na viticultura.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo propor e testar em simulação a arquitetura algorítmica do módulo “Matriz de Materialidade ESG”, concebido para converter dados diagnósticos estáticos em planos de ação dinâmicos e parametrizados. Especificamente, busca-

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

se: (i) estruturar um sistema automatizado que correlacione materialidade estratégica e evidências operacionais (diagnóstico ESG); (ii) formalizar uma regra de correspondência entre temas e questões de diagnóstico; e (iii) incorporar um índice contínuo de risco ESG que refine a priorização entre temas pertencentes à mesma classe categórica. Com isso, o estudo busca reposicionar a matriz classificatória tradicional para um Sistema de Apoio à Decisão orientado à priorização gerencial e ao risco.

Além desta introdução, o artigo está organizado em quatro seções. A Seção 1 apresenta o referencial teórico, contemplando dupla materialidade, viticultura sustentável, sistemas de apoio à decisão e abordagem baseada em risco. A Seção 2 detalha os procedimentos metodológicos e a modelagem do *framework*. A Seção 3 apresenta os resultados da simulação e sua discussão. Por fim, a Seção 4 expõe as conclusões, limitações e recomendações para pesquisas futuras.

1. REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO

Materialidade e dupla materialidade no campo ESG

A materialidade tornou-se um dos conceitos centrais da governança da sustentabilidade por permitir que organizações distingam, entre múltiplos temas possíveis, aqueles que efetivamente merecem prioridade estratégica. As Normas GRI 2021 enfatizam que o relato de sustentabilidade deve se concentrar nos impactos mais significativos da organização sobre a economia, o meio ambiente e as pessoas, inclusive em direitos humanos (Global Reporting Initiative, 2021). Essa orientação desloca o debate da sustentabilidade de uma lógica genérica de boas intenções para uma lógica de foco, comparabilidade e relevância decisória.

Com a CSRD, a materialidade passa a ser aprofundada pelo conceito de dupla materialidade. Nessa abordagem, a organização deve avaliar e reportar simultaneamente: (i) como fatores ambientais, sociais e de governança afetam seu desempenho financeiro (impacto de fora para dentro da empresa) e (ii) como suas atividades impactam o meio ambiente e a sociedade (impacto de dentro para fora da empresa) (European Union, 2022). Em termos analíticos, isso significa que a relevância de um tema não pode ser determinada exclusivamente pela ótica financeira, nem apenas pela ótica socioambiental; ela depende da articulação entre ambas. Autores como Hahn *et al.* (2015) ressaltam que a dualidade de perspectivas na avaliação de materialidade reflete tensões legítimas entre interesses de negócio e responsabilidade social ampliada, o que reforça a necessidade de modelos que integrem ambas as dimensões de forma transparente e operacionalizável.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

No contexto deste estudo, a dupla materialidade foi operacionalizada em dois eixos: o Eixo X, relacionado ao impacto do tema sobre o negócio, e o Eixo Y, ligado à expectativa dos stakeholders e à pressão socioambiental associada. Para fins de modelagem, ambos foram agregados por média simples, de modo a preservar comparabilidade entre temas e simplicidade analítica compatível com o propósito decisório do artefato. Essa operacionalização converte o conceito normativo em variáveis passíveis de cálculo e visualização.

Sustentabilidade na viticultura e diretrizes da OIV

A viticultura apresenta especificidades que tornam particularmente relevante a adoção de instrumentos robustos de avaliação ESG. A OIV define a vitivinicultura sustentável como uma estratégia global de sistemas de produção e processamento que combina sustentabilidade econômica, qualidade do produto, precisão técnica, proteção ambiental, segurança do consumidor e valorização do patrimônio cultural (OIV, 2011; OIV, 2016). Em complemento, o guia de implementação dos princípios da OIV destaca que a sustentabilidade no setor deve ser organizada de forma sistêmica, articulando planejamento, avaliação, controle e comunicação (OIV, 2021).

Na prática, isso significa que propriedades vitícolas precisam responder a temas como gestão hídrica, manejo do solo, rastreabilidade, saúde e segurança do trabalho, governança documental e relação com comunidades. O desafio, contudo, não está apenas em reconhecer esses temas, mas em conectá-los a evidências concretas da operação. Esse é um ponto crítico para auditorias, certificações e processos de melhoria contínua, sobretudo em propriedades orientadas à exportação. Estudos aplicados ao agronegócio, como os de Souza *et al.* (2022), têm demonstrado que a adoção de indicadores ESG no setor frutícola pode melhorar o acesso a mercados internacionais e fortalecer a conformidade com requisitos regulatórios e de compradores.

Sistemas de apoio à decisão e *design science research*

Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) são artefatos computacionais concebidos para apoiar a solução de problemas complexos, semiestruturados e intensivos em informação. Em vez de substituir o especialista, esses sistemas ampliam sua capacidade de análise, síntese e priorização. Em estudos clássicos de *design science research,* Hevner *et al.* (2004) argumentam que artefatos tecnológicos produzem valor científico quando respondem a problemas organizacionais relevantes por meio de construção rigorosa e avaliação explícita. Já Peffers *et al.* (2007) propõem uma metodologia de desenvolvimento em que o problema, os objetivos da solução, o design, a demonstração e a avaliação se articulam em um processo orientado à utilidade.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

O artefato não se limita a uma interface visual; trata-se de um modelo lógico capaz de integrar diagnósticos, classificar criticidades e recomendar intervenções. Seu valor decorre, portanto, da articulação entre rigor metodológico e aplicabilidade prática à consultoria agrícola. Gregor e Hevner (2013) ampliam esse entendimento ao destacar que contribuições em *design science* podem ocorrer em três níveis: invenção, melhoria e comunicação, sendo este último aplicável quando conhecimentos de um domínio são transferidos para outro de forma criativa e rigorosa.

Abordagem baseada em risco e priorização multicritério

A literatura sobre gestão e sustentabilidade tem enfatizado a necessidade de abordagens baseadas em risco, especialmente em contextos nos quais há múltiplos temas concorrendo por atenção gerencial. Segundo a norma ISO 31000 (ISO, 2018), o risco pode ser compreendido como o efeito da incerteza nos objetivos organizacionais, devendo ser avaliado tanto em termos de probabilidade quanto de consequência. Transportada para o campo ESG, essa lógica sugere que temas altamente materiais, quando associados a baixa capacidade operacional de resposta, representam maior exposição para o negócio.

Modelos categóricos, como classificações em níveis de prioridade, são úteis para simplificação e comunicação. Entretanto, quando o objetivo é apoiar decisão fina, ordenar temas ou distribuir recursos escassos, classificações discretas tendem a ser insuficientes (Zanakis *et al.*, 1998). Nesse cenário, o uso de métricas contínuas adiciona poder analítico ao sistema, pois permite ranquear prioridades dentro de uma mesma categoria e alimentar visualizações quantitativas de apoio à decisão. Métodos multicritério como o AHP *(Analytic Hierarchy Process)* e o TOPSIS têm sido amplamente aplicados para priorização em contextos ambientais e de sustentabilidade, evidenciando a utilidade de abordagens quantitativas na hierarquização de temas complexos (Mardani *et al.*, 2015).

Essa é a justificativa para a incorporação, neste estudo, de um índice contínuo de risco ESG. Tal índice não substitui a classificação categórica da matriz; ao contrário, acrescenta uma camada complementar que amplia a precisão decisória do *framework*.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, com orientação metodológica da *design science research*, por buscar projetar, formalizar e demonstrar um artefato analítico voltado à solução de um problema prático de consultoria ESG na viticultura (Hevner *et al.*, 2004; Peffers

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

et al., 2007). O artefato desenvolvido corresponde à “Matriz de Materialidade ESG”, concebida para converter dados diagnósticos em recomendações priorizadas.

Para a construção do modelo, o processo metodológico foi organizado em quatro etapas: (i) consolidação temática; (ii) estruturação da escala de materialidade; (iii) modelagem algorítmica de integração; e (iv) definição do mecanismo de priorização e do índice contínuo de risco. Em todas essas etapas, buscou-se equilibrar aderência conceitual às diretrizes normativas, comparabilidade entre temas e viabilidade operacional em campo.

Consolidação temática

Inicialmente, as diretrizes da OIV e a lógica do diagnóstico ESG foram reorganizadas em 15 temas de materialidade, distribuídos de forma equilibrada entre os pilares Ambiental, Social e Governança. Esse procedimento teve por finalidade reduzir a complexidade operacional do diagnóstico sem perder aderência conceitual aos requisitos de sustentabilidade aplicáveis à viticultura (OIV, 2011; OIV, 2016; OIV, 2021). A seleção dos 15 temas seguiu três critérios complementares: (i) cobertura das dimensões normativas previstas nas resoluções da OIV; (ii) representatividade dos aspectos mais frequentemente auditados em propriedades vitivinícolas exportadoras; e (iii) viabilidade de operacionalização por meio de questões diagnósticas objetivas.

Os temas consolidados funcionam como unidades analíticas centrais do sistema e incluem, entre outros, gestão hídrica, solo e manejo, saúde e segurança, trabalho decente, dados e decisão e rastreabilidade.

Estruturação da materialidade

A materialidade de cada tema foi avaliada por meio de uma escala Likert de cinco pontos, amplamente utilizada em pesquisas de avaliação de sustentabilidade corporativa (LIKERT, 1932; SAUNDERS *et al.*, 2019), aplicada em dois eixos:

Eixo X (impacto no negócio): expressa a relevância do tema para a estratégia, a operação e a viabilidade econômica da propriedade;

Eixo Y (expectativa dos *stakeholders*): expressa a intensidade da exigência externa relacionada ao tema, incluindo mercado, certificadores, comunidade, fornecedores e reguladores.

A materialidade média de cada tema foi definida pela Equação 1:

$$M = \frac{X+Y}{2} \qquad (1)$$

Em que M representa a materialidade média em escala de 1 a 5, X representa o impacto no negócio e Y representa a expectativa dos stakeholders, ambos avaliados em escala Likert de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

1 a 5. A agregação por média simples foi adotada como escolha de modelagem para preservar a simetria entre as duas dimensões da dupla materialidade, em linha com abordagens similares adotadas em estudos de priorização ESG (ADAMS, 2017).

Regra de correspondência e maturidade operacional

A articulação entre materialidade estratégica e diagnóstico operacional constitui o núcleo do *framework*. Para garantir consistência entre temas e evidências, foi estabelecida uma regra de correspondência estrita de 1:3: cada tema de materialidade deve estar vinculado exatamente a três questões operacionais do diagnóstico ESG. A regra de correspondência 1:3 foi definida com base em um critério de parcimônia analítica, buscando equilibrar comparabilidade entre temas e viabilidade operacional. Esse número mínimo de três indicadores por tema é consistente com práticas de monitoramento de sustentabilidade reportadas na literatura (EPSTEIN & BUHOVAC, 2018), que recomendam ao menos três evidências observáveis por dimensão avaliada para garantir validade de conteúdo. Com isso, assegura-se que cada tema de materialidade contribua de forma idêntica para o cálculo do índice de risco, sem tornar excessivamente onerosa a coleta de evidências em campo.

O mapeamento completo dos 15 temas e suas correspondências é apresentado a seguir, na Tabela 1. Cada questão recebe nota em escala de 0 a 10, com base em evidências observáveis da operação. A maturidade operacional do tema, representada por Z, é calculada pela média aritmética das três notas correspondentes, conforme a Equação 2:

$$Z = \frac{Qa + Qb + Qc}{3} \quad (2)$$

Em que Qa, Qb e Qc correspondem às três questões vinculadas ao tema, cada uma avaliada em escala de 0 a 10.

Classificação categórica de prioridade

Após o cálculo da materialidade média (M) e da maturidade operacional (Z), os temas são classificados em três níveis de prioridade:

• Prioridade crítica: quando M ≥ 4,0 e Z < 6,0;

• Prioridade de aperfeiçoamento: quando M ≥ 4,0 e 6,0 ≤ Z < 8,0, ou quando 3,0 ≤ M < 4,0 e Z < 8,0;

• Manutenção e monitoramento: quando Z ≥ 8,0 ou quando M < 3,0.

Essa classificação oferece uma leitura categórica da posição de cada tema na matriz e estabelece um primeiro filtro de intervenção. Os limiares adotados foram definidos como escolhas de modelagem voltadas a distinguir situações de criticidade, aperfeiçoamento e estabilidade

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

operacional, com base nos seguintes critérios: (i) o limiar M ≥ 4,0 corresponde a temas avaliados como “importante” ou “mais importante” na escala Likert de 5 pontos, representando alta relevância estratégica; (ii) o limiar Z < 6,0 indica maturidade operacional abaixo da média da escala de 0 a 10, caracterizando vulnerabilidade operacional relevante; e (iii) o limiar Z ≥ 8,0 sinaliza maturidade operacional consolidada, associada a menor necessidade de intervenção imediata. Esses parâmetros preservam simplicidade interpretativa e comparabilidade entre temas no contexto da simulação, sendo passíveis de recalibração em aplicações empíricas futuras.

Definição do índice contínuo de risco ESG

Como extensão do modelo categórico, foi incorporado um índice contínuo de risco ESG, destinado a refinar a priorização entre temas situados na mesma classe. A concepção desse índice é fundamentada na lógica de risco como produto de exposição e vulnerabilidade, amplamente utilizada em modelos de gestão de risco organizacional (ISO, 2018; Aven, 2016). O índice foi definido como uma função da materialidade média (M) e do déficit de maturidade operacional (10 − Z), conforme a Equação 3:

$$\boldsymbol{R = \frac{M}{5}\ X\ \frac{10 - Z}{10}\ x\ 100} \quad (3)$$

Em que:

• M representa a materialidade média do tema, em escala de 1 a 5;

• Z representa a maturidade operacional, em escala de 0 a 10;

• R representa o risco ESG, em escala percentual de 0 a 100.

A lógica do índice é a seguinte: o risco cresce quando a materialidade é alta e a maturidade é baixa. Assim, temas estrategicamente relevantes, mas operacionalmente frágeis, tendem a apresentar os maiores valores de risco. Em contrapartida, temas de baixa materialidade ou com elevada maturidade apresentam risco reduzido. Do ponto de vista matemático, R = 0 quando M = 0 ou Z = 10, e R = 100 quando M = 5 e Z = 0, garantindo que o índice esteja plenamente contido no intervalo [0, 100]. Essa formulação é heurística e inspirada em estruturas multiplicativas de risco encontradas em modelos como o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis),* adaptada ao contexto de priorização ESG.

Esse índice não substitui a classificação em níveis, mas a complementa ao permitir: (i) ranqueamento fino entre temas; (ii) ordenação de prioridades dentro da mesma categoria; (iii) alimentação de visualizações analíticas, como o tamanho de bolhas em dashboards; e (iv) apoio à alocação mais eficiente de recursos de intervenção. Trata-se, portanto, de uma métrica heurística de apoio à decisão, e não de uma medida probabilística formal de risco.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o objetivo de demonstrar a aplicabilidade do *framework* proposto, foi desenvolvida uma simulação computacional baseada em uma propriedade fictícia de médio porte, denominada Fazenda Vale do Sol, voltada à produção de uva de mesa para exportação. A simulação buscou verificar o comportamento do algoritmo a partir da inserção de dados de materialidade e diagnóstico, permitindo observar como a integração entre materialidade estratégica, maturidade operacional e risco contínuo se converte em priorização gerencial.

Parametrização Inicial

Para fins demonstrativos, foram selecionados três temas representativos dos pilares Ambiental, Social e Governança: Gestão Hídrica, Trabalho Decente e Rastreabilidade. A escolha desses três temas foi orientada por dois critérios complementares: (i) representatividade dos três pilares ESG (Ambiental, Social e Governança), assegurando cobertura temática equilibrada; e (ii) diversidade intencional de perfis de risco, de modo a evidenciar o poder discriminatório do modelo em situações contrastantes. Especificamente, Gestão Hídrica foi selecionada por representar um tema de alta materialidade e baixa maturidade operacional típica em regiões semiáridas exportadoras; Trabalho Decente foi incluído por representar uma dimensão social frequentemente consolidada em propriedades de exportação com certificações trabalhistas; e Rastreabilidade foi escolhida por situar-se em posição intermediária, compatível com a categoria de aperfeiçoamento. A Tabela 1 apresenta os valores de entrada utilizados na simulação.

Tabela 1. Dados de entrada da simulação

Tema	Y	Questões vinculadas	Notas
Gestão Hídrica	5	Q16, Q20, Q31	4,0; 5,0; 3,0
Rastreabilidade	5	Q41, Q14, Q43	7,0; 6,0; 8,0
Trabalho Decente	4	Q21, Q6, Q7	9,0; 8,0; 10,0

Fonte: Elaboração própria.

Processamento Algorítmico

No tema **Gestão Hídrica**, os valores atribuídos aos eixos X e Y foram, respectivamente, 5 e 5, resultando em materialidade média igual a 5,0 [Equação 1: M = (5 + 5) / 2 = 5,0]. As notas operacionais associadas às questões Q16, Q20 e Q31 foram 4,0; 5,0; e 3,0, o que produziu

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

maturidade operacional média igual a 4,0 [Equação 2: Z = (4,0 + 5,0 + 3,0) / 3 = 4,0]. Aplicando-se a Equação 3, obteve-se risco ESG igual a 60,0 [R = (5/5) × ((10−4)/10) × 100 = 60,0]. Como o tema apresentou materialidade elevada (M = 5,0 ≥ 4,0) e baixa maturidade operacional (Z = 4,0 < 6,0), foi classificado como prioridade crítica. Esse resultado indica uma situação em que a relevância estratégica do tema não encontra correspondência em uma resposta operacional satisfatória, elevando a exposição do negócio e justificando sua posição prioritária no plano de ação.

No tema Rastreabilidade, os valores de X e Y foram 4 e 5, respectivamente, o que resultou em materialidade média de 4,5 [M = (4 + 5) / 2 = 4,5]. As notas das questões Q41, Q14 e Q43 foram 7,0; 6,0; e 8,0, gerando maturidade operacional média de 7,0 [Z = (7,0 + 6,0 + 8,0) / 3 = 7,0]. O risco calculado foi 27,0 [R = (4,5/5) × ((10−7)/10) × 100 = 27,0]. Nessa condição, o tema foi enquadrado como **prioridade de aperfeiçoamento**, pois, embora apresente relevância estratégica elevada (M = 4,5 ≥ 4,0) e maturidade operacional em patamar intermediário (6,0 ≤ Z = 7,0 < 8,0), há necessidade de evolução contínua, mas não uma situação de urgência comparável à observada em Gestão Hídrica.

Já no tema Trabalho Decente, os valores atribuídos aos eixos X e Y foram 5 e 4, resultando em materialidade média de 4,5 [M = (5 + 4) / 2 = 4,5]. As notas operacionais das questões Q21, Q6 e Q7 foram 9,0; 8,0; e 10,0, produzindo maturidade operacional média igual a 9,0 [Z = (9,0 + 8,0 + 10,0) / 3 = 9,0]. O risco calculado foi 9,0 [R = (4,5/5) × ((10−9)/10) × 100 = 9,0]. Em razão da elevada maturidade operacional (Z = 9,0 ≥ 8,0), o tema foi classificado como **manutenção e monitoramento**. Nesse caso, a simulação revela que, apesar da alta relevância estratégica do tema, a organização já apresenta resposta operacional satisfatória, o que reduz significativamente sua exposição e desloca a prioridade para o acompanhamento contínuo. A Tabela 2 apresenta uma síntese dos resultados da simulação, com a indicação de cada cenário, com sua devida classificação e o pilar ao qual o mesmo está associado.

Tabela 2. Síntese dos resultados da simulação

Tema	M	Z	R (%)	Cenário	Classificação	Pilar
Gestão Hídrica	5,0	4,0	60,0	Pior	Prioridade crítica	Ambiental
Rastreabilidade	4,5	7,0	27,0	Intermediário	Aperfeiçoamento	Governança
Trabalho Decente	4,5	9,0	9,0	Melhor	Manutenção	Social

Fonte: Elaboração própria.

Discussão dos resultados

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os resultados da simulação indicam que o valor do *framework* não reside apenas na classificação dos temas em categorias de prioridade, mas sobretudo em sua aptidão para converter dados diagnósticos em uma lógica decisória mais refinada. Se a análise se limitasse a uma leitura linear das respostas do diagnóstico, o consultor ainda precisaria interpretar manualmente quais temas são mais urgentes, quais podem ser aperfeiçoados gradualmente e quais já apresentam nível satisfatório de resposta operacional. Ao integrar materialidade média, maturidade operacional e risco contínuo, o sistema reduz essa ambiguidade e transforma o diagnóstico em hierarquização explícita, aproximando avaliação diagnóstica e priorização gerencial.

Esse ponto torna-se particularmente evidente quando se compara Gestão Hídrica com Trabalho Decente. Ambos os temas apresentam elevada relevância estratégica, o que, em uma leitura convencional, poderia levá-los a receber atenção semelhante. Entretanto, o *framework* demonstra que essa equivalência aparente não se sustenta quando se observa a maturidade operacional. Enquanto Gestão Hídrica reúne alta materialidade e baixa maturidade, configurando alto risco (R = 60,0) e exigindo resposta prioritária, Trabalho Decente combina alta materialidade com elevada maturidade, resultando em baixo risco (R = 9,0) e recomendação de manutenção. O ganho analítico do modelo reside precisamente nessa diferenciação: nem todo tema relevante é, automaticamente, tema urgente.

A incorporação do índice contínuo de risco ESG também amplia a inteligência da matriz. A classificação categórica já oferece uma leitura útil, mas o risco contínuo adiciona granularidade à interpretação. No exemplo analisado, ele mostra que Gestão Hídrica não apenas pertence à categoria crítica, mas representa exposição substancialmente superior àquela observada em Rastreabilidade (R = 27,0) e Trabalho Decente (R = 9,0). Com isso, o sistema deixa de operar como simples instrumento classificatório e passa a funcionar como mecanismo de priorização multicritério, capaz de ordenar intervenções dentro da própria lógica da matriz.

Sob a perspectiva da *design science research*, essa demonstração reforça a utilidade do artefato proposto. O *framework* não substitui a análise especializada, mas amplia sua capacidade de síntese, ordenação e comunicação. O especialista continua sendo central para interpretar o contexto e validar as evidências, porém passa a contar com uma estrutura algorítmica que organiza o diagnóstico de forma consistente, transparente e replicável.

Além disso, os resultados mostram aderência funcional à lógica da dupla materialidade. Ao representar a relevância estratégica do tema por meio dos eixos X e Y, e ao relacioná-la com a maturidade operacional do eixo Z, o modelo traduz a preocupação normativa com impactos e relevância em uma linguagem voltada à decisão. Embora essa operacionalização não esgote toda

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

a complexidade teórica da dupla materialidade, ela se mostra adequada ao propósito do artefato: oferecer suporte analítico para transformar critérios ESG em prioridades de gestão mais claras e justificáveis.

Implicações gerenciais do *framework*

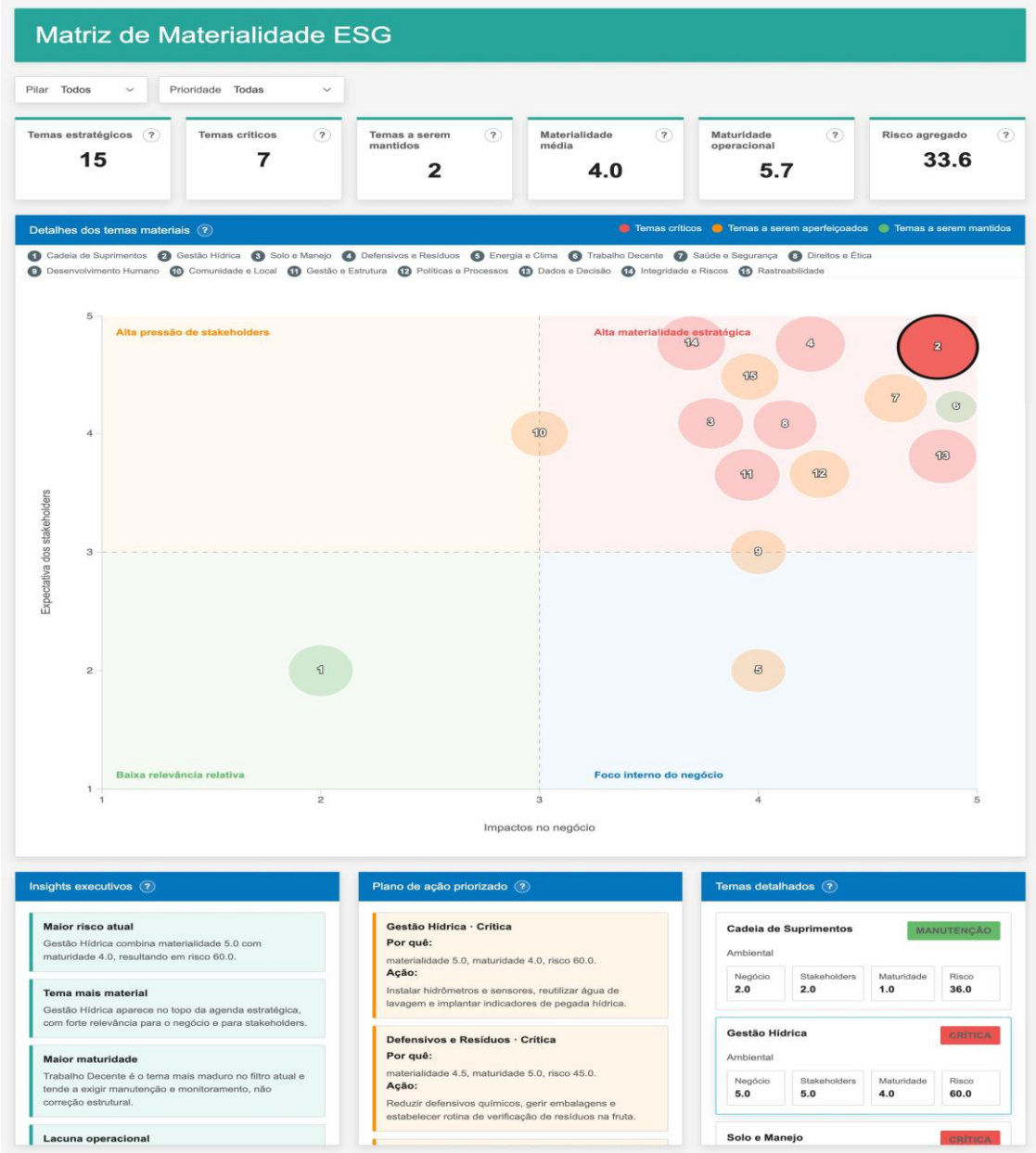
Do ponto de vista gerencial, a principal contribuição do *framework* está na redução da dispersão analítica típica de diagnósticos extensos. Em abordagens tradicionais de consultoria, é comum que o produtor receba relatórios longos e lineares, nos quais diferentes achados aparecem lado a lado, sem hierarquização suficientemente explícita. Nesses casos, mesmo quando o diagnóstico é tecnicamente rico, a conversão da informação em decisão depende de esforço interpretativo adicional por parte do consultor e do próprio gestor rural.

No caso simulado, o *framework* evita exatamente esse problema. Ao classificar Trabalho Decente como tema de manutenção e monitoramento, o sistema evita que recursos analíticos e operacionais sejam desnecessariamente concentrados em uma dimensão já madura. Ao mesmo tempo, ao identificar Gestão Hídrica como prioridade crítica, o modelo direciona a atenção para o ponto em que a exposição do negócio é mais elevada. Em termos práticos, isso significa que o artefato contribui para evitar desperdício de esforço consultivo, aumentar a objetividade do plano de ação e orientar a alocação de tempo, investimento e capacidade técnica para os temas mais sensíveis.

A Figura 1 exemplifica a implementação da solução proposta em um dashboard interativo. Nessa interface, os 15 temas estratégicos são sintetizados em cartões de indicadores, posicionados em uma matriz bidimensional de materialidade e complementados por painéis de insights executivos, plano de ação priorizado e detalhamento temático. O eixo horizontal representa os impactos no negócio, o eixo vertical expressa a expectativa dos stakeholders, a cor das bolhas indica a classe de prioridade e o tamanho da bolha operacionaliza o índice contínuo de risco ESG. Desse modo, a representação visual converte a lógica algorítmica do modelo em uma interface gerencial orientada à interpretação rápida e à tomada de decisão.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 1. Exemplo de dashboard interativo para operacionalização da Matriz de Materialidade ESG



Fonte: Elaboração própria.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A interface integra filtros analíticos, indicadores sintéticos, visualização matricial dos temas e painéis de apoio à decisão, permitindo transformar os cálculos de materialidade, maturidade e risco em recomendações executivas e plano de ação priorizado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente complexidade das exigências ESG na fruticultura tem ampliado a necessidade de instrumentos capazes de transformar dados diagnósticos em critérios claros de decisão. No contexto da viticultura, esse desafio assume particular relevância em razão da multiplicidade de temas materiais, da pressão regulatória e mercadológica e da necessidade de traduzir evidências operacionais em prioridades de gestão. Nesse cenário, este artigo apresentou e testou em simulação a arquitetura algorítmica da “Matriz de Materialidade ESG”, em nível de modelagem e demonstração computacional.

A principal contribuição teórica do estudo reside na integração de três camadas analíticas complementares: materialidade estratégica, maturidade operacional e risco contínuo. Do ponto de vista metodológico, a estruturação da regra de correspondência 1:3 e a formalização do índice contínuo de risco ESG representam contribuições instrumentais ao campo da *design science research* aplicada à sustentabilidade. No plano aplicado, o *framework* oferece um mecanismo operacional para consultores, auditores e gestores rurais transformarem diagnósticos em planos de ação hierarquizados. Ao articular essas dimensões em um único *framework*, o modelo supera uma leitura meramente descritiva do diagnóstico ESG e introduz uma lógica de priorização efetivamente orientada à decisão.

Os resultados da simulação mostraram que essa integração gera valor analítico concreto. No caso demonstrativo da Fazenda Vale do Sol, o *framework* foi capaz de evidenciar que temas igualmente relevantes do ponto de vista estratégico podem demandar tratamentos gerenciais distintos quando considerados à luz da maturidade operacional. Assim, evitou-se a concentração de esforço em dimensões já maduras, como Trabalho Decente (R = 9,0), ao mesmo tempo em que se destacou a urgência de intervenção em Gestão Hídrica (R = 60,0), onde a combinação entre alta materialidade e baixa maturidade produziu maior exposição ao risco. Rastreabilidade (R = 27,0) ilustrou o perfil intermediário de aperfeiçoamento progressivo. Tal resultado reforça que a inteligência do modelo não está apenas em classificar temas, mas em ordenar a relevância prática dos achados e apoiar a alocação mais eficiente de recursos analíticos e operacionais.

Do ponto de vista aplicado, isso posiciona a Matriz como um elemento importante para um Sistema de Apoio à Decisão voltado à priorização gerencial e ao risco, com potencial para reduzir

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

a carga manual de interpretação típica de diagnósticos extensos e aumentar a efetividade dos planos de ação ESG em propriedades vitícolas.

Sob a perspectiva metodológica, o estudo também evidencia a utilidade da *design science research* para a construção de artefatos voltados à resolução de problemas complexos em sustentabilidade aplicada. O *framework* proposto não elimina o papel do especialista, mas amplia sua capacidade de síntese, ordenação e comunicação, ao fornecer uma lógica formal de priorização compatível com dashboards, relatórios executivos e processos de tomada de decisão.

Como limitação, este estudo se baseia em simulação computacional e, portanto, não substitui validações empíricas em campo. Além disso, a operacionalização da dupla materialidade em dois eixos agregados, bem como a definição dos limiares categóricos e da regra de correspondência 1:3, devem ser compreendidas como escolhas de modelagem orientadas por parcimônia analítica, comparabilidade entre temas e viabilidade operacional, ainda passíveis de refinamento em aplicações futuras. Pesquisas posteriores podem, portanto, aplicar o *framework* em propriedades reais, testar a sensibilidade dos limiares e dos pesos do modelo, incorporar séries temporais para monitoramento longitudinal e avaliar a percepção de utilidade do sistema por consultores, auditores e produtores. Adicionalmente, a incorporação de discussões sobre *due diligence* socioambiental em cadeias agroexportadoras, métricas de adaptação climática para viticultura, integração entre ESG e rastreabilidade digital, uso de sensoriamento remoto e agricultura de precisão no monitoramento de riscos, bem como implicações regulatórias para mercados internacionais, representam direções promissoras para estudos futuros.

Em síntese, a contribuição central deste trabalho está em demonstrar que a Matriz de Materialidade ESG pode deixar de operar apenas como instrumento classificatório para funcionar como mecanismo de priorização gerencial orientado a risco. Ao transformar dados dispersos em critérios explícitos de intervenção, o *framework* proposto amplia a capacidade interpretativa da consultoria ESG e favorece a construção de respostas mais objetivas, justificáveis e compatíveis com a realidade operacional da viticultura.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro concedido a esta pesquisa.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REFERÊNCIAS

ADAMS, C. A. **The Sustainable Development Goals, integrated thinking and the integrated report**. ICAS and IIRC, 2017. Disponível em: https://www.icas.com/professional-resources/sustainability/the-sustainable-development-goals-integrated-thinking-and-the-integrated-report. Acesso em: 2 abr. 2026.

AVEN, T. **Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation**. European Journal of Operational Research, v. 253, n. 1, p. 1–13, 2016. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.023.

EPSTEIN, M. J.; BUHOVAC, A. R. **Making sustainability work: best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts**. 2. ed. San Francisco: Berrett-Koehler, 2018.

EUROPEAN UNION. **Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting.** Brussels: Official Journal of the European Union, 2022. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng. Acesso em: 2 abr. 2026.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. GRI 1: **Foundation 2021. Amsterdam: Global Sustainability Standards Board**, 2021. Disponível em: https://globalreporting.org/pdf.ashx?id=12334. Acesso em: 2 abr. 2026.

GREGOR, S.; HEVNER, A. R. **Positioning and presenting design science research for maximum impact**. MIS Quarterly, v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013. DOI: 10.25300/MISQ/2013/37.2.01.

HAHN, T.; PINKSE, J.; PREUSS, L.; FIGGE, F. **Tensions in corporate sustainability: towards an integrative framework**. Journal of Business Ethics, v. 127, n. 2, p. 297–316, 2015. DOI: 10.1007/s10551-014-2047-5.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. **Design science in information systems research**. MIS Quarterly, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004. DOI: 10.2307/25148625.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 31000:2018: **Risk management — Guidelines**. Geneva: ISO, 2018.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology, v. 22, n. 140, p. 1–55, 1932.

MARDANI, A.; JUSOH, A.; MD NOR, K.; KHALIFAH, Z.; ZAKWAN, N.; VALIPOUR, A**. Multiple criteria decision-making techniques and their applications: a survey of the literature from 2000 to 2014**. Economic Research-Ekonomska Istraživanja, v. 28, n. 1, p. 516–571, 2015. DOI: 10.1080/1331677X.2015.1075139.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV). **Resolution OIV-VITI 422-2011: Guidelines for sustainable vitiviniculture: production, processing and packaging of products**. Paris: OIV, 2011. Disponível em: https://www.oiv.int/public/medias/395/viti-2011-1-en.pdf. Acesso em: 2 abr. 2026.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV). **Resolution OIV-CST 518-2016: OIV general principles of sustainable vitiviniculture – environmental – social – economic and cultural aspects**. Paris: OIV, 2016. Disponível em: https://www.oiv.int/public/medias/5766/oiv-cst-518-2016-en.pdf. Acesso em: 2 abr. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV). OIV **guide for the implementation of principles of sustainable vitiviniculture**. Paris: OIV, 2021. Disponível em: https://www.oiv.int/node/2777/download/pdf. Acesso em: 2 abr. 2026.

PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.; CHATTERJEE, S. **A design science research methodology for information systems research. Journal of Management Information Systems**, v. 24, n. 3, p. 45–77, 2007. DOI: 10.2753/MIS0742-1222240302.

SAUNDERS, M.; LEWIS, P.; THORNHILL, A. **Research methods for business students**. 8. ed. Harlow: Pearson, 2019.

SOUZA, A. C.; LIMA, J. F.; ANDRADE, R. S. **Indicadores ESG no agronegócio brasileiro: desafios e perspectivas para a fruticultura de exportação.** Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental, v. 11, n. 2, p. 45–68, 2022. DOI: 10.19177/rgsa.v11e22022.

ZANAKIS, S. H.; SOLOMON, A.; WISHART, N.; DUBLISH, S. **Multi-attribute decision making: a simulation comparison of select methods**. European Journal of Operational Research, v. 107, n. 3, p. 507–529, 1998. DOI: 10.1016/S0377-2217(97)00147-1.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.