



MÉTODO MULTICRITÉRIO PARA REDUÇÃO DE RISCOS EM DECISÕES ESTRATÉGICAS DE NOVOS NEGÓCIOS DO SETOR MADEIREIRO

Multi-criteria method for reducing risks in strategic decisions for new businesses in the wood industry

Método multicriterio para la reducción de riesgos en decisiones estratégicas para nuevos negocios del sector maderero

Esther Krause Saick¹, Rafael Bottacine Amed Deud², Thiago de Almeida Rodrigues^{3*}, & Henrique Bertochi Torres⁴

^{1 2 3 4} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico

¹ esther.saick@edu.ufes.br ² rafael.deud@edu.ufes.br ^{3*} thiago.a.rodrigues@ufes.br ⁴ henriquetoldi@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 02.09.2025

Aprovado: 13.05.2026

Disponibilizado: 15.06.2026

PALAVRAS-CHAVE: Método multicritério; gestão de risco; setor madeireiro; FITradeoff.

KEYWORDS: Multicriteria method; risk management; timber industry; FITradeoff.

PALABRAS CLAVE: Método multicriterio; gestión de riesgos; sector maderero; FITradeoff.

*Autor Correspondente: Rodrigues, T. de A.

RESUMO

O setor madeireiro está em crescimento no Brasil e no mundo, impulsionado pela demanda dos setores da construção civil, móveis e embalagens. No Espírito Santo (ES), o setor representa 25% do PIB do agronegócio estadual e enfrenta gargalos produtivos devido à limitação da área plantada. Diante da importância econômica da atividade e das incertezas envolvidas na estruturação de empreendimentos, torna-se essencial adotar abordagens estratégicas de apoio à decisão. Este estudo tem como objetivo investigar como os métodos multicritério de apoio à decisão (MCDA) podem ser aplicados na gestão de riscos estratégicos relacionados à implantação de novas serrarias. Para isso, conduziu-se um estudo de caso em Venda Nova do Imigrante (ES), utilizando o método FITradeoff para apoiar duas decisões: a escolha do local de instalação da unidade e a seleção da linha de produção mais adequada. Os resultados apontaram o Terreno A e a Linha 2 como as alternativas mais vantajosas, destacando os critérios “preço do terreno” e “postos de trabalho gerados” na hierarquia de preferências. A análise de sensibilidade indicou robustez nas recomendações. Conclui-se que a abordagem contribui para reduzir incertezas estratégicas ao apoiar decisões estruturadas em novos empreendimentos no setor madeireiro.

ABSTRACT

The timber sector is growing in Brazil and worldwide, driven by demand from the construction, furniture, and packaging industries. In the state of Espírito Santo (ES), this sector accounts for 25% of the agribusiness GDP and faces production bottlenecks due to limited planted area. Given the sector's economic relevance and the uncertainties involved in the development of new ventures, it becomes essential to adopt strategic decision support

approaches. This study aims to investigate how Multicriteria Decision Aid (MCDA) methods can be applied to the management of strategic risks related to the implementation of new sawmills. To this end, a case study was conducted in the municipality of Venda Nova do Imigrante (ES), using the FITradeoff method to support two decisions: selecting the location for the facility and choosing the most appropriate production line. The results indicated that Site A and Line 2 were the most advantageous alternatives, with the criteria “land price” and “number of jobs generated” standing out in the decision hierarchy. Sensitivity analysis indicated robustness in the recommendations. It is concluded that the proposed approach contributes to reducing strategic uncertainties by supporting structured decision-making in new ventures within the timber sector.

RESUMEN

El sector maderero está en expansión en Brasil y en el mundo, impulsado por la demanda de los sectores de la construcción, muebles y embalajes. En el estado de Espírito Santo (ES), este sector representa el 25 % del PIB del agronegocio estatal y enfrenta cuellos de botella productivos debido a la limitación del área plantada. Dada la relevancia económica de la actividad y las incertidumbres involucradas en la estructuración de nuevos emprendimientos, se vuelve esencial adoptar enfoques estratégicos de apoyo a la toma de decisiones. Este estudio tiene como objetivo investigar cómo los métodos multicriterio de apoyo a la decisión (MCDA) pueden aplicarse a la gestión de riesgos estratégicos relacionados con la implementación de nuevos aserraderos. Para ello, se llevó a cabo un estudio de caso en el municipio de Venda Nova do Imigrante (ES), utilizando el método FITradeoff para apoyar dos decisiones: la elección del lugar de instalación de la unidad y la selección de la línea de producción más adecuada. Los resultados indicaron que el Terreno A y la Línea 2 fueron las alternativas más ventajosas, destacando los criterios “precio del terreno” y “puestos de trabajo generados”. El análisis de sensibilidad indicó robustez en las recomendaciones. Se concluye que la metodología contribuye a reducir las incertidumbres estratégicas al apoyar decisiones estructuradas en nuevos emprendimientos del sector maderero.

INTRODUÇÃO

Novos negócios estão expostos a riscos que podem comprometer sua competitividade, gerar perdas e até levar ao fechamento das atividades. Integrar a gestão de riscos à estratégia aumenta a capacidade de resposta a incertezas e favorece a sustentabilidade do negócio

(Giannakis & Papadopoulos, 2016). No setor madeireiro, essas questões se tornam ainda mais relevantes diante das oscilações de mercado, exigências ambientais e desafios logísticos que caracterizam a atividade.

O mercado internacional de madeira serrada tem registrado expansão contínua nas últimas décadas, impulsionada pela crescente demanda dos setores de construção civil, mobiliário, embalagens e energia renovável (Mensah et al., 2025). Segundo Howard et al. (2021), essa tendência reflete a valorização de insumos renováveis diante das pressões ambientais e dos compromissos climáticos globais, à medida que os produtos madeireiros ganham reconhecimento como alternativas de menor impacto ambiental.

Estima-se que o uso da madeira em edificações urbanas aumentará a demanda global até 2060, com efeitos significativos sobre os preços e a estrutura da cadeia produtiva (Nepal, 2021). De acordo com o Estudo Setorial da Indústria de Madeira, publicado pela Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2022), os Estados Unidos concentraram, em 2021, 29% das importações globais de madeira serrada, seguidos pela China (14%), enquanto o Canadá se manteve como o principal país exportador (ABIMCI, 2022).

No Brasil, 87% da produção nacional de madeira serrada de coníferas foram destinadas ao mercado interno em 2021, com destaque para os segmentos da construção civil, embalagens e móveis (ABIMCI, 2022). Ainda segundo o mesmo estudo, as exportações superaram 3,2 milhões de metros cúbicos no período, refletindo o avanço da inserção internacional do produto brasileiro. O cultivo de eucalipto no país se destaca pela elevada produtividade por hectare, pela mecanização das operações e pelos baixos custos de produção, fatores que favorecem a rentabilidade e a viabilidade da atividade industrial (Soares et al., 2010).

Segundo o Centro de Desenvolvimento do Agronegócio (CEDAGRO, 2024a), o Espírito Santo ocupa posição estratégica no setor madeireiro nacional, mas enfrenta gargalos produtivos em função da limitação da área plantada. Atualmente, o estado possui cerca de 264,3 mil hectares de eucalipto e 1,8 mil hectares de pinus, enquanto a demanda anual do setor é estimada em 13,36 milhões de metros cúbicos, o que exigiria mais de 425 mil hectares para suprimento pleno da indústria (CEDAGRO, 2024a). O setor movimenta aproximadamente cinco bilhões de reais por ano, representando 25% do PIB do agronegócio estadual e 65% das exportações agrícolas capixabas (CEDAGRO, 2024b). Nesse contexto, as serrarias desempenham papel estratégico ao promover o beneficiamento da madeira, contribuindo para a agregação de valor ao produto e o fortalecimento da economia regional.

Diante desse cenário de expansão e competitividade, decisões relacionadas à estruturação de empreendimentos madeireiros envolvem múltiplas incertezas que exigem atenção estratégica. Risco, nesse contexto, pode ser compreendido como o efeito da incerteza sobre os objetivos organizacionais, representando tanto ameaças quanto oportunidades, conforme definido na ISO 31000 (*International Organization for Standardization*, 2018). Em decisões de longo prazo, como a escolha da localização industrial ou a definição da linha produtiva, os riscos assumem caráter estratégico, pois estão ligados a escolhas que moldam o futuro do negócio (Kaplan & Mikes, 2012).

No setor madeireiro, marcado por variáveis como regulação ambiental, oscilação de demanda, disponibilidade de matéria-prima e infraestrutura, a gestão de riscos torna-se uma etapa crítica do planejamento. A ISO 31000 (2018) propõe uma abordagem sistemática para a gestão de riscos, baseada na identificação, análise, tratamento e monitoramento contínuo das incertezas, contribuindo para decisões mais seguras e alinhadas aos objetivos organizacionais. Para apoiar esse processo, os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) oferecem uma estrutura analítica capaz de integrar critérios técnicos, econômicos, logísticos e ambientais de forma simultânea e estruturada. Ao reduzir a subjetividade e promover maior transparência, esses métodos contribuem para a mitigação de riscos ao transformar incertezas em parâmetros comparáveis, favorecendo decisões mais consistentes e alinhadas às preferências do decisor (Almeida et al., 2015; Dell'Ovo et al., 2017; Taherdoost & Madanchian, 2023; Rocha et al., 2024).

Este estudo tem como objetivo aplicar um método multicritério de apoio à decisão na gestão de riscos estratégicos associados à estruturação de novos empreendimentos industriais no setor madeireiro. A pesquisa enfoca as escolhas da localização e seleção de equipamentos em um estudo de caso da abertura de uma serraria localizada em Venda Nova do Imigrante, região serrana do Espírito Santo.

REFERÊNCIAL TEÓRICO

GESTÃO DE RISCOS

Tradicionalmente, o conceito de risco está associado a impactos negativos que podem comprometer o alcance dos objetivos organizacionais (Hansson, 2004; Ward & Chapman, 2003). Nesse sentido, risco pode ser entendido como o efeito da incerteza sobre os objetivos organizacionais (ISO, 2018). O risco também está associado com a combinação da probabilidade de um evento ocorrer com a gravidade de suas consequências (Almeida et al., 2015). Essas definições são reforçadas por Casal et al. (2019), que destacam a importância do risco como elemento que conecta a incerteza a possíveis impactos organizacionais. Os autores observam que, sob a ótica da ISO 31000, o risco deixou de ser entendido apenas como algo negativo, passando a representar qualquer desvio relevante dos objetivos, positivos ou negativos, causados pela incerteza (Almeida et al., 2015).

Em contextos de decisão estratégica, como a abertura de um novo negócio ou a expansão de uma operação, o risco ganha um papel ainda mais relevante. Nesses casos, ele não está limitado a falhas operacionais ou imprevistos de curto prazo, mas está profundamente ligado às escolhas que moldam o futuro da organização. A decisão sobre onde instalar uma empresa, que tipo de tecnologia adotar ou quais mercados explorar envolve incertezas sobre demanda, custos, legislação, clima econômico, entre outros fatores. Ignorar o risco nessas situações pode levar a consequências graves e até mesmo à inviabilidade do empreendimento.

Pinna et al. (2019) reforçam essa visão ao propor um modelo sustentável de gestão de riscos, no qual o risco deixa de ser visto como uma ameaça isolada e passa a ser tratado como um critério estratégico, integrado ao processo de decisão. Uma forma eficaz de incorporar esse risco nas decisões é por meio do uso de métodos multicritério, que permitem considerar simultaneamente diversos fatores e incertezas.

No contexto estratégico, o mais importante é reconhecer que risco é uma variável inevitável e recorrente em qualquer processo de planejamento. Entendê-lo e incorporá-lo de forma

estruturada ao processo decisório permite ampliar a clareza sobre os cenários possíveis e aumenta a qualidade e a segurança das decisões. Como destacam Moraes et al. (2018), o uso consciente do risco como critério permite transformar incertezas em parâmetros de análise, alinhando as decisões aos objetivos estratégicos da organização.

Risco estratégico diz respeito às incertezas que emergem das grandes decisões organizacionais, aquelas que envolvem mudança de posicionamento, crescimento, inovação ou reestruturação. Kaplan e Mikes (2012) afirmam que esses riscos não resultam de falhas em processos, mas sim de escolhas deliberadas sobre o futuro da organização, como entrar em novos mercados, adotar tecnologias disruptivas ou reconfigurar sua estrutura produtiva. A natureza estratégica do risco está justamente no fato de que ele surge não da operação em si, mas da decisão sobre o caminho a seguir. Segundo Ideagen (2021), esse tipo de risco pode comprometer a capacidade de uma empresa atingir seus objetivos centrais quando não é adequadamente compreendido, avaliado e incorporado ao processo decisório.

Esses conceitos são especialmente relevantes em decisões como a localização de empreendimentos industriais e a definição da linha de produção, que exigem a análise integrada de múltiplos fatores de risco desde o início do planejamento. A escolha do terreno, por exemplo, pode envolver riscos relacionados ao licenciamento ambiental, à instabilidade topográfica, à distância da infraestrutura logística ou à dificuldade de acesso a mão de obra qualificada, todos capazes de comprometer a viabilidade do projeto se negligenciados (Sena et al., 2024). Da mesma forma, a definição do tipo de linha produtiva pode trazer incertezas operacionais, técnicas e econômicas, como produtividade, custo de manutenção, consumo energético e adequação ao tipo de madeira disponível, exigindo uma análise criteriosa.

Gerenciar riscos de forma eficaz exige seguir um processo estruturado, que permita identificar, avaliar, priorizar, tratar e monitorar os riscos ao longo do tempo. Segundo ISO 31000 (2018), a gestão de riscos deve ser contínua e integrada aos processos organizacionais, começando pela identificação das fontes de incerteza e seus possíveis impactos, seguida pela avaliação da probabilidade e severidade de ocorrência. Em seguida, os riscos mais críticos são priorizados e tratados com estratégias como mitigação, transferência, aceitação ou eliminação. Por fim, o monitoramento contínuo permite ajustar ações de resposta diante de novos cenários. Essa lógica se aplica tanto a riscos operacionais quanto a riscos estratégicos, e serve como base para métodos mais específicos de avaliação e apoio à decisão.

Quando o foco está nos riscos estratégicos, esse processo ganha complexidade adicional. Isso porque tais riscos estão vinculados a decisões de longo prazo e alto impacto, como localização de empreendimentos, ampliação de capacidade produtiva ou adoção de novas tecnologias. Nesses contextos, o desafio não está apenas em identificar riscos evidentes, mas em antecipar cenários e avaliar múltiplos critérios simultaneamente. Como destacam Giannakis e Papadopoulos (2016), integrar a gestão de riscos à formulação estratégica ajuda as organizações a responderem de forma mais resiliente a incertezas externas e internas. É por isso que, em decisões estruturantes, o risco deve deixar de ser apenas um fator reativo e passar a ser considerado como um critério ativo de avaliação e comparação entre alternativas.

Nesse sentido, os métodos de apoio multicritério à decisão se mostram como ferramentas eficazes para incorporar riscos estratégicos de maneira sistemática e transparente. Essas abordagens, ao permitirem a consideração simultânea de fatores técnicos, econômicos, ambientais, legais e sociais, oferecem uma base sólida para avaliar alternativas e mitigar riscos de forma integrada.

MÉTODOS MULTICRITÉRIO

O MCDA compreende um conjunto de métodos destinados a apoiar decisões que envolvem múltiplos critérios, frequentemente conflitantes. Essa abordagem permite a avaliação estruturada de alternativas sob diferentes perspectivas, alinhando-se às preferências do tomador de decisão. De acordo com Rocha et al. (2024), tais métodos se baseiam em uma matriz de decisão composta por alternativas e critérios ponderados, proporcionando maior racionalidade e transparência ao processo decisório.

Os métodos multicritério se dividem em compensatórios e não compensatórios (Banihabib et al., 2017). Os primeiros, como *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT) e *Flexible and Interactive Tradeoff* (FITradeoff), permitem que desempenhos inferiores em alguns critérios sejam compensados por melhores resultados em outros. Já os métodos não compensatórios, como *Élimination Et Choix Traduisant la REalité* (ELECTRE) e *Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), não admitem esse tipo de compensação, atribuindo peso decisivo a cada critério. A escolha entre essas abordagens depende da natureza do problema, dos critérios avaliados e das preferências do decisor. Conforme apontam Almeida (2013) e Gomes et al. (2012), também devem ser considerados o tipo de racionalidade requerida, o contexto da decisão, sua relevância e a necessidade de justificativa formal.

O processo decisório multicritério envolve etapas como definição de alternativas, seleção e ponderação de critérios e, por fim, aplicação do método conforme o objetivo da análise (Taherdoost & Madanchian 2023). As principais categorias de problemas são: escolha, quando se busca a melhor alternativa; ordenação, que estabelece um *ranking*; classificação, que distribui alternativas em categorias predefinidas; e portfólio, voltado à seleção de subconjuntos sob restrições (Almeida, 2013; Banihabib et al., 2017).

Diversas áreas têm adotado abordagens multicritério para apoiar decisões complexas, a exemplo dos setores de saúde, planejamento urbano, sustentabilidade, logística e indústria. Diversas técnicas vêm sendo aplicadas em contextos como definição de localizações para empreendimentos, seleção de equipamentos e produtos, avaliação de fornecedores e definição de escolhas estratégicas (Júnior & Borges, 2018; Causil & Moraes, 2023). Proporcionam uma análise estruturada capaz de mitigar riscos de diferentes naturezas, ao considerar múltiplos critérios relevantes de forma integrada (Tabela 1).

Tabela 1. Aplicações de métodos multicritério em diferentes contextos decisórios

Método	Decisão	Critérios	Aplicação	Referência
AHP	Definição da localização para instalação de uma UPA 24h	Sociais (vulnerabilidade da população), logísticos (acesso, transporte público), operacionais (infraestrutura local, mão de obra)	Saúde	Briozo e Musetti (2015)
AHP e ELECTRE I	Escolha da localização de uma escola pública	Demográficos (demanda), logísticos (acessibilidade), operacionais (infraestrutura), sociais (proximidade de escolas)	Educação e pesquisa	Silva et al. (2020)
AHP-Gaussiano	Investimentos em equipamentos ferroviários	Técnicos (confiabilidade, produção), econômicos (custo), operacionais (disponibilidade)	Infraestrutura e transporte	Rocha et al. (2024)

ELECTRE I	Seleção de ventiladores mecânicos em operadora de saúde	Técnicos (desempenho clínico, suporte técnico), econômicos (custo), operacionais (durabilidade da bateria)	Saúde	Teixeira et al. (2024)
FITradeoff	Escolha da localização de uma unidade de saúde	Logísticos (acessibilidade), econômicos (custo), ambientais (impacto ambiental), sociais (aceitação da comunidade)	Saúde	Dell'Ovo et al. (2017)
FITradeoff	Localização de shopping center	Logísticos (acesso, infraestrutura), econômicos (atratividade), sociais (segurança, mercado consumidor)	Serviços e comércio	Ribeiro et al. (2021)
FITradeoff	Escolha de unidade federativa para pesquisa em segurança pública	Institucionais (criminalidade, efetivo policial), econômicos (gastos públicos), sociais (analfabetismo)	Segurança pública	Silva et al. (2024)
FITradeoff	Priorização de alternativas para gestão de resíduos sólidos	Econômicos (custo), ambientais (impacto), sociais (aceitação pública)	Gestão e planejamento	Santos et al. (2024)
FITradeoff	Seleção de fornecedor sustentável	Ambientais (sustentabilidade), sociais (condições de trabalho), econômicos (custo), operacionais (prazo, entrega)	Sustentabilidade	Causil e Moraes (2023)
FITradeoff (com VFT)	Localização de restaurante	Econômicos (aluguel, instalação), logísticos (acesso, fluxo de pessoas), sociais (segurança, concorrência)	Serviços e comércio	Abdon et al. (2022)
FITradeoff, VFT	Localização de centro ambulatorial	Econômicos (custo), logísticos (acesso, infraestrutura), demográficos (demanda regional)	Saúde	Sena et al. (2024)
MAUT	Localização de abrigos contra enchentes	Ambientais (risco de enchentes), logísticos (acessibilidade), operacionais (tempo de evacuação, infraestrutura)	Gestão e planejamento	Albuquerque et al. (2024)
PROMETHEE II	Escolha de equipamentos industriais	Técnicos (manutenibilidade, confiabilidade), operacionais (impacto, segurança), econômicos (custo)	Infraestrutura e transporte	Garcez e Farias (2016)
PROMETHEE II	Priorização de plataforma de streaming	Econômicos (custo), técnicos (qualidade de imagem, compatibilidade), operacionais (número de telas)	Serviços e comércio	Truta et al. (2024)
PROMETHEE ROC	Priorização de produto em cafeteria	Econômicos (custo), preferências do consumidor (sabor)	Gestão e planejamento	Oliveira et al. (2024)
PROMETHEE ROC	Seleção de prestadores de serviços na manutenção	Econômicos (preço), técnicos (avaliação, qualidade), operacionais (prazo, pontualidade)	Indústria	Silvério et al. (2024)
PROMETHEE e SMAA-2	Gestão de riscos no fornecimento de matéria-prima	Econômicos (impacto no faturamento), operacionais (número de fornecedores, estabilidade)	Logística e suprimentos	Leone et al. (2024)
SAPEVO-M-NC	Escolha de semente de soja	Técnicos (vigor, germinação), qualidade (danos por umidade, coloração)	Agronegócio	Pereira et al. (2024)
SMAA e PROMETHEE II	Localização de fábrica	Econômicos (custos), sociais (impacto), ambientais (sustentabilidade)	Infraestrutura e transporte	Padilla e Fiorotto (2020)
UTADIS	Classificação da atratividade de municípios	Sociais (densidade demográfica), logísticos (localização), públicos (oferta de serviços)	Gestão e planejamento	Medeiros et al. (2024)

Fonte: Autores (2025).

Esses enfoques cooperam na redução de riscos econômicos, aferindo impactos e viabilidade financeiras; riscos técnicos e operacionais, ao avaliar critérios como confiabilidade, produtividade e facilidade de manutenção; riscos logísticos, ao reunir aspectos de acessibilidade, infraestrutura e distância de mercado; riscos sociais e institucionais, ao considerar fatores como aceitação pública, segurança e regulamentações; e riscos ambientais, ao incluir efeitos potenciais sobre o meio ambiente (Almeida et al., 2015).

Além disso, essas práticas reduzem os riscos de arbitrariedade, substituindo decisões intuitivas por procedimentos sistemáticos, transparentes e fundamentados. Tais riscos são especialmente relevantes na fase de decisões estratégicas associadas à estruturação de novos empreendimentos (Padilla & Fiorotto, 2020; Ribeiro et al., 2021; Abdon et al., 2022).

Dentre os métodos compensatórios, destaca-se o FITradeoff, fundamentado na Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT). Sua principal característica é o processo interativo de eliciação de preferências, que utiliza comparações parciais entre alternativas para reduzir a

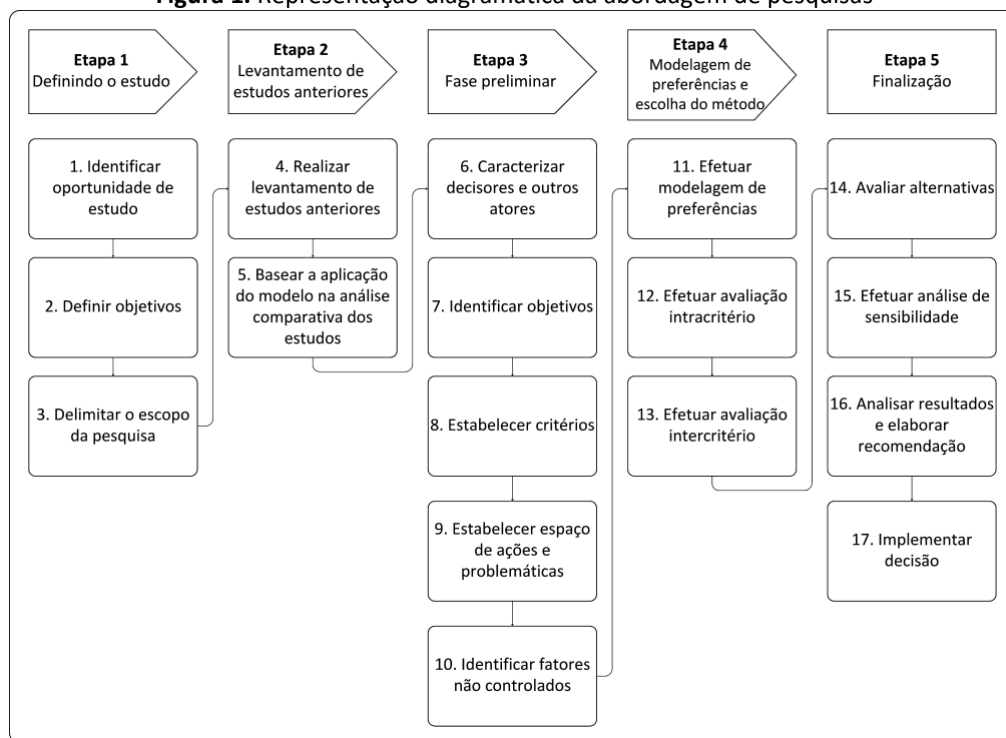
carga cognitiva do decisor e gerar recomendações progressivas ao longo da análise. Conforme Dell'Ovo et al. (2017), essa estrutura torna o modelo especialmente adequado a contextos decisórios complexos, permitindo o tratamento simultâneo de critérios quantitativos e qualitativos e ampliando sua aplicabilidade em diferentes áreas do conhecimento.

Ainda que não eliminem os riscos inerentes à tomada de decisão, os métodos multicritério representam um avanço relevante na sua mitigação. Conforme Almeida et al. (2015), ao possibilitarem uma análise mais estruturada e alinhada às preferências dos decisores, essas técnicas contribuem para decisões mais fundamentadas, consistentes e transparentes, estando alinhado aos objetivos deste estudo.

METODOLOGIA

Organizou-se em 5 etapas principais (Figura 1) para apoiar a redução de riscos em decisões estratégicas de novos negócios, foi conduzido um estudo de caso em uma serraria, utilizando métodos multicritério de apoio à decisão. O procedimento para a construção do modelo de decisão foi baseado na abordagem proposta por Almeida (2013). Além disso, a validação dos resultados foi conduzida pelo tomador de decisão da serraria, assegurando a aderência do modelo às necessidades reais e reforçando sua aplicabilidade prática no contexto do estudo de caso.

Figura 1. Representação diagramática da abordagem de pesquisas



Fonte: Autores (2025).

ETAPA 1: DEFININDO O ESTUDO

O escopo deste estudo abrange a redução de riscos em decisões estratégicas na abertura de novos negócios. Nesse contexto, identificou-se uma oportunidade para a implantação de uma serraria no município de Venda Nova do Imigrante, região serrana do estado do Espírito Santo, motivada pela demanda regional por madeira serrada e pelo potencial econômico do setor madeireiro local. O empreendedor enfrentou o desafio de realizar escolhas cruciais para viabilizar o negócio, com destaque para a seleção do terreno mais apropriado para a instalação da unidade produtiva e a definição da configuração da linha de produção, composta por distintas combinações de máquinas.

A condução criteriosa dessas decisões preliminares revela-se essencial, uma vez que impacta diretamente a sustentabilidade econômica e operacional do empreendimento. Esse impacto inclui variáveis como custos fixos e variáveis, capacidade produtiva, atendimento às demandas do mercado e mitigação de riscos ao longo do ciclo de vida do negócio. Assim, a escolha adequada da localização e dos recursos produtivos configura-se como elemento determinante para o êxito do empreendimento e para a minimização da probabilidade de insucesso nas fases iniciais.

Diante dessa oportunidade concreta, o escopo da pesquisa limitou-se ao empreendimento que foi adotado como estudo de caso, com o intuito de demonstrar a aplicabilidade de métodos multicritério como suporte ao processo decisório, contribuindo para a redução dos riscos e para a eficácia das decisões relacionadas à implantação.

ETAPA 2: LEVANTAMENTO DE ESTUDOS ANTERIORES

No desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se um levantamento de estudos anteriores com o objetivo de identificar abordagens semelhantes e compreender a aplicação do MCDA em contextos estratégicos voltados à estruturação de novos negócios. Foram analisados 20 artigos que aplicam MCDA em diferentes tipos de decisão, com destaque para problemas de localização, seleção de fornecedores, priorização de investimentos e definição de estratégias organizacionais. A seleção dos estudos considerou a relevância prática, a consistência metodológica e a aplicabilidade dos modelos decisórios em cenários concretos.

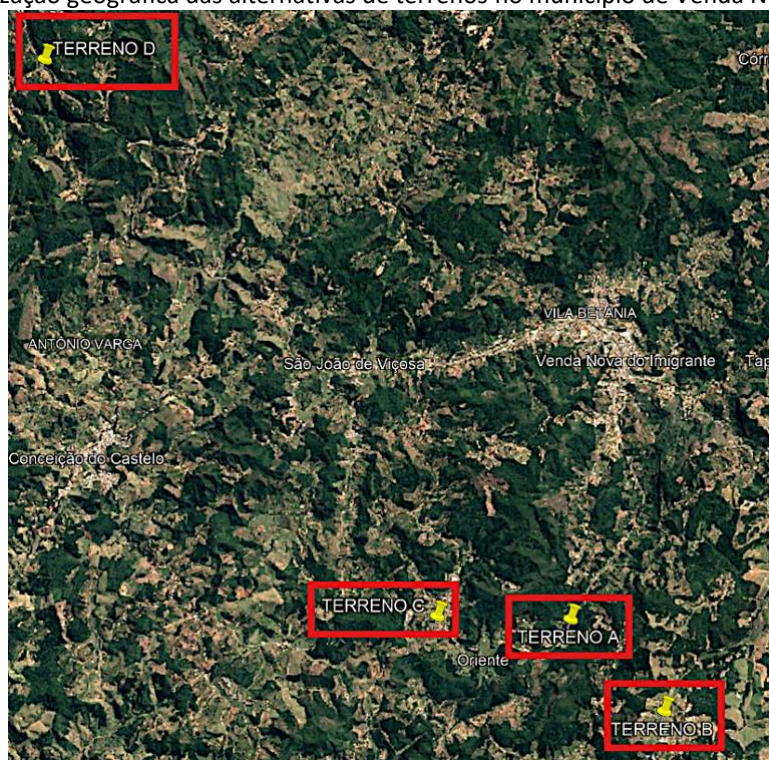
Essa análise comparativa serviu de referência para a estruturação do modelo proposto neste artigo, contribuindo para a definição dos critérios adotados, bem como para a adaptação da metodologia às especificidades do problema analisado.

ETAPA 3: FASE PRELIMINAR

A fase preliminar corresponde à estruturação inicial do problema de decisão multicritério, por meio da definição dos objetivos, alternativas, critérios e fatores que influenciam o contexto decisório. O decisor é um empreendedor de 62 anos, com formação técnica em agropecuária e experiência no setor florestal. Ainda que não participem diretamente da decisão, outros atores influenciam o contexto: a prefeitura municipal (responsável por licenças ambientais e operacionais), fornecedores de maquinários e os futuros funcionários da serraria, que impactam aspectos técnicos e operacionais.

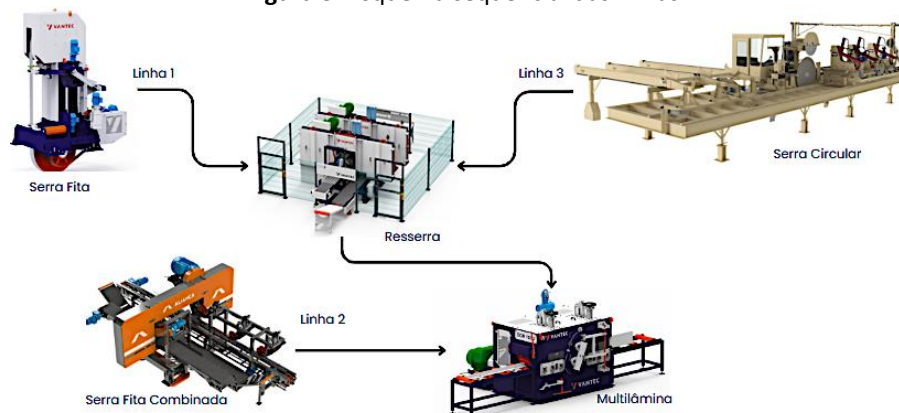
O objetivo principal do decisor é abrir uma serraria com o menor nível de risco nas decisões estratégicas iniciais. Para isso, dois objetivos intermediários foram definidos: escolher a melhor localização para a instalação da serraria e selecionar a linha de produção mais adequada.

Para o objetivo de definir a localização da serraria, foram consideradas quatro alternativas situadas no município de Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo: Terreno A, localizado no km 7 da rodovia que liga os municípios de Venda Nova do Imigrante e Castelo; Terreno B, situado no distrito de São José do Alto Viçosa; Terreno C, no distrito de Vargem Grande; e Terreno D, no distrito de Ribeirão do Meio (Figura 2).

Figura 2. Localização geográfica das alternativas de terrenos no município de Venda Nova do Imigrante

Fonte: Autores (2025).

A escolha da linha de produção refere-se à combinação de equipamentos e maquinários, estando diretamente relacionada a fatores como investimento inicial e demanda por mão de obra, sendo uma etapa anterior à definição de fornecedores. Para esse objetivo, foram consideradas três alternativas. Linha 1, denominada tradicional, é composta por uma serra fita para o desdobro inicial das toras, uma resserra para melhor aproveitamento das costaneiras e uma multilâmina para o desdobro secundário. Linha 2, denominada serra combinada, consiste em uma serra fita horizontal com capacidade para serrar toras e blocos, integrando as funções de carrinho e resserra, com o objetivo de reduzir o número de equipamentos e a demanda por mão de obra, complementada por uma multilâmina para a finalização. Por fim, a Linha 3, nomeada linha de circulares, apresenta configuração similar à tradicional, porém com a utilização de serras circulares no lugar das serras fita (Figura 3).

Figura 3. Esquema sequencial das linhas

Fonte: Autores (2025).

Os critérios de avaliação foram definidos com base nos princípios de exaustividade, não redundância e coerência, permitindo uma análise robusta das alternativas frente aos objetivos definidos. Conforme o *FITradeoff User Guide* (*FITradeoff Method*, 2025), a exaustividade garante que todos os aspectos relevantes estejam contemplados na avaliação,

evitando omissões que possam comprometer o processo decisório. A não redundância assegura a ausência de sobreposição entre critérios, garantindo que cada um contribua com informações distintas e relevantes. Por fim, a coerência refere-se à consistência interna do conjunto de critérios, promovendo avaliações alinhadas e logicamente fundamentadas ao escopo do estudo (Tabela 2).

Tabela 2. Critérios e objetivos para a decisão de localização da serraria

Objetivo	Critério	Unidade	Direção	Referência
Reduzir o valor de aquisição para viabilizar o investimento e liberar recursos para equipamentos e infraestrutura	Preço do terreno	R\$/m ²	Minimizar	Sousa et al. (2021)
Minimizar a distância até a rodovia principal para reduzir custos logísticos e facilitar o escoamento da produção	Distância da estrada principal	Metros	Minimizar	Fernandes et al. (2021)
Manter o risco ambiental baixo para evitar embargos, reduzir custos com licenciamento e garantir segurança jurídica	Risco ambiental	Escala Likert de 1 a 5	Minimizar	Decisor
Garantir vias de acesso em boas condições para reduzir atrasos e custos com logística	Acesso ao local	Escala Likert de 1 a 5	Maximizar	Fernandes et al. (2021)
Estar próximo a áreas urbanas para facilitar a contratação e deslocamento da equipe	Distância ao núcleo urbano com mão de obra	Km	Minimizar	Dell'Ovo et al. (2017)
Priorizar terrenos planos para diminuir custos e prazos com terraplanagem	Topografia	Escala Likert de 1 a 5	Minimizar	Decisor

Fonte: Autores (2025).

A problemática é do tipo ordenação das alternativas, com o intuito de apoiar o decisor na priorização das opções disponíveis. A ordem visa fornecer uma base para a escolha que minimize os riscos na abertura da serraria. No escopo do FITradeoff, esse tipo de problemática corresponde à construção de uma ordenação completa das alternativas, com base nas preferências do decisor em relação a múltiplos critérios. A abordagem tem como objetivo organizar as opções de forma hierárquica, da mais preferível à menos preferível, possibilitando uma análise estruturada das alternativas disponíveis (Tabela 3).

Tabela 3. Critérios e objetivos para a decisão de linha de produção da serraria

Objetivo	Critério	Unidade	Direção	Referência
Reduzir o valor necessário para aquisição, permitindo implantação rápida e acessível	Investimento inicial	R\$	Minimizar	Moreno Rodríguez et al. (2021)
Maximizar o volume de madeira processada por dia para aumentar a receita	Produtividade	m ³ /dia	Maximizar	Campello (2022)
Minimizar o número de colaboradores necessários, reduzindo custos fixos e simplificando a gestão	Postos de trabalho	Nº de pessoas	Minimizar	Santos et al. (2020)
Aumentar a eficiência no aproveitamento das toras, reduzindo desperdícios	Aproveitamento de madeira	Escala de 1 a 5	Maximizar	Santos et al. (2020)
Diminuir o consumo energético para reduzir os custos operacionais	Consumo energético	Escala de 1 a 5	Minimizar	Moreno Rodríguez et al. (2021)
Tornar a operação e manutenção mais simples e econômica, exigindo menor qualificação técnica	Facilidade de mão de obra	Escala de 1 a 5	Maximizar	Santos et al. (2020)

Fonte: Autores (2025).

Por fim, existem fatores externos ao controle do decisor que podem impactar o desempenho das alternativas, mas que não foram considerados no modelo. Destaca-se a variação da produção no período compreendido entre dezembro e fevereiro, época marcada por chuvas intensas, que dificultam a colheita e o transporte da matéria-prima. Nessas condições, as estradas das áreas florestais, frequentemente comprometidas pela lama, limitam o abastecimento de madeira à serraria.

ETAPA 4: MODELAGEM DE PREFERÊNCIAS E ESCOLHA DO MÉTODO

Com o objetivo de orientar a tomada de decisão quanto à seleção da localização da serraria e à definição da linha de produção, optou-se pela aplicação do método FITradeoff para ordenação, em função das características do problema e do perfil do decisor. O decisor apresentou comportamento compatível com a racionalidade compensatória, admitindo

compensações entre critérios, e demonstrou preferências coerentes com as relações de preferência estrita e indiferença que, segundo o FITradeoff, correspondem, respectivamente, à dominância clara de uma alternativa sobre outra e equivalência entre elas. As preferências atenderam à propriedade de transitividade, princípio que garante consistência lógica das comparações, sendo que, se A é preferida a B e B a C, então A deve ser preferida a C, condição necessária para garantir coerência e aplicabilidade do método proposto.

A escolha pelo FITradeoff justifica-se, ainda, por sua capacidade de gerar recomendações robustas com menor esforço cognitivo e em menos tempo, atendendo à necessidade de precisão e agilidade no processo decisório. Cada alternativa foi avaliada individualmente em todos os critérios qualitativos e quantitativos, assegurando coerência nas escalas utilizadas. Para os critérios qualitativos, elaborou-se um questionário com 15 perguntas para cada alternativa (Apêndices 1 a 6). Cada pergunta recebeu um peso de 1 a 3, sendo que valores mais altos indicam maior impacto negativo no desempenho do critério. As respostas foram binárias, atribuindo-se 1 ponto para “sim” e 0 para “não”.

A pontuação parcial de cada alternativa resultou da multiplicação do peso de cada pergunta pelo valor da resposta, seguida da soma de todos resultados, caracterizando uma soma ponderada. O total foi então convertido para a escala Likert de 1 a 5, conforme os intervalos definidos na Tabela 4, admitindo a classificação e comparação direta entre alternativas.

Tabela 4. Critérios de pontuação para avaliação qualitativa das alternativas

Avaliação	Escala Likert associada	Intervalo de Pontuação
Muito baixo	1	0 a 6 pontos
Baixo	2	7 a 12 pontos
Médio	3	13 a 18 pontos
Alto	4	19 a 24 pontos
Muito alto	5	25 a 30 pontos

Fonte: Autores (2025).

Os dados foram organizados em uma matriz de decisão e inseridos no Sistema de Apoio à Decisão FITradeoff. A avaliação intracritério foi realizada por meio da normalização dos desempenhos das alternativas em cada critério. Para critérios quantitativos, aplicou-se a função valor linear, que transforma os valores em uma escala adimensional, assumindo linearidade entre os pontos extremos. Para critérios qualitativos, utilizou-se a escala Likert para a codificação dos níveis de avaliação.

As etapas de avaliação intercritério e análise das alternativas foram conduzidas de forma integrada. Esse processo iterativo envolveu a elicitação das preferências do decisor por meio de comparações par a par entre alternativas. Paralelamente, o sistema apresentou resultados parciais que subsidiaram as decisões subsequentes.

ETAPA 4.1: O MÉTODO FITRADEOFF

O método FITradeoff é baseado na MAUT e serve para apoiar decisões que envolvem vários critérios. Para isso, ele calcula uma pontuação total para cada alternativa, considerando o desempenho dela em cada critério e a importância de cada um desses critérios (Equação 1).

$$V(A_j) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot v_i(x_{ij}) \quad (1)$$

Nessa equação, $V(A_j)$ representa a pontuação total da alternativa A_j ; k_i indica o quanto o critério i é importante na decisão (a constante de escala); e $v_i(x_{ij})$ mostra o desempenho da alternativa A_j nesse critério, em uma escala que vai de 0 (pior desempenho) a 1 (melhor

desempenho). O processo começando com o decisor organizando os critérios do mais importante para o menos importante, o que gera uma sequência como:

$$k_1 > k_2 > \dots > k_n$$

Depois disso, o decisor compara dois possíveis resultados: um intermediário em um critério mais importante com o melhor resultado em um critério menos importante. Com base na preferência, podem surgir três situações:

Se preferir o resultado intermediário no critério mais importante:

$$k_i.v_i(x_{ij}) > k_i + 1$$

Se preferir o melhor resultado no critério menos importante:

$$k_i.v_i(x_{ij}) < k_i + 1$$

Se considerar os dois equivalentes:

$$k_j.v_j(x_{ij}) = k_i + 1$$

Essas comparações geram um conjunto de restrições que são incorporadas a um modelo de programação linear, o qual permite identificar, de forma progressiva, as alternativas mais promissoras com base nas preferências já expressas pelo tomador de decisão. Por operar com informações preferenciais parciais e não exigir a definição completa de todas as preferências desde o início, o método torna o processo decisório mais eficiente, reduzindo a sobrecarga cognitiva e facilitando a interação do decisor com o modelo.

ETAPA 5: FINALIZAÇÃO

Na fase de finalização, foi realizada a avaliação global das alternativas com base nas preferências previamente modeladas, contemplando tanto os critérios quantitativos quanto os qualitativos estabelecidos na etapa inicial. O procedimento seguiu integralmente a lógica do método FITradeoff, de forma que, ao longo do processo de elicitação, o decisor interagiu com o modelo por meio de comparações entre pares de consequências, ajustando gradualmente o sistema de preferências. Esse refinamento contínuo permitiu que se alcançasse uma ordenação completa e coerente das alternativas, garantindo que cada escolha estivesse alinhada com os objetivos estratégicos definidos para o estudo.

Em seguida, procedeu-se à análise de sensibilidade, conduzida com o propósito de verificar a robustez dos resultados obtidos diante de variações nos dados de entrada e nos parâmetros do modelo. Para essa etapa, aplicaram-se variações de $\pm 20\%$ nos valores atribuídos aos critérios quantitativos, bem como a alteração de um nível nas escalas dos critérios qualitativos, de modo a simular diferentes cenários e possíveis incertezas inerentes ao processo decisório. Foram realizadas 10.000 simulações utilizando a técnica de Monte Carlo, assegurando, assim, consistência estatística e confiabilidade na avaliação. Os resultados demonstraram consistência nas recomendações geradas, evidenciando a estabilidade da ordem obtida. Por fim, a ordenação final apresentada para a localização da serraria e para a linha de produção ficou em conformidade com as preferências do decisor.

RESULTADOS

A partir da estruturação das alternativas e critérios, o modelo permitiu identificar as preferências do decisor, hierarquizar os elementos relevantes e ordenar as opções mais adequadas em cada caso. Os resultados obtidos são analisados em profundidade, considerando o desempenho de cada alternativa e a consistência das escolhas frente a possíveis variações nos parâmetros de entrada.

MATRIZ DAS ALTERNATIVAS

Para a ordenação das alternativas, foram elaboradas matrizes de decisão que consolidam as informações referentes a cada terreno frente aos critérios previamente definidos. Esta etapa teve como objetivo identificar a localização mais adequada para a implantação da serraria, considerando 4 opções viáveis, designadas: Terreno A, Terreno B, Terreno C e Terreno D.

A definição dos valores atribuídos a cada alternativa nos critérios foi realizada com base em fontes distintas, de acordo com a natureza de cada variável. Os critérios quantitativos foram obtidos por meio de dados como anúncios imobiliários, medições geográficas e mapas de acesso. Já os critérios qualitativos, foram avaliados a partir de um questionário estruturado composto por 15 perguntas fechadas com pesos diferenciados, permitindo a atribuição de notas finais em uma escala de 1 a 5. Essa abordagem possibilitou captar aspectos subjetivos de forma padronizada e com maior transparência (Tabela 5).

Tabela 5. Matriz de dados dos terrenos

Alternativa / Critério	Preço do terreno	Distância da estrada	Risco ambiental	Qualidade do acesso	Distância até núcleo urbano	Topografia
Terreno A	80 R\$/m ²	0 m	1	0	7 km	4
Terreno B	80 R\$/m ²	0 m	1	2	13 km	1
Terreno C	100 R\$/m ²	100 m	1	0	12 km	2
Terreno D	20 R\$/m ²	500 m	2	3	21 km	2
Objetivo	Minimizar	Minimizar	Minimizar	Minimizar	Minimizar	Minimizar

Fonte: Autores (2025).

De maneira análoga, foi construída uma matriz de decisão para a escolha da linha de produção a ser adotada (Tabela 6). Foram consideradas três alternativas, denominadas Linha 1, Linha 2 e Linha 3. Os critérios de avaliação foram definidos com base em aspectos técnicos e operacionais. Critérios quantitativos foram determinados a partir de especificações técnicas providas por fabricantes e análises comparativas de capacidade instalada, através de diretrizes técnicas de eficiência e sustentabilidade operacional. Já os critérios qualitativos foram medidos através de questionários estruturados similares aos da escolha do terreno. Esse formato assegurou maior padronização e transparência na avaliação dos atributos.

Tabela 6. Matriz de dados das linhas de produção

Alternativa/Critério	Investimento Inicial (R\$)	Produtividade (m ³ /dia)	Postos de Trabalho	Aproveitamento de Madeira	Consumo Energético	Facilidade de Mão de Obra
Linha 1	1.642.000	25	7	4	3	2
Linha 2	650.000	12	5	4	2	3
Linha 3	1.300.000	20	7	2	4	4
Objetivo	Minimizar	Maximizar	Minimizar	Maximizar	Minimizar	Maximizar

Fonte: Autores (2025).

RANKING DOS CRITÉRIOS

Com as matrizes de decisão estruturadas, o próximo passo consistiu na definição da hierarquia de importância dos critérios utilizados em cada uma das decisões. Essa etapa foi conduzida por meio do método FITradeoff, que permite a comparação entre consequências simuladas para revelar, de forma progressiva, as preferências do decisor sem exigir a atribuição direta de pesos absolutos.

O processo envolveu duas abordagens complementares: a análise intracritério, responsável por definir a função de valor marginal de cada critério, e a análise intercritério, que permitiu ordenar as constantes de escala a partir de comparações entre pares de consequências construídas com base em variações de critérios distintos.

Após a conclusão do processo, o modelo revelou a ordem de importância dos critérios para cada decisão. Na escolha da localização da serraria, a ordem foi: Preço do terreno > Distância

da estrada principal > Acesso ao local > Distância até o núcleo urbano > Risco ambiental > Topografia/Necessidade de terraplanagem. Já para a seleção da linha de produção, a ordem foi: Postos de trabalho gerados > Aproveitamento de madeira > Investimento inicial > Produtividade (m^3/dia) > Consumo energético > Facilidade de mão de obra.

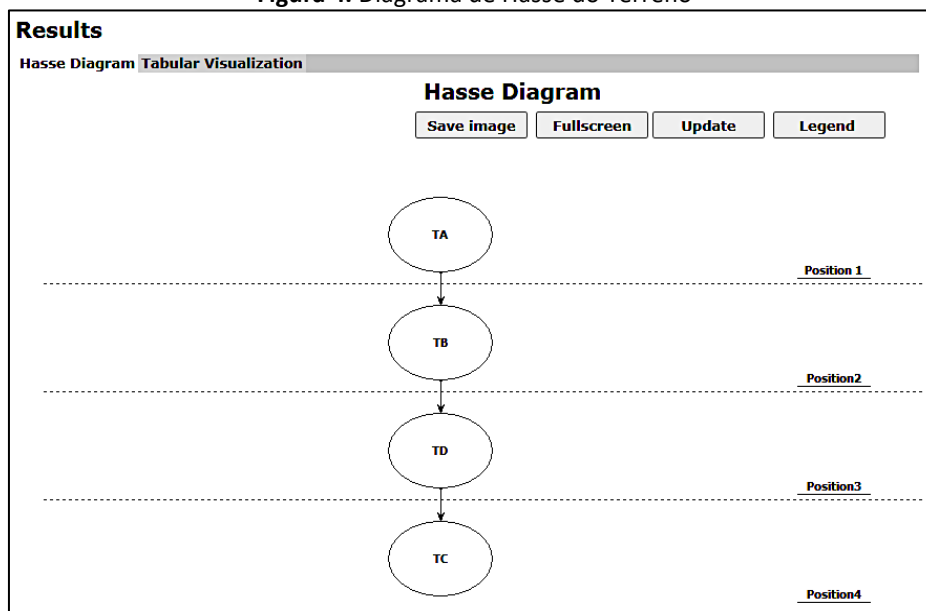
As ordens refletem as prioridades estratégicas definidas pelo decisor para cada contexto: enquanto a localização está fortemente associada a fatores logísticos e financeiros, a linha de produção é guiada por critérios de impacto socioeconômico e eficiência técnica.

A estrutura interativa do método FITradeoff mostrou-se essencial para a captura dessas preferências de forma precisa, permitindo que o decisor interagisse com o modelo de maneira gradual e adaptativa. Essa abordagem possibilitou o refinamento das prioridades ao longo do processo de elicitação, incorporando de maneira sistemática tanto informações objetivas quanto percepções subjetivas. Como resultado, obteve-se uma representação robusta e coerente do sistema de preferências, a qual serviu de base sólida para a etapa subsequente de ordenação final das alternativas, garantindo alinhamento entre o modelo e as necessidades estratégicas do empreendimento.

ORDEM DAS ALTERNATIVAS

Com a hierarquia de critérios definida, o FITradeoff foi aplicado para gerar a ordenação final das alternativas em cada uma das decisões. A partir das informações da matriz de consequências e das preferências reveladas pelo decisor, o sistema construiu o Diagrama de Hasse que representa graficamente a ordem global com base no valor esperado agregado de cada alternativa. Na etapa de escolha da localização da serraria, a ordenação obtida foi a seguinte: Terreno A > Terreno B > Terreno D > Terreno C (Figura 4).

Figura 4. Diagrama de Hasse do Terreno



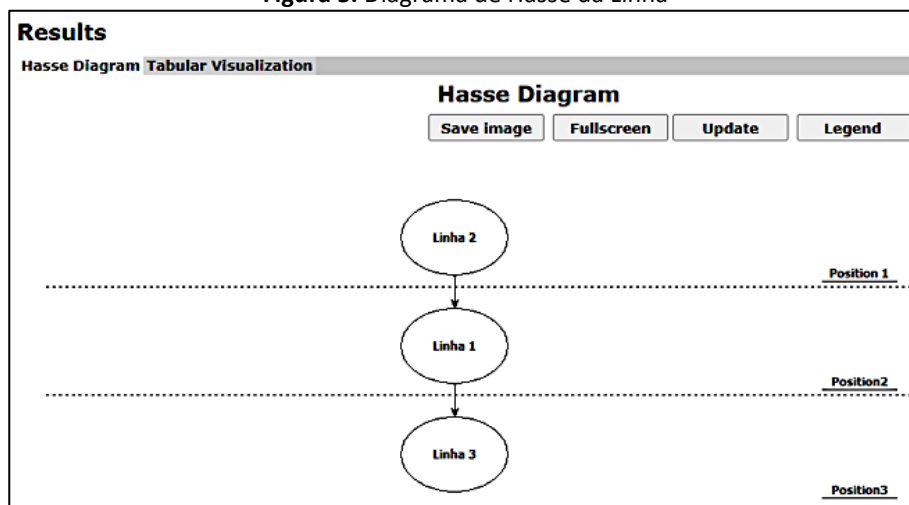
Fonte: Autores (2025).

O destaque do Terreno A se deve ao seu desempenho superior nos critérios mais relevantes, especialmente na distância da estrada principal, acesso local e distância até núcleo urbano, que ocupam as primeiras posições, após o preço, na hierarquia de importância. Apesar de não apresentar o menor valor absoluto em todos os critérios, o equilíbrio nos atributos mais valorizados pelo decisor garantiu sua posição de liderança. O Terreno B, embora similar em alguns critérios, foi superado por apresentar piores indicadores logísticos. Já o Terreno D apresentou baixo custo, mas desempenho inferior em aspectos como distância e acesso. Por

fim, o Terreno C, que teve baixo desempenho agregado nos critérios com maior peso, preço, distância até o núcleo urbano, justificando sua última colocação.

Já no que diz respeito à linha de produção, a ordenação final das alternativas foi: Linha 2 > Linha 1 > Linha 3 (Figura 5).

Figura 5. Diagrama de Hasse da Linha



Fonte: Autores (2025).

A Linha 2 destacou-se por apresentar ótimo desempenho nos critérios mais valorizados pelo decisor, como posto de trabalho gerado e aproveitamento de madeira, além de requerer o menor investimento inicial entre as alternativas. Embora sua produtividade (12 m³/dia) fosse a menor entre as três opções, esse fator teve peso menor na hierarquia definida. A Linha 1 ocupou a segunda posição por sua elevada produtividade (25 m³/dia), mas foi penalizada pelo maior investimento exigido. Já a Linha 3, apesar de representar um meio-termo em termos de produtividade e investimento, apresentou pior desempenho agregado, sobretudo em critérios decisivos como aproveitamento de madeira, postos de trabalho e consumo energético.

A combinação dos resultados dessas duas decisões oferece ao decisor uma visão integrada do cenário estratégico: o Terreno A e a Linha 2, juntos, representam a alternativa de melhor desempenho global considerando os critérios mais relevantes. Além da viabilidade econômica, essa escolha também garante escolher a opção com menor dependência de mão de obra, bom aproveitamento da matéria-prima e localização com acesso facilitado, atendendo de forma equilibrada aos critérios técnicos, financeiros e logísticos definidos como prioritários.

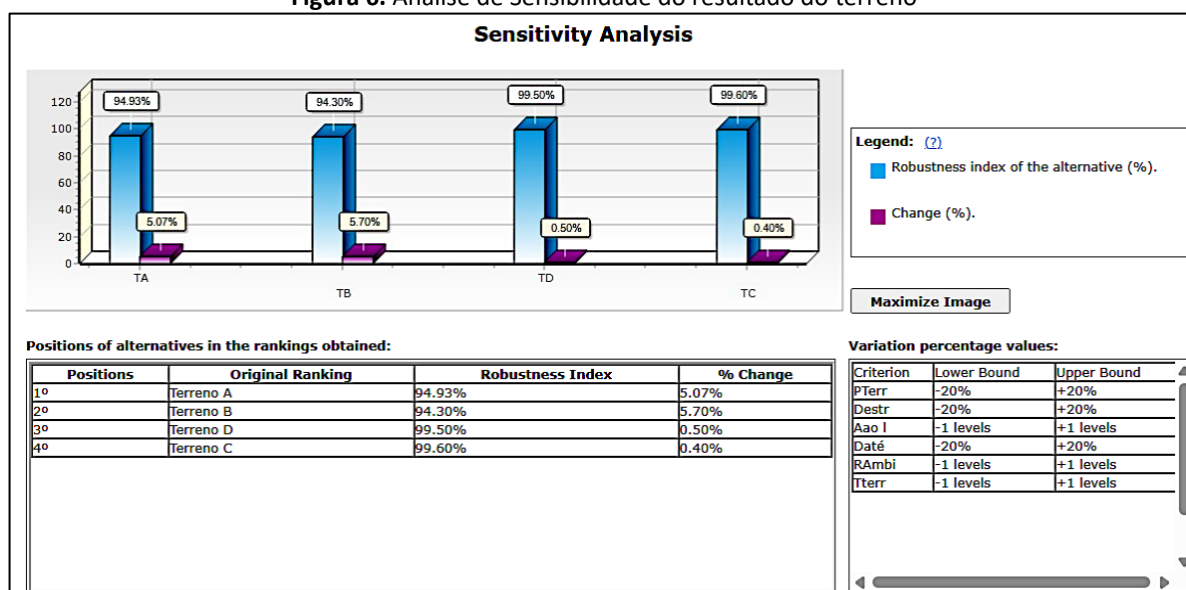
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade teve como objetivo verificar a robustez das decisões geradas pelo modelo FITradeoff frente a pequenas variações nos valores dos critérios e nas preferências do decisor. Essa etapa é fundamental para garantir que a escolha final não esteja excessivamente dependente de um cenário específico ou de estimativas pontuais.

Na decisão de localização da serraria, foram realizadas simulações variando os limites superiores e inferiores de cada critério em até ±20% para variáveis contínuas e 1 nível para critérios discretos. Os resultados demonstraram alta robustez do modelo, com índices de estabilidade superiores a 94% para todas as alternativas. O Terreno A, alternativa mais bem classificada, apresentou um índice de robustez de 94,93% e variação de apenas 5,07% em sua posição relativa, mantendo-se consistentemente como a melhor escolha. As demais

alternativas também apresentaram estabilidade considerável, destacando-se os terrenos D e C, com robustez acima de 99% e variações inferiores a 0,6% (Figura 6).

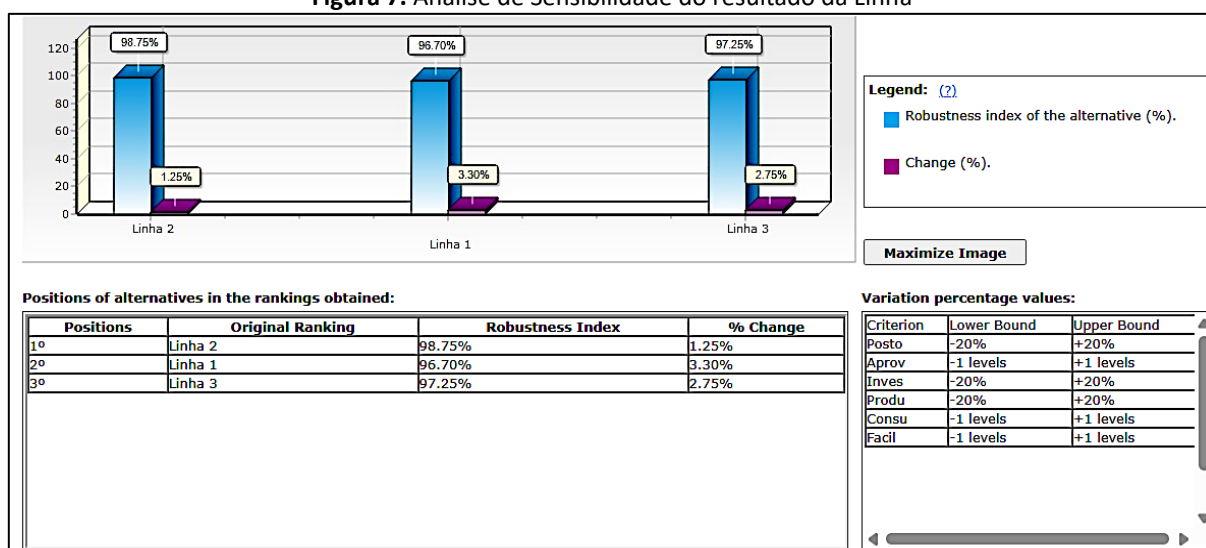
Figura 6. Análise de Sensibilidade do resultado do terreno



Fonte: Autores (2025).

De maneira semelhante, na escolha da linha de produção, a análise considerou variações de $\pm 20\%$ para critérios contínuos e 1 nível para critérios discretos. O modelo também demonstrou alta estabilidade nas posições obtidas, com a Linha 2 mantendo-se como a alternativa de melhor desempenho, com índice de robustez de 98,75% e variação de apenas 1,25%. A Linha 1 obteve robustez de 96,70% e a Linha 3, de 97,25%, confirmando a consistência da ordenação obtida mesmo sob cenários de incerteza controlada (Figura 7).

Figura 7. Análise de Sensibilidade do resultado da Linha



Fonte: Autores (2025).

Esses resultados indicam que, mesmo com pequenas perturbações nos valores dos critérios ou nas preferências relativas, as alternativas selecionadas inicialmente tendem a permanecer nas mesmas posições ou sofrer alterações mínimas. Isso reforça a confiança na solução final apresentada pelo modelo, garantindo ao decisor um processo de apoio confiável, transparente e resistente a imprecisões naturais inerentes ao contexto da decisão multicritério.

DISCUSSÃO

REDUÇÃO DE RISCO NA ESCOLHA DE LOCALIZAÇÃO DA SERRARIA

A escolha do Terreno A como a melhor alternativa para implantação da serraria, conforme apontado pelo modelo FITradeoff, representa uma estratégia eficaz para a mitigação de riscos estratégicos. O desempenho superior dessa alternativa nos critérios mais relevantes para o decisor evidencia a preocupação com elementos que afetam diretamente a viabilidade econômica e logística do empreendimento. Segundo Casal et al. (2019), decisões estratégicas bem fundamentadas tendem a reduzir expressivamente impactos negativos da incerteza sobre objetivos organizacionais. Nesse sentido, o FITradeoff viabiliza uma estrutura decisória que incorpora os riscos potenciais desde a fase inicial do projeto, permitindo que o decisor os aborde como critérios ativos na avaliação das opções (Almeida et al., 2015).

Como ressaltam Fernandes et al. (2021) e Sousa Ribeiro et al. (2021), terrenos com melhor conexão viária tendem a reduzir custos operacionais e atrasos, mitigando riscos logísticos que afetam diretamente a competitividade da empresa. Além disso, a proximidade com o núcleo urbano está alinhada aos estudos de Briozo e Musetti (2015) e Dell'Ovo et al. (2017), que enfatizam a importância da localização em relação à oferta de mão de obra para reduzir riscos operacionais e facilitar contratações.

Apesar de definidos com base na realidade de Venda Nova do Imigrante, os critérios utilizados na decisão possuem alto grau de generalização. Elementos como custo de aquisição, acesso logístico e proximidade com centros urbanos são recorrentes em estudos de localização industrial em diferentes contextos (Oliveira e Silva, 2020; Ribeiro et al., 2021). Assim, o modelo aplicado, embora parametrizado segundo as preferências de um decisor específico, reflete preocupações amplamente reconhecidas na literatura de gestão de riscos estratégicos. Essa constatação reforça a validade externa do modelo utilizado, ao demonstrar que as decisões tomadas não estão isoladas de um arcabouço conceitual mais amplo, mas sim ancoradas em fundamentos replicáveis.

REDUÇÃO DE RISCO NA DEFINIÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO

Na decisão sobre a linha de produção, o método FITradeoff indicou a Linha 2 como alternativa mais adequada, considerando os critérios definidos pelo decisor. A escolha evidencia uma estratégia orientada à redução de riscos operacionais, econômicos e sociais, especialmente relevantes em setores que exigem alto investimento inicial, quando se trata de pequenas empresas, e apresentam instabilidade na disponibilidade de mão de obra qualificada. A priorização da alternativa com menor demanda por trabalhadores, melhor aproveitamento de madeira e menor custo de implantação alinha-se à abordagem proposta por Pinna et al. (2019), que defendem a incorporação do risco como critério estratégico para promover a sustentabilidade do negócio. Além disso, estudos como os de Santos et al. (2020) e Moreno Rodríguez et al. (2021) reforçam que decisões que envolvem a aquisição de equipamentos e definição do processo produtivo devem considerar fatores como produtividade, eficiência energética e custo de manutenção, sob pena de comprometer a competitividade do empreendimento.

Conforme relatado por Teixeira et al. (2024), a seleção de equipamentos deve priorizar soluções que maximizem resultados com menor complexidade operacional e menor dependência de fatores externos. Essa lógica é reforçada por Garcez e Farias (2016), que

ratificam que decisões mal embasadas sobre *layout* e maquinário comprometem a rentabilidade e elevam o risco de obsolescência. Ao alinhar desempenho técnico com viabilidade econômica, a alternativa selecionada colabora para mitigar incertezas relevantes no início das operações.

Embora os critérios considerados na seleção da linha de produção tenham sido definidos com base na realidade específica do decisor, como o tipo de madeira disponível e a qualificação da mão de obra local, eles se mantêm compatíveis com os critérios identificados em aplicações similares da literatura. A busca por maior aproveitamento, redução de consumo energético e simplicidade operacional é uma constante em decisões sobre processos produtivos, conforme observado em estudos de Santos et al. (2020) e Causil e Moraes (2023). Portanto, a decisão tomada não apenas atende ao contexto local, mas também dialoga com boas práticas reconhecidas, conferindo legitimidade e racionalidade à escolha. Essa convergência reforça o papel do método multicritério como ferramenta capaz de estruturar decisões estratégicas em contextos distintos, sem perder sua aplicabilidade prática.

IMPLICAÇÕES ESTRATÉGICAS

A combinação dos resultados obtidos para as duas decisões revela uma solução integrada que contribui significativamente para a mitigação de riscos estratégicos do empreendimento. Ao selecionar o Terreno A e a Linha 2, o decisor opta por uma configuração que alia viabilidade econômica, eficiência operacional e menor exposição a variáveis críticas do ambiente externo. Essa articulação entre localização e processo produtivo está alinhada à visão de Kaplan e Mikes (2012), segundo a qual o risco estratégico surge de decisões estruturantes que moldam o futuro da organização e, portanto, deve ser considerado desde a concepção do negócio. Da mesma forma, Giannakis e Papadopoulos (2016) argumentam que a integração da gestão de riscos ao processo estratégico favorece decisões mais resilientes e adaptáveis frente à incerteza.

Adicionalmente, a análise de sensibilidade realizada para ambas as decisões reforça a robustez das recomendações obtidas, mostrando que pequenas variações nos dados ou nas preferências não alteram significativamente os resultados. Isso garante ao decisor um nível adicional de confiança e previsibilidade, dois elementos essenciais na gestão de riscos em contextos incertos. Conforme destacado por Dell'Ovo et al. (2017) e Frej et al. (2021), a estabilidade do modelo frente a perturbações nos dados é um indicativo de que a solução proposta não é apenas adequada, mas também resiliente a mudanças futuras, o que amplia sua utilidade prática no planejamento de negócios de longo prazo.

MCDA NA MITIGAÇÃO DO RISCO ESTRATÉGICO

A aplicação do método FITradeoff neste estudo demonstrou que ferramentas de apoio multicritério são altamente eficazes para incorporar o risco estratégico de forma estruturada, racional e transparente ao processo decisório. Segundo Moraes et al. (2018), a utilização de métodos multicritério possibilita a conversão de julgamentos complexos em análises coerentes, com alto potencial de replicabilidade. Da mesma forma, Taherdoost et al. (2023) afirmam que o uso desses métodos não só aumenta a qualidade da decisão, como também reduz significativamente os riscos associados ao desconhecimento ou à sobrevalorização de um único critério.

Mesmo em um contexto específico como o analisado, o FITradeoff demonstrou sua flexibilidade e pertinência ao permitir que critérios localmente relevantes fossem integrados em uma lógica de decisão amplamente validada. Essa adaptabilidade reforça os resultados de Dell’Ovo et al. (2017), que aplicaram o método em decisões urbanas, e de Causil e Morais (2023), que o utilizaram em sustentabilidade empresarial. Em ambos os casos, o método provou ser aplicável em situações com restrições contextuais significativas. Assim, ainda que os critérios adotados tenham sido definidos com base na realidade do decisor, a estrutura do FITradeoff garantiu rigor, transparência e rastreabilidade, três elementos-chave na gestão de riscos estratégicos, conforme destacado por Almeida et al. (2015).

O uso de métodos multicritério, portanto, vai além da simples ordenação de alternativas: ele estrutura o próprio pensamento estratégico do decisor, forçando a explicitação de preferências, a ponderação entre critérios e a análise de trade-offs. Conforme Kaplan e Mikes (2012), riscos estratégicos não podem ser tratados como eventos isolados, mas como escolhas deliberadas que carregam incertezas inerentes e, por isso, exigem ferramentas compatíveis com sua complexidade. Nesse sentido, o FITradeoff atuou não apenas como uma ferramenta de escolha, mas como um mecanismo de aprendizado e alinhamento estratégico, auxiliando o empreendedor a compreender melhor o impacto de suas próprias prioridades nas decisões tomadas.

CONCLUSÃO

Este estudo buscou demonstrar a aplicação do método multicritério FITradeoff em duas decisões estratégicas fundamentais para o decisor: a seleção da localização ideal para instalação da unidade produtiva e a escolha da linha de produção mais adequada à capacidade operacional planejada. A investigação, embasada em critérios objetivos como preço de terreno, acesso viário, risco ambiental, eficiência produtiva e custo de mão de obra, comprovou que o FITradeoff atendeu integralmente ao objetivo proposto, ao fornecer um ranking claro e confiável para ambas as situações decisórias, alinhando as preferências dos decisores à realidade operacional e financeira da empresa.

Em termos de contribuição prática, este estudo oferece um modelo replicável de apoio à decisão que auxilia gestores na identificação de alternativas com menor exposição ao risco e maior retorno potencial. A escolha do Terreno A, destacada como a opção de melhor custo-benefício e menor vulnerabilidade ambiental, guia investimentos em localização com base em dados quantitativos e qualitativos. Analogamente, a seleção da Linha 2 confirma a capacidade do método em reduzir a incerteza associada a variáveis operacionais, promovendo uma tomada de decisão mais segura e alinhada aos objetivos de produtividade e eficiência energética. Essa abordagem estrutura o processo decisório, melhora a comunicação entre equipes e fortalece a governança corporativa ao incorporar risco gerencial de forma transparente.

Do ponto de vista teórico, esta pesquisa amplia o escopo de aplicação dos métodos multicritério ao demonstrar sua eficácia em pequenos e médios empreendimentos, universo ainda carente de estudos acadêmicos. Ao validar o FITradeoff em um contexto de serraria de médio porte, o trabalho contribui para a literatura de apoio à decisão, mostrando que métodos multicritério não se restringem a grandes projetos, mas são igualmente valiosos em cenários empresariais de menor escala e recursos.

Como limitações, este estudo concentra-se em um único caso, a análise da escolha de localização e da linha de produção para uma serraria, o que torna mais difícil estender diretamente seus resultados a outras realidades geográficas, setores ou escalas

organizacionais. Além disso, ao focalizar apenas duas decisões de caráter estratégico, não foram exploradas possíveis aplicações em níveis tático ou operacional, como gestão de estoque, planejamento, programação e controle da produção ou manutenção preventiva, o que poderia enriquecer ainda mais a compreensão dos riscos e das oportunidades envolvidos.

Para pesquisas futuras, recomenda-se conduzir um acompanhamento longitudinal da implementação das recomendações propostas, a fim de avaliar sua efetividade e identificar ajustes práticos necessários; comparar o desempenho do FITradeoff com outros métodos multicritério ou abordagens híbridas, de modo a delinear vantagens e limitações relativas em diferentes contextos; ampliar a aplicação do multicritério a novas decisões empresariais, por exemplo: seleção de fornecedores, definição de cronogramas de produção e alocação de recursos, bem como aprofundar o mapeamento dos riscos estratégicos ao incorporar variáveis financeiras, regulatórias, mercadológicas e de sustentabilidade. Esses desdobramentos poderão ampliar a aplicabilidade do método, fortalecer sua base teórica e oferecer subsídios mais robustos para o apoio à decisão em ambientes organizacionais diversos.

REFERÊNCIAS

- Abdon, F. F., Frej, E. A., & Roselli, L. R. P. (2022). Localização de unidade de serviço do ramo alimentar com método FITradeoff para modelagem de preferências. *LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Juiz de Fora, MG, Brasil.
- Albuquerque, N. L. B. de, Silva, L. B. L. da, Alencar, M. H., & Almeida, A. T. de. (2024). Modelo de decisão multicritério para localização e alocação de abrigos urbanos contra enchentes. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.
- Almeida, A. T. (2013). Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. Rio de Janeiro: *Atlas*.
- Almeida, A. T., Cavalcante, C. A. V., Alencar, M. H., Ferreira, R. J. P., de Almeida-Filho, A. T., & Garcez, T. V. (2015). Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17969-8>
- Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI. (2022). *Estudo setorial da indústria de madeira 2022*. Curitiba, PR.
- Banihabib, M. E., Hashemi-Madani, F. S., & Forghani, A. (2017). Comparison of compensatory and non-compensatory multicriteria decision-making models in water resources strategic management. *Water Resources Management*, 31(12), 3745-3759. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1702-x>
- Briozzo, R. A., & Musetti, M. A. (2015). Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma Unidade de Pronto Atendimento - UPA 24 h. *Gestão & Produção*, 22(4), 805-819. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X975-13>
- Campello, B. S. C. (2022). Métodos de análise de decisão multicritério para seleção de padrões de corte. *Trends in Computational and Applied Mathematics*, 23(1), Article 00001. <https://doi.org/10.5540/tcam.2022.023.01.00001>
- Casal, A. B., Neto, L. D. A., & Santos, J. G. (2019). Análise multicritério de riscos estratégicos no contexto de localização de empreendimentos industriais. *Revista Produção Online*, 19(3), 933-958.
- Causil, O. M. M. & Moraes, D. C. (2023). Multicriteria negotiation model for selecting sustainable suppliers' problem in the agribusiness. *Production*, 33, e20220090. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20220090>
- Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. (2024a). *Plano de desenvolvimento da base florestal para o setor de madeira do Espírito Santo*. Vitória, ES. Recuperado de https://www.cedagro.org.br/arquivos/PLANO_DESENV_FLORESTAL_MADEIRA_ES.pdf
- Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. (2024b). *Boletim de conjuntura da base florestal*. Maio de 2024. Vitória, ES. Recuperado de https://cedagro.org.br/news/news_109_mai24.pdf

- Dell'Ovo, M., Frej, E. A., Oppio, A., Capolongo, S., Morais, D. C., & Almeida, A. T. (2017). Multicriteria decision making for healthcare facilities location with visualization based on FITradeoff method. In Linden, I., Tsoukias, A., & Wachowicz J. (Eds.), *Decision support systems vii. data, information and knowledge visualization in decision support systems* (pp. 32-44). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57487-5_3
- FITradeoff Method. (2025, abril). *FITradeoff method: User guide version 7*. Recuperado de <https://fitradeoff.org/wp-content/uploads/2025/04/User-guide-FITradeoff-web-7.pdf>
- Fernandes, J. D. P., Lima, A. G. A., & Oliveira, L. S. (2021). Fatores logísticos na escolha de localizações industriais: um estudo em polos regionais. *Revista Produção Online*, 21(4), 1123-1142.
- Frej, E. A., de Almeida, A. T., & Roselli, L. R. P. (2021). A benefit to cost ratio-based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information. *Information Sciences*, 545, 487-498.
- Garcez, T. V. & Farias, D. (2016). Priorização dos equipamentos através da metodologia multicritério de apoio à decisão alinhada com a visão estratégica do WCM. *Anais do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Vitória, ES, Brasil.
- Giannakis, M. & Papadopoulos, T. (2016). Supply chain sustainability: A risk management approach. *International Journal of Production Economics*, 171, 455-470. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.032>
- Gomes, L. F. A. M., Gomes, C. F. S., & Almeida, A. T. de. (2012). *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério* (2a ed.). São Paulo: Atlas.
- Hansson, S. O. (2004). Philosophical perspectives on risk. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 8(1), 10-35.
- Howard, C., Wiensczyk, A., & Smith, G. (2021). Wood product carbon substitution benefits: A critical review of displacement factors. *Carbon Balance and Management*, 16, 9. <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00171-w>
- Ideagen. (2021). *What is strategic risk and how to manage it?*
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 - Risk management - Guidelines*. Geneva: ISO.
- Saick, E. K., Deud, R. B. A., & Rodrigues, T. de A. Júnior, L. A. F. & Borges, G. F. (2018). Seleção de fornecedores - uma abordagem pelo MAUT. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 4(4), 91-114.
- Kaplan, R. S. & Mikes, A. (2012). Managing risks: A new framework. *Harvard Business Review*, 90(6), 48-60.
- Leone, F. T., de Natale, L. C., & Pelissari, R. (2024). Gestão de riscos no fornecimento de matéria-prima em uma indústria química por meio da aplicação de métodos de tomada de decisão. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.
- Medeiros, M. R. M. de, Rosa, A. G. F., & Mota, C. M. de M. (2024). Uma avaliação multicritério da atratividade de municípios. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.
- Mensah, P., Iddrisu, A., Quartey, G. A., & Rausch, L. (2025). The global supply chain of wood products: A literature review. *Forests*, 16(7), 1036. <https://doi.org/10.3390/f16071036>
- Morais, D. C., Almeida, A. T. de, & Costa, A. P. C. S. (2018). FITradeoff Decision Support System: an application to oil and gas project selection. *Operational Research*, 18(3), 509-535.
- Moreno Rodríguez, G., Barros, T. F., & Costa, I. S. de O. (2021). Tomada de decisão multicritério para seleção de equipamentos: estudo aplicado ao setor industrial. *Revista Gestão Industrial*, 17(2), 75-90.
- Nepal, P. (2021). Effects on global forests and wood product markets of increased demand for mass timber. *Sustainability*, 13(24), 13943. <https://doi.org/10.3390/su132413943>
- Oliveira, E. G. de., Vasconcelos, E. C. de, & Ribeiro, R. A. (2024). Priorização de grão de café em uma cafeteria: uma abordagem multicritério através do método PROMETHEE ROC. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.
- Oliveira, M. P. C. de. & Silva, M. R. da. (2020). Estudo comparativo entre os métodos AHP e Electre I para a localização de unidades públicas de ensino. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, João Pessoa, PB, Brasil, LII, 1-12.
- Padilla, M. P. B. & Fiorotto, D. J. (2020). Sustainable selection of a manufacturing facility location using SMAA-PROMETHEE. *LII Simpósio*

Pereira, D. A. M., Diniz, B. P., & Santos, M. dos. (2024). Aplicação do método de tomada de decisão multicritério SAPEVO-M-NC para seleção de semente de soja para uma fazenda experimental. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.

Pinna, R., Marras, F., & Corsi, K. (2019). Risk management and knowledge management: Towards an integrated perspective. *Journal of Knowledge Management*, 23(10), 1949-1971.

Ribeiro, M. L. S., Roselli, L. R. P., Frej, E. A., Almeida, A. T., & Morais, D. C. (2021). Using the FITradeoff method to solve a shopping mall location problem in the northeastern countryside of Brazil. *Control and Cybernetics*, 50(1), 3-23. <https://doi.org/10.2478/candc-2021-0007>

Rocha, A. C. S. P., Porciuncula, C., Franca, Í., Cardoso, N. T., Santos, M. dos, & Carvalho, W. dos A. (2024). Definição de investimento em equipamentos ferroviários: uma análise a partir do método AHP-gaussiano. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil. <https://doi.org/10.59254/sbpo-2024-193825>

Santos, A. M. B., Silva, J. A., Soares, R. A. R., & Almeida, A. T. (2024). Prioritization of alternatives in waste management: a case in Pernambuco State, Brazil. *Pesquisa Operacional*, 44, e02300281. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2023.043.00281064>

Santos, L. A., Andrade, R. M., & Silva, M. A. (2020). Análise multicritério de alternativas para um processo produtivo em uma fábrica de móveis. *Revista Gestão Industrial*, 16(4), 44-60.

Sena, K. L., Sena, K. L., Lima, R. C. de A., Silva, R. de M. C., & Souza, R. P. de. (2024). Modelo multicritério de apoio à decisão para localização de um centro próprio de serviços ambulatoriais de uma empresa de planos de saúde. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil. <https://doi.org/10.59254/sbpo-2024-193617>

Silva, L. S. S., Infante, E., & Ferreira Filho, V. J. M. (2020). O uso dos métodos multicritérios AHP e ELECTRE I na localização de unidades de ensino na cidade do Rio de Janeiro. *Anais do LII*

Silva, N. J. B. da, Silva, R. M. C., Marques, A. C., Almeida, M. R. de, & Souza, R. P. de. (2024). Aplicação do método FITradeoff para seleção de uma unidade federativa para criação de uma base de pesquisa sobre segurança pública no Brasil. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil. <https://doi.org/10.59254/sbpo-2024-193567>

Silvério, T. R., Gomes Neto, A. M., Mota, C. P. F., & Almeida, J. A. de. (2024). Análise de decisão multicritério para seleção de fornecedores e prestadores de serviço no setor da manutenção utilizando o método PROMETHEE ROC. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.

Soares, N. S., Silva, M. L., Rezende, J. L. P., & Gomes, M. F. M. (2010). Competitividade da cadeia produtiva da madeira de eucalipto no Brasil: condições de lucratividade e estrutura política. *Revista Árvore*, 34(5), 917-928. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500017>

Sousa Ribeiro, G., Frej, E. A., & Morais, D. C. (2021). Estratégia de localização para parques industriais usando o método FITradeoff. *Brazilian Journal of Production Engineering - BJPE*, 7(2), 53-70.

Taherdoost, H. & Madanchian, M. (2023). Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1), 77-87. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>

Teixeira, L. F. H. S. B., Moreira, M. F., Queiroz, F. H. M., Santos, M. dos, Moreira, M. Â. L., & Costa, I. P. A. (2024). Aplicação do método ELECTRE I para aquisição de ventiladores mecânicos não invasivos em uma operadora de saúde. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.

Truta, C. M. M., Gomes Neto, A. M., Oliveira, T. S. de, & Almeida, J. A. de. (2024). Priorização de plataforma de streaming: uma abordagem multicritério através do método PROMETHEE II. *Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO*, Fortaleza, CE, Brasil.

Ward, S. & Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21(2), 97-105. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(01\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(01)00080-1)