

Seleção de fornecedores de madeira de eucalipto por meio do método híbrido PSI-WISP

Yasmin Nunes Alves

ynalves@id.uff.br

UFF

Anna Caroline de Azevêdo Barcelos Moratelli

carolineanna@id.uff.br

UFF

Marcos dos Santos

marcosdossantos@ime.eb.br

UFF/IME

Resumo: O estudo demonstra a utilização efetiva do método híbrido PSI-WISP para selecionar fornecedores de madeiras de eucalipto. O objetivo principal é identificar o fornecedor mais adequado para atender às necessidades dos clientes, permitindo uma análise robusta e precisa ao considerar diversos critérios. Foi criado um modelo híbrido de PSI e WISP para atender às exigências do cliente α . Os resultados do modelo possibilitaram a escolha de uma opção, o que, de maneira matemática e científica, possibilitou a tomada de decisões. Os resultados reforçam a relevância das abordagens multicritério na administração empresarial, destacando seu potencial para aprimorar processos produtivos e tomar decisões estratégicas. Em síntese, a aplicação do método híbrido PSI-WISP se mostrou uma boa opção para a seleção de fornecedores no setor madeireiro, o que contribuiu significativamente para a melhoria das práticas de gestão da cadeia de suprimentos e para a adoção de critérios mais rigorosos e abrangentes, o que fortalece a excelência operacional e competitiva das organizações.

Palavras Chave: Multicritério - PSI - WISP - Fornecedores -

1. INTRODUÇÃO

A seleção de fornecedores é fundamental na cadeia de suprimentos, afetando diretamente a eficiência operacional, a excelência dos produtos e a competitividade das empresas dos mais diversos setores (BARRERA *et al.*, 2024). No setor madeireiro, em particular, a escolha de fornecedores de madeira de eucalipto, apesar de parecer simples, representa um desafio complexo, devido à variedade de critérios a serem considerados, e a necessidade em atender não somente às necessidades financeiras, mas a aspectos de transporte e mão de obra. Dessa forma, Shiralkar *et al.* (2022) destaca que o problema de seleção adequada de fornecedores trata-se de um problema de multicritério, impulsionando a procura por métodos de apoio à tomada de decisão que integrem diversos critérios e forneçam soluções robustas e eficientes. Diversas revisões enfatizam a relevância da utilização de métodos multicritérios para a seleção de fornecedores como uma abordagem matemática-científica relevante para a solução de problemas de seleção e ordenação (BARRERA *et al.*, 2024), (CHAI E NGAI, 2020).

O método híbrido PSI-WISP, que combina as técnicas *Preferential Selection Index* (PSI) e *Simple Weighted Sum Product Method* (WISP), surge como uma perspectiva promissora para lidar com esses desafios. A integração desses métodos pretende maximizar os benefícios de cada um, permitindo uma análise mais aprofundada e precisa na escolha de fornecedores.

Este artigo analisa a aplicação do método híbrido PSI-WISP para a seleção de fornecedores de madeira de eucalipto, visando aplicar uma ferramenta que auxilie na tomada de decisão, melhorando a eficiência na seleção de fornecedores. A metodologia é validada por meio de um estudo de caso real, demonstrando sua aplicabilidade prática e os benefícios potenciais para o setor madeireiro. A introdução de técnicas híbridas no processo de seleção de fornecedores representa uma inovação relevante, contribuindo para a melhoria das práticas de gestão da cadeia de suprimentos e incentivando a adoção de critérios mais rigorosos e abrangentes. Para isso, esse artigo é composto dessa introdução, seguido pela descrição do problema e da fundamentação teórica necessária para compreensão do tema abordado. Na sequência, é apresentada a metodologia, a aplicação do método no estudo de caso, discussão dos resultados e considerações finais.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A seleção de fornecedores é tratada na literatura de Pesquisa Operacional como um problema complexo, que busca encontrar os fornecedores certos e adequados para atender às necessidades do cliente, conforme os diversos critérios desejados, como preço, qualidade, tempo e quantidade (SHIRALKAR *et al.*, 2022).

No estudo em questão, uma empresa de extração e transporte de madeiras de eucalipto conta com um catálogo de fornecedores, produtores licenciados, para atender as demandas dos clientes, madeireiras. Devido à característica imediata dos pedidos o cliente, a empresa transportadora contacta os fornecedores e, aquele com o atendimento mais rápido, fornece as madeiras necessárias para o pedido.

Cada um dos fornecedores apresenta uma localização e um custo diferente, dessa forma, selecionar o fornecedor pelo atendimento ágil, não é uma estratégia eficiente para a gestão da empresa, não levando em consideração fatores relevantes no processo decisório, sendo a abordagem multicritério, uma solução viável e eficiente a solução do fornecedor mais adequado para atender o pedido.

O entendimento do problema e de seus diversos fatores foi desenvolvido o mediante a aplicação das ferramentas figura CATWOE, como visto em Rachmayanti e Arumsari (2021) e mapa mental.

O mapa mental, conforme Zhang *et al.* (2024), é um diagrama com estrutura hierárquica que cria um resumo conciso via de combinações baseadas em grafos. O mapa mental do problema de seleção de fornecedores de madeiras de eucalipto, é apresentado na Figura 1.

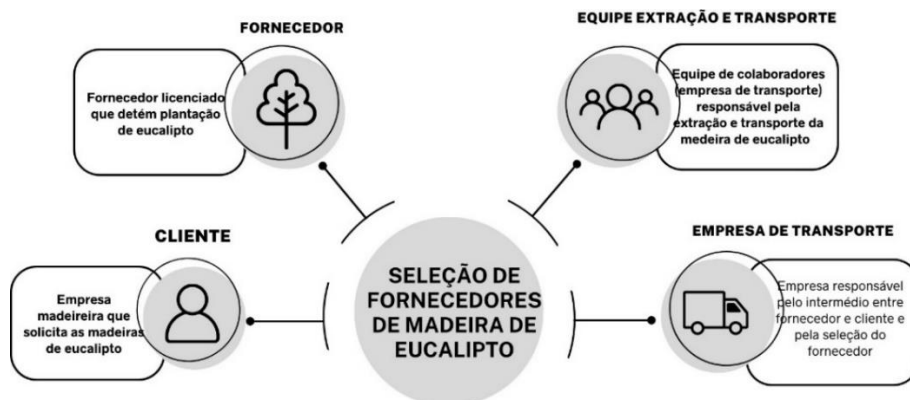


Figura 1: Mapa mental: Seleção de fornecedores de eucalipto

Fonte: Autor (2024)

O CATWOE, é um acrônimo para Customer (clientes), Actors (atores), Transformation (transformação), Worldview (visão de mundo), Owners ("proprietários") e Environment (meio ambiente), que, segundo Rachmayanti e Arumsari (2021) e Portella *et al.* (2024), clareia o entendimento sobre o problema observando os aspectos citados. A Tabela 1 apresenta a definição sobre cada um dos itens do CATWOE.

Tabela 1: Aspectos do CATWOE

CATWOE	Definição
Cliente	Impactados pelo sistema
Atores	Aqueles que atuam no sistema como facilitadores para os clientes
Transformação	Transformação das entradas em saídas
Visão de mundo	O que torna essa transformação significativa
"Proprietários"	As partes que podem controlar/parar o sistema
Meio Ambiente	Restrições ambientais nas quais a transformação ocorre

Fonte: Autor (2024)



Figura 2: CATWOE: Seleção de fornecedores de eucalipto

Fonte: Autor (2024)

Partir do entendimento do problema, o estudo concentra-se no desenvolvimento de uma metodologia híbrida PSI-WISP que suporte o processo de tomada de decisão, da gestão da empresa transportadora, na seleção do fornecedor de madeira de eucalipto, levando em consideração múltiplos critérios relacionando a custo e a distância entre cliente e fornecedor, apresentando para a transportadora não apenas um método, mas uma ferramenta que apoie a tomada de decisão e a torne mais assertiva, melhorando a prestação de serviços e atendimento ao cliente.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Problemas de seleção de fornecedores e alocação de pedidos, são amplamente conhecidos dentro da Pesquisa Operacional, podendo ser solucionados por intermédio de diversos métodos, como a programação linear utilizada por Germanos *et al.* (2023),

Os métodos de tomada de decisão multicritério (*Multi-Criteria Decision Making* ou MCDM), são definidos por Alvarez *et al.* (2021), como os métodos que auxiliam as pessoas a tomarem decisões de acordo com suas preferências, tendo múltiplas aplicações. Os autores ainda destacam que a seleção de fornecedores é um dos campos com maior aplicação de métodos de MCDM.

Shiralkar *et al.* (2022) apresenta uma revisão bibliográfica que discorre sobre a utilização dos métodos de MCDM na segmentação de fornecedores, assim como as limitações dos métodos. O artigo reafirma que a seleção de fornecedores se trata de uma aplicação multicritério, assim como destaca que a aplicação de tais métodos torna o processo decisório mais inclusivo e eficaz.

No que diz respeito a aplicações práticas do MCDM na escolha de fornecedores, Mazumdar *et al.* (2023) disserta sobre as aplicações de diversas técnicas multicritérios utilizadas para problemas de seleção de fornecedores, matéria-prima e equipamentos no setor manufatureiro. Segura e Maroto (2017) apresenta um modelo de sistema integrado, baseado em multicritérios e tomada de decisão em grupos, que permite qualificar e segmentar fornecedores do setor alimentar, farmacêutico e químico. O sistema proposto baseia-se no PROMETHEE e na Teoria de Utilidade Multiatributo, utilizando o AHP para elicitar os pesos dos critérios, sendo uma abordagem híbrida para o problema de seleção de fornecedores. Já, Barrera *et al.* (2024) desenvolve um método para ordenação de fornecedores em escala local e global em contextos reais. Depczynski (2021) aplica em uma empresa de pré-fabricação de estruturas metálicas, o método AHP para seleção de fornecedores.

No âmbito das técnicas difusas de multicritério, Chung *et al.* (2023) implementa o método Híbrido AHP Fuzzy-TOPSIS na avaliação de diversas alternativas de fornecedores verdes, resultando não apenas no resultado de aplicação da técnica, mas em um novo modelo MCDM, enquanto a seleção sustentável de fornecedores da saúde é discutida por Boz *et al.* (2022), onde os pesos dos critérios são definidos pela técnica F-BWM (*Fuzzy Best-Worst Method*) e a classificação dos fornecedores pela aplicação da técnica F-ARAS (*Fuzzy Additive Ratio Assessment Method*).

As pesquisas relacionadas enfatizam a aplicabilidade das técnicas de multicritérios para os problemas de seleção de fornecedores em diversos segmentos. Nesse trabalho é proposta a aplicação do método híbrido PSI - WISP para o suporte de tomada de decisão

3.1. MÉTODO PSI

O método *Preference Selection Index* (PSI) foi desenvolvido por Maniya e Bhatt (2010) como um modelo multicritério que elimina a atribuição de importância relativa aos critérios, tendo os pesos calculados com base em conceitos estatísticos e de cálculos simplificados. O artigo seminal destaca que o método resolve problemas de conflito na decisão da relevância relativa dos atributos. A Figura 3 demonstra o crescimento da aplicação

do método após sua divulgação inicial, com um aumento significativo em sua referência após 2020.

 Litmaps

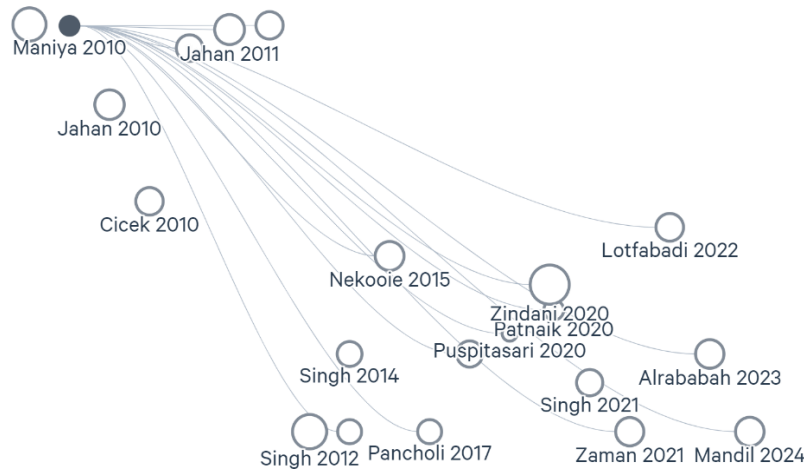


Figura 3: Citação Visual do Método PSI

Fonte: Software LITMAPS (2024)

Devido à característica estatística do modelo de cálculo dos pesos dos atributos proposto pelo PSI, o método tem sido amplamente utilizado em modelos híbridos para determinação de pesos dos critérios dos problemas de multicritério. Sutrisno e Kumar (2022) aplicam o modelo integrado PSI e a teoria do prospecto para seleção de riscos críticos de sustentabilidade numa empresa de retalho, Portella *et al.* (2024) avalia as melhores empresas para trabalhar via método PSI-SPOTIS, enquanto Sutrisno e Kumar (2023) mescla o PSI com a entropia de Shannon para priorização dos riscos da cadeia de suprimento.

O método Híbrido PSI-CoCoSo foi aplicada para seleção de dispositivos de imagem para helicópteros por De Assis *et al.* (2024), seleção de aeronave de regate médico *offshore* em De Azevedo *et al.* (2024), e para seleção de fornecedor de frota logística por De Sousa *et al.* (2024). As aplicações confirmam a aplicabilidade e funcionalidade do PSI em métodos Híbridos.

A execução do método PSI é realizada sem sete etapas, conforme Maniya e Bhatt (2010). Inicialmente deve identificar o problema e identificar as informações necessárias para construção do problema, ou seja, os critérios e alternativas relevantes para a questão em análise, sendo assim possível, executar a segunda etapa, a formulação da matriz de decisão, representada em formato tabular.

A terceira etapa se trata da normalização dos dados, ou seja, transformação dos valores em adimensionais e pertencentes ao intervalo 0-1. O cálculo se difere segundo a monotonicidade dos critérios.

Para critérios monotônicos de lucro a normalização é executada aplicando a Equação 1.

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \quad (1)$$

Para critérios monotônicos de custo, a normalização é executada aplicando a Equação 2.

$$R_{ij} = \frac{x_j^{\min}}{x_{ij}} \quad (2)$$

O processo de normalização é realizado em toda matriz de decisão. Na quarta etapa se calcula o vetor de preferência para cada um dos atributos (PV), dado pela Equação 3.

$$PV = \sum_{i=1}^N |R_{ij} - \overline{R_{ij}}| \quad (3)$$

Onde $\overline{R_{ij}}$ é a média do valor normalizado para cada um dos critérios. A etapa 5 determina o valor de preferência global (ψ_j) para cada atributo. Para esse cálculo é necessário encontrar o desvio ϕ_j , determinado na Equação 4 e, em seguida, estimar o valor de ψ_j por intermédio da Equação 5. Importante enfatizar que $\sum \psi_j = 1$.

$$\Phi_j = 1 - PV_j \quad (4)$$

$$\psi_j = \frac{\phi_j}{\sum \phi_j} \quad (5)$$

O sexto passo determina o índice de seleção de preferência (I_i), usando a Equação 6.

$$I_i = \sum_{j=1}^M (R_{ij} \cdot \psi_j) \quad (6)$$

Por fim, o método realiza o ranqueamento, ou seja, a ordenação das alternativas, tendo alternativa com maior índice de seleção de preferência, a melhor classificação, conforme Maniya e Bhatt (2010).

Nesse trabalho, o método PSI será utilizado para determinação dos pesos dos critérios, por consequência, o método será executado até o passo 5. A seleção das alternativas será executada pelo método WISP.

3.2. MÉTODO WISP

O Simple Weighted Sum Product Method (WISP), é um método recente desenvolvido por Stanujkic *et al.* (2021). Segundo os autores, o método se baseia na utilização da soma e do produto ponderados. Mesmo sendo um método considerado novo, teve grande relevância científica, como observado na Figura 4.

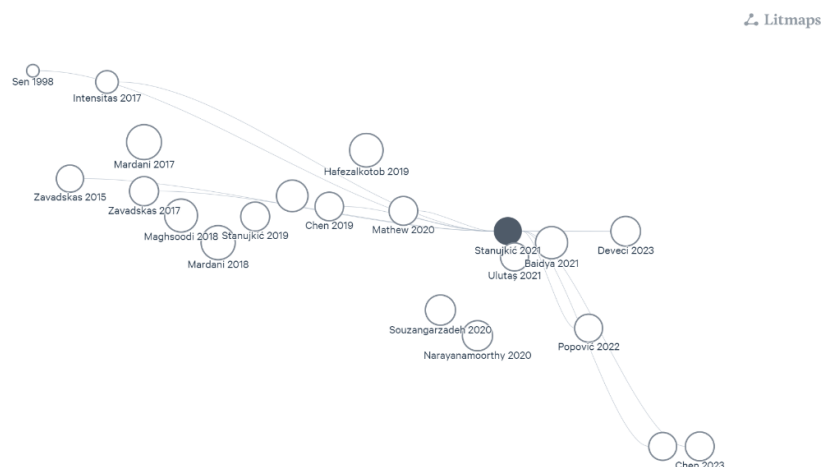


Figura 4: Citação Visual do Método WISP
Fonte: Software LITMAPS (2024)

Segundo o artigo original Stanujkic *et al.* (2021), o método se baseia em sete passos, sendo o primeiro deles a construção de uma matriz de decisão, que será normalizada no segundo passo. A matriz de decisão original deve conter os valores de alternativas e critérios do problema analisado, assim como os pesos para cada um dos critérios, por esse motivo, o método PSI é usado anteriormente. A normalização da matriz é realizada pela aplicação da Equação 7.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_i x_{ij}} \quad (7)$$

Com a matriz de decisão normalizada, na etapa 3 calcula-se a soma (ws) e produtos (wp) ponderados dos valores normalizados, empregando as Equações 8, 9, 10 e 11.

$$ws_i^{max} = \sum_{j \in \Omega_{max}} r_{ij} w_j \quad (8)$$

$$ws_i^{min} = \sum_{j \in \Omega_{min}} r_{ij} w_j \quad (9)$$

$$wp_i^{max} = \prod_{j \in \Omega_{max}} r_{ij} w_j \quad (10)$$

$$wp_i^{min} = \prod_{j \in \Omega_{min}} r_{ij} w_j \quad (11)$$

Com os valores máximo e mínimos da soma e do produto, são calculados, na quarta etapa, quatro valores das funções de utilidade, os cálculos são descritos nas Equações 12, 13, 14 e 15.

As funções de utilidade representam a diferença e a razão entre os valores máximos de soma e produto.

$$u_i^{sd} = ws_i^{max} - ws_i^{min} \quad (12)$$

$$u_i^{pd} = wp_i^{max} - wp_i^{min} \quad (13)$$

$$u_i^{sr} = \frac{ws_i^{max}}{ws_i^{min}} \quad (14)$$

$$u_i^{pd} = \frac{wp_i^{max}}{wp_i^{min}} \quad (15)$$

A etapa 5 recalcula os valores das medidas de utilidade de forma que fiquem num intervalo 0-1, para enfim calcular, na etapa 6 a utilidade global. As Equações 16, 17, 18 e 19 são utilizadas para o recalcule e a Equação 20 para determinação da utilidade global.

$$\bar{u}_i^{sd} = \frac{1 + u_i^{sd}}{1 + \max x_i u_i^{sd}} \quad (16)$$

$$\bar{u}_i^{pd} = \frac{1 + u_i^{pd}}{1 + \max x_i u_i^{pd}} \quad (17)$$

$$\bar{u}_i^{sr} = \frac{1 + u_i^{sr}}{1 + \max x_i u_i^{sr}} \quad (18)$$

$$\bar{u}_i^{pd} = \frac{1 + u_i^{pr}}{1 + \max_i u_i^{pr}} \quad (19)$$

$$u_i = \frac{1}{4} (\bar{u}_i^{sd} + \bar{u}_i^{pd} + \bar{u}_i^{sr} + \bar{u}_i^{pr}) \quad (20)$$

Por fim, as alternativas são ordenadas, tendo a alternativa preferida, aquela com maior prioridade global.

Aplicações computacionais do método são vistas em Stanujkic *et al.* (2021) no Python, assim como pacote no desenvolvido por Silva (2023).

4. METODOLOGIA

Esse trabalho é caracterizado como um estudo aplicado, de abordagem mista e exploratória, executado por um estudo de caso, conforme Lakatos (2007).

Para o desenvolvimento do trabalho foi desenvolvida revisão bibliográfica na base SCOPUS, para embasamento da fundamentação teórica. Uma combinação de processos metodológicos, baseados nas técnicas multicritérios PSI e WISP, foi aplicada para solução do caso real. A Figura 5 apresenta um fluxograma das etapas executadas no estudo de caso



Figura 5: Etapas desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Autor (2024)

Inicialmente, o problema foi definido em colaboração com os responsáveis pela atividade na empresa de transporte objeto do estudo de caso. Foram identificados critérios e alternativas relevantes durante reuniões estruturadas. A matriz de decisão foi então construída utilizando dados reais fornecidos pelo tomador de decisão, seguindo os princípios teóricos descritos nos métodos PSI e WISP. O estudo de caso detalhado demonstra a aplicação prática dessas técnicas, destacando como foram implementadas e os resultados obtidos no processo de seleção de fornecedores.

5. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Uma empresa de extração e transporte de madeiras de eucalipto dispõe de um catálogo de fornecedores que atendem as demandas dos pedidos de clientes. O processo de seleção de qual fornecedor irá atender a demanda atual é realizado sem nenhum critério científico, onde o gestor da empresa de transporte contacta as produtoras e, aquela que responde de forma mais ágil, atende o pedido. O processo, além de não ter rigor específico, não leva em consideração os mínimos critérios relevantes para minimização de custo, transporte e qualidade do serviço.

A proposta do método PSI-WISP tem como objetivo amenizar as dificuldades atuais no processo de seleção de fornecedores da companhia de extração e transporte de madeiras de eucalipto, introduzindo uma abordagem mais estruturada e baseada em critérios científicos. No momento atual, a seleção do fornecedor se baseia principalmente na rápida resposta e na disponibilidade imediata, deixando de lado aspectos cruciais como eficiência operacional e

relação entre custo e benefício no longo prazo. Essa prática pode resultar em escolhas subótimas que afetam negativamente a rentabilidade e a qualidade do serviço oferecido aos clientes.

Dessa forma, o método é proposto como uma ferramenta útil e científica para definição de qual fornecedor irá atender as demandas. Para isso, conforme as necessidades da empresa de transportes foram definidos cinco critérios:

1. Custo de corte e carregamento;
2. Custo da madeira por m³;
3. Acesso ao local de extração;
4. Distância do fornecedor ao cliente final;
5. Condição de pagamento;

Os cinco critérios escolhidos foram cuidadosamente selecionados para abranger diferentes aspectos que interferem diretamente na operação da companhia. O custo de corte e carregamento diz respeito ao valor pago para a equipe de transporte para cortar e carregar a madeira para o caminhão, fatores como facilidade do corte e distância do acesso à plantação influenciam esse valor, esse valor é tabelado. Esse critério não só reflete os custos indiretos associados à atividade de transporte, mas também considera a acessibilidade e a complexidade do acesso às plantações de eucalipto. Da mesma forma, o preço da madeira por metro cúbico é um elemento crucial na determinação dos gastos totais de produção, sendo crucial para a viabilidade financeira das atividades e trata do valor pago ao fornecedor pelo m³ de madeira

Adicionalmente, o acesso ao ponto de extração e a distância até o destino final são fatores cruciais que afetam diretamente a eficiência logística e os custos operacionais. A excelência das vias de acesso e a proximidade geográfica têm um impacto tanto na velocidade quanto na economia dos procedimentos de transporte. O Acesso ao local de extração é definido pela qualidade da via e acesso ao fornecedor, definido pela escala apresentada na Tabela 2. A análise do acesso é feita pela equipe de transporte no momento do cadastro do fornecedor no catálogo da empresa.

Tabela 2: Escala qualidade da via

Escala	Qualidade
5	Via pavimentada com acesso direto ao local de coleta
4	Via pavimentada sem acesso direto ao local de coleta
3	Via sem pavimentação com acesso direto ao local de coleta
2	Via sem pavimentação sem acesso direto ao local de coleta
1	Via sem pavimentação com acesso dificultado ao local de coleta

Fonte: Autor (2024)

A distância do fornecedor ao cliente final é dada em Km, sendo um critério quantitativo direto.

Por fim, a condição de pagamento fornece as condições financeiras para a colaboração com os fornecedores, garantindo uma relação comercial justa e sustentável ao longo do tempo. A condição de pagamento é padronizada de acordo com cada um dos fornecedores, podendo ser pagamento adiantado, à vista, após 15 dias, após 30 dias ou parcelado em 2x. A escala apresentada na Tabela 3, quanto maior o prazo de pagamento, mais interessante para a transportadora, em vista que, terá um prazo maior para receber o pagamento do cliente.

Tabela 3: Escala condições de pagamento

Escala	Condição de pagamento
1	Antecipado
2	À vista
3	Após 15 dias
4	Parcelado em 2x (Após 15 e 30 dias)
5	Após 30 dias

Fonte: Autor (2024)

Os dados aplicados para seleção do fornecedor para atender o pedido do cliente α são apresentados na Matriz de decisão, na Tabela 4.

Tabela 4: Matriz de Decisão

Alternativas	Custo Corte	Custo m ³	Acesso	Distância	Pagamento
Fornecedor A	5	73	5	200	2
Fornecedor B	16	47	4	85	3
Fornecedor C	25	25	2	120	4
Fornecedor D	20	30	3	110	1

Fonte: Autor (2024)

Conforme descrito na metodologia, o método PSI foi aplicado para a determinação dos pesos para os critérios. As etapas do PSI são detalhadas na fundamentação teórica.

A Tabela 5 apresenta os valores normalizados, os vetores de preferência (PV) para cada um dos critérios e seus respectivos índices de preferências, em outras palavras, pesos.

Tabela 5: Matriz de Decisão normalizada

Alternativas	Custo Corte	Custo m ³	Acesso	Distância	Pagamento
Fornecedor A	1,00000	0,34247	1,00000	0,42500	0,50000
Fornecedor B	0,31250	0,53191	0,80000	1,00000	0,75000
Fornecedor C	0,20000	1,00000	0,40000	0,70833	1,00000
Fornecedor D	0,25000	0,83333	0,60000	0,77273	0,25000
R_{ij}	0,44063	0,67693	0,70000	0,72652	0,62500
PV	0,42355	0,26173	0,20000	0,16817	0,31250
Peso	0,31008	0,19161	0,14642	0,12312	0,22878
%	31%	19%	15%	12%	23%

Fonte: Autor (2024)

Com os pesos dos critérios definidos, o método WISP foi aplicado para ordenação dos fornecedores. Aplicação do método foi executada no software (SILVA, 2023) e as etapas do método são detalhadas na fundamentação teórica. A Tabela 6 apresenta os valores das medidas de utilidade já recalculadas e a utilidade global de cada uma das alternativas.

Tabela 6: Medidas de Utilidade do Método WISP

Alternativas	$\bar{u}_i^{sd}$	$\bar{u}_i^{pd}$	$\bar{u}_i^{sr}$	$\bar{u}_i^{pr}$	u_i
Fornecedor A	0,9666	0,9965	0,9552	0,7459	0,916
Fornecedor B	1	1	1	1	1
Fornecedor C	0,916	0,9932	0,9252	0,5941	0,857
Fornecedor D	0,8206	0,9852	0,7719	0,2875	0,716

Fonte: Autor (2024)

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Seguindo a abordagem Híbrida PSI-WISP identificou que para o atendimento da demanda do cliente α o fornecedor mais adequado é o Fornecedor B, a Tabela 6 apresenta a classificação final das alternativas.

A escolha do fornecedor B como o mais adequado para atender às necessidades do cliente α se destaca não somente pela sua classificação superior, mas também pela atenção dedicada a todos os critérios estabelecidos. O índice u_i , que combina elementos quantitativos e qualitativos de forma sistemática, proporciona uma visão abrangente que ultrapassa a simples comparação de preços. Isso é crucial para assegurar não apenas a redução de despesas, mas também a eficácia operacional e a excelência do atendimento aos clientes finais.

Tabela 4: Classificação das Alternativas

Alternativa	Classificação	u_i
Fornecedor B	1	1
Fornecedor A	2	0.917
Fornecedor C	3	0.856
Fornecedor D	4	0.715

Fonte: Autor (2024)

Vale ressaltar que para cada um dos clientes a distância cliente x fornecedor é alterada, portanto, o método deverá ser reaplicado para a seleção adequada do fornecedor. Devido a essa necessidade intrínseca da empresa em definir o melhor fornecedor para cada um dos clientes atendidos, uma planilha automatizada está em desenvolvimento para calcular o fornecedor adequado ao colocar a localização do cliente final.

A utilização de uma planilha automatizada para determinar o fornecedor ideal com base na localização específica de cada cliente final representa um avanço significativo na habilidade da empresa em lidar dinamicamente com as variações nas demandas do mercado. Essa ferramenta não só simplificará o processo de tomada de decisão, como também fornecerá uma base mais sólida para futuras análises e ajustes nas estratégias de fornecimento.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do método PSI-WISP permitiu selecionar o fornecedor mais adequado para o atendimento das demandas do cliente de uma empresa de extração e transporte de madeiras de eucalipto, indicando que o método híbrido é eficaz na seleção de fornecedores, tornando-se uma ferramenta de utilização cotidiana da empresa de transporte por meio de uma planilha automatizada. Melhorias ao estudo poderão ser observadas ao incorporar novos

critérios como disponibilidade de material, qualidade das madeiras, aspectos legais e ambientais.

A adoção da planilha automatizada é um passo significativo para aprimorar continuamente o processo de seleção de fornecedores, possibilitando uma avaliação mais ágil e precisa das opções disponíveis. Avaliar e comparar o método PSI-WISP com outros métodos de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) seria uma abordagem promissora para pesquisas futuras. Essa comparação poderia aprofundar ainda mais as vantagens e limitações do PSI-WISP em diferentes contextos industriais e operacionais.

Conclui-se que a utilização do método PSI-WISP foi demonstrada como uma abordagem sólida e científica para guiar a tomada de decisão não apenas na seleção de fornecedores, mas também em outras áreas empresariais. A adaptação a novos critérios e a utilização de recursos tecnológicos avançados demonstram um compromisso com a excelência operacional e a sustentabilidade, posicionando a empresa de transporte de madeiras de eucalipto de maneira competitiva no mercado atual.

8.REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, P.; ISHIZAKA, A.; MARTÍNEZ, L.** Multiple-criteria decision-making sorting methods: A survey. *Expert Systems with Applications*, 2021.
- BARRERA, F.; SEGURA, M.; MAROTO, C.,** Multicriteria sorting method based on global and local search for supplier segmentation, *International Transactions in Operational Research*, v. 31, n. 5, p. 3108–3134, 2024.
- BOZ, E.; ÇİZMECIOĞLU, S.; ÇALIK, A.** A Novel MDCM Approach for Sustainable Supplier Selection in Healthcare System in the Era of Logistics 4.0. *Sustainability*, v. 14, n. 21, p. 13839, 2022
- CHAI, J.; NGAI, E.** Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and what lies ahead. *Expert Systems with Applications*, v. 140, p. 112903, 2020.
- CHUNG, H.; CHANG, K.; YAO, J.** Addressing Environmental Protection Supplier Selection Issues in a Fuzzy Information Environment Using a Novel Soft Fuzzy AHP–TOPSIS Method. *Systems*, v. 11, n. 6, p. 293, 2023.
- .DE ASSIS, G.; DA SILVA, R.; JÚNIOR, E.; et al.** Use of the PSI-CoCoSo Method in the Evaluation of Imagers for use in Helicopters of the Military Police of the State of Rio de Janeiro. In: 2024 5th International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI). Lalitpur, Nepal: IEEE, 2024, p. 451–459.
- DE AZEVEDO DE OLIVEIRA, L.; LUIZ PEREIRA, E.; SIMÕES GOMES, C.; et al.** Application of the PSI-CoCoSo Method for the Selection of an Aircraft for Aeromedical Rescue in an Offshore Company. In: 2024 5th International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI). Lalitpur, Nepal: IEEE, 2024, p. 257–263.
- DE SOUSA, F.; PEREIRA, E.; GOMES, C.; et al.** Application of the PSI-CoCoSo Hybrid Method in the Choice of Light Fleet Supplier for a Logistics Distribution Center. In: 2024 5th International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI). Lalitpur, Nepal: IEEE, 2024, p. 357–365.
- DEPCZYŃSKI, R..** MCDA based approach to supplier evaluation – steel industry enterprise case study. *Procedia Computer Science*, v. 192, p. 5081–5092, 2021.
- GERMANOS, M.; BEN-AMMAR, O.; ZACHAREWICZ, G.** Small-Producer Selection and Order Allocation in the Agri-Food Supply Chain. In 2023 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC), 2023, p. 1–6.
- LAKATOS, E. M.** Metodologia Do Trabalho Científico. Atlas, 2007.
- MANIYA, K.; BHATT, M.** A selection of material using a novel type decision-making method: Preference selection index method. *Materials & Design*, v. 31, n. 4, p. 1785–1789, 2010.
- MAZUMDAR, N.; KUMAR SHARMA, J.; NAVRUZBEK SHAVKATOVICH, S.; et al.** Application of distinct multi criteria decision analysis techniques in the manufacturing sector: A comprehensive review. *Materials Today: Proceedings*, p. S2214785323003346, 2023.

PORTELLA, A.; DA SILVA, M.; DOS SANTOS, M.; et al. A New Multi-Criteria Approach to the Identification of the Best Companies to Work for, using the PSISPOTIS Hybrid Method. In: 2024 5th International Conference on Mobile Computing and Sustainable Informatics (ICMCSI). Lalitpur, Nepal: IEEE, 2024, p. 249–256.

RACHMAYANTI, W.; ARUMSARI, P. Risk factors analysis affecting project time delay in construction projects using CATWOE analysis. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 794, n. 1, p. 012010, 2021.

SEGURA, M.; MAROTO, C. A multiple criteria supplier segmentation using outranking and value function methods. Expert Systems with Applications, v. 69, p. 87–100, 2017.

SHIRALKAR, K.; BONGALE, A.; KUMAR, S. Issues with decision making methods for supplier segmentation in supplier relationship management: A literature review. Materials Today: Proceedings, v. 50, p. 1786–1792, 2022.

SILVA, B. rwpis: WISP Multiple Criteria Sorting Method. URL <https://CRAN.R-project.org/package=rwpis>, 2023.

STANUJKIĆ, D.; KARABAŠEVIĆ, D.; POPOVIĆ, G.; et al. Comparative Analysis of the Simple WISP and Some Prominent MCDM Methods: A Python Approach. Axioms, v. 10, n. 4, p. 347, 2021.

SUTRISNO, A.; KUMAR, V.. Supply chain sustainability risk decision support model using integrated Preference Selection Index (PSI) method and prospect theory. Journal of Advances in Management Research, v. 19, n. 2, p. 316–346, 2022.

SUTRISNO, A.; KUMAR, V. Supply chain sustainability risk assessment model using integration of the preference selection index (PSI) and the Shannon entropy. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 40, n. 3, p. 674–708, 2023.

ZHANG, Z.i; HU, M.; BAI, Y.; et al. Coreference Graph Guidance for Mind-Map Generation. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, v. 38, n. 17, p. 19623–19631, 2024.