

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação
v. 1, nº 9 (2024)
ISSN: 2448-4458

**USO DO MÉTODO AHP NA AQUISIÇÃO DE CENTRO DE
USINAGEM CNC: ESTUDO DE CASO EM PEQUENA
EMPRESA.**

Marco Aurélio Feriotti¹

<https://orcid.org/0000-0001-8457-3495>

Alexandre Formigoni²

<https://orcid.org/0000-0001-7487-0541>

Luciana Alves de Oliveira³

<https://orcid.org/0000-0002-5715-716X>

Eliane Antônio Simões⁴

<https://orcid.org/0000-0002-0738-2625>

Rosinei Batista Ribeiro⁵

<https://orcid.org/0000-0002-2150-4561>

Resumo - Empresas, independentemente de seu alcance nacional ou internacional, enfrentam um ambiente global cada vez mais competitivo. No setor de usinagem, a busca por soluções que otimizem as cadeias produtivas é constante, visando equipamentos mais eficientes. A aquisição desses equipamentos requer investimentos substanciais, motivando a utilização de ferramentas de apoio à decisão. Neste contexto, o método Analytic Hierarchy Process (AHP) é empregado neste estudo de caso para orientar a seleção de um Centro de Usinagem com Comando Numérico Computadorizado (CNC) numa empresa de pequeno porte. Cinco critérios relevantes foram identificados junto aos gestores envolvidos, e três alternativas de modelos e preços foram analisadas em conjunto com a direção da empresa. A correta escolha desses equipamentos é crucial, uma vez que decisões equivocadas podem acarretar prejuízos significativos, comprometendo a estabilidade financeira de empresas de menor porte. O objetivo principal consiste em oferecer suporte à decisão gerencial, empregando a abordagem do AHP para identificar a opção mais apropriada, levando em consideração os critérios delineados pelos gestores.

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

Em um contexto onde a efetividade na tomada de decisões é crucial, a aplicação de métodos práticos e sistemáticos é essencial para prevenir efeitos adversos na saúde financeira da organização. Dessa forma, a metodologia utilizada visa assegurar uma seleção criteriosa alinhada aos objetivos de modernização e eficiência produtiva, promovendo decisões embasadas e estratégicas.

Palavras-chave: Tomada de decisão, Matriz AHP, Centro de Usinagem CNC.

Abstract - Companies, regardless of their national or international reach, face an increasingly competitive global environment. In the machining sector, the search for solutions that optimize production chains is constant, aiming for more efficient equipment. The acquisition of this equipment requires substantial investments, motivating the use of decision-support tools. In this context, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method is used in this case study to guide the selection of a CNC Machining Center in a small company. Five relevant criteria were identified with the managers involved, and three alternative models and prices were analyzed together with the company's management. The correct choice of this equipment is crucial since wrong decisions can cause significant losses, compromising the financial stability of smaller companies. The central objective is to support management decisions, using the AHP approach to identify the most appropriate option, taking into account the criteria outlined by managers. In a context where effectiveness in decision-making is crucial, the application of practical and systematic methods is essential to prevent adverse effects on the organization's financial health. In this way, the methodology used aims to ensure a careful selection aligned with the objectives of modernization and productive efficiency, promoting informed and strategic decisions.

Keywords: Decision-making, Analytical Hierarchical Process (AHP), CNC Machining Center.

1. Introdução

A tomada de decisão desempenha um papel fundamental na operação e no sucesso das pequenas empresas. Apesar de sua escala reduzida em comparação com grandes corporações, as decisões tomadas em pequenas empresas têm impactos significativos em sua sustentabilidade, crescimento e competitividade (DELAMARO, 2018).

A tomada de decisão dentro de uma empresa não é determinada por um indivíduo isolado, mas sim por um grupo de pessoas encarregadas de definir quais decisões serão adotadas. É crucial que esse processo seja organizado, formal, detalhado, coeso e transparente. (ALMEIDA, 2013)

A organização deve contemplar todas as possíveis alternativas ao tomar uma decisão, pois a melhor escolha no momento presente pode não ser necessariamente viável, e outras propostas podem ter valor significativo de uma perspectiva alternativa. Através da análise de sensibilidade de estratégias ou alternativas, torna-se possível avaliar potenciais ajustes. (TAKEDA, 2010).

Entre as diversas técnicas de apoio à decisão multicritério, o Processo Hierárquico Analítico (AHP) emerge como uma opção destacada. Nessa metodologia, o problema é desmembrado em hierarquias, e são realizadas comparações entre uma gama de valores. Essa escala numérica classifica de forma quantitativa as relações entre os diferentes níveis, possibilitando que o método gere um resultado expresso numericamente. Quando organizado em ordem crescente, esse resultado proporciona uma qualificação das alternativas com base em sua importância. (EGUTI, GOMES e BELDERRAIN, 2007).

No âmbito deste estudo de caso, uma empresa de pequeno porte no setor de usinagem está empenhada em manter sua competitividade por meio da busca por equipamentos de alto desempenho e tecnologia avançada. A escolha particularmente atrativa nesse contexto são as máquinas-ferramentas, especialmente os Centros de Usinagem CNC. No entanto, o mercado apresenta uma variedade de opções em termos de modelos e preços, cada uma com características distintas, como geometria, interface de comando, número

de eixos, velocidade de avanço, aceleração, torque dos motores e precisão, entre outros aspectos.

Essas características desempenham um papel crucial no desempenho geral, na eficiência operacional e nos ganhos resultantes da prestação de serviços, os quais são fundamentais para garantir o retorno do significativo investimento realizado na aquisição desses equipamentos.

O objetivo deste estudo de caso é oferecer suporte à tomada de decisões gerenciais, empregando o método AHP para identificar a alternativa mais apropriada dentre as três, levando em consideração os cinco critérios estabelecidos pelo grupo de gestores. A repercussão negativa de uma escolha inadequada na aquisição da máquina adequada para atender às demandas da empresa pode acarretar em prejuízos significativos, podendo até levar ao encerramento das atividades, caso não alcance os resultados esperados para recuperar o investimento no prazo estabelecido. Portanto, é crucial conduzir o processo decisório com cautela.

A avaliação da aplicação da matriz AHP foi realizada por meio de um estudo de caso envolvendo uma empresa de pequeno porte no setor de usinagem. Esse estudo fundamentou-se em uma pesquisa bibliográfica conduzida em plataformas eletrônicas, abrangendo o período de 2012 a 2022, com as palavras-chave "Matriz AHP" e "Máquinas ferramentas".

A aplicação do método AHP no estudo de caso proporcionou à empresa insights sobre qual das três alternativas é mais adequada às suas necessidades e expectativas, reforçando a importância de um processo decisório criterioso nesse contexto.

2. Revisão bibliográfica

Nesta seção, é apresentado um resumo da literatura que abrange os principais tópicos relacionados à teoria do problema de pesquisa. Desta forma, a revisão bibliográfica realizada neste trabalho foi construída com base em citações provenientes de autores e

publicações pertinentes, visando fundamentar teoricamente o desenvolvimento da pesquisa.

2.1. Tomada de decisão

A decisão de selecionar um bem ou serviço exemplifica a aplicação de uma abordagem estruturada no processo decisório. É comum convocar profissionais de diversas áreas para facilitar melhorias, promover mudanças ou realizar pesquisas com o objetivo de ajustar um produto ou processo (FRANCO, MONEGAT, *et al.*, 2017).

A tomada de decisão eficaz é um pilar essencial para o sucesso e a sustentabilidade das pequenas empresas. Ela exige uma abordagem estratégica, análise cuidadosa e uma compreensão profunda do ambiente de negócios em constante evolução (BAINHA; VIANNA; MEZA, 2018).

As pequenas empresas frequentemente operam com recursos financeiros, humanos e materiais limitados. Cada decisão, desde investimentos em marketing até contratação de pessoal, pode ter implicações significativas nos recursos disponíveis. Ao contrário de grandes corporações, as pequenas empresas têm a vantagem da flexibilidade e agilidade. Tomadas de decisão rápidas e eficientes podem ser cruciais para se adaptar rapidamente às mudanças no mercado, aproveitando oportunidades ou enfrentando desafios (DU *et al.*, 2020).

Quando o desafio em questão está relacionado a apenas um critério, a tomada de decisão torna-se intuitiva, exigindo apenas a seleção da alternativa mais preferida. Contudo, quando a situação envolve múltiplos parâmetros, conflitos, como a ponderação de cada critério e discordâncias entre as opções, dificultam a busca pela solução ideal. Em tais casos, a utilização de métodos mais avançados se torna imperativa (TZENG e HUANG, 2011).

Tzeng e Huang (2011) delineiam os passos para aplicar a teoria da decisão de maneira lógica e conceitual incluem a identificação objetiva do problema, a listagem de possíveis

alternativas, a avaliação dos critérios em cada combinação de alternativas e resultados, a escolha de modelos matemáticos e sua execução para a tomada de decisão.

A utilização do método AHP possibilita a tomada de decisão ao levar em consideração não apenas critérios e comparações predefinidas, mas também a importância atribuída pelo decisor durante a aplicação do método. A experiência e o conhecimento do decisor exercem influência direta em suas avaliações (RAZENTE, BELINELLI, *et al.*, 2018).

2.2. Processo analítico hierárquico (AHP)

O método AHP, originalmente desenvolvido em 1971 pelo professor Thomas L. Saaty, destaca-se como a abordagem mais empregada para facilitar a tomada de decisão. Ao longo do tempo, suas variantes foram refinando sua funcionalidade, evidenciando sua ampla preferência e aplicabilidade. Neste trabalho, o AHP foi aplicado considerando os critérios que influenciam a tomada de decisão e as alternativas de máquinas-ferramenta apresentadas, visando identificar a opção mais apropriada.

Este método é uma abordagem robusta e eficaz na tomada de decisões nas pequenas empresas, proporcionando diversas vantagens que podem contribuir significativamente para o sucesso e a eficiência operacional, pois permite a estruturação hierárquica dos critérios relevantes para a tomada de decisão. Esse método ajuda a organizar e visualizar a complexidade dos fatores envolvidos, facilitando a análise e a compreensão (PEREIRA; BIANCHINI, 2013).

O AHP desempenha uma função essencial ao estruturar uma hierarquia de atributos e alternativas para avaliação, permitindo uma análise do julgamento do tomador de decisão por meio de comparações entre pares (VEERA e RAVIPUDI, 2013). Como um método de agregação aditiva, o AHP destaca a modelagem hierárquica das preferências, metas e critérios dos tomadores de decisão, incorporando uma abordagem preferencialmente interdependente (ALMEIDA, 2013).

Colin (2011, p. 442), simplifica a aplicação do AHP em quatro segmentos para facilitar o

entendimento: a) representação da hierarquia; b) comparação de pares; c) método do autovalor; d) agregação das prioridades.

A abordagem hierárquica do AHP permite a avaliação e priorização de critérios, indicando quais são mais importantes para o sucesso da decisão em questão. Isso é crucial para empresas, onde os recursos são limitados, e as escolhas estratégicas precisam ser focadas nas áreas mais críticas, além de que, facilita a inclusão de múltiplos pontos de vista e interesses, sendo uma ferramenta eficaz para envolver diferentes *stakeholders* nas decisões. Nas pequenas empresas, onde as equipes são frequentemente multifuncionais, essa característica é particularmente valiosa (VAIDYA; KUMAR, 2006).

2.2.1 Aplicação do AHP

O uso do Processo Hierárquico Analítico multicritérios na tomada de decisões nas empresas oferece uma abordagem sistemática, transparente e participativa, proporcionando benefícios significativos para enfrentar os desafios específicos desse ambiente de negócios (LEAL, 2020).

Para facilitar a compreensão e implementação do método, são delineadas as etapas a serem seguidas, juntamente com suas características principais: a) Elaborar as hierarquias: O nível do problema é representado pelo objetivo, seus fatores de decisão e escolhas. Nessa fase, é crucial modelar o problema por meio de uma hierarquia de elementos de decisão inter-relacionados. (COLIN, 2011).

b) Definir as prioridades: Saaty (1991) propõe uma escala de julgamento para a comparação par a par, na qual cada paridade possui seu grau de importância, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Escala de julgamento para comparação de paridade em grau de importância

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação a outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

c) Desenvolver as matrizes de comparação: Nesta etapa, é crucial criar as matrizes com base nas comparações de cada par. A Figura 1 representa a matriz padrão estabelecida por Saaty (1991).

$$A = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2j} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ a_{j1} & a_{j2} & a_{j3} & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

Figura 1 – Matriz pareada

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

d) Calcular o autovetor: Posteriormente, as matrizes são submetidas ao cálculo do autovetor, que é responsável por determinar os pesos locais e globais para cada critério nos diversos níveis hierárquicos, em relação às alternativas em análise.

$$W_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$$

e) Normalizar os resultados: Os resultados derivados por intermédio desta fórmula precisam passar por um processo de normalização, o qual engloba o cálculo da proporção de cada elemento em relação à soma.

$$T = |W_1/\sum W_i \quad W_2/\sum W_i \quad \dots \quad W_n/\sum W_i|$$

f) Conduzir a análise de consistência: A qualidade ou consistência da solução obtida deve ser verificada por meio do cálculo do autovalor. Inicialmente, o autovalor ($\lambda_{\text{máx.}}$) é estimado, onde "w" é calculado pela soma das colunas da matriz de comparações.

$$\lambda_{\text{máx.}} = T \cdot w$$

Posteriormente, calcula-se o Índice de Consistência (IC), no qual "n" representa a ordem da matriz.

$$IC = (\lambda_{\text{máx.}} - n) / (n - 1)$$

g) Analisar as alternativas: Após seguir todos os procedimentos delineados, adquirem-se elementos consistentes para embasar a tomada de decisão em relação a um problema complexo.

2.3. Centro de Usinagem CNC

Para as pequenas empresas, principalmente aquelas envolvidas na produção e usinagem, o Centro de Usinagem CNC pode proporcionar inúmeros benefícios. Esta tecnologia de controle numérico computadorizado oferece uma série de vantagens. Essas vantagens

contribuem para a eficiência operacional, qualidade dos produtos e competitividade no mercado (GOULART, 2018).

Na indústria, as empresas de usinagem enfrentam desafios crescentemente competitivos e rigorosos devido à globalização. Nesse contexto, a aquisição de equipamentos de alta tecnologia e desempenho demanda investimentos substanciais, destacando-se o Centro de Usinagem CNC, Figura 2, uma opção particularmente atraente (EGUTI, GOMES e BELDERRAIN, 2007).



Figura 2 - Centro de Usinagem Vertical Romi

Fonte: <https://www.romi.com/produtos/linha-romi-d-nova-geracao/>

O Centro de Usinagem CNC opera mediante controle numérico computadorizado, executando várias operações de usinagem e produção de peças. Suas principais vantagens compreendem: a) garantia de precisão elevada e acabamento excepcional das peças; b) aumento da agilidade na produção e otimização dos prazos de entrega; c) alto nível de repetibilidade, favorecendo a produção em larga escala; d) baixa necessidade de manutenção, contribuindo para a eficiência da produção (NETO, 2017).

A técnica de Controle Numérico Computadorizado (CNC) permite a automação de

máquinas ou processos por meio de instruções codificadas, envolvendo números, letras e outros símbolos. Embora tenha tido sua aplicação inicial no controle automático de máquinas operatrizes, o CNC é atualmente amplamente utilizado em diversas máquinas e processos, adaptando-se facilmente a diferentes contextos de produção (NASCIMENTO, 2011).

A automação proporcionada pelo CNC reduz a necessidade de intervenção manual em muitas etapas do processo de usinagem. Isso não apenas aumenta a eficiência, mas também minimiza erros humanos, contribuindo para uma produção mais consistente. A máquina-ferramenta é capaz de realizar uma variedade de operações, incluindo fresamento, furação e torneamento. Essa versatilidade é crucial, pois permite as empresas lidarem com uma variedade de projetos e peças personalizadas (HOFFMANN; SOUZA; SANTOS, 2017).

3. Metodologia

Para a condução deste trabalho, a escolha do método, fundamentada em Gil (2008) e Knechtel (2014), caracteriza-se como aplicada, com objetivos exploratórios e uma abordagem quali-quantitativa. Os procedimentos técnicos compreendem uma revisão bibliográfica para fundamentar o estudo de caso. A natureza aplicada implica na aplicação de conhecimento existente com o propósito de gerar utilidade econômica e social. A abordagem é exploratória, pois proporciona maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito e levando à formulação de hipóteses (GIL, 2008). A modalidade de pesquisa é quali-quantitativa, pois interpreta informações quantitativas numéricas e dados qualitativos por meio de observação e interpretação de pesquisas (KNECTHEL, 2014).

A pesquisa bibliográfica foi fundamentada em material já elaborado, principalmente em artigos científicos que abordam temas pertinentes ao objeto deste estudo e sua problemática. Foram consultadas plataformas eletrônicas, como *Web of Science (WoS)* e

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

Scopus, com delimitação do período de 2012 a 2022, e as palavras-chave utilizadas foram "Matriz AHP" e "Máquinas ferramentas", conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Base de dados, critérios e filtros

Base de dados	Portal de periódicos CAPES (<i>Web of Science e Scopus</i>)
Tipo de documentos	Artigos de Conferência e de Revisão
Campo de busca	Título do artigo, Resumo, Palavras-chave
Áreas de pesquisa	Meturgia e Engenharia metalúrgica
Limitar resultados	Ano: 2012 a 2022 Tipo de documento : Artigos Idioma: Inglês

Fonte: Autores (2023)

Nesta fase, realizou-se uma pesquisa nas bases de dados em janeiro de 2023, obtendo um total de 341 documentos, distribuídos proporcionalmente entre as bases *WoS* e *Scopus*, como indicado no gráfico da Figura 3.

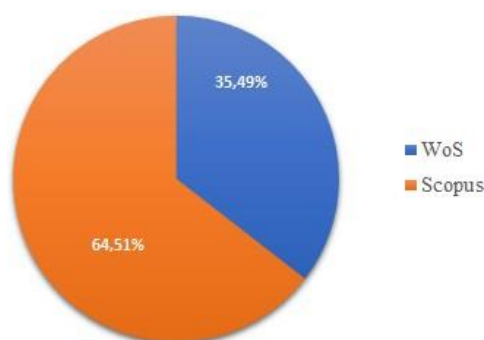


Figura 3 - Gráfico da proporção do resultado das buscas

Fonte: Autores (2023)

A etapa subsequente envolveu a avaliação inicial dos artigos, utilizando critérios de inclusão e exclusão. Isso foi realizado por meio da análise dos títulos, resumos e palavras-chave, com o objetivo de identificar e separar os artigos que não estavam alinhados com o escopo da pesquisa. Nessa fase, 28 artigos foram considerados adequados.

Finalmente, procedeu-se à leitura das introduções, resultados e discussões, bem como das considerações finais dos artigos, categorizando-os com base nos critérios de inclusão. Nessa última etapa, 15 artigos foram considerados qualificados, conforme fluxograma das etapas ilustrado na Figura 4.

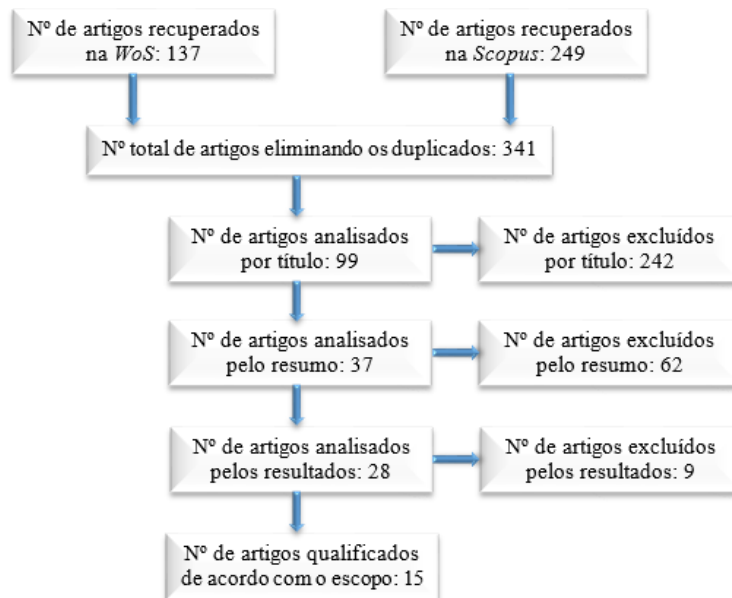


Figura 4 – Fluxograma das etapas da revisão bibliográfica

Fonte: Autores (2023)

No período entre os anos 2012 a 2022, observa-se um notável crescimento nas publicações de artigos científicos sobre a Matriz AHP, indicando uma crescente relevância e interesse na aplicação desse método em diversos campos de pesquisa, conforme ilustrado na Figura 5.

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

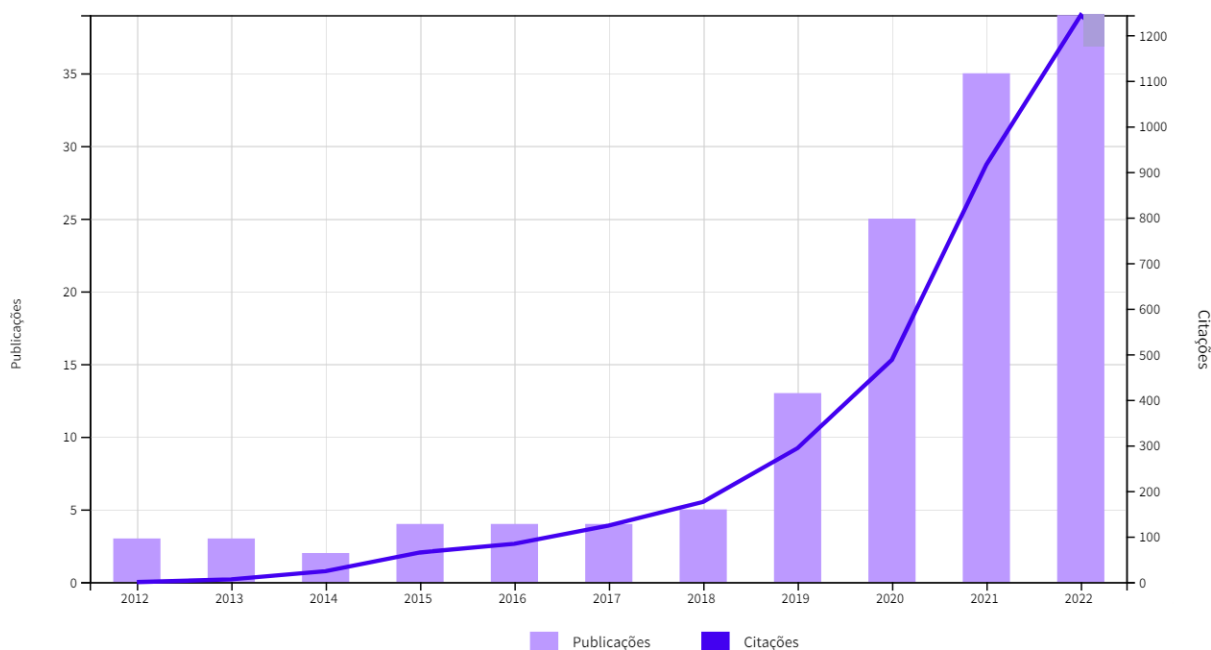


Figura 5 – Gráfico de publicações científicas entre o período de 2012 a 2022

Fonte: Autores (2023)

A Matriz AHP tem se destacado como uma ferramenta poderosa e versátil de apoio à tomada de decisões, ganhando espaço em investigações acadêmicas e práticas empresariais.

Nesse contexto, o estudo de caso, como um método empírico que investiga fenômenos contemporâneos em cenários do mundo real, tem sido crescentemente utilizado por pesquisadores sociais para diversos propósitos, incluindo a descrição do contexto de uma investigação e sua aplicação em pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas (YIN, 2005).

Uma abordagem de estudo de caso foi empregada para viabilizar a avaliação prática do método mencionado anteriormente. Para isso, uma pesquisa exploratória sobre o problema foi conduzida em cinco etapas, conforme apresentado na Figura 6.

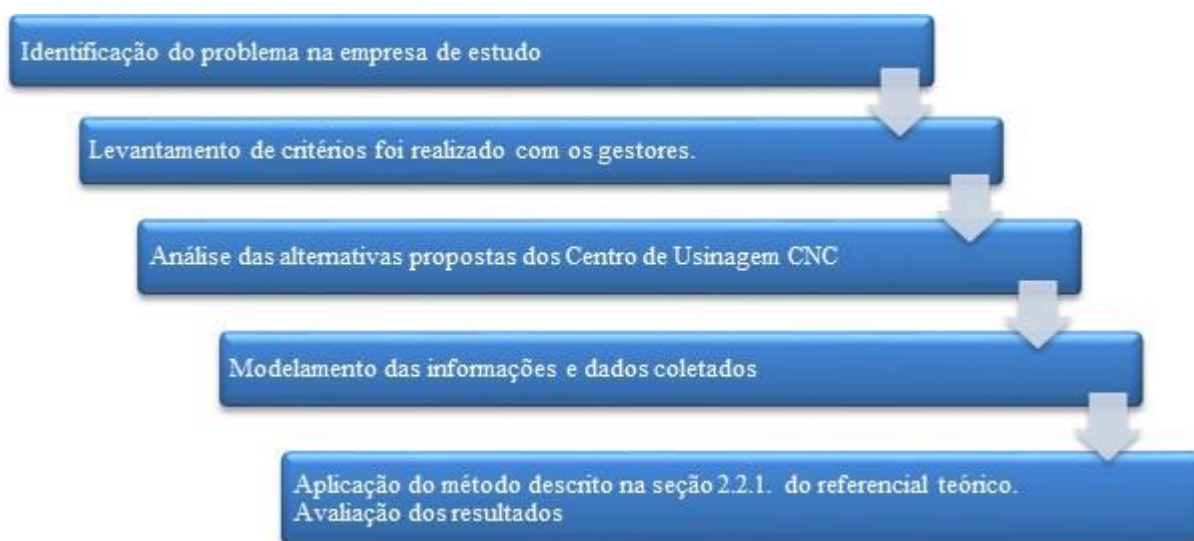


Figura 6 – Etapas da pesquisa exploratória

Fonte: Autores (2022)

O estudo de caso foi conduzido em uma empresa de pequeno porte que oferece serviços de usinagem, com ênfase no processo de usinagem CNC, situada na região metropolitana de São Paulo. As demandas dos setores relacionados ao processo foram examinadas, e os gestores dos respectivos departamentos foram escolhidos devido à sua relevância na linha de produção.

4. Resultados e discussões

As decisões nas pequenas empresas muitas vezes envolvem a avaliação e a gestão de riscos. A capacidade de tomar decisões informadas e calcular os riscos associados é crucial para evitar perdas financeiras e garantir a continuidade dos negócios (GOULART, 2018).

As sugestões da liderança têm um impacto direto na moral e motivação da equipe. Envolvimento dos funcionários nas decisões relevantes pode criar um ambiente de

trabalho mais positivo e engajado.

Vários fatores exercem impacto sobre a quantidade e a natureza dos critérios empregados no processo decisório. No presente estudo de caso, os gestores dos setores de projetos, PPCP, manutenção, qualidade e financeiro participaram desse procedimento. Por meio de uma sessão de Brainstorming, foram obtidas as sugestões de cada gestor, que foram posteriormente transformadas em critérios específicos para cada departamento, como indicado no Quadro 3.

Quadro 3: Levantamento dos critérios

Gestor	Sugestões	Crítérios
Projetos	Nº de eixos Orientação eixo-árvore Velocidade de rotação Comando do CNC Velocidade de avanço Nº de ferramentas Curso dos eixos Dimensões da mesa	Características
PPCP	Trocador de paletes Automatização de carregamento e descarregamento	Produtividade
Manutenção	Interface de conexão Sensores conectados à internet Sensores temperatura Sensores de vibração Sensores de velocidade	Interface
Qualidade	Grau de precisão Padronização dos processos Padrão de acabamento	Eficiência
Financeiro	Preço Linha de financiamento <i>Payback</i> Depreciação da máquina Custo de manutenção	Investimento

Fonte: Autores (2023)

A avaliação destes critérios, desempenhou um papel crucial na tomada de decisão neste estudo de caso, onde a escolha do Centro de Usinagem CNC é um investimento significativo para a pequena empresa. Cada critério representa aspectos específicos que influenciam diretamente no desempenho, na eficácia operacional e na viabilidade financeira da aquisição.

As características do Centro de Usinagem CNC abrangem uma variedade de

especificações, como geometria, número de eixos, velocidade de avanço, aceleração e torque dos motores, entre outros. A escolha adequada dessas características impacta diretamente na capacidade da máquina de atender às demandas específicas da produção, garantindo versatilidade e adaptabilidade a diferentes projetos.

A produtividade está diretamente relacionada à capacidade de produzir peças em grande quantidade sem comprometer a qualidade. Um Centro de Usinagem CNC produtivo contribui para a competitividade da empresa, permitindo atender a demandas crescentes do mercado e melhorando a eficiência global dos processos produtivos.

A interface do Centro de Usinagem CNC está intimamente ligada à sua facilidade de uso, à forma como interage com seus operadores e à simplicidade de sua programação. Uma interface intuitiva e amigável pode impactar positivamente na eficiência operacional e reduzir o tempo de treinamento da equipe.

A eficiência refere-se à capacidade da máquina de realizar as operações de usinagem de forma rápida e precisa. Uma máquina eficiente contribui para a produtividade, a redução do tempo de ciclo e a otimização dos recursos, fatores críticos para o desempenho operacional da empresa.

O critério de investimento é crucial para a viabilidade financeira da pequena empresa. Envolve não apenas o custo inicial de aquisição da máquina, mas também os custos operacionais, de manutenção e potenciais retornos sobre o investimento. A avaliação criteriosa deste critério é essencial para garantir que os investimentos sejam sustentáveis e consistentes com os objetivos financeiros da empresa.

Com base na coleta de resultados, desenvolveu-se uma hierarquia que equiparou os critérios e as alternativas do problema-alvo em termos de importância, possibilitando comparações entre eles. A estrutura de dados desse estudo é apresentada na Figura 7.

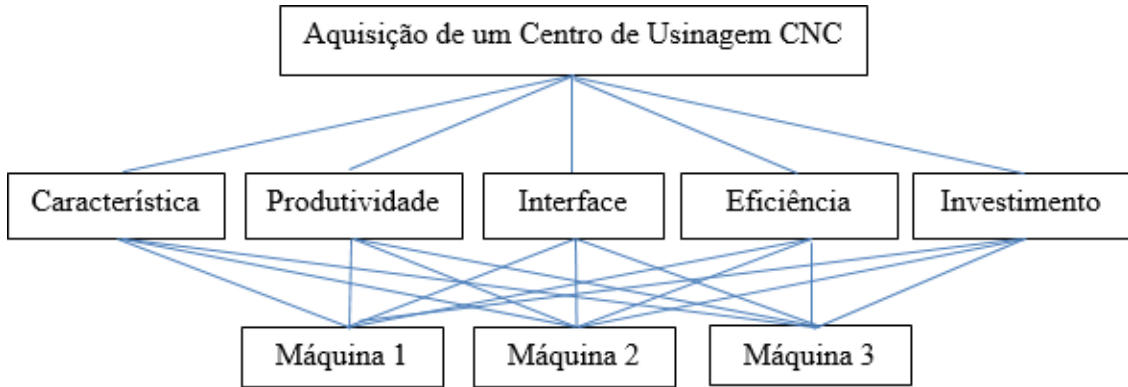


Figura 7 - Estrutura hierárquica

Fonte: Autores (2023)

Considerando os cinco critérios da estrutura hierárquica, foi construída a matriz de comparação quadrada correspondente. O Quadro 4 apresenta a avaliação dos critérios, seguindo os pesos da escala de Saaty (1991).

Quadro 4: Matriz de Critérios de Comparação do Segundo Nível

CRITÉRIOS	Características	Produtividade	Interface	Eficiência	Investimento
Características	1	2	1/2	1/3	1/2
Produtividade	1/2	1	1/2	1/3	2
Interface	2	2	1	2	3
Eficiência	3	3	1/2	1	3
Investimento	2	1/2	1/3	1/3	1
Soma	8 1/2	8 1/2	2 5/6	4	9 1/2

Fonte: Autores (2023)

A fim de estabelecer a prioridade relativa de cada critério, tornou-se crucial realizar a normalização dos valores da matriz de comparações. Esse procedimento teve como objetivo padronizar todos os critérios para uma mesma unidade, sendo que cada valor da matriz foi dividido pelo total de sua respectiva coluna, como ilustrado no Quadro 5.

Quadro 5 – Normalização da matriz pareada

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

Critérios	Características	Produtividade	Interface	Eficiência	Investimento
Características	0,118	0,235	0,176	0,083	0,053
Produtividade	0,059	0,118	0,176	0,083	0,211
Interface	0,235	0,235	0,353	0,500	0,316
Eficiência	0,353	0,353	0,176	0,250	0,316
Investimento	0,235	0,059	0,118	0,083	0,105

Fonte: Autores (2023)

O autovetor (W) do problema visa determinar a ordem de importância de cada critério. Para alcançar esse objetivo, calculou-se a média aritmética dos valores de cada linha da matriz normalizada obtida anteriormente, como apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Autovetor W

Critérios	Características	Produtividade	Interface	Eficiência	Investimento	W
Características	0,118	0,235	0,176	0,083	0,053	0,133
Produtividade	0,059	0,118	0,176	0,083	0,211	0,129
Interface	0,235	0,235	0,353	0,500	0,316	0,328
Eficiência	0,353	0,353	0,176	0,250	0,316	0,290
Investimento	0,235	0,059	0,118	0,083	0,105	0,120

Fonte: Autores (2023)

Posteriormente, para obter o vetor de peso (T), procedeu-se com a multiplicação da matriz normalizada por pares pela matriz do autovetor W. O resultado dessa operação é apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Vetor de pesos (T)

Critérios	T
Características	0,712
Produtividade	0,697
Interface	1,792
Eficiência	1,601
Investimento	0,657

Fonte: Autores (2023)

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

Após obter o resultado do vetor de pesos, a conclusão da aplicação do método ocorreu por meio da execução de três etapas principais. Os resultados para λ_{\max} , índice de consistência e razão de consistência estão detalhados no Quadro 8, sendo calculados conforme as fórmulas fornecidas na bibliografia deste trabalho.

Quadro 8 – Verificação da coerência do modelo

λ_{\max}	5,4402
IC	0,1100
RC	0,0983

Fonte: Autores (2023)

Conforme as etapas do método foram finalizadas, tornou-se necessário criar uma matriz que levasse em consideração os autovetores de cada critério. Isso foi feito para, em seguida, aplicar o conceito de ganhos e selecionar a melhor alternativa. Os resultados dessa análise estão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Autovetores dos critérios

	Características	Produtividade	Interface	Eficiência	Investimento
Máquina 1	0,146	0,722	0,120	0,120	0,586
Máquina 2	0,439	0,178	0,549	0,608	0,224
Máquina 3	0,414	0,099	0,331	0,272	0,190

Fonte: Autores (2023)

Na etapa conclusiva, as prioridades compostas das alternativas foram estabelecidas multiplicando-se os valores previamente adquiridos com aqueles das prioridades relativas obtidas no início do método. Os resultados numéricos estão destacados no Quadro 10.

Quadro 10 - Valores dimensionados

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

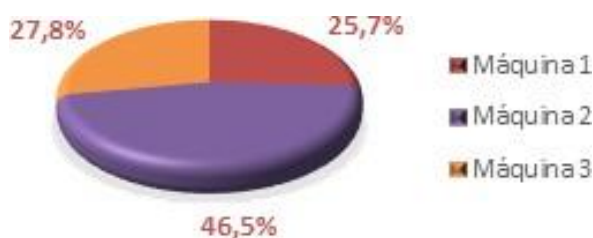
ISSN: 2448-4458

Máquina 1	0,257
Máquina 2	0,465
Máquina 3	0,278

Fonte: Autores (2023)

A escolha "Máquina 2" destaca-se como a opção mais adequada para a aquisição do Centro de Usinagem CNC, levando em consideração os critérios estabelecidos e suas respectivas ponderações, conforme indicado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Valores dimensionados das alternativas



Fonte: Autores (2023)

Na análise, os critérios "Interface" e "Eficiência" foram os mais significativos nas dimensões, seguidos, respectivamente, pelos critérios "Características" e "Produtividade", enquanto o critério de menor impacto foi o "Investimento". A determinação da importância relativa de cada critério fundamentou-se nas necessidades específicas da empresa, no contexto operacional e nas metas estratégicas. A aplicação do método AHP neste estudo de caso proporcionou uma estrutura sistemática para avaliar e comparar esses critérios, facilitando a tomada de decisão embasada e alinhada com os objetivos organizacionais.

5. Considerações finais

A aquisição do Centro de Usinagem CNC permitiu que a empresa, objeto deste estudo, adotasse e incorporasse tecnologias avançadas em seus processos de produção,

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

mantendo-se atualizada com as tendências do setor. A implementação do equipamento proporcionou uma série de vantagens, contribuindo para a sua eficiência, qualidade e competitividade no mercado.

A automação e a precisão do CNC aceleraram significativamente o tempo de produção em comparação com métodos manuais. Isso foi crucial para atender prazos de entrega e demandas do mercado de maneira eficiente. Neste sentido, a qualidade das decisões impactou diretamente as relações com clientes e fornecedores. A escolha acertada incrementou a oferta de serviços, políticas de preços e estratégias de atendimento e podem fortalecer a reputação e a lealdade do cliente.

Em mercados saturados, as pequenas empresas precisam tomar decisões estratégicas para se destacar da concorrência. Isso inclui a diferenciação na prestação de serviços e a adoção de tecnologias inovadoras.

A escolha da máquina-ferramenta a ser adquirida representou um desafio significativo para os profissionais da área de usinagem da empresa, principalmente devido ao custo substancial e à natureza específica do equipamento. Adicionalmente, o processo decisório proposto teve implicações significativas quando a empresa optou por investir em uma máquina que atendesse às demandas dos diferentes departamentos envolvidos no sistema produtivo. Diante desse cenário, tornou-se crucial realizar uma análise técnica minuciosa. A justificativa para o uso de ferramentas de tomada de decisão, como a Matriz AHP, residiu na necessidade de otimizar escolhas em ambientes competitivos e incertos. A capacidade de ponderar criteriosamente diferentes fatores e considerar múltiplas perspectivas contribui para a maximização dos resultados e a minimização de riscos.

Embora o investimento inicial em um Centro de Usinagem CNC possa representar uma quantia significativa, a automação resulta em uma redução de custos operacionais a longo prazo. A diminuição da necessidade de mão de obra manual, a minimização do desperdício de material e o aumento da eficiência contribuem para uma gestão financeira mais eficaz.

Este estudo de caso evidenciou que o método AHP destaca-se como uma ferramenta útil e aplicável em diversos setores, permitindo a resolução estruturada de problemas complexos e viabilizando uma avaliação abrangente do grau em que uma alternativa é superior a outra, levando em consideração a subjetividade intrínseca ao problema.

Respondendo à pergunta que motivou este trabalho, o Método AHP revelou qual opção foi a escolha mais vantajosa. É crucial ressaltar que as definições aplicadas ao método proposto tiveram um impacto significativo na tomada de decisão da organização.

Com base nos resultados obtidos pela aplicação do AHP neste estudo de caso, conclui-se que a tomada de decisão requer a consideração de diversos critérios, e o investimento nem sempre deve ser o único determinante na escolha.

Para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação desse método em outras questões gerenciais cruciais na empresa em estudo, envolvendo diversas equipes, não apenas os gestores. Isso permitiria a contribuição de diferentes perspectivas na priorização de critérios diante das alternativas, enriquecendo a avaliação dos atributos e julgamentos.

Os estudos de caso em pequenas empresas, embora sejam valiosos para compreender contextos específicos, podem apresentar algumas limitações. É importante reconhecê-las ao interpretar os resultados de um estudo de caso em uma pequena empresa e considerar como esses fatores podem impactar a validade e a aplicabilidade dos achados. Neste estudo de caso pôde-se observar:

Devido ao tamanho e singularidade das pequenas empresas, os resultados do estudo de caso podem ter aplicabilidade limitada a outras organizações. A falta de representatividade pode dificultar a generalização das conclusões.

Pequenas empresas frequentemente têm recursos limitados, incluindo tempo e orçamento. Isso pode afetar a extensão e profundidade das informações coletadas, bem como a abrangência das análises realizadas.

Algumas pequenas empresas não costumam manter registros detalhados ou sistemas formais de coleta de dados. Isso pode resultar em uma coleta de dados mais desafiadora

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

e menos abrangente.

Em pequenas empresas, as experiências e práticas podem ser mais uniformes em comparação com organizações maiores. Isso pode limitar a diversidade de informações e perspectivas disponíveis para análise.

Os estudos de caso geralmente carecem do controle experimental encontrado em métodos de pesquisa mais quantitativos. Isso pode tornar difícil isolar variáveis específicas e estabelecer relações causais.

Pequenas empresas podem ser suscetíveis a mudanças rápidas no ambiente de negócios. Isso pode afetar a estabilidade das condições durante o estudo, tornando desafiador capturar uma imagem precisa em um determinado momento.

Proprietários de pequenas empresas tendem ser mais relutantes em compartilhar informações sensíveis, como dados financeiros ou estratégias comerciais, o que pode limitar a profundidade da análise.

As pequenas empresas podem ser mais influenciadas por fatores externos, como mudanças nas condições econômicas locais, concorrência regional, entre outros, o que pode complicar a atribuição de resultados específicos às ações internas da empresa.

A temporalidade é uma limitação comum em estudos de caso. As condições e circunstâncias podem mudar ao longo do tempo, tornando os resultados do estudo relevantes apenas para o período em que foram coletados.

Referências

ALMEIDA, A. T. D. **Processo de decisão nas organizações:** construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas, 2013. Disponível em:

<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522481491/cfi/0!/4/2@100:0.00>>.

Acesso em: 10 abril 2022.

ANDRADE, E. L. D. **Introdução à pesquisa operacional:** métodos e modelos para análise de decisões. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. Disponível em:

<[https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2967-](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2967-2/cfi/6/2[vnd.vst.idref=cover])

[2/cfi/6/2\[vnd.vst.idref=cover\]](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2967-2/cfi/6/2[vnd.vst.idref=cover])>. Acesso em: 2022 abril 12.

REVISTA DA FATEC GUARULHOS
Gestão, Tecnologia & Inovação

v. 1, nº 9 (2024)

ISSN: 2448-4458

- COLIN, E. C. **Pesquisa operacional: 170 aplicações em estratégias, finanças, logística, produção, marketing e vendas.** Rio de Janeiro: Atlas, 2011.
- EGUTI, C. C. A.; GOMES, J. D. O.; BELDERRAIN, M. C. N. **Aplicação do Método AHP Multiplicativo na Escolha de Máquina Ferramenta de 5 Eixos – Estudo de Caso.** 8º CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECANICA. Peru: [s.n.]. 2007.
- FRANCO, M. M. et al. **Aplicação do Método AHP na Tomada de Decisão do Processo de Terceirização de Componentes Usinados em uma Empresa Multinacional.** ENEGEP. Paraná: [s.n.]. 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 41 p.
- KNECTHEL, M. R. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada.** 1. ed. Curitiba, PR: Inter Saberes, 2014. 106 p.
- NASCIMENTO, T. E. Estudo de Máquinas CNC, 2011.
- NETO, J. C. R. **Manutenção Preditiva de um Centro de Usinagem CNC Através de Análise de Vibrações.** Uberlandia, MG: [s.n.]. 2017.
- RAZENTE, H. B. et al. **Aplicação do Método de Análise Multi Critérios da AHP para a Tomada de Decisão em Atividades de Manutenção Industrial: Estudo de Caso em Empresa de Alimentos, Florianópolis, SC, 2018.**
- SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: McGraw-Hill, Ltda. Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.
- TAKEDA, I. K. **Auxílio na tomada de decisão na compra de uma máquina de usinagem a laser.** Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, São Paulo, 2010.
- TZENG, G.-H.; HUANG, J.-J. **Multiple attribute decision making: methods and applications.** [S.l.]: CRC press, 2011.
- VEERA, P. D.; RAVIPUDI, V. R. **Aplicação do Método AHP/EVAMIX para Tomada de Decisão no Ambiente Industrial.** *American Journal of Operations Research*, v. 3, p. 542-569, 2013.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos.** 2ª. ed. [S.l.]: Bookman, 2005. 32 p.