



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Mecânica

ARLEM APARECIDO RECCHIA

**Identificação do nível de maturidade da
implementação e uso de sistemas ERP em
pequenas e médias empresas brasileiras**

CAMPINAS
2024

ARLEM APARECIDO RECCHIA

Identificação do nível de maturidade da implementação e uso de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, na área de materiais e processos de fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto
Coorientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ARLEM APARECIDO RECCHIA E ORIENTADA PELO PROF. DR. JEFFERSON DE SOUZA PINTO.

**CAMPINAS
2024**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

R243i Recchia, Arlem Aparecido, 1976-
Identificação do nível de maturidade da implementação e uso de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras / Arlem Aparecido Recchia. – Campinas, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Jefferson de Souza Pinto.
Coorientador: Rosley Anholon.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Planejamento estratégico. 2. Planejamento empresarial. 3. Pequenas e médias empresas. 4. Tomada de decisões. I. Pinto, Jefferson de Souza, 1978-. II. Anholon, Rosley, 1979-. III. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Faculdade de Engenharia Mecânica. IV. Título.

Informações complementares

Título em outro idioma: Identifying the maturity level of ERP systems implementation and use in small and medium enterprise

Palavras-chave em inglês:

Strategic planning

Business planning

Small and medium-sized enterprises

Decision-making

Área de concentração: Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora:

Jefferson de Souza Pinto [Orientador]

Robert Eduardo Cooper Ordonez

Lucas Veiga Ávila

Data de defesa: 27-11-2024

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Mecânica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009>

- Currículo Lattes do autor: https://www.cnpq.br/cvlattesweb/PKG_ME

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO

**Identificação do nível de maturidade da
implementação e uso de sistemas ERP em
pequenas e médias empresas brasileiras**

Autor: Arlem Aparecido Recchia
Orientador: Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto
Coorientador: Prof. Dr. Rosley Anholon

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

**Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto, Presidente
DEMM/FEM/UNICAMP**

**Prof. Dr. Robert Eduardo Cooper Ordonez
DEMM/FEM/UNICAMP**

**Prof. Dr. Lucas Veiga Ávila
Universidade Federal de Santa Maria**

A Ata de Defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretária do Programa da Unidade.

Campinas, 27 de novembro de 2024.

Dedicatória

Dedico esse trabalho à minha esposa, Adriana, companheira incansável em todas as jornadas de minha vida. Seu apoio, paciência e amor inabalável foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui. Cada vitória alcançada tem uma parte sua, pois seu incentivo são minhas forças nos momentos mais desafiadores. Sem você ao meu lado, este sonho seria apenas uma ideia distante. Às minhas filhas, Kaiana e Letícia, que com seus sorrisos, amor e carinho me recordam diariamente do verdadeiro sentido da vida. Vocês são a razão pelo qual sigo em frente com determinação. Que esta importante conquista sirva como exemplo de que, com amor, esforço e perseverança, todos os sonhos são possíveis.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus aos bons espíritos e ao meu mentor pela força, sabedoria e saúde física e mental para trilhar este caminho desafiador, permitindo-me chegar até este momento tão significativo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto, expresso minha profunda gratidão pela compreensão, orientação atenciosa e pela confiança depositada nesta jornada acadêmica. Sua dedicação, paciência e conhecimentos foram essenciais para conclusão deste trabalho. Seus conselhos e sugestões não apenas enriquecem esse trabalho, mas também me inspiraram a seguir novos caminhos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Rosley Anholon, agradeço a parceria valiosa e pelas contribuições significativas durante o desenvolvimento desta pesquisa. Sua disponibilidade e apoio foram fundamentais para que eu pudesse superar desafios e expandir meu conhecimento.

À minha esposa, Adriana, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão por todo o apoio e compreensão durante esta jornada. Sua paciência nos momentos difíceis, seu incentivo constante e seu amor incondicional foram a base que me sustentou durante este período. A você, dedico cada conquista desta caminhada.

Às minhas filhas, Kaiana e Letícia, que com sua alegria e carinho me deram ânimo nos momentos mais desafiadores. Vocês são minha maior motivação.

Por fim, faço um agradecimento especial e póstumo ao querido Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho, que, embora não esteja mais entre nós, deixou um legado de conhecimento e inspiração. Sua dedicação ao ensino e sua paixão pela engenharia mecânica serão sempre lembradas. Sua influência permanece viva em cada um de seus alunos, incluindo este que teve o privilégio de aprender com ele. Que sua memória continue a nos guiar.

*“Lembre-se que pessoas podem tirar tudo de
você, menos o seu conhecimento.”*

Albert Einstein

Resumo

O objetivo deste estudo é identificar a maturidade da implementação e uso de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) em pequenas e médias empresas brasileiras (PMEs) utilizando o método *Grey Weight Fixed Clustering*. O estudo visa entender como os sistemas ERP influenciam a gestão operacional e estratégica dessas organizações e a classificar seus níveis de maturidade no uso do ERP utilizando uma análise bibliométrica combinada com os métodos CRITIC (*Criteria Importance Through Intercriteria Correlation*) e *Grey Weight Fixed Clustering*. Os dados foram coletados por meio de uma pesquisa com 31 profissionais com ampla experiência em vários setores. A pesquisa avaliou a contribuição dos sistemas de ERP em várias dimensões, e as respostas foram analisadas para determinar os níveis de maturidade da implementação do ERP nas PMEs. Os resultados indicam que 80,6% dos entrevistados consideraram que as PMEs têm um nível intermediário de maturidade na implementação do ERP, sugerindo que essas empresas poderiam melhorar a integração de seus processos e a tomada de decisões. Aproximadamente 9,7% dos entrevistados indicaram que as PMEs têm alta maturidade, utilizando efetivamente os sistemas de ERP para obter vantagens competitivas significativas. No entanto, outros 9,7% dos entrevistados avaliaram que as PMEs têm baixa maturidade e enfrentam desafios na adoção e utilização do ERP, resultando em operações menos eficientes. Essa abordagem de método inovadores, não apenas identifica os desafios e benefícios dos sistemas ERP, mas também fornece *insights* valiosos para aprimorar a eficiência operacional e a competitividade dessas empresas, o que contribui para a literatura ao propor uma metodologia prática e cientificamente fundamentada. Pesquisas futuras poderiam expandir o tamanho da amostra e incluir PMEs de diferentes regiões para proporcionar uma compreensão mais abrangente. Além disso, estudos de caso detalhados de PMEs específicas poderiam oferecer percepções mais profundas sobre os desafios práticos e os benefícios da implementação do ERP. Esta pesquisa fornece percepções sobre o cenário de implementação de ERP entre as PMEs brasileiras, destacando a importância estratégica dos sistemas de ERP no aprimoramento da eficiência operacional e da competitividade. Os resultados contribuem para a literatura existente ao oferecer uma análise detalhada dos níveis de maturidade do sistema ERP e seu impacto no desempenho das PMEs.

Palavras-Chave: Gerenciamento Estratégico, *Enterprise Resource Planning*, Pequenas e Médias Empresas, CRITIC, *Grey Weight Fixed Clustering*.

Abstract

The purpose of this study is to identify the maturity of implementation and use ERP (Enterprise Resource Planning) systems in small and medium-size Brazilian enterprises (SMEs) using Grey Weight Fixed Clustering. The study aims to understand how ERP systems influence the operational and strategic management of these organizations and to classify their maturity levels in ERP usage. This study employs a bibliometric analysis combined with the CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) and Grey Weight Fixed Clustering methods. Data were collected through a survey of 31 professionals with extensive experience in various industries. The survey assessed the contribution of ERP systems across multiple dimensions, and the responses were analysed to determine the maturity levels of ERP implementation in SMEs. The results indicate that 80,6% of respondents considered SMEs have an intermediate level of maturity in ERP implementation, suggesting that these companies could improve their process integration and decision-making. Approximately 9,7% of respondents indicated that SMEs have high maturity, effectively utilizing ERP systems for significant competitive advantages. However, another 9,7% of respondents assessed that SMEs have low maturity facing challenging in ERP adoption and utilization, resulting in less efficient operations. The innovative method approach not only identifies the challenges and benefits of ERP systems but also provides valuable insights for improving the operational efficiency and competitiveness of these companies, contributing to the literature by proposing a practical and scientifically based methodology. Future research could expand the sample size and include SMEs from different regions to provide more comprehensive understanding. Additionally, detailed case studies of specific SMEs could offer deeper insights into the practical challenges and benefits of ERP implementation. This research provides valuable insights into the ERP implementation landscape among Brazilian SMEs, highlighting the strategic importance of ERP systems in enhancing operational efficiency and competitiveness. The findings contribute the existing literature by offering a detailed analysis of ERP system maturity levels and their impact on SMEs performance.

Key Word: Strategic Management, Enterprise Resource Planning, Small and Medium Enterprises, CRITIC, Grey Weight Fixed Clustering.

Lista de Figuras

Figura 2.1. Questão do sistema de administração de produção.....	24
Figura 2.2. Evolução dos sistemas ERP.....	25
Figura 2.3. Processos de planejamento.	28
Figura 2.4. Estrutura do produto no MRP. Exemplo produção Lapiseira.....	29
Figura 2.5. Indented bill of materials no MRP. Exemplo produção Lapiseira.....	29
Figura 2.6. Diferenças ente o sistema MPR e o MRPII.	32
Figura 2.7. Estrutura dos sistemas ERP e sua evolução a partir do MRP.	34
Figura 2.8. Função principal do ERP.	39
Figura 3.1. Método de pesquisa.	42
Figura 3.2. Exemplo de diagrama estratégico.	46
Figura 3.3. Exemplo de rede temática de clusters.....	47
Figura 3.4. Exemplo de mapa de evolução temática.....	48
Figura 3.5. Exemplo de evolução temática.	49
Figura 3.6. Número de publicações entre 2018 e 2019.	49
Figura 3.7. Diagrama estratégico do subperíodo de 2018 a 2019.	52
Figura 3.8. Diagrama estratégico do subperíodo de 2020 a 2021.	54
Figura 3.9. Diagrama estratégico do subperíodo de 2022 a 2023.	55
Figura 3.10. Rede de cluster “ <i>ENTERPRISE-RESOUCE-PLANNING</i> ” do subperíodo de 2018 a 2019.	56
Figura 3.11. Rede do cluster " <i>INDUSTRY-4.0</i> " do subperíodo de 2018 a 2019.	57
Figura 3.12. Rede do cluster " <i>ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING</i> " do subperíodo de 2020 a 2021.....	58
Figura 3.13. Rede do cluster " <i>MANUFACTURE</i> " do subperíodo de 2020 a 2021.	59
Figura 3.14. Rede do cluster " <i>ERP-IMPLEMENTATION</i> " do subperíodo de 2020 a 2021.....	60
Figura 3.15. Rede do cluster " <i>RESOURCE-ALLOCATION</i> " do subperíodo de 2022 a 2023.....	61
Figura 3.16. Rede do cluster " <i>ERP-SYSTEM</i> " do subperíodo de 2022 a 2023.	61
Figura 3.17. Rede do cluster " <i>FINANCE</i> " do subperíodo de 2022 a 2023.....	62
Figura 3.18. Mapa sobreposto e a estrutura de evolução temática do tema no período de 2018 a 2023.	64
Figura 3.19. Diagrama Venn.....	72
Figura 3.20. Processo de classificação. Adaptado de Golinska et al. (2015).	78
Figura 3.21. Função de <i>whitenization</i> . Adaptado de Sousa et al. (2024) e Timóteo et al. (2024).....	78
Figura 3.22. Função de <i>whitenization</i> para classe baixa de maturidade (se 1=1, se 3=0).....	79
Figura 3.23. Função de <i>whitenization</i> para classe intermediária de maturidade (se 1=0, se 3=0).	79

Figura 3.24. Função de <i>whitenization</i> para classe intermediária de maturidade (se 3=1, se 5=0).	80
Figura 3.25. Função de <i>whitenization</i> para classe alta de maturidade (se 3=0, se 5=1).....	80
Figura 4.1. Avaliações em relação ao nível de maturidade.....	89

Lista de Quadros

Quadro 2.1. Classificação das PMEs brasileiras.	22
Quadro 2.2. Relações entre as funções do sistema administrativo da produção e os aspectos competitivos.	27
Quadro 3.1. Classificação da pesquisa.	42
Quadro 3.2. Journals que mais publicaram documentos referentes ao tema dessa pesquisa.	50
Quadro 3.3. Autores que mais publicaram documentos referentes ao tema dessa pesquisa.	50
Quadro 3.4. Autores mais citados nos documentos referentes ao tema dessa pesquisa.	51
Quadro 3.5. Performance dos temas estratégicos de 2018 a 2019.	52
Quadro 3.6. Performance dos temas estratégicos de 2020 a 2021.	54
Quadro 3.7. Performance dos temas estratégicos de 2022 a 2023.	55
Quadro 3.8. Comparação entre probabilidade e estatística, <i>fuzzy</i> e <i>Grey Systems</i>	71
Quadro 3.9. Extensões do conceito <i>Grey</i>	74
Quadro 4.1. Dados coletados da pesquisa.	81

Lista de Tabelas

Tabela 4.1. Dados normalizados e desvio padrão.	82
Tabela 4.2. Correlação entre os critérios.	83
Tabela 4.3. Quantidade de informações (lj) e o peso (Wj) para cada critério.	84
Tabela 4.4. Coeficiente de GWFC (σ_{11} até σ_{311}). De acordo com a função de whitening para baixa maturidade (f_{11} , $y = -05x + 1,5$).	84
Tabela 4.5. Coeficiente de GWFC (σ_{12} to σ_{312}) de acordo com a função de whitening para maturidade intermediária (f_{12} , $y = 05x - 0,5$).	85
Tabela 4.6. Coeficiente de GWFC (σ_{13} to σ_{313}) de acordo com a função de whitening para alta maturidade (f_{13} , $y = 05x - 1,5$).	86
Tabela 4.7. σ_{max} e classe de maturidade.	87
Tabela 4.8. Resultado do nível de maturidade em relação à contribuição da implementação de sistemas ERP nas PMEs brasileiras.	88

Lista de Equações

Equação 1. Normalização das variáveis (critério benefício).....	69
Equação 2. Normalização das variáveis (critério custo).....	69
Equação 3. Quantidade de informações geradas.....	69
Equação 4. Pesos das variáveis.....	69
Equação 5. Coeficiente de GWFC.....	77

Lista de Abreviaturas e Siglas

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
CRITIC	<i>Criteria Importance Through Intercriteria Correlation.</i>
DRP	<i>Distribution Requirements Planning.</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning.</i>
GWFC	<i>Grey Weight Fixed Clustering.</i>
MCD	<i>multi-criteria decision-making.</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning.</i>
MRPII	<i>Manufacturing Resource Planning.</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDP	Processo de desenvolvimento de novos produtos.
PIB	Produto Interno Bruto.
PMEs	Pequenas e Médias Empresas.
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
SFC	<i>Shop Floor Control.</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
TM	<i>Transport Management</i>
TOPSIS	<i>Technique for order of preference by similarity to ideal solution.</i>

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	18
1.1.	Contexto e Justificativa.....	18
1.2.	Problema de Pesquisa	19
1.3.	Objetivos.....	20
1.3.1.	Objetivo geral	20
1.3.2.	Objetivos específicos	20
1.4.	Estrutura do Trabalho.....	20
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	Pequenas e Médias empresas brasileiras (PMEs).....	22
2.2	Sistemas de Administração de Produção e Planejamento	24
2.3	MRP (<i>Material Requirements Planning</i>)	28
2.4	MRP II (<i>Manufacturing Resource Planning</i>).....	30
2.5	ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>).....	33
2.6	Resumo do capítulo	39
3.	MÉTODO	41
3.1	Classificação da Pesquisa	41
3.2	Procedimentos Metodológicos	42
3.3	Performance Bibliométrica e Análise de Rede	43
3.4	Diagramas de Estratégia.....	45
3.5	Redes Temática dos <i>Clusters</i>	47
3.6	Mapa de Evolução Temática	47
3.7	Análise de Documentos com o <i>Software SciMAT</i>	49
3.8	Análise e discussão dos diagramas de estratégia	51
3.8.1	Subperíodo de 2018 a 2019.....	51
3.8.2	Subperíodo de 2020 a 2021	53
3.8.3	Subperíodo de 2022 a 2023	55
3.9	Análise da Rede dos <i>Clusters</i> dos Temas Motores e seus Subtemas	56
3.9.1	Subperíodo de 2018 a 2019	56
3.9.2	Subperíodo de 2018 a 2019	57
3.9.3	Subperíodo de 2022 a 2023	60

3.10	Evolução Temática do Campo de Pesquisa de Empresas de Pequeno e Médio Porte que Possuam Sistemas ERP Implementados	62
3.11	Método CRITIC (<i>Criteria Importance Through Intercriteria Correlation</i>).....	67
3.12	Método <i>Grey System</i> e GWFC (<i>Grey Weight Fixed Clustering</i>)	70
4.	RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	81
5.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
5.1	Conclusões.....	90
5.2	Considerações Finais	92
5.3	Limitações da Pesquisa.....	93
5.4	Propostas de Trabalhos Futuros.....	93
	REFERÊNCIAS.....	94
	APÊNDICE A – Questionário da Pesquisa	101
	ANEXO I – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).	103
	ANEXO II – Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).....	113
	ANEXO III – Documento de Submissão do Artigo Científico	117
	ANEXO IV – Artigo Científico Desenvolvido.....	118

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto e Justificativa

A implementação de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) se mostra uma solução fundamental para as pequenas e médias empresas que enfrentam desafios relacionados à competitividade, integração de processos e eficiência operacional. De acordo com o SEBRAE (2023), o Brasil tem aproximadamente 6,4 milhões de empresas, o qual 99% são pequenas e médias empresas (PMEs), sendo que 50,6 milhões de pessoas têm sua renda proveniente de PMEs, ou seja, a maior parte do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil vem das PMEs.

Conforme BNDES (2023), as pequenas empresas têm entre 20 e 99 funcionários e faturamento anual entre R\$ 360.000 e R\$ 4,8 milhões, enquanto as médias empresas têm entre 100 e 499 funcionários e faturamento anual entre R\$ 4,8 milhões e R\$ 300 milhões.

Além disso, de acordo com o SEBRAE (2023), as PMEs têm um alto nível de adaptabilidade devido à sua estrutura enxuta e ao fato de não terem muitos funcionários ou capital investido, mas têm dificuldade em encontrar opções de crédito adequadas porque a probabilidade de risco é alta.

Devido a esse cenário, as PMEs estão buscando soluções tecnológicas para atender à necessidade do mercado, a fim de atender aos estímulos contínuos, que são estímulos com previsibilidade de acordo com a necessidade e os desejos dos consumidores finais, pois são reflexos do mercado ou do desenvolvimento tecnológico e seus resultados são variações na vida útil do produto, velocidade de mudança do produto, estímulos descontínuos, que são estímulos que causam descontinuidades nos produtos e no conhecimento, inviabilizando negócios estáveis, que é necessário buscar novos conhecimentos para apresentar novas soluções para o mercado, sua diversidade de produtos, sua posição geográfica e a sociedade.

Para atender às necessidades do mercado, as PMEs precisam ter uma estratégia de negócios definida para se manterem competitivas, precisam realizar atividades diferentes de seus concorrentes ou atividades semelhantes de maneira diferente, caso contrário, a estratégia não passará de um *slogan* de *marketing* que não resistirá à concorrência.

Como uma estratégia consiste em criar ajustes entre as atividades de uma empresa, o sucesso de uma estratégia depende de fazer bem muitas coisas, não apenas algumas, e integrá-las umas às outras; se não houver ajustes entre as atividades, não haverá uma estratégia bem definida e pouca sustentabilidade para atender à velocidade imposta pelo mercado.

Conforme Agostinho (2018), para que um produto ou serviço tenha uma excelente

aceitação no mercado, não basta ter um projeto adequado, a organização deve apresentar um produto ou serviço que seja capaz de competir com produtos similares, com qualidade estável e custos competitivos, ou seja, a organização deve apresentar condições de competitividade estrutural e tecnológica, permitindo que o planejamento tecnológico seja realizado de forma documental, elaborando assim a metodologia a ser aplicada e sua respectiva base de dados e conhecimentos.

Corroborando com Alaskari et al. (2021), para que as PMEs se mantenham competitivas, atendendo às necessidades de mudança do mercado, elas precisam integrar todas as áreas da empresa no que diz respeito às informações, de modo que possam obter informações corretas em tempo real para a tomada de decisões adequadas e rápidas.

Diante desse cenário, as PMEs têm buscado implementar o *Enterprise Resource Planning* (ERP) para integrar as atividades da organização, deixando automáticas as atividades que realmente agregam valor e eliminando as que não agregam valor, o que resulta em decisões rápidas e precisas com base em dados concretos, eliminando desperdícios em termos de custos, compras, estoque e manuseio de materiais.

Alaskari et al. (2021) cita que os sistemas ERP permitem que as PMEs ampliem seus negócios ao reduzir as informações redundantes.

Portanto, o objetivo deste estudo é realizar uma análise através de pesquisas quantitativas no meio acadêmico, por meio da análise de métodos exploratórios utilizando diagramas estratégicos, redes de *clusters* temáticos, evolução temática dos temas estudados, em que a competitividade acirrada do mercado motivou o desenvolvimento deste trabalho, pois o sistema ERP implementado nas pequenas e médias empresas, são de extrema importância para o sucesso dessas organizações no desenvolvimento e fornecimento de produtos ou serviços, ou seja, por meio de um estudo científico é possível identificar tendências e a evolução do tema para aplicação na gestão estratégica e operacional na prática das organizações, com o objetivo de melhorar seus processos, identificar e mitigar riscos e manter-se competitiva no mercado em que atua de acordo com o grau de maturidade.

1.2. Problema de Pesquisa

O seguinte problema de pesquisa foi elaborado para orientar o desenvolvimento deste estudo:

Qual o nível de maturidade das organizações em relação à implementação e uso de sistemas ERP?

1.3. Objetivos

A partir do problema de pesquisa estabelecido, foram definidos para este trabalho, os seguintes objetivos geral e específico.

1.3.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é identificar o nível de maturidade das organizações com relação a implantação e uso de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) em empresas de pequeno e médio porte brasileiras referente a contribuição desses sistemas para eficiência operacional, competitividade, integração de processos e identificar melhorias para potencializar os benefícios na utilização desses sistemas ERP em PMEs brasileiras.

1.3.2. Objetivos específicos

Em função do objetivo geral apresentado são estabelecidos os seguintes objetivos específicos do trabalho:

- a) Aplicar a bibliometria para análise da teoria;
- b) Definir variáveis e critérios de análise de conteúdo e pontuação para avaliar a maturidade e uso dos sistemas ERP em PMEs;
- c) Coletar e analisar os dados aplicados a profissionais de diversos setores que possuem conhecimento na implementação e uso do sistema ERP;
- d) Aplicar o método CRITIC (*Criteria Importance Through Intercriteria*) para ponderação das variáveis; e o método *Grey Weight Fixed Systems* (GWFS);
- e) Classificar o nível de maturidade das PMEs em relação à implementação e uso dos sistemas ERP.

Esses objetivos específicos foram delineados para fornecer uma compreensão detalhada dos aspectos envolvidos na implementação e utilização dos sistemas ERP, e identificar áreas de melhoria que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável e competitivo das PMEs brasileiras.

1.4. Estrutura do Trabalho

O estudo está estruturado em cinco capítulos, sendo eles:

Capítulo 1: apresenta a introdução, incluindo o contexto, justificativa, problema de pesquisa, objetivos e a estrutura do trabalho;

Capítulo 2: é dedicado à fundamentação teórica, fornecendo uma base conceitual detalhada sobre as Pequenas e Médias Empresas (PMEs), os sistemas de administração de produção e os sistemas ERP, abordando sua evolução, funcionalidades e impacto na gestão organizacional;

Capítulo 3: é descrito o método empregado na pesquisa, com destaque para a classificação da pesquisa e os procedimentos metodológicos utilizados para o levantamento e análise dos dados;

Capítulo 4: apresenta os resultados obtidos, analisando-os com o CRITIC (*Criteria Importance Through Intercriteria Correlation*) e o *Grey Weight Fixed Clustering* (GWFC), além de discuti-los com base em seus achados e a fundamentação teórica do Capítulo 2;

Por fim, o Capítulo 5 expõe as conclusões e considerações finais, discutindo as limitações do estudo, sugerindo pesquisas futuras. Por fim, são apresentadas as referências, o apêndice e os anexos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pequenas e Médias empresas brasileiras (PMEs)

Conforme citado na seção 1.1, as pequenas e médias empresas (PMEs) desempenham um papel crucial na economia, pois são responsáveis por uma parcela significativa da geração de empregos e da movimentação econômica do país. Para garantir que essas empresas tenham acesso a políticas públicas diferenciadas e a benefícios que as ajudem a crescer, o governo brasileiro utiliza classificações específicas baseadas no faturamento bruto anual das empresas apresentada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Classificação das PMEs brasileiras.

Porte	Número de funcionários	Faturamento anual
Pequenas empresas brasileiras	20 a 99	R\$ 360.000,00 a R\$ 4.8 milhões
Médias empresas brasileiras	100 a 499	R\$ 4.8 milhões a R\$ 300 milhões

Fonte: BNDES (2023).

As PMEs são a espinha dorsal da economia brasileira. Elas representam cerca de 99% dos negócios no país e são responsáveis por aproximadamente 54% dos empregos formais, segundo dados do SEBRAE (2023). O governo brasileiro, reconhecendo a importância dessas empresas, oferece diversos incentivos, como o Simples Nacional, que é um regime tributário simplificado e com alíquotas diferenciadas, facilitando o cumprimento das obrigações fiscais.

Esse suporte é fundamental para que as PMEs possam se desenvolver, superar desafios como a burocracia e a alta carga tributária, e continuar contribuindo para o crescimento econômico do Brasil. Além disso, as PMEs são essenciais para a inovação, pois muitas vezes trazem ao mercado produtos e serviços novos que atendem a nichos específicos.

Assim, entender as definições e o contexto das PMEs é vital para qualquer empreendedor ou gestor que deseje navegar com sucesso no ambiente de negócios brasileiro, aproveitando as oportunidades disponíveis para essas categorias de empresas.

A busca pela competitividade dessas organizações é de extrema importância para manter os negócios atuais e viabilizar novos negócios, visando atender à necessidade do cliente com soluções inovadoras, respeitando e atendendo aos requisitos de custo, qualidade e prazo de entrega dos produtos ou serviços melhor que os concorrentes, permanecendo assim no mercado em uma condição financeira saudável e com grande demanda de seus produtos ou serviços pelos

consumidores.

As PMEs devem apresentar essas condições no mercado em que seu negócio atua, devem ter a capacidade de oferecer serviços e produtos que atraiam os consumidores e devem ter os procedimentos e recursos para inovar com produtos competitivos.

No entanto, as organizações devem ter a capacidade de responder favoravelmente à sua estratégia, responder ao mercado mais rapidamente do que os concorrentes em relação aos estímulos externos do mercado (contínuos ou descontínuos) por meio de características, sistemas, cultura e procedimentos em todas as áreas da organização, buscando feedback de fornecedores e clientes, tendo um ciclo rápido em análises e ações em um curto espaço de tempo, o que proporcionará competitividade interna para responder a esses estímulos externos, sendo a competitividade interna: internacionalização da concorrência, aumento da velocidade de mudança de produtos, evolução tecnológica em produtos e serviços, aceleração da obsolescência de modelos e tecnologias existentes.

Conforme Agostinho (2018), tudo isso se dará por meio da otimização de processos, da introdução de tecnologia validada, da integração de áreas e estratégias e da capacidade de adaptação das mudanças (Engenharia, *Marketing* e Manufatura) em função da nova necessidade do mercado.

Os principais objetivos da otimização dos processos de negócios são visualizar os processos e as atividades em todos os níveis, incluir o tempo de ciclo de cada processo para calcular o tempo de ciclo total para o lançamento de um novo produto ou serviço, identificar o desperdício nos processos, otimizar os principais processos, ou seja, trabalhar onde agrega valor ao produto ao serviço e à organização.

Em outras palavras, otimizar os processos-chave da organização significa mapear os principais processos de negócios, entender onde o valor está sendo agregado, executá-los no menor tempo possível para atender à velocidade de resposta dos concorrentes e, no mínimo, ao que é exigido pelo mercado.

A eliminação de atividades que não agregam valor ao negócio é importante para eliminar o desperdício no processo, a maioria das quais consome tempo e tem impacto direto no custo e no tempo de entrega do produto ou serviço. Ao eliminar essas atividades, a organização obtém economia de custos, reduz o tempo de ciclo para o lançamento de um novo produto ou serviço e se torna mais competitiva que seus concorrentes.

Em resumo, para que as organizações se mantenham competitivas no mercado, desenvolvendo novos produtos ou melhorando os produtos atuais para atender aos estímulos do mercado, sugere-se que elas tenham um sistema de controle de informações, pois, como

mencionado, a capacidade de atender ao mercado mais rapidamente é fundamental para a manutenção dos negócios e do plano estratégico.

Diante desse cenário e de acordo com Mendes e Escrivão Filho (2007), os sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) são um sistema operacional utilizado para integrar os processos de uma organização, obtendo ganhos significativos na gestão operacional e reduzindo os custos da organização.

Embora as PMEs apresentem características específicas que podem tornar seu setor único, quando se considera a literatura sobre sistemas ERP em PMEs, é possível identificar uma escassez de estudos que considerem realidades nacionais ou regionais. A literatura apresenta estudos de caso interessantes de sucesso no Reino Unido (Alaskari et al., 2021), Estados Unidos (Kosalge e Ritz, 2015), Fiji (Goundar et al., 2021), Emirados Árabes Unidos (Alsharari et al., 2020), entre outros na implementação e uso de sistemas ERP. Estudos com foco em setores específicos também podem ser mencionados. Em (Almajali et al., 2016), os autores se concentraram em PMEs do setor de saúde na Jordânia.

2.2 Sistemas de Administração de Produção e Planejamento

As PMES devem possuir um adequado sistema de administração da produção, ou seja, sistemas de informação para tomada de decisões, sejam elas táticas e operacionais referente as seguintes questões demonstradas na Figura 2.1, visando atingir os objetivos estratégico da organização.

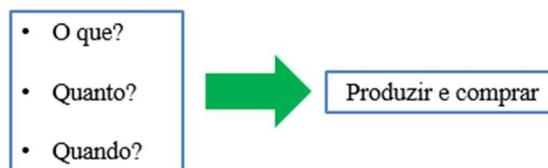
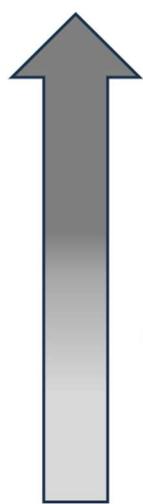


Figura 2.1. Questão do sistema de administração de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor com base Corrêa *et al.* (2023).

De acordo com Katuu (2020), os sistemas ERP começaram na década de 1960 para controle de estoque e evoluíram para sistemas MRP (*Material Requirements Planning*) na década de 1970 e, durante a década de 1980, foram introduzidos os sistemas MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), que eram sistemas mais completos que integravam mais funcionalidades de produção, como planejamento de materiais, fabricação, finanças, recursos

humanos e controles de produção. Foi somente na década de 1990 que o conceito moderno de ERP se consolidou, com soluções abrangentes que integravam vários processos de negócios. A Figura 2.2 demonstra a evolução dos sistemas ao longo dos anos.



Ano	Sistema	Principais propostas	Principais restrições
1990s	ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>)	Integrar todos os processos de negócios e oferecer outras funções, como marketing, finanças, RH.	A implementação pode exigir grandes mudanças na empresa e como o conhecimento especializado pode ser limitado com problemas contínuos de pessoal
1980s	MRP II (<i>Manufacturing Resource Planning</i>)	Foco em estratégias de fabricação projetadas para substituir sistemas autônomos e transações de vendas, estoque e compras.	Ausência de funções de planejamento e programação, executadas em uma única plataforma e exigem informações precisas.
1970s	MPR (<i>Material Requirements Planning</i>)	Ênfase na integração e no planejamento da produção e utilização de <i>software</i> para programar os processos de produção.	O sistema era difícil de operar e com custo alto de implementação.
1960s	Pacotes de controle de inventário	Identificação das necessidades de estoque e monitoramento do uso dos itens.	É necessário uma equipe técnica grande para dar suporte aos computadores (mainframe).

Figura 2.2. Evolução dos sistemas ERP.

Fonte: Elaborado pelo autor com base Katuu (2020).

Conforme Corrêa *et al.* (2023), nos últimos 25 anos os três principais sistemas de administração de produção são os sistemas MRP/MRP II/ERP, que se trata de sistemas que em função das necessidades futuras de produtos utilizam lógicas para cálculo das necessidades de recursos, os sistemas *Just in Time*, e os sistemas de programação de produção com capacidade finita, ou seja, que se utiliza de técnicas de simulação em computador.

Para que os sistemas de administração de produção possam satisfazer as necessidades, ou seja, colaborar com a estratégia de negócios, é fundamental que sejam capazes de apoiar as PMEs em tomada de decisões referente aos seguintes aspectos:

- a) Planejar as necessidades futuras de capacidade produtiva das PMEs, que se trata de planejar as necessidades e capacidades de produção em função das demandas futuras do mercado, visando garantir que os recursos tais como mão de obra, equipamentos, instalações e tecnologias estejam disponíveis e adequados para atender os volumes de produção esperados;
- b) Planejar os materiais comprados, para que as quantidades sejam exatamente para atender as necessidades produtivas, e que sejam recebidas dentro do prazo planejado

- para atender o lead time de produção e entrega do produto ou serviço;
- c) Planejar os níveis adequados de estoques de matérias-primas, semiacabados e produtos nas estações corretas, o qual se trata de planejar os estoques para atender as necessidades estratégicas das PMEs, ou seja, se deve planejar e ou reduzir os estoques aos níveis mínimos necessários;
 - d) Planejar adequadamente as atividades de produção para garantir a utilização dos recursos disponibilidades, assim atendendo o planejamento estratégico das PMEs;
 - e) Possuir o controle em tempo real dos recursos atuais, seja pessoas, equipamentos, instalações referentes as ordens de compra e produção para garantir a entrega do produto ou serviço;
 - f) Ter a capacidade de planejar as atividades do produto ou serviços menores possíveis, não se trata somente de planejar, mas também de controlar e cumprir os prazos acordados com os clientes internos e externos;
 - g) As PMEs devem ser capazes de reagir eficazmente, pois para se manterem competitivas precisam que os sistemas sejam capazes de se adaptar as mudanças, devido a reprogramação de clientes e disponibilidade de suprimentos.

Ainda conforme Corrêa *et al.* (2023) e corroborando com Agostinho (2018), competitividades para PMEs se trata da capacidade de superar a concorrência referente aos aspectos de desempenho nos produtos ou serviços que são:

- a) Custo percebido pelo cliente;
- b) Velocidade de entrega;
- c) Confiabilidade de entrega;
- d) Flexibilidade das saídas;
- e) Qualidade dos produtos;
- f) Serviço prestado ao cliente.

Esses desempenhos competitivos possuem uma relação entre as sete principais funções dos sistemas de administração da produção para atender a estratégia das organizações. O Quadro 2.2 apresenta o resumo e a correlação entre os aspectos e desempenho.

Quadro 2.2. Relações entre as funções do sistema administrativo da produção e os aspectos competitivos.

Aspectos	Custo	Velocidade	Confiabilidade	Flexibilidade	Qualidade	Serviço
1	✓	✓	✓			
2	✓					
3	✓	✓	✓	✓		
4	✓	✓	✓			
5			✓		✓	✓
6	✓		✓			
7		✓		✓		

Fonte: Corrêa *et al.* (2023, p. 17).

Um dos conceitos dos sistemas de administração da produção no contexto de competitividade, estratégia é o planejamento. Conforme já citado se trata de planejar necessidades futuras de capacidade para o auxílio nas tomadas de decisão. Em resumo, é uma visão com relação ao futuro para que se possa tomar decisão no presente adequado para produção desejada.

O processo de planejamento deve ser considerado como contínuo, e termos práticos ela é representada em 5 etapas (Corrêa *et al.*, 2023):

Etapa 1 – Estudo do estado atual, ou seja, o sistema deve tirar uma fotografia da situação que se encontra as atividades e recurso no presente momento.

Etapa 2 – Desenhar o estado futuro, para que possa influenciar ao processo decisório, visando que inércias decisórias sejam respeitadas.

Etapa 3 – Tratamento das informações do estado atual e futuro com auxílio de alguma lógica que possa transformar os dados em forma útil para tomada de decisão gerencial.

Etapa 4 – Com as informações tratadas e disponibilizadas, a tomada de decisão deve acontecer sobre o que, quanto, quando produzir e comprar e com que recursos produzir.

Etapa 5 – Essa etapa se refere a execução do plano, ou seja, execução das atividades para atender os objetivos, nesse momento é recomendado após as atividades tirarem nova fotográfica do novo estado atual e retornar a etapa 1, afinal o processo de planejamento deve ser contínuo.

A Figura 2.3, ilustra o processo de planejamento.

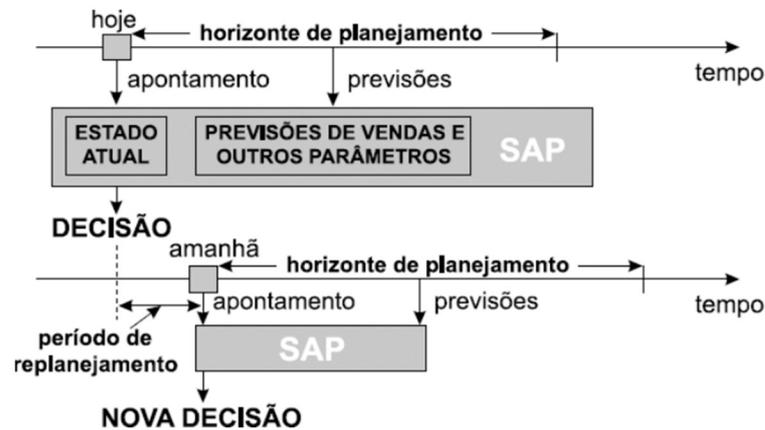


Figura 2.3. Processos de planejamento.

Fonte: Corrêa *et al.* (2023, p. 20).

2.3 MRP (*Material Requirements Planning*)

O conceito do MRP é conhecido há vários anos. A premissa do MRP é que são conhecidos todos os componentes de um determinado produto e os respectivos tempos para disponibilizar cada um deles. Portanto, com base no estado ou visão futura das necessidades se calcula em que momento e quantidade devem ser disponibilizados esses componentes, visando que seja em quantidade menor ou maior.

Os sistemas iniciais nas organizações de manufatura por volta da década de 1960 foram os sistemas MRP. Embora suas raízes sejam antigas, a maior parte da funcionalidade do MRP ainda está disponível nos sistemas ERP atuais (Kurbel, 2020).

O sistema MRP possui relação de componentes em estrutura chamada de estrutura do produto ou árvore do produto, o qual se trata de itens filhos dos componentes diretos de outros itens (pais). A Figura 2.4, demonstra a estrutura para produção de lapiseira (Corrêa *et al.*, 2023).

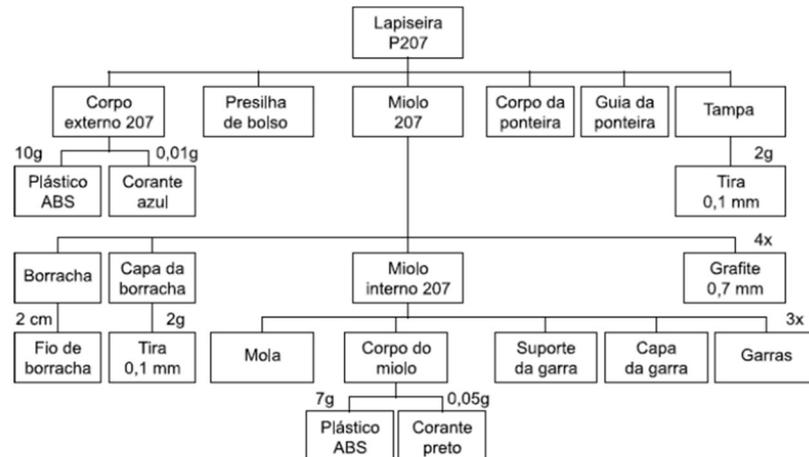


Figura 2.4. Estrutura do produto no MRP. Exemplo produção Lapiseira.

Fonte: Corrêa *et al.* (2023, p. 85).

Corrêa *et al.* (2023) cita que nem sempre é uma atividade fácil gerar representações gráficas, como por exemplo a estrutura de produtos, e uma proposta é usar uma representação alternativa das informações, chamada de lista de materiais indentada, em inglês *indented bill of materials*. A Figura 2.5 exemplifica esse conceito, tendo como exemplo a lapiseira como produto.

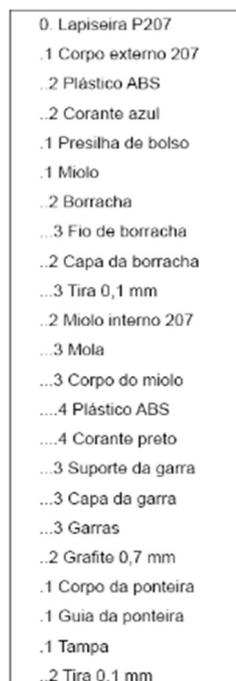


Figura 2.5. Indented bill of materials no MRP. Exemplo produção Lapiseira.

Fonte: Corrêa *et al.* (2023, p. 86).

O principal benefício do sistema MRP, é a lógica do sistema em programar atividades para o momento mais tarde possível, visando minimizar os estoques carregados, por exemplo comprando materiais não no momento mais cedo possível, mas no momento mais tarde possível. Outra possibilidade do sistema é referente a política de lotes que são (Corrêa *et al.*, 2023):

- a) Política de lotes múltiplos;
- b) Política de lotes mínimos;
- c) Política de lotes máximos;
- d) Política de períodos fixo.

A lógica do MRP é *backward scheduling*, em português para trás, ou seja, se baseia na visão futura da necessidade de produtos, e vem explodindo as necessidades dos componentes em níveis para trás do tempo, o qual é preciso uma ótima previsão de vendas para o correto funcionamento do MRP. Corroborando com Hasanati *et al.* (2019), ou seja, os sistemas MRP se trata de uma técnica para determinar a quantidade e o tempo de compra de itens de demanda necessários para atender às necessidades do MPS (*Master Production Schedule*), O MRP utiliza listas de materiais, inventário, estimativa de recebimentos e o plano mestre de produção para determinar as necessidades de materiais, e com a implementação do sistema MRP, o resultado é aumentar a concorrência e eficiência a custos mais baixos.

Para o correto funcionamento do sistema MRP é necessário considerar fatores para evitar erros graves, resultando em falta de produto ou excesso de componentes ou produtos no estoque. Para mitigar esse risco, os fatores que se deve levar em consideração são:

- a) Precisão dos dados de estoque;
- b) Precisão na estrutura do produto;
- c) Correta informação no sistema (*lead times*);
- d) Tamanho dos lotes e estoque de segurança para cada item.

O sistema operacional do MRP é de gestão por exceção, detalhando as diferenças entre o realizado e planejado, o que requer ação do planejador.

2.4 MRP II (*Manufacturing Resource Planning*)

Como foi apresentado, o MRP se trata de um sistema que utiliza com base na decisão de produção dos produtos, o qual se determina o que, quanto e quando produzir e comprar os

componentes ou matéria-prima, o que contribui muito para o planejamento visando atender a estratégia das organizações. No entanto, para especialistas e profissionais da manufatura é necessário verificar se a capacidade é suficiente para atender a demanda planejada pelo MRP, pois caso tenha problemas de atraso de produção, vão resultar em atraso na produção e entrega do produto e serviço com relação as datas planejadas, e estoque de componentes que chegaram pontualmente ou antecipadamente do programado.

Kurbel, (2020) cita que os dados mestre do MRP II, além daqueles utilizados no MRP, incluem roteiros, instalações operacionais, calendários de fábrica, modelos de turnos, ferramentas e funcionários, ou seja, foram adicionados os tempos de processamento, tempos de preparação (*setup*), instalações operacionais e outros recursos que podem colaborar com as operações, visando eliminar atrasos.

De acordo com Corrêa *et al.* (2023), existem duas propostas para eliminar esses atrasos:

- 1) Garantir que sempre tenha capacidade produtiva disponível, em outras palavras que tenha capacidade produtiva além do necessário, visando não ter gargalos e atrasos e atender a quantidade de produção no *lead time* planejado. No entanto, essa ação irá acarretar custos adicionais devido aos investimentos em equipamentos ou instalações e ociosidade de mão de obra;
- 2) Superestimar os leads times, ou seja, considerando os possíveis riscos de atraso devido a capacidade ineficiente atenda a demanda para garantir a produção planejada. Porém a ação irá resultar na formação de estoque, uma vez que, a maioria dos componentes estarão disponíveis antes do momento necessário.

Não considerar a capacidade irá implicar em custos adicionais. Empresas que utilizam apenas o MPR deve administrar um balanço entre as decisões de superestimar os *leads times*, disponibilizar capacidade em excesso ou gerenciar o nível de serviço a clientes.

A diferença entre o MPRII e MPR é o tipo de decisão de planejamento, pois a base o MRP são decisões de o que, quanto e quando produzir e comprar, já o MRPII além de se basear nas decisões do MPR também tem como base as decisões de como produzir. A Figura 2.6, demonstra essa diferença. O sistema MPRII possui uma sequência de cálculos, verificações e decisões para obter um plano de produção viável considerando a disponibilidade de componentes e capacidade produtiva com vários módulos, sendo eles:

- a) Programação mestre de produção (MPS);
- b) Planejamento aproximado de Capacidade (RCCP);
- c) Cálculo detalhado de necessidade de capacidade (CRP);

- d) Controle de fábrica (SFC);
- e) Controle de compras (PUR);
- f) Sales & Operation Planning (S&OP).

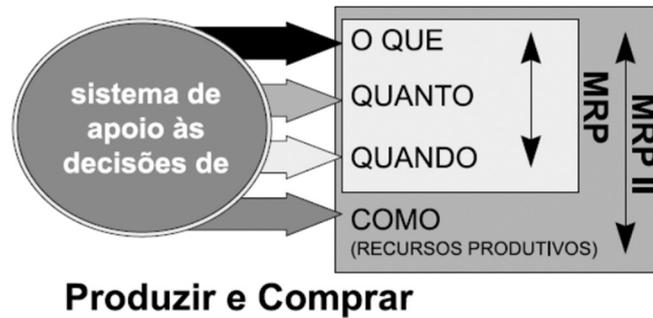


Figura 2.6. Diferenças ente o sistema MRP e o MRPII.

Fonte: Corrêa *et al.* (2023, p. 140).

A tomada de decisão do sistema MRPII é muito centralizada, deixando margens muito baixas de manobras quem executa as atividades planejadas e é considerado com sistema passivo, que aceita passivamente seus parâmetros tais como tempo de *setup*, níveis de estoques de segurança, refugos etc. Em outras palavras o sistema MRPII automatiza muito, mas melhora pouco. Diante deste cenário, é fundamental que as organizações que pretendam implementar o sistema considerem revisar ou implementar políticas, normas, procedimentos e instruções operacionais, visando melhoria contínua (Corrêa *et al.*, 2023).

O sistema MRPII é dinâmico, o que é uma das principais vantagens, pois se trata de sistema que reage satisfatoriamente às mudanças, no qual as mudanças podem parecer simples, mas na realidade podem influenciar em vários componentes, ou seja, sem um sistema MRP II seria muito difícil.

Por outro lado, as organizações que utilizam o sistema MRP II são consideradas com ambiente altamente computadorizado, isto é, mesmo que esteja disponível uma quantidade grande de informações, esses dados precisam ser inseridos no sistema de forma sistemática e com precisão, pois o MRP II não tolera controles paralelos, em resumo os envolvidos com a utilização dos sistemas devem seguir os procedimentos e instruções de entrada de dados disciplinadamente. Outro aspecto importante que deveremos considerar do sistema MRP II é quanto a adequação do sistema à empresa, pois dependendo do tipo de processo de produção (contínuo, linha, *batch*, *job shop* ou por projetos), da complexidade das estruturas de produtos, roteiros de fabricação e prioridades competitivas da organização no mercado de atuação (custo,

qualidade, prazo de entrega), o procedimento de estruturação do processo de planejamento pode ser diferente (Corrêa *et al.*, 2023).

2.5 ERP (*Enterprise Resource Planning*)

O sistema *Enterprise Resource Planning*, em português Planejamento de Recursos da Empresa, vem sendo utilizado como o estágio mais avançado dos sistemas tradicionalmente chamado de MRP II. O ERP é composto de módulos para atender as necessidades de informação para apoio na tomada de decisão dos departamentos que não são somente ligados à manufatura, tais como: distribuição física, custos, recebimento fiscal, faturamento, recursos humanos, finanças, contabilidade etc., o qual todos são integrados uns aos outros e com o módulo de manufatura, ou seja, com uma base de dados única e não redundante (Corrêa *et al.* 2023). Corroborando com Kurbel (2020), pois o ERP foi desenvolvido como continuação dos MRP e MRP II, o qual a base de abordagem para esse desenvolvimento do ERP foram duas, a primeira é que as empresas realizam a maior parte de seu trabalho em processos comerciais. Em empresas de manufatura, algumas dessas funções são relacionadas à manufatura, enquanto outras cuidam de recursos humanos, marketing ou controle, ou seja, para que a organização possa ser bem-sucedida, é necessário que todos os recursos trabalhem juntos de forma eficaz, o segundo fator que levou ao desenvolvimento do ERP foi a necessidade de sistemas de informação eficazes não apenas na manufatura, mas também em outros setores.

Enquanto o planejamento de recursos de produção se concentrava nos recursos necessários para a produção, a ideia por trás do planejamento de recursos empresariais é considerar todos os recursos necessários para o sucesso da empresa.

Corrêa *et al.* (2023) cita que o conceito do MRP II foi desenvolvido na base do que é conhecido como MRP, o qual calcula a necessidade de materiais, ou seja, foi introduzido alguns módulos para atender as necessidades, no qual começou a atender as necessidades de decisão gerencial referente a recursos de produção e que outros módulos integrados ao MRP II continuaram a ser integrados e propostos ao mercado, tais como recebimento físico que obrigatoriamente tem que ser informado ao MRP II para que possa ser efetivo, quando começaram a surgir os questionamentos em oferecer de forma integrada um apoio ao recebimento fiscal, transações contábeis. Quando os fornecedores de sistemas iniciaram a propor soluções mais integradas com a manufatura, e utilização de mais funções disponíveis não mais chamaram de sistemas MRP II, mas de sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*). A Figura 2.7, demonstra a estrutura dos sistemas ERP e sua evolução a partir do MRP.

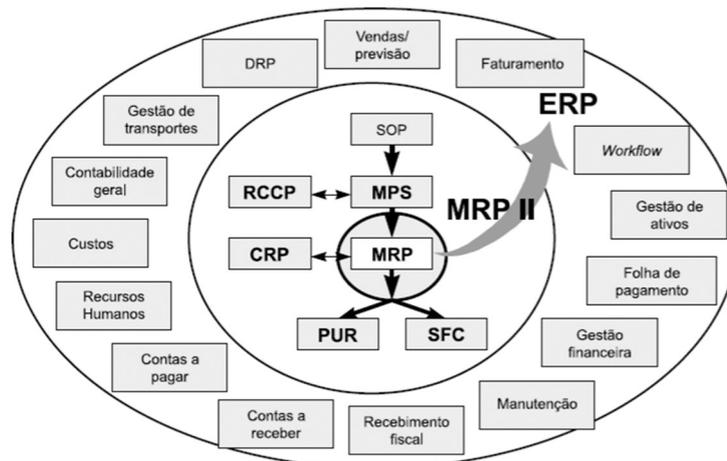


Figura 2.7. Estrutura dos sistemas ERP e sua evolução a partir do MRP.

Fonte: Corrêa *et al.* Página 417 (2023, p. 417).

Como citado, os sistemas ERP possuem módulos integrados que abrangem o seguinte escopo (Corrêa *et al.* 2023):

1. Módulos relacionados a operações e *supply chain management*.
 - a) Previsões e análises de vendas (*forecasting e sales analysis*);
 - b) Listas de materiais (BOM – *Bill of Material*);
 - c) Programação mestre de produção e planejamento aproximado de capacidade (MPS – *Master Production Scheduling* e RCCP – *Rough Cut Capacity Planning*);
 - d) Planejamento de materiais (MRP – *Material Requirements Planning*);
 - e) Planejamento detalhado de capacidade (CRP – *Capacity Requirements Planning*);
 - f) Compras (*purchasing*);
 - g) Controle de fabricação (SFC – *Shop Floor Control*);
 - h) Controle de estoques (*inventory*);
 - i) Engenharia (*engineering*);
 - j) Distribuição física (DRP – *Distribution Requirements Planning*);
 - k) Gerenciamento de transporte (TM – *Transport Management*);
 - l) Gerenciamento de projetos (*project management*).
2. Módulos relacionados à gestão financeira, contábil e fiscal.
 - a) Contabilidade geral;

- b) Custos;
- c) Contas a pagar;
- d) Contas a receber;
- e) Faturamento;
- f) Recebimento fiscal;
- g) Contabilidade fiscal;
- h) Gestão de caixa;
- i) Gestão de ativos;
- j) Gestão de pedidos;
- k) Definição e gestão dos processos de negócio (*work-flow*).

3. Módulos relacionados à gestão de recursos humanos.

- a) Pessoal;
- b) Folha de pagamento;

O sistema ERP é uma parte da infraestrutura tecnológica que ajuda as empresas a integrarem dados com fornecedores e clientes de todas as divisões internas. Ele estabelece uma estreita interação entre fornecedores e clientes, conectando todas as fases das operações e procedimentos internos e externos de uma organização. O ERP facilita o fluxo de informações, aumenta a eficácia do gerenciamento da cadeia de suprimentos e permite o compartilhamento de informações entre vários departamentos. De acordo com Al-Mashari e Zairi (1997), eles devem capacitar os gerentes a tomarem melhores decisões, fornecendo-lhes informações mais precisas e atualizadas.

De acordo com Yoo e Kim (2021), as organizações que não têm um sistema de tecnologia da informação alinhado com sua estratégia e seus processos, como contabilidade, cadeia de suprimentos, manufatura, desenvolvimento de produtos, projetos e processos, recursos humanos e outros, perdem as vantagens competitivas exigidas pelo mercado.

Conforme Kurbel (2020), a integração dos processos abrange diversos aspectos nas organizações, embora muitas pessoas associem imediatamente a integração de processo com a eliminação da redundância de informações, porém existem outras formas de abordá-la, incluindo diferentes perspectivas que merecem consideração, sendo elas:

- 1) Integração de dados: Consiste na unificação dos modelos e bancos de dados em níveis conceituais, lógicos ou até mesmo físicos, visando garantir que todos os departamentos e processos de negócios das organizações utilizem as mesmas informações e com

valores consistentes;

- 2) Integração de funções: Funções separadas, porém relacionadas, são conectadas ou unificadas em uma única função. Um exemplo disso é a integração do design auxiliado por computador (CAD) com a análise de custo do produto, permitindo que o engenheiro possa visualizar de forma imediata o impacto das decisões de design nos custos;
- 3) Integração de atividades: Atividades que estão logicamente relacionadas são conectadas ou sincronizadas. Um exemplo disso ocorre com atividade predecessoras, ou seja, transfere todos as informações relevantes para a atividade sucessora;
- 4) Integração de processos: Processos comerciais distintos ou subprocessos que interagem entre si são conectados ou unificados. Um exemplo disso é a integração entre o recebimento e atendimento de pedidos com a produção;
- 5) Integração de métodos: Os métodos de planejamento são alinhados e coordenados. Por exemplo, o método utilizado para calcular as quantidades de pedido deve estar em sincronizado com o método de planejamento, visando garantir a redução de estoques e dos custos associados ao inventário;
- 6) Integração de programas: Diferentes programas ou módulos são capazes de operar em conjunto. Para isso, é necessário que os programas sejam desenvolvidos na mesma base, ou seja, na mesma tecnologia de software ou que utilizem uma tecnologia de interface (middleware) que possibilite a colaboração entre eles.

Corroborando com Alaskari *et al.* (2021), os sistemas ERP permitem que as organizações não apenas controlem seu sistema de produção e sua gestão, mas obtenham de forma rápida e precisa informações extremamente importantes para a tomada de decisões estratégicas em seus negócios, o que resulta em crescimento, redução de custos e minimização de informações redundantes.

As organizações que possuem sistemas de informação (ERP) têm vantagens competitivas significativas (Estébanez, 2021) pois têm maior controle do processo de manufatura, cálculos precisos de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), controle detalhado de datas de desenvolvimento e entrega, fluxo de caixa, controle orçamentário, margens, entre outros, que podem mantê-las competitivas para atender às necessidades e exigências do mercado externo.

Outra vantagem competitiva para as organizações que possuem um sistema ERP é a facilidade e a agilidade para identificar melhorias em seu processo de gestão, como, por exemplo, identificar a necessidade de adquirir um módulo do sistema para o processo de

desenvolvimento de novos produtos, módulos para controle de ocupação de equipamentos, *headcount*, *business cases* etc.

As organizações que utilizam o sistema de informação ERP gerenciam seus recursos e informações, o que resulta em competitividade, mas para as pequenas e médias empresas isso é um desafio (Alpers *et al.*, 2014), pois é necessário customizar o ERP de acordo com a posição geográfica da organização, a atividade econômica, as influências da sociedade, a demanda do mercado externo, os estímulos contínuos e descontínuos (Agostinho, 2018), bem como a dificuldade de escolher o sistema que melhor se adapta à estratégia da organização, principalmente devido ao valor do investimento, pois de acordo com a necessidade da organização o custo de implementação do ERP é alto.

Widiastuti (2020) listou algumas limitações para a implementação do ERP, tais como: mudanças ocorrem, o que automaticamente levará a uma resistência na execução do sistema ERP, o processo de treinamento para usar um novo sistema consumirá muito tempo, os sistemas ERP geralmente são relativamente caros, os sistemas ERP não são fáceis de usar e não podem resolver problemas relacionados a erros humanos.

Por outro lado, as organizações que utilizam sistemas de planejamento de recursos empresariais como ferramentas para gerenciar seus dados e recursos de forma eficiente (Krumbholz e Maiden, 2001) apresentam melhores resultados. De acordo com Li *et al.* (2006), esses sistemas facilitam a comunicação e a cooperação eficazes entre os departamentos, combinando várias operações comerciais em um único sistema com um banco de dados compartilhado. Os sistemas ERP são amplamente utilizados por empresas em todo o mundo para aprimorar as operações e atingir os objetivos. A adoção do ERP é um procedimento desafiador que precisa de um gerenciamento meticuloso das mudanças organizacionais e de preparação tecnológica (Zhang, 2022). A implementação do sistema ERP envolve a organização das mudanças organizacionais necessárias e a criação da infraestrutura tecnológica. Isso inclui transferir dados de sistemas desatualizados, ensinar os membros da equipe a utilizarem o novo sistema e garantir que todos os departamentos estejam usando os mesmos procedimentos (Widiastuti, 2020). Embora uma implementação adequada de sistemas ERP possa ser um desafio para qualquer empresa, as PMEs podem ter mais dificuldades para implementá-lo e obter todos os benefícios que esses sistemas podem oferecer (Choueiri e portela santos, 2021). Corroborando com Widiastuti (2020), o ERP é uma ferramenta estratégica para planejamento e gerenciamento de todos os recursos da organização, ou seja, com o ERP é possível gerenciar todos os departamentos da organização, como contabilidade, finanças, produção, vendas, compras, almoxarifado e recursos humanos. Por esse motivo, o

processo de tomada de decisão pode ser mais eficaz e eficiente.

O sistema ERP ideal para atender a essa necessidade também deve ser escolhida como parte desse processo de implementação. Por ter um impacto significativo no resultado do projeto, o estágio de seleção da implementação do ERP é vital. A seleção do sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) adequado não só aumenta a probabilidade de uma implantação bem-sucedida, mas também ajuda as empresas a simplificarem suas operações, agilizar os fluxos de trabalho e tomar decisões baseadas em dados. Para atingir as metas de sustentabilidade, as empresas devem combinar dados, informações e procedimentos de todos os aspectos das operações comerciais sustentáveis em um único banco de dados. Um sistema de planejamento de recursos empresariais sustentável pode ajudar nesse processo de integração, permitindo que as organizações acompanhem e centralizem seu desempenho em sustentabilidade.

É fundamental lembrar que a implementação de um sistema ERP pode ser difícil, independentemente de se tratar de sustentabilidade ou de operações corporativas gerais (Li *et al.*, 2006). Para garantir uma transição perfeita e uma implementação eficaz, são necessárias técnicas de planejamento, alocação de recursos e gerenciamento de mudanças. Considerando tudo isso, o uso de soluções de planejamento de recursos empresariais é essencial para que as empresas gerenciem seus dados com eficiência, agilizem os procedimentos e tomem decisões.

De acordo com Buonanno *et al.* (2005), algumas literaturas fornecem definições diferentes sobre os sistemas ERP, ou seja, os sistemas ERP podem ser personalizáveis e os sistemas de aplicativos padrão podem incluir soluções de negócios integradas para o processo principal, como planejamento de produção e gerenciamento de depósito na empresa. Entretanto, o motivo da adoção do ERP nas PMEs foi explicado apenas por fatores contingenciais ou exógenos.

Em suma, o sistema ERP integra todos os recursos no nível da empresa para gerenciar a estratégia da empresa e planejar os negócios em um único sistema, que pode incluir design de produto, armazém, planejamento de materiais, recursos humanos, finanças, gerenciamento de projetos, fabricação, vendas, distribuição, logística, cujo resultado é a criação de vantagem competitiva, o aprimoramento da qualidade do produto, a melhoria dos níveis de serviço e a redução dos custos operacionais (Lin, 2022). A Figura 2.8 mostra essas funções principais.

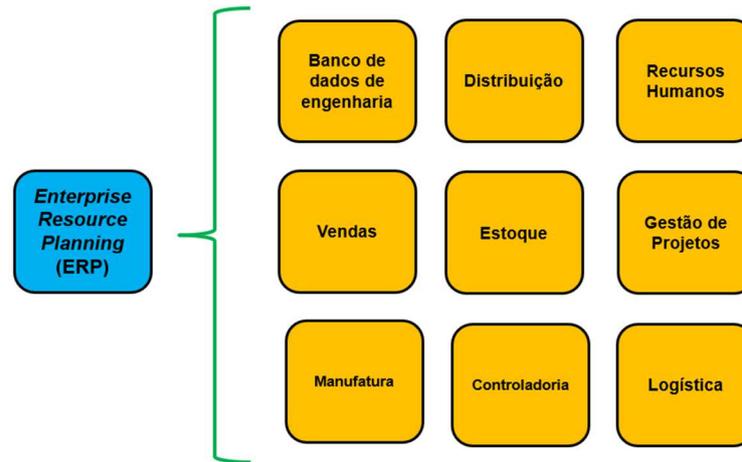


Figura 2.8. Função principal do ERP.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Lin (2022).

Ainda segundo Lin (2022), a melhor vantagem da implementação do ERP é economizar os recursos humanos na gestão, evitar a perda causada por erros manuais, pois permite que os usuários analisem suas situações financeiras com análise dinâmica para verificar se a estrutura de capital é razoável e as operações são adequadas de acordo com a estratégia.

Além disso, Haddara e Moen (2017) citaram que o ERP pode compartilhar dados e informações e aprimorar a gestão dos processos de negócios, sendo possível melhorar as principais operações.

Almajali *et al.*, (2022) citam que os sistemas ERP abrangem um método inovador utilizado pelas empresas para lidar com o ambiente de negócios multifacetado. O sistema ERP é um conjunto de pacotes de software de negócios para integrar e otimizar o processo de gerenciamento de negócios, que utilizando um único banco de dados e incorpora o fluxo de informações e os processos de negócios.

2.6 Resumo do capítulo

O Capítulo 2 aborda a fundamentação teórica necessária para compreender a relevância e a aplicação dos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) em pequenas e médias empresas brasileiras (PMEs), destacando sua contribuição para a eficiência operacional, integração de processos e competitividade no mercado. As PMEs desempenham um papel crucial na economia do Brasil, sendo responsáveis por grande parte do PIB e da geração de empregos, mas enfrentam desafios como acesso ao crédito e necessidade de adaptação tecnológica. Nesse contexto, os sistemas ERP, evoluídos a partir dos conceitos de MRP e MRP

II, emergem como soluções integradas que não apenas otimizam processos e eliminam atividades redundantes, mas também fornecem dados estratégicos para a tomada de decisão em tempo real. A abordagem enfatiza a importância do planejamento contínuo e da capacidade de adaptação a mudanças como fatores essenciais para o sucesso e a sustentabilidade dessas organizações no ambiente de negócios competitivo.

3. MÉTODO

O método utilizado no trabalho foi estruturado para assegurar a consistência e a confiabilidade dos resultados obtidos. Este capítulo descreve, em detalhe, as etapas metodológicas empregadas para alcançar os objetivos propostos, incluindo a classificação da pesquisa, os procedimentos metodológicos e as ferramentas utilizadas. A abordagem combinou técnicas quantitativas e qualitativas para explorar a maturidade na implementação e uso de sistemas ERP em pequenas e médias empresas (PMEs) brasileiras. Além disso, foram aplicados métodos consagrados, como o CRITIC (*Criteria Importance Through Intercriteria Correlation*) e o *Grey Weight Fixed Clustering* (GWFC), para a análise e categorização dos dados coletados. Essas escolhas metodológicas refletem o compromisso com a robustez científica e a relevância prática, permitindo que os achados do estudo contribuam de forma significativa para o campo de pesquisa.

3.1 Classificação da Pesquisa

A classificação da pesquisa se caracteriza como indutiva, adotando uma abordagem de investigação científica que parte de observações específicas para a construção de teorias. De acordo com Cooper e Schindler (2014), a pesquisa indutiva permite explorar fenômenos ainda pouco compreendidos, construindo teorias baseadas em padrões identificados nos dados coletados. Neste estudo, utilizou-se uma estratégia bibliográfica, com um objetivo exploratório, visando identificar e mapear elementos importantes relacionados ao tema em questão. Essa abordagem é ideal para áreas onde há lacunas de conhecimento, permitindo que novas ideias e hipóteses sejam geradas.

A abordagem do problema é combinada, integrando métodos quantitativos e qualitativos para proporcionar uma compreensão mais ampla e detalhada do problema de pesquisa. Como destacado por Cooper e Schindler (2014), a combinação de abordagens enriquece a análise, permitindo que os métodos qualitativos aprofundem os significados observados nos dados quantitativos. O desenvolvimento temporal da pesquisa é do tipo transversal, possibilitando a análise de dados em um único ponto no tempo, sem necessidade de acompanhar mudanças ao longo do período.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários estruturados, com a atribuição de notas conforme uma escala ordinal, método que facilita a quantificação das percepções dos respondentes, sem deixar de lado a subjetividade inerente às questões abordadas. A natureza da

pesquisa é aplicada, voltada para a investigação de problemas práticos e o atendimento a demandas específicas, refletindo a relevância do trabalho para o contexto real das organizações estudadas.

O Quadro 3.1 apresenta a classificação detalhada da pesquisa utilizada neste trabalho, consolidando suas características de acordo com as categorias estabelecidas. Essa estruturação metodológica reforça o alinhamento entre o objetivo do estudo e as ferramentas utilizadas para sua realização, garantindo confiabilidade e aplicabilidade dos resultados.

Quadro 3.1. Classificação da pesquisa.

Tipo	Classificação
Método amplo	Indutivo
Natureza da pesquisa	Aplicada
Estratégia de pesquisa	Pesquisa bibliográfica Levantamento (<i>survey</i>)
Objetivo da pesquisa	Exploratório
Abordagem do problema	Combinada (ou mista)
Tempo (corte)	Transversal
Coleta de dados (instrumento)	Questionário com escala ordinal

Fonte: O autor (2024).

3.2 Procedimentos Metodológicos

Este estudo foi baseado nas etapas mostradas na Figura 3.1, e é muito importante mencionar que o Comitê de Ética em Pesquisa aprovou este estudo sob o número CAEE 71213623.8.0000.5404.

A revisão sistemática foi feita nos bancos de dados que permitiram estabelecer a teoria básica para ERP, CRITIC e *Grey Weight Fixed Clustering*.

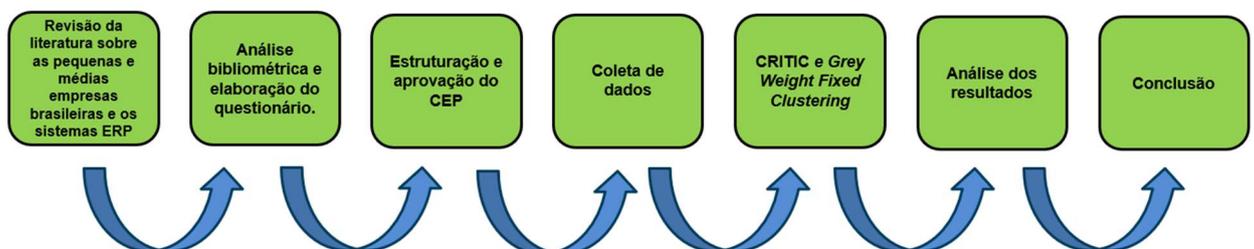


Figura 3.1. Método de pesquisa.

Fonte: O autor (2024).

A estrutura do trabalho segue os critérios clássicos de metodologia de pesquisa propostos

por autores como Gil (2019) e Silva e Menezes (2005): estratégia de pesquisa, procedimentos técnicos, abordagem do problema, objetivos e técnicas de coleta de dados. Como este artigo utilizou uma análise bibliométrica para identificar a contribuição da implementação de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras, a pesquisa se caracteriza como um procedimento técnico de levantamento bibliográfico, pois o objetivo é conhecer as publicações existentes e obter informações sobre a situação atual do tema. A abordagem do problema é quantitativa, pois é utilizado o software SciMAT para traduzir as informações bibliográficas sobre o assunto em números, onde essas informações são processadas em dados estatísticos a serem analisados. Quanto aos objetivos, são classificados como pesquisa exploratória, que visa proporcionar maior familiaridade com o problema para torná-lo explícito ou para construir hipóteses, que segundo Gil (2017) assume a forma de pesquisa bibliográfica.

Para alcançar o objetivo foi realizado o desempenho bibliométrica e análise de rede utilizando o software SciMAT para analisar todos os documentos relacionados ao tema de empresas de pequeno e médio porte (PME) que possuam sistemas ERP. Nesse estudo as seguintes questões de pesquisa foram propostas:

Questão de pesquisa 1: Quais são os temas estratégicos para pequenas e médias empresas que possuem o sistema ERP implementado?

Questão de pesquisa 2: Como está a estrutura temática científica da PME com ERP implementado?

Questão de pesquisa 3: Quais são as principais vantagens e desvantagens para PME com sistema ERP implementados.

Questão de pesquisa 4: Quais são os principais desafios e limitações do sistema ERP para PME?

3.3 Performance Bibliométrica e Análise de Rede

Embora exista uma série de base de dados científicas, nesse artigo as pesquisas foram realizadas na base de dados Scopus. Oficialmente denominada como SciVerse Scopus, essa base de dados foi oficialmente introduzida pela Elsevier em 2004, segundo Kuchi (2004), Scopus é uma das maiores base de dados existente no mercado de literaturas científicas multidisciplinares. Boyle e Sherman (2005) acreditam que a escolha da Scopus se deve à qualidade dos resultados, economia de tempo, facilidade de uso e possível efeito nos resultados da pesquisa, além de poder exportar os dados no formato “RIS” que é um dos principais formatos de importação aceitos no software SciMAT, o qual é baseado em abordagem de

análise de mapeamento científico apresentado por Cobo *et al.* (2011), no qual é possível obter estudos de mapeamento científico em uma estrutura longitudinal (Garfield, 1994).

Conforme Cobo *et al.* (2011) com o *software* SciMAT é possível obter cinco tipos de mapeamento para redes de co-ocorrência: *core mapper*, *secondary mapper*, *k-core mapper*, *union mapper* e *intersection mapper*, no qual os pesquisadores podem realizar uma análise de mapeamento em uma estrutura longitudinal, visando analisar e rastrear a evolução conceitual, intelectual ou social de uma determinada pesquisa ao longo de períodos consecutivos. Ainda de acordo com Cobo *et al.* (2011), o SciMAT elabora mapas enriquecidos com medidas bibliométricas baseadas em citações tais como: índice h (Alonso *et al.*, 2009) (Hirsch, 2005), índice g (Egghe, 2006), índice hg (Alonso *et al.*, 2010), índice q² (Cabrerizo *et al.*, 2010).

A partir de informações bibliométricas (Garfield, 1994) a elaboração de mapas é uma técnica amplamente utilizada para analisar os diferentes tópicos ou temas pesquisados por uma área em um determinado momento, o qual dependendo das informações utilizadas diferentes aspectos no campo de pesquisa podem ser estudados, sendo que a análise de co-palavra e co-citação são ferramentas amplamente utilizadas.

Como o objetivo desse artigo é análise bibliométrica pequenas e médias empresas que possuam sistemas ERP, foram utilizadas a seguinte *string* de busca pesquisando no título, resumo e palavras-chaves entre os anos de 2013 a 2023: “*enterprise resource planning*” AND “*small and medium companies*” OR “ERP” AND “*critical success fator*” AND “*information system*”. Os dados foram extraídos da base Scopus em 16 de junho de 2023 no formato “RIS” e importados no SciMAT onde esses dados foram pré-processados e analisados. Observou-se com essa extração de dados uma pequena quantidade de 56 documentos, mas os resultados da análise não foram muito expressivos no diagrama longitudinal, pois não apresentou muitos temas relacionados, o que demonstra que a *string* de busca utilizado pelos pesquisadores não foi eficiente ou que talvez seja um tema incipiente.

Devido a esse resultado os pesquisadores decidiram ampliar a pesquisa mudando a *string* de busca para “*enterprise resource planning*” AND “*small and medium companies*” OR “ERP” AND “*critical success fator*”, retirando a palavra “*information system*”, mantendo os filtros nos períodos de 2013 a 2023 e nos campos de pesquisa no título, resumo e palavras-chaves. Essa segunda extração de dados do Scopus foi feita em 16 de junho de 2023 obtendo um resultado de 223 documentos, no qual os resultados da análise também não foram muito expressivos no diagrama longitudinal, pois não apresentou muitos temas relacionados, o que demonstra que esta *string* de busca utilizada pelos pesquisadores também não foi eficiente ou que talvez seja um tema incipiente.

Diante deste resultado os pesquisadores decidiram alterar a pesquisa mudando a *string* de busca para “*enterprise resource planning*” AND “*small and medium companies*” OR “ERP” AND “*critical success fator*”, incluindo a palavra AND “*information system*”, mantendo os filtros nos períodos de 2013 a 2023 e nos campos de pesquisa no título, resumo e palavras-chaves. Essa terceira extração de dados do Scopus foi feita em 16 de junho de 2023 obtendo um resultado de 263 documentos, no qual os resultados da análise também não foram muito expressivos no diagrama longitudinal, pois não apresentou muitos temas relacionados, o que demonstra que este *string* de busca utilizado pelos pesquisadores também não foi eficiente, ou seja, com este cenário os pesquisadores decidiram alterar novamente a pesquisa mudando a *string* de busca para “*enterprise resource planning*” AND “*small and medium companies*” OR “ERP”, substituindo a palavra AND “*information system*” para OR “SME”, mantendo os filtros nos períodos de 2013 a 2023 e nos campos de pesquisa no título, resumo e palavras-chaves. Essa quarta extração de dados do Scopus foi feita em 16 de junho de 2023 obtendo um resultado de 354 documentos, o qual os resultados da análise também não foram satisfatórios no diagrama longitudinal, pois não apresentou muitos temas relacionados.

Novamente os pesquisadores alteraram a *string* de busca para “*enterprise resource planning*” AND “*small and medium companies*” OR “ERP”, removendo a palavra AND “SME”, mantendo os filtros nos períodos de 2013 a 2023 e nos campos de pesquisa no título, resumo e palavras-chaves. Essa quinta extração de dados do Scopus foi feita em 28 de junho de 2023 obtendo um resultado de 3.653 documentos no formato “RIS” (2.000 documentos) e importados no SciMAT onde esses dados foram pré-processados e analisados

Com este resultado na busca, foi realizado a etapa de pré-processamento, foi feito o tratamento dos dados nos 2.000 documentos com o agrupamento de palavras no plural de forma automática, agrupamento de palavras similares por 1 e 2 caracteres de distância, formação de um grupo de cada palavra individual, agrupamento de palavras similares no grupo por 1 caractere de distância e por último exclusão de documentos duplicados. Após o tratamento dos dados, palavras significando a mesmo conceito foram agrupadas, palavras com erros ortográficos foram corrigidas, e palavras irrelevantes foram removidas, chegando num total de 1.993 documentos, 10.182 palavras e 9.571 grupos de palavras.

3.4 Diagramas de Estratégia

Esses temas obtidos por agrupamentos de palavras-chave foram plotados em dois diagramas dimensionais baseados em valores de densidade (eixo y) e centralidade (eixo x) como

mostrados na Figura 3.2 abaixo, conforme proposto por Cobo *et al.* (2012a), Furstenau *et al.* (2020), Cobo *et al.* (2011) e López-Robles *et al.* (2020):

- Q1) Tema motor: alta centralidade e densidade;
- Q2) Temas básicos e transversais: alta centralidade e desenvolvimento baixo;
- Q3) Temas emergentes ou em declínio: baixa centralidade e densidade;
- Q4) Temas altamente desenvolvidos e isolados: centralidade baixa e desenvolvimento alto.

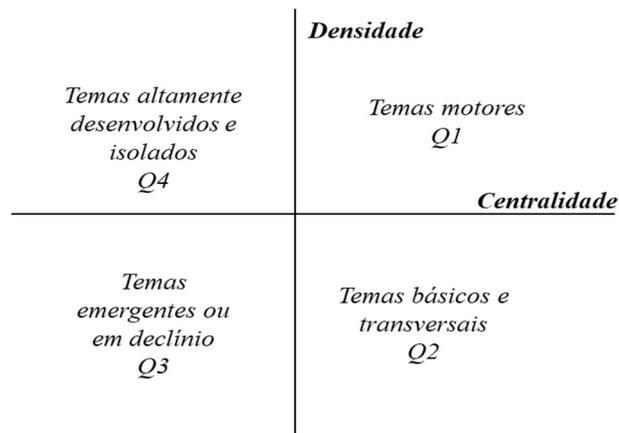


Figura 3.2. Exemplo de diagrama estratégico.

Fonte: Adaptado de Cobo *et al.* (2012 a).

O diagrama estratégico é elaborado de acordo com a classificação dos valores de densidade e centralidade dos temas, ou seja, as medianas e valores médios para densidade e centralidade podem ser usados na classificação de temas em quatro grupos (Cahlik, 2000; Callon *et al.*, 1991).

Em resumo, de acordo com Callon *et al.* (1991), duas medidas representam as redes no diagrama estratégico: densidade e centralidade.

A densidade mede a força do relacionamento entre cada palavra-chave dentro do tema. A densidade provê a representação da capacidade do tema para sustentar e desenvolver ao longo do tempo no campo da pesquisa. É definido como $d = 100 (\sum eab/c)$, onde a e b são palavras-chaves no tema.

A centralidade mede a força de como um cluster se relaciona com outros clusters. É definida como $d = 10 * \sum Wko$ onde k é uma palavra-chave pertencente ao tema e o é uma palavra-chave pertencente ao outro tema. A centralidade significa que um cluster é um ponto necessário de passagem e crítico para todo pesquisador interessado em investir esforços no entendimento (Cobo *et al.*, 2011; Cobo *et al.*, 2012a).

3.5 Redes Temática dos *Clusters*

Com o objetivo de identificar padrões escondidos e mapear co-ocorrências entre os temas importantes, uma análise temática de redes de cada um dos temas motores pode ser realizada conforme pode ser visto na Figura 3.3.

Conforme Cobo *et al.* (2011), em um determinado tema as palavras-chave e suas interligações desenham um gráfico de rede chamado de rede temática, sendo que a rede temática é rotulada usando o nome da palavra-chave mais significativa do tema analisado, que fica localizado no centro da rede. As palavras-chave são interligadas na rede, no qual os volumes das esferas representam o número de correspondentes a cada palavra-chave.

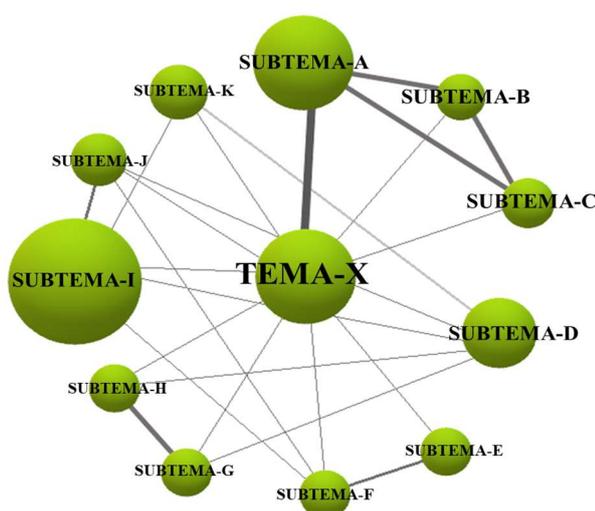


Figura 3.3. Exemplo de rede temática de clusters.

Fonte: Adaptado de Cobo *et al.* (2012 a).

A espessura das linhas é proporcional aos índices de inclusão, e o tamanho dos *clusters* é proporcional ao índice de inclusão, e à quantidade de documentos associados (COBO *et al.*, 2011). A evolução temática deste trabalho foi dividida em três subperíodos respectivamente: 2018-2019; 2020-2021; 2022-2023.

3.6 Mapa de Evolução Temática

Para descobrir a evolução dos temas de pesquisa ao longo do tempo, uma evolução temática pode ser realizada.

O mapa de evolução temática é definido como um grupo de temas desenvolvidos e estudados em diferentes períodos, e que dependendo da interligação entre eles um determinado

tema poderá pertencer a uma área temática diferente ou simplesmente poderia não provir de nenhuma.

A sobreposição de temas estudados e analisados entre períodos consecutivos pode ser medida por meio do índice de estabilidade (SMALL, 1977), no qual a equação é similar ao índice Jaccard que mede o número de palavras-chave compartilhadas entre os períodos (Braam *et al.*, 1991).

Para criar o mapa de evolução temático é utilizado o mapa de inclusão (a Figura 3.4 abaixo demonstra o mapa clássico). As linhas sólidas retratam os clusters vinculados e compartilham os temas centrais e sua espessura é proporcional ao índice de inclusão, as linhas tracejadas indicam os elementos dos temas compartilhados que não são os temas centrais, e a inexistência de linha implica em descontinuidade (novo *cluster*).

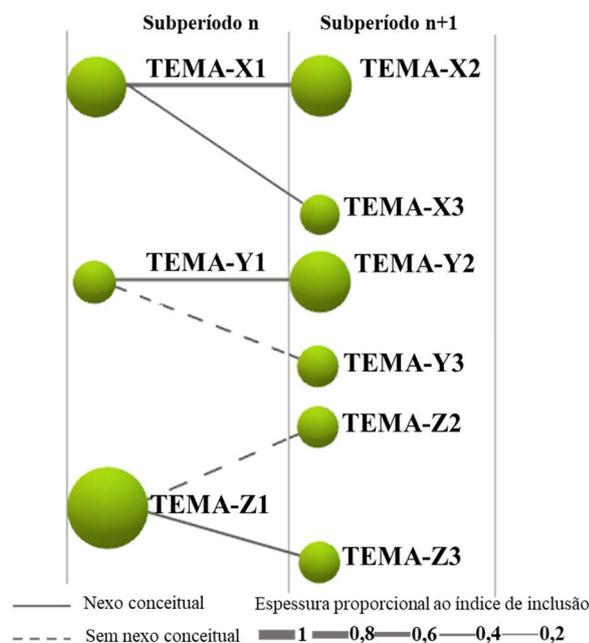


Figura 3.4. Exemplo de mapa de evolução temática.

Fonte: Adaptado de Cobo *et. al.* (2012 a).

Seguindo o exemplo anterior do mapa de evolução, a Figura 3.5 demonstra as medidas de estabilidade ao longo de dois períodos consecutivos. Nota-se que os círculos representam os períodos analisados e os seus números são as palavras-chave associadas.

A seta horizontal representa o número de palavras-chave compartilhadas entre os períodos e entre parênteses o índice de similaridade entre eles. A seta de entrada superior no período 2 representa o número de novas palavras-chave e a seta superior de saída no período 1 representa

as palavras-chave que estão período 1, mas não no período 2.

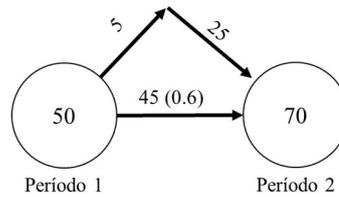


Figura 3.5. Exemplo de evolução temática.

Fonte: Adaptado de Cobo *et. al.* (2012 b).

3.7 Análise de Documentos com o *Software* SciMAT

A Figura 3.6 apresenta o número de publicações de pequenas e médias empresas que possuem sistemas ERP entre 2018 e 2023. Observou-se um pequeno decréscimo do primeiro período (2018-2019 pré-pandemia) para o segundo período (2020-2021 pandemia) de 824 para 702 documentos, e apesar do terceiro período (2022-2023 pós-pandemia) apresentar um número de publicações abaixo dos períodos anteriores até junho de 2023 quando os dados foram extraídos do Scopus com 365 documentos, os números de publicações tendem a ficar próximo comparado com o período anterior.

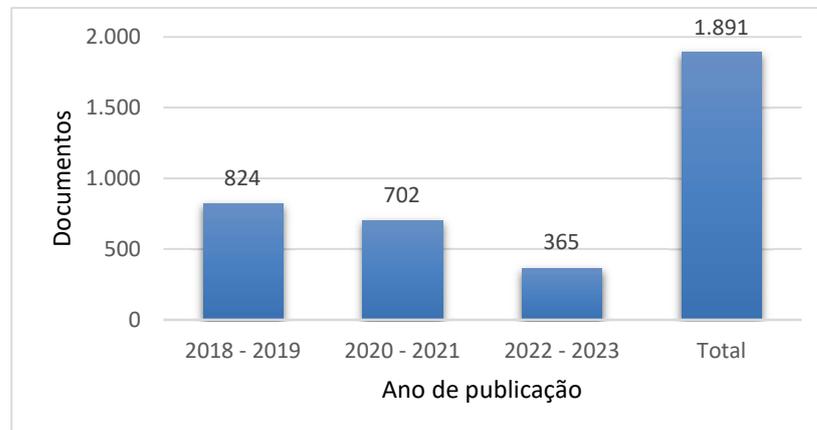


Figura 3.6. Número de publicações entre 2018 e 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O Quadro 3.2 abaixo apresenta os *journals* que mais publicaram no campo de pesquisa de pequenas e médias empresas que possuem sistema ERP entre 2018 e 2023. O *Sustainability (Switzelard)* é o primeiro do rank com 40 documentos publicados, seguido pelo *International Journal of Business Information System* com 18 documentos, até chegar no 15º lugar nessa lista

que é o *Journal of Computer Information Systems*, ressaltando que nessa lista só foram colocados os 15 primeiros porque os dados processados no SciMAT apresentaram 1.333 *journals* que publicaram documentos referentes ao tema central dessa pesquisa.

Quadro 3.2. *Journals* que mais publicaram documentos referentes ao tema dessa pesquisa.

<i>Journal</i>	Número de documentos
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	40
<i>International Journal of Business Information Systems</i>	18
<i>International Journal of Enterprise Information Systems</i>	17
<i>Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies</i>	15
<i>International Journal of Advanced Computer Science and Applications</i>	14
<i>Enterprise Information Systems</i>	13
<i>IEEE Access</i>	13
<i>Business Process Management Journal</i>	11
<i>International Journal of Supply Chain Management</i>	11
<i>Applied Sciences (Switzerland)</i>	10
<i>Journal of Theoretical and Applied Information Technology</i>	10
<i>International Journal of Recent Technology and Engineering</i>	9
<i>21st International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2019</i>	8
<i>Journal of Cleaner Production</i>	7
<i>Journal of Computer Information Systems</i>	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O Quadro 3.3 apresenta os 10 autores que mais publicaram documentos referentes ao tema dessa pesquisa entre 2018 e 2023. Saputra, M. é o mais produtivo com 20 documentos, seguido por Lubis, M. e Wrang, J. até ao 10º autor, lembrando que os dados processados no SciMAT apresentaram 4.848 autores que publicaram documentos referentes ao tema de pequenas e médias empresas que possuem sistema ERP implementado.

Quadro 3.3. Autores que mais publicaram documentos referentes ao tema dessa pesquisa.

Autores mais produtivos	Número de documentos
Saputra, M.	20
Lubis, M.	15
Puspitasari, W.	15
Ridwan, A.Y.	14
Haddara, M.	11
Bobek, S.	9
Kumar, A.	9
Zhao, Y.	9
Meyliana	9
Wang, J.	8

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em relação aos autores mais citados nos documentos analisados no SciMAT, os seguintes autores demonstrados no Quadro 3.4 se destacaram no período (2018–2023):

Quadro 3.4. Autores mais citados nos documentos referentes ao tema dessa pesquisa.

Autores mais citados	Número de documentos
Moeuf, A. <i>et al.</i>	598
Manavalan, E., Jayakrishna, K.	458
Ivanov, D <i>et al.</i>	191
Wei, G.	182
Wei, G. <i>et al.</i>	126
Zhang, Z. <i>et al.</i>	120
Banerjee, A.	108
Zhang, Y. <i>et al.</i>	96
Kumar, S. <i>et al.</i>	92
Hoque, M.R., AlBar, A.M.	73

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.8 Análise e discussão dos diagramas de estratégia

Para analisar os temas mais destacados e estratégicos do campo de pesquisa de pequenas e médias empresas que possuem sistema ERP implementado para cada subperíodo, dois tipos de diagramas estratégicos foram construídos usando SciMAT. No primeiro, o diâmetro das esferas é proporcional ao número de documentos associados a cada tema e, no segundo, é proporcional ao número de citações recebidas pelos documentos de cada tema. Os diagramas estratégicos para cada subperíodo podem ser visualizados nas Figuras 3.6, 3.7 e 3.8 apresentadas nas subseções a seguir.

3.8.1 Subperíodo de 2018 a 2019

A Figura 3.7 a seguir mostra 24 *clusters*, dos quais 7 estão classificados como tema motor (“ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING”, “HUMAN”, “ELECTROENCEPHALOGRAPHY”, “MATHEMATICAL-OPERATORS”, “CUSTOMER-RELATIONSHIP-MANAGEMENT”, “INDUSTRY-4.0”, “CLOUD-BASED”), 6 como temas básicos e transversais (“SUSTAINABLE-DEVELOPMENT”, “DECISION-SUPPORTS”, “SURVEYS”, “DATA-MINING”, “BIG-DATA”; “ERP-IMPLEMENTATION”), 6 como tema emergente ou em declínio (“WEB-SERVICES”, “PLANNING”, “HIGHER-EDUCATION-INSTITUTIONS”, “RISK-MANAGEMENT”, “SOFTWARE-AS-A-SERVICE”) e 5 como temas altamente desenvolvidos e isolados (“KEY-PERFORMANCE-INDICATORS”, “BUSINESS-PROCESS-RE-ENGINEERING”, “INVENTORY-MANAGEMENT”, “OPEN-SYSTEMS”, “INFORMATION-SERVICES”).

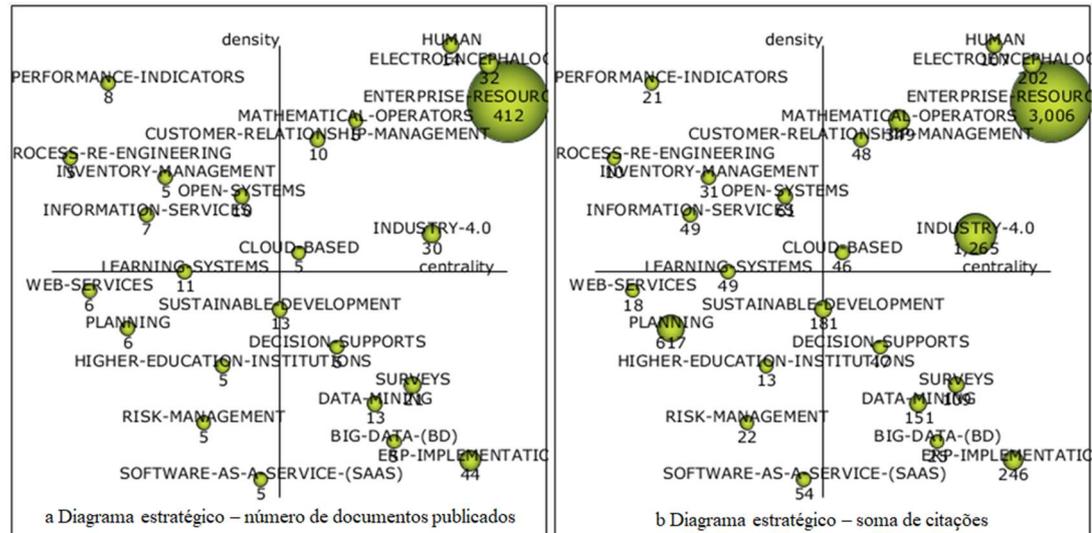


Figura 3.7. Diagrama estratégico do subperíodo de 2018 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

O Quadro 3.5 mostra a análise de desempenho dos temas de pesquisa e seus respectivos documentos centrais, soma de citação e índice h.

Quadro 3.5. Performance dos temas estratégicos de 2018 a 2019.

Tema	Número de documentos	Soma de citações	Índice h
<i>ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING</i>	412	3.006	22
<i>ERP-IMPLEMENTATION</i>	44	246	8
<i>ELECTROENCEPHALOGRAPHY</i>	32	202	7
<i>INDUSTRY-4.0</i>	30	1.265	10
<i>SURVEYS</i>	21	109	5
<i>HUMAN</i>	14	107	7
<i>DATA-MINING</i>	13	151	5
<i>SUSTAINABLE-DEVELOPMENT</i>	13	181	7
<i>LEARNING-SYSTEMS</i>	11	49	5
<i>OPEN-SYSTEMS</i>	10	61	4
<i>CUSTOMER-RELATIONSHIP-MANAGEMENT</i>	10	48	3
<i>KEY-PERFORMANCE-INDICATORS</i>	8	21	3
<i>INFORMATION-SERVICES</i>	7	49	3
<i>WEB-SERVICES</i>	6	18	3
<i>PLANNING</i>	6	617	2
<i>MATHEMATICAL-OPERATORS</i>	5	349	4
<i>BUSINESS-PROCESS-RE-ENGINEERING</i>	5	10	1
<i>INVENTORY-MANAGEMENT</i>	5	31	3

<i>CLOUD-BASED</i>	5	46	2
<i>DECISION-SUPPORTS</i>	5	47	3
<i>HIGHER-EDUCATION- INSTITUTIONS</i>	5	13	3
<i>RISK-MANAGEMENT</i>	5	22	2
<i>BIG-DATA-(BD)</i>	5	25	3
<i>SOFTWARE-AS-A-SERVICE- (SAAS)</i>	5	54	5

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Os temas motores observados no quadrante Q1 no diagrama estratégico entre 2018 e 2019 foram os termos “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*”, “*HUMAN*”, “*ELECTROENCEPHALOGRAPHY*”, “*MATHEMATICAL-OPERATORS*”, “*CUSTOMER-RELATIONSHIP-MANAGEMENT*”, “*INDUSTRY-4.0*”, “*CLOUD-BASED*” obtendo uma performance de 508 documentos e sendo citados 5.023 vezes.

3.8.2 Subperíodo de 2020 a 2021

A Figura 3.8 a seguir mostra 17 *clusters*, dos quais 3 estão classificados como temas motores (“*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*”, “*STUDENTS*”, “*OPEN-SOURCE-SOFTWARE*”), 6 como temas básicos e transversais (“*COMPETITIVE-ADVANTAGE*”, “*MANUFACTURE*”, “*CLOUD-ERP*”, “*ERP-IMPLEMENTATION*”, “*BLOCKCHAIN*”, “*INDUSTRY-4.0*”), 2 como temas emergentes ou em declínio (“*PRODUCT-LIFE-CYCLE-MANAGEMENT*”, “*SUSTAINABILITY*”) e 6 como temas altamente desenvolvidos e isolados (“*INVENTORY-MANAGEMENT*”, “*HUMAN*”, “*EVENT-RELATED-POTENTIALS*”, “*KEY-PERFORMANCE-INDICATORS*”, “*ANALYTIC-HIERARCHY-PROCESS*”, “*STRUCTURAL-EQUATION-MODELING*”).

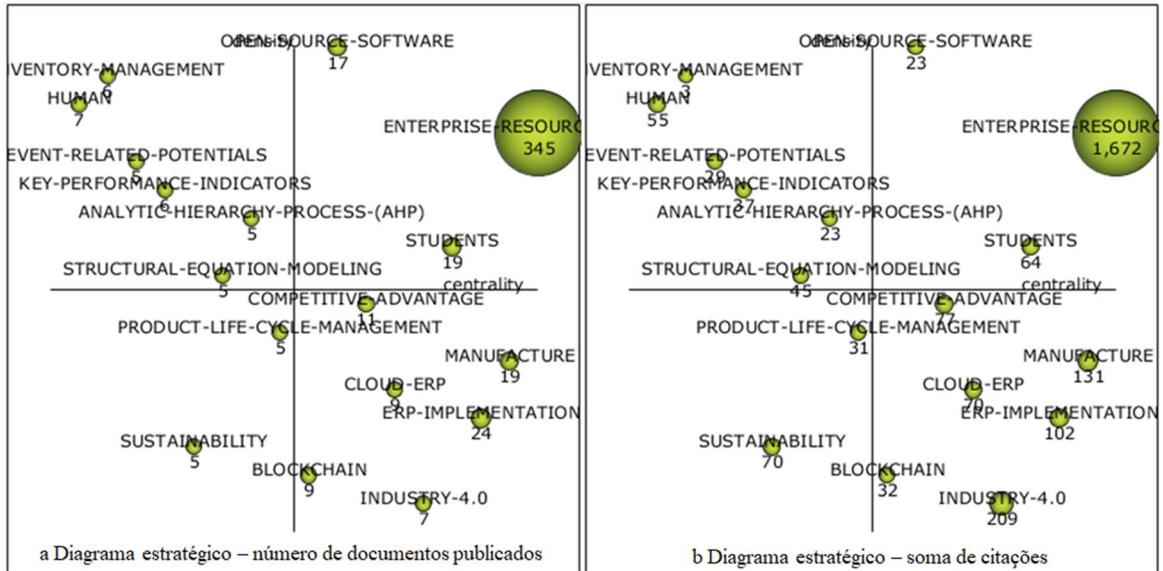


Figura 3.8. Diagrama estratégico do subperíodo de 2020 a 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

O Quadro 3.6 mostra a análise de desempenho dos temas de pesquisa e seus respectivos documentos centrais, soma de citação e índice h.

Quadro 3.6. Performance dos temas estratégicos de 2020 a 2021.

Tema	Número de documentos	Soma de citações	Índice h
<i>ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING</i>	345	1672	19
<i>ERP-IMPLEMENTATION</i>	24	102	6
<i>MANUFACTURE</i>	19	131	6
<i>STUDENTS</i>	19	64	5
<i>OPEN-SOURCE-SOFTWARE</i>	17	3	23
<i>COMPETITIVE-ADVANTAGE</i>	11	77	4
<i>CLOUD-ERP</i>	9	70	4
<i>BLOCKCHAIN</i>	9	32	3
<i>HUMAN</i>	7	55	4
<i>INDUSTRY-4.0</i>	7	209	3
<i>INVENTORY-MANAGEMENT</i>	6	3	1
<i>KEY-PERFORMANCE-INDICATORS</i>	6	37	3
<i>EVENT-RELATED-POTENTIALS</i>	5	29	4
<i>ANALYTIC-HIERARCHY-PROCESS-(AHP)</i>	5	23	2
<i>STRUCTURAL-EQUATION-MODELING</i>	5	45	3
<i>PRODUCT-LIFE-CYCLE-MANAGEMENT</i>	5	31	4

<i>SUSTAINABILITY</i>	5	70	3
-----------------------	---	----	---

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Os temas motores observados no quadrante Q1 no diagrama estratégico entre 2020 e 2021 (“*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*”, “*STUDENTS*”, “*OPEN-SOURCE-SOFTWARE*”) obtiveram uma performance total de 381 documentos, sendo citados 1.739 vezes.

3.8.3 Subperíodo de 2022 a 2023

A Figura 3.9 a seguir mostra 4 clusters, do qual est 1 está classificado como tema motor (“*RESOURCE-ALLOCATION*”), 1 como tema básico e transversal (“*ERP-SYSTEM*”), 2 como temas altamente desenvolvidos e isolados (“*ANALYTIC-HIERARCHY-PROCESS*”, “*FINANCE*”).

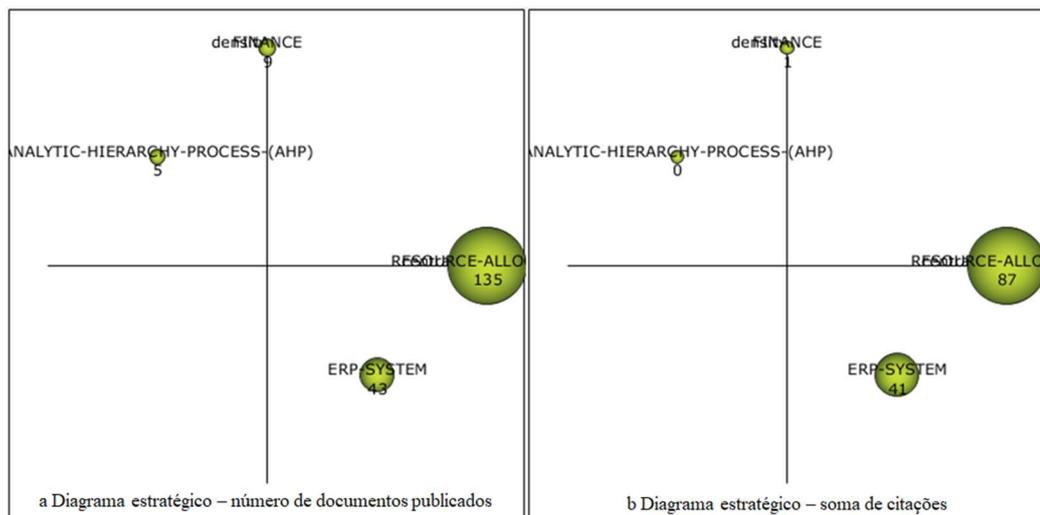


Figura 3.9. Diagrama estratégico do subperíodo de 2022 a 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

O Quadro 3.7 mostra a análise de desempenho dos temas de pesquisa e seus respectivos documentos centrais, soma de citação e índice h.

Quadro 3.7. Performance dos temas estratégicos de 2022 a 2023.

Tema	Número de documentos	Soma de citações	Índice h
<i>RESOURCE-ALLOCATION</i>	135	87	5
<i>ERP-SYSTEM</i>	43	41	4
<i>FINANCE</i>	9	1	1

<i>ANALYTIC-HIERARCHY-PROCESS-(AHP)</i>	5	0	0
---	---	---	---

Fonte: Elaborado pelos autores no *software* SciMAT (2024).

O tema motor observado no quadrante Q1 no diagrama estratégico entre 2019 e 2021 (“*RESOURCE-ALLOCATION*”) obteve uma performance de 135 documentos, sendo citados 87 vezes.

3.9 Análise da Rede dos *Clusters* dos Temas Motores e seus Subtemas

3.9.1 Subperíodo de 2018 a 2019

No subperíodo de 2018 a 2019 o termo “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*” é o *cluster* mais importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.10 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*” com 136 documentos, “*INFORMATION-SYSTEMS*” com 131 documentos, “*RESOURCE-ALLOCATION*” com 128 documentos, “*INFORMATION-USE*” com 115 documentos, e “*ERP-SYSTEM*” com 96 documentos.

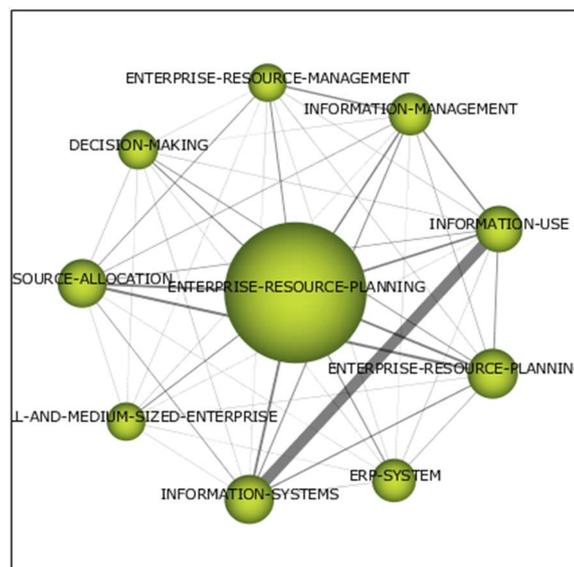


Figura 3.10. Rede de cluster “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*” do subperíodo de 2018 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Outro termo deste subperíodo “*INDUSTRY-4.0*” aparece como cluster muito importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.11 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “*SUPPLY-CHAINS*” com 27 documentos, “*INTERNET-OF-THINGS*” com 26 documentos, “*MANUFACTURING-EXECUTION-SYSTEM*” com 22 documentos e “*MANUFACTURING-COMPANIES*” com 20 documentos.

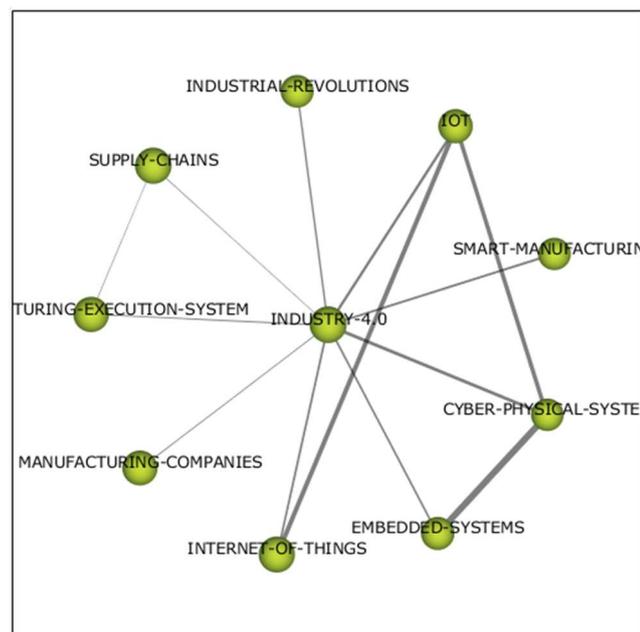


Figura 3.11. Rede do cluster “*INDUSTRY-4.0*” do subperíodo de 2018 a 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

3.9.2 Subperíodo de 2018 a 2019

No subperíodo de 2020 a 2021 o termo “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*” continua sendo o cluster mais importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.12 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING-SYSTEM*” com 131 documentos, “*ERP-SYSTEMS*” com 116 documentos, “*RESOURCE-ALLOCATION*” com 87 documentos, “*INFORMATION-MANAGEMENT*” com 78 documentos, e “*INFORMATION-SYSTEMS*” com 66 documentos.

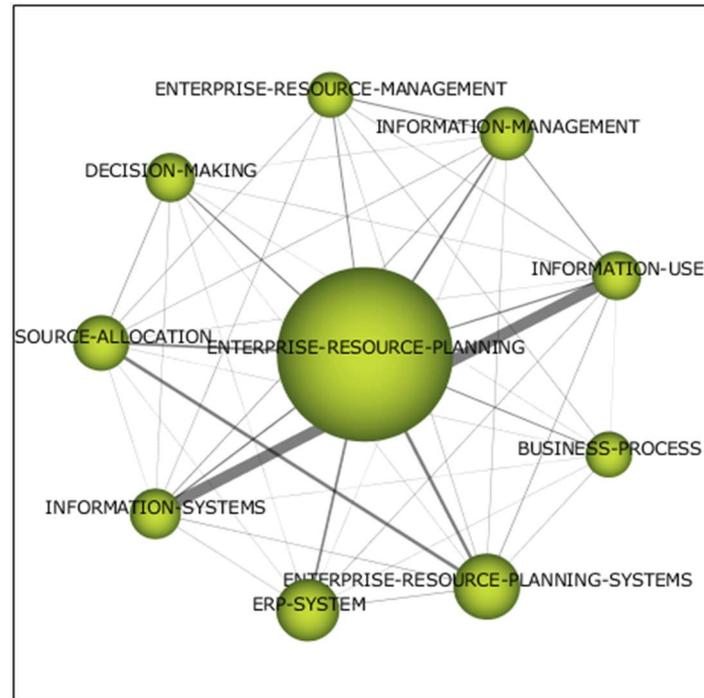


Figura 3.12. Rede do cluster "*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*" do subperíodo de 2020 a 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Outro termo deste subperíodo "*MANUFACTURE*" aparece como cluster muito importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.13 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como "*SMALL-AND-MEDIUM-SIZED-ENTERPRISE*" com 45 documentos, "*INTERNET-OF-THINGS*" com 23 documentos, "*PRODUCTION-CONTROL*" com 13 documentos, "*MANUFACTURING-COMPANIES*" com 12 documentos, "*MANUFACTURING-EXECUTION-SYSTEM*" com 11 documentos e "*SCHEDULING*" com 8 documentos.

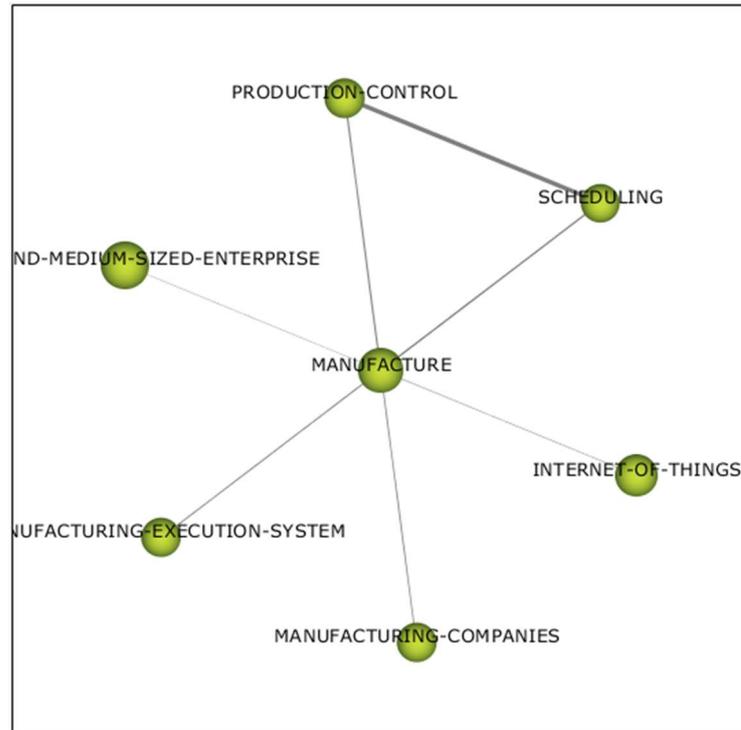


Figura 3.13. Rede do cluster "MANUFACTURE" do subperíodo de 2020 a 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Um terceiro termo deste subperíodo “*ERP-IMPLEMENTATION*” aparece como cluster muito importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.14 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “*SURVEYS*” com 30 documentos, “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING-IMPLEMENTATION*” com 23 documentos, “*CRITICAL-SUCCESS-FACTOR*” com 22 documentos, “*PROJECT-MANAGEMENT*” com 20 documentos e “*SUCCESS-FACTORS*” com 15 documentos.

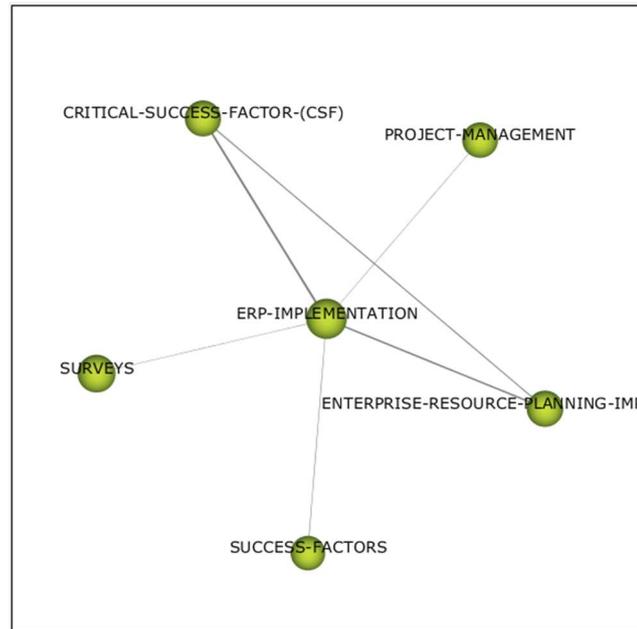


Figura 3.14. Rede do cluster "ERP-IMPLEMENTATION" do subperíodo de 2020 a 2021.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

3.9.3 Subperíodo de 2022 a 2023

No subperíodo de 2022 a 2023 o termo “*RESOURCE-ALLOCATION*” é o *cluster* mais importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.15 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*” com 296 documentos, “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING-SYSTEMS*” com 79 documentos, “*INFORMATION-MANAGEMENT*” com 40 documentos e “*COMPETITION*” com 15 documentos.

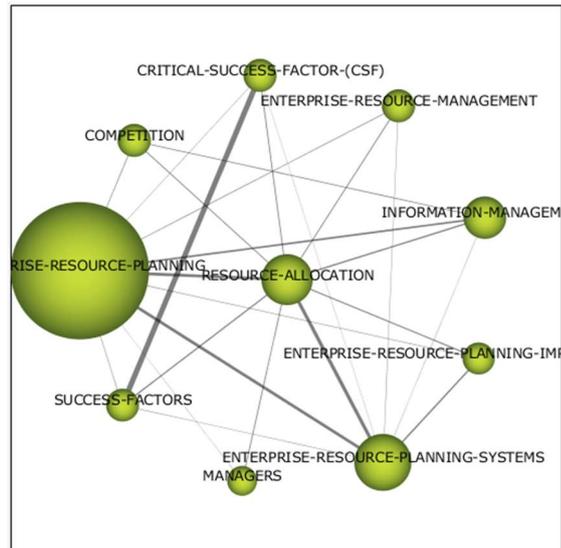


Figura 3.15. Rede do cluster "RESOURCE-ALLOCATION" do subperíodo de 2022 a 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Outro termo deste subperíodo “ERP-SYSTEM” aparece como cluster muito importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.16 mostra a rede desse tema motor, no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “INFORMATION-SYSTEM” com 42 documentos, “DECISION-MAKING” com 34 documentos, “BUSINESS-PROCESS” com 26 documentos, “INFORMATION-USE” com 25 documentos e “COSTS” com 11 documentos.

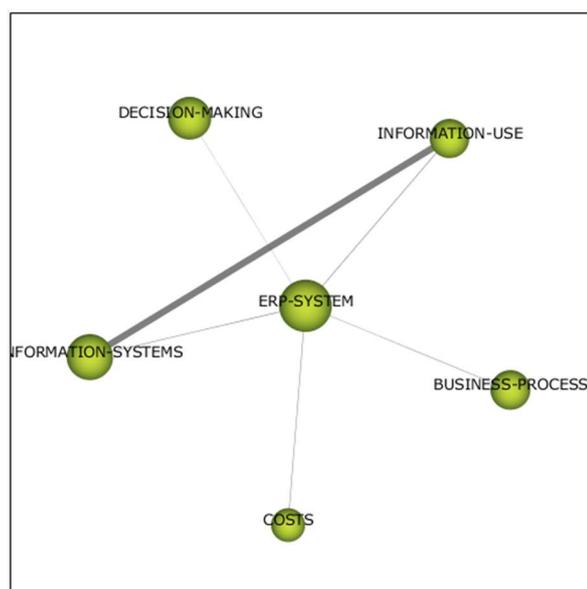


Figura 3.16. Rede do cluster "ERP-SYSTEM" do subperíodo de 2022 a 2023.

Fonte: Elaborado pelos autores no *software* SciMAT (2024).

Um terceiro termo deste subperíodo “*FINANCE*” aparece como *cluster* muito importante no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, índice h, soma de citação e por ser identificado como um tema motor. A Figura 3.17 mostra a rede desse tema motor no qual possui uma forte relação com alguns subtemas importantes como “*FINANCIAL-MANAGEMENT*” com 5 documentos e “*FINANCIAL-INFORMATION*” com 5 documentos.

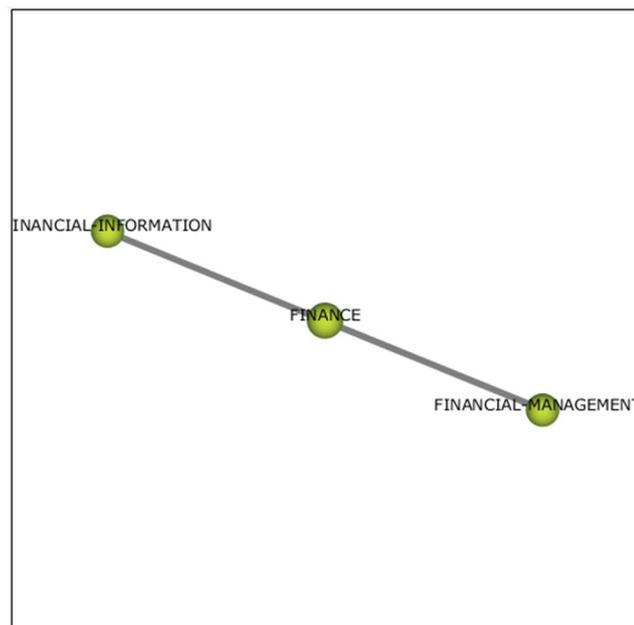


Figura 3.17. Rede do cluster "*FINANCE*" do subperíodo de 2022 a 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

3.10 Evolução Temática do Campo de Pesquisa de Empresas de Pequeno e Médio Porte que Possuam Sistemas ERP Implementados

A Figura 3.18 mostra o mapa sobreposto e a estrutura de evolução temática de empresas de pequeno e médio porte que possuam sistemas ERP implementados. No primeiro subperíodo (2018 a 2019), 4.885 palavras-chave foram utilizadas pelos autores; 824 artigos foram publicados, o qual este subperíodo é representado por 24 clusters: “*HUMAN*”, “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*”, “*INDUSTRY4.0*”, “*ERP-IMPLEMENTATION*”, “*ELECTROENCEPHALOGRAPHY*”, “*SURVEYS*”, “*DATA-MINING*”, “*OPEN-SURVEYS*”, “*LEARNING-SYSTEMS*”, “*SUSTAINABLE-DEVELOPMENT*”, “*CUSTOMER-RELATIONSHIP-MANAGEMENT*”, “*KEY-PERFORMANCE-INDICATORS*”, “*MATHEMATICAL-OPERATORS*”, “*BUSINESS-PROCESS-RE-ENGINEERING*”,

“INVENTORY-MANAGEMENT”, “INFORMATION-SERVICES”, “CLOUD-BASED”, “WEB-SERVICES”, “PLANNING”, “DECISION-SUPPORTS”, “HIGHER-EDUCATION-INSTITUTIONS”, “RISK-MANAGEMENT”, “BIG-DATA” e “SOFTWARE-AS-A-SERVICE”.

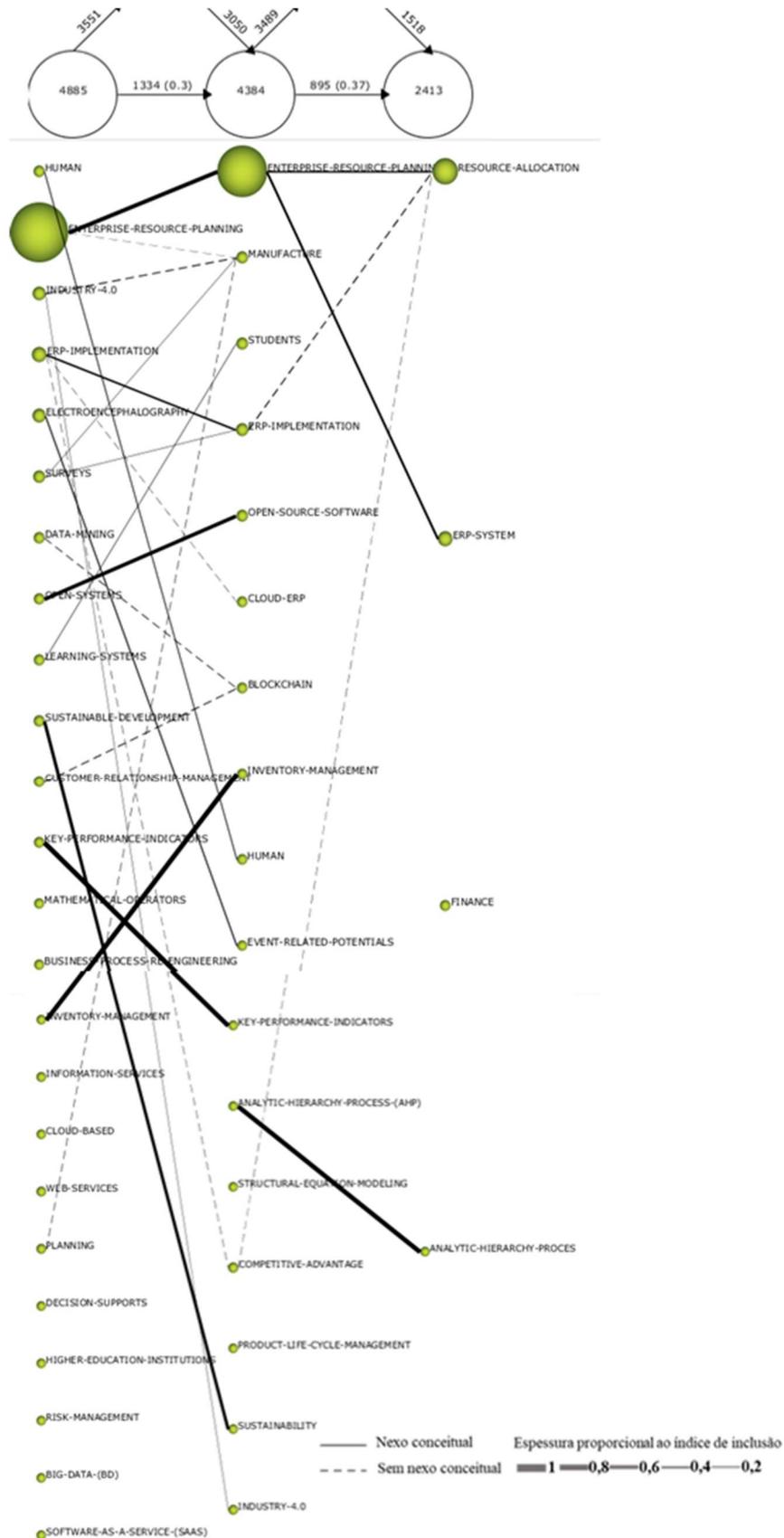


Figura 3.18. Mapa sobreposto e a estrutura de evolução temática do tema no período de 2018 a 2023.

Fonte: Elaborado pelo autor no *software* SciMAT (2024).

Do primeiro subperíodo (2018-2019) para o segundo subperíodo (2020-2021), 1.334 (30%) palavras-chave foram repetidas, 3.551 foram perdidas e 3.050 novas palavras-chave foram utilizadas, totalizando 4.384. Além disso, foram publicados 702 artigos na literatura científica. Este subperíodo é representado por 17 clusters: “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*”, “*MANUFACTURE*”, “*STUDENTS*”, “*ERP-IMPLEMENTATION*”, “*OPEN-SOURCE-SOFTWARE*”, “*CLOUD-ERP*”, “*BLOCKCHAIN*”, “*INVENTORY-MANAGEMENT*”, “*HUMAN*”, “*EVENT-RELATED-POTENTIALS*”, “*KEY-PERFORMANCE-INDICATORS*”, “*ANALYTIC-HIERARCHY-PROCESS*”, “*STRUCTURAL-EQUATION-MODELING*”, “*COMPETITIVE-ADVANTAGE*”, “*PRODUCT-LIFE-CYCLE-MANAGEMENT*”, “*SUSTENTABILITY*” e “*INDUSTRY4.0*”.

Do segundo subperíodo (2020-2021) ao terceiro subperíodo (2022-2023), 895 (37%) palavras-chave foram repetidas, 3.489 foram perdidas e 1.518 novas palavras-chave foram utilizadas, totalizando 2.413. Além disso, foram publicados 365 artigos na literatura científica. Este subperíodo é representado por 4 clusters: “*RESOURCE-ALLOCATION*”, “*ERP-SYSTEM*”, “*FINANCE*” e “*ANALYTIC-HIERARCHY-PROCESS*”.

A análise bibliométrica por meio do software SciMAT, com o objetivo de investigar os temas estratégicos e a estrutura de evolução temática das pequenas e médias empresas que possuem sistemas ERP implementados, entre o período de 2018 a 2023, revelou uma visão interdisciplinar baseada nos temas “*ENTERPRISE-RESOURCE-PLANNING*”, “*INDUSTRY-4.0*”, “*RESOURCE-ALLOCATION*”, “*MANUFACTURE*”, “*ERP-IMPLEMENTATION*” e “*FINANCE*” como sendo os clusters mais importantes no diagrama estratégico devido ao seu desempenho em termos de documentos centrais, soma de citações e por ser identificado como tema condutor, o que permite uma compreensão mais ampla e profunda dos impactos na gestão estratégica e operacional e no desenvolvimento de projetos e processos em relação aos temas analisados. Por se tratar de um sistema de controle e monitoramento de informações que é amplamente utilizado para direcionar a gestão estratégica das organizações de forma rápida e precisa, o questionário utilizado em uma pesquisa conforme as variáveis V1 até V8 abaixo, baseado na revisão bibliográfica alinhado com os objetivos do estudo para garantir que os dados coletados fossem representativos e adequados aos objetivos do estudo.

O questionário desenvolvido para coleta de dados foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP sob o número CAAE: 71213623.8.0000.5404, sendo apresentado no APÊNDICE A do trabalho.

O parecer emitido pelo CEP, se encontra no ANEXO I. Enquanto o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) é apresentado no ANEXO II.

Os dados foram analisados via método CRITIC (*Criteria Importance Through Intercriteria Correlation*) e método *Grey Weight Fixed Clustering* para verificar o grau de maturidade das empresas a fim de identificar a contribuição da implementação de sistemas ERP nas PMEs, o qual foi possível desenvolver e submeter o artigo da dissertação apresentados nos ANEXOS III e IV.

- V1: Nível de contribuição atual do sistema ERP para otimizar as atividades diárias dos colaboradores;
- V2: Nível de contribuição atual do sistema ERP para auxílio na rápida tomada de decisão por parte da direção;
- V3: Nível contribuição atual do sistema ERP para a gestão da comunicação na empresa;
- V4: Nível de conhecimento dos funcionários diretamente envolvidos acima da teoria dos sistemas ERP e não apenas do software;
- V5: Tempo dedicado a compreensão das reais necessidades da empresa em termos de módulos do sistema ERP e possibilidades de desenvolvimento ou compra de alternativas no mercado;
- V6: Nível de acurácia e atualização das informações de entrada do sistema ERP.
- V7: Nível de iniciativas desenvolvidas para melhorias de processo, uma vez que os sistemas ERP automatizam muito, mas melhoram pouco;
- V8: Nível de apoio por parte da alta direção, fornecendo recursos e estrutura no longo prazo;

A pesquisa foi aplicada através de formulário *Google Form* em setembro de 2023, conforme apêndice A, no qual foi enviado através de e-mail com carta convite e termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), anexo II, a 107 possíveis respondentes selecionados através da rede social *LinkedIn* e *Lattes* que foram solicitados a classificar o nível de contribuição do sistema ERP nas PMEs brasileiras para cada aspecto. A escala utilizada foi de 1 a 5, sendo 1 uma contribuição muito baixa, 2 uma contribuição baixa, 3 uma contribuição média, 4 uma contribuição alta e 5 uma contribuição muito alta.

A pesquisa recebeu um total de 31 respostas (28,97%), sendo 30 profissionais com mais de 10 anos de experiência e 1 com 3 anos de experiência em diferentes negócios, como automotivo, metalúrgico, TI, financeiro, indústria de equipamentos, administração e recursos humanos. No qual os participantes desta pesquisa foram selecionados com base em critérios de experiência profissional, envolvimento direto com ERP, diversidade setorial e tamanho de empresa, o que visa garantir a representatividade e relevância das informações coletadas para o

estudo referente a maturidade da implementação e uso de sistemas ERP.

3.11 Método CRITIC (*Criteria Importance Through Intercriteria Correlation*)

O método CRITIC que é amplamente utilizado para determinar o peso objetivo da importância relativa em MCDM (*multi-criteria decision-making*) foi aplicado após a coleta de dados devido à sua capacidade de atribuir pesos objetivos às variáveis analisadas, baseando-se na correlação entre os critérios e na quantidade de informações contidas nos dados. Este método é particularmente relevante em estudos como o presente, que busca avaliar o nível de maturidade na implementação e uso de sistemas ERP em pequenas e médias empresas (PMEs) brasileiras, uma vez que proporciona uma análise precisa e imparcial dos fatores envolvidos. Esse método foi desenvolvido por Diakoulaki *et al.* (1995) para incorporar a intensidade do contraste e o conflito em uma mesma estrutura para a tomada de decisão. A base do método proposto por Diakoulaki *et al.* (1995) é a investigação analítica sobre a evolução da matriz para extrair as informações contidas nos critérios de avaliação.

De acordo com Esra Aytaç Adalı e Ayşegül Tuş Işık (2017), o método CRITIC é utilizado para encontrar o peso das variáveis nas empresas.

Madic e Radovanovic (2015) citaram que esse método é afetado pelas características dos critérios e pelo ponto de vista subjetivo dos tomadores de decisão. Essa ponderação subjetiva dos critérios é frequentemente moldada pela experiência, conhecimento e percepção do problema por parte dos tomadores de decisão.

O método CRITIC é extensamente utilizado em diversas áreas, como tomada de decisão, gerenciamento de projetos e otimização de sistemas, devido sua capacidade de capturar a complexidade das interações entre critérios e lidar com grandes volumes de dados. Diakoulaki *et al.* (1995) aplicaram o método CRITIC em amostras em uma determinada indústria farmacêutica na Grécia, para avaliar os três principais índices de desempenho na organização. Kim e Yu (2015) desenvolveram um método para associar recursos reais baseado em similaridade utilizando o método CRITIC. Yilmaz e Harmancioglu (2010) utilizaram o método CRITIC para desenvolver um modelo de gerenciamento de recursos hídricos para a bacia do rio Gediz, na Turquia. Nguyen *et al.* (2020) aplicaram o método CRITIC para estudo global de carros elétricos em 14 países com relação a contribuição da redução de emissões e mudança de clima.

O método CRITIC é baseado em duas considerações principais:

1) Variância do critério: A variância de um critério reflete a quantidade de informação

que ele carrega. Quanto maior a variância, mais informativo é o critério, indicando que ele tem maior capacidade de discriminar entre alternativas diferentes.

- 2) Correlação entre critérios: O método também leva em consideração a correlação entre os critérios. Se dois critérios são altamente correlacionados, isso indica que eles fornecem informações redundantes. Portanto, o CRITIC atribui menor peso a critérios que apresentam alta correlação com outros, privilegiando aqueles que trazem informações complementares.

O método possui várias aplicações, particularmente em contextos no qual é importante avaliar múltiplos critérios de forma objetiva:

O CRITIC é frequentemente utilizado para determinar os pesos em métodos de análise de decisão multicritério, como o TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*). Sua capacidade de determinar os pesos de forma objetiva, com base em dados, o torna uma alternativa interessante em cenários onde não há consenso sobre a importância dos critérios (Zavadskas *et al.*, 2014).

Em análises de desempenho organizacional ou de sistemas, o CRITIC é empregado para ponderar diferentes indicadores de desempenho, permitindo uma avaliação equilibrada e informada de alternativas ou estratégias (Diakoulaki *et al.*, 1995).

No campo da engenharia, o método CRITIC é usado para otimização de processos e sistemas, ajudando a identificar as variáveis mais influentes em projetos de grande complexidade (Yazdani *et al.*, 2018).

Uma das principais vantagens do método CRITIC é sua objetividade, pois não depende de julgamentos subjetivos dos decisores para a atribuição de pesos. Além disso, ele considera tanto a discriminação proporcionada pelos critérios (via variância) quanto as inter-relações entre eles (via correlação), o que o torna mais robusto em contextos com critérios fortemente correlacionados.

No entanto, o método CRITIC também apresenta algumas limitações. Por exemplo, ele depende exclusivamente de informações quantitativas e não leva em consideração fatores qualitativos que podem ser importantes em certos contextos de decisão. Além disso, a interpretação dos pesos pode ser difícil em cenários com muitos critérios correlacionados, o que pode exigir o uso de técnicas adicionais para análise e validação dos resultados.

A aplicação do método CRITIC para definir o peso do problema segue as seguintes etapas (Barbanti *et al.* (2022); Esra Aytaç Adali e Ayşegül Tuş Işık (2017); Diakoulaki *et al.* (1995)):

Etapa 1 - Essa primeira etapa consiste em normalizar os valores para todos os parâmetros

por meio da Eq. 1 para critérios de benefícios (quanto maior melhor), ou da Eq. 2 para critérios de custos (quanto menor melhor);

$$\bar{P}i = \frac{Pi - Pmin}{Pmax - Pmi} \quad (1)$$

$$\bar{P}i = \frac{Pi - Pmax}{Pmin - Pmax} \quad (2)$$

Onde:

Pmin é o valor mínimo do parâmetro.

Pmax é o valor máximo do parâmetro.

Etapa 2 - Na sequência da primeira etapa, o desvio padrão deve ser calculado (σ_j);

Etapa 3 - A próxima etapa do método é a estruturação da matriz simétrica N x N apresentado a seguir, cujos elementos representam a correlação entre os critérios;

$$x = [x_{ij}]_{n \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

Etapa 4 - Determinar a quantidade de informações geradas para cada critério (lj) de acordo com a Eq. 3. Para determinar a quantidade de informações é necessário subtrair o valor 1 de cada critério da matriz simétrica (N x N) determinada na etapa 3 e o valor da soma é obtido para cada linha, na sequência múltipla para o desvio calculado na etapa 2 (σ_j);

$$lj = \sigma_j \cdot \sum_{j=1}^N (1 - cj) \quad (3)$$

Etapa 5 - Na sequência, o peso dos critérios é determinado (porcentagem) de acordo com a Eq. 4, para isso é necessário dividir a quantidade de informações (lj) de cada critério pela soma de todas as quantidades de informações $\sum_{k=1}^N lk$.

$$Wj = \frac{lj}{\sum_{k=1}^N lk} \quad (4)$$

De acordo com as etapas do procedimento acima, concluiu-se que o método fornece o valor mais alto de cj , porque a referência do valor é a quantidade de informações obtidas do critério. Por essa razão, a importância relativa do critério para a tomada de decisão é maior

(Aznar Bellver *et al.*, 2011).

Na sequência foi aplicado a teoria *Grey System*, o qual a proposta por Julong Deng em 1982, é estudar os problemas que envolvem pequenas amostras e informações precárias por meio da geração, escavação e extração de informações úteis (Liu *et al.*, 2011).

3.12 Método *Grey System* e GWFC (*Grey Weight Fixed Clustering*)

A teoria *Grey Systems*, proposta por Deng Julong em 1982, é uma abordagem matemática desenvolvida para lidar com problemas de incerteza em sistemas que possuem informações incompletas, insuficientes ou de baixa qualidade, ou seja, trata da incerteza cognitiva em situações de limites não definidos, a teoria *Grey Systems* é especialmente eficaz em situações o qual os dados são escassos ou ambientes com pouca informação (Ju-Long, 1982).

Ao contrário de outras metodologias, como a probabilidade e estatística e a matemática *fuzzy*, que dependem de grandes volumes de dados ou de suposições sobre a incerteza, a teoria *Grey Systems* se destaca pela sua capacidade de analisar sistemas com amostras pequenas e informações incertas.

Conforme Liu, S. e Lin, (2010) a probabilidade e a estatística, a matemática *fuzzy* e a teoria *Grey Systems* são os três métodos de pesquisa mais utilizados para a investigação de sistemas incertos, o qual seus objetos de pesquisa contêm certos tipos de incerteza, o que representa sua semelhança. São exatamente as diferenças entre as incertezas nos objetos de pesquisa que essas três teorias de incerteza são diferentes umas das outras com suas respectivas características.

A matemática *fuzzy* enfatiza a investigação de problemas com incerteza cognitiva, em que os objetos de pesquisa possuem a característica de intenção clara e extensão pouco clara. Por exemplo, “jovem” é um conceito difuso, pois cada pessoa sabe a intenção de “jovem”. Entretanto, se você quiser determinar o intervalo exato dentro do qual todo mundo é jovem e fora do qual cada pessoa não é jovem, então você se encontrará em uma grande dificuldade. Isso se deve ao fato porque o conceito de jovem não tem uma extensão clara. Para esse tipo de problema de incerteza cognitiva com intenção clara e extensão não clara, a situação é tratada na matemática *fuzzy* por meio do uso da experiência e da chamada função de associação (Liu e Lin, 2010).

No entanto, a probabilidade e a estatística estudam os fenômenos da incerteza estocástica com ênfase na revelação das leis estatísticas históricas. Elas investigam a chance de ocorrência de cada resultado possível do fenômeno estocástico incerto. O ponto de partida para este método

é a disponibilidade de grandes amostras que são necessárias para satisfazer uma determinada forma típica de distribuição (Liu e Lin, 2010).

Entretanto, o foco da teoria *Grey Systems* está nos problemas de incerteza de pequenas amostras e informações insuficientes que são difíceis de serem tratadas pela probabilidade e pela matemática *fuzzy*, ou seja, a teoria *Grey Systems* explora e revela as leis realistas de evolução e movimento de eventos e materiais por meio da cobertura de informações e dos trabalhos de operadores de sequência. Uma de suas principais características é a construção de modelos com pequenas quantidades de dados, ou seja, a diferente da matemática *fuzzy* é que a teoria *Grey Systems* enfatiza a investigação de tais objetos que são muito mais importantes do que a matemática *fuzzy*, pois enfatiza a investigação de tais objetos que processam extensão clara e intenção obscura. Por exemplo, até o ano de 2050, a China controlará sua população total dentro da faixa de 1,5 a 1,5 bilhão de pessoas. Essa faixa de 1,5 bilhão a 1,6 bilhões é um conceito *Grey* e sua extensão é definida e clara. Contudo, se alguém perguntar mais a respeito de qual será exatamente o número específico dentro dessa faixa, ele não conseguirá obter nenhuma resposta significativa e definitiva (Liu e Lin, 2010).

Com base nas teorias de probabilidade e estatística, *fuzzy* e *Grey Systems*, o Quadro 3.8 abaixo resume as diferenças entre essas teorias.

Quadro 3.8. Comparação entre probabilidade e estatística, *fuzzy* e *Grey Systems*.

<i>Object</i>	<i>Grey Systems</i>	<i>Prob. Statistics</i>	<i>Fuzzy math</i>
<i>Research objects</i>	<i>Poor information</i>	<i>Stochastics</i>	<i>Cognitive uncertainty</i>
<i>Basic sets methods</i>	<i>Grey hazy sets Information coverage</i>	<i>Cantor sets Mapping</i>	<i>Fuzzy sets Mapping</i>
<i>Procedures</i>	<i>Sequence operator</i>	<i>Frequency distribution</i>	<i>Cut Set</i>
<i>Data requirement</i>	<i>Any distribution</i>	<i>Typical distribution intension</i>	<i>Know membership extension</i>
<i>Emphasis objective</i>	<i>Intension Laws of reality</i>	<i>Historical laws</i>	<i>Cognitive expression</i>
<i>Characteristics</i>	<i>Small sample</i>	<i>Large sample</i>	<i>Experience</i>

Fonte: Liu e Lin (2010, p.11).

Não importa qual é o objeto, pois diferentes pessoas terão diferentes pontos de vista no mesmo objeto, ou seja, existe diferentes maneiras de dividir cada assunto do sistema em considerações. Na China moderna, instituições dividem a ciência dentro de duas partes: artes liberais e ciência, ou dentro de três partes: ciência natural, matemática e ciência social. No entanto, na opinião da fundação de ciência natural é dividido em seis partes: matemática, ciência, química, geografia, biologia e meteorologia (Liu, S. e Lin, 2004).

No ponto de vista do método *Grey Systems* a primeira classificação científica dos problemas e de acordo com a complexidade e incerteza, na sequência é ressaltado os temas transdisciplinares com significados metodológicos com relação da qualidade dos problemas científicos. Por portanto, se pode posicionar adequadamente a teoria *Grey Systems* no aspecto de todas as ciências interdisciplinares (Liu e Lin, 2004).

Liu e Lin (2004), representaram essa divisão da ciência no diagrama de Venn demonstrado na Figura 3.19, no qual os círculos identificados como A, B, C e D representam agregações de assuntos simples, complexos, certos e incertos.

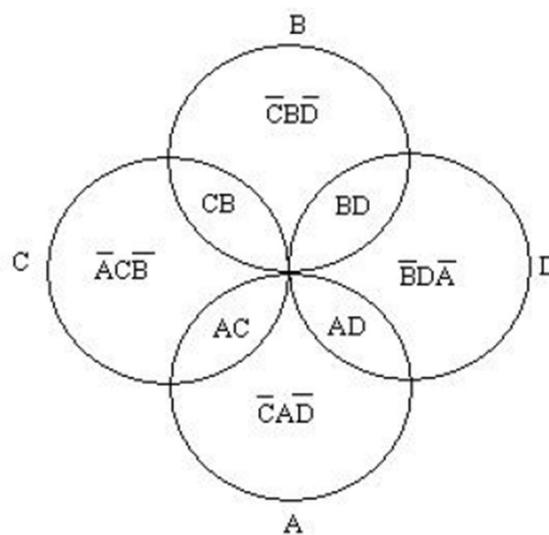


Figura 3.19. Diagrama Venn.

Fonte: Liu e Lin (2004, p. 12).

Cada parte fechada do gráfico representa uma diferente forma de divisão de todos os tópicos científicos que trata dos problemas das seguintes características:

$\bar{C}\bar{B}\bar{D}$: problemas complexos semicertos;

$\bar{A}\bar{C}\bar{B}$: certos problemas semicomplexos;

$\bar{C}\bar{A}\bar{D}$: problemas simples semicertos;

$\bar{B}\bar{D}\bar{A}$: problemas semicomplexos incertos;

CB : problemas complexos certos;

BD : problemas complexos incertos;

AD : problemas simples incertos;

AC : problemas simples incertos.

Assim, considerando os diferentes métodos para solucionar problemas, é possível obter a

seguinte divisão interdisciplinar das ciências:

$\bar{C}\bar{B}\bar{D}$: teoria da auto-organização;

$\bar{A}\bar{C}\bar{B}$: pesquisa operacional;

$\bar{C}\bar{A}\bar{D}$: teoria da lógica e intuição;

$\bar{B}\bar{D}\bar{A}$: teoria *Grey Systems*;

CB : teoria de sistemas gerais;

BD : ciência não linear;

AD : probabilidade, estatística e matemática *fuzzy*;

AC : matemática.

Através probabilidade, estatística e matemática *fuzzy* é possível estudar problemas simples com incerteza, com a teórica *Grey Systems* estuda problemas incertos e semicomplexos, o que representa um novo patamar de aprendizado. E quanto aos problemas com complexidade e incerteza, serão resolvidos apenas com avanços na ciência não linear.

Um dos principais objetivos da teoria *Grey Systems* é descrever o comportamento de sistemas com informações incompletas por meio de modelos matemáticos que permitem prever o comportamento do sistema e identificar padrões ocultos em situações em que os dados são limitados ou incertos. Essa abordagem é particularmente útil em áreas de engenharia onde muitas variáveis não são completamente conhecidas, ou os dados disponíveis são insuficientes para aplicar métodos estatísticos tradicionais, corroborando com Liu e Forrest (2022), que citam que a teoria *Grey System* é amplamente usada com sistemas incertos com algumas informações conhecidas e outras desconhecidas como objeto de pesquisa. Esse argumento é corroborado pela literatura (Karimi e Ahmadian, 2024).

Diversas áreas tais como social, economia, agricultura, industrial, ecologia e biológica utilizam os conceitos elementares da teoria *Grey System*, através de uma escala de três cores para discriminar o grau de clareza e informações disponíveis, sendo *Black* para indicar que as informações são desconhecidas ou não estão disponíveis, *White* indica que as informações são conhecidas e disponíveis, e o *Grey* indica que parte das informações são conhecidas e parte são desconhecidas, o qual essa terminologia é vastamente utilizada na comunidade científica.

Em resumo, a premissa da teoria *Grey Systems* é que, em muitos sistemas reais, as informações disponíveis sobre o comportamento do sistema não são completamente conhecidas ou são parcialmente incertas. Nesse contexto, o termo *Grey* refere-se ao estado intermediário entre *White*, que indica total clareza de informação, e *Black* que indica total falta de informação.

A partir dessa abordagem, a teoria *Grey Systems* oferece uma série de ferramentas matemáticas para análise, modelagem e controle de sistemas complexos, onde a incerteza e a ausência de dados precisos são predominantes (Liu e L, 2010).

O Quadro 3.9 demonstra as diferenças do conceito *Grey* com relação a escala de cores.

Quadro 3.9. Extensões do conceito *Grey*.

<i>Situation / concept</i>	<i>Black</i>	<i>Grey</i>	<i>White</i>
<i>Information</i>	<i>Unknown</i>	<i>Incomplete</i>	<i>Complete known</i>
<i>Appearance</i>	<i>Dark</i>	<i>Blurred</i>	<i>Clear</i>
<i>Processes</i>	<i>New</i>	<i>Changing</i>	<i>Old</i>
<i>Properties</i>	<i>Chaotic</i>	<i>Multivariate</i>	<i>Order</i>
<i>Methods</i>	<i>Negation</i>	<i>Change for the better</i>	<i>Confirmation</i>
<i>Attitude</i>	<i>Letting goes</i>	<i>Tolerant</i>	<i>Rigorous</i>
<i>Outcomes</i>	<i>No solution</i>	<i>Multi-solutions</i>	<i>Unique solution</i>

Fonte: Liu e Forrest (2022, p. 10).

No campo da engenharia, a teoria *Grey Systems* é aplicada com sucesso em áreas como prognóstico de falhas, controle de qualidade e otimização de processos, no qual a disponibilidade de dados exatos é frequentemente limitada. Com o uso de modelos *Grey*, é possível realizar previsões eficazes com dados incompletos, o que auxilia engenheiros na tomada de decisões sob incerteza.

Como citado a técnica GWFC tem se mostrado eficiente em várias aplicações, especialmente em áreas que envolvem grandes volumes de dados incompletos ou incertos.

Algumas das principais áreas de aplicação também incluem:

Engenharia: Técnica utilizada do para solucionar problemas complexos em engenharia, tais como otimização de redes de distribuição de energia e o controle de processos industriais, onde há muitas variáveis envolvidas e nem todas são conhecidas com precisão (Liu e Lin, 2010).

Gerenciamento de projetos: Nesse contexto, a técnica GWFC pode ser aplicada para otimizar alocações de recursos e previsões de desempenho e custos, lidando com incertezas sobre prazos e custos (Ju-Long, 1982).

Saúde: Em casos médicos, a técnica GWFC é vastamente utilizada para análise de dados clínicos incompletos ou imprecisos, permitindo um melhor entendimento das relações entre diferentes condições de saúde (Ju-Long, 1982).

Essa capacidade de realizar previsões com informações limitadas torna a teoria uma ferramenta estratégica para a tomada de decisões em ambientes de engenharia, onde a precisão dos dados é frequentemente comprometida pela escassez ou qualidade das medições.

Dessa forma, a teoria *Grey Systems* se trata de uma ferramenta para a resolução de problemas onde métodos tradicionais não são eficazes, fornecendo soluções práticas e eficientes para a modelagem e controle de sistemas complexos com informações limitadas

Liu e Lin (2004) citaram quatro possibilidades para informações incompletas do sistema:

- 1) A informação dos elementos (ou parâmetros) é incompleta;
- 2) As informações sobre a estrutura estão incompletas;
- 3) As informações sobre o limite estão incompletas;
- 4) As informações sobre o comportamento do movimento estão incompletas.

Outra característica fundamental de incerteza nos sistemas é a imprecisão existente na avaliação dos dados. Ainda de acordo com Liu e Lin (2010), essas incertezas possuem a três categorizações: conceitual, de nível e de previsão.

As incertezas do tipo conceitual são a partir de expressões com relação a um determinado evento, objeto, conceito e desejo, como exemplo: grande, pequeno, muitos, poucos, alto, baixo etc., pois devido à falta de uma definição clara são imprecisos, o que torna difícil expressar esses conceitos em quantidades exatas.

Com relação as incertezas de nível, são causadas devido a mudança do nível da pesquisa ou observação, no qual os dados disponíveis quando são vistos em nível de sistema em questão (nível macroscópico) o nível geral ou conceitual é cognitivo podem ser precisos. No entanto, quando esses dados são vistos em um nível inferior (microscópico), ou seja, nível localizado parcial no sistema, esses normalmente se tornam imprecisos.

Quanto a categoria de previsão, ela se torna incerta devido à dificuldade de entender completamente as leis da evolução, pois a previsão do futuro tende a ser imprecisa.)Liu, S. e Lin (2010), citam alguns exemplos: se estima que o PIB (Produto Interno Bruto) em uma determinada área ultrapassará US\$ 10 bilhões em dois anos; se estima que nos próximos anos a temperatura durante o mês de outubro não passará de 30°C. Esses exemplos fornecem números incertos do tipo de previsão.

Conforme Liu e Lin (2004), quando se possui critérios com diversos significados, dimensões e tamanhos de dados observacionais que serão aplicados o método *Grey* por meio de agrupamento de peso variável geralmente possui problema de alguns critérios participarem do processo de agrupamento de forma muito fraca. Dessa forma, Liu, S. e Lin (2004), sugerem definir um peso para cada critério individual antes de iniciar o processo de agrupamento, assim os critérios de agrupamento serão tratados igualmente no processo.

O *Grey Weight Fixed Clustering* (GWFC) é uma técnica de agrupamento de dados que

usa análise de peso fixo. Os pesos associados aos atributos dos dados são mantidos constantes durante o processo de agrupamento. O objetivo é agrupar os dados de forma que os atributos com os pesos mais altos tenham a maior influência na formação dos *clusters*.

No GWFC, o termo *Grey* refere-se à utilização de dados incompletos ou incertos, enquanto *Weight Fixed* se relaciona à aplicação de pesos fixos nas variáveis para controlar a influência de cada variável durante o processo de agrupamento. Isso difere de outros métodos de *clustering* tradicionais, como o *K-means*, que assume que todos os dados são conhecidos e completos, não lidando de forma adequada com a incerteza inerente aos sistemas complexos (Liu e Lin, 2010).

A GWFC é um método valioso de agrupamento de dados que mantém os pesos dos atributos fixos durante o processo, com o objetivo de identificar *clusters* ou grupos de dados com características semelhantes, sendo especialmente útil em contextos em que a incerteza é uma preocupação.

A técnica GWFC é composto por vários princípios da teoria *Grey Systems*, combinados com técnicas de análise de agrupamento. Os principais princípios são:

- a) Redução de incerteza: A técnica se baseia na premissa de que nem todos os dados são conhecidos com precisão, sendo necessário utilizar métodos para modelar essas incertezas e derivar *insights* úteis (Liu e Lin, 2010);
- b) Aplicação de pesos fixos: Diferentemente de outros algoritmos de *clustering*, o GWFC usa pesos fixos para controlar a importância relativa de diferentes variáveis no processo de agrupamento, o que pode melhorar a precisão dos resultados (Ju-Long, 1982);
- c) Medida de similaridade *Grey*: Essa medida é utilizada para avaliar a semelhança entre os objetos, levando em consideração as incertezas inerentes aos dados. Essa abordagem *Grey* permite que o algoritmo seja aplicado a uma variedade de dados imprecisos e incompletos, tornando-o aplicável a uma gama de problemas complexos (Ju-Long, 1982).

De acordo com Liu e Forrest (2022), o método GWFC é amplamente usado com base em funções de possibilidades ou funções de *whitenization* para classificar os objetos, pois é comum que cada objeto tenha muitos índices de características que são difíceis de classificar com precisão. Esse método de agrupamento baseado em funções é usado principalmente para verificar se o objeto que pertence a uma classe predeterminada deve ser tratado de maneira diferente.

Liu e Forrest (2022) explicaram que é necessário definir as funções de possibilidades e os pesos para diferentes critérios de acordo com o índice de agrupamento correspondente.

De acordo com Liu e Forrest (2022) e Sousa *et al.* (2024), o método GWFC classifica os critérios com funções de *whitenization* ponderadas por pesos variáveis. Os diferentes valores de σ_i^k é obtida, e a alternativa adequada é aquela com a maior σ_i^k . A Eq. 5 mostra como calcular cada σ_i^k .

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) * n_j^k \quad (5)$$

Em resumo, de acordo com Liu e Forrest (2022), o GWFC pode ser obtido de acordo com as seguintes etapas.

Etapa 1 - Determinar a função de *whitenization* para cada classe de maturidade ($f_j^k(x_{ij})$);

Etapa 2 - Calcular o peso de todos os critérios; neste estudo foi aplicado o método CRITIC;

Etapa 3 - Com base na função de *whitenization* (etapa 1) e no peso (etapa 2), calcular os coeficientes de *Grey Weight Fixed Clustering* ($\sigma_i^1, \sigma_i^2, \sigma_i^3$).

Etapa 4 - Se $\max\{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$, o objeto pertence à classe k^* .

O objetivo deste estudo é identificar a classificação da contribuição da implementação de sistemas ERP nas PMEs, ou seja, a maturidade das PMEs que implementaram os sistemas ERP de acordo com três níveis de classificação abaixo e o processo de classificação, Figura 3.20, (Golinska *et al.*, 2015).

Classificação $k = 3 \Rightarrow$ Alta maturidade, alta contribuição da implementação de sistemas ERP nas PMEs.

Classificação $k = 2 \Rightarrow$ Maturidade intermediária, contribuição média da implementação de sistemas ERP em PMEs.

Classificação $k = 1 \Rightarrow$ Baixa maturidade, baixa contribuição da implementação de sistemas ERP em PMEs.

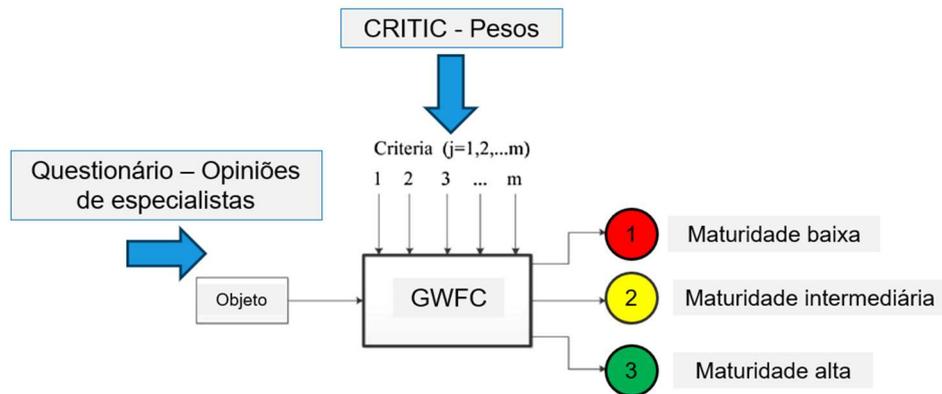


Figura 3.20. Processo de classificação. Adaptado de Golinska et al. (2015).

Com relação à função de *whitization*, foi adotada a proposta de Sousa *et al.* (2024) e Timóteo et al. (2024), conforme demonstrado na Figura 3.21.

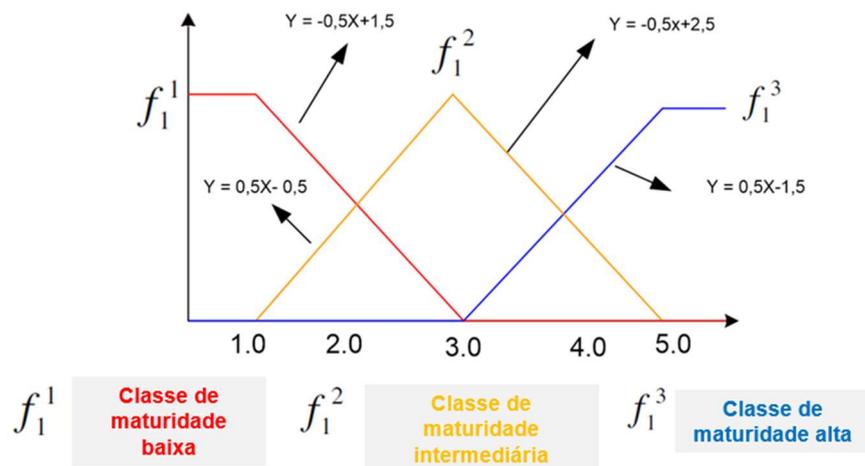


Figura 3.21. Função de *whitization*.

Fonte: Adaptado de Sousa et al. (2024) e Timóteo et al. (2024). *et al.*

Para as funções acima apresentadas, foi utilizado o site Symblab para verificar as funções das retas calculadas para cada classe de maturidade (baixa, intermediária e alta), conforme demonstrado nas Figuras 3.22, 3.23, 3.24 e 3.25.

Soluções > Calculadora de equações de reta > **reta (1;1), (3;0)**

line (1;1), (3;0)

Passos Gráfico Exemplos

reta (1, 1), (3, 0)

Solução

$$y = -\frac{1}{2}x + \frac{3}{2}$$

Figura 3.22. Função de *whitenization* para classe baixa de maturidade (se $1=1$, se $3=0$).

Fonte: Symbolab (2024).

Soluções > Calculadora de equações de reta > **reta (1;0), (3;1)**

line (1;0), (3;1)

Passos Gráfico Exemplos

reta (1, 0), (3, 1)

Solução

$$y = \frac{1}{2}x - \frac{1}{2}$$

Figura 3.23. Função de *whitenization* para classe intermediária de maturidade (se $1=0$, se $3=0$).

Fonte: Symbolab (2024).

Soluções > Calculadora de equações de reta > reta (3;1), (5;0)

line (3;1), (5;0)

Passos Gráfico Exemplos

reta (3, 1), (5, 0)

Solução

$$y = -\frac{1}{2}x + \frac{5}{2}$$

Figura 3.24. Função de *whitenization* para classe intermediária de maturidade (se $3=1$, se $5=0$).

Fonte: Symbolab (2024).

Soluções > Calculadora de equações de reta > reta (3;0), (5;1)

line (3;0), (5;1)

Passos Gráfico Exemplos

reta (3, 0), (5, 1)

Solução

$$y = \frac{1}{2}x - \frac{3}{2}$$

Figura 3.25. Função de *whitenization* para classe alta de maturidade (se $3=0$, se $5=1$).

Fonte: Symbolab (2024).

4. RESULTADOS, ANÁLISES E DISCUSSÕES

Conforme mencionado na seção anterior, o método CRITIC proposto por Diakoulaki *et al.* (1995) foi usado para obter o peso dos critérios.

O quadro 4.1 mostra os dados coletados da pesquisa para os 31 especialistas de acordo com a escala de 1 a 5 para cada variável, sendo elas:

- V1: Nível de contribuição atual do sistema ERP para otimizar as atividades diárias dos colaboradores;
- V2: Nível de contribuição atual do sistema ERP para auxílio na rápida tomada de decisão por parte da direção;
- V3: Nível contribuição atual do sistema ERP para a gestão da comunicação na empresa;
- V4: Nível de conhecimento dos funcionários diretamente envolvidos acima da teoria dos sistemas ERP e não apenas do software;
- V5: Tempo dedicado a compreensão das reais necessidades da empresa em termos de módulos do sistema ERP e possibilidades de desenvolvimento ou compra de alternativas no mercado;
- V6: Nível de acurácia e atualização das informações de entrada do sistema ERP;
- V7: Nível de iniciativas desenvolvidas para melhorias de processo, uma vez que os sistemas ERP automatizam muito, mas melhoram pouco;
- V8: Nível de apoio por parte da alta direção, fornecendo recursos e estrutura no longo prazo.

Quadro 4.1. Dados coletados da pesquisa.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
R1	4	5	4	4	3	5	3	3
R2	4	4	2	2	2	3	2	2
R3	4	4	3	3	3	4	3	5
R4	2	2	4	2	3	4	4	2
R5	4	4	3	2	3	4	4	5
R6	4	4	3	2	2	3	4	3
R7	5	4	4	3	3	4	3	4
R8	3	4	3	1	1	3	2	3
R9	4	4	2	2	2	5	4	5
R10	3	/4	2	3	4	2	3	3

R11	5	5	3	3	5	4	4	4
R12	4	4	4	3	2	3	3	3
R13	3	4	4	2	3	4	4	3
R14	3	3	2	2	4	3	2	2
R15	3	3	4	2	2	3	3	3
R16	4	5	4	3	3	3	3	3
R17	3	3	2	2	2	3	2	2
R18	2	2	1	3	2	3	2	3
R19	4	4	4	3	2	4	4	3
R20	4	4	5	2	2	3	2	3
R21	3	2	1	1	2	2	2	3
R22	4	5	5	2	3	3	5	5
R23	4	4	2	2	3	3	3	2
R24	4	2	2	2	1	2	2	2
R25	3	2	2	2	2	3	2	2
R26	3	3	3	2	2	2	3	2
R27	3	3	2	2	3	3	4	2
R28	5	5	4	3	2	3	2	3
R29	2	2	2	2	1	2	1	1
R30	4	3	4	2	2	3	2	3
R31	2	4	3	3	3	3	4	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A matriz com a pesquisa coletada foi normalizada usando a equação (1) $\bar{P}_i = \frac{P_i - P_m}{P_{max} - P_{min}}$ de acordo com o passo 1 mostrado na seção anterior, o qual todos os critérios se trata de benefícios, ou seja, quanto maior melhor. A Tabela 4.1 mostra os dados normalizados e o desvio padrão.

Tabela 4.1. Dados normalizados e desvio padrão.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
R1	0,667	1,000	0,750	1,000	0,500	1,000	0,500	0,500
R2	0,667	0,667	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,250
R3	0,667	0,667	0,500	0,667	0,500	0,667	0,500	1,000
R4	0,000	0,000	0,750	0,333	0,500	0,667	0,750	0,250
R5	0,667	0,667	0,500	0,333	0,500	0,667	0,750	1,000
R6	0,667	0,667	0,500	0,333	0,250	0,333	0,750	0,500
R7	1,000	0,667	0,750	0,667	0,500	0,667	0,500	0,750
R8	0,333	0,667	0,500	0,000	0,000	0,333	0,250	0,500
R9	0,667	0,667	0,250	0,333	0,250	1,000	0,750	1,000
R10	0,333	0,667	0,250	0,667	0,750	0,000	0,500	0,500

R11	1,000	1,000	0,500	0,667	1,000	0,667	0,750	0,750
R12	0,667	0,667	0,750	0,667	0,250	0,333	0,500	0,500
R13	0,333	0,667	0,750	0,333	0,500	0,667	0,750	0,500
R14	0,333	0,333	0,250	0,333	0,750	0,333	0,250	0,250
R15	0,333	0,333	0,750	0,333	0,250	0,333	0,500	0,500
R16	0,667	1,000	0,750	0,667	0,500	0,333	0,500	0,500
R17	0,333	0,333	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,250
R18	0,000	0,000	0,000	0,667	0,250	0,333	0,250	0,500
R19	0,667	0,667	0,750	0,667	0,250	0,667	0,750	0,500
R20	0,667	0,667	1,000	0,333	0,250	0,333	0,250	0,500
R21	0,333	0,000	0,000	0,000	0,250	0,000	0,250	0,500
R22	0,667	1,000	1,000	0,333	0,500	0,333	1,000	1,000
R23	0,667	0,667	0,250	0,333	0,500	0,333	0,500	0,250
R24	0,667	0,000	0,250	0,333	0,000	0,000	0,250	0,250
R25	0,333	0,000	0,250	0,333	0,250	0,333	0,250	0,250
R26	0,333	0,333	0,500	0,333	0,250	0,000	0,500	0,250
R27	0,333	0,333	0,250	0,333	0,500	0,333	0,750	0,250
R28	1,000	1,000	0,750	0,667	0,250	0,333	0,250	0,500
R29	0,000	0,000	0,250	0,333	0,000	0,000	0,000	0,000
R30	0,667	0,333	0,750	0,333	0,250	0,333	0,250	0,500
R31	0,000	0,667	0,500	0,667	0,500	0,333	0,750	0,750
Des. P	0,284	0,331	0,274	0,218	0,222	0,264	0,241	0,258

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na sequência, a etapa 3 mostrada no procedimento metodológico foi usada para obter a correlação entre os critérios. A Tabela 4.2 mostra a correlação entre os critérios (matriz 8x8).

Tabela 4.2. Correlação entre os critérios.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	$\sum_{j=1}^N(1 - c_j)$
v1	0,000	0,341	0,607	0,710	0,813	0,659	0,836	0,583	4,548
v2	0,341	0,000	0,448	0,527	0,574	0,554	0,541	0,447	3,432
v3	0,607	0,448	0,000	0,720	0,897	0,654	0,621	0,676	4,624
v4	0,710	0,527	0,720	0,000	0,589	0,609	0,807	0,753	4,714
v5	0,813	0,574	0,897	0,589	0,000	0,664	0,496	0,673	4,706
v6	0,659	0,554	0,654	0,609	0,664	0,000	0,503	0,471	4,115
v7	0,836	0,541	0,621	0,807	0,496	0,503	0,000	0,431	4,235
v8	0,583	0,447	0,676	0,753	0,673	0,471	0,431	0,000	4,033

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

As etapas finais foram a obtenção do valor da quantidade de informações ($lj =$

$\sigma_j \cdot \sum_{j=1}^N (1 - c_j)$ e o peso ($W_j = \frac{l_j}{\sum_{k=1}^N l_k}$). A Tabela 4.4 mostra a quantidade de informações e o peso de cada variável.

Tabela 4.3. Quantidade de informações (l_j) e o peso (W_j) para cada critério

Variáveis	l_j	W_j	Ranking
v1	1,290552680	13,22%	4
v2	0,973953956	9,98%	8
v3	1,312154233	13,44%	3
v4	1,337701118	13,70%	1
v5	1,335505910	13,68%	2
v6	1,167621407	11,96%	6
v7	1,201836833	12,31%	5
v8	1,144585791	11,72%	7

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na sequência o método *Grey Weight Fixed Clustering* foi usado para obter os resultados referentes à contribuição da maturidade da implementação de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras ($\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3$ até $\sigma_{31}^1, \sigma_{31}^2, \sigma_{31}^3$) para cada especialista, de acordo com a equação (5) $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) * n_j^k$, com base em todas as etapas propostas por Liu, S. e Lin, Y. (2010) citadas na seção de método. As Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 mostraram os resultados do coeficiente para cada função de branqueamento.

Tabela 4.4. Coeficiente de GWFC (σ_1^1 até σ_{31}^1). De acordo com a função de *whitenization* para baixa maturidade ($f_1^1, y = -05x + 1,5$).

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	σ_i^1
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R2	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,324
R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R4	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0	0,5	0,243
R5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,069
R6	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0,137
R7	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R8	0	0	0	1	1	0	0,5	0	0,335
R9	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,204
R10	0	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0,127
R11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R12	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,068

R13	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,069
R14	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0,256
R15	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0,137
R16	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R17	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,324
R18	0,5	0,5	1	0	0,5	0	0,5	0	0,380
R19	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,068
R20	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0,198
R21	0	0,5	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0,511
R22	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,069
R23	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,194
R24	0	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,502
R25	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,374
R26	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,255
R27	0	0	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,194
R28	0	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0,130
R29	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	1	0,689
R30	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0	0,198
R31	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,066

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 4.5. Coeficiente de GWFC (σ_1^2 to σ_{31}^2) de acordo com a função de *whitenization* para maturidade intermediária (f_1^2 , $y = 05x - 0,5$).

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	σ^2_i
R1	0,5	0	0,5	0,5	1	0	1	1	0,579
R2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,560
R3	0,5	0,5	1	1	1	0,5	1	0	0,707
R4	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,568
R5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0	0,577
R6	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,686
R7	0	0,5	0,5	1	1	0,5	1	0,5	0,632
R8	1	0,5	1	0	0	1	0,5	1	0,615
R9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0	0,382
R10	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,755
R11	0	0	1	1	0	0,5	0,5	0,5	0,451
R12	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	1	1	0,748
R13	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,693
R14	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,676
R15	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,796
R16	0,5	0	0,5	1	1	1	1	1	0,767
R17	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,676

R18	0,5	0,5	0	1	0,5	1	0,5	1	0,620
R19	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,627
R20	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	1	0,551
R21	1	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	1	0,489
R22	0,5	0	0	0,5	1	1	0	0	0,391
R23	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,690
R24	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,432
R25	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,626
R26	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,745
R27	1	1	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5	0,744
R28	0	0	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,571
R29	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0	0	0,311
R30	0,5	1	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1	0,668
R31	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0,764

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Tabela 4.6. Coeficiente de GWFC (σ_1^3 to σ_{31}^3) de acordo com a função de *whitenization* para alta maturidade (f_1^3 , $y = 05x - 1,5$).

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	σ_i^3
R1	0,5	1	0,5	0,5	0	1	0	0	0,421
R2	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,116
R3	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0	1	0,293
R4	0	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,189
R5	0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,5	1	0,355
R6	0,5	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0,178
R7	1	0,5	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0,368
R8	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,050
R9	0,5	0,5	0	0	0	1	0,5	1	0,414
R10	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0,118
R11	1	1	0	0	1	0,5	0,5	0,5	0,549
R12	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,183
R13	0	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,238
R14	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0,068
R15	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0,067
R16	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0	0,233
R17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R18	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R19	0,5	0,5	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,304
R20	0,5	0,5	1	0	0	0	0	0	0,250
R21	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R22	0,5	1	1	0	0	0	1	1	0,541

R23	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,116
R24	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,066
R25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R26	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R27	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,062
R28	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0,299
R29	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000
R30	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0,133
R31	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0,170

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A etapa final do GFWC é obter o σ_{max} (se $\max\{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$). A Tabela 4.7 apresentou o σ_{max} e sua respectiva classe k para cada especialista com base na função de *whitenization* ($\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3$ to $\sigma_{31}^1, \sigma_{31}^2, \sigma_{31}^3$), sendo classe 1 para maturidade baixa, classe 2 para maturidade intermediária e classe 3 para maturidade alta.

Tabela 4.7. σ_{max} e classe de maturidade.

Resp.	σ_1^1	σ_1^2	σ_1^3	σ_{max}	Maturity class (k)
R1	0,0000	0,5789	0,4211	0,5789	2
R2	0,3242	0,5598	0,1160	0,5598	2
R3	0,0000	0,7070	0,2930	0,7070	2
R4	0,2431	0,5684	0,1885	0,5684	2
R5	0,0685	0,5770	0,3545	0,5770	2
R6	0,1369	0,6856	0,1775	0,6856	2
R7	0,0000	0,6323	0,3677	0,6323	2
R8	0,3353	0,6148	0,0499	0,6148	2
R9	0,2041	0,3816	0,4143	0,4143	3
R10	0,1270	0,7547	0,1183	0,7547	2
R11	0,0000	0,4513	0,5487	0,5487	3
R12	0,0684	0,7485	0,1832	0,7485	2
R13	0,0685	0,6931	0,2384	0,6931	2
R14	0,2559	0,6758	0,0684	0,6758	2
R15	0,1369	0,7959	0,0672	0,7959	2
R16	0,0000	0,7670	0,2330	0,7670	2
R17	0,3242	0,6758	0,0000	0,6758	2
R18	0,3803	0,6197	0,0000	0,6197	2
R19	0,0684	0,6271	0,3045	0,6271	2
R20	0,1984	0,5512	0,2504	0,5512	2
R21	0,5110	0,4890	0,0000	0,5110	1
R22	0,0685	0,3910	0,5405	0,5405	3

R23	0,1943	0,6897	0,1160	0,6897	2
R24	0,5023	0,4316	0,0661	0,5023	1
R25	0,3741	0,6259	0,0000	0,6259	2
R26	0,2553	0,7447	0,0000	0,7447	2
R27	0,1943	0,7441	0,0615	0,7441	2
R28	0,1299	0,5709	0,2991	0,5709	2
R29	0,6885	0,3115	0,0000	0,6885	1
R30	0,1984	0,6683	0,1333	0,6683	2
R31	0,0661	0,7639	0,1700	0,7639	2

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os resultados mostraram que a maioria dos especialistas (80,6%) indicaram que as PMEs possuem nível de maturidade intermediária, e 9,7% indicaram que as PMEs possuem nível de maturidade baixa, mas por outro lado, 9,7% dos especialistas avaliaram que as PMEs apresentaram nível de maturidade alto com relação à contribuição da implementação de sistemas ERP e seu uso. A Tabela 4.8 mostra o resumo desse resultado.

Tabela 4.8. Resultado do nível de maturidade em relação à contribuição da implementação de sistemas ERP nas PMEs brasileiras.

Classe de maturidade (k)	Número de respondentes	Percentual de respondentes
1	3	9,7%
2	25	80,6%
3	3	9,7%
TOTAL	31	100,0%

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 4.1 demonstra a distribuição das avaliações com relação ao nível de maturidade na contribuição da implementação de sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte de acordo com a percepção dos respondentes.



Figura 4.1. Parecer dos respondentes com relação ao nível de maturidade.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo exploratório sobre a implementação e uso de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras proporcionou *insights* valiosos sobre a visão dos respondentes quanto aos níveis de maturidade dessas organizações e a eficácia da utilização desses sistemas. Os resultados revelaram que, embora a maioria das PMEs apresentem um nível de maturidade intermediário, existe uma variação significativa na eficácia e no grau de utilização dos sistemas ERP. Esta análise permitiu identificar tanto as fortalezas quanto as fraquezas no uso do ERP, destacando a necessidade de investimentos contínuos em treinamento e otimização dos sistemas para garantir que as empresas possam maximizar os benefícios de integração e controle de processos. As recomendações propostas visam aprimorar a competitividade das PMEs no mercado, promovendo uma melhor adaptação às demandas dinâmicas e às condições de mercado variáveis.

5.1 Conclusões

Com base no objetivo delineado, o objetivo geral apresentado no capítulo 1 foi atingido, fornecendo uma análise detalhada sobre o nível de maturidade das PMEs brasileiras, por meio dos objetivos específicos definidos e atingidos, que incluíram:

- a) Aplicação da bibliometria: Foi realizada uma análise bibliométrica que permitiu identificar e sistematizar os principais conceitos e discussões teóricas relacionadas ao tema, estabelecendo uma base sólida para a investigação;
- b) Definição de variáveis e critérios: Foram definidos critérios e variáveis relevantes para avaliar a maturidade e o uso dos sistemas ERP, garantido rigor e consistência metodológica na análise;
- c) Coleta e análise de dados: Os dados coletados junto a profissionais experientes em diversos setores foram analisados, permitindo uma visão prática e abrangente da realidade das PMEs brasileiras no contexto estudado.
- d) Aplicação dos métodos CRITIC e *Grey Weight Fixed Clustering*: A aplicação dos métodos CRITIC e GWFC viabilizou a classificação do nível de maturidade, oferecendo uma perspectiva quantitativa robusta sobre os resultados.

Os dados que foram analisados usando os métodos CRITIC e *Grey Weight Fixed*

Clustering para identificar a maturidade em relação à implementação e uso de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras mostraram que a maioria dos respondentes (80,6%) indicaram que as empresas têm maturidade média em relação à implementação e ao uso de ERP. Isso sugere que essas PMEs utilizam sistemas de ERP para otimizar algumas de suas atividades diárias, mas leva a concluir que elas poderiam estar aplicando a melhoria contínua, ou seja, poderiam estar aprimorando os conhecimentos e as habilidades dos profissionais com treinamentos, e ou melhorando os sistemas de ERP, além de aumentar a integração e o controle dos processos e melhorar a qualidade dos dados extraídos no sistema. Assim, visando uma tomada de decisão mais eficaz e uma melhor adaptação às demandas do mercado.

A complexidade e os altos custos para implementar o ERP geram desafios, especialmente para as PMEs. Nesse sentido, ter o apoio da liderança é essencial para essa implementação em empresas desse setor (Almajali *et al.*, 2016). Almajali *et al.* (2016) também enfatizam o efeito positivo que o treinamento tem sobre a satisfação dos funcionários e sobre o sucesso da implementação.

Uma pequena porcentagem dos entrevistados (9,7%) avaliou que as PMEs estão muito maduras no uso de sistemas de ERP. Essas PMEs provavelmente implementaram sistemas de ERP de forma eficaz e usam todas as funcionalidades disponíveis para integrar seus processos de negócios. Isso lhes dá uma vantagem competitiva significativa no mercado, permitindo uma gestão eficiente e um controle rigoroso dos processos.

Outro grupo de respondentes (9,7%) consideram que as PMEs têm baixa maturidade. Essas empresas provavelmente enfrentam dificuldades para implementar adequadamente o ERP ou utilizar suas funcionalidades. Isso pode resultar em processos não integrados e baixa eficiência operacional, afetando sua competitividade no mercado. Além disso, a probabilidade de que essas empresas não tenham uma boa lucratividade em seus produtos e serviços é alta e o resultado é dividir o mercado com os concorrentes.

Com relação à motivação da alta administração das PMEs para fazer a implementação, Kosalge e Ritz (2015) destacam que o aumento da escala das operações é um aspecto crítico que faz com que os gerentes e diretores decidam pelo uso de um sistema ERP. Nesse sentido, as empresas com baixo nível de maturidade para a implementação de sistemas ERP devem considerar as vantagens proporcionadas por esses sistemas e a necessidade que elas têm, considerando a escala de suas operações, a fim de garantir a necessidade desses sistemas para sua realidade e investir em um sistema ERP para sua realidade e investir em melhorias para seus sistemas.

5.2 Considerações Finais

Os resultados deste estudo contribuem para teoria e para prática, pois com a aplicação de método inovadores podem auxiliar os gestão em tomada de decisão importantes, uma vez que os resultados evidenciam que apesar de muitas PMEs terem adotado sistemas ERP e alcançado benefícios significativos, há um grande potencial inexplorado. As empresas com maturidade intermediária podem melhorar sua eficácia através de investimentos em treinamento contínuo e na otimização dos sistemas existentes. As PMEs com alta maturidade destacam-se pela implementação eficaz dos sistemas ERP, o que lhes proporciona uma vantagem competitiva. No entanto, um número considerável de empresas ainda enfrenta dificuldades na implementação, resultando em baixa eficiência operacional e competitividade.

As recomendações para que as Pequenas e Médias Empresas tirem o máximo proveito dos sistemas ERP incluem o seguinte:

- a) Investir na melhoria contínua dos sistemas ERP, e no treinamento dos funcionários, para garantir que todas as funcionalidades sejam bem compreendidas e utilizadas;
- b) Realizar de avaliações periódicas das necessidades da empresa, e o alinhamento do ERP com as estratégias da empresa, a fim de garantir a rápida adaptação às mudanças do mercado;
- c) Focar na integração completa dos processos de negócios por meio do ERP, eliminando atividades que não agregam valor e melhorando a qualidade dos dados, para uma tomada de decisão mais precisa.

Deve-se levar em consideração que a implementação de sistemas ERP nessas organizações está intrinsecamente ligada ao contexto político e governamental, o qual influenciam diretamente na adoção, desenvolvimento e sucesso dessas tecnologias no setor empresarial. Lembrando que, as políticas públicas voltadas para o fortalecimento das PMEs desempenham um papel essencial. Pois, essas organizações representam a maior parte dos negócios no Brasil e são responsáveis por uma significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) e da geração de empregos. Destarte, os incentivos como linhas de financiamento e crédito, políticas tributárias e iniciativas de capacitação e educação são primordiais para o desenvolvimento tecnológico.

Cabe observar que, as etapas apresentadas neste estudo poderão auxiliar como guia para que as PMEs possam atingir nível alto de maturidade. Em adicional, essas mesmas etapas poderão ser replicadas em outros países.

5.3 Limitações da Pesquisa

Com relação às limitações deste estudo, deve-se destacar os seguintes:

- a) Foi utilizada uma amostra não probabilística. No entanto, o método de análise utilizado é apropriado para esse tipo de amostra;
- b) O trabalho objetivou apenas as percepções dos respondentes sobre a maturidade da implementação e uso dos sistemas ERP, sem uma análise mais profunda dos resultados financeiros e operacionais dessas empresas após a implementação dos sistemas ERP;
- c) Por fim, outra limitação foi a falta de uma comparação longitudinal, que poderia fornecer *insights* sobre a evolução da maturidade das empresas ao longo do tempo.

5.4 Propostas de Trabalhos Futuros

Com base nas conclusões e limitações deste estudo, se estabelece as seguintes propostas de trabalhos futuros:

- a) Expande escopo geográfico do estudo, o qual pode investigar a maturidade na implementação e uso de sistemas ERP em PMEs em outros países. Essa abordagem permitiria uma análise comparativa entre diferentes contextos socioeconômicos e culturais, ampliando a aplicabilidade dos resultados encontrados;
- b) Conduz um estudo em empresas que implementaram sistemas de ERP. Sendo, uma investigação detalhada ajuda a identificar se esses sistemas atendem efetivamente aos requisitos estratégicos das organizações, e como a aquisição e a manutenção desses sistemas afetam suas estratégias de negócios, pois o principal fator limitante para essas empresas é o custo de aquisição e manutenção dos sistemas ERP. Essa abordagem seria valiosa para mapear a progressão de maturidade e identificar críticas em diferentes estágios;
- c) Analisa aspectos econômicos e de retorno sobre investimento, avaliando os custos versus benefícios na implementação dos sistemas ERP. Pois, estudos focados no retorno sobre investimento colaboram nas tomadas de decisão dos gestores baseada no retorno financeiro; e,
- d) Integra a sustentabilidade, explorando como os sistemas ERP podem auxiliam nas práticas de sustentabilidade nas PMEs, integrando métricas ambientais, sociais e de governança às funcionalidades tradicionais dos sistemas.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, O. L. **Engenharia de fabricação mecânica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

ALASKARI, O.; PINEDO-CUENCA, R.; AHMAD, M. M. *Framework for implementation of enterprise resource planning (ERP) systems in small and medium enterprises (SMEs): a case study*. *Procedia Manufacturing*, v. 55, p. 424–430, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.058>.

ALMAJALI, D. A.; MASA'DEH, R.; TARHINI, A. *Antecedents of ERP systems implementation success: a study on Jordanian healthcare sector*. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 29, n. 4, p. 549–565, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2015-0024>.

ALMAJALI, D. A.; OMAR, F.; ALSOKKAR, A.; ALSHERIDEH, A. S.; MASA'DEH, R.; DAHALIN, Z. *Enterprise resource planning success in Jordan from the perspective of IT-business strategic alignment*. *Cogent Social Sciences*, v. 8, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/23311886.2022.2062095>.

AL-MASHARI, M.; ZAIRI, M. *Using enterprise resource planning (ERP) systems: an analysis of SAP R/3 implementation case*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 30, n. 3, p. 296–313, 1997.

ALONSO, S.; CABRERIZO, F. J.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. *h-index: a review focused on its variants, computation and standardization for different scientific fields*. *Journal of Informetrics*, v. 3, n. 4, p. 273–288, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2009.04.001>.

ALONSO, S.; CABRERIZO, F. J.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. *hg-index: a new index to characterize the scientific output of researchers based on the h- and g-indices*. *Scientometrics*, v. 82, n. 2, p. 391–400, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0047-5>.

ALPERS, S.; BECKER, C.; ERYILMAZ, E.; SCHUSTER, T. *A systematic approach for evaluation and selection of ERP systems*. *Lecture Notes in Business Information Processing*, v. 193, set. 2014, p. 36–48. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-11373-9_4.

ALSHARARI, N. M.; AL-SHBOUL, M.; ALTENEIJI, S. *Implementation of cloud ERP in the SME: evidence from UAE*. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, v. 27, n. 2, p. 299–327, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/JSBED-01-2019-0007>.

AZNAR BELLVER, J.; CERVELLÓ ROYO, R.; GARCÍA, F. *Spanish savings banks and their future transformation into private capital banks determining their value by a multicriteria valuation methodology*. *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, n. 35, p. 155–164, 2011.

BARBANTI, A. M.; ANHOLON, R.; RAMPASSO, I. S.; MARTINS, V. W. B.; QUELHAS, O. L. G.; LEAL FILHO, W. *Sustainable procurement practices in the supplier selection process: an exploratory study in the context of Brazilian manufacturing companies*. *Corporate Governance (Bingley)*, v. 22, n. 1, p. 114–127, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/CG-10-2020-0481>.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Porte de empresas**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/porte-de-empresa>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BOYLE, F.; SHERMAN, D. *The product and its development*. *Serials Librarian, Scopus*, v. 49, n. 3, p. 147–153, 2005. DOI: https://doi.org/10.1300/J123v49n03_12.

BUONANNO, G.; FAVERIO, P.; PIGNI, F.; RAVARINI, A.; SCIUTO, D.; TAGLIAVINI, M. *Factors affecting ERP system adoption: a comparative analysis between SMEs and large companies*. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 18, n. 4, p. 384–426, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1108/17410390510609572>.

CABRERIZO, F. J.; ALONSO, S.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. *q2-index: quantitative and qualitative evaluation based on the number and impact of papers in the Hirsch core*. *Journal of Informetrics*, v. 4, n. 1, p. 23–28, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2009.06.005>.

CAHLIK, T. *Comparison of the maps of science*. *Scientometrics*, v. 49, p. 373–387, 2000.

CALLON, M.; COURTIAL, J. P.; LAVILLE, F. *Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: the case of polymer chemistry*. *Scientometrics*, v. 22, p. 155–205, 1991.

CHOUERI, A. C.; PORTELA SANTOS, E. A. *Multi-product scheduling through process mining: bridging optimization and machine process intelligence*. *Journal of Intelligent Manufacturing*, v. 32, n. 6, p. 1649–1667, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10845-021-01767-2>.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. *SciMAT: a new science mapping analysis software tool*. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 63, n. 8, p. 1609–1630, 2012.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. *A note on the ITS topic evolution in the period 2000–2009 at T-ITS*. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 13, n. 1, p. 413–420, 2012.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIEDMA, E.; HERRERA, F. *An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: a practical application to the Fuzzy Sets Theory field*. *Journal of Informetrics*, v. 5, n. 1, p. 146–166, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>.

COOPER, R. D.; SCHINDLER, P. S. *Business Research Methods*. 12. ed. McGraw-Hill International Edition, 2014.

CORREA, H. L.; GIANESI, I. G.; CAON, M. *Planejamento, programação e controle da produção*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

DIAKOULAKI, D.; MAVROTAS, G.; PAPAYANNAKIS, L. *Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method*. *Computers and Operations Research*, v. 22, n. 7, p. 763–770, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)00059-H](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)00059-H).

EGGUE, L. *Theory and practice of the g-index*. *Scientometrics*, v. 69, n. 1, p. 131–152, 2006.

ADALI, E. A.; IŞIK, A. T. ***CRITIC and MAUT methods for the contract manufacturer selection problem.*** *European Journal of Multidisciplinary Studies*, v. 2, n. 5, p. 88–96, 2017.

ESTÉBANEZ, R. P. ***Assessing the benefits of an ERP implementation in SMEs: an approach from the accountant's perspective.*** *Scientific Annals of Economics and Business*, v. 68, n. 1, p. 63–73, 2021. DOI: <https://doi.org/10.47743/saeb-2021-0006>.

FURSTENAU, L. B. et al. ***20 years of scientific evolution of cybersecurity: science mapping.*** In: *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dubai, UAE, 10–12 mar. 2020.

GARFIELD, E. ***Scientography: mapping the tracks of science.*** *Current Contents: Social & Behavioral Sciences*, v. 7, n. 45, p. 5–10, 1994.

GIL, A. C. ***Como elaborar projetos de pesquisa.*** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GIL, A. C. ***Métodos e técnicas de pesquisa social.*** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOLINSKA, P. et al. ***Grey decision-making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies.*** *Journal of Cleaner Production*, v. 105, p. 28–40, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.040>.

GOUNDAR, S.; KHAN, M. G. M.; REDDY, K. G. ***Finding the drivers for ERP systems uptake in SMEs: an exploratory multiple-case study of selected Fijian companies.*** *IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*, IEEE, pp. 1-7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSDE53843.2021.9718437>.

HADDARA, M.; MOEN, H. ***User resistance in ERP implementations: a literature review.*** *Procedia Computer Science*, v. 121, p. 859–865, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.111>.

HASANATI, N. et al. ***Implementation of Material Requirement Planning (MRP) on raw material order planning system for garment industry.*** *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 528, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012064>.

HIRSCH, J. E. *An index to quantify an individual's scientific research output*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 102, n. 46, p. 16569–16572, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>.

JU-LONG, D. *Control problems of grey systems*. *Systems and Control Letters*, v. 1, n. 5, p. 288–294, 1982. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-6911\(82\)80025-X](https://doi.org/10.1016/S0167-6911(82)80025-X).

KARIMI, T.; AHMADIAN, M. *Grey clustering and grey ranking of bank branches based on grey efficiency*. *Grey Systems*, v. 14, n. 1, p. 1–20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1108/GS-04-2023-0034>.

KATUU, S. *Enterprise Resource Planning: past, present, and future*. *New Review of Information Networking*, v. 25, n. 1, p. 37–46, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/13614576.2020.1742770>.

KIM, J.; YU, K. *Areal feature matching based on similarity using CRITIC method*. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, v. 40, n. 2W4, p. 75–78, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-75-2015>.

KOSALGE, P. U.; RITZ, E. *Finding the tipping point for a CEO to say yes to an ERP: a case study*. *Journal of Enterprise Information Management*, v. 28, n. 5, p. 718–738, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1108/JEIM-07-2014-0073>.

KRUMBHOLZ, M.; MAIDEN, N. *The implementation of enterprise resource planning packages in different organizational and national cultures*. *Information Systems*, v. 26, n. 3, p. 185–204, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0306-4379\(01\)00016-3](https://doi.org/10.1016/s0306-4379(01)00016-3).

KUCHI, Triveni. *Web of Science. Reference Reviews*, v. 18, n. 3, p. 9–10, 2004.

KURBEL, K. E. *Enterprise Resource Planning (ERP) and Supply-Chain Management*. In: *Food Safety Regulatory Compliance*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1201/b12898-9>.

LI, Y.; LIAO, X. W.; LEI, H. Z. *A knowledge management system for ERP implementation*. *Systems Research and Behavioral Science*, v. 23, n. 2, p. 157–168, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/sres.751>.

LIN, Z. *Comparison on the implementations of ERPs with different versions*. *BCP Business & Management*, v. 34, p. 1003–1009, 2022. DOI: <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v34i.3123>.

LIU, S.; LIN, Y. *Grey Information*. Springer, 2004.

LIU, S.; LIN, Y. *Grey Systems: Theory and Applications*. Springer, 2010.

LIU, S.; FORREST, J. Y. L. *Grey Systems Analysis*. *Springer Science & Business Media*, 1. ed. Berlin, Heidelberg 2022. Disponível em: <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-16158-2>.

LIU, S.; FORREST, J.; YANG, Y. A brief introduction to grey systems theory. In: *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS'11 - Joint with the 15th WOSC International Congress on Cybernetics and Systems*. Setembro, p. 1–9, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1109/GSIS.2011.6044018>.

MADIC, M.; RADOVANOVIC, M. *Ranking of some most commonly used nontraditional machining processes using ROV and CRITIC methods*. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, v. 77, n. 2, p. 193–204, 2015.

MENDES, J. V.; ESCRIVÃO FILHO, E. *Atualização tecnológica em pequenas e médias empresas: proposta de roteiro para aquisição de sistemas integrados de gestão (ERP)*. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 281–293, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0104-530x2007000200007>.

NGUYEN, T. K. L.; LE, H. N.; NGO, V. H.; HOANG, B. A. *Critic method and grey system theory in the study of global electric cars*. *World Electric Vehicle Journal*, v. 11, n. 4, p. 1–15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/wevj11040079>.

BRAAM, R. R.; VAN RAAN, H. F. J. *Mapping of science by combined co-citation and word analysis: structural aspects*. *Journal of the American Society for Information Science*, v. 36, n. 6, p. 421–421, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1002/asi.4630360614>.

SOUSA, I. C. et al. *Analysis of the quality of sustainability reports published by Brazilian companies: An analytic hierarchy process-grey clustering approach*. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, p. 1–17, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/csr.2804>.

SEBRAE. Categorias de formalização de empresas. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pr/artigos/categorias-de-formalizacao-de-empresas,4a0dca91c761e610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estela M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SMALL, H. A. *Co-citation model of a scientific specialty: a longitudinal study of collagen research*. *Social Studies of Science*, v. 7, p. 139–166, 1997.

TIMÓTEO, T. R. et al. *Use of AHP and grey fixed weight clustering to assess the maturity level of strategic communication management in Brazilian startups*. *Grey Systems*, v. 14, n. 1, p. 69–90, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1108/GS-06-2023-0052>.

WIDIASTUTI, M. *Advantages for the implementation of ERP-based information systems in service companies*. *Journal Ilmu Manajemen Terapan*, v. 1, n. 3, p. 218–224, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31933/jimt.v1i3.95>.

YAZDANI, Morteza; CHATTERJEE, Prasenjit; ZAVADSKAS, E. Kazimieras; STREIMIKIENE, Dalia. *A novel integrated decision-making approach for the evaluation*. v. 20, p. 403-420, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1488-4>.

YILMAZ, B.; HARMANCIOGLU, N. B. *Multi-criteria decision making for water resource management: a case study of the Gediz River Basin, Turkey*. *Water SA*, v. 36, n. 5, p. 563–576, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4314/wsa.v36i5.61990>.

YOO, B. K.; KIM, S. H. *Analysis of impact on ERP customization module using CSR data*. *Journal of Information Processing Systems*, v. 17, n. 3, p. 473–488, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3745/JIPS.04.0215>.

ZAVADSKAS, E. K.; TURSKIS, Z.; KILDIENE, S. *State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods*. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 20, n. 1, p. 165–179, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.892037>.

ZHANG, H. A. *Deep learning model for ERP enterprise financial management system*. *Advances in Multimedia*, v. 11, n. 4, p. 95–104 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/5783139>.

APÊNDICE A – Questionário da Pesquisa

Pesquisa de Mestrado

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

LINK DO TERMO:

<https://drive.google.com/file/d/1S6TjgKG57k1XrTAWmnxFYfdEBva3YVEy/view?usp=sharing>

CAAE: 71213623.8.0000.5404

Nome dos responsáveis:

Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto

Arlem Aparecido Recchia

1. CONCORDÂNCIA EM PARTICIPAR DA PESQUISA

Declaro que li o TCLE, tenho mais de 18 anos e estou disposto a participar desta pesquisa como voluntário(a).

2. Nome do responsável pelo preenchimento do questionário:

3. Experiência profissional em anos:

4. Ramo industrial de atuação:

5. Informe seu e-mail caso queira receber os resultados da pesquisa posteriormente.

A seguir, são apresentados fatores que podem ser impactados por sistemas ERP.

Solicitamos que, com base em sua experiência no assunto e conhecimento sobre a realidade das empresas brasileiras de pequeno e médio porte, avalie cada um deles considerando a seguinte questão:

Qual é o nível de contribuição atual do sistema ERP?

Por favor, utilize as seguintes notas:

1 = Baixíssima contribuição

2 = Baixa contribuição

3 = Média contribuição

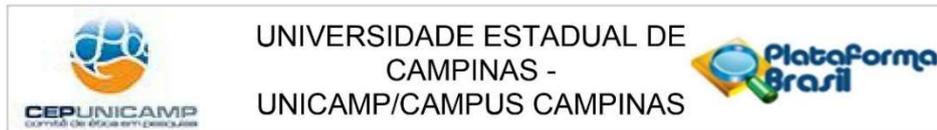
4 = Alta contribuição

5 = Muito alta contribuição

Caso deseje atribuir nota intermediária, por favor utiliza o campo "Outros" (exemplo: 3,5).

- Questão 1)** Na maioria das empresas brasileiras de pequeno e médio porte, o nível de contribuição atual do sistema ERP para otimização das atividades diárias dos colaboradores.
- Questão 2)** Na maioria das empresas brasileiras de pequeno e médio porte, o nível de contribuição atual do sistema ERP para auxílio na rápida tomada de decisão por parte da direção.
- Questão 3)** Na maioria das empresas brasileiras de pequeno e médio porte, o nível de contribuição atual do sistema ERP para a gestão da comunicação na empresa.
- Questão 4)** Nível de conhecimento dos colaboradores diretamente envolvidos sobre teoria dos sistemas ERP e não somente softwares.
- Questão 5)** Tempo dedicado para a compreensão das reais necessidades da empresa em termos de módulos dos sistemas ERP e possibilidades de desenvolvimentos ou compra de alternativas existentes no mercado.
- Questão 6)** Nível de acurácia e atualização das informações de entrada do sistema ERP.
- Questão 7)** Nível de iniciativas desenvolvidas para melhorias de processos, uma vez que sistemas ERP automatizam muito, mas melhoram pouco.
- Questão 8)** Nível de apoio por parte da alta direção, fornecendo recursos e estrutura no longo prazo.

ANEXO I – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Identificação da contribuição da implantação dos sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte: um estudo exploratório via grey incidence analysis

Pesquisador: JEFFERSON DE SOUZA PINTO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 71213623.8.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Mecânica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.264.845

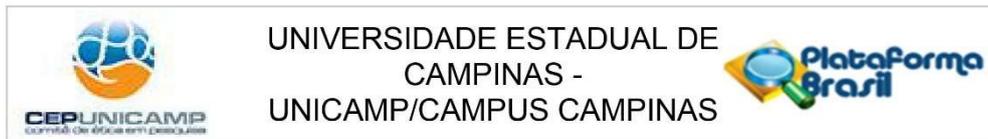
Apresentação do Projeto:

As informações contidas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa", "Avaliação dos Riscos e Benefícios" e "Comentários e Considerações sobre a Pesquisa" foram obtidas dos documentos apresentados para apreciação ética pelo CEP e das informações inseridas pelo/a PESQUISADOR/A RESPONSÁVEL pelo estudo, na Plataforma Brasil.

Introdução

A estratégia de negócios eficaz está concentrada no uso intenso e eficiente da tecnologia da informação. Nesse contexto, o sistema ERP (Enterprise Resource Planning, ou em português, Sistema de Gestão Empresarial) é constituído de conjunto sistemas de negócios que permitem o gerenciamento do uso eficiente e eficaz de recursos (materiais, recursos humanos, finanças, entre outros) necessários para uma empresa. E ainda, suporta a visão de negócios orientada a processos, além da padronização dos processos de negócios na empresa (FUI-HOON NAH, LEE-SHANG LAU e KUANG, 2001; WENRICH e AHMAD, 2009; SHATAT, 2015; DEMI e HADDARA, 2018). Nesse sentido, Laudon e Laudon (2018) afirmam que os sistemas corporativos agregam valor ao aumentar a eficiência operacional e fornecem informações em toda a empresa para auxiliar os gerentes a tomarem melhores decisões. E que, grandes empresas com muitas unidades operacionais em diferentes locais têm usado sistemas corporativos para impor práticas e dados

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@unicamp.br



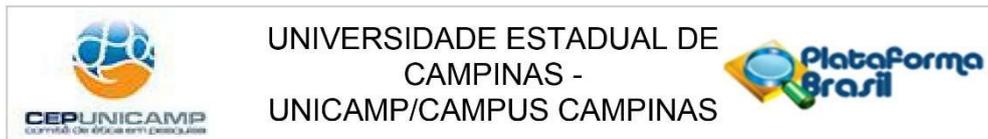
Continuação do Parecer: 6.264.845

padrão para que todos façam negócios da mesma maneira em todo o mundo (LAUDON e LAUDON, 2018). Cabe destacar que, os benefícios dos sistemas ERP não podem ser plenamente alcançados a menos que ocorra um forte alinhamento seja estabelecido entre os imperativos técnicos e organizacionais com base nos princípios de orientação de processo. E ainda, que os benefícios do ERP são percebidos quando um vínculo estreito é estabelecido entre a abordagem de implementação e as medidas de desempenho do processo de negócios (ALMASHARI, AL-MUDIMIGH e ZAIRI, 2003). De acordo com Singh, Singh e Misra (2023), o sistema ERP é conhecido por ser a solução para os requisitos de gerenciamento de informações das empresas. Sendo ainda, considerado um componente essencial que fornece uma vantagem competitiva para a empresa, aumentando sua produtividade e desempenho. Complementarmente, para Buonanno et al. (2005), a complexidade do negócio é um fator composto, sendo um requisito fraco da implementação do ERP, enquanto o tamanho da empresa resulta em um fator com maior contribuição. Portanto, fato que as empresas deveriam considerar os sistemas ERP como resposta à complexidade de seus negócios. Diante desses desafios e demandas do cenário, é ressaltada a importância de empresas conhecerem as suas contribuições, mas também quais fatores impactam na implementação e eficiência dos sistemas ERPs, e ainda mais as empresas brasileiras de pequeno e médio porte, que possuem um cenário competitivo no ambiente de negócios do país. O que corrobora, com a afirmação de Deshmukha, Thampib e Kalamkarc (2015), que para melhorar a produtividade e o desempenho geral dos negócios, o sistema ERP é uma das soluções para as Pequenas e Médias Empresas (PMEs) enfrentarem os desafios globais. Destarte, a presente pesquisa objetiva justamente a temática citada – contribuição da implantação de sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte e os fatores que impactam a implementação e eficiência dos sistemas ERPs.

Hipótese

Devido à natureza exploratória da presente proposta, os autores avaliam que não se faz necessária a estruturação de uma hipótese. De acordo com Gil (2017), estudos exploratórios visam trazer maior familiaridade com um determinado problema, tornando-o mais explícito ou permitindo a construção de hipóteses. Appolinário (2012) relata que pesquisas descritivas de levantamento, por exemplo, prescindem deste elemento, ou ainda, aquelas pesquisas cujas perguntas são do tipo “quais as características de?”.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

A presente pesquisa exploratória tem por objetivo identificar as contribuições da implantação de sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) em empresas brasileiras de pequeno e médio porte, bem como os fatores que impactam a implementação e eficiência dos sistemas ERPs. São utilizados como base os conceitos da sistemas de gestão empresarial, bem como a base da opinião de especialistas no assunto e a técnica Grey Incidence Analysis.

Objetivo Secundário:

As informações exploratórias obtidas na pesquisa em muito contribuirão para os debates sobre a implantação de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras. A divulgação das informações ocorrerá por meio do artigo científico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Entendemos que, para os estudos propostos, os riscos não são mensuráveis e previsíveis, visto que o participante tem a liberdade de apresentar sua opinião dentro de um assunto pré-definido. Entretanto, caso sinta qualquer tipo de desconforto, o participante tem o direito de não responder ou procurar os responsáveis pela pesquisa para esclarecer dúvidas.

Benefícios:

Os resultados desta pesquisa trazem de forma indireta benefícios relacionados para a na área de engenharia de produção, mais especificamente na subárea de modelos de gestão.

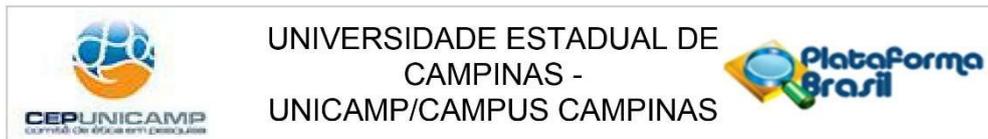
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto de pesquisa que irá constituir a Dissertação (Mestrado) de um aluno regularmente matriculado no programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica-Unicamp, orientado por um Pesquisador Colaborador do Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais, dessa Unidade.

Metodologia Proposta:

O questionário foi estruturado tomando por base as contribuições da implantação de sistemas ERP (Enterprise Resource Planning, ou em português, Sistema de Gestão Empresarial) em empresas brasileiras de pequeno e médio porte e a verificação dos fatores que impactam a implementação e

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

eficiência dos sistemas ERPs inferidas a partir da literatura, o trabalho verifica: 1) contribuição atual do sistema ERP para otimização das atividades diárias dos colaboradores; 2) contribuição atual do sistema ERP para auxílio na rápida tomada de decisão por parte da direção; 3) contribuição atual do sistema ERP para a gestão da comunicação na empresa; 4) nível de conhecimento dos colaboradores diretamente envolvidos sobre teoria dos sistemas ERP e não somente softwares; 5) tempo dedicado para a compreensão das reais necessidades da empresa em termos de módulos do sistemas ERP e possibilidades de desenvolvimentos ou compra de alternativas existentes no mercado; 6) nível de acurácia e atualização das informações de entrada do sistema ERP; 7) nível de iniciativas desenvolvidas para melhorias de processos, uma vez que sistemas ERP automatizam muito mas melhoram pouco; e, 8) nível de apoio por parte da alta direção, fornecendo recursos e estrutura no longo prazo. As orientações para uma construção adequada do questionário e de uma pesquisa exploratória tiveram como base Cooper e Schindler (2013). A coleta de dados se dará por meio de uma survey que seguirá as recomendações de Forza (2002). Por meio de uma escala linguística, os respondentes indicarão se em relação à prática em questão existem BAIXÍSSIMA, BAIXA, MÉDIA, ALTA e MUITO ALTA contribuição da implantação dos sistemas de ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte. A análise de dados será realizada por meio da técnica Grey Incidence Analysis (LIU et al., 2016). O tempo estimado de participação dos respondentes na survey é de 10 minutos.

Metodologia de Análise de Dados:

A presente pesquisa exploratória terá análise de dados realizada por meio da técnica Grey Incidence Analysis (LIU et al., 2016).

Critério de Inclusão:

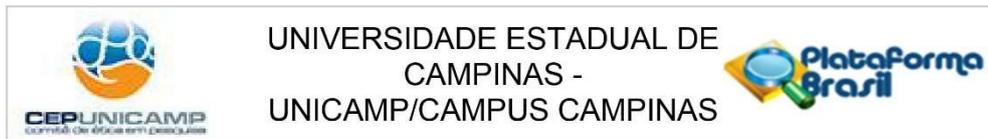
Para ser incluído na lista de possíveis participantes da pesquisa, o respondente deve ter conhecimento da implantação de sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte. Para encontrá-los os pesquisadores utilizarão de suas redes de contatos e buscas em currículos Lattes e redes sociais profissionais.

Critério de Exclusão:

Serão excluídos da pesquisa informações incompletas coletadas e os dados de participantes que por motivos pessoais (ou quaisquer outros motivos) ordenarem a exclusão de seus dados, mesmo após o período de coleta. Entendemos que o participante tem este direito se assim desejar. Isso só não ocorrerá nos casos em que for impossível a identificação do questionário do participante. Esse fato foi esclarecido no processo de consentimento.

Desfecho Primário:

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

A presente pesquisa exploratória tem por objetivo identificar as contribuições da implantação de sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) em empresas brasileiras de pequeno e médio porte, bem como os fatores que impactam a implementação e eficiência dos sistemas ERPs. São utilizados como base os conceitos da sistemas de gestão empresarial, bem como a base da opinião de especialistas no assunto e a técnica Grey Incidence Analysis.

Desfecho Secundário:

As informações exploratórias obtidas na pesquisa em muito contribuirão para os debates sobre a implantação de sistemas ERP em pequenas e médias empresas brasileiras. A divulgação das informações ocorrerá por meio do artigo científico.

Cronograma de execução

Análise de dados: 03/01/2024 a 03/03/2024

Análise de dados: 02/11/2023 a 02/01/2024

Coleta de dados junto aos acadêmicos, após aprovação do CEP: 01/09/2023 a 01/11/2023

Orçamento financeiro:

Materiais de escritório: Custeio R\$ 500,00

O proponente informou que este projeto será custeado com recursos próprios.

Equipe da pesquisa:

Orientador: Dr. Jefferson de Souza Pinto-Pesquisador Colaborador-Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais-Faculdade de Engenharia Mecânica-Unicamp.

Mestrando: Arlem Aparecido Recchia-Faculdade de Engenharia Mecânica-Unicamp.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

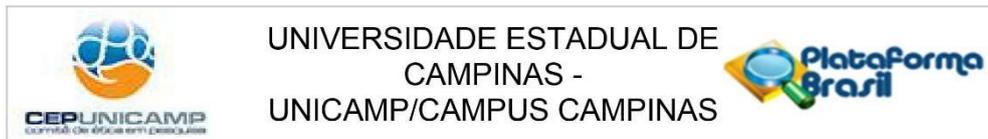
Foram apresentadas a Folha de Rosto, assinada pela Diretora Associada-Faculdade de Engenharia Mecânica-Unicamp; o documento com Informações Básicas do projeto; o projeto detalhado; o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; o comprovante de vínculo funcional do proponente do estudo com a Unicamp; o convite a ser dirigido aos eventuais participantes da pesquisa; o Questionário a ser aplicado aos participantes da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendência 1: TCLE: ATENDIDA

a) Neste documento consta: "...assegurar seus direitos como participante e você poderá manter uma cópia deste, caso assim deseje.". Conforme exigência da Conep, substituir a palavra "cópia"

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

por "via".

Resposta:

Palavra substituída nos termos de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

b) A UNICAMP e os órgãos de fomento à pesquisa solicitam inserção dos dados, anonimizados, em repositório de dados (REDU-REpositório de Dados da Unicamp). Assim, solicita-se que seja inserido, no campo "Ressarcimento e Indenização" do TCLE, o texto citado abaixo, para que os participantes de pesquisa possam ser esclarecidos.

"Tratamento dos dados:

Esta pesquisa prevê o armazenamento dos dados, anonimizados, coletados nesta pesquisa, em repositório institucional de dados, em local virtual, de acesso público, com objetivo de possível reutilização, verificação e compartilhamento, em trabalhos de colaboração científica com outros pesquisadores. Sua identidade não será revelada nesses dados, pois os mesmos serão armazenados de forma anônima (isto é, os dados não terão identificação), utilizando mecanismos que impeçam a possibilidade de associação, direta ou indireta, com você. Cabe ressaltar que a pessoa que compartilhar os dados anonimizados também não terá possibilidade de identificar os participantes dos quais os dados originaram. Sendo assim, não haverá possibilidade de reversão da anonimização".

Resposta:

Texto incluído no campo "Tratamento de dados" do TCLE.

Pendência 2: Recrutamento de participantes: ATENDIDA

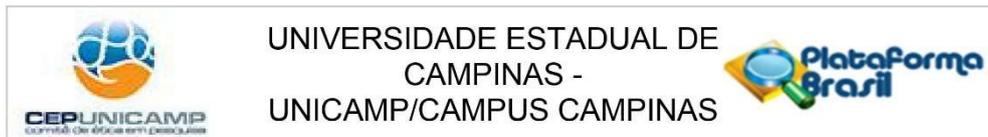
Informar de que maneira serão recrutados/as os/as participantes da pesquisa, se via cartazes, redes sociais, emissoras de rádio, envio de e-mails, etc. No caso de cartaz deve ser colocado no mesmo o CAAE, a informação que o estudo foi aprovado pelo CEP-Unicamp, a data desta aprovação, quem é o orientador e quem é o orientado. Informar também o(s) local(ais) em que os cartazes serão afixados. Em relação aos procedimentos que envolvem contato através de meio virtual ou telefônico com possíveis participantes de pesquisa:

A) O convite para participação na pesquisa não deve ser feito com utilização de listas que permitam identificação dos/as convidados/as nem visualização de seus dados de contato (e-mail, WhatsApp, telefone, redes sociais, etc.) por terceiros.

Resposta:

No TCLE "Recrutamento de participante" foi incluído o texto "O recrutamento dos participantes da pesquisa será realizado de forma individual, via rede social (LinkedIn), ou e-mail,

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

ou seja, com apenas um emitente e um destinatário, visando não permitir identificação de outros participantes e visualização de seus dados de contato. A carta convite individual terá link para acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para anuência e o formulário de pesquisa via Google Forms. No qual após o aceite do TCLE será direcionado às perguntas. Caso o participante não concorde, basta fechar a guia do navegador.

B) Qualquer convite individual enviado online (email, WhatsApp, redes sociais) só poderá ter um/a remetente e um/a destinatário/a ou ser enviado na forma de lista oculta.

Resposta:

Informações incluídas no campo Recrutamento de participantes do TCLE.

C) Qualquer convite individual deve esclarecer o/a candidato/a à participante de pesquisa que, antes de responder as perguntas do pesquisador, disponibilizadas em ambiente não presencial ou virtual (questionário/formulário/entrevista), será apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ou Termo de Assentimento, quando for o caso) para sua anuência.

Resposta:

Na carta convite consta "Leia o TCLE cuidadosamente e, caso manifeste Concordância em participar da pesquisa, assinale a respectiva caixa de seleção no Google Form. Após o aceite você será direcionado às perguntas. Caso não concorde, basta fechar a guia de seu navegador".

D) No convite, deve ficar claro ao/à participante da pesquisa que o consentimento será previamente apresentado e, caso concorde em participar, será considerada anuência quando este/a responder o questionário/formulário/entrevista da pesquisa.

Resposta:

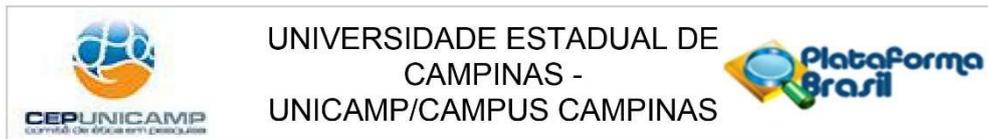
Na carta convite consta "Leia o TCLE cuidadosamente e, caso manifeste concordância em participar da pesquisa, assinale a respectiva caixa de seleção no Google Form. Após o aceite você será direcionado às perguntas. Caso não concorde, basta fechar a guia de seu navegador".

E) O convite para participação na pesquisa deverá conter, obrigatoriamente, link para endereço eletrônico ou texto com as devidas instruções de envio, que informem ser possível, a qualquer momento e sem nenhum prejuízo, a retirada do consentimento de utilização dos dados do/a participante da pesquisa. Nessas situações, o pesquisador responsável fica obrigado a enviar ao/à participante de pesquisa, a resposta de ciência do interesse do/a participante de pesquisa retirar seu consentimento.

Resposta:

Informações incluídas na carta convite aos participantes "...e que por qualquer necessidade e a qualquer momento, sem nenhum prejuízo a retirada do

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

consentimento de utilização dos dados poderá ser realizada após comunicação oficial do participante aos pesquisadores via e-mail.”

Pendência 3: Cronograma: ATENDIDA

Apresentar o mesmo cronograma que consta no documento
"PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2176933.pdf"

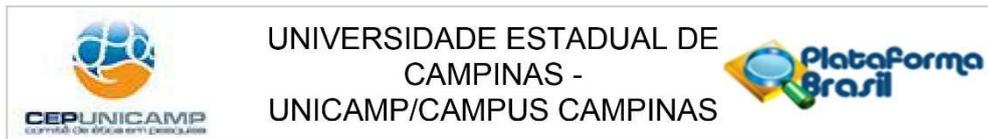
Resposta:

“Cronograma apresentado (submetido) se trata do mesmo cronograma da
PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2176933”.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O participante da pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).
- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.
- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.
- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.
- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

-Lembramos que segundo a Resolução 466/2012 , item XI.2 letra e, “cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento”.

-O pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2176933.pdf	28/08/2023 01:29:41		Aceito
Outros	Convite_Participante_v2.pdf	28/08/2023 01:28:42	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
Cronograma	Cronograma_v2.pdf	28/08/2023 01:27:01	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
Outros	Carta_resposta_ProjetoCEP_03jul23.pdf	28/08/2023 01:26:39	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_Arlem_v2_28_08_2023.pdf	28/08/2023 01:25:36	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_participantes_v2.pdf	28/08/2023 01:23:57	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_projeto_ERP_2023_assinado_3059429.pdf	10/07/2023 15:11:10	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
Outros	Questionario.pdf	10/07/2023 03:36:10	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito
Outros	Carteira_Funcional_Jefferson.pdf	10/07/2023 02:02:49	JEFFERSON DE SOUZA PINTO	Aceito

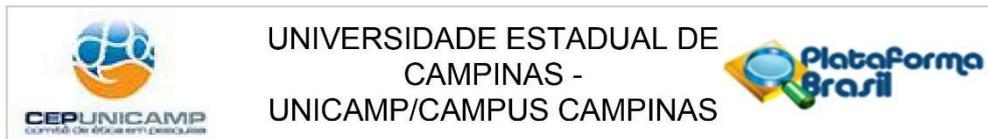
Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br



Continuação do Parecer: 6.264.845

CAMPINAS, 28 de Agosto de 2023

Assinado por:
jacks jorge junior
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126, 1º andar do Prédio I da Faculdade de Ciências Médicas
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@unicamp.br

ANEXO II – Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Identificação da contribuição da implantação dos sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte: um estudo exploratório via *Grey Incidence Analysis*

Prof. Dr. Jefferson de Souza Pinto; Arlem Aparecido Recchia.

Número do CAAE: 71213623.8.0000.5404

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e você poderá manter uma via deste, caso assim deseje.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de indicar sua concordância por meio eletrônico, você poderá esclarecê-las com os pesquisadores. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivo:

Ao analisar a literatura sobre sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*, ou em português, Sistema de Gestão Empresarial), observa-se que a implantação de ERPs corrobora com o aumento da competitividade das empresas e as auxilia no aumento da eficiência de seus processos. Assim, é oportuna a compreensão do cenário dos sistemas ERPs em empresas de diversos segmentos e portes, em particular das empresas brasileiras. E principalmente aquelas que se enquadram como de pequeno e médio porte, pois são em número significativo no cenário brasileiro. A pesquisa a ser desenvolvida baseia-se em estudo exploratório e tem por objetivo identificar as contribuições da implantação de sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte, bem como os fatores que impactam a implementação e eficiência dos sistemas ERPs. A pesquisa foi estruturada em um questionário com uma escala que possibilitará aos pesquisadores a coleta de informações e a criação de um banco de dados. São utilizados como base os conceitos dos sistemas de gestão empresarial, bem como a base da opinião de especialistas no assunto e a técnica *Grey Incidence Analysis*. Você está sendo convidado para participar deste estudo como um destes especialistas.

Procedimentos:

Inicialmente, assinale no formulário eletrônico (*Google Forms*) a opção de que você aceita participar da pesquisa como voluntário. Na primeira parte do questionário, insira algumas informações que permitirão sua caracterização. Posteriormente, são apresentadas 3 contribuições da implantação de sistema ERP:

- 1) otimização das atividades diárias dos colaboradores;
- 2) auxílio na rápida tomada de decisão por parte da direção;
- 3) gestão da comunicação na empresa.

E posteriormente, apresenta-se 5 fatores que impactam na implementação e eficiência do sistema ERP:

Rubrica do pesquisador: _____



Rubrica do participante: _____

- 1) nível de conhecimento dos colaboradores diretamente envolvidos sobre teoria dos sistemas ERP e não somente softwares;
- 2) tempo dedicado para a compreensão das reais necessidades da empresa em termos de módulos do sistema ERP e possibilidades de desenvolvimentos ou compra de alternativas existentes no mercado;
- 3) nível de acurácia e atualização das informações de entrada do sistema ERP;
- 4) nível de iniciativas desenvolvidas para melhorias de processos, uma vez que sistemas ERP automatizam muito, mas melhoram pouco;
- 5) nível de apoio por parte da alta direção, fornecendo recursos e estrutura no longo prazo.

Para cada um dos aspectos analisados, indique por meio da escala, se você julga que em relação à contribuição e o impacto do sistema ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte existem **BAIXÍSSIMA, BAIXA, MÉDIA, ALTA e MUITO ALTA** contribuição ou impacto. O tempo estimado para elaborar sua resposta completa é de 10 minutos. Você possui o direito de não responder a pergunta, se assim desejar.

Desconfortos e riscos:

Não há riscos previsíveis nesta pesquisa. A participação é voluntária e anônima e, também, não há custos. Destaca-se, entretanto, que existem os riscos característicos do próprio ambiente virtual, meios eletrônicos e/ou atividades não presenciais em função das limitações das tecnologias utilizadas, bem como limitações que nos impedem assegurar total confidencialidade e ausência de violação de informações. Você não deve participar deste estudo caso sinta qualquer desconforto em fornecer as informações. Mesmo após o início da pesquisa, você poderá interromper o preenchimento a qualquer momento e sem prejuízos.

Reforça-se ainda que todas as recomendações do ofício denominado "Orientações para procedimentos em pesquisas com qualquer etapa em ambiente virtual" serão seguidas.

Para salvar uma via do TCLE, basta imprimir a página referente ao TCLE presente no questionário através das opções do seu navegador.

Benefícios:

O grande benefício associado a esta pesquisa está na publicação de material que contribua para a compreensão quanto ao nível de contribuição da implantação de sistemas ERP em empresas brasileiras de pequeno e médio porte.

Acompanhamento e assistência:

A todo o momento, os responsáveis por essa pesquisa estarão disponíveis via meios eletrônicos (e-mails, telefone, entre outros) para prestar assistência e acompanhamento. O participante receberá a assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes da pesquisa. Os contatos dos pesquisadores serão apresentados posteriormente.

Rubrica do pesquisador:  _____

Rubrica do participante: _____

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e indenização:

Não há custos relacionados à participação nesta pesquisa. Você terá a garantia ao direito de indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Tratamento dos dados:

Todo processo de manipulação, tratamento e armazenamento dos dados serão realizados exclusivamente pelos pesquisadores pertencentes a este projeto. Esta pesquisa prevê o armazenamento dos dados coletados em repositório por no mínimo 5 anos (Resolução CNS 466-12). O repositório de dados é digital e acessado somente por esta equipe de pesquisadores através de senha. Sua identidade não será revelada nesses dados, pois como mencionado trata-se de uma pesquisa anônima (sem identificação).

Esta pesquisa prevê o armazenamento dos dados, anonimizados, coletados nesta pesquisa, em repositório institucional de dados, em local virtual, de acesso público, com objetivo de possível reutilização, verificação e compartilhamento, em trabalhos de colaboração científica com outros pesquisadores. Sua identidade não será revelada nesses dados, pois os mesmos serão armazenados de forma anônima (isto é, os dados não terão identificação), utilizando mecanismos que impeçam a possibilidade de associação, direta ou indireta, com você. Cabe ressaltar que a pessoa que compartilhar os dados anonimizados também não terá possibilidade de identificar os participantes dos quais os dados originaram. Sendo assim, não haverá possibilidade de reversão da anonimização.

Recrutamento de participantes:

O recrutamento dos participantes da pesquisa será realizado de forma individual, via rede social (LinkedIn), ou e-mail, ou seja, com apenas um emitente e um destinatário, visando não permitir identificação de outros participantes e visualização de seus dados de contato. A carta convite individual terá link para acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para anuência e ao formulário de pesquisa via *Google Forms*. No qual após o aceite do TCLE será direcionado às perguntas. Caso o participante não concorde, basta fechar a guia do navegador.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores:

1) **Jefferson de Souza Pinto**. Professor Colaborador Doutor da Faculdade de Engenharia Mecânica. Rua Mendeleev, 200, Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais (DEMM), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), Universidade Estadual de Campinas, telefone: (19) 3521-3312, e-mail jeffsouzap@fem.unicamp.br.

2) **Arlem Aparecido Recchia**. Aluno de mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica. Rua Mendeleev, 200, Departamento de Engenharia de Manufatura e Materiais (DEMM), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), Universidade Estadual de Campinas, e-mail arlemrecchia@gmail.com.

Rubrica do pesquisador: _____



Rubrica do participante: _____

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UNICAMP das 08:00hs às 11:30hs e das 13:00hs as 17:30hs na Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126; CEP 13083-887 Campinas – SP; telefone (19) 3521-8936 ou (19) 3521-7187; e-mail: cep@unicamp.br. Em havendo a necessidade da intermediação da comunicação ser acessível em Libras você pode fazer contato com a Central TILS da Unicamp no site <https://www.prg.unicamp.br/tils/>.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, indique o aceite à pesquisa no próprio questionário eletrônico. Para formalizar este aceite, clique na opção botão: aceite participar da pesquisa.

Nome do(a) participante:

Data: ____/____/____.

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguo ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Asseguo, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante da pesquisa. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado e pela CONEP, quando pertinente. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante da pesquisa.



Data: 29/08/2023.

(Assinatura do pesquisador)

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

ANEXO III – Documento de Submissão do Artigo Científico

arlemrecchia@gmail.com

De: Grey Systems: Theory and Application <onbehalf@manuscriptcentral.com>
Enviado em: quinta-feira, 26 de setembro de 2024 00:22
Para: izarampasso@gmail.com; arlemrecchia@gmail.com; jeffsouzap@gmail.com;
 tiagosigahi@gmail.com; sigahi@unicamp.br; milenaps@unicamp.br;
 salati@unicamp.br; rosley@unicamp.br
Assunto: Grey Systems: Theory and Application - Manuscript ID GS-09-2024-0110
Status do sinalizador: Sinalizada

26-Sep-2024

Dear Dr. Rampasso:

Your manuscript entitled "Identifying the maturity level of ERP systems implementation and use in SMEs: a study using Grey Fixed Weight Clustering" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Grey Systems: Theory and Application.

Your manuscript ID is GS-09-2024-0110.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at <https://mc.manuscriptcentral.com/gs> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Centre after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/gs>.

Articles submitted to the journal should not have been published before in their current or substantially similar form, or be under consideration for publication with another journal. Please see Emerald's originality guidelines (<http://www.emeraldgrouppublishing.com/authors/writing/originality.htm>) for details. If the paper you have submitted does not meet the requirements listed on the originality guidelines, please withdraw the paper from submission.

Please note that Emerald requires you to clear permission to re-use any material not created by you. If there are permissions outstanding, please upload these when you submit your revision or send directly to Emerald if your paper is accepted immediately. Emerald is unable to publish your paper with permissions outstanding.

Thank you for submitting your manuscript to the Grey Systems: Theory and Application.

Sincerely,
 Grey Systems: Theory and Application Editorial Office

ANEXO IV – Artigo Científico Desenvolvido

Identifying the maturity level of ERP systems implementation and use in SMEs: a study using Grey Fixed Weight Clustering

Abstract

Purpose – The purpose of this study is to identify the contribution of implementing ERP (Enterprise Resource Planning) systems in small and medium-size Brazilian enterprises (SMEs), understanding how ERP systems influence the operational and strategic management of these organizations and to classify their maturity levels in ERP usage.

Design/Methodology/Approach – A combination of bibliometric analysis, CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) and Grey Fixed Weight Clustering methods is used. A survey was performed to assess experts' perception about the contribution of ERP systems across multiple dimensions, and the responses were analyzed to determine the maturity levels of ERP implementation in SMEs.

Findings – The results indicate that 80.6% of respondents considered that SMEs have an intermediate level of maturity in ERP implementation, suggesting that these companies could improve their process integration and decision-making. Approximately 9.7% of respondents indicated that SMEs have high maturity. However, another 9.7% of respondents assessed that SMEs have low maturity facing challenging in ERP adoption and utilization, resulting in less efficient operations.

Practical implications – Through the analysis of the results, it was possible to establish important recommendations for ERP management in SMEs: to invest in the continuous improvement of ERP systems and in employee training; to conduct periodic assessments of business needs and ensure the ERP alignment; to fully integrate business process via ERP, ensuring an efficient management of it.

Originality/value – This research provides valuable insights into the ERP implementation in Brazilian SMEs, highlighting the strategic importance of ERP systems in enhancing operational efficiency and competitiveness.

Keywords – Enterprise Resource Planning; SMEs; CRITIC Method; Grey Fixed Weight Clustering; Operational Efficiency, Strategic Management.

Introduction

According to SEBRAE (2023), Brazil has approximately 6.4 million companies, and 99% of them are small and medium-sized enterprises (SMEs). This means that 50.6 million people have their income from SMEs. Consequently, most of Brazil's Gross Internal Product (PIB) comes from SMEs. According to the BNDES (2023), to be a SME, the organization should have up to 499 employees and a maximum annual turnover of BRL\$300 million (approximately US\$ 54,400).

Besides these features, SMEs are also characterized for having high level of adaptability due to their lean structure, with few employees and low invested capital. However, these organizations face difficulties to obtain suitable credit options due to their high levels of risk (SEBRAE, 2023). This can be a relevant challenge especially considering the need of investments on information technology by these companies.

For SMEs to remain competitive in a constantly changing market, they need to integrate the information from all areas of the company, to have correct and updated information for appropriate and rapid decision-making (Alaskari *et al.*, 2021). According to Yoo and Kim (2021), organizations that do not have an information technology system aligned with their strategy and processes, such as accounting, supply chain, manufacturing, product development, projects and processes, human resources, and others lose the competitive advantages requested by the market. For this, ERP systems should be adopted to enable companies to mitigate redundant information (Alaskari *et al.*, 2021).

Although ERP systems were created in the 1960's for inventory control, only in the 1990s that the modern ERP concept was consolidated, with comprehensive solutions that integrated various business processes (Katu, 2020). Currently, ERP systems are strategic tooling for planning and management of all resources in the organization (Widiastuti, 2020), enabling the management of the business into a single system, that could be consider product design, warehouse, material planning, human resource, finance, project management, manufacturing, sales, distribution, logistics, that the result is to building competitive advantage, enhancing product quality, improving service levels, and reducing operation costs (Lin, 2022). According to Widiastuti (2020), this integration enables the decision-making process to be more effective and efficient.

In addition to enhancing organizations' control over their production system, ERP systems also permit companies to quickly and accurately obtain important information for strategic decision making, which results in growth, cost reduction and minimisation of redundant information (Alaskari *et al.*, 2021; Haddara and Moen, 2017). Besides these benefits, Lin (2022) mentions that ERP reduces the need of employees in management activities, and reduces loss caused by manual mistakes. Consequently, the ERP systems can provide significant competitive advantages for companies (Estébanez, 2021).

Despite the advantages of these systems for organizations, companies can have difficulties to implement it, considering the costs and resources necessary in special to make a customised implementation. And this barrier could be worst for SMEs (Alpers *et al.*, 2014). Besides the costs, the ERP implementation also presents challenges regarding the resistance of employees, the need for training people to use it, the lack of user-friendly systems, and the human errors that the systems cannot solve Widiastuti (2020). Considering these challenges, it is necessary a meticulous organizational change management and technological preparedness for companies to be successful (Zhang, 2022). Among the activities for it, it is necessary to transfer data from outdated systems, teach staff members how to utilize the new system, and make sure that all departments are using the same procedures (Widiastuti, 2020). Although an appropriate implementation of ERP systems can be challenging for any company, SMEs can have more difficulties to implement it and to fully obtain the benefits that these systems can provide (Choueiri and Portela Santos, 2021).

Although SMEs presents specific characteristics that can make their sector unique, when the literature of ERP systems in SMEs is considered, it is possible to identify a scarcity of studies considering national or regional realities. The literature present interesting case studies about the United Kingdom (Alaskari *et al.*, 2021), United States (Kosalge and Ritz, 2015), Fiji (Goundar *et al.*, 2021), United Arab Emirates (Alsharari *et al.*, 2020), and others. Studies focusing on particular sectors can also be mentioned. In Almajali *et al.* (2016), the authors focused on SMEs from healthcare sector in Jordan.

In this context and considering the relevance of SMEs for the Brazilian reality, the purpose of this study is to identify the contribution of implementing ERP systems in Brazilian SMEs, understanding how ERP systems influence the operational and strategic management of these organizations and classifying their maturity levels in ERP usage. Through the analyses performed, it was possible to establish important recommendations for SMEs to ensure an efficient ERP management.

Methodological procedures

To achieve the goals of this research, the steps showed in the Figure 1 were conducted.

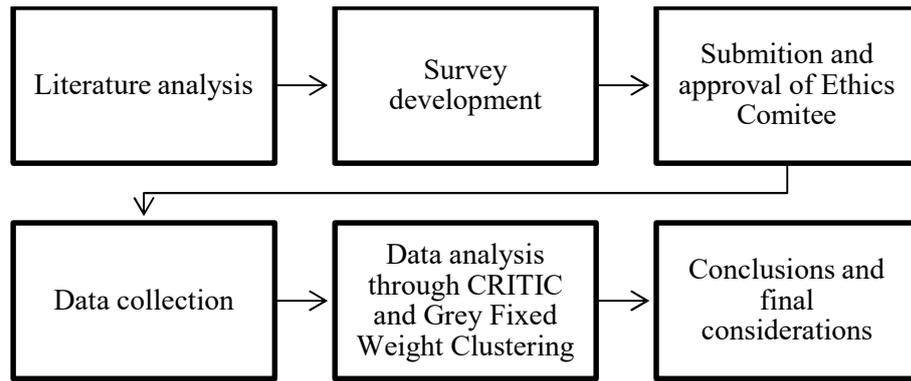


Figure 1. Research steps. Source: Authors.

Literature analysis

Initially, this research analysed the literature to identify the contribution made by the implementation of ERP systems in small and medium-sized companies. For this, Scopus database was used to review the literature, using the string “enterprise resource planning” AND “small and medium companies” OR “ERP” for the period from 2018 until 2023. The findings of this step enabled the development of the introduction and discussions of this paper.

Survey development

The questionnaire used in the survey considered the aspects V1 until V8, presented below. It should be mentioned that the Research Ethics Committee approved this study under CAEE number 71213623.8.0000.5404 and the data was collected after this approval.

- V1: Current level of contribution of the ERP system to optimising the daily activities of employees.
- V2: Current level of contribution of the ERP system to helping senior management to make quick decisions.
- V3: Current level of contribution of the ERP system to communication management in the company.
- V4: Level of knowledge of employees directly involved above ERP systems theory and not just software.
- V5: Time dedicated to understanding the company's real necessity in terms of ERP system modules and possibilities for developing or buying alternatives on the market.
- V6: Level of accuracy and updating of ERP system input information.
- V7: Level of initiatives developed to improve processes, since ERP systems automate a lot but improve little.
- V8: Level of support from senior management, providing resources and structure in the long term.

The survey was sent to 107 professionals that were asked to rate level concerning the contribution of the ERP system in Brazilian SMEs for each aspect. The scale was used from 1 to 5,

where 1 is very low contribution, 2 is low contribution, 3 is medium contribution, 4 is high contribution and 5 is very high contribution.

The survey received with total of 31 responses (28,97%), that 30 professionals with more than 10 years of experience and 1 with 3 years of experience in different business such as automotive, metallurgical, IT, finance, industry of equipment, Professor, Administration and Human Resources.

The data collected was analysed via CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) method and Grey Fixed Weight Clustering method to verify the degree of maturity of the companies in order to identify the contribution of implementing ERP systems in SMEs.

CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation).

The method CRITIC is widely used to determine the objective weight of relative importance in MCDM (multi-criteria decision-making). This method was proposed by Diakoulaki et al. (1995) to incorporate the contrast intensity and conflicts in the same construction to develop a decision problem. The base of the method proposal by Diakoulaki et al. (1995) is the analytical investigation concerning the matrix evolution to obtain data from evaluation criteria. According to Esra Aytac Adalı and Ayşegül Tuş Işık (2017), the CRITIC method is useful to find the weight of variables.

Madic and Radovanovic (2015) highlight that this method is affected by characteristics of the criteria and the subjective perspectives of the decision makers. Perspectives are based on respondents' knowledge, experience, and observation of the problem.

The application of the CRITIC method to define the weight of the problem are following by the steps (Barbanti *et al.*, 2022; Diakoulaki *et al.*, 1995; Esra Aytac Adalı and Ayşegül Tuş Işık, 2017).

Step 1 – Normalize the values through the equation (1) for all parameters.

$$\bar{p}_i = \frac{p_i - p_{min}}{p_{max} - p_{min}} \quad (1)$$

Where:

p_{min} is the minimum value of the parameter.

p_{max} is the maximum value of the parameter.

Step 2 – Calculate the standard deviation (σ_j).

Step 3 – Structure the symmetric matrix (N x N) in which the elements are correlation between the criteria.

Step 4 – Determine the amount of information provided for each criterion (l_j) according to the equation (2). For this, it is necessary to subtract from 1 each criterion of the symmetric matrix (N x N) of the previous step. After it, the values of each line should be summed, in the sequence multiple for the deviation calculated in the step 2 (σ_j).

$$l_j = \sigma_j \cdot \sum_{j=1}^N (1 - c_j) \quad (2)$$

Step 5 – Determine the weights for each criterion, according to equation (3), dividing the information quantity (l_j) for each criterion per the sum of all information quantity $\sum_{k=1}^N l_k$.

$$W_j = \frac{l_j}{\sum_{k=1}^N l_k} \quad (3)$$

Through CRITIC, criteria with higher weights present low correlation with other criteria. In addition, a high values of standard deviations also contribute for higher weights (Aznar Bellver *et al.*, 2011).

Grey Fixed Weight Clustering (GFWC).

The focus of the Grey System Theory proposed by J. Deng in 1982 is to study the problems presenting limited samples and poor information. The goal of this method is to obtain relevant

information from this kind of data (Liu *et al.*, 2011). According to Liu and Forrest (2022), Grey System Theory is widely used with when there is a high level of uncertainty in the information obtained and also unknown information. This argument is corroborated in the literature (Karimi and Ahmadian, 2024). According to Liu and Lin (2006), there are four possibilities for incomplete information of system: regarding elements, structure, boundary, and movement behaviour.

Grey fixed weight clustering (GFWC) is a data clustering technique that uses fixed weight analysis. The weights associated with the data attributes are kept constant during the clustering process. The aim is to group the data in such a way that the attributes with the highest weights have the most influence on the formation of the clusters.

GFWC is a valuable data clustering method that keeps the attribute weights fixed during the process, with the aim of identifying clusters or groups of data with similar characteristics, being especially useful in contexts where uncertainty is a concern.

According to Liu and Forrest (2022) the GFWC method is widely used based on possibilities functions or whitenization functions to classification the objects, because it is frequently that each object has many characteristics indices that is difficult to classify with accuracy. This method of clustering based in functions is main used to verify the object that belongs to a pre-determined classes to be treated in a different way. Liu and Forrest (2022) also explain that is necessary to define the possibilities functions and weights for different criteria according to the correspondent clustering index.

According to Liu and Forrest (2022) and Sousa et al. (2024) the GFWC method classify the criteria with whitenization functions weighted by variable weights. The different value of σ_i^k is obtained, and the appropriate alternative presents the highest σ_i^k . The equation 4 showed how to calculate each σ_i^k .

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k (x_{ij}) * n_j^k \quad (4)$$

To sum up, according to Liu and Forrest (2022) the GFWC could be obtained according to steps.

Step 1 – Determine the whitenization function.

Step 2 – Calculate the weight for all criterion, in this study the CRITIC method was applied.

Step 3 – With base of the whitenization function (step 1) and the weight (step 2) calculate the fixed weight clustering coefficients ($\sigma_i^1 \sigma_i^2 \sigma_i^3$).

Step 4 – If $\max\{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$, the object belongs to class k^* .

To achieve the aim of this study, that is, to identify the maturity of ERP systems implementation in SMEs, it was used the three classification levels below through the process of classification presented in Figure 2.

Classification $k = 3 \Rightarrow$ High maturity, high contribution of implementation ERP systems in SMEs.

Classification $k = 2 \Rightarrow$ Intermediate maturity, medium contribution of implementation ERP systems in SMES.

Classification $k = 1 \Rightarrow$ Low maturity, low contribution of implementation ERP systems in SMES.

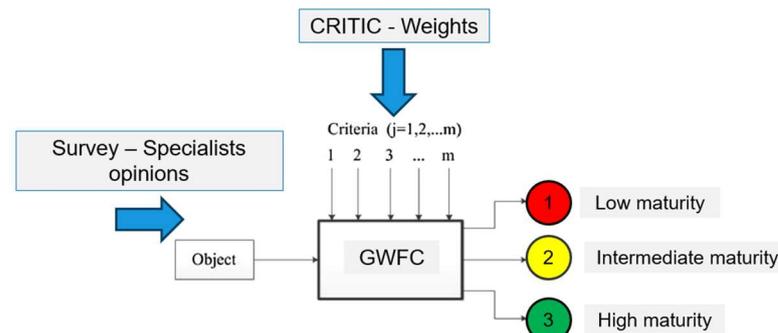


Figure 2. Classification process. Source: Adapted by Golinska et al. (2015).

Regarding the whitenization function, it was adopted the proposal of Sousa et al. (2024) and Timóteo et al. (2024) as showed in Figure 3.

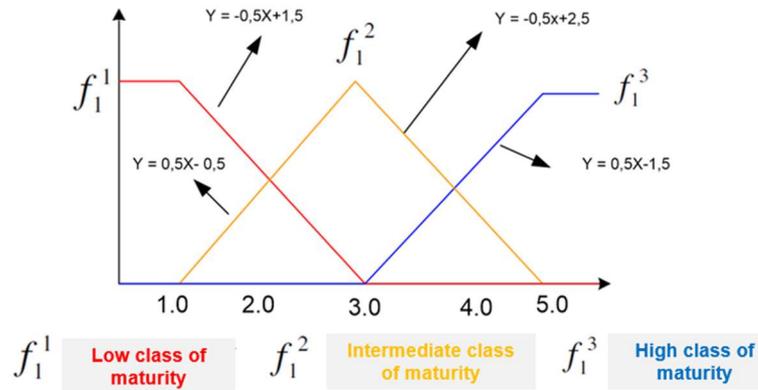


Figure 3. Whitenization function. Source: Adapted from Sousa et al. (2024) and Timóteo et al., (2024).

Results

Results from CRITIC method and survey.

As mentioned in the previous section, the CRITIC method proposed by Diakoulaki et al. (1995) was used to obtain the weight of criteria, based on the experts' answers. Table 1 shows the collected data for the 31 respondents according to the scale 1 to 5 for each variable analysed.

Table 1. Collected data.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
R1	4	5	4	4	3	5	3	3
R2	4	4	2	2	2	3	2	2
R3	4	4	3	3	3	4	3	5
R4	2	2	4	2	3	4	4	2
R5	4	4	3	2	3	4	4	5
R6	4	4	3	2	2	3	4	3
R7	5	4	4	3	3	4	3	4
R8	3	4	3	1	1	3	2	3
R9	4	4	2	2	2	5	4	5
R10	3	4	2	3	4	2	3	3
R11	5	5	3	3	5	4	4	4
R12	4	4	4	3	2	3	3	3
R13	3	4	4	2	3	4	4	3
R14	3	3	2	2	4	3	2	2
R15	3	3	4	2	2	3	3	3
R16	4	5	4	3	3	3	3	3
R17	3	3	2	2	2	3	2	2
R18	2	2	1	3	2	3	2	3
R19	4	4	4	3	2	4	4	3
R20	4	4	5	2	2	3	2	3
R21	3	2	1	1	2	2	2	3
R22	4	5	5	2	3	3	5	5

R23	4	4	2	2	3	3	3	2
R24	4	2	2	2	1	2	2	2
R25	3	2	2	2	2	3	2	2
R26	3	3	3	2	2	2	3	2
R27	3	3	2	2	3	3	4	2
R28	5	5	4	3	2	3	2	3
R29	2	2	2	2	1	2	1	1
R30	4	3	4	2	2	3	2	3
R31	2	4	3	3	3	3	4	4

Source: Authors.

The matrix with the collected survey was normalized using the equation (1) $\bar{P}i = \frac{Pi - Pmin}{Pmax - Pmin}$, according to the step 1 showed in the previous section. Table 2 shows the data normalized and standard deviation for each variable.

Table 2. Data normalize and standard deviation.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8
R1	0.667	1.000	0.750	1.000	0.500	1.000	0.500	0.500
R2	0.667	0.667	0.250	0.333	0.250	0.333	0.250	0.250
R3	0.667	0.667	0.500	0.667	0.500	0.667	0.500	1.000
R4	0.000	0.000	0.750	0.333	0.500	0.667	0.750	0.250
R5	0.667	0.667	0.500	0.333	0.500	0.667	0.750	1.000
R6	0.667	0.667	0.500	0.333	0.250	0.333	0.750	0.500
R7	1.000	0.667	0.750	0.667	0.500	0.667	0.500	0.750
R8	0.333	0.667	0.500	0.000	0.000	0.333	0.250	0.500
R9	0.667	0.667	0.250	0.333	0.250	1.000	0.750	1.000
R10	0.333	0.667	0.250	0.667	0.750	0.000	0.500	0.500
R11	1.000	1.000	0.500	0.667	1.000	0.667	0.750	0.750
R12	0.667	0.667	0.750	0.667	0.250	0.333	0.500	0.500
R13	0.333	0.667	0.750	0.333	0.500	0.667	0.750	0.500
R14	0.333	0.333	0.250	0.333	0.750	0.333	0.250	0.250
R15	0.333	0.333	0.750	0.333	0.250	0.333	0.500	0.500
R16	0.667	1.000	0.750	0.667	0.500	0.333	0.500	0.500
R17	0.333	0.333	0.250	0.333	0.250	0.333	0.250	0.250
R18	0.000	0.000	0.000	0.667	0.250	0.333	0.250	0.500
R19	0.667	0.667	0.750	0.667	0.250	0.667	0.750	0.500
R20	0.667	0.667	1.000	0.333	0.250	0.333	0.250	0.500
R21	0.333	0.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.250	0.500
R22	0.667	1.000	1.000	0.333	0.500	0.333	1.000	1.000
R23	0.667	0.667	0.250	0.333	0.500	0.333	0.500	0.250
R24	0.667	0.000	0.250	0.333	0.000	0.000	0.250	0.250
R25	0.333	0.000	0.250	0.333	0.250	0.333	0.250	0.250
R26	0.333	0.333	0.500	0.333	0.250	0.000	0.500	0.250
R27	0.333	0.333	0.250	0.333	0.500	0.333	0.750	0.250
R28	1.000	1.000	0.750	0.667	0.250	0.333	0.250	0.500
R29	0.000	0.000	0.250	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000

R30	0.667	0.333	0.750	0.333	0.250	0.333	0.250	0.500
R31	0.000	0.667	0.500	0.667	0.500	0.333	0.750	0.750
S.D.	0.284	0.331	0.274	0.218	0.222	0.264	0.241	0.258

Source: Authors.

In the step 3 showed, it is calculated the correlations between the criteria. Table 3 shows the correlations obtained for the eight variables (matrix 8x8).

Table 3. Correlations between the criteria.

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	$\sum_{j=1}^N(1 - c_j)$
v1	0.000	0.341	0.607	0.710	0.813	0.659	0.836	0.583	4.548
v2	0.341	0.000	0.448	0.527	0.574	0.554	0.541	0.447	3.432
v3	0.607	0.448	0.000	0.720	0.897	0.654	0.621	0.676	4.624
v4	0.710	0.527	0.720	0.000	0.589	0.609	0.807	0.753	4.714
v5	0.813	0.574	0.897	0.589	0.000	0.664	0.496	0.673	4.706
v6	0.659	0.554	0.654	0.609	0.664	0.000	0.503	0.471	4.115
v7	0.836	0.541	0.621	0.807	0.496	0.503	0.000	0.431	4.235
v8	0.583	0.447	0.676	0.753	0.673	0.471	0.431	0.000	4.033

Source: Authors.

The final steps were composed of obtaining the value of quantity of information ($lj = \sigma_j \cdot \sum_{j=1}^N(1 - c_j)$) and the weight ($W_j = \frac{lj}{\sum_{k=1}^N lk}$) for each variable. Table 4 shows the values calculated.

Table 4. Quantity of information (lj) and weight (W_j) for each criterion.

FINAL STEP	lj	Wj	Ranking
v1	1.290552680	13.22%	4
v2	0.973953956	9.98%	8
v3	1.312154233	13.44%	3
v4	1.337701118	13.70%	1
v5	1.335505910	13.68%	2
v6	1.167621407	11.96%	6
v7	1.201836833	12.31%	5
v8	1.144585791	11.72%	7

Source: Authors.

Results from Grey Fixed Weight Clustering (GFWC).

The GFWC method was used to obtain the results concerning the maturity contribution of implementation ERP systems in small and medium-size Brazilian enterprises.

The fixed weight clustering was calculated ($\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3$ to $\sigma_{31}^1, \sigma_{31}^2, \sigma_{31}^3$) for each expert according to equation (3) $\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) * n_j^k$, based in all steps proposed by Liu and Lin (2010) cited in the method, tools and data collection section. Tables 5, 6 and 7 showed the results of the coefficient for each whitenization function.

Table 5. Fixed weight clustering coefficient (σ_1^1 to σ_{31}^1). According to whitenization function for low maturity ($f_1^1, y = -0.5x + 1.5$).

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	σ^1_i
R1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R2	0	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.324
R3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R4	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0	0.5	0.243
R5	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.069
R6	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0.137
R7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R8	0	0	0	1	1	0	0.5	0	0.335
R9	0	0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0.204
R10	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.127
R11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R12	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.068
R13	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.069
R14	0	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0.256
R15	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0.137
R16	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R17	0	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.324
R18	0.5	0.5	1	0	0.5	0	0.5	0	0.380
R19	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.068
R20	0	0	0	0.5	0.5	0	0.5	0	0.198
R21	0	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0	0.511
R22	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.069
R23	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0.194
R24	0	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.502
R25	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.374
R26	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.255
R27	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0.194
R28	0	0	0	0	0.5	0	0.5	0	0.130
R29	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	0.689
R30	0	0	0	0.5	0.5	0	0.5	0	0.198
R31	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.066

Source: Authors.

Table 6. Fixed weight clustering coefficient (σ_1^2 to σ_{31}^2). According to whitening function for intermediate maturity ($f_1^2, y = 0.5x - 0.5$).

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	σ^2_i
R1	0.5	0	0.5	0.5	1	0	1	1	0.579
R2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.560
R3	0.5	0.5	1	1	1	0.5	1	0	0.707
R4	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.568
R5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0	0.577
R6	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5	1	0.686
R7	0	0.5	0.5	1	1	0.5	1	0.5	0.632

R8	1	0.5	1	0	0	1	0.5	1	0.615
R9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0.382
R10	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	1	0.755
R11	0	0	1	1	0	0.5	0.5	0.5	0.451
R12	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	1	1	0.748
R13	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	1	0.693
R14	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.676
R15	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.796
R16	0.5	0	0.5	1	1	1	1	1	0.767
R17	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.676
R18	0.5	0.5	0	1	0.5	1	0.5	1	0.620
R19	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	0.627
R20	0.5	0.5	0	0.5	0.5	1	0.5	1	0.551
R21	1	0.5	0	0	0.5	0.5	0.5	1	0.489
R22	0.5	0	0	0.5	1	1	0	0	0.391
R23	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.690
R24	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.432
R25	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.626
R26	1	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.745
R27	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.744
R28	0	0	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.571
R29	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0	0	0.311
R30	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0.668
R31	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	0.5	0.764

Source: Authors.

Table 7. Fixed weight clustering coefficient (σ_1^3 to σ_{31}^3). According to whitening function for high maturity ($f_1^3, y = 0.5x - 1.5$).

	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	σ_i^3
R1	0.5	1	0.5	0.5	0	1	0	0	0.421
R2	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.116
R3	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	1	0.293
R4	0	0	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0.189
R5	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0.5	1	0.355
R6	0.5	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.178
R7	1	0.5	0.5	0	0	0.5	0	0.5	0.368
R8	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.050
R9	0.5	0.5	0	0	0	1	0.5	1	0.414
R10	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0.118
R11	1	1	0	0	1	0.5	0.5	0.5	0.549
R12	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.183
R13	0	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0.238
R14	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.068
R15	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0.067

R16	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0.233
R17	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R18	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R19	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0.304
R20	0.5	0.5	1	0	0	0	0	0	0.250
R21	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R22	0.5	1	1	0	0	0	1	1	0.541
R23	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.116
R24	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.066
R25	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R26	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R27	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0.062
R28	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0.299
R29	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000
R30	0.5	0	0.5	0	0	0	0	0	0.133
R31	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0.5	0.170

Source: Authors.

The final step of the GFWC is to obtain the σ_{max} (if $\max\{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$). Table 8 presents the σ_{max} and their respective class k for each specialist based the whitening function ($\sigma_1^1, \sigma_1^2, \sigma_1^3$ to $\sigma_{31}^1, \sigma_{31}^2, \sigma_{31}^3$).

Table 8. σ_{max} and class.

	σ_i^1	σ_i^2	σ_i^3	σ_{max}	Maturity class (k)
R1	0.0000	0.5789	0.4211	0.5789	2
R2	0.3242	0.5598	0.1160	0.5598	2
R3	0.0000	0.7070	0.2930	0.7070	2
R4	0.2431	0.5684	0.1885	0.5684	2
R5	0.0685	0.5770	0.3545	0.5770	2
R6	0.1369	0.6856	0.1775	0.6856	2
R7	0.0000	0.6323	0.3677	0.6323	2
R8	0.3353	0.6148	0.0499	0.6148	2
R9	0.2041	0.3816	0.4143	0.4143	3
R10	0.1270	0.7547	0.1183	0.7547	2
R11	0.0000	0.4513	0.5487	0.5487	3
R12	0.0684	0.7485	0.1832	0.7485	2
R13	0.0685	0.6931	0.2384	0.6931	2
R14	0.2559	0.6758	0.0684	0.6758	2
R15	0.1369	0.7959	0.0672	0.7959	2
R16	0.0000	0.7670	0.2330	0.7670	2
R17	0.3242	0.6758	0.0000	0.6758	2
R18	0.3803	0.6197	0.0000	0.6197	2
R19	0.0684	0.6271	0.3045	0.6271	2
R20	0.1984	0.5512	0.2504	0.5512	2
R21	0.5110	0.4890	0.0000	0.5110	1

R22	0.0685	0.3910	0.5405	0.5405	3
R23	0.1943	0.6897	0.1160	0.6897	2
R24	0.5023	0.4316	0.0661	0.5023	1
R25	0.3741	0.6259	0.0000	0.6259	2
R26	0.2553	0.7447	0.0000	0.7447	2
R27	0.1943	0.7441	0.0615	0.7441	2
R28	0.1299	0.5709	0.2991	0.5709	2
R29	0.6885	0.3115	0.0000	0.6885	1
R30	0.1984	0.6683	0.1333	0.6683	2
R31	0.0661	0.7639	0.1700	0.7639	2

Source: Authors.

The results showed that the most of respondents (80.6%) indicated that SMEs have intermediate level of maturity, and 9.7% indicated that SMEs have low level of maturity, and 9.7% of respondents assessed that SMEs presented the high level of maturity concerning the contribution of implementation ERP systems and their used. Table 12 presents the summary of this result.

Table 9. Maturity level result concerning the contribution of implementation ERP systems in Brazilian SMEs.

Maturity class (k)	Number of respondents	Percentual of respondents
1	3	9.7%
2	25	80.6%
3	3	9.7%
TOTAL	31	100.0%

Source: Authors.

Discussion and conclusion

The exploratory study on the contribution of ERP systems in SMEs Brazilian companies revealed valuable insights into the maturity levels of these organizations when it relates to the implementation and use of these systems.

The data collected with experts in the theme was analysed using the CRITIC and Grey Fixed Weight Clustering methods to identify the maturity level of ERP systems implementation and use in Brazilian SMEs. The analyses performed showed that most of respondents (80.6%) indicated that companies have medium maturity. This suggests that these SMEs already use ERP systems to optimise some of their daily activities but there are important improvement opportunities regarding professionals training, increase of processes' integration and control, and improve in the quality of data used in the system. These improvements would result in more effective decision-making and better adaptation to market demands.

The complexity and high costs to implement ERP generates challenges especially to SMEs. In this sense, having leadership support is essential for this implementation in companies of this sector (Almajali *et al.*, 2016). Almajali *et al.* (2016) also emphasize the positive effect that training employees has on the satisfaction of employees and on the success of the implementation.

It should be noted that a small percentage of respondents (9.7%) assessed that SMEs have highly mature in their use of ERP systems. These SMEs probably have implemented ERP systems effectively and use all the functionalities available to integrate their business processes. This gives them a significant competitive advantage in the market, allowing for efficient management and rigorous process control.

Another group of respondents (9.7%) considered that SMEs have low level of maturity.

These companies probably face difficulties in properly implementing the ERP or using its functionalities. This can result in non-integrated processes and low operational efficiency, affecting their competitiveness in the market. Due to that, the likelihood that these companies do not have a good profitability in their product and service is high and the result is sharing the market with the competitors.

As previously mentioned, when the literature of ERP systems in SMEs is considered, there is a lack of research focusing on national or regional realities. Nevertheless, there are some research that should be mentioned. In the study of Almajali et al. (2016) the authors focus on SMEs from healthcare sector in Jordan. For this country, the authors mention that although ERP systems are a reality for large companies for a long time, the use of these systems in SMEs is recent.

Regarding the motivation of SMEs' managers to make the implementation Kosalge and Ritz (2015), considering the reality of a company in United States, highlights that the increase in operations scale are a critical aspect that makes managers to decide for using an ERP system. In this sense, companies with low levels of maturity for implementing ERP systems should consider the advantages provided by these systems and the need they have considering their operations scale in order to ensure the need of these systems for their reality and invest on improvements for their systems. This observation is corroborated by Alaskari et al. (2021), which, considering the context of a case study in the United Kingdom, highlighted that SMEs have to adequate ERP implementation to their reality and their constraints.

Considering these studies on SMEs that use of ERP systems, it is possible to verify that SMEs from countries with different characteristics may share similar challenges and characteristics. In this sense, the findings of this research can support not only SMEs from Brazil, but also from other countries.

It was possible to identify the variables that best differentiate companies regarding the management of ERP systems. Consequently, as practical implications obtained from the findings of this study, a set of recommendations for SMEs to get the most out of ERP systems are presented:

- Invest in the continuous improvement of ERP systems and in employee training to ensure that all functionalities are well understood and utilized.
- Conduct periodic assessments of business needs and aligning the ERP with business strategies to ensure rapid adaptation to market changes.
- Focus on the complete integration of business processes through ERP, eliminating non-value-added activities and improving data quality for more accurate decision-making.

In addition to these recommendations, another important practical implication of this research is related to the maturity levels identified. This study evidenced that most of the analysed companies have ERP systems but they are not maximizing the use of them. In this sense, SMEs should perform a critical analysis of the ERP systems and invest resources on the improvement opportunities identified.

Regarding the implications of this study for policy makers, it should be highlighted the opportunity they have to use the findings presented to base the offering of subsidies and training programs focused on SMEs to implement or improve ERP systems. Especially when it is considered the financial constraints of this kind of companies and the positive impacts on society and economy that improvements in the management of these companies can have, it can be an important rewarding public investment.

When considered the limitations of this study, it should be highlighted the use of a non-probabilistic sample. Nevertheless, the method analysis used is appropriate for this kind of sample. In this sense, it is important to mention that although the results cannot be generalized, the findings presented provide important insights about the Brazilian reality regarding the ERP systems in SMEs, especially when the experts' knowledge is considered.

This study provides an opportunity for future research focussing on specific cases of companies that have implemented ERP systems. Detailed roadmaps to guide companies to achieve higher maturity levels of these systems could be proposed based on successful case studies. In addition, the steps of this study can be replicated in other countries, enabling a robust discussion

comparing the findings in different realities.

References

- Alaskari, O., Pinedo-Cuenca, R. and Ahmad, M.M. (2021), “Framework for implementation of enterprise resource planning (ERP) systems in small and medium enterprises (SMEs): A case study”, *Procedia Manufacturing*, Vol. 55, pp. 424–430, doi: 10.1016/j.promfg.2021.10.058.
- Almajali, D.A., Masa’deh, R. and Tarhini, A. (2016), “Antecedents of ERP systems implementation success: a study on Jordanian healthcare sector”, *Journal of Enterprise Information Management*, Emerald Group Publishing Ltd., Vol. 29 No. 4, pp. 549–565, doi: 10.1108/JEIM-03-2015-0024.
- Alpers, S., Becker, C., Eryilmaz, E. and Schuster, T. (2014), “A systematic approach for evaluation and selection of ERP systems”, *Lecture Notes in Business Information Processing*, Vol. 193 No. September, pp. 36–48, doi: 10.1007/978-3-319-11373-9_4.
- Alsharari, N.M., Al-Shboul, M. and Alteneiji, S. (2020), “Implementation of cloud ERP in the SME: evidence from UAE”, *Journal of Small Business and Enterprise Development*, Vol. 27 No. 2, pp. 299–327, doi: 10.1108/JSBED-01-2019-0007.
- Aznar Bellver, J., Cervelló, R.R. and García, G.F. (2011), “Spanish savings banks and their future transformation into private capital banks. determining their value by a multicriteria valuation methodology”, *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, Vol. 35, pp. 155–164.
- Barbanti, A.M., Anholon, R., Rampasso, I.S., Martins, V.W.B., Quelhas, O.L.G. and Leal Filho, W. (2022), “Sustainable procurement practices in the supplier selection process: an exploratory study in the context of Brazilian manufacturing companies”, *Corporate Governance (Bingley)*, Vol. 22 No. 1, pp. 114–127, doi: 10.1108/CG-10-2020-0481.
- BNDES. (2023), “Porte de empresas”, available at: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/porte-de-empresa> (accessed 15 June 2023).
- Choueiri, A.C. and Portela Santos, E.A. (2021), “Multi-product scheduling through process mining: bridging optimization and machine process intelligence”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Springer, Vol. 32 No. 6, pp. 1649–1667, doi: 10.1007/s10845-021-01767-2.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. and Papayannakis, L. (1995), “Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method”, *Computers and Operations Research*, Vol. 22 No. 7, pp. 763–770, doi: 10.1016/0305-0548(94)00059-H.
- Esra Aytac Adalı and Ayşegül Tuş Işık. (2017), “Critic and Maut Methods for the Contract Manufacturer Selection Problem”, *European Journal of Multidisciplinary Studies*, Vol. 2 No. 5, pp. 88–96.
- Estébanez, R.P. (2021), “Assessing the Benefits of an ERP Implementation in SMEs. An Approach from the Accountant’s Perspective”, *Scientific Annals of Economics and Business*, Vol. 68 No. 1, pp. 63–73, doi: 10.47743/saeb-2021-0006.
- Golinska, P., Kosacka, M., Mierzwiak, R. and Werner-Lewandowska, K. (2015), “Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies”, *Journal of Cleaner Production*, Elsevier Ltd, Vol. 105, pp. 28–40, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.11.040.
- Goundar, S., Khan, M.G.M. and Reddy, K.G. (2021), “Finding the drivers for ERP systems uptake in SMEs – an exploratory multiple-case study of selected Fijian companies”, *2021 IEEE Asia-Pacific Conference on Computer Science and Data Engineering (CSDE)*, IEEE, pp. 1–7, doi: 10.1109/CSDE53843.2021.9718437.
- Haddara, M. and Moen, H. (2017), “User resistance in ERP implementations: A literature review”, *Procedia Computer Science*, Vol. 121, pp. 859–865, doi: 10.1016/j.procs.2017.11.111.
- Karimi, T. and Ahmadian, M. (2024), “Grey clustering and grey ranking of bank branches based on grey efficiency”, *Grey Systems*, Emerald Publishing, Vol. 14 No. 1, pp. 1–20, doi: 10.1108/GS-04-2023-0034.
- Katuu, S. (2020), “Enterprise Resource Planning: Past, Present, and Future”, *New Review of Information Networking*, Vol. 25 No. 1, pp. 37–46, doi: 10.1080/13614576.2020.1742770.
- Kosalge, P.U. and Ritz, E. (2015), “Finding the tipping point for a CEO to say yes to an ERP: a case study”, *Journal of Enterprise Information Management*, Emerald Group Holdings Ltd., Vol. 28 No. 5, pp.

- 718–738, doi: 10.1108/JEIM-07-2014-0073.
- Lin, Z. (2022), “Comparison on the Implementations of ERPs with Different Versions”, *BCP Business & Management*, Vol. 34, pp. 1003–1009, doi: 10.54691/bcpbm.v34i.3123.
- Liu, S., Forrest, J. and Yang, Y. (2011), “A brief introduction to grey systems theory”, *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS'11 - Joint with the 15th WOSC International Congress on Cybernetics and Systems*, No. September, pp. 1–9, doi: 10.1109/GSIS.2011.6044018.
- Liu, S. and Forrest, J.Y.L. (2022), *Grey Systems Analysis, Springer Science & Business Media*.
- Liu, S. and Lin, Y. (2006), *Grey Information: Theory and Practical Applications*, Springer, London.
- Liu, S. and Lin, Y. (2010), “Introduction to Grey Systems Theory”, pp. 1–18, doi: 10.1007/978-3-642-16158-2_1.
- Madic, M. and Radovanovic, M. (2015), “Ranking of some most commonly used nontraditional machining processes using rov and critic methods”, *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, Vol. 77 No. 2, pp. 193–204.
- SEBRAE. (2023), “Categorias de formalização de empresas”, available at: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pr/artigos/categorias-de-formalizacao-de-empresas,4a0dca91c761e610VgnVCM1000004c00210aRCRD> (accessed 15 June 2023).
- Sousa, I.C. de, Sigahi, T.F.A.C., Rampasso, I.S., Pinto, J. de S., Zanon, L.G., Leal Filho, W. and Anholon, R. (2024), “Analysis of the quality of sustainability reports published by Brazilian companies: An analytic hierarchy process-grey clustering approach”, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, No. December 2023, pp. 1–17, doi: 10.1002/csr.2804.
- Timóteo, T.R., Cazeri, G.T., Moraes, G.H.S.M. de, Sigahi, T.F.A.C., Zanon, L.G., Rampasso, I.S. and Anholon, R. (2024), “Use of AHP and grey fixed weight clustering to assess the maturity level of strategic communication management in Brazilian startups”, *Grey Systems*, Vol. 14 No. 1, pp. 69–90, doi: 10.1108/GS-06-2023-0052.
- Widiastuti, M. (2020), “Advantages for the Implementation of Erp Based Information Systems in Service Companies”, *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, Vol. 1 No. 3, pp. 218–224, doi: 10.31933/jimt.v1i3.95.
- Yoo, B.K. and Kim, S.H. (2021), “Analysis of Impact on ERP Customization Module Using CSR Data”, *Journal of Information Processing Systems*, Vol. 17 No. 3, pp. 473–488, doi: 10.3745/JIPS.04.0215.
- Zhang, H. (2022), “A Deep Learning Model for ERP Enterprise Financial Management System”, *Advances in Multimedia*, Vol. 2022, doi: 10.1155/2022/5783139.