

Pesquisa científica sobre Análise Envoltória de Dados e Métodos Multicritério de Apoio a Decisão: Uma análise bibliométrica e de redes

Camila Guimarães Monteiro de Freitas Alves, Lídia Ângulo Meza, Ruben Huamanchumo Gutierrez

Resumo: Esta pesquisa apresentou uma visão da produção científica internacional sobre métodos multicritério de auxílio à decisão e análise envoltória de dados, produzindo um mapeamento de estudos que empreguem ambos os métodos. Para tanto foi utilizada a bibliometria, cujos dados foram extraídos da base Scopus. Os termos usados na busca foram "Análise envoltória de dados" or "Data Envelopment Analysis" or dea AND "auxílio multicritério à decisão" or "multicriteria decision aid" or electre or promethee or maut or "simple multi-attribute rating technique" or anp or tomaso or vda or zapros or macbeth or thor or todim or topsis or sapevo or ahp, os quais foram buscados nos títulos, palavras chave e resumo das publicações, gerando 265 artigos para análise. Identificou-se as instituições e os autores mais produtivos, as principais fontes de publicação, as principais palavras chave utilizadas nestes artigos, os países cuja representatividade na produção deste tema se destaca, a rede de coautoria de autores e países e os artigos mais citados.

Palavras chave: Análise Envoltória de Dados, Auxílio multicritério a decisão, Bibliometria.

Scientific Research on Data Envelopment Analysis and Multiple-Criteria Decision Method: A bibliometric and networking analysis

Abstract: This research presented an overview of the international scientific production on Multiple-Criteria Decision Method and Data Envelopment Analysis, producing a mapping of studies that employ both methods. For that, the bibliometrics was used, whose data were extracted from the Scopus base. The search terms used were foram "Análise envoltória de dados" or "Data Envelopment Analysis" or dea AND "auxílio multicritério à decisão" or "multicriteria decision aid" or electre or promethee or maut or "simple multi-attribute rating technique" or anp or tomaso or vda or zapros or macbeth or thor or todim or topsis or sapevo or ahp, which were searched in titles, keywords and abstracts, generating 265 articles for analysis. It was possible to identify the most productive institutions and authors, the main sources of publication, the main keywords used in these articles, the countries whose representativeness in the production of this theme stands out, the co-authoring network of authors and countries and the most cited articles.

Key-words: Data Envelopment Analysis, Multicriteria decision aid, Bibliometrics.

1. Introdução

Com o ambiente cada vez mais competitivo no qual as empresas encontram-se inseridas e o surgimento de demandas mais complexas para a sobrevivência e crescimento das organizações, cresce a necessidade de utilização de ferramentas capazes de auxiliar a tomada de decisão. Neste cenário, a Análise Envoltória de Dados (DEA), conforme salientado por Lins e Angulo Meza (2000), devido as suas características, é um método de apoio à decisão multicritério que visa modelar problemas complexos do mundo real.

A DEA pode auxiliar as tomadas de decisões, baseando-se no sistema gerencial, visando alcançar a eficiência máxima. Este é um método de avaliação da eficiência de unidades

produtivas que leva em consideração recursos (inputs) e os resultados alcançados (outputs) a partir da utilização destes.

Segundo Soares de Mello et al (2003) a DEA objetiva analisar a eficiência de organizações, também denominadas DMUs (*Decision Making Unit* – Unidades Tomadoras de Decisão), considerando-se os recursos de que dispõe (inputs) e os resultados obtidos (outputs).

Entretanto, os modelos DEA clássicos permitem total liberdade em relação à seleção dos pesos que darão o máximo valor de eficiência a uma dada DMU. Devido ao fato dos pesos serem escolhidos visando à maximização da eficiência de cada DMU, sua avaliação é extremamente benevolente (SOARES DE MELLO et al., 2005). Essa liberdade é importante na identificação das unidades ineficientes, ou seja, aquelas DMUs que apresentam um baixo desempenho, inclusive com seu próprio conjunto de multiplicadores.

Tendo em vista que os modelos DEA utilizam avaliações benevolentes, segundo Ângulo Meza e Lins (2002), podendo levar à baixa discriminação de DMUs eficientes e múltiplas soluções ótimas, podem-se utilizar outros métodos de auxílio multicritério a decisão combinados com a DEA.

Neste sentido, o problema de pesquisa deste estudo concentrou-se na seguinte questão: Qual é a evolução da publicação científica sobre análise envoltória de dados e métodos de auxílio multicritério a decisão?

Para responder o problema de pesquisa, buscou-se responder às seguintes questões: Qual o período de publicação dos artigos? Quem são os autores mais produtivos e como estão estabelecidas as redes de coautoria? E as instituições mais produtivas? E as principais fontes de publicação? Quais os países mais representativos na produção relativa ao tema?

Após esta introdução, abordam-se conceitos relacionados à Análise Envoltória de Dados. A seguir, relatam-se os procedimentos metodológicos para realização da pesquisa. Em seguida, apresenta-se a análise dos resultados, finalizando com algumas considerações.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Análise Envoltória de Dados

O conceito da DEA foi introduzido com base no trabalho de Farrell em 1957, mas tinha como formulação um único produto e múltiplos insumos, enquanto a partir do trabalho de Charnes et al. (1978) possibilitou-se a aplicação para múltiplas variáveis de entrada (insumos) e múltiplas variáveis de saída (produtos). A partir de então, tem crescido o número de estudos e artigos científicos sobre o tema.

A Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*) é uma técnica não-paramétrica que utiliza a programação matemática para construir fronteiras de produção de DMUs que empregam processos semelhantes para transformar múltiplos insumos em múltiplos produtos.

Na DEA, as funções objetivas são os escores de eficiência de valor correspondentes aos componentes de entrada e saída (GERAMI, 2019).

Os modelos DEA permitem identificar as DMUs eficientes, medir a ineficiência, além de fornecer o benchmark para as DMUs ineficientes e os alvos a serem alcançados.

Charnes et al. (1978) abordam algumas vantagens e características:

- Tem foco em observações individuais em contraste com as médias da população;
- Pode ser ajustada para variáveis exógenas;
- Pode incorporar variáveis categóricas;
- Tem ênfase nas melhores práticas identificadas, ao invés das medidas de tendência central.

Lins e Angulo Meza (2000) complementam:

- Difere dos métodos baseados em avaliação puramente econômica, que necessitam converter todos os inputs e outputs em unidades monetárias;
- Os índices de eficiência são baseados em dados reais;
- Permite estabelecer cenários para serem testados.

De acordo com Gomes et al. (2001) os principais objetivos da DEA são:

- Comparar DMUs que executam atividades semelhantes e se diferenciam nas quantidades de inputs que consomem e de outputs que produzem;
- Identificar as DMUs eficientes, localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear que fornece a referência para as DMUs ineficientes;
- Definir a eficiência das DMUs, contemplando cada uma, relativamente a todas as outras que compõem o grupo a ser estudado;
- Subsidiar estratégias que maximizem a eficiência das DMUs avaliadas, corrigindo as ineficientes através da determinação de alvos;
- Estabelecer taxas de substituição entre as entradas, entre as saídas e entre entradas e saídas, permitindo a tomada de decisões gerenciais.

2.2 Auxílio Multicritério a Decisão

O Auxílio Multicritério a decisão sistematiza o processo de tomada de decisão por meio de modelagem matemática, com o objetivo de indicar uma alternativa que melhor se adequa às necessidades do problema ou à montagem de uma classificação das alternativas (MORIMOTO & OLIVEIRA, 2019).

Polatidis et al (2006) classificam os métodos mais tradicionais de auxílio multicritério a decisão em Métodos de Superação ou Sobreposição, em inglês, *outranking*, e em Teoria da Utilidade Multiatributo (em inglês, *Multiattribute Utility and Value Theory*). No que diz respeito aos Métodos de Superação, segundo Costa et al. (2007), estes envolvem um conjunto finito de alternativas avaliados à luz de um conjunto de critérios, estabelecendo-se relações de sobreclassificação não compensatórias entre as alternativas. Já no que tange à Teoria da Utilidade Multiatributo, esta caracteriza-se por buscar uma função de agregação de diferentes funções de utilidade em uma única função.

3. Metodologia

Buscando-se alcançar o objetivo do estudo, empregou-se a bibliometria por meio do levantamento de artigos publicados em uma base científica visando verificar estudos que caminharam na direção de integração de métodos de auxílio multicritério à decisão e análise envoltória de dados.

A bibliometria pode contribuir para capturar o conhecimento de uma temática, sendo usada

para explorar a condição de um tópico em diferentes bases de dados acadêmicas, em função do alcance dos resultados retornados nessas bases de dados (CUARTAS et al., 2015).

A bibliometria possibilita produzir indicadores que demonstram o grau de desenvolvimento de uma área do conhecimento e a disseminação do conhecimento científico (MACHADO, 2007).

Para desenvolvimento do trabalho foi consultada a base de dados Scopus, limitando-se a artigos publicados na área de engenharia e ciência da decisão. Essa base foi escolhida devido à sua abrangência e ao seu reconhecimento na difusão do conhecimento científico. A pesquisa foi realizada no mês de outubro de 2019.

Para seleção dos artigos, empregou-se as expressões “AND” e “OR” para combinação das palavras a serem pesquisadas nos títulos, resumos e palavras-chaves dos artigos. Foi utilizada a seguinte expressão "Análise envoltória de dados" or "Data Envelopment Analysis" or dea AND "auxílio multicritério à decisão" or "multicriteria decision aid" or electre or promethee or maut or "simple multi-attribute rating technique" or anp or tomaso or vda or zapros or macbeth or thor or todim or topsis or sapevo or ahp.

A partir dessa expressão, 265 artigos foram encontrados. Posteriormente, as palavras chave foram padronizadas. A análise de redes foi realizada por meio do software VoSViewer.

As etapas para realização da pesquisa podem ser visualizadas na Figura 1.

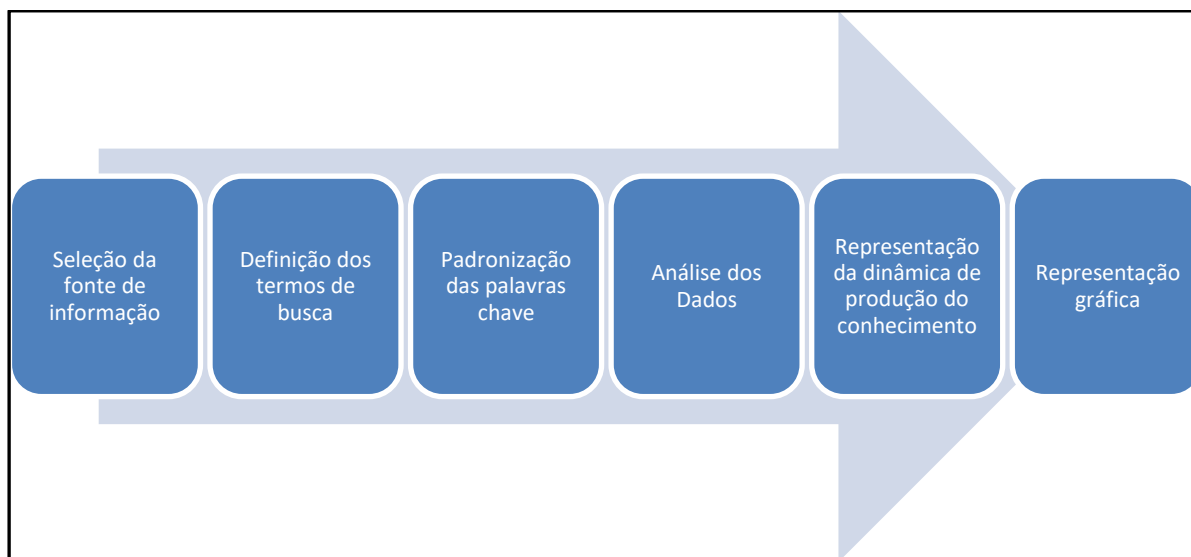
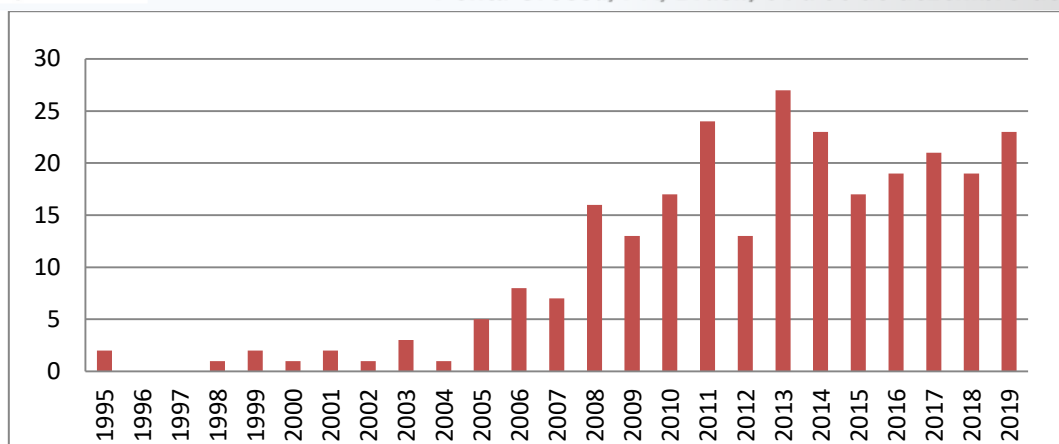


Figura 1 – Fluxo da pesquisa

4. Análise dos resultados

O primeiro artigo publicado extraído na base Scopus data de 1995 e a próxima publicação ocorreu em 1998. O resultado da pesquisa variou de 2 documentos em 1995 a 23 documentos em 2019 até o momento da pesquisa, evidenciando a importância crescente dada ao tema. Na Figura 2 pode-se observar a evolução anual da publicação no tema, destacando-se que os últimos cinco anos, incluindo 2019, representam 37,4% da publicação total.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Scopus

Figura 2 – Ano de publicação dos artigos

A Tabela 1 apresenta os 13 autores mais produtivos. Observa-se que Tavana, M. e Wang, Y.M. encontram-se na primeira posição. Entretanto, não há uma discrepância no número de publicações, visto que o quantitativo de artigos publicados não difere muito de um autor para outro.

Ordem	Volume de artigos publicados	Autores
1	6	Tavana, M.; Wang, Y.M.;
2	5	Azadeh, A.
3	4	Hadad, Y.; Hadi-Vencheh, A.
4	3	Bagherikahvarin, M.; Chin, K.S.; Georgiou, A.C.; Ishizaka, A.; Khalili-Damghani, K.; Kuo, R.J.; Lee, J.H.; Raut, R.D.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Scopus

Tabela 1 – Autores mais produtivos

Na tabela 2, têm-se as 10 principais fontes de publicações dos artigos que foram extraídos da base Scopus. Observa-se que a principal fonte é a Revista Expert Systems With Applications com 18 artigos publicados a partir dos termos buscados.

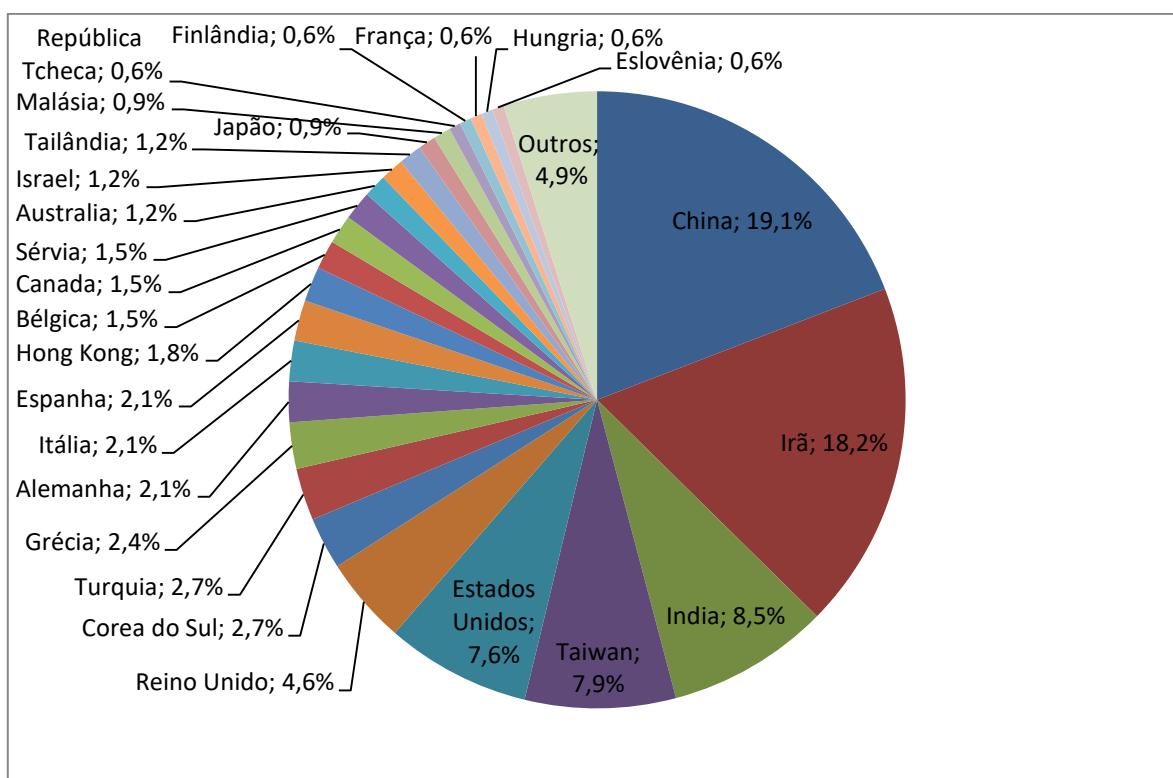
Ordem	Registros	Fontes
1	18	Expert Systems With Applications
2	11	European Journal Of Operational Research
3	8	Computers And Industrial Engineering International Journal Of Production Research
4	7	Xitong Gongcheng Lilun Yu Shijian System Engineering Theory And Practice
5	6	Annals Of Operations Research Decision Science Letters International Journal Of Logistics Systems And Management Journal Of Cleaner Production Journal Of The Operational Research Society

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Scopus

Tabela 2 – Principais fontes de publicação

A revista Expert Systems With Applications é um periódico internacional de referência, cujo foco é a troca de informações relacionadas a sistemas inteligentes e especialistas aplicados na indústria, governo e universidades em todo o mundo.

A figura 3 apresenta a participação relativa dos países nas publicações que envolvem DEA e métodos de auxílio multicritério a decisão. Observa-se que China e Irã, juntos, concentram 37,3% da produção, sendo que os 5 países que mais produzem concentram 61,3% da produção mundial no tema.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Scopus

Figura 3 – Representatividade dos países na publicação

Na Tabela 3 observam-se as instituições mais produtivas, ordenadas pelo número de artigos publicados. Observa-se que, das 12 instituições, 8 localizam-se no Irã. Esta tabela corrobora os dados encontrados na Figura 3, a qual demonstrou que os países que concentram a produção são Irã e China.

Ordem	Registros	Instituição	País
1	13	University of Tehran	Irã
2	12	Islamic Azad University	Irã
3	8	Islamic Azad University, Karaj Branch	Irã
4	6	Islamic Azad University, Qazvin Branch	Irã
		Beijing Jiaotong University	China
		La Salle University, Philadelphia	Estados Unidos
		Islamic Azad University, Science and Research Branch	Irã
5	5	Iran University of Science and Technology	Irã
		Fuzhou University	China
		Universität Paderborn	Alemanha
		Islamic Azad University, Najafabad Branch	Irã
		Tarbiat Modares University	Irã

Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Scopus

Tabela 3 – Instituições mais produtivas

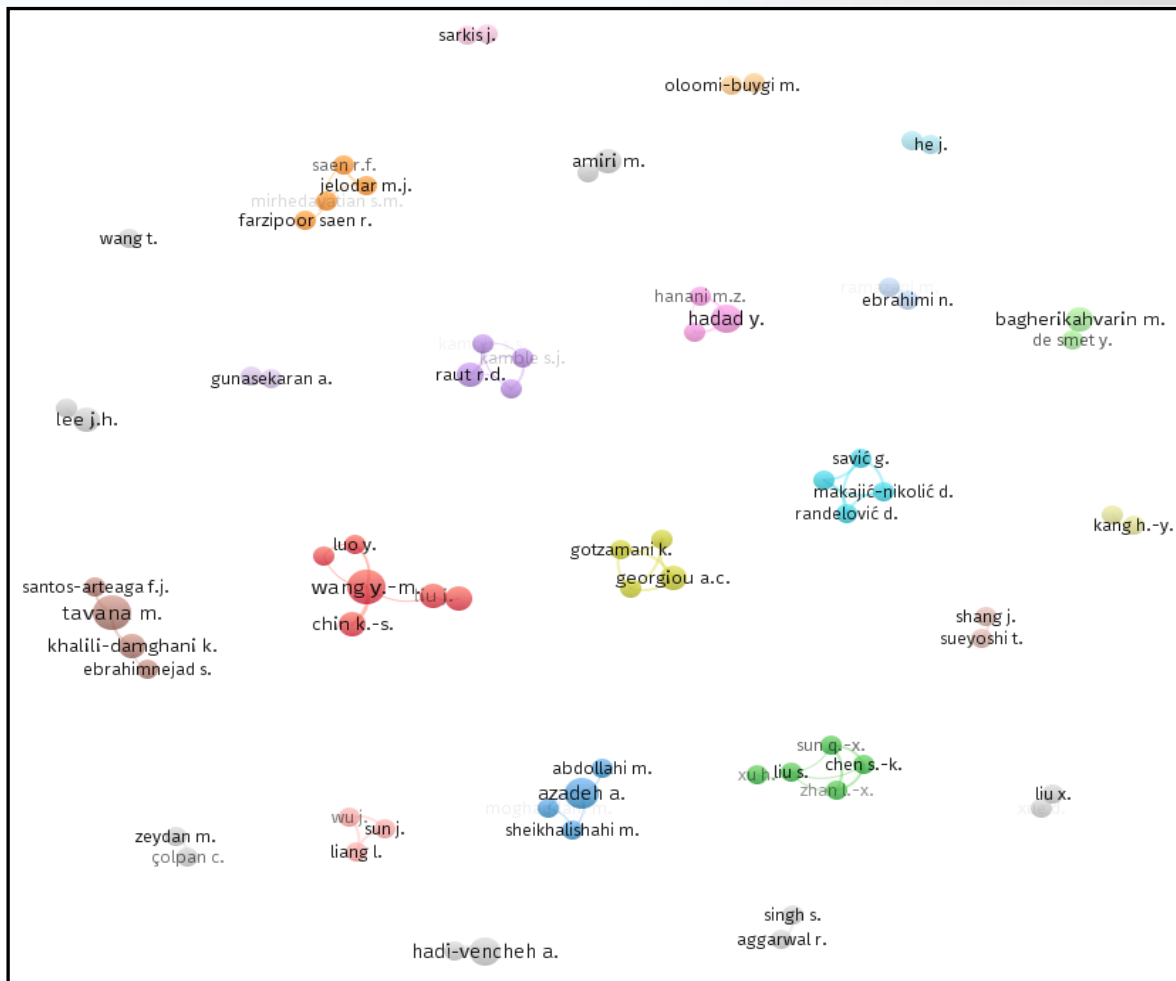
A partir das palavras chave foi gerada uma nuvem de palavras, conforme visualizado na Figura 4, com o predomínio das palavras DEA, AHP, Decisison Making, Hierarchical, TOPSIS, Efficiency, LinearProgramming, DecisionTheory, SupplierSelection e FuzzyAHP.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da Scopus

Figura 4 – Nuvem de palavras chave

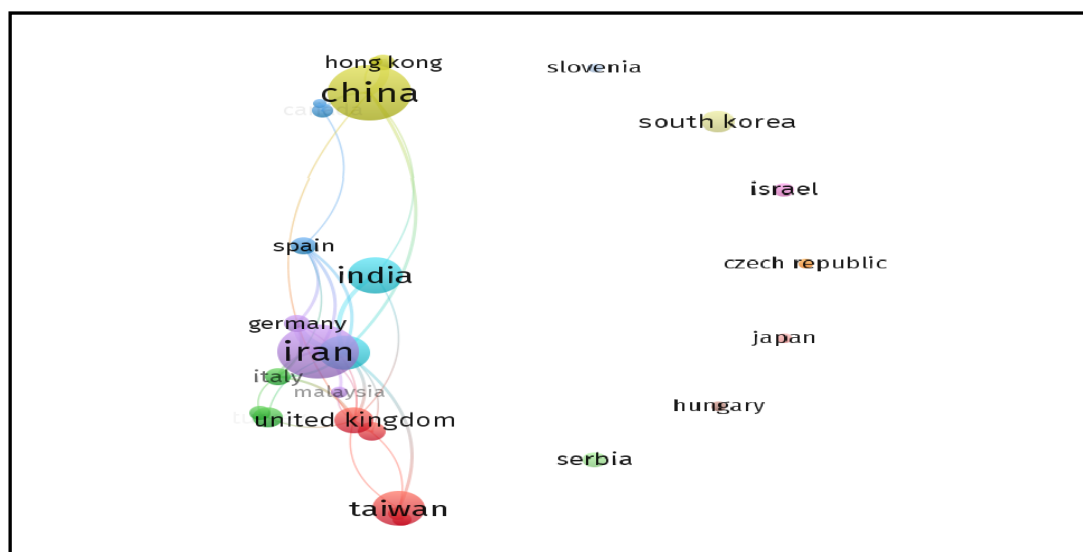
Na Figura 5, têm-se a rede de ligação dos autores. Foram considerados os 70 autores mais produtivos para elaboração deste mapa. Pode-se observar a formação de 25 clustres e 62 links.



Fonte: Elaborado pelos autores por meio do software VoSViewer a partir dos dados da Scopus

Figura 5 – Rede de coautoria

Já na Figura 6, pode-se encontrar a rede de coautoria entre países. A partir de 26 países foram gerados 13 clusters somando-se 37 links de ligação.



Fonte: Elaborado pelos autores por meio do software VoSViewer a partir dos dados da Scopus

Figura 6 – Rede de coautoria entre países

5. Conclusão

Este artigo foi uma pesquisa exploratória para analisar o campo científico de estudos voltados para a análise envoltória de dados e métodos de auxílio multicritério a decisão, possibilitando gerar uma agenda de pesquisa com os artigos mais citados e os autores mais produtivos.

O estudo também permitiu verificar o crescimento de pesquisas no tema, demonstrando um campo de conhecimento com relevância no cenário acadêmico internacional.

Outro aspecto de destaque refere-se ao fato de que os autores de apenas um dos artigos mais citados encontram-se entre os autores mais produtivos.

Um ponto importante foi levantar as principais instituições acadêmicas que vêm estudando o tema, o que pode indicar locais de estudos emergentes e com desenvolvimento de conhecimento na área.

A partir da definição das principais palavras chave, pode-se sugerir o desenvolvimento neste período de tempo de estudos de DEA com métodos de auxílio multicritério a decisão, destacando-se AHP - Analytic Hierarchy Process, ANP - Analytic Network Process e Topsis - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution.

Como proposição para estudos futuros, sugere-se o detalhamento dos artigos mais citados e dos artigos produzidos pelos autores mais produtivos. Outra sugestão seria a replicação do trabalho com a utilização de outras opções de bases de dados, que poderá apontar resultados diferentes.

6. Referências Bibliográficas

ÂNGULO MEZA, L.; LINS, M. P. E. Review of methods for increasing discrimination in data envelopment analysis. **Annals of Operations Research**, v.116, p.225-242, 2002.

CHARNES. A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, V.6, n.2, p.429-444, 1978.

COSTA, H. G.; MANSUR, A. F. U.; FREITAS, A. L. P.; CARVALHO, R. A. ELECTRE TRI applied to costumers satisfaction evaluation. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 230-245, 2007.

CUARTAS, K. A.; ANZOLA, J. P.; TARAZONA, G. M. Classification methodology of research topics based in decision trees: J48 and random tree. **International Journal of Applied Engineering Research**, India, v. 10, n. 8, p. 19413-19424, 2015.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Society**, Londres, v. 120, n.3, p. 253-290, 1957.

GERAMI, J. An interactive procedure to improve estimate of value efficiency in DEA. **Expert Systems with Applications**, v. 137, p. 29-45, 2019.

GOMES, E.G.; SOARES DE MELLO, J.C.C.B.; SERAPIÃO, B.P.; LINS, M.P.E.; BIONDI, L.N. Avaliação de Eficiência de Companhias Aéreas Brasileiras: Uma Abordagem por Análise de Envoltória de Dados. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 15, Campinas. **Anais...** Campinas: ANPET, 2001, p. 125-133.

LINS, M. P. E.; ÂNGULO MEZA, L. **Análise Envoltória de Dados: e perspectivas de integração no ambiente de apoio a decisão**. Rio de Janeiro: Editora COPPE/UFRJ, 2000.

MACHADO, R.N. Análise cientométrica dos estudos bibliométricos publicados em periódicos da área de biblioteconomia e ciência da informação (1990-2005). **Perspectivas em Ciência da Informação**, Minas Gerais, v.12, n.3, p. 2 – 20, 2007.

MORIMOTO, R. M.; OLIVEIRA, F. H. Análise do espaço construído da rede de educação infantil utilizando os métodos AHP e SIG: estudo de caso em Camboriú (SC). **Arquitetura**, Rio Grande do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-38, 2019.

POLATIDIS, H. et al. Selecting an appropriate multi-criteria decision analysis technique for renewable energy planning. **Energy Sources**, v. 1, p. 181-193, 2006.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ÂNGULO MEZA, L.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.23, n.2, p.325–346, 2003.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; ÂNGULO MEZA, L.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L. Curso de Análise Envoltória de Dados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PESQUISA OPERACIONAL, 37, Gramado. **Anais...** Gramado: SBPO, 2005, p.2520-2547.