ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADAS AO PROBLEMA DE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Amanda Trojan Fenerich
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Av. Ranulpho Marques Leal, 3484 - Distrito Industrial, Três Lagoas - MS, 79610-100
amanda.fenerich@gmail.com

Maria Teresinha Arns Steiner
Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR, PPGEPS)
R. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba - PR, 80215-901
maria.steiner@pucpr.br

Mirian Batista Oliveira Bortoluzzi
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS)
Avenida Rosilene Lima Oliveira, n.º 64 - Bairro Universitário - Nova Andradina – MS
mirianbortoluzzi@gmail.com

RESUMO

A busca e a organização de dados sobre a produção científica contribuem para a continuidade das investigações e evolução do conhecimento. O objetivo deste artigo é analisar de maneira quantitativa a produção científica sobre a integração da Análise de Decisão Multicritério com a Inteligência Artificial, em problemas de Seleção de Portfólio. A abordagem utilizada é de revisão da literatura, com base na teoria bibliométrica. A análise bibliométrica resultou em indicadores do número de documentos por autor, ano, localização, área do conhecimento, e revista/periódico; palavras-chave mais utilizadas; também do número de citações por documento e por ano, que foram apresentados em forma de gráficos e tabelas. Os resultados da análise contribuem para a consolidação do conhecimento disponível e, também, para a identificação e desenvolvimento de novas pesquisas.

PALAVRAS CHAVE. Problema de Seleção de Portfolio, Algoritmo Genético, Aprendizagem de Máquina.
Tópicos do artigo: ADM – Apoio à Decisão Multicritério; IA – Inteligência Artificial.

ABSTRACT

The search and organization of data on scientific production contributes to the continuity of research and evolution of knowledge. The purpose of this article is to analyze the quantitative form of a scientific production on the integration of content analysis. One approach used is a literature review, based on bibliometric theory. Bibliometric analysis resulted in indicators of the number of documents by author, year, location, area of knowledge, and journal/periodical; most commonly used keywords; the number of citations per document and per year was also made, which were presented in the form of graphs and tables. The results of the analysis are for the consolidation of available knowledge and also for the identification and development of new researches.

KEYWORDS. Portfolio Selection Problem. Genetic Algorithm. Machine Learning.
Paper topics: MCDA – Multicriteria Decision Aid; AI – Artificial Intelligence.

1. Introdução

A tomada de decisão é uma atividade diária em qualquer organização, fundamental para o planejamento estratégico e tático, cujo resultado impacta diretamente em seu desempenho. Quanto mais complexa for a decisão, ou quanto mais impactantes forem as suas consequências, maiores serão os esforços necessários para obter uma boa solução. O processo decisório envolve, segundo [Osei-Bryson e Barclay 2015], "a definição do problema, a identificação dos critérios, a ponderação dos critérios, a geração de alternativas, a classificação de cada alternativa e a computação da decisão ideal".

E a Pesquisa Operacional (PO) é uma área que lida com a aplicação de métodos analíticos avançados para ajudar a tomar as melhores decisões. Possui caráter multidisciplinar, e fortes laços com a ciência da computação e a ciência de dados, para o desenvolvimento de técnicas. O emprego destas em problemas complexos proporciona soluções ótimas ou quase ótimas (*Institute for Operations Research and the Management Sciences*; INFORMS). Devido ao avanço metodológico e computacional, aliado a constantes demandas de outras áreas, a PO se modernizou e ampliou seu campo de atuação, sendo atualmente também denominada como *Business Analytics* (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional; SOBRAPO).

Neste trabalho, especial atenção será dada ao campo teórico da PO referente à análise de decisão multicritério (*Multicriteria Decision Making/Aid*; MCDM/A) e a Inteligência Artificial (*Artificial Intelligence*; AI), no qual se enquadram a aprendizagem de máquina (*Machine Learning*; ML) e computação evolucionária, mais especificamente os algoritmos genéticos (*Genetic Algorithm*, GA). [Zopounidis e Doumpos 2013] afirmam que a integração de MCDM com outros paradigmas de IA, que incluem os métodos de ML e AG, é uma área de pesquisa interessante que fornece uma ampla gama de novos potenciais para melhorar a tomada de decisão.

O avanço científico nesse campo de estudo, portanto, deriva fundamentalmente do conhecimento disponível sobre ele, que é fruto de investigações e interações entre pesquisadores ao longo do tempo. Segundo [Endler *et al*. 2015] "conhecer a evolução dos métodos de solução, os principais estudiosos e a produção acadêmica de maior relevância pode colaborar significativamente para a melhor compreensão da teoria existente e para a identificação de tendências, lacunas e problemas que ainda não foram solucionados".

Sendo assim, o objetivo deste artigo é analisar de maneira quantitativa a produção científica sobre a integração dos métodos MCDM/A com os fundamentos da IA, que buscam resolver o problema de seleção de portfólio. A abordagem metodológica utilizada é de revisão da literatura, tendo como base a teoria bibliométrica.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: um referencial teórico, que discute sobre o problema de seleção de portfólio no âmbito MCDM/A, encontra-se na seção 2; a descrição do método de seleção da amostra de artigos e as técnicas de análise são apresentadas na seção 3; na seção 4 são apresentados os resultados encontrados; e, por fim, a seção 5 compõe-se das considerações finais, seguidas das referências utilizadas.

2. Análise de Decisão Multicritério para Seleção de Portfólio

A Análise de Decisão Multicritério (*Multicriteria Decision Analysis*, MCDA) consiste em um conjunto de ferramentas que ajudam o decisor a organizar e sintetizar as informações necessárias e, consequentemente, sentir-se satisfeito, confortável e confiante com todos os critérios considerados, geralmente conflitantes entre si e, também, com o resultado da decisão, minimizando o potencial de "arrependimento".

No contexto de MCDA existem os tipos de problemáticas a serem considerados em um processo de decisão. Cada tipo de problemática remete a um determinado objetivo que se pretende alcançar e, também, a determinados métodos que podem ser empregados para tanto. Destacam-se as problemáticas, descritas e detalhadas por [Almeida 2013], para a seleção, ordenação e classificação de alternativas, bem como para a de seleção de portfólio.

O problema de seleção de portfólio consiste na escolha de um ou mais projetos (alternativas, a_i) a serem executados dentre todos os n projetos (alternativas) disponíveis, ou seja, na decisão de qual(is) projeto(s) irá(ão) compor o portfólio, de tal forma a maximizar o retorno esperado (valor do portfólio, V), e sujeito a uma restrição, geralmente orçamentária, que limita a realização de todos os projetos [Belton e Stewart 2002]; [Vetschera e Almeida 2012]. A função objetivo e a restrição desse problema podem ser descritas por (1) e (2), respectivamente, como segue:

$$max\ V = \sum_{i=1}^{n} x_i v(a_i) \quad (1)$$

$$s.a: \sum_{i=1}^{n} x_i b_i \leq B \quad (2)$$

$$x_i \text{ binários} \quad (3)$$

onde x_i é uma variável binária (3), que indica se o projeto i será incluído ($x_i = 1$) ou não ($x_i = 0$) no portfólio; $v(a_i)$ é o valor do projeto i; b_i representa o custo para se desenvolver o projeto i; e B o orçamento total disponível [Kleinmuntz 2007]; [Clemen e Smith 2009]. Desta forma, na função objetivo em (1) tem-se a maximização do valor do portfólio, que é dado pelo somatório do produto de x_i e $v(a_i)$, ou seja, o resultado da máxima soma dos valores dos projetos que são incluídos no portfólio. A restrição em (2) limita a inclusão de todos os projetos no portfólio, uma vez que o somatório dos custos, b_i, dos projetos incluídos deve ser menor ou igual ao orçamento.

No contexto de decisão multicritério, esse problema é analisado considerando-se m critérios (c_j) e, para a obtenção da função de valor do projeto, $v(a_i)$, por meio de uma avaliação multicritério com método de agregação aditivo determinístico, é necessária a definição das constantes de escala (ou pesos, k_j) para cada um dos m critérios. O resultado dessa avaliação, conforme [Almeida *et al*. 2014] é da forma em (4).

$$v(a_i) = \sum_{j=1}^{m} k_j v_j(d_{ij}) \quad (4)$$

onde d_{ij} é o desempenho do projeto i em relação ao critério j; v_j é a função valor marginal do critério j; e k_j é a constante de escala (peso) do critério j, cuja soma deve ser igual a 1. Sendo assim, a função de valor do projeto descrita em (4) é obtida pelo somatório dos produtos entre os valores de constante de escala e o desempenho de cada projeto, em um determinado critério.

3. Processo Metodológico para a Análise Bibliométrica

O processo de busca e análise realizada nesta pesquisa seguiu os passos descritos na Figura 1, que exemplifica de forma resumida as etapas da revisão de literatura para a análise bibliométrica.

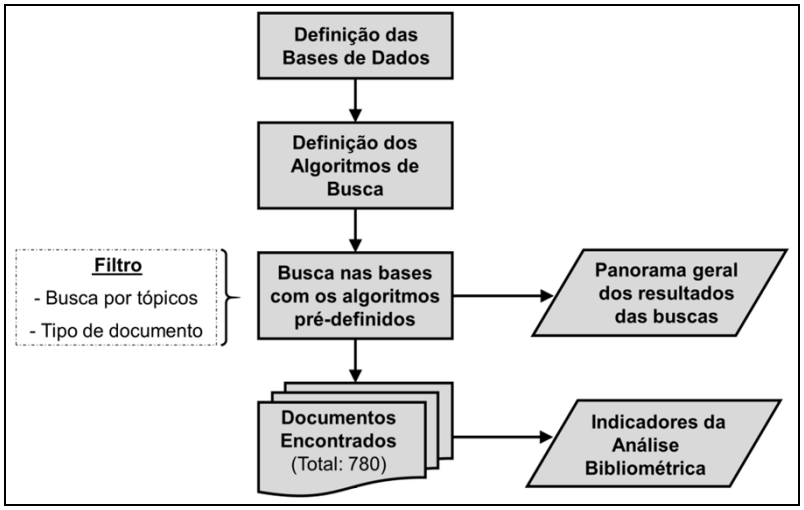


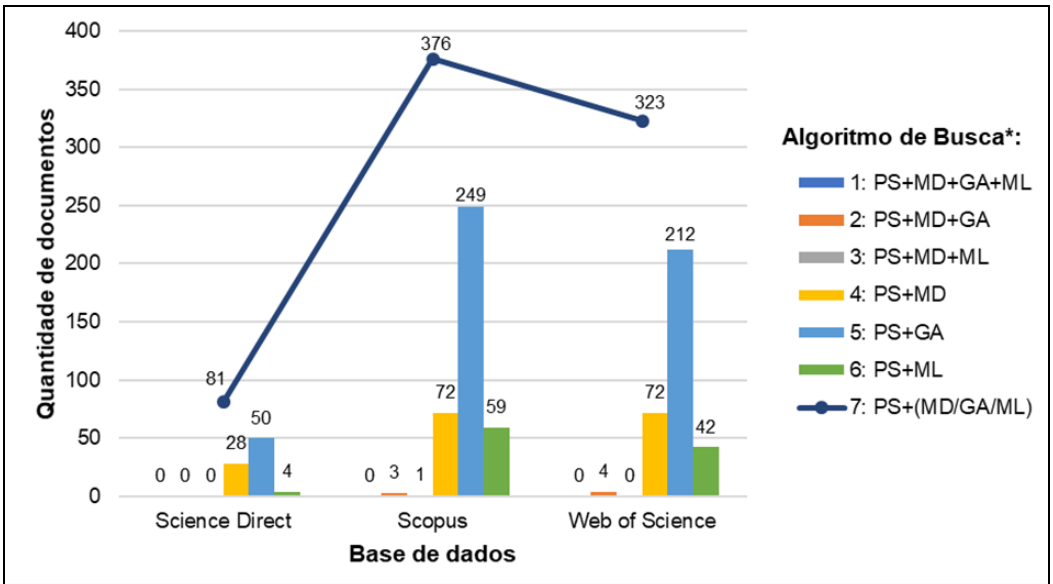
Figura 1 – Etapas do processo de revisão para a análise bibliométrica.

Como pode ser visto na Figura 1, a primeira etapa para a revisão sistemática de literatura consiste na definição das bases de dados. Foram consideradas como fontes de busca, três das principais bases de dados de artigos indexados, que são a *Science Direct*, a *Scopus* e a Coleção Principal do *Web of Science*.

Os termos de busca foram definidos a partir de conceitos e terminologias referentes aos temas da pesquisa, sendo escolhidos os quatro seguintes: a) "*portfolio selection*"; b) "*multicriteria decision*", e variações como "*multi-criteria decision*"; "*multi-attribute decision*"; c) "*genetic algorithm*"; d) "*machine learning*" e variação "*data mining*".

Como a inclusão de todos os quatro termos em um único algoritmo de busca resulta em uma pesquisa mais restritiva, é necessário proceder com mais de uma busca, incluindo a combinação de termos, para se ter uma pesquisa mais ampla. E, de fato, a busca feita com os quatro termos em um único algoritmo ["*portfolio selection*" AND "*multicriteria decision*" (OR "*multi-criteria decision*" OR "*multi-attribute decision*") AND "*genetic algorithm*" AND "*machine learning*" (OR "*data mining*")], resultou em nenhum documento encontrado nas bases de dados. Sendo assim, a partir dos termos de busca, foram consideradas as seguintes estratégias de combinações dos termos para a composição dos algoritmos de busca: a) incluindo necessariamente os quatros termos; b) incluindo três termos; c) incluindo dois termos; d) incluindo um único termo, aliado com a combinação dos demais termos de busca.

A busca nas bases de dados com estes algoritmos (terceira etapa do processo; Figura 1) foi feita em junho de 2018, considerando-se a busca por "tópicos", ou seja, por documentos que apresentam os termos ou no título, ou no resumo ou nas palavras-chave, e também apenas por documentos do tipo "*article*", "*conference paper*", "*book chapter*" e "*review*", excluindo-se da busca todos os documentos que não se enquadraram nestas condições. Como resultado parcial desta etapa, tem-se um panorama geral das buscas, representado pela Figura 2, que demonstra a quantidade de documentos encontrados por algoritmo e por base.



*Algoritmos de buscas considerados:
1: ["portfolio selection" AND "multicriteria decision" (OR "multi-criteria decision" OR "multi-attribute decision") AND "genetic algorithm" AND "machine learning" (OR "data mining")];
2: ["portfolio selection" AND "multicriteria decision" (OR "multi-criteria decision" OR "multi-attribute decision") AND "genetic algorithm"];
3: ["portfolio selection" AND "multicriteria decision" (OR "multi-criteria decision" OR "multi-attribute decision") AND "machine learning" (OR "data mining")];
4: ["portfolio selection" AND "multicriteria decision" (OR "multi-criteria decision" OR "multi-attribute decision")];
5: ["portfolio selection" AND "genetic algorithm"];
6: ["portfolio selection" AND "machine learning" (OR "data mining")];
7: ["portfolio selection" AND ("multicriteria decision" OR "multi-criteria decision" OR "multi-attribute decision" OR "genetic algorithm" OR "machine learning" OR "data mining")]

Figura 2 – Quantidade de documentos encontrados nas bases com os algoritmos de busca.

O resultado das buscas com a combinação dos termos em diferentes algoritmos, apresentado na Figura 2, evidencia o maior número de pesquisas realizadas com a aplicação de AG em problemas de seleção de portfólio. Também, tem-se uma grande quantidade de trabalhos que consideram o contexto de multicritérios/multiobjetivo no referido tipo de problema, sendo superior às pesquisas que empregam técnicas de aprendizagem de máquina. Isso deve-se principalmente ao fato de que o desenvolvimento e a aplicação das técnicas de aprendizagem de máquina são relativamente mais recentes, porém com um crescimento potencial na literatura nos últimos anos.

Percebe-se também que as buscas nas bases de dados com o algoritmo 7: [“*portfolio selection*” AND (“*multicriteria decision*” OR “*multi-criteria decision*” OR “*multi-attribute decision*” OR “*genetic algorithm*” OR “*machine learning*” OR “*data mining*”)] foram mais amplas, englobando praticamente todos os artigos contidos nas buscas com os demais algoritmos. Por conta disso, a continuidade do processo de revisão sistemática de literatura deu-se apenas com os documentos encontrados com este algoritmo de busca, que resultou em: 81 documentos na base *Science Direct*; 376 documentos na base *Scopus*; 323 documentos na base *Web of Science*; e um total de 780 documentos encontrados.

Desta forma, a análise bibliométrica, que considerou as duas bases com maior número de documentos (*Scopus* e *Web of Science*, pois os 81 documentos encontrados na *Science Direct* estavam contidos também nas outras bases), resultou em indicadores do número de documentos por autor, ano, localização, área do conhecimento, e revista/periódico, também do número de citações por documento e ano. Estes indicadores estão apresentados em forma de tabelas de gráficos na próxima seção.

4. Resultados da Análise Bibliométrica

Como já mencionado anteriormente, a análise bibliométrica foi realizada com o resultado da busca utilizando-se o algoritmo 7: [“*portfolio selection*” AND (“*multicriteria decision*” OR “*multi-criteria decision*” OR “*multi-attribute decision*” OR “*genetic algorithm*” OR “*machine learning*” OR “*data mining*”)], em duas bases de dados, *Scopus* e *Web of Science*, que tiveram um maior número de documentos encontrados, 376 e 323, respectivamente.

Essa quantidade total de documentos encontrados nas bases de dados teve uma variação no decorrer dos últimos 10 anos, como pode ser visto na Figura 3. Observa-se também uma tendência geral de crescimento na quantidade de documentos publicados, em ambas as bases de dados, sendo que o decréscimo em 2018 se deve, principalmente, ao fato de o ano não ter acabado no momento em que a busca foi realizada.

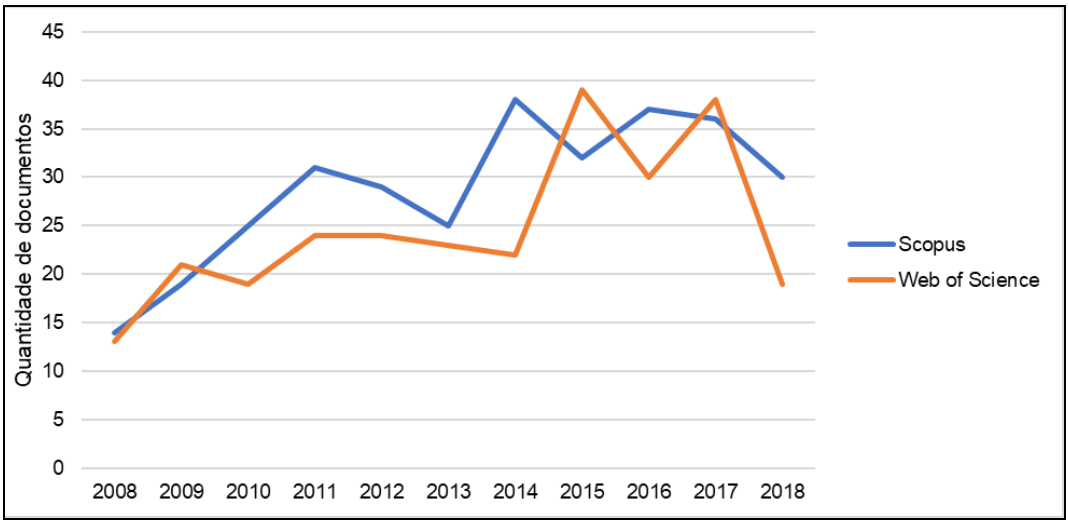


Figura 3 – Quantidade de documentos encontrados por ano nas bases de dados.

Esta tendência de crescimento na quantidade de artigos publicados também é verificada no número de citações que tais documentos receberam durante os anos, como mostra a Figura 4. Em 2017 o número de citações dos trabalhos atingiu o auge, com aproximadamente 670 citações, em ambas as bases de dados. Tanto o crescimento da quantidade de publicações, quanto o aumento no número de citações dos documentos relacionados ao tema da pesquisa, demonstram uma evolução positiva para os estudos que envolvem os diversos métodos e técnicas para o problema de seleção de portfólio, ou seja, este é ainda um tema bastante procurado e difundido pelos pesquisadores.

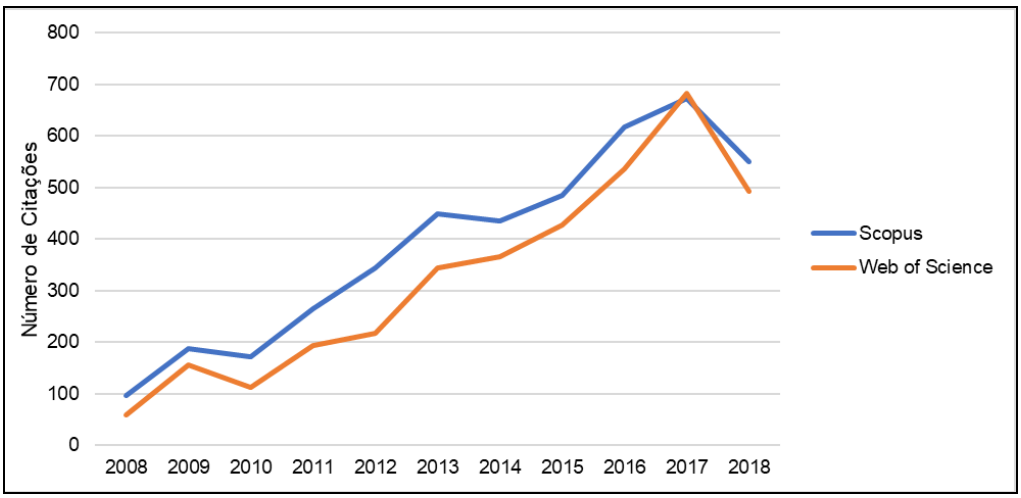


Figura 4 – Número de citações por ano nas bases de dados.

Dentre todos os documentos, os sete mais citados em cada base de dados encontram-se detalhados na Tabela 1. Nesta tabela é possível verificar, além do título do documento, as informações de autor, ano, periódico e também o número de citações em cada base de dados.

Tabela 1 – *Ranking* dos sete documentos mais citados nas bases de dados

Referência (Autor/Ano)	**Título da Publicação**	**Periódico onde foi submetido**	***Ranking* / Número de citações**	
			Scopus	WoS
[Chang *et al.* 2000]	*Heuristics for cardinality constrained portfolio optimisation*	Computers & Operations Research	1° / 376	---
[Doerner *et al.* 2004]	*Pareto Ant Colony Optimization: A Metaheuristic Approach to Multiobjective Portfolio Selection*	Annals of Operations Research	2° / 227	1° / 178
[Lin e Liu 2008]	*Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots*	European Journal of Operational Research	3° / 133	6° / 98
[Xia *et al.* 2000]	*A model for portfolio selection with order of expected returns*	Computers & Operations Research	4° / 131	4° / 119
[Li *et al.* 2010]	*Mean-variance-skewness model for portfolio selection with fuzzy returns*	European Journal of Operational Research	5° / 127	5° / 108
[Helmbold *et al.* 1998]	*Online Portfolio Selection using multiplicative updates*	Mathematical Finance	6° / 114	---
[Huang, 2008]	*Mean-semivariance models for fuzzy portfolio selection*	Journal of Computational and Applied Mathematics	7° / 100	7° / 90
[Gabrel *et al.* 2014]	*Recent advances in robust optimization: an overview*	European Journal of Operational Research	---	2° / 158
[Steuer e Na 2003]	*Multiple criteria decision making combined with finance: a categorized bibliographic study*	European Journal of Operational Research	---	3° / 153

Como se pode observar nesta Tabela 1, o documento mais citado na base *Scopus* é dos autores [Chang *et al*. 2000], com 376 citações, enquanto que na base *Web of Science* o primeiro lugar é ocupado pelos autores [Doerner *et al*. 2004], com um número de 178 citações.

Observa-se que houve pouca distinção dos documentos que entraram no *ranking* dos sete mais citados, considerando-se as bases de dados *Scopus* e *Web Of Science*, sendo que cinco dos sete documentos coincidiram em estar no *ranking* simultaneamente em ambas as bases de dados: [Doerner *et al*. 2004]; [Lin e Liu 2008]; [Xia *et al*. 2000]; [Li *et al*. 2010] e [Huang 2008].

A proporção no número de citações destes sete trabalhos variou no decorrer dos últimos 10 anos, como mostra a Figura 5. Na base de dados *Scopus*, há uma predominância do trabalho de [Chang *et al*. 2000] desde 2008 até 2018, enquanto que na base *Web of Science* o trabalho de [Gabrel *et al*. 2014] vem ganhado importância significativa desde o ano que foi publicado até o presente momento.

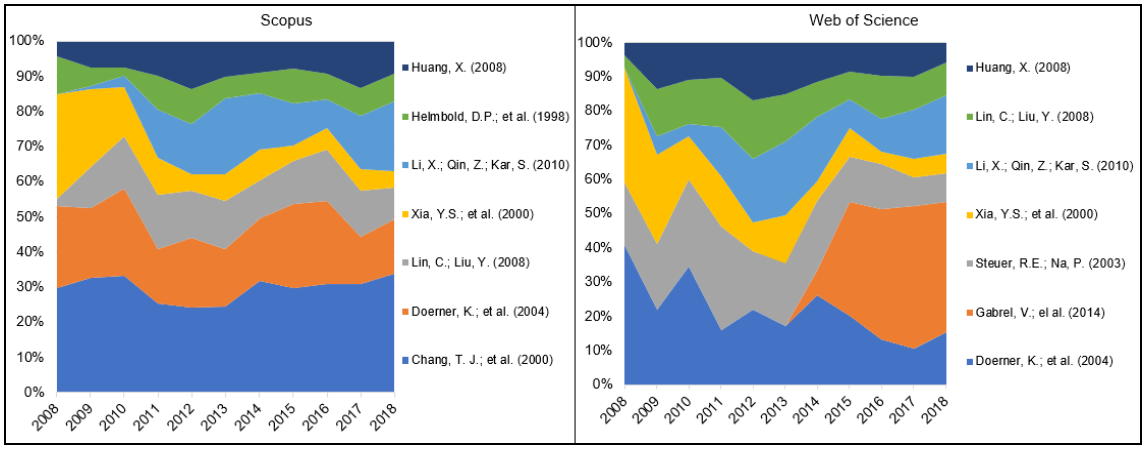


Figura 5 – Evolução dos sete documentos mais citados nos últimos 10 anos

A análise de citações, como a realizada anteriormente, é fundamental para identificar os trabalhos e autores que têm mais influência sobre o tema, uma vez que o número de citações é um indicador de grande impacto para quantificar a importância das pesquisas realizadas. Além da análise de citações, outra métrica relevante é o número de documentos por autor, como mostra a Figura 6, pois identifica os autores/pesquisadores mais envolvidos e que, consequentemente, possuem maior conhecimento e domínio do tema.

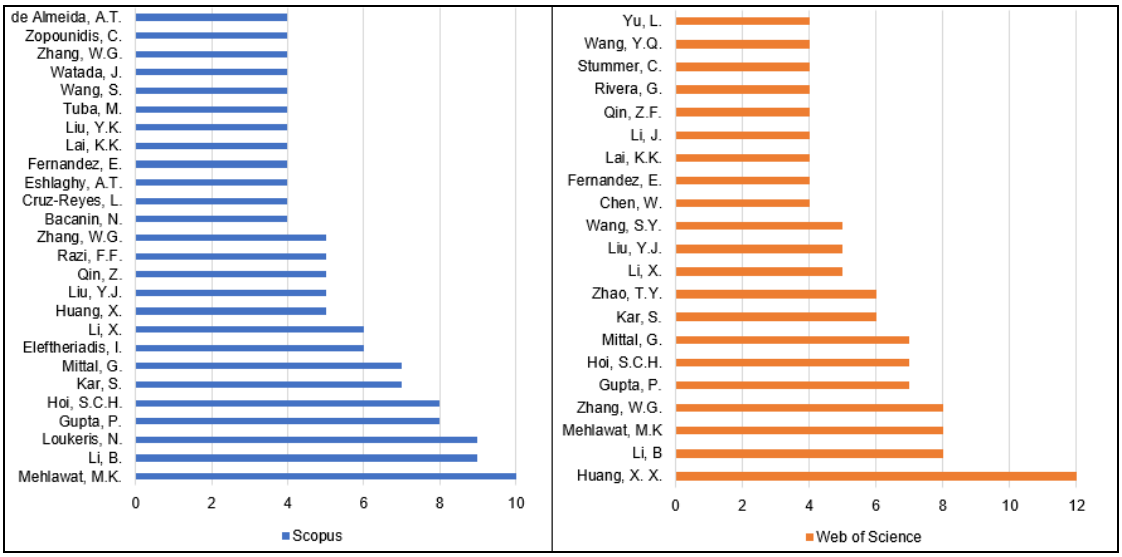


Figura 6 – Autores com maior número de documentos

Para a construção dos gráficos do número de documentos por autor (Figura 6), foram considerados aqueles autores com quatro ou mais artigos publicados, em cada base de dados. Os pesquisadores Huang, X. X. e Mehlawat, M.K. estão entre os autores com maior número de documentos publicados nas bases *Web of Science* e *Scopus*, tendo cada um o total de 12 e 10 artigos, respectivamente. Li, B. encontra-se em segundo lugar, em ambas as bases de dados, sendo autor/coautor de oito e nove artigos publicados. Além destes autores, outros renomados pesquisadores da área de decisão multicritério apareceram na análise, como Gupta, P; Zopounidis, C; e Almeida, A. T.

Estes pesquisadores são, em sua maioria, lotados em importantes instituições de ensino, como mostra a Figura 7, dentre as quais destacam-se: *Chinese Academy of Sciences*; *South Chine University of Technology*; *University of Delhi*; e *Islamic Azad University*.

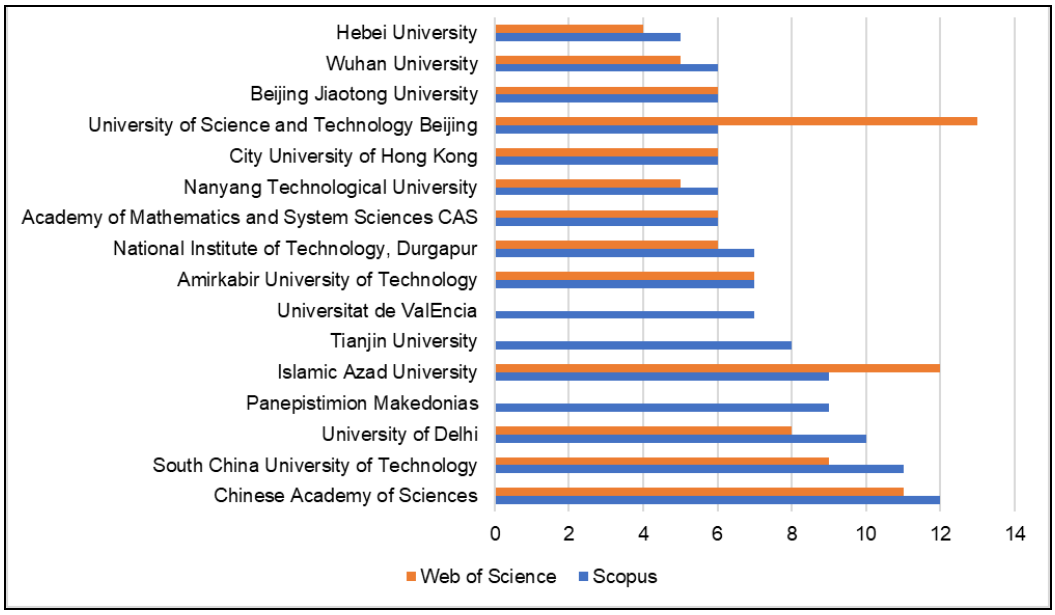


Figura 7 – Instituições com maior número de documentos

Como pode-se perceber, as instituições com pesquisadores e/ou grupos de pesquisas que se dedicam ao estudo do tema sobre seleção de portfólio estão em maior número localizadas na China, fato este que, consequentemente, proporciona a este país o maior número de publicações de artigos sobre o tema, como mostra a Figura 8. Novamente, os gráficos mostram aqueles países com quatro ou mais artigos publicados.

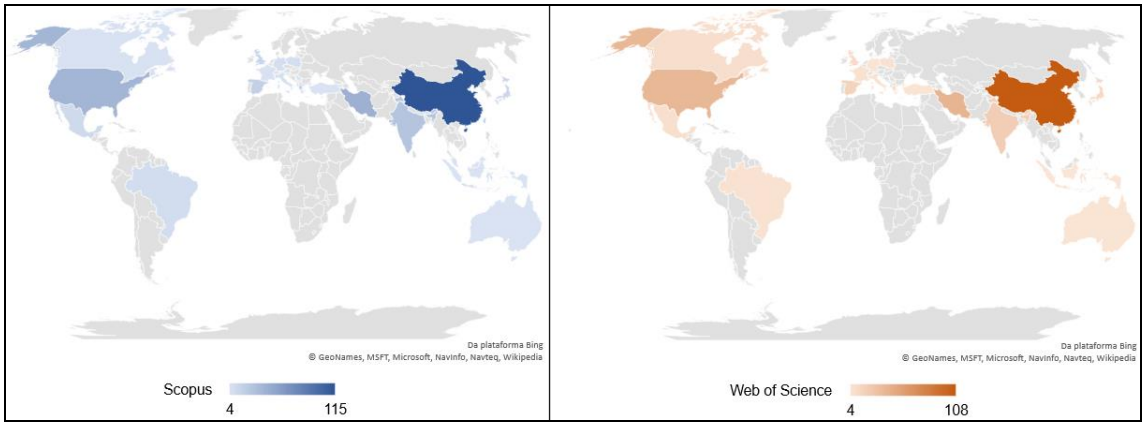


Figura 8 – Países com maior número de documentos

A China conta com um total de 115 e 108 documentos publicados, nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, respectivamente. Em seguida, aparece o Irã, com aproximadamente 42 documentos, e os Estados Unidos da América, com 38 documentos publicados. Na listagem de documentos publicados, o Brasil possui 9 e 6 documentos, nas bases *Scopus* e *Web of Science*, respectivamente.

Na Tabela 1 foram elencados os periódicos dos artigos mais citados, sendo que quatro deles estão publicados no "*European Journal of Operational Research*". Este importante periódico da área de Engenharia de Produção/PO também está entre os três periódicos com maior número de documentos publicados, como mostra a Figura 9. Destacam-se também os periódicos "*Expert Systems with Aplication*" e "*Lecture notes in Computer Sciences*".

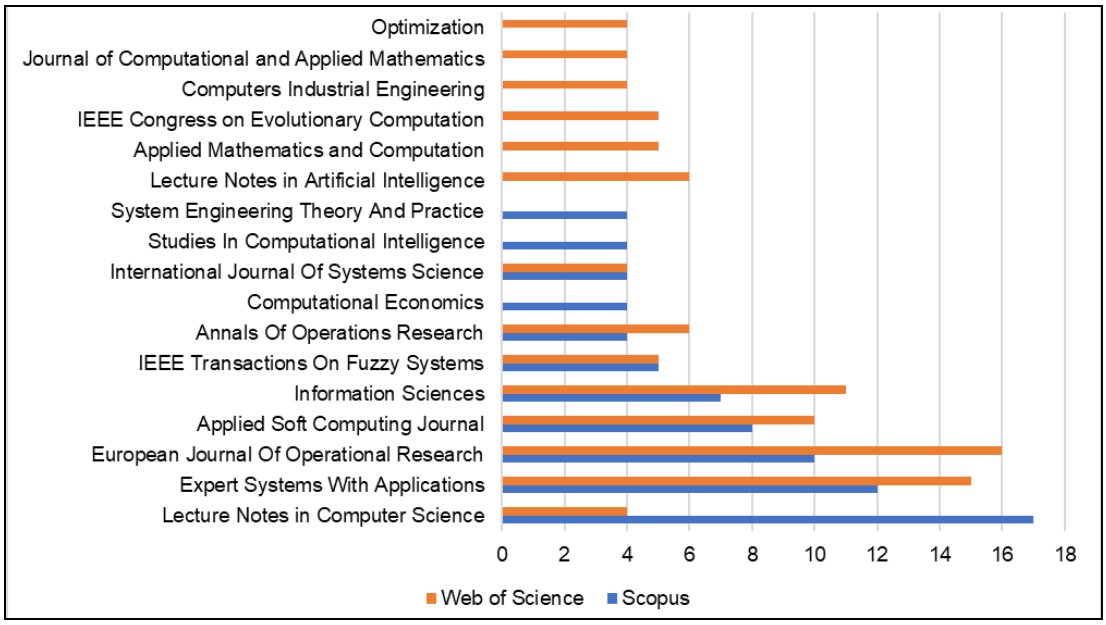


Figura 9 – Periódicos com maior número de documentos

O fato de vários dos documentos encontrados na busca serem referentes a publicações em importantes periódicos da área, com alto fator de impacto e/ou indicador Qualis/CAPES A1, demonstra a relevância e importância do tema abordado na presente pesquisa. Tais periódicos estão, geralmente, enquadrados em áreas do conhecido relativas à ciência da computação, engenharia e PO.

A Figura 10 mostra que a maioria dos artigos encontrados se situa nestas áreas do conhecimento, sendo que na base de dados Scopus o maior número de artigos estão nas áreas "*Computer Science*", "*Mathematics*", "*Engineering*" e "*Decision Sciences*", enquanto que na base Web of Science, as principais áreas onde enquadram-se os artigos são "*Computer Science*", "*Engineering*" e "*Operations Research Management Science*".

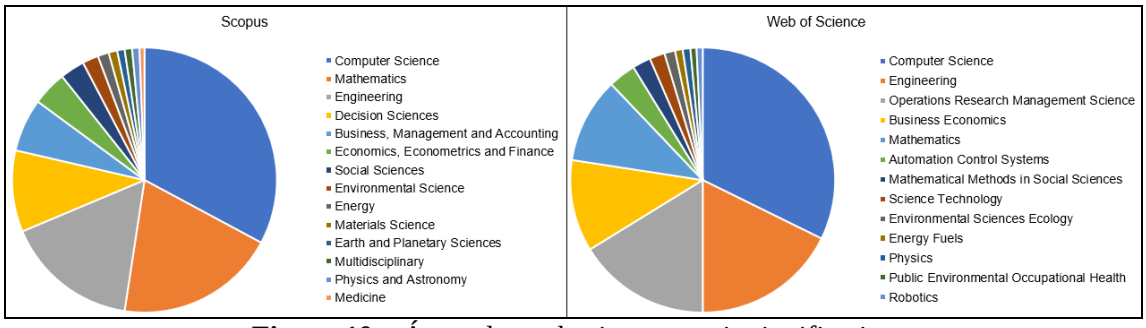


Figura 10 – Áreas do conhecimento mais significativas

Fazendo uma listagem geral de todos os títulos e palavras-chave dos artigos encontrados, foi possível elaborar uma nuvem de palavras (Figura 11), que aponta aquelas palavras que aparecem com maior frequência, ou seja, quanto maior o tamanho da fonte, mais vezes a respectiva palavra aparece na lista.

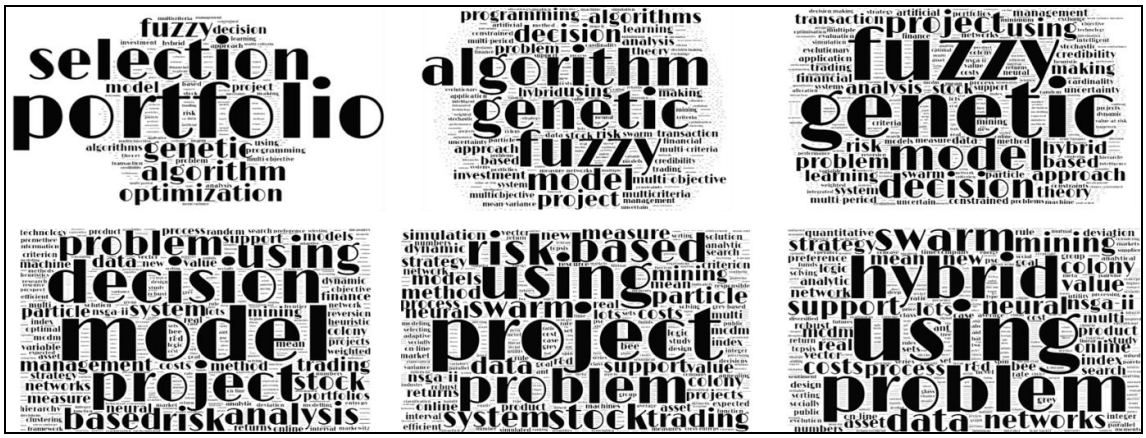


Figura 11 – Nuvens de palavras com títulos e palavras-chave dos documentos encontrados

Como esperado, as palavras "*portfolio*" e "*selection*" aparecem com maior frequência entre as palavras de título e/ou palavras-chave dos artigos encontrados, como mostra a primeira nuvem de palavras da Figura 11. Porém, ao aproximar o *zoom* da nuvem, de forma a excluir as maiores palavras, aparecem também algumas outras palavras relevantes ao tema, tais como: *algorithm*; *genetic*; *fuzzy*; *model*; *decision*; *project*; *hybrid* e *problem*.

5. Considerações Finais

A identificação e a organização dos principais autores, artigos, periódicos e palavras-chave sobre a integração da análise MDCM/A com a IA em problemas de seleção de portfólio, contribuem para a consolidação do conhecimento disponível, e para o desenvolvimento de novas pesquisas, visões e conceitos neste contexto. Além disso, os resultados obtidos com a análise bibliométrica significam um ponto de partida para que os pesquisadores encontrem respostas que ainda não tenham sido dadas no referido campo de pesquisa, ou até mesmo para que sejam capazes de identificar lacunas entre o conhecimento disponível e pesquisas ainda não desenvolvidas.

Como por exemplo, a busca feita com os quatro termos em um único algoritmo ["*portfolio selection*" AND "*multicriteria decision*" (OR "*multi-criteria decision*" OR "*multi-attribute decision*") AND "*genetic algorithm*" AND "*machine learning*" (OR "*data mining*")], nas três bases de dados (*Science Direct*, *Scopus* e *Web Of Science*), não resultou em nenhum documento encontrado. O que evidência a necessidade de pesquisas que relacionem as áreas de MCDM/A com os campos da IA sobre aprendizagem de máquina e AG.

Faz-se necessário, porém, a partir da análise bibliométrica, a continuação da revisão sistemática de literatura, com as etapas de: remoção de documentos duplicados entre as duas bases de dados consideradas; organização, sintetização e leitura dos documentos remanescentes; análise de conteúdo para a identificação dos conceitos, das abordagens e dos métodos utilizados, bem como das aplicações realizadas. Tais etapas complementares aos resultados apresentados neste artigo serão desenvolvidas pelos autores, de forma a contribuir com a construção e desenvolvimento do conhecimento na área de MCDM/A aliada à Inteligência Artificial.

Referências

Almeida, A. T. (2013). Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério. São Paulo: Atlas.

Almeida, A. T., Vetschera, R. e Almeida, J. A. (2014). Scaling issues in additive multicriteria portfolio analysis. In: Decision Support Systems III-Impact of Decision Support Systems for Global Environments. Springer, Cham, p. 131-140.

Belton, V. e Stewart, T. (2002) Multiple criteria decision analysis: an integrated approach. Springer Science & Business Media.

Chang, T. J., Meade, N., Beasley, J. E. e Sharaiha, Y. M. (2000). Heuristics for cardinality constrained portfolio optimisation. *Computers & Operations Research*, v. 27, n. 13, p. 1271-1302.

Clemen, R. T. e Smith, J. E. (2009). On the choice of baselines in multiattribute portfolio analysis: a cautionary note. *Decision Analysis*, v. 6, n. 4, p. 256-262.

Doerner, K., Gutjahr, W. J., Hartl, R. F., Strauss, C., e Stummer, C. (2004). Pareto ant colony optimization: A metaheuristic approach to multiobjective portfolio selection. *Annals of Operations Research*, v. 131, n. 1-4, p. 79-99.

Endler, K. D., Steiner, M. T. A., Scarpin, C. T., e de Souza, P. L. B. (2015). Operations Programming in Production Systems Permutation Flow Shop: A Bibliometric Contribution. *IEEE Latin America Transactions*, 13(12), 3966-3973.

Gabrel, V., Murat, C. e Thiele, A. (2014). Recent advances in robust optimization: An overview. *European Journal of Operational Research*, v. 235, n. 3, p. 471-483.

Helmbold, D. P., Schapire, R. E., Singer, Y., e Warmuth, M. K. (1998). On-Line Portfolio Selection Using Multiplicative Updates. *Mathematical Finance*, 8(4), 325-347.

Huang, X. (2008). Mean-semivariance models for fuzzy portfolio selection. *Journal of computational and applied mathematics*, v. 217, n. 1, p. 1-8.

Institute for Operations Research and the Management Sciences, INFORMS. What is Operations Research?. Disponível em: < https://www.informs.org/Explore/What-is-O.R.-Analytics/What-is-O.R.>. Acesso em: 23 nov. 2018.

Kleinmuntz, D.N. (2007). “Resource allocation decisions”, In: Edwards, W., Miles, R.F. and von Winterfeldt, D. (Eds). Advances in Decision Analysis. Cambridge University Press: New York, pp. 400-418.

Li, X., Qin, Z. F. e Kar, S. (2010). Mean-variance-skewness model for portfolio selection with fuzzy returns. *European Journal of Operational Research*, v. 202, n. 1, p. 239-247.

Lin, C. C. e Liu, Y. T. (2008). Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots. *European Journal of Operational Research*, v. 185, n. 1, p. 393-404, Feb 2008.

Osei-Bryson, K. M. e Barclay, C. (2015). Knowledge Discovery Process and Methods to Enhance Organizational Performance. CRC Press: Taylor & Francis Group.

Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, SOBRAPO. O que é Pesquisa Operacional. Disponível em: <https://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional>. Acesso em 20 mar. 2019.

Steuer, R. E. e Na, P. (2003). Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study. European Journal of Operational Research, v. 150, n. 3, p. 496-515.

Vetschera, R. e Almeida, A. T. (2012) A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research*, v. 39, n. 5, p. 1010-1020.

Xia, Y., Liu, B., Wang, S., e Lai, K. K. (2000). A model for portfolio selection with order of expected returns. Computers & Operations Research, 27(5), 409-422.

Zopounidis, C., e Doumpos, M. (2013). Multicriteria decision systems for financial problems. Top, 21(2), 241-261.