

Otimização de portfólio de investimento: uma revisão bibliométrica

Natan Felipe Silva¹ - natanfelipesilva19@gmail.com

Lélis Pedro de Andrade¹ - lelis.pedro@ifmg.edu.br

Washington Santos da Silva¹ - washington.silva@ifmg.edu.br

Daniel Fonseca Costa¹ - daniel.costa@ifmg.edu.br

Bruno César de Melo Moreira¹ - bruno.melo@ifmg.edu.br

¹ Mestrado Profissional em Administração
Instituto Federal de Minas Gerais-Campus Formiga

Resumo: Os métodos de otimização de portfólio de investimento têm sido estudados ao longo dos anos desde que Markowitz propôs o modelo média – variância. Tal modelo apresenta boa aceitação ainda hoje. No entanto, inúmeros têm sido os trabalhos que buscam aprimorar o modelo original ou a criação de novas metodologias objetivando soluções cada vez mais satisfatórias em um tempo cada vez menor sem, contudo, chegarem a uma definição unânime a respeito do melhor método para se definir um portfólio ótimo. Sob este escopo origina-se o presente trabalho que tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da literatura na área de otimização de portfólio de investimento com intuito de identificar os principais estudos sobre o tema, bem como as lacunas e tendências de pesquisas. Para tanto, a pesquisa foi realizada na base *Scopus* contemplando todo o período de dados disponíveis. Posteriormente, os trabalhos foram analisados e a bibliometria realizada utilizando-se o pacote Bibliometrix da linguagem R. A pesquisa evidenciou um total de 3149 artigos a respeito do tema. Por meio de uma análise do número de publicações ao longo dos anos onde pode-se observar houve um crescimento de 22 % da média de publicações dos últimos 5 anos em relação à média geral. Também foram realizadas análises em relação aos principais autores, países e fontes mais relevantes, que identificou uma predominância de publicações de auto impacto dos pesquisadores da China e Estados Unidos. Por fim, foi feito

uma análise acerca dos métodos aplicados que convergem para um crescimento na aplicação de Lógica Fuzzy, *machine learning*, *deep learning* e redes neurais na temática de otimização de portfólio.

Palavras-chave: Otimização de portfólio de investimento; Revisão bibliométrica; Modelo média – variância.

1 INTRODUÇÃO

Os métodos quantitativos aplicados a finanças estão atraindo atenção dos pesquisadores devido a possibilidade de solução de problemas, seja na otimização de portfólio, na previsão de retorno, ou mesmo, na gestão de risco (LIMA, 2018). Os métodos de otimização de portfólios vêm sendo estudados ao longo dos anos, visto que os investidores buscam constantemente maior eficiência entre risco e retorno em suas decisões de investimento (KOLM et al., 2014).

Um dos primeiros métodos de otimização de portfólios foi desenvolvido ainda na década de 1950. Na ocasião, Markowitz (1952) propôs a teoria moderna de portfólio que, por meio da diversificação dos ativos na composição de uma carteira, teve o objetivo de incluir uma restrição de retorno desejado e um risco considerado mínimo. O método inserções dessas variáveis nas carteiras ficou conhecido como modelo de média-variância. Desde então, diversos estudos (KALAYCI; ERTENLICE; AKBAYA, 2019) têm aplicado o modelo de média-variância na composição de carteiras de investimentos. No entanto, estudos (MEHLAWAT, 2016; GOLMAKANI; FAZEL, 2011) têm utilizado novos métodos na busca de otimizar o portfólio, sendo que alguns (LI; WANG; ZHU, 2012; UTZ et al., 2014) combinam o modelo de média-variância (MARKOWITZ, 1952) com outros métodos quantitativos, oriundos da estatística, pesquisa operacional, séries temporais e computação científica, cujo intuito é o de obter desempenhos considerados melhores na relação risco e retorno.

A exemplo, os modelos de Machine Learning (aprendizado de máquina), Deep Learning (aprendizado profundo) e de Séries Temporais foram aplicados para prever os retornos dos preços das ações e então inseridos no modelo média –

variância, para tentar buscar o portfólio ótimo (MA; HAN; WANG, 2021; CHEN et al., 2021). O algoritmo random forest (floresta aleatória) também foi utilizado na otimização de portfólio e pré-seleções de ações (BALLINGS, ET AL. 2015), bem como a regressão de vetor suporte foi aplicado ao mercado de ações (MATÍAS e REBOREDO, 2012). Além desses, a DEA (análise envoltória de dados) vem sendo utilizada para medir a eficiência das ações e determinar quais ações serão investidas e qual valor de alocação de recursos (AMIN; HAJJAMI, 2020; KE, et al. 2008; ZHOU, et al. 2021).

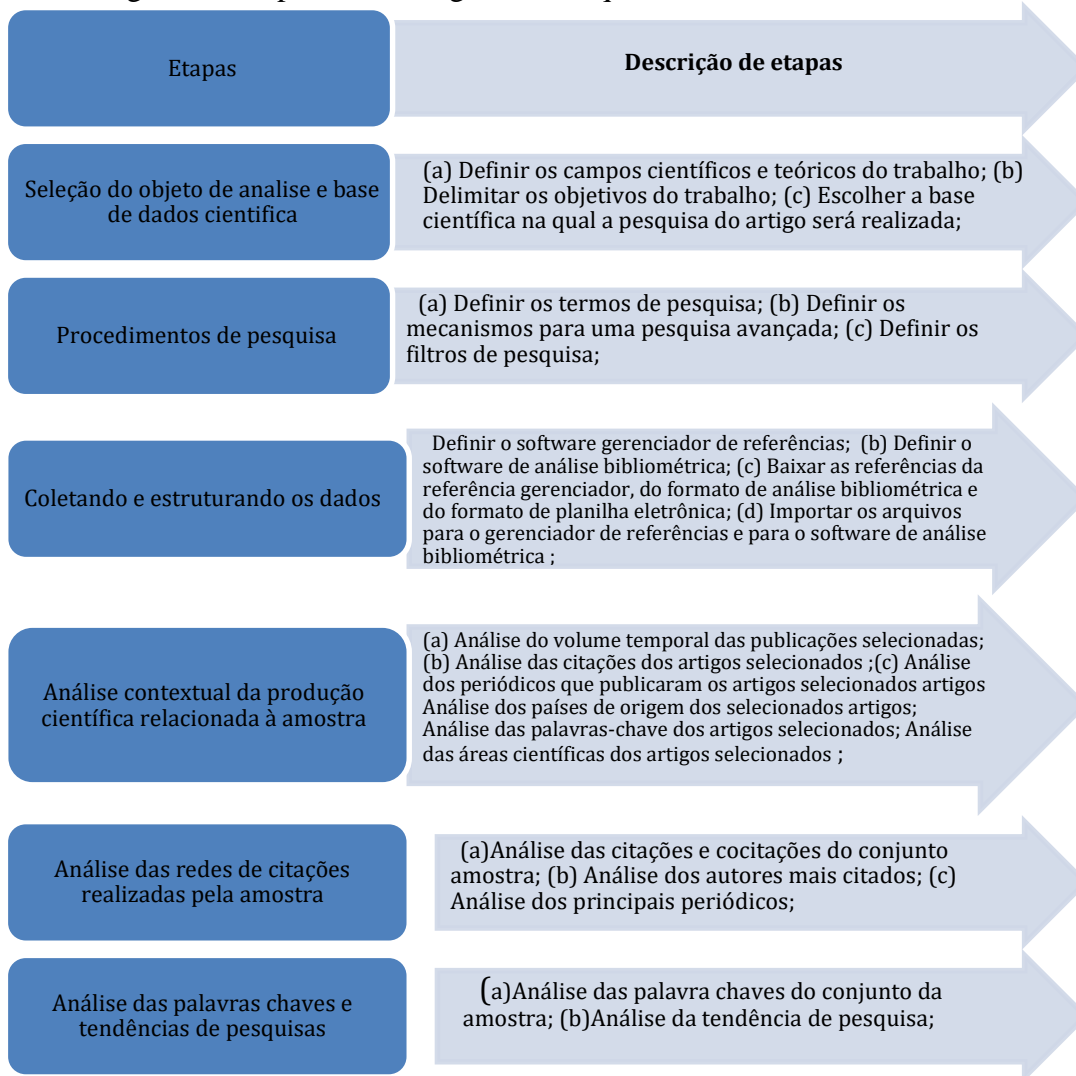
Apesar da crescente utilização de métodos sofisticados de composição de carteira, o mercado financeiro apresenta volatilidades que muitas vezes não são compreendidas pelos analistas (AKSARAYLI; PALA, 2018). Por outro lado, certas carteiras, mesmo que constituídas com base em critérios científicos, apresentam desempenhos abaixo do esperado. Assim, mesmo com o crescimento das tecnologias e da aplicação de métodos de análise de dados, se faz necessário compreender como eles estão sendo aplicados na composição de carteiras de investimentos e, principalmente, qual é a tendência de pesquisa nessa área. Com isso, o presente estudo busca responder a seguinte questão: Quais são os principais métodos e as tendências de pesquisas na área de otimização de portfólio de investimentos?

Diante desse contexto, o trabalho emerge com o objetivo de realizar uma análise bibliométrica na área de otimização de portfólio de investimento, com a finalidade de identificar os principais estudos sobre o tema, bem como as lacunas e tendências de pesquisas na área.

2. Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como uma análise bibliométrica, que foi realizada utilizando os artigos extraídos da base Scopus, sendo também classificada como descritiva e dotada de abordagem quantitativa (COSTA et al., 2017). Para realizar a análise bibliométrica seguiu as etapas listadas na Figura 1 conforme Costa et al (2017).

Figura 1- Etapas da Montagem da Pesquisa e Análise Bibliométrica.



Fonte :Elaborado pelos autores adaptados a partir de Costa et al. (2017).

Observa-se na Figura 1, as etapas que serão seguidas no decorrer da pesquisa. A primeira etapa de delimitar o objetivo e o campo da pesquisa ocorreu na introdução do trabalho, a base de dados que será utilizada para realizar o estudo será a base Scopus. A metodologia aplicada nas etapas subsequentes serão descritas nos próximos tópicos.

2.1 Procedimentos Metodológicos

A definição e identificação dos termos de busca e palavras chaves considerando a temática de otimização de portfólio de investimento, onde foram utilizadas expressões booleanas com intuito de trazer a tona o maior número de trabalhos que contemplam a temática.

A chave de pesquisa utilizada foi adaptada dos estudos de Kalayci, Ertenlice e Akbaya (2019), Mendes, Souza e Safins (2021), Milhomem e Dantas (2020). A busca foi realizada no título, resumo e palavras-chave seguindo a seguinte linha de comando:

(Portfolio AND ((selection OR management OR optimization) AND (assessment OR metrics OR measures OR estimation) AND (investment OR finance))).

A terceira etapa da Figura 1 e coleta e estruturação de dados, para análise bibliométrica foi utilizado o pacote *Bibliometrix* do *software R*, programa utilizado na literatura conforme estudos (PATTNAIK et al., 2020; PALTRINIERI et al., 2019; KHAN, 2022) pela praticidade de quantificar e processar os dados. Para realizar as análises utilizando o *Bibliometrix* seguiu o estudo de Aria e Cucurullo (2017) que apresenta uma série de possibilidades de análises bibliométricas com o pacote e suas respectivas funções.

A quarta etapa da Figura 1 consiste em realizar uma análise contextual da produção científica selecionada pela amostra cujo objetivo é conhecer as publicações selecionadas pela busca. Para tanto, primeiramente foi realizada uma análise sobre o número de artigos da amostra, reunidos ao longo dos anos. Além disso, também foram analisadas as citações dos artigos selecionados, a fim de identificar as publicações mais relevantes da amostra. Além disso, também foram realizadas análises sobre os periódicos que publicaram os artigos selecionados, focando também seus países de origem.

A quinta etapa da análise bibliométrica, Figura 1, consiste em analisar e discutir as redes de citações realizadas pela amostra. Essa análise será realizada com o objetivo de conhecer os estudos e autores mais importantes citados pelos trabalhos selecionados pelos critérios de busca. Para tanto, inicialmente foi realizada uma análise das obras mais citadas e, logo em seguida, realizada uma

discussão, focada na relação entre os autores principais e a quantidade total de suas obras que passam a ser citadas pelos artigos da amostra.

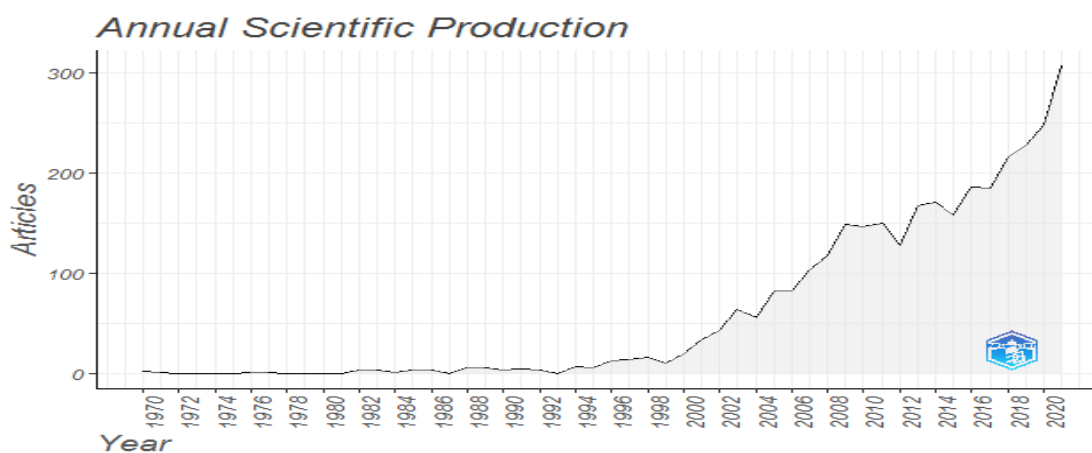
A sexta etapa da análise bibliométrica, Figura 1, consiste em analisar e discutir as palavras chaves que aparecem com mais frequência no estudo, identificar tendências de pesquisas e buscar lacunas relacionadas aos principais métodos de otimização que estão sendo aplicados.

3. Resultados e Discussões

3.1 Análise contextual da amostra e da produção científica

A pesquisa foi realizada em julho de 2022 e a busca principal retornou um total de 3149 artigos, que foram publicados entre 1970 a 2021, o ano de 2022 não foi incluído na análise bibliométrica por estar incompleto. Com o objetivo de conhecer o recorte temporal das publicações inicialmente identificadas, elaborou-se um gráfico conforme delineado, a partir de um critério de busca previamente estabelecido, que pode ser observado na Figura 2, que mostra o número de artigos publicados ao longo do tempo.

Figura 2: Análise das publicações ordenadas por quantidade



Fonte: Elaborada pelos autores com os dados da pesquisa.

Observa-se na Figura 2 uma crescente no número de publicações principalmente nos últimos 10 anos. Os dois primeiros trabalhos da amostra foram

publicados em 1970, um intitulado “*The portfolio analysis of multiperiod capital investment under conditions of risk*” publicado na revista *Engineering Economist*” que tem 4 citações na scopus e o outro “Market allocation under uncertainty” publicado na revista *European Economic Review* que possui 49 citações. Em ambos os estudos a discussão sobre otimização e seleção de portfólio de investimento e sobre análise de risco (LEVY; SARNAT, 1970; DREZE, 1970).

Dentre os artigos selecionados com base nos critérios de busca previamente estabelecidos, alguns se destacaram de acordo com o número de citação na base Scopus. Portanto, a Tabela 1 apresenta os estudos com mais citações conforme a busca realizada

Tabela 1 - 5 artigos mais citados

Titulo	Autor	Citação
Conditional value-at-risk for general loss distributions	Rockafellar e Uryasev (2002)	2165
A Generalized Approach to Portfolio Optimization: Improving Performance by Constraining Portfolio Norms	DeMiguel et al. (2009)	455
Worst-case value-at-risk and robust portfolio optimization: a conic programming approach	Ghaoui, Oks e Oustry (2003)	407
High dimensional covariance matrix estimation using a factor model	Fana , Fanb , Lv (2008)	312
Stock return predictability and model uncertainty	Avramov (2002)	268

Fonte: elaborada pelos autores com os dados da pesquisa.

Com 2165 citações o artigo de Rockafellar Uryasev (2002), apresenta o CVAR como medida de avaliação de risco. Os autores, através das análises, chegam a conclusão que essa medida pode trazer contribuição para avaliação do risco de um portfólio de investimentos. O segundo artigo mais citado, com 455 citações na base scopus de DeMiguel et al (2009), fornecem um *framework* para encontrar carteiras com alto desempenho por meio do modelo média-variância mais com restrições adicionais dentre elas que o vetor peso da carteira seja menor que um determinado limite estipulado. O terceiro artigo mais citado na temática da base Scopus e dos autores Ghaoui, Oks e Oustry (2003), que propõe um modelo de otimização de carteira de investimentos baseado no Modelo Média- variância propondo modificações no modelo com intuito de minimizar o risco e tornar o modelo mais robusto. O quarto estudo com 312 citações dos pesquisadores Fana , Fanb , Lv (2008) estudam o impacto da estimativa da matriz de covariância utilizada no modelo média – variância na alocação ótima de portfólio. O quinto e

ultimo estudo listado na Tabela 1 e a pesquisa de Avramov (2001) que propõe um modelo baseado em estatística Bayesiana para prever retornos das ações o que acaba trazendo contribuição para área de otimização de portfólio de investimento pois uma das etapas mais importante na construção de carteiras ótimas e estimar os retornos.

A pesquisa também analisou os periódicos com maior relevância no tema onde foram considerados os índices H, G e M, TC (total de citações) e NP (número de publicações). A Tabela 2 apresenta os periódicos com maior impacto levando em consideração estes parâmetros.

Tabela 2- 10 periódicos mais ranqueados conforme número de citações

Periódico	Índice H	Índice G	Índice M	TC	NP
EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	20	37	1,67	1422	49
EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS	21	31	1,75	1045	39
ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES	2	4	0,29	22	20
ANNALS OF OPERATIONS RESEARCH	10	14	1,00	221	19
LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE	5	8	0,42	76	19
JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANAGEMENT OPTIMIZATION	4	5	0,36	39	17
MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING	5	8	0,42	73	17
XITONG GONGCHENG LILUN YU SHIJIAN/SYSTEM ENGINEERING THEORY AND PRACTICE	4	4	0,36	41	17
JOURNAL OF COMPUTATIONAL AND APPLIED MATHEMATICS	6	11	0,50	137	15
QUANTITATIVE FINANCE	6	12	0,50	160	15

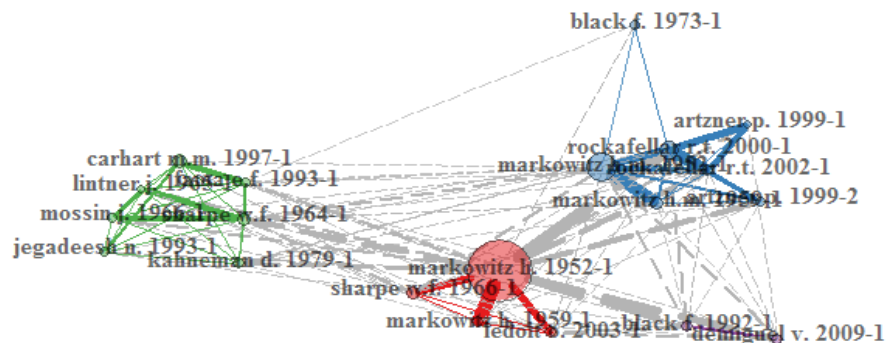
Fonte: elaborada pelos autores com os dados da pesquisa.

3.2 Análise das redes da produção científica

A análise de redes mostrou os autores que foram mais citados e seus respectivos estudos. A Figura 3 apresenta os autores mais citados.

Figura 3: Análise das publicações ordenadas por quantidade

Autores mais citados nos artigos da pesquisa



Fonte: elaborada pelos autores com os dados da pesquisa.

Observa-se na Figura 3 que os dois trabalhos de Markowitz estão no centro de citações para embasar os estudos. O estudo basilar que gerou o modelo media-variancia “*Portfolion selection*” Markowitz (1952) e o estudo “*Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*” que trata da importância de diversificar uma carteira para minimizar o risco (MARKOWITZ, 1959). Outro trabalho basilar para fundamentar a otimização de carteira de investimentos e o de Sharpe (1966) que desenvolveu uma métrica para avaliar risco e retorno que ficou conhecido como índice de Sharpe.

Além de realizar análise dos autores que foram mais citados nas pesquisas é importante ressaltar os autores que estão publicando pesquisas mais relevantes cujo seus estudos apareceram na amostra de dados. A Tabela 3 Apresenta análise de autoria conforme o índice H, G e M que são fornecidos pela base *Scopus*. Abaixo segue a Tabela 3.

Tabela 3- 10 autores mais bem ranqueados

Autor	Índice H	Índice G	Índice M	TC	NP
LI X	12	20	1	426	27
LI Y	5	10	0,455	132	21
SHIN YH	6	8	0,5	90	20
LI Z	5	12	0,417	157	19
NA NA	1	1	0,091	4	19
HUANG X	7	14	0,583	212	18
ZHANG Y	6	10	0,545	119	18

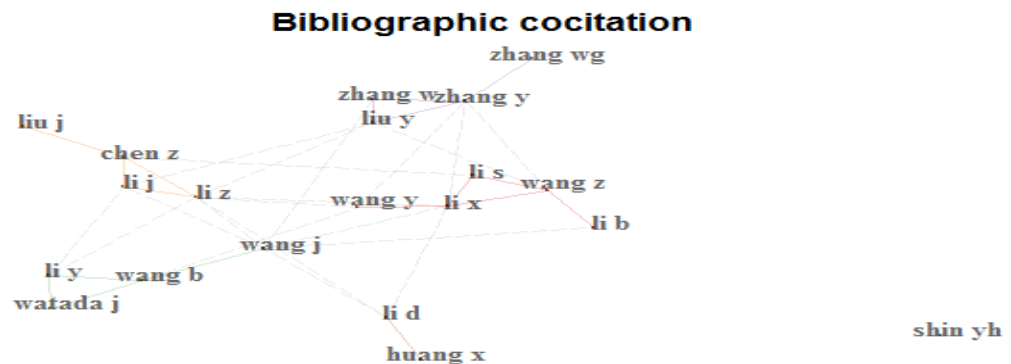
CHEN Z	6	10	0,545	109	17
LI D	8	16	0,727	314	16

Fonte: elaborada pelos autores com os dados da pesquisa.

Observa-se que o autor LI X além de ser o mais citado com 426 citações possui o maior número de publicações além de possuir também maiores índices M e G. O autor pertence ao departamento da School of Economics and Management da Beijing University of Chemical Technology da China. Dentre seus estudos podemos destacar o “*Multi-period mean-semi-entropy portfolio management with transaction costs and bankruptcy control*” que investiga o problema de otimização de portfólio de investimento utilizando Lógica Fuzzy (ZHOU; LI, 2020). Outra pesquisa recente do autor e a pesquisa “*Equilibrium strategy for a multi-period weighted mean-variance portfolio selection in a Markov*” que testa a combinação do modelo média – variância com cadeias de Markov (GE, et al. 2020), o estudo e também publicado em parceria com o pesquisado Li Z que também aparece na Tabela 3.

Na Figura 4 podemos observar a relação de citação entre os autores.

Figura 4: Citação entre os autores



Fonte: elaborado pelos autores com os dados da pesquisa.

Observa-se na Figura 4 que os autores têm citados uns aos outros. Percebe-se que os autores presentes na Tabela 3 estão correlacionados e que alguns grupos que

citam uns aos outros. Um ponto a ressaltar é que há uma predominância de autores chineses listados na Figura 4. A Tabela 4 ressalta essa predominância através da análise de citações por países.

Tabela 4- Total de citações por país

País	Total de citações	Média de Citação por artigo
CHINA	2953	7,17
USA	1546	9,91
SPAIN	1353	22,18
IRAN	871	15,02
TAIWAN	714	11,16
ITALY	703	12,78
GERMANY	664	13,02
INDIA	625	7,81
UNITED KINGDOM	576	8,73
HONG KONG	565	14,49
BRAZIL	427	7,24
KOREA	290	5,69
AUSTRALIA	277	8,39
FRANCE	269	9,28
NETHERLANDS	241	24,10
GREECE	227	7,83
CANADA	221	7,13
JAPAN	220	6,88
AUSTRIA	203	18,46
SAUDI ARABIA	155	25,83

Fonte: elaborada pelos autores com os dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 4 a predominância da China sendo que possui quase o dobro de trabalhos citados em relação ao segundo país com maior número de citações (Estados Unidos).

3.3 Análise das palavras chaves e tendências de pesquisas

A Figura 5 apresenta neste tópico as *Keywords* (palavras-chave) que apareceram com mais frequências na amostra do presente estudo, a partir da base Scopus. Em destaque pode-se destacar os termos “seleção de portfólios”, “processamento de dados financeiros”, “decisões de mercado” e “risco”, dentre outras obtidas, conforme apresentadas na Figura 5.

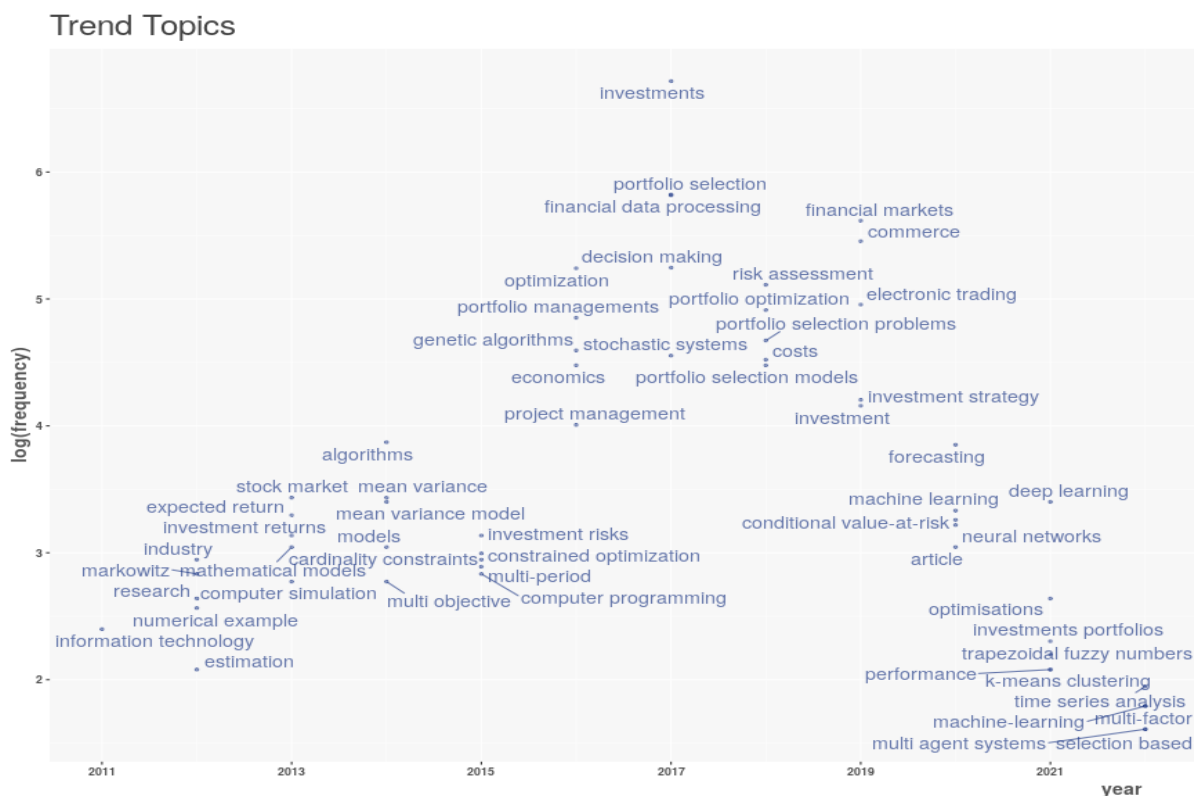
Figura 5: Nuvem de palavras chaves



Fonte: elaborado pelos autores com os dados da pesquisa.

Na Figura 5, observa-se a ocorrência principal de palavras chaves como “*portfolio management*” e “*portfolio optimization*” um ponto a se destacar é que esses termos estão ligados a chave de busca que foi determinada na seção 3.2. Outras palavras chaves que apareceram com frequência e merecem destaque são: “*Efficient frontier*” ou fronteira eficiente que está ligada ao modelo de média – variância proposto por Markowitz (1952), “Sharpe ratio” ou índice de Sharpe que está ligado ao trabalho de Sharpe (1966) que também é citado na Figura 3. Outros palavras como “value risk”, “investimento” também estão ligados diretamente com o tema e com o modelo média – variância, tabem devemos destacar a presença de “*machine learning*” (aprendizado de máquina) e “*genetic algorithm*” (algoritmo genético”) ambas estão ligadas ao advento da inteligência artificial que pode ser aplicada a otimização de portfólio de investimentos. Sendo assim com o intuito de identificar tendências de pesquisa foi realizado uma análise fatorial levando em conta a ocorrência das palavras chaves ao longo do tempo. Tal análise pode ser observada na Figura 6.

Figura 6: Palavras chaves se relacionando e ao longo do tempo



Fonte: elaborado pelos autores com os dados da pesquisa.

A Figura 6 levou em consideração apenas os 10 últimos anos com intuito de dar ênfase às pesquisas mais recentes. Observa-se na Figura 6 que nos anos 2011 a 2013 houve uma frequência de palavras chaves como Markowitz, modelo média variância entre outros, já no período de 2019 a 2021 observa-se o aumento da ocorrência de palavras chaves relacionadas como “machine learning”, “redes neurais”, “lógica Fuzzy” e “K-means”, “*multi agent systems selection based*”, todas estas palavras estão ligadas a métodos que utilizam como base a inteligência artificial. Com intuito de analisar os estudos mais relevantes nos últimos anos que utilizaram diferentes métodos foi elaborada a Tabela 5, que apresenta os 5 estudos mais relevantes nos últimos 10 anos.

Tabela 5- Top 5 estudos que possuem mais citações nos últimos 10 anos

Titulo	Autor	Citações
A hybrid stock selection model using genetic algorithms and support vector regression	Huang (2012)	157
Project selection in project portfolio	Constantino, Gravio e Nonino	105

management: An artificial neural network model based on critical success factors	(2015)	
Markowitz-based portfolio selection with cardinality constraints using improved particle swarm optimization	Deng, Li e Lo (2012)	92
Better than dynamic mean-variance: time inconsistency and free cash flow stream	Li, Wang e Zhou (2012)	92
Constrained Portfolio Selection using Particle Swarm Optimization	Golmakani e Fazel (2011)	88

Fonte: elaborado pelos autores com os dados da pesquisa.

O primeiro estudo com 157 citações Huang (2012) utiliza um método híbrido que combina algoritmos genéticos e regressão vetor suporte para estimar os retornos das ações ou seja faz uso de métodos de *machine learning* o que vai de encontro com a Figura 6. O segundo estudo da lista Constantino, Gravio e Nonino (2015) faz uso de redes neurais e outros modelos de inteligência artificial para otimizar e selecionar um portfólio. O terceiro artigo de Deng, Li e Lo (2012) também utilizaram técnicas de *machine learning* combinadas com o modelo média-variância e métodos heurísticos de otimização de exame de partículas. O quarto artigo, que tem como um dos autores Li X que é citado na Tabela 3, utiliza o modelo média-variância combinado com programação dinâmica (LI, WANG e ZHOU, 2012). O quinto estudo de Golmakani e Fazel (2011) inclui quatro restrições ao modelo média – variância com intuito de melhorar o desempenho do portfólio após realizar as análise gera-se um segundo portfólio pela otimização de particular e algoritmo genético.

4. Considerações Finais

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise bibliométrica na área de otimização de portfólio de investimento, com a finalidade de identificar os principais estudos sobre o tema, bem como as lacunas e tendências de pesquisas. Para isso, foram coletados dados da base Scopus que contemplou o período de 1970 a 2021, sendo os dados tratados pelo pacote Bibliometrix da linguagem de programação R.

Inicialmente foi realizado o levantamento do número de publicações ao longo dos anos, o que indica um crescimento considerado expressivo da área.

Também foi feito o levantamento dos principais autores e suas localidades tendo identificado uma predominância da China e Estados Unidos. Foram listados os periódicos mais relevantes na área considerando os índices H, G e M além do número de citações e publicações. Por fim foi feito uma análise de palavras chaves e tendências da área, onde especificamente, notou-se uma crescente aplicação de Métodos utilizando Lógica Fuzzy e Modelos de *machine learning* e alguns métodos de *deep learning*. Podemos observar a vasta possibilidade de se utilizar diversos métodos para otimizar portfólio de investimentos principalmente devido a aplicação de modelos advindos da inteligência artificial que podem tanto serem utilizados individualmente, quanto forem combinados com tradicional modelo média-variância proposto por Markowitz (1952).

A revisão bibliométrica realizada neste estudo traz as seguintes conclusões i) o campo de estudo está em pleno crescimento nos últimos anos conforme visto na Figura 2 ; ii) o número de pesquisas utilizando métodos advindos da inteligência artificial como machine learning e deep learning tem aumentado consideravelmente conforme visto na Figura 6; iii) O modelo média –variância de Markowitz (1952), ainda e muita utilizado porém a um grande número de pesquisas que combinam o modelo tradicional com outros métodos (MA; HAN; WANG, 2021; CHEN et al., 2021; BALLINGS et al., 2015; MATÍAS; REBOREDO, 2012).

Salienta-se que a pesquisa atingiu o objetivo proposto de realizar uma análise biométrica acerca de otimização de portfólio de investimentos, porém ressalta-se as limitações da pesquisa que poderia ter considerado uma segunda base de dados como *Web of Science*.

5. Referências

AMIN, G.R.; HAJJAMI, M. Improving DEA Cross-efficiency optimization in portfolio selection. **Expert Systems with Applications**, 2020.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis**. **Journal of infometrics**, 2017.

AVRAMOV, D. Stock return predictability and model uncertainty. **Journal of Financial Economics**, 2002.

BALLINGS, M.; POEL, D. V. D.; HESPEELS, N.; GRYP, R. Evaluating multiple classifiers for stock price direction prediction. **Expert Systems with Applications**, 2015.

CHEN, W.; ZHANG, H. MEHLAWAT, M.K; JIEN, L. Mean–variance portfólio optimization using machine learning-based stock price prediction. **Applied Soft Computing**, 2021.

COSTA, Daniel Fonseca ; DE MELO CARVALHO, FRANCISVAL ; DE MELO MOREIRA, BRUNO CÉSAR ; DO PRADO, JOSÉ WILLER . Bibliometric analysis on the association between behavioral finance and decision making with cognitive biases such as overconfidence, anchoring effect and confirmation bias. **Scientometrics** , v. 111, p. 1775-1799, 2017.

COSTANTINO, F.; GRAVIO, G.D.; NONINO, F. Project selection in project portfolio management: An artificial neural network model based on critical success factors. **International Journal Project Management**, 2015.

DEMIGUEL, V. et al. A Generalized Approach to Portfolio Optimization: Improving Performance by Constraining Portfolio Norms. **Management science** ,Vol. 55, No. 5, 2009.

DENG, G.F.; LIN, W.T.; LO, C.C. Markowitz-based portfolio selection with cardinality constraints using improved particle swarm optimization. **Expert Systems with Applications**, 2012.

DREZE, J.H. Market allocation under uncertainty. **European Economic Review**, 1970.

FAN, J.; FAN, Y.; LV, J. High dimensional covariance matrix estimation using a factor model. **Journal of Econometrics**, 2008.

GE, H.; LI, X.; LI, X.; LI, Z. Equilibrium strategy for a multi-period weighted mean-variance portfolio selection in a Markov regime-switching market with uncertain time-horizon and a stochastic cash flow. **Communications in statistics - theory and methods**, 2021.

GOLMAKANI, H.R; FAZEL, M . Constrained Portfolio Selection using Particle Swarm Optimization. **Expert Systems with Applications**, 2011.

HUANG, C.F. A hybrid stock selection model using genetic algorithms and support vector regression. **Applied Soft Computing**, 2012.

LEVY,H.;SARNAT,M. The portfolio analysis of multiperiod capital investment under conditions of risk . **Engineering Economist**, 1970.

LIMA, V.D. **Utilização do modelo oculto de Markov (HMM) num sistema de negociação de ações Brasileiras**. Dissertação de Mestrado (Mestrado Profissional em Finanças), IMPA-Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 2018.

LI, X.C.A.; WANG, S.; ZHU, S. Better than dynamic mean-variance: time inconsistency and free cash flow stream. **Mathematical Finance**, Vol. 22, No. 2, 2012.

MA, Y.; HAN, R.; WANG, W. Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning. **Expert Systems With Applications**. 2021

MARKOWITZ, H. Portfolio selection. **J. Financ.** 7, 77–91, 1952.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. Yale University Press, 1959.

MATÍAS, J. M., REBOREDO, J. C. Forecasting performance of nonlinear models for Intraday Stock Returns. *Journal of Forecasting*, 2012.

MENDES, M.H.; SOUZA, R.C.; SAFINS, M.A. Otimização de portfólio: Métrica do risco com espaço objetivo aumentado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

MENDES, M.H; et al. Portfólio E-V eficiente: Bibliometria das evoluções considerando simulação ou métricas do risco com espaço objetivo aumentado. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e57310413802, 2021.

MEHLAWAT, M. Credibilistic mean-entropy models for multi-period portfolio Selection with multi-choice aspiration levels. **Information Sciences**, 2016.

MILHOMEM, D.A; DANTAS, M.J.P. Analysis of new approaches used in portfólio optimization: a systematic literature review. **Production**, 2020.

KALAYCI C.B.; ERTENLICE, O. & AKBAYA, M.A. A comprehensive review of deterministic models and applications for mean-variance portfolio optimization. **Expert Systems with Applications**, Volume 125, 1 July 2019, Pages 345-368, 2019.

KHAN, A., HASSAN, M.K., PALTRINIERI, A., DREASSI, A., BAHOO, S. A bibliometric review of takaful literature. **International Review of Economics and Finance**. 69, 389–405.2020.

KHAN, M.A. ESG disclosure and Firm performance: A bibliometric and meta analysis. **Research in International Business and Finance**. 2022.

KOLM, PN; TUTUNCU, R.H.; FABOZZI, F.J. 60 Years of portfolio optimization: Practical challenges and current trends. **European Journal of Operational Research**. 2014.

KE, J.; QUIAO, J.; WANG, G. Empirical Analysis of Portfolio Optimization Based on DEA model. **International Seminar on Future Information Technology and Management Engineering**, 2008.

PALTRINIERI, A., HASSAN, M.K., BAHOO, S., KHAN, A. A bibliometric review of sukuk literature. **International Review of Economics and Finance**. 2019.

PATTNAIK, D., HASSAN, M.K., KUMAR, S., PAUL, J. Trade credit research before and after the global financial crisis of 2008—a bibliometric overview. **Research in International Business and Finance**. 2020.

ROCKAFELLAR, R.T.; URYASEV, S. Conditional value-at-risk for general loss distributions. **Journal of Banking & Finance**, 2002.

SHARPE, W.F. Mutual Fund desempenho. **Journal of Business**, 1966.

UTZ, S.; WIMMER, M.; HIRSCHBERGER, M.; STEUER, R.E. Tri-criterion inverse portfolio optimization with application to socially responsible mutual funds. **European Journal of Operational Research**, 2014.

WHANG, W.; LI, W.; ZHANG, N.; LIU, K. Portfolio formation with preselection using deep learning from long-term financial data. **Expert Systems With Applications**. 2011.

ZHOU, Z.; GAO, M.; XIAO, H.; WANG, R.; LIU, W. Big data and portfolio optimization: A novel approach integrating DEA with multiple data sources, **Omega**, 2021.

ZHOU, J.; LI, X. Multi-period mean-semi-entropy portfolio management with transaction costs and bankruptcy control. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, 2020.