

FINANÇAS EM PERÍODOS DE CRISE: APLICAÇÃO DO MÉTODO SAPEVO-M PARA COMPOSIÇÃO DE PORTFÓLIOS DE INVESTIMENTOS

Igor Pinheiro de Araújo Costa ^a, Sérgio Mitihiro do Nascimento Maêda ^b, Luiz Frederico
Horácio de Souza de Barros Teixeira ^c, Carlos Francisco Simões Gomes ^d, Marcos dos
Santos ^e

^{a, b, d} Departamento de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói-RJ, Brasil

^{a, c} Centro de Análises de Sistemas navais (CASNAV), Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^e Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro-RJ, Brasil

Recebido 15/07/2021, aceito 02/10/2020

RESUMO

A pandemia do novo coronavírus ocasionou diversas perdas e dúvidas para os investidores por todo o mundo. Neste cenário econômico de riscos e incertezas, este artigo tem por objetivo apresentar uma nova ferramenta de apoio à decisão para a confecção de um portfólio de investimentos. Com esse intuito, foi aplicado o método multicritério SAPEVO-M a fim de obter a distribuição de recursos em um portfólio composto por investimentos de renda fixa e variável presentes no mercado brasileiro, levando em consideração a liquidez, risco, volatilidade e rentabilidade apresentados pelas alternativas nos últimos doze meses. Para a estruturação do problema, foram consultados três decisores com diversos perfis de investimento e analisados diversos cenários. O método SAPEVO-M mostrou-se muito eficiente ao ser aplicado, tanto na classificação das alternativas, quanto na otimização do portfólio de investimentos, apresentando uma carteira diversificada e segura, levando em consideração a opinião de múltiplos decisores de diferentes perfis.

Palavras-chave: SAPEVO-M, Distribuição, Investimentos, Portfólio, Multicritério.

ABSTRACT

The new coronavirus pandemic caused several losses and doubts for investors around the world. In this economic scenario of risks and uncertainties, this paper aims to present a new tool to support the decision for the composition of a portfolio of investments. For this, the SAPEVO-M method was applied in order to obtain the optimized distribution of resources in a portfolio composed of fixed and variable income investments present in the Brazilian market, taking into account the liquidity, risk, volatility and profitability presented by the alternatives in the last twelve months. To structure the problem, three decision makers with various investment profiles were consulted and several scenarios were analyzed. The SAPEVO-M method proved to be very efficient when it was applied, both in the classification of alternatives, as well as in the optimization of the investment portfolio, presenting a diversified and safe portfolio, taking into account the opinion of multiple decision makers of different profiles.

Keywords: SAPEVO-M, Distribution, Investments, Portfolio, Multicriteria.

*Autor para correspondência. E-mail: costa_igor@id.uff.br.

DOI: 10.4322/PODes.2021.004

1. Introdução

A pandemia do novo coronavírus está provando ter impactos profundos na economia global: trilhões de dólares evaporaram das bolsas de valores do mundo antes de fecharem suas portas para evitar um colapso absoluto, seja porque os corretores ficaram doentes ou os ativos financeiros despencaram; milhões de pessoas perderam seus empregos. (Ozamiz-Etxebarria *et al.*, 2020). O comércio global e as cadeias de suprimentos foram interrompidos pelas incertezas desse evento inesperado (Ahani e Nilashi, 2020).

Liu *et al.* (2020) avaliaram o impacto em curto prazo do surto da COVID-19 em diversos países desenvolvidos, dentre os mais afetados pela pandemia, como Estados Unidos, Alemanha, Itália, Reino Unido, entre outros. O referido estudo mostra o impacto direto da pandemia na economia e no mercado de ações dos países citados, levando em conta também o sentimento pessimista dos investidores sobre retornos futuros e medos de incertezas.

Os sentimentos e impressões dos investidores influenciam significativamente os mercados de ações. Quando o mercado está tendendo para cima e há menos risco percebido, o investidor se comporta de maneira mais otimista. Quando o mercado está tendendo para baixo, os sentimentos tornam-se relativamente pessimistas e os investidores tendem a esperar para entrar no mercado até que o mercado volte a apresentar crescimento (Burns *et al.*, 2012; Lu e Lai, 2012).

Mesmo antes do surto do novo coronavírus ter se espalhado pelo mundo, com atualizações diárias crescentes, os mercados financeiros, em função do medo, desde o mês de janeiro, começou a precificar a difusão de uma potencial pandemia global (Guilherme, 2020), o que gerou forte volatilidade nos mercados bursáteis, com quedas abruptas nos mercados futuros, de derivativos e de ações *vis-à-vis* à migração para ativos seguros com repercussão em uma multilateral alta do dólar e valorização do ouro (Senhoras, 2020).

No Brasil, também se observa uma frustração do mercado financeiro com o desempenho recente da economia, o que tem trazido para baixo as previsões de crescimento das instituições mais otimistas com nosso crescimento em 2020 (Borges *et al.*, 2020).

Neste contexto de incertezas e variações bruscas no mercado financeiro, o investidor se depara com dificuldades de compor seu portfólio de investimentos de maneira segura. Lee e Eid Junior (2020) afirmam que uma das decisões mais complexas no mundo dos investimentos é a construção da carteira.

Para Ceretta e Costa (2001), dependendo do perfil do investidor, este apresenta-se mais ou menos propenso a assumir riscos em prol dos possíveis ganhos provenientes de suas aplicações. Ao buscar a diversificação da carteira de investimentos, o investidor busca reduzir a sua exposição ao risco individual dos ativos (Basilio e Rego, 2017).

Segundo Rotela Junior *et al.* (2014), fundos de renda fixa e poupança, que representaram grande parte dos portfólios investidos nas últimas décadas, vêm perdendo atratividade em função da queda das taxas de retorno.

Para Lopes *et al.* (2009), a seleção de ativos para formação de carteiras no mercado de renda variável é de extrema importância para quem opta por investimentos de alto risco. A diferença entre o sucesso e o fracasso dos investimentos passa, invariavelmente, pela escolha de ativos que possam assegurar maior rentabilidade, ou menor perda em períodos de crise no mercado financeiro, a exemplo do que vem ocorrendo desde o início de 2020, com a crise provocada pela COVID-19.

Segundo Gartner (2012), os investidores devem diversificar suas carteiras de modo a reduzir seus riscos, formando uma fronteira eficiente, pois o investimento em um único ativo envolve um alto nível de exposição à variabilidade do mercado.

Para Markowitz (1968), uma boa carteira de investimentos é mais do que uma longa lista de boas ações e títulos. É um todo equilibrado, oferecendo ao investidor proteções e oportunidades em relação a uma série de contingências.

Krokhmal *et al.* (2013) afirmam que o trabalho de Markowitz (1952) estimulou o desenvolvimento de vários outros modelos de seleção de carteiras. Este modelo considera que um investidor típico, ao tomar a decisão de compra, embora espere altos retornos, também espera que este seja o mais seguro possível. Assim, ao tentar maximizar o lucro, bem como minimizar o risco, encontra-se diante de dois objetivos conflitantes que devem ser equilibrados

entre si, com isso, o investidor deve diversificar seus investimentos, aportando em diversos ativos ao invés de apenas um (Fernandez *et al.*, 2007).

Para Vieira (2017), ao analisar um investimento, os modelos de seleção de carteiras clássicos costumam considerar apenas as relações de risco e retorno. Geralmente, estes modelos não consideram a liquidez dos ativos envolvidos, o que pode trazer efeitos negativos ao investidor, assim, durante o processo de decisão, além da rentabilidade e do risco, o prazo mínimo de manutenção do capital no investimento, bem como sua possibilidade de saída com o ativo, devem ser considerados.

A otimização dos portfólios foi por muitos anos vista como um desafio no emprego de técnicas para seleção das melhores alternativas para a relação entre risco e retorno que dado grupo de ativos formam, conforme acenado por Aouni, Colapinto e La Torre (2014). Steuer *et al.* (2007) propuseram a inclusão de critérios adicionais a serem relevados para a elaboração de portfólios, tais como liquidez e preferências pessoais, por exemplo. Nesta abordagem de seleção multicritérios, monta-se os cenários de decisões.

Nestes cenários de incerteza, em que a tomada de decisão se dá em meio a diversos critérios a serem ponderados para se concluir a escolha, os métodos multicritério surgem como ferramentas para auxiliar o tomador individual de decisão ou determinado grupo de decisores neste processo (Silva *et al.*, 2017). Os primeiros estudos sobre a aplicabilidade de apoio multicritério a decisão no campo das finanças tiveram início em meados do século XX (Steuer & Na, 2003).

Zopounidis *et al.* (2015) realizaram um estudo sobre a aplicação de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) à área de finanças e chegaram à conclusão de que a subárea de otimização de portfólios foi a que apresentou maior crescimento em aplicações de métodos.

As aplicações de métodos quantitativos na seleção de carteiras podem ser encontradas nos estudos de Powers e McMullen (2000), Gregouriou (2006), Choi e Murthi (2001), Basso e Funari (2001), e Ceretta e Costa (2001), obtendo resultados positivos. De Souza, De Barros e Gomes (2018) utilizaram o método AHP-TOPSIS-2N para analisar a distribuição e priorização de um portfólio de projetos de investimentos de Tecnologia da Informação (TI), obtendo resultados satisfatórios.

Bouri, Martel e Choubchoub (2002) incluíram variáveis de comportamento, englobando tanto a opinião do investidor quanto a solvência e liquidez do ativo usando o Rating Scale Method (RSM) como método de ordenação, o qual compreende a combinação dos métodos de AMD ELECTRE e PROMETHEE. Xidonas, Mavrotas e Psarras (2009), utilizaram o método ELECTRE TRI para seleção de ações que poderiam compor uma carteira de investimento de médio a longo prazo, enquanto Ehrgott, Klamroth, e Schwelm (2004) utilizaram o método MAUT para otimização de portfólios a partir de uma extensão da teoria de Markowitz (1952), acrescentando aos critérios clássicos - risco e retorno - a performance de empresas compostas nos estudos.

Este artigo visa introduzir a aplicação do método SAPEVO-M na problemática de distribuição, especificamente para a escolha de opções de investimento e divisão de recursos em uma carteira. A flexibilidade e interatividade do método pode ajudar o decisor a escolher qual a alternativa mais atrativa entre os tipos de investimentos avaliados, além de possibilitar uma distribuição segura do seu aporte financeiro pelas opções disponíveis.

Cabe destacar que, neste artigo, foi feita uma aplicação do método SAPEVO-M visando obter um portfólio otimizado, entretanto, o modelo pode ser aplicado em outros problemas, sejam de nível estratégico, operacional ou tático.

2. Descrição do problema, materiais e métodos

Sobre a sua classificação, segundo Bertrand e Fransoo (2002), a presente pesquisa pode ser classificada, quanto à natureza, como aplicada, pois visa proporcionar melhorias práticas para a literatura, com objetivos empíricos normativos, uma vez que o modelo visa compreender ações que melhorem uma situação atual. Quanto à forma de abordar o problema, a pesquisa é quantitativa, sendo o método de pesquisa adotado a modelagem.

Na análise proposta, foram convidados doze decisores com perfis diferentes (conservador, moderado e arrojado) que avaliaram oito tipos de investimentos diversos, levando

em consideração parâmetros apresentados por esses investimentos nos últimos doze meses. Além disso, foram analisados quatro cenários distintos, variando os perfis dos investidores em cada situação, com os resultados sendo consolidados na forma de quatro portfólios de investimentos distintos.

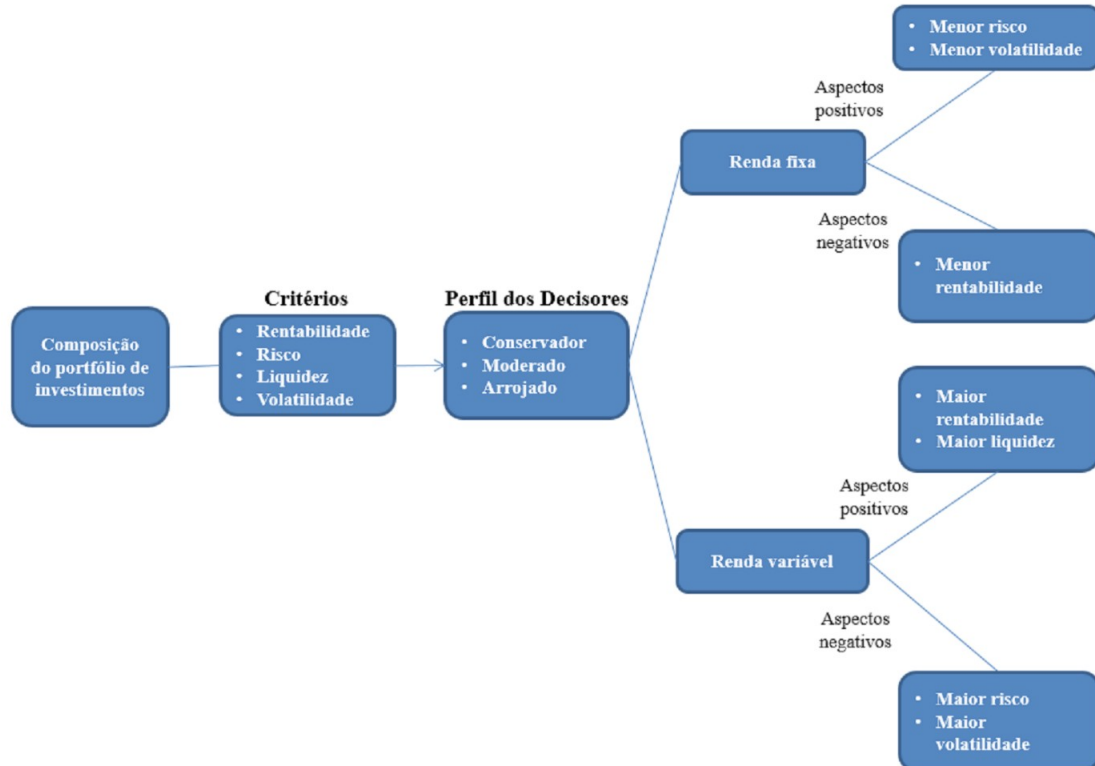
A aplicação do método em quatro situações distintas, levando em consideração opiniões muitas vezes conflitantes de diversos decisores, visa verificar se o método apresenta resultados confiáveis e robustos em cada situação, podendo consolidar-se como uma ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão nas problemáticas de composição de portfólio de investimentos.

2.1. Estruturação do Problema

Santos (2018) apresenta a espiral do processo decisório, concebida como uma abstração mental, uma vez que o processo decisório acerca de um problema se desdobra em oito etapas, partindo de uma situação problemática, até a decisão de implementação ou não do modelo. A partir daí a percepção da situação problemática ganha uma nova dimensão, incorporando novos fatos da realidade subjacente que antes não tinham sido levados em consideração. Isso levará a um novo entendimento do problema, e, talvez, conduzirá a um novo objetivo, fazendo com que todo o processo se repita.

Com base no estudo do mapa mental proposto por Santos, Gomes e Oliveira (2016), e visando facilitar a ilustração gráfica e representação explicativa da utilização do SapevoWeb, foi realizado *brainstorming* pelos autores, bem como consultas a diversos especialistas da área de investimentos para a confecção do mapa mental referente à análise proposta na presente pesquisa (Figura 1).

Figura 1 - Mapa mental referente à análise proposta.



Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2016).

A partir do estudo do mapa mental, é possível definir as alternativas de investimentos, critérios de avaliação, decisores e cenários para posterior aplicação do método SAPEVO-M.

2.2. Escolha dos Critérios

Os critérios de avaliação escolhidos para compor o modelo foram os mais comumente utilizados no mercado financeiro (Costa *et al.*, 2020a).

- Rentabilidade: indica o percentual de remuneração do capital investido.
- Risco: Pode ser definido como probabilidade de perigo, insucesso de determinado empreendimento, em função de acontecimentos eventuais e incertos, ou seja, o risco está ligado à uma ameaça e no cenário econômico-financeiro, há sempre ameaças para um investimento não dar o lucro esperado pelos seus investidores, portanto, para que essa “ameaça” seja administrada, surgiu a área de gestão de risco, a qual aborda diversos meios de reduzir essa exposição ao insucesso. representa o nível de segurança do investimento (Campos *et al.*, 2020);
- Liquidez: facilidade do investimento ser transformado em dinheiro sem perdas significativas em seu valor. Cabe destacar que alguns dos investimentos possuem data de retirada previamente estabelecida;
- Volatilidade: Definida como a variação, ao longo do tempo, da variância condicional de uma série temporal. Pode ser considerada a principal medida de risco (Dos Santos, 2012).

2.3. Alternativas de Investimentos analisadas

A tabela 1 contém os investimentos supracitados, de renda fixa e variável, com diferentes níveis de risco e rentabilidade, os quais abrangem os mais diversos perfis de investidores: Tesouro SELIC, CDB, LCA, Debêntures, Fundos Multimercado, imobiliários, cambial e de ações.

Os dados da tabela 2 foram obtidos pelos autores deste artigo em 14 de julho de 2020, por meio de consulta a uma corretora de investimentos muito atuante no mercado financeiro brasileiro.

Tabela 1 - Alternativas de investimentos analisadas.

Tipo	Rentabilidade (últimos 12 meses)	Risco	Liquidez	Volatilidade (últimos 12 meses)
Tesouro Selic	4%	Baixo	D+1	0,40%
CDB prefixado	6,00%	Muito Baixo	Vencimento	0,80%
LCA	6,50%	Muito Baixo	Vencimento	1,15%
Debêntures (IPCA +5%)	8%	Médio	Vencimento	2,10%
Fundos Multimercado	11,37%	Alto	D+30	10,66%
Fundos imobiliários	15%	Alto	D+1	9,57%
Fundo cambial (dólar)	22,26%	Alto	D+45	11,28%
Fundo de ações	29,77%	Muito Alto	D+30	12,80%

Fonte: Autores (2020).

2.4. Escolha dos Decisores (Decision Makers - DM)

Ao todo, foram convidados doze decisores com pontos de vista distintos sobre investimentos para avaliarem os critérios, visando obter maior imparcialidade e exatidão na aplicação do método SAPEVO-M nos quatro cenários propostos. Segundo Ribeiro e Machado

(2013), os três comportamentos básicos em relação ao risco são: aversão, indiferença e propensão; e pode-se definir os perfis de investidores da seguinte forma:

- Investidor conservador é aquele que não está disposto a correr riscos e a aplicar dinheiro em investimentos com grande oscilação, ou ainda, sua atual situação não permite investimentos que envolvam altos riscos e que possam comprometer o capital investido.
- Investidor moderado está disposto a correr um risco um pouco mais elevado para obter uma rentabilidade maior, está propenso a aplicar uma parcela significativa do dinheiro em investimentos que oscilam muito, destinando o restante para aplicações mais seguras.
- Investidor agressivo ou arrojado está disposto a correr riscos para conseguir a máxima rentabilidade, está propenso a investir a maior parte de seu dinheiro em aplicações que apresentam grande oscilação e a destinar uma parcela mínima para aplicações mais seguras que preservem o capital investido.

Levando em conta a classificação proposta por Ribeiro e Machado (2013), foram convidados decisores dos perfis citados, compondo os DM dos quatro cenários. Na primeira situação, foram convidados três decisores, sendo um de cada perfil – conservador, moderado e arrojado – para a análise dos oito tipos de investimentos. Já no 2º, foram convidados três decisores com perfil conservador, enquanto no 3º cenário, foram convidados três decisores de perfil moderado. Por último, três decisores de perfil arrojado fizeram a análise do 4º cenário.

3. O método ordinal SAPEVO-M

De acordo com Gomes e Gomes (2019), o resultado pretendido em determinado problema de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) pode ser identificado entre quatro tipos de problemática de referência, descritas como:

Problemática P.α – visa esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto de alternativas o mais restrito possível. Portanto, o resultado pretendido é uma escolha;

Problemática P.β – visa esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada alternativa a uma classe (ou categoria). Portanto, o resultado pretendido é uma ação de classificação;

Problemática P.γ – visa esclarecer a decisão por uma organização obtida pelo reagrupamento de parte ou de todas as ações em classes de equivalência, que são ordenadas de modo parcial ou completo, conforme as preferências do(s) decisor(es). Portanto, o resultado pretendido é um procedimento de ordenação ou ranking; e

Problemática P.δ – visa esclarecer a decisão por uma descrição das ações e de suas consequências. Portanto, o resultado pretendido é um procedimento cognitivo ou uma descrição.

O método SAPEVO-M (*Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers*) representa uma nova versão do método de AMD ordinal SAPEVO, proposto inicialmente por Gomes, Mury e Gomes (1997), para problemas especialmente do tipo P.γ. Teixeira *et al.* (2019a) afirmam que esta evolução da versão original estendeu o emprego do método para múltiplos decisores.

O método SAPEVO-M, como nova versão do método ordinal SAPEVO original (Gomes *et al.*, 1997), possibilita a utilização de apenas um decisor. Além disso, introduziu um processo de normalização das matrizes de avaliação, incrementando a consistência do modelo. Evitando a necessidade de uma pré ordem dos critérios, e a mesma ser obrigatoriamente de consenso dos decisores (Teixeira *et al.*, 2019a).

Basicamente, o método consiste em dois processos. Preliminarmente, deve ser realizada a transformação da preferência ordinal entre critérios, a ser expressa por um vetor representando os pesos dos critérios. Em seguida, é feita a transformação ordinal da preferência entre alternativas dentro de um determinado conjunto de critérios, expressa por uma matriz. Uma série de comparações pareadas entre as opções quer seja critérios ou alternativas dentro de um determinado critério, denotam as informações de preferência individual de cada decisor.

Sejam c_i e c_j dois critérios dentro de um conjunto de critérios $C = \{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_j, \dots\}$, o grau de preferência entre eles é dado por $\delta_{c_i c_j}$, no qual:

$\delta_{c_i c_j} = 1 \leftrightarrow c_i \cong c_j$, isto é, c_i é tão importante quanto c_j ;

$\delta_{c_i c_j} > 1 \leftrightarrow c_i > c_j$, isto é, c_i é mais importante que c_j ; e

$\delta_{c_i c_j} < 1 \leftrightarrow c_i < c_j$, isto é, c_i é menos importante que c_j .

Uma escala de sete pontos expressa a relação entre as alternativas, na qual são mensuradas, relativamente, a importância entre cada opção. A partir da avaliação entre alternativas, é obtida uma matriz com a representação numérica correspondente. A relação entre a escala de preferência e o valor numérico é expressa na Tabela 1.

Tabela 2 - Relação entre a escala de preferência e valor numérico.

Preferência	Escala numérica
<<< 1	-3
<< 1	-2
« 1	-1
1	0
» 1	1
>> 1	2
>>> 1	3

Fonte: Autores (2020).

Seja D um conjunto de atores que decidem DM (*Decision Makers*), $D = \{DM_1, DM_2, \dots, DM_k, \dots, DM_n, \dots\}$ que expressam suas opiniões sobre os critérios em ordem de preferência. Para um agente decisor DM_k , estas informações geram uma matriz de avaliação. A relação entre as duas escalas da tabela 2 permite a transformação da matriz em um vetor coluna $[V_i]$.

Este método prevê, também, terminado o processo de integração da matriz, a normalização do vetor resultante. Esta normalização garante a geração de valores não negativos, por meio da equação $v = [(a_{ij} - \text{Mín } a_{ij}) \div (\text{Máx } a_{ij} - \text{Mín } a_{ij})]$ (Teixeira *et al.*, 2019a).

De maneira análoga ao procedimento para obtenção do vetor peso dos critérios, dado um conjunto de alternativas, estas são comparadas par a par, à luz de cada critério. Finalmente, o resultado da preferência entre as alternativas é expresso pelo vetor resultante da multiplicação matricial entre o vetor peso dos critérios V e a matriz de avaliação das alternativas M . As alternativas são, então, ordenadas em ordem decrescente dos valores numéricos obtidos, gerando-se o ranking desejado (Teixeira *et al.*, 2019b).

Uma das vantagens do SAPEVO-M é a possibilidade de comparar critérios qualitativos e quantitativos, o que amplia sobremaneira a gama de possibilidades de apoio à decisão em diversos problemas complexos. Muitas vezes, não é possível obter valores confiáveis de todos os parâmetros na análise, porém, o simples fato de saber se uma alternativa é melhor ou pior que outra em um determinado critério, permite que seja feita a comparação pelo decisor.

Desta forma, tanto em aspectos objetivos como subjetivos, é possível comparar o desempenho das alternativas dentro do universo de cada critério, estabelecendo a preferência de cada decisor. Em especial, cabe salientar, que este método permite que a preferência em critérios quantitativos expressos por valores numéricos seja avaliada a partir da percepção de cada decisor, tornando a solução menos inflexível e, portanto, mais robusta e próxima da realidade.

Em outras palavras, seja um critério quantitativo C , no qual duas alternativas a_1 e a_2 estão sendo avaliadas pelos decisores DM_1 e DM_2 . O desempenho de a_1 e a_2 no critério C é expresso por valores numéricos g_1 e g_2 respectivamente. Enquanto outros métodos multicritério tratariam os valores qualitativos de uma mesma forma, gerando uma única preferência absoluta, o método SAPEVO-M permite que os decisores DM_1 e DM_2 comparem as alternativas a partir de suas próprias percepções e gerem graus relativos de preferência distintos.

O método tem sido aplicado em diversas áreas, como na seleção de um navio de desembarque de tropa para a armada Argentina. (Grego *et al.*, 2019), na escolha de um sistema TMS para uma transportadora (Castro *et al.*, 2019), na seleção de alternativa de projeto de desenvolvimento da produção de um campo offshore (Miranda *et al.*, 2019), na escolha de equipamentos para uma panificadora (Santos *et al.*, 2019), na seleção de um navio da Marinha

do Brasil a ser empregado no combate à pandemia de COVID-19 (Costa *et al.*, 2020b), dentre outros.

3.1. Sistema Computacional SapevoWeb

O sistema SapevoWeb foi desenvolvido a partir de uma parceria entre o corpo técnico do Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF) e um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia (IME) (Teixeira *et al.*, 2019a).

O código do SapevoWeb foi desenvolvido na linguagem Python, pelo uso do framework Django, e HTML por Teixeira *et al.* (2018). O programa permite a inclusão de um número inteiro suficientemente grande de decisores, critérios e alternativas, limitado apenas pela capacidade de processamento do servidor. A ferramenta pode ser acessada em www.sapevoweb.com (Teixeira *et al.*, 2018).

4. Aplicação do Método SAPEVO-M no 1º cenário

Conforme estabelecido anteriormente, no primeiro cenário, os DM que avaliarão as alternativas à luz dos critérios pertencem a três perfis diferentes: conservador, moderado e arrojado. Salienta-se que os critérios Rentabilidade e liquidez são critérios monotônicos de lucro, ou seja, quanto maior melhor. Entretanto, os critérios Risco e Volatilidade são monotônicos de custo, ou seja, quanto menor melhor.

Com os parâmetros de comparação definidos, é possível inserir os dados no sistema computacional SapevoWeb, seguindo as etapas citadas por Teixeira *et al.* (2019a). Após cadastrar o projeto, decisores e alternativas de investimento, os DM avaliarão, um a um, a importância dos critérios entre si. A figura 2 apresenta a avaliação dos critérios pelo DM “Conservador”:

Figura 2 - Avaliação dos critérios pelo DM “Conservador”.

Fonte: Autores (2020).

Ressalta-se como deve ser feita a comparação entre os critérios, sempre avaliando o critério da esquerda em relação ao mais à direita. Na primeira avaliação da figura 2, o DM Conservador considerou o critério Rentabilidade absolutamente pior que o Risco.

Analisando a avaliação feita pelo DM “Conservador”, observa-se grande peso dado aos critérios Risco e volatilidade em relação à Rentabilidade e Liquidez. Esse tipo de investidor procura investimentos mais seguros, mesmo que com rentabilidade menor, ou seja, na sua

análise, Risco e Volatilidade possuem um peso mais elevado no auxílio à decisão. A figura 3 apresenta a avaliação dos critérios pelo DM “Moderado”:

Figura 3 - Avaliação dos critérios pelo DM “Moderado”.

The screenshot shows a web interface titled "Projeto Projeto Portfólio" with a sub-header "Avaliar Critérios". A dropdown menu indicates "Qual é o decisor? DM Moderado". Below this, there are seven comparison rows, each with seven radio button options: "Absolutamente Pior", "Muito Pior", "Pior", "Equivalente", "Melhor", "Muito melhor", and "Absolutamente melhor". The selected options are: "Equivalente" for Rentabilidade (12m) VS Risco; "Equivalente" for Rentabilidade (12m) VS Liquidez; "Melhor" for Rentabilidade (12m) VS Volatilidade; "Muito melhor" for Risco VS Liquidez; "Melhor" for Risco VS Volatilidade; and "Pior" for Liquidez VS Volatilidade. An "Avaliar" button is at the bottom.

Fonte: Autores (2020).

Abordando agora as avaliações do DM Moderado, observa-se uma importância equivalente entre os critérios Rentabilidade e risco, tendo em vista que esse tipo de investidor geralmente aceita correr um risco um pouco mais elevado para obter uma rentabilidade maior. Chama atenção também a maior importância dada ao Risco em relação à Liquidez. A figura 4 apresenta a avaliação dos critérios pelo DM “Arrojado”:

Figura 4 - Avaliação dos critérios pelo DM “Arrojado”.

The screenshot shows a web interface titled "Projeto Projeto Portfólio" with a sub-header "Avaliar Critérios". A dropdown menu indicates "Qual é o decisor? DM Arrojado". Below this, there are seven comparison rows, each with seven radio button options: "Absolutamente Pior", "Muito Pior", "Pior", "Equivalente", "Melhor", "Muito melhor", and "Absolutamente melhor". The selected options are: "Muito melhor" for Rentabilidade (12m) VS Risco; "Absolutamente melhor" for Rentabilidade (12m) VS Liquidez; "Muito melhor" for Rentabilidade (12m) VS Volatilidade; "Melhor" for Risco VS Liquidez; "Equivalente" for Risco VS Volatilidade; and "Muito Pior" for Liquidez VS Volatilidade. An "Avaliar" button is at the bottom.

Fonte: Autores (2020).

Com relação ao DM “Arrojado”, chama atenção uma importância muito maior à Rentabilidade comparada ao Risco ou liquidez, tendo em vista que esse tipo de investidor está disposto a correr riscos para conseguir a máxima rentabilidade.

Ao término das avaliações intercritérios, analogamente, deve ser feita a avaliação par a par das alternativas, por cada decisor à luz de cada critério. Após a realização das avaliações das alternativas, são obtidos os seguintes resultados para os pesos dos critérios (Tabela 3).

Tabela 3 - Pesos dos Critérios.

Critério	Peso
Rentabilidade	1,885714
Risco	2,3
Liquidez	0,118574
Volatilidade	2,1

Fonte: Autores (2020).

Analisando os pesos dos critérios, verifica-se que a Liquidez foi o critério que obteve o menor peso na avaliação dos DM, enquanto o Risco foi o critério com a maior importância. Segundo Teixeira *et al.* (2019b), o método SAPEVO-M permite conhecer o quanto uma alternativa ficou melhor ordenada, relativamente a outra, passando uma informação adicional ao tomador de decisão. O critério Risco (Peso 2,3) foi considerado cerca de 20 vezes mais importante que o critério Liquidez (Peso 0,118574). Essa característica do método SAPEVO-M permite obter diversas análises dos resultados obtidos, como é visto a seguir (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação das alternativas de investimentos.

Ranking	Investimento	Pontuação
1º	Tesouro Selic	0,121053
2º	LCA	0,12012
3º	CDB prefixado	0,119339
4º	Debêntures (IPCA +5%)	0,080464
5º	Fundo cambial (dólar)	0,069883
6º	Fundos imobiliários	0,066557
7º	Fundos Multimercado	0,057895
8º	Fundo de ações	0,056853

Fonte: Autores (2020).

Analisando a classificação dos investimentos, pode-se observar que o investimento mais bem avaliado pelo método foi o Tesouro Selic, mas este ficou muito próximo do LCA e CDB. De acordo com os resultados, o Tesouro Selic pode ser considerado cerca de duas vezes melhor que o Fundo de ações, último colocado. Nota-se um cluster dos investimentos Tesouro Selic, LCA e CDB, com pequena diferença de atratividade. O investimento em Debêntures fica em um cluster único. Seguem-se dois clusters, um formado pelo Fundo Cambial com os Fundos Imobiliários, e o último cluster com Fundos Multimercado e Fundo de ações.

Aprofundando mais a análise, normaliza-se a pontuação das alternativas, obtendo-se a porcentagem relativa de cada investimento, chegando-se à tabela 5. Para a coluna “Total investido” foi considerado o montante de R\$ 100.000,00 aportado pelo investidor, com a aplicação distribuída entre os investimentos.

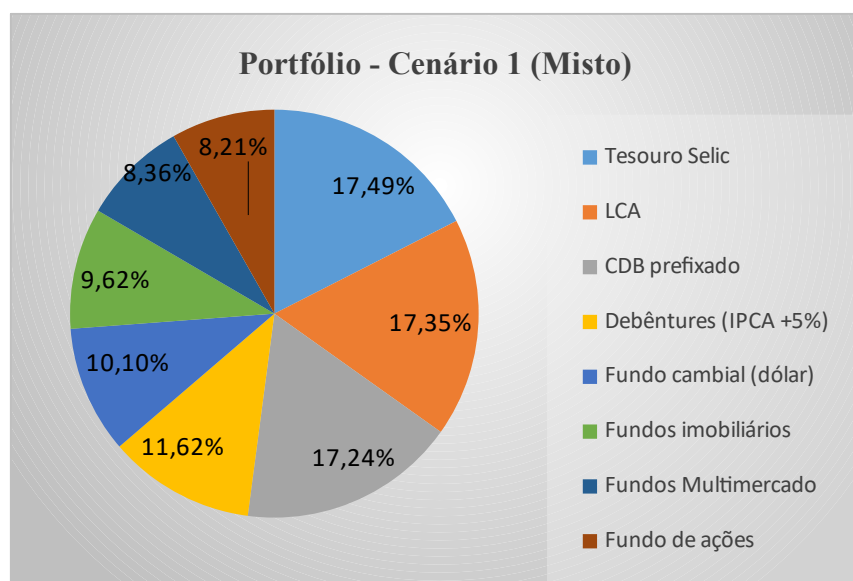
Tabela 5 - Porcentagem relativa entre os tipos de investimentos.

Investimento	Pontuação	Porcentagem	Total investido
Tesouro Selic	0,121053	0,174890633	R\$ 17.489,06
LCA	0,12012	0,173542686	R\$ 17.354,27
CDB prefixado	0,119339	0,172414341	R\$ 17.241,43
Debêntures (IPCA +5%)	0,080464	0,116249906	R\$ 11.624,99
Fundo cambial (dólar)	0,069883	0,100963067	R\$ 10.096,31
Fundos imobiliários	0,066557	0,096157847	R\$ 9.615,78
Fundos Multimercado	0,057895	0,083643472	R\$ 8.364,35
Fundo de ações	0,056853	0,082138048	R\$ 8.213,80

Fonte: Autores (2020).

Por fim, chega-se à composição da carteira de investimentos “otimizada”, atendendo às preferências dos decisores, obtida mediante a aplicação do método SAPEVO-M, conforme observado no gráfico da figura 5.

Figura 5 - Gráfico de setores com a composição da carteira de investimentos.



Fonte: Autores (2020).

A aplicação do método considerou a avaliação de três perfis de investidores diferentes com base nos critérios em questão e dos pesos provenientes de suas avaliações, tendo interferido sobre o resultado final. A divisão da carteira encontrada como a mais adequada corrobora com Gartner (2012), Markowitz (1952) e Fernandez (2007), que recomendam a diversificação dos ativos para dirimir riscos, formando uma fronteira de proteção eficiente para os ativos aplicados.

4.1. Análise dos resultados

Extrapolando o passo a passo realizado anteriormente para os demais cenários, obtém-se os pesos dos critérios (Tabela 6).

Tabela 6 - Pesos dos critérios.

Critério	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
	(Misto)	(Conservador)	(Moderado)	(Arrojado)
Rentabilidade	1,885714	0,1	1,62	2
Risco	2,3	3	2,1	0,52
Liquidez	0,118574	0,5	0,24	0,1
Volatilidade	2,1	0,9	1,9	0,43

Fonte: Autores (2020).

Analisando os pesos obtidos no cenário 2 (Conservador), observa-se que o Risco foi o critério com a maior importância, com peso 3,0, podendo ser considerado cerca de 30 vezes mais importante que a Rentabilidade (Peso 0,1). Os valores corroboram com o perfil dos três decisores do cenário 1, pois a prioridade para esse tipo de investidor normalmente é procurar investimentos com menor risco, mesmo que com rentabilidade menor.

No cenário 3 (Moderado), é interessante observar que os pesos obtidos são bem semelhantes aos do cenário 1 (Misto). Essa situação ocorre porque, provavelmente, as opiniões dos decisores arrojados e conservadores no cenário 1 se contrabalançam, aproximando-se dos valores do decisor moderado.

Já no cenário 4 (Arrojado), observa-se um peso maior atribuído ao critério Rentabilidade em relação aos demais, corroborando com esse perfil de investidor, que procura maiores retornos, mesmo que corra mais riscos. A tabela 7 apresenta a porcentagem de cada investimento no respectivo cenário.

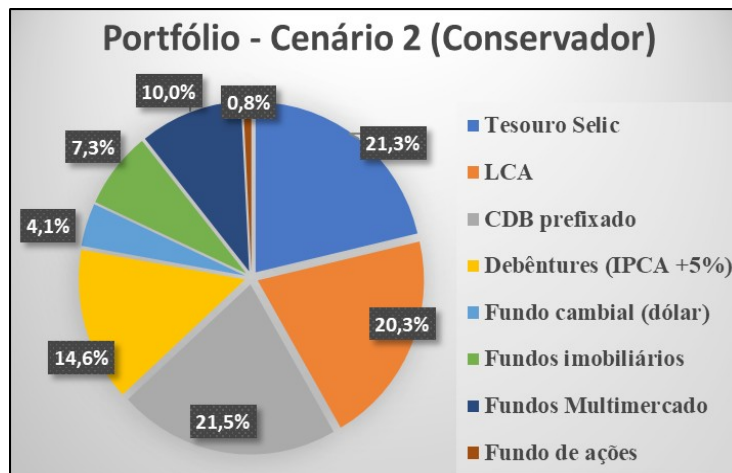
Tabela 7 - Porcentagem dos investimentos em cada cenário.

Investimento	Porcentagem do aporte em cada investimento			
	Cenário 1 (Misto)	Cenário 2 (Conservador)	Cenário 3 (Moderado)	Cenário 4 (Arrojado)
Tesouro Selic	17,49%	21,33%	19,57%	4,34%
LCA	17,35%	20,34%	16,96%	7,07%
CDB prefixado	17,24%	21,51%	15,36%	6,60%
Debêntures (IPCA +5%)	11,62%	14,63%	15,94%	6,17%
Fundo cambial (dólar)	10,10%	4,09%	10,29%	20,77%
Fundos imobiliários	9,62%	7,33%	7,39%	17,24%
Fundos Multimercado	8,36%	9,98%	6,81%	17,03%
Fundo de ações	8,21%	0,79%	7,68%	20,77%

Fonte: Autores (2020).

Com a divisão percentual estabelecida, chega-se aos portfólios referentes a cada cenário (Figuras 6, 7 e 8).

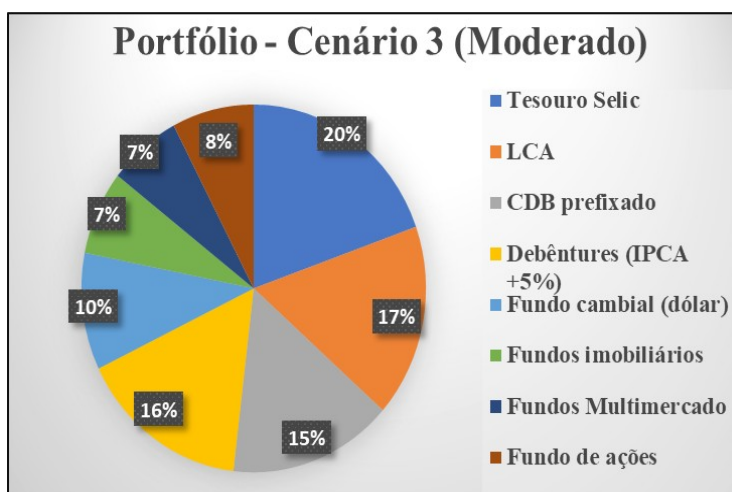
Figura 6 - Portfólio conservador.



Fonte: Autores (2020).

Analisando o portfólio do cenário 2, observa-se claramente a preferência pelos investimentos de renda fixa, com risco muito menor, que compõem aproximadamente 80% do total. Chama atenção também o fato de a porcentagem de aplicação em fundo de ações ser menor que 1%.

Figura 7 – Portfólio moderado.

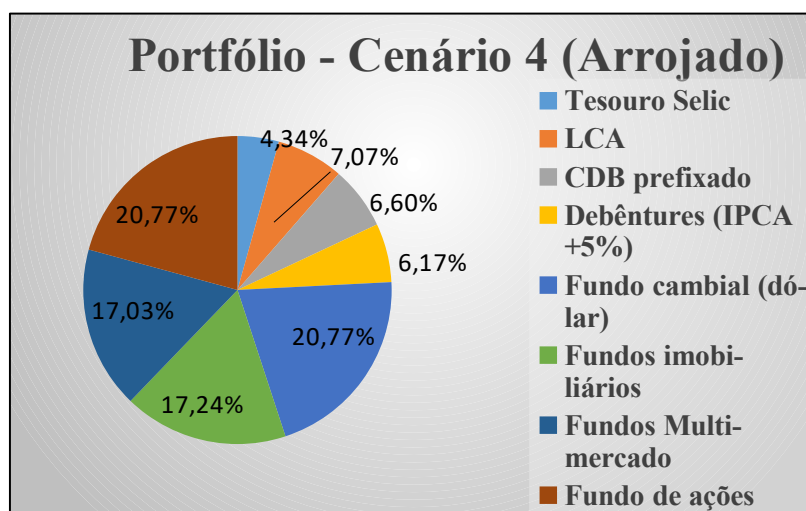


Fonte: Autores (2020).

Já com relação ao cenário 3, observa-se, assim como nos pesos dos critérios, uma semelhança com a carteira do cenário 1, apresentando uma divisão mais uniforme entre as opções de investimentos.

Por fim, no cenário arrojado, observa-se uma situação inversa ao segundo cenário, com aproximadamente 75% aplicados nos investimentos de renda variável (maior risco e rentabilidade).

Figura 8 - Portfólio arrojado.



Fonte: Autores (2020).

5. Conclusão

Levando em consideração a aplicação da ferramenta estudada nesse ramo da Econometria, foi possível notar sua gama de aplicabilidade, desde escolhendo um determinado ativo em relação a outro, até fornecendo uma distribuição das alternativas de forma ordenada.

Diante do exposto, o método SAPEVO-M mostrou-se muito eficiente ao ser aplicado, resultando em uma carteira diversificada, levando em consideração a opinião de múltiplos decisores de diferentes perfis, em diferentes cenários.

Cabe ressaltar que, devido à facilidade de aplicação do método, os critérios e alternativas também poder ser livremente alterados, de modo a personalizar cada vez mais os resultados para os objetivos esperados.

O método SAPEVO-M pode ser utilizado para resolução de problemas dos mais variados tipos – estratégicos, operacionais e táticos -, sendo assim um método de grande utilidade voltado para a contribuição da tomada de decisão.

Ressalta-se também a facilidade, flexibilidade, confiabilidade e rapidez de aplicação do método, o que pode facilitar sobremaneira os cálculos, muitas vezes complicados, que envolvem a AMD.

Finalmente, pesquisas futuras poderiam empregar o método SAPEVO-M para abordar outros problemas do cotidiano referentes à problemática de distribuição, tais como repartição de recursos públicos, seleção de doações e patrocínios, etc.

Referências

Ahani, A., & Nilashi, M. Coronavirus outbreak and its impacts on global economy: the role of social network sites. *Journal of Soft Computing and Decision Support Systems*, 7(2), 19–22, 2020.

Aouni, B., Colapinto, C., & La Torre, D. Financial portfolio management through the goal programming model: Current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, 234(2), 536–545, 2014.

Basilio, M. P., & Rego, R. B. Método de construção de carteira de investimento a partir do coeficiente de variação: um estudo empirico no mercado de ações brasileiro. *Engevista*, 19(4), 1005–1024, 2017.

Basso, A., & Funari, S. A data envelopment analysis approach to measure the mutual fund

- performance. *European Journal of Operational Research*, 135(3), 477–492, 2001.
- Bertrand, J. W. M., & Fransoo, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 241–264, 2002.
- Borges, B., Duque, D., Veloso, F. A. A., Senna, J. J., Pereira, L. V., Ribeiro, L., Miranda, L., Pires, M. C. de C., Balassiano, M. G., & Pessôa, S. de A. Uma nova rodada de incerteza. *Boletim Macro - FGV/IBRE*, 2020.
- Bouri, A., Martel, J.-M., & Chabchoub, H. A multi-criterion approach for selecting attractive portfolio. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4-5), 269–277, 2002.
- Burns, W. J., Peters, E., & Slovic, P. Risk perception and the economic crisis: A longitudinal study of the trajectory of perceived risk. *Risk Analysis: An International Journal*, 32(4), 659–677, 2012.
- Campos, G. F., Leão, J. S., & SANTOS, F. D. E. A. Gestão de Riscos para fundos de investimentos. *Revista Metropolitana de Governança Corporativa (ISSN 2447-8024)*, 4(2), 87, 2020.
- Castro, M. D. de, Menezes, P. P., Santos, M. dos, & Gomes, C. F. S. Aplicação do método SAPEVO-M para seleção de um sistema TMS para uma transportadora. *Anais Do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Da Marinha, Rio de Janeiro*, 11, 2019.
- Ceretta, P. S., & da Costa Jr, N. C. A. Avaliação e seleção de fundos de investimento: um enfoque sobre múltiplos atributos. *Revista de Administração Contemporânea*, 5(1), 7–22, 2001.
- Choi, Y. K., & Murthi, B. P. S. Relative performance evaluation of mutual funds: A non-parametric approach. *Journal of Business Finance & Accounting*, 28(7-8), 853–876, 2001.
- Costa, J. F. da S., Souza, I. F. B. de, Paiva, M. G. de P., & Ramos, C. Y. R. Escolha do investimento mais adequado ao perfil conservador utilizando método de análise hierárquica. *Produto & Produção*, 21(1), 65–75, 2020a.
- Costa, I. P. de A. et al. (2020b) ‘APOIO HUMANITÁRIO AO COMBATE À PANDEMIA DE COVID-19: uma abordagem multicritério para escolha de navio da Marinha do Brasil mais adequado a ser empregado’, *Revista Augustus*, 25(51), pp. 56–78, 2020b.
- De Souza, L. P., Gomes, C. F. S., & De Barros, A. P. Implementation of new hybrid AHP–TOPSIS-2N method in sorting and prioritizing of an it CAPEX project portfolio. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(04), 977–1005, 2018.
- Dos Santos, L. H. P. *Uso de modelos autoregressivos e gráficos de controle para monitorar volatilidade de ativos financeiros*. Trabalho de Conclusão apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.
- Ehrgott, M., Klamroth, K., & Schwehm, C. An MCDM approach to portfolio optimization. *European Journal of Operational Research*, 155(3), 752–770, 2004.
- Fernandez, P. J., Lauretto, M. de S., Pereira, C. A. de B., & Stern, J. M. A new media optimizer based on the mean-variance model. *Pesquisa Operacional*, 27(3), 427–456, 2007.
- Gartner, I. R. Differentiated risk models in portfolio optimization: a comparative analysis of the degree of diversification and performance in the São Paulo Stock Exchange (BOVESPA). *Pesquisa Operacional*, 32(2), 271–292, 2012.

Gomes, L., & GOMES, C. F. S. *Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas, 2019.

Gomes, L., Mury, A.-R., & Gomes, C. F. S. Multicriteria ranking with ordinal data. *Systems Analysis-Modelling-Simulation*, 27(2), 139–146, 1997.

Grego, T., Santos, M., Gomes, C. F. S., Lima, A. R., Miranda, A. M., dos Santos, M., & Gomes, C. F. S. Seleção de alternativa de projeto de desenvolvimento da produção de um campo offshore por meio do método SAPEVO com múltiplos decisores (SAPEVO-M). *Anais Do XXI Simpósio de Aplicações Operacionais Em Áreas de Defesa-SIGE*, 2019.

Gregoriou, G. N. Optimisation of the largest US mutual funds using data envelopment analysis. *Journal of Asset Management*, 6(6), 445–455, 2006.

Guilherme, G. “Mercado está precificando uma pandemia global”, diz economista. *Revista Exame*. <https://exame.com/mercados/mercado-esta-precificando-uma-pandemia-global-diz-economista/>, 2020.

Krokhmal, P., Zabaranin, M., & Uryasev, S. Modeling and optimization of risk. In *HANDBOOK OF THE FUNDAMENTALS OF FINANCIAL DECISION MAKING: Part II* (pp. 555–600). World Scientific, 2013.

Lee, S. C., & Eid Junior, W. *Um abismo entre a teoria e a prática dos investimentos*. *GV-executi*(19), 2020.

Liu, H., Manzoor, A., Wang, C., Zhang, L., & Manzoor, Z. The COVID-19 Outbreak and Affected Countries Stock Markets Response. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2800. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082800>, 2020.

Lopes, A. L. M., Schneider, A. B., Adriano, A. P., Carneiro, M. L., & de Lima, M. V. A. Otimização de carteiras selecionadas por Análise Envoltória de Dados–DEA. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 41, 2009.

Lu, X.-F., & Lai, K.-K. Relationship between stock indices and investors’ sentiment index in Chinese financial market. *Xitong Gongcheng Lilun Yu Shijian/System Engineering Theory and Practice*, 32(3), 621–629, 2012.

Markowitz, H. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7.1, 77–91, 1952.

Markowitz, H. M. Portfolio selection: efficient diversification of investments. In *Portfolio Selection*. Yale university press, 1968.

Miranda, A. M., dos Santos, M., & Gomes, C. F. S. Seleção de alternativa de projeto de desenvolvimento da produção de um campo offshore por meio do método sapevo com múltiplos decisores (SAPEVO-M). *Anais Do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Da Marinha, Rio de Janeiro*, 2019.

Ozamiz-Etxebarria, N., Dosil-Santamaria, M., Picaza-Gorrochategui, M., & Idoiaga-Mondragon, N. Niveles de estrés, ansiedad y depresión en la primera fase del brote del COVID-19 en una muestra recogida en el norte de España. *Cadernos de Saúde Pública*, 36(4). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00054020>, 2020.

Powers, J., & McMullen, P. Using data envelopment analysis to select efficient large market cap securities. *Journal of Business and Management*, 7(2), 31–42, 2000.

Ribeiro, R. P., & Machado, M. E. R. Análise do comportamento dos investidores no Multinve \$ t. *Revista Gestão Da Produção Operações e Sistemas*, 1, 107, 2013.

Rotela Junior, P., Pamplona, E. de O., & Salomon, F. L. R. Otimização de portfólios: análise de eficiência. *Revista de Administração de Empresas*, 54(4), 405–413, 2014.

Santos, M. dos. *Proposta de modelagem atuarial aplicada ao setor militar considerando influências econômicas e biométricas*. Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, 2018.

Santos, M. dos, Gomes, C. F. S., & Oliveira, A. S. Uma abordagem multicritério para seleção de um navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil. *Anais Do XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Vitória, ES, 2016.

Santos, M. dos, Oliveira, N. C. de, Oliveira, P. F. C. de, & Gomes, C. F. S. Aplicação do método multicritério SAPEVO-M na seleção de equipamentos: estudo de caso em uma panificadora do RJ. *Anais Do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Da Marinha, Rio de Janeiro, RJ*, 2019.

Senhoras, E. M. Novo Coronavírus e seus impactos econômicos no mundo. *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, 1(2), 39–42, 2020.

Silva, F. H. R. Da, Vieira, H. S., Benavalli, L., Leoneti, A. B., José, R., Ferreira, P., & Teixeira De Almeida, A. *Uso do método FTradeoff em análise de investimentos*. *XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2017.

Steuer, R. E., & Na, P. Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study. *European Journal of Operational Research*, 150(3), 496–515, 2003.

Steuer, R. E., Qi, Y., & Hirschberger, M. Suitable-portfolio investors, nondominated frontier sensitivity, and the effect of multiple objectives on standard portfolio selection. *Annals of Operations Research*, 152(1), 297–317, 2007.

Teixeira, L. F. H. S. B., Santos, M., & Gomes, C. F. S. *SapevoWeb Software (v.1)*, 2018.

Teixeira, L. F. H. de S. de B., Santos, M. dos, & Gomes, C. F. S. Proposta e implementação em python do método Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors-Multi Decision Makers: uma ferramenta web simples e intuitiva para Apoio à Decisão M. *Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*, 2019a.

Teixeira, L. F. H. de S. de B., Ribeiro, P. C. C., Gomes, C. F. S., & Santos, M. dos. Utilização do método SAPEVO-M com parâmetros do modelo SCOR 12.0 para ranqueamento dos fornecedores em uma cadeia de suprimentos de material hospitalar da Marinha do Brasil. *Revista Pesquisa Naval*, n. 31, 1–13, 2019b.

Vieira, E. B. F. *Restrição de liquidez para portfólio de investimento com base no volume financeiro negociado*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2017.

Xidonas, P., Mavrotas, G., & Psarras, J. A multicriteria methodology for equity selection using financial analysis. *Computers & Operations Research*, 36(12), 3187–3203, 2009.

Zopounidis, C., Galariotis, E., Doumpos, M., Sarri, S., & Andriosopoulou, K. Multiple criteria decision aiding for finance: An updated bibliographic survey. *European Journal of Operational Research*, 247(2), 339–348, 2015.