

# **Aplicação do método Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors (SAPEVO-M) para alocação de recursos em uma carteira de investimentos**

**Igor Pinheiro de Araújo Costa**  
costa\_igor@id.uff.br  
UFF

**Sérgio Mitihiro do Nascimento Maêda**  
sergiomnaeda@gmail.com  
UFF

**Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros Teixeira**  
frederico.horacio@gmail.com  
CASNAV

**Carlos Francisco Simões Gomes**  
cfsg1@bol.com.br  
UFF

**Marcos dos Santos**  
marcosdossantos\_doutorado\_uff@yahoo.com.br  
IME

**Resumo:** Este artigo tem por objetivo aplicar o método multicritério SAPEVO-M, a fim de obter a distribuição de um aporte financeiro em um portfólio composto por oito tipos de investimentos presentes no mercado brasileiro, dos quais quatro são de natureza de renda fixa e quatro de renda variável. Serão considerados os critérios de liquidez, risco, volatilidade e rentabilidade. Para a estruturação do problema, foram consultados três decisores com os seguintes perfis de investimento: conservador, moderado, e arrojado. Mediante os dados estabelecidos, foi realizada a análise de cada tipo de investimento, à luz dos critérios definidos, resultando na hierarquização quantificada das alternativas. Em face ao exposto, o método SAPEVO-M mostrou-se muito eficiente ao ser aplicado, tanto na classificação das alternativas, quanto na composição 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 - Investimentos - Portfólio - Multicritério - Pesquisa Operacional

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Soares (2015), a palavra investimento é presença frequente na informação que nos chega a cada dia. Ora é porque o governo está a conduzir uma política agressiva de atração de investimento estrangeiro, visando à implantação de novas empresas em território nacional, ora é porque são propostas a todos e a cada um, formas de aplicação de poupanças, através do investimento em ativos financeiros que oferecem a expectativa, por vezes a certeza, de uma dada remuneração.

Para um investidor iniciante é natural se deparar com alguns questionamentos pertinentes, tais como: Onde investir? Por quanto tempo deixar o capital aplicado? Qual o risco associado? Assim, saber como e onde distribuir os recursos é essencial para alcançar o objetivo almejado. 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, o que ocorre em uma economia em estabilização, como é o caso da brasileira.

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, 2017).

Nesse contexto, as técnicas de Pesquisa Operacional (PO) têm demonstrado boa aplicação na área financeira, especialmente na avaliação de portfólios financeiros.

A aplicação de métodos quantitativos na seleção de carteiras podem ser encontradas nos estudos de Powers e McMullen (2000), Gregouriou (2007), Choi e Murthi (2001), Basso e Funari (2001), e Ceretta e Costa Junior (2001), obtendo resultados positivos.

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 *et al.* (2013), entretanto, 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, 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. Os primeiros estudos sobre a aplicabilidade de apoio multicritério a decisão no campo das finanças tiveram início em meados do século XX (STEUER e NA, 2003).

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

- a) Problemática  $P.\alpha$  – visa esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto de alternativas o mais restrito possível. Portanto, o resultado pretendido é uma escolha;
- b) Problemática  $P.\beta$  – 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;
- c) Problemática  $P.\gamma$  – 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

- d) 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.

Neste artigo, propõe-se uma quinta problemática, P.ε, que seria a problemática da distribuição. Visa esclarecer a decisão pela repartição de um todo em quantas partes forem necessárias de acordo com opções pré-definidas, resultante das preferências entre os decisores. Portanto, o resultado pretendido é um procedimento de distribuição ou divisão percentual. Neste trabalho será empregado o método SAPEVO-M como ferramenta para a solução do problema.

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 *et al.* (1997), para problemas especialmente do tipo P.γ. Esta evolução da versão original estendeu o emprego do método para múltiplos decisores (TEIXEIRA *et al.* 2019a).

Este artigo visa, portanto, 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.

Diante do exposto, o desenvolvimento desta pesquisa justifica-se por oferecer uma nova ferramenta de AMD para escolha de investimentos por indivíduos.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

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 (1959), 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.* (2011) 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, 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 permanecimento no investimento, bem como sua possibilidade de saída com o ativo, devem ser considerados.

Este artigo tem por objetivo utilizar o método SAPEVO-M a fim de obter a distribuição e a composição de uma carteira de investimentos considerada mais adequada de acordo com a necessidade e o perfil do investidor. A avaliação ocorre através da análise de três decisores com perfis diferentes (conservador, moderado e arrojado) sobre oito tipos de investimentos diversos, levando em consideração os critérios de liquidez, risco, volatilidade e rentabilidade apresentados por esses investimentos nos últimos doze meses.

A seção três contempla a descrição do método SAPEVO-M e sua aplicação através do sistema computacional SapevoWeb.

Na seção quatro é feito um estudo de caso com a aplicação prática do método visando analisar as opções de investimentos para obter sua classificação e posterior escolha da carteira mais adequada à luz dos critérios de avaliação definidos.

Nas seções cinco e seis, são analisados os dados obtidos, dissecando diversas opções de aplicação dos resultados gerados mediante a utilização do método SAPEVO-M, desde a hierarquização das alternativas de investimento, até a composição de um portfólio seguro e diversificado.

### **3. MÉTODO ORDINAL SAPEVO-M**

Santos *et al.* (2017) afirmam que os métodos que empregam múltiplos critérios em auxílio à tomada de decisão têm um caráter científico e, concomitantemente, subjetivo, trazendo consigo a capacidade de combinar, de maneira ampla, as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de possibilitar a transparência e sistematização do processo referente aos problemas de decisão.

De acordo com Teixeira *et al.* (2019a), o método SAPEVO-M desdobra o problema decisório a partir de três etapas básicas, quais sejam:

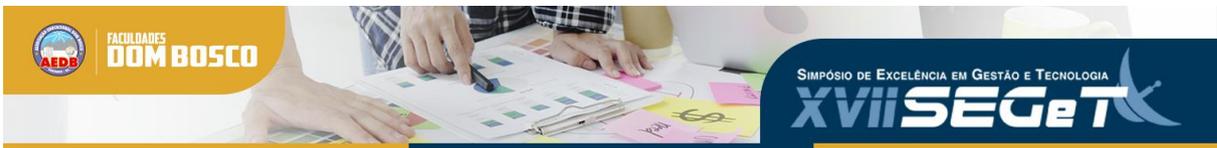
- 1º) Transforma as preferências ordinais dos critérios em um vetor de pesos de critérios;
- 2º) Transforma as preferências ordinais de alternativas para um dado conjunto de critérios de classificação em pesos parciais de alternativas; e
- 3º) Determina os pesos globais das alternativas.

O método tem sido aplicado em diversas áreas como em Santos *et al.* (2019) na seleção de equipamentos para uma panificadora e em Greco *et al.* (2019) na seleção de um navio de desembarque de tropa para a armada Argentina.

Para facilitar a utilização por professores, pesquisadores e pessoas em cargos de gerência e liderança, foi realizada a implementação computacional do método SAPEVO-M. 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 (TEIXEIRA *et al.* 2019a). A ferramenta pode ser acessada em [www.sapevoweb.com](http://www.sapevoweb.com) (TEIXEIRA *et al.* 2018).

### **4. APLICAÇÃO DO MÉTODO SAPEVO-M – ESTUDO DE CASO**

O investidor possui um montante de R\$ 100.000,00 para aportar em investimentos e, ao procurar uma corretora especializada visando obter um portfólio otimizado, é apresentado



a oito tipos de investimento, entre renda fixa e variável, os quais são abordados com detalhes na subseção 4.3.

Cada investimento possui suas vantagens e desvantagens e decidiu-se avalia-los nos critérios rentabilidade, risco, liquidez e volatilidade, os quais são dissecados na subseção 4.2.

No que diz respeito aos decisores que avaliarão as alternativas disponíveis à luz dos critérios estabelecidos, buscaram-se três avaliadores que sejam de perfis diferentes, como observado na subseção 4.1.

Considerando a complexidade da análise proposta, com diversas alternativas, critérios e múltiplos decisores, será utilizado o método SAPEVO-M para obtenção da carteira otimizada.

#### 4.1. ESCOLHA DOS DECISORES (*DECISION MAKERS* - DM)

Foram convidados três decisores com pontos de vista distintos sobre investimentos para avaliarem os critérios, visando obter maior imparcialidade e exatidão na aplicação do método SAPEVO-M.

Segundo Ribeiro e Machado (2013), os três comportamentos básicos em relação ao risco são: aversão, indiferença e propensão; e podem definir os perfis 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 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.

#### 4.2. ESCOLHA DOS CRITÉRIOS

Os critérios de avaliação escolhidos para compor o modelo foram os mais comumente utilizados no mercado financeiro (DA SERRA COSTA, 2020).

- Rentabilidade: indica o percentual de remuneração do capital investido.
- Risco: representa o nível de segurança do investimento;
- 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).

#### 4.3. ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTOS

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 1 foram obtidos pelos autores deste artigo em 03 de abril de 2020, por meio de consulta a uma corretora de investimentos muito atuante no mercado brasileiro.

**Tabela 1:** Alternativas de investimentos analisadas

Tipos de investimentos				
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

#### 4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO

Uma das vantagens do método SAPEVO-M é que ele permite comparar critérios qualitativos e quantitativos, desde que sejam estabelecidas as diferenças entre os graus atribuídos. Para possibilitar a comparação do critério Risco com os demais, foram considerados os graus, conforme a tabela 2:

**Tabela 2:** Valores atribuídos ao critério Risco

Avaliação do critério	Valor atribuído
Muito baixo	0
Baixo	1
Médio	2
Alto	3
Muito alto	4

Fonte: Autores

Salienta-se que os critérios Rentabilidade e liquidez são critérios monotônicos de lucro, ou seja, quanto maior melhor. Entretanto os critérios de Risco e Volatilidade são monotônicos de custo, ou seja, quanto menor melhor.

Com todos os critérios devidamente avaliados por números, com o intuito de padronizar as comparações, os autores deste artigo, com anuência dos decisores, estabeleceram como serão diferenciados os critérios, conforme a tabela 3:

**Tabela 3:** Graus atribuídos para padronizar a comparação entre os critérios

Diferença de Rentabilidade	Diferença de Risco	Diferença de Liquidez	Diferença de Volatilidade	Grau atribuído
Até 1%	0	0	Até 1%	Equivalente
1 a 3%	1	1 a 30	1 a 4%	Melhor/pior
3% a 5%	2	30 a 365	3% a 8%	Muito melhor/Muito pior
Acima de 5%	Acima de 3	Acima de 365	Acima de 8%	Absolutamente melhor/Absolutamente pior

Fonte: Autores.

Com os parâmetros de comparação definidos, é possível inserir os dados no sistema computacional SapevoWeb, seguindo as etapas citadas por Teixeira *et al.* (2019b).

Após cadastrar o projeto, decisores e alternativas de investimento, os DM avaliarão, um a um, a importância dos critérios entre si.

A figura 1 apresenta a avaliação dos critérios pelo DM “Conservador”:



**Figura 1:** Avaliação dos critérios pelo DM “Conservador”.

Fonte: [www.sapevoweb.com](http://www.sapevoweb.com)

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 1, o DM 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 Rentabilidade possuem um peso mais elevado no auxílio à decisão.

A figura 2 apresenta a avaliação dos critérios pelo DM “Moderado”:

### Avaliar Critérios

Qual é o decisor? Moderado

**Rentabilidade (12m) VS Risco**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Rentabilidade (12m) VS Liquidez**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Rentabilidade (12m) VS Volatilidade**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Risco VS Liquidez**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Risco VS Volatilidade**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Liquidez VS Volatilidade**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Figura 2:** Avaliação dos critérios pelo DM “Moderado”  
 Fonte: [www.sapevoweb.com](http://www.sapevoweb.com)

Avaliando agora o 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 3 apresenta a avaliação dos critérios pelo DM “Arrojado”:

### Projeto Carteira

#### Avaliar Critérios

Qual é o decisor? Arrojado

**Rentabilidade (12m) VS Risco**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Rentabilidade (12m) VS Liquidez**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Rentabilidade (12m) VS Volatilidade**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Risco VS Liquidez**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Risco VS Volatilidade**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Liquidez VS Volatilidade**

Absolutamente Pior  
  Muito Pior  
  Pior  
  Equivalente  
  Melhor  
  Muito melhor  
  Absolutamente melhor

**Figura 3:** Avaliação dos critérios pelo DM “Arrojado”  
 Fonte: [www.sapevoweb.com](http://www.sapevoweb.com)

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.

## 5. RESULTADOS ALCANÇADOS

Após a aplicação do método, foram obtidos os seguintes resultados para os pesos dos critérios e classificação das alternativas de investimentos, conforme as tabelas 4 e 5 respectivamente:

**Tabela 4:** Pesos dos Critérios

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

Fonte: Autores

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 *software* SapevoWeb 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 o peso que o critério Liquidez (Peso 0,118574) recebeu.

Essa característica do método SAPEVO-M permite obter diversas análises dos resultados obtidos, como é visto a seguir.

**Tabela 5:** 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

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 nossa análise, pode-se calcular a porcentagem relativa de cada investimento em relação ao somatório das pontuações obtidas, chegando à tabela 6. Para a coluna “Total investido” foi considerado o montante de R\$ 100.000,00 aportado pelo investidor, com a aplicação distribuída entre os investimentos.

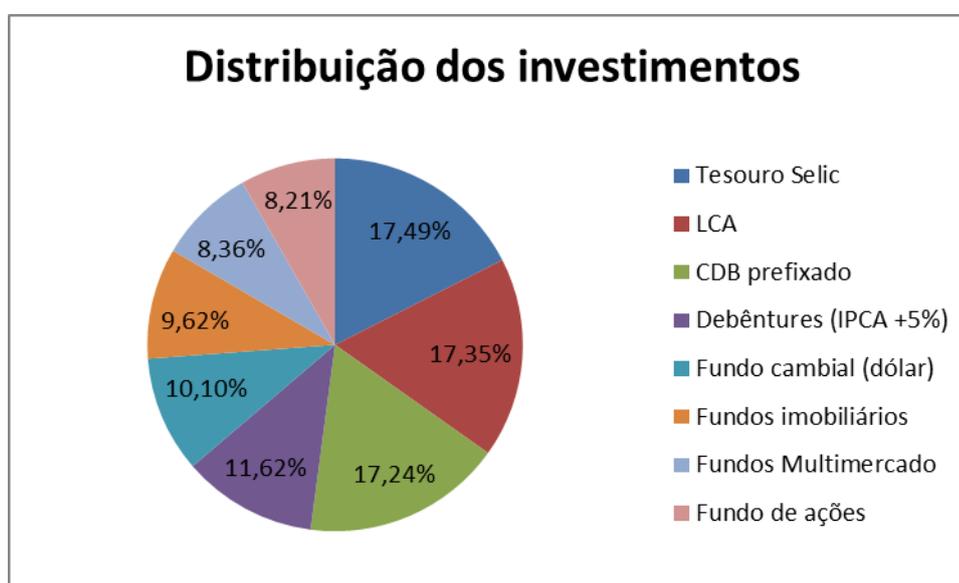
**Tabela 6:** Porcentagem relativa entre os tipos de investimentos

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

Por fim, chega-se à composição da carteira de investimentos “otimizada”, atendendo as preferências dos decisores, obtida mediante a aplicação do método SAPEVO-M, conforme observado no gráfico da figura 4.



**Figura 4:** Gráfico de setores com a composição da carteira de investimentos

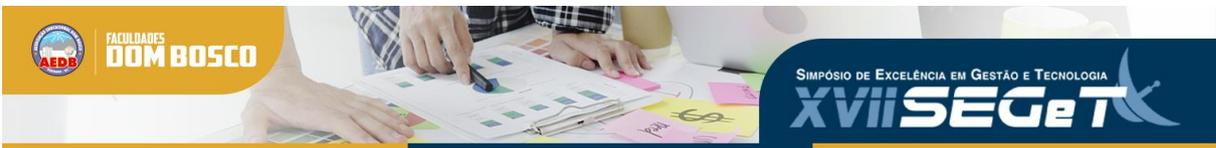
**Fonte:** Autores

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 (1959) e Fernandez (2007), que recomendam a diversificação dos ativos para dirimir riscos, formando uma fronteira de proteção eficiente para os ativos aplicados.

## 6. CONCLUSÕES E ANÁLISE DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

Observa-se que a carteira é mais indicada para investidores conservadores e moderados, tendo em vista o maior aporte em investimentos de renda fixa, com menor risco envolvido. Esse portfólio de investimento mais apropriado para investidores conservadores e moderados provavelmente se justifica pelo fato de os DM serem um de cada perfil, contrabalanceando os pesos atribuídos a cada critério.

Entretanto, mediante o fato do método SAPEVO-M apresentar uma classificação relativa entre as alternativas, essa mesma carteira pode servir para um investidor mais arrojado, pois ele pode considerar, por exemplo, que o investimento em fundo cambial (0,1 pontos) é cerca de 20% melhor que o fundo de ações (0,08), aportando uma quantidade maior de recursos naquele investimento.



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.

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

Cabe ressaltar que o método pode ser utilizado com todos os DM de um mesmo perfil, o que tornaria a carteira mais apropriada ao objetivo específico de cada investidor. Além disso, devido à facilidade de aplicação do método, os critérios e alternativas também podem ser livremente alterados, de modo a personalizar cada vez mais os resultados para os objetivos esperados.

## 6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ficou claro que o método SAPEVO-M pode ser utilizado para resolução de problemas dos mais variados tipos, sendo assim um método de grande utilidade voltado para a contribuição da tomada de decisão, tendo em vista que as alternativas de investimento foram avaliadas e ordenadas de maneira clara e coerente segundo os critérios estabelecidos pelos próprios decisores. No presente trabalho, o referido método foi utilizado para solucionar uma problemática de distribuição proposta.

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.

## 6.2. SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Os trabalhos futuros poderiam abordar um perfil específico, como utilizar DM de um determinado perfil, visando obter carteiras mais específicas para cada perfil de investidor. Outra sugestão é a utilização do método para análises mais aprofundadas no que tange aos critérios abordados neste artigo, como por exemplo analisar a volatilidade, pois, segundo Rodriguez *et al.* (2009), não há um consenso no mercado sobre qual é a melhor forma de cálculo da volatilidade de ativos financeiros.

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.

## 7. REFERÊNCIAS

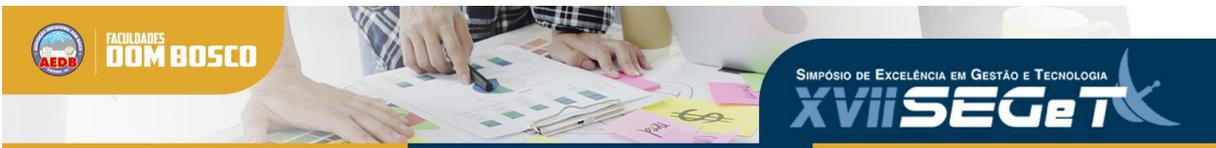
**AOUNI, B.; COLAPINTO, C.; LA TORRE, D.** (2014). Financial portfolio management through the goal programming model: Current state-of-the-art. *European Journal of Operational Research*, v. 234, n. 2, p. 536-545.

**BASILIO, P. Marcio; REGO, B. Ricardo.** Método de construção de carteira de investimento a partir do coeficiente de variação: Um estudo empírico no mercado de ações brasileiro. In: XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2017, Blumenau.

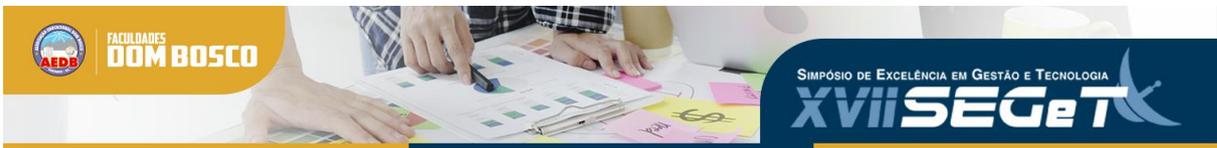
**BASSO, A., FUNARI, S.** A data envelopment analysis approach to measure the mutual fund performance. *European Journal of Operational Research*. Volume 135, number 3, pp. 477- 492(16), 2001.

**BRIGHAM, Eugene F, GAPENSKI, Louis C, EHRTARDT, Michael C.** Administração financeira: teoria e prática. Tradução Alexandre Loureiro Guimarães Alcântara, José Nicolas Albuja Salazar; revisão técnica José Carlos Guimarães Alcântara. São Paulo: Atlas, 2001.

**CERETTA, P, & COSTA, N, Jr.** (2001). Avaliação e seleção de fundos de investimentos: um enfoque sobre múltiplos atributos. *Revista de Administração Contemporânea*, 5(1), 7-22.



- CHOI, Y.K., MURTHI, B.P.S.** relative performance evaluation of mutual funds: a nonparametric approach. *Journal of Business Finance & Accounting*, vol. 28, issue 7-8, pg. 853, 2001.
- DA SERRA COSTA, José Fabiano et al.** Escolha do investimento mais adequado ao perfil conservador utilizando método de análise hierárquica. *Produto & Produção*, v. 21, n. 1, 2020.
- DOS SANTOS, Luiz Henrique Paiffer.** Uso de modelos autoregressivos e gráficos de controle para monitorar volatilidade de ativos financeiros. 2012.
- FERNANDEZ, Pedro Jesus et al.** A new media optimizer based on the mean-variance model. *Pesquisa Operacional*, v. 27, n. 3, p. 427-456, 2007.
- GARTNER, Ivan Ricardo.** 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*, v. 32, n. 2, p. 271-292, 2012.
- GOMES, L. F. A. M., e GOMES, C. F. S.** Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério (6a ed.). São Paulo: Atlas. (2019).
- GOMES, L. F. A. M., MURY, A. R., GOMES, C. F. S.** Multicriteria ranking with ordinal data *Systems Analysis Modelling Simulation*. (1997).
- GRECO, Tomás & Dos Santos, Marcos & GOMES, Carlos Francisco & Lima, Angélica.** (2019). Escolha de um Navio de Desembarque de Tropa para a Armada Argentina por Meio do Método SAPEVO com Múltiplos Decisores (SAPEVO M).
- GREGOURIOU, Greg N.** Optimization of the largest us mutual funds using data envelopment analysis. *Journal of Asset Management*, v.6,6, 445-455, 2007.
- KROKHMAL, P, ZABARANKIN, M, & URYASEV, S.** (2011). Modeling and optimization of risk. *Surveys in Operations Research and Management Science*, 16(2), 49-66.
- LOPES, Ana Lucia Miranda et al.** Otimização de carteiras selecionadas por Análise Envoltória de Dados-DEA. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, v. 41, 2009.
- MARKOWITZ, H.** (1952) Portfolio selection. *The journal of finance* 7.1: 77-91.
- MARKOWITZ, H.** *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, Yale University Press. 1959.
- POWERS, Jennifer; McMULLEN, Patrick R.** Using data envelopment analysis to select efficient large market cap securities. *Journal of Business and Management*, v. 7 (2), p.31- 42, Fall, 2000.
- RIBEIRO, R. P.; MACHADO, M. E. R.** Análise do Comportamento dos Investidores no Multinvest. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 8, nº 1, jan-mar/2013, p. 107-118.
- RODRIGUEZ, Leonardo Mutzenbecher; LOURES, Thiago José Dell'Armi; DE SALLES, André Assis.** Uma aplicação de modelos de volatilidade para o mercado de opções de petróleo. . In: *XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2009, Porto Seguro.
- ROTELA JUNIOR, Paulo; PAMPLONA, Edson de Oliveira; SALOMON, Fernando Luiz Riêra.** Otimização de portfólios: análise de eficiência. *Revista de Administração de Empresas*, v. 54, n. 4, p. 405-413, 2014.
- SANTOS, M., RODRIGUEZ, T. O., QUINTAL, R. S., DIAS, F. C. e REIS, M. F.** Emprego de Métodos Multicritério para apoio à decisão em empreendimento turísticos: o caso do Hostel Ocean inn Rio. *CULTUR: Revista de Cultura e Turismo*, v. 11, p. 87-107. (2017).
- SOARES, Maria Isabel et al.** *Decisões de Investimento: Análise Financeira de Projetos* (4ª edição, revista e corrigida). 2015.
- STEUER, R. E.; Qi, Y; HIRSCHBERGER, M.** (2007) Suitable-portfolio investors, nondominated frontier sensitivity, and the effect of multiple objectives on standard portfolio selection. *Annals of Operations Research*, v. 152, n. 1, p. 297-317.
- STEUER, R. 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.
- TEIXEIRA, L. F. H. S. B.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S.** *SapevoWeb Software* (v.1). 2018. Disponível em< <http://www.sapevoweb.com>> Acesso em 31/03/2020 *SapevoWeb Software* (v.1).
- TEIXEIRA, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros; RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; GOMES, Carlos Francisco Simões; SANTOS, Marcos 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, Brasília - DF, n. 31, p. 1-13, 2019a.

**TEIXEIRA, Luiz Frederico Horácio de Souza de Barros; SANTOS, Marcos dos; GOMES, Carlos Francisco Simões.** 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 Multicritério. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19, 2019, Rio de Janeiro, RJ. Anais (...). Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019b.

**VIEIRA, Eduardo; FILOMENA, Tiago.** Restrição de liquidez para portfólio de investimento com base no volume financeiro negociado. In: XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2017, Blumenau.