

Estruturação e modelagem matemática para escolha de investimentos: uma abordagem multimetodológica a partir do Value-Focused Thinking e dos métodos CRITIC e GRA

Isaque David Pereira de Almeida
isaque.mestrado@gmail.com
UFF

Carlos Francisco Simões Gomes
Universidade Federal Fluminense
UFF

Marcos dos Santos
marcosdossantos@ime.eb.br
IME

Resumo: Investimentos devem ser decisões tomadas pelas empresas a nível estratégico, visando maximizar o retorno do capital investido. Contudo, a avaliação necessária para se obter os melhores resultados demandam, além das informações dos ativos disponíveis, da capacidade dos decisores de relacionar, e ponderar, todos os critérios, que devem ser maximizados ou minimizados, para alcançar o objetivo esperado. Este artigo desempenha uma função importante no apoio a tomada de decisão de uma microempresa, localizada no Estado do Rio de Janeiro, onde possui a necessidade de aportar o montante disponível em algum tipo de investimento. A fim de se obter as alternativas de investimentos, assim como os critérios para avaliação, foi aplicado o Value-Focused Thinking (VFT). Após obter todos os dados necessários foi utilizado, como técnica de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), o método CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC) para gerar os pesos dos critérios e o método Grey Relational Analysis (GRA) para ordenação das alternativas. Para a realização da pesquisa, o período da análise dos dados teve como base o mês de maio do ano de 2021. Ao final foi estabelecido uma ordenação na qual se manteve coerente perante os dados apresentados, mostrando assim a robustez da aplicação dos dois métodos, em conjunto, trazendo resultados positivos à microempresa.

Palavras Chave: AMD - VFT - método CRITIC - método GRA - Investimentos

1. INTRODUÇÃO

A nova doença coronavírus 2019 (COVID-19), que apareceu pela primeira vez na cidade de Wuhan, China, em dezembro de 2019, causou angústia global, ceifando vidas e colapsando economias, já que muitos indivíduos estão conectados globalmente. Dada a sua crescente ameaça às vidas humanas e economias, o Diretor-Geral da Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou o COVID-19 uma Emergência de Saúde Pública de Preocupação Internacional em 30 de janeiro de 2020 (JENA *et al.*, 2021).

Segundo Yoo e Managi (2020), a rápida disseminação da COVID-19 motivou os países em todo o mundo a mitigar a mortalidade por meio de ações que incluem distanciamento social, quarentena domiciliar, fechamento de escolas e isolamento de pessoas em alguns casos. Os políticos em todos os países estão sob pressão para manter um equilíbrio entre conter a doença por meio da implementação de bloqueios e salvar os empregos e meios de subsistência de muitas pessoas, mantendo as atividades econômicas não desanimadas.

Restrições aos movimentos de pessoas e mercadorias interromperam as cadeias de abastecimento e aceleraram o problema do desemprego. Dada essa consideração, tornou-se importante para os países avaliar as amplas implicações econômicas da COVID-19. Os indicadores macroeconômicos representam a saúde e a estabilidade da economia de um país. (JENA *et al.*, 2021). Segundo Demircan, Gedíklí e Erdogan (2021), a pandemia afetou a economia em um nível global, onde deu-se início no mundo desenvolvido e se espalhou para as economias emergentes.

Embora o surto de vírus seja, inicialmente, uma tragédia humana, seu impacto econômico também é gravemente preocupante. Poucas semanas depois do surto, o COVID-19 enviou ondas de choque econômicas globais afetando os mercados de ações, a confiança do consumidor e cadeias de abastecimento globais. Viagens e turismo entraram em colapso (KABADAYI; O'CONNOR; TUZOVIC, 2020). Os mercados de ações reagiram em todo o mundo à pandemia COVID-19 com preocupante volatilidade como resultado da venda em pânico (KABADAYI; O'CONNOR; TUZOVIC, 2020).

De acordo com o Macedo e Machado (2015), a economia brasileira sempre dependeu da força do Estado, que, por meio de sua capacidade de investimento, alavancava certos setores. Segundo Bresser-Pereira (2020), o crescimento do investimento provocará uma expansão do mercado doméstico, ao desafogar as contas externas, e tornará o país menos dependente de capitais externos, tendo como principal desafio a redução da taxa básica de juros.

A decisão de investimento constitui uma das mais importantes decisões econômicas, se for considerado que ela define, em nível agregado, o desempenho da economia. É também fonte da acumulação de capital e, portanto, a maior determinante da capacidade da economia a longo prazo. Finalmente, é a componente mais instável da demanda agregada e natural responsável pelas variações na renda e no emprego (CASAGRANDE, 2020).

Este artigo visa apoiar a decisão de uma microempresa, que trabalha com vendas online no Rio de Janeiro, na alocação de seus recursos em algum tipo de investimento a curto, médio ou longo prazo. O resultado pretendido é o estabelecimento de uma ordenação de alguns ativos que serão analisados nesse artigo a fim de trazer os melhores retornos financeiros, respeitando todos os limites estabelecidos pela empresa.

No presente artigo, a empresa em questão possui um montante para aplicação em investimentos disponíveis no total de R\$ 120.000,00. A fim de trazer um suporte para o estabelecimento de quais tipos de investimentos escolher e a forma como poderão ser ordenados serão utilizadas técnicas como a aplicação do *Value-Focused Thinking* (VFT) e a utilização dos métodos CRITIC e GRA, respectivamente.

2. ABORDAGEM VALUE-FOCUSED THINKING (VFT)

De acordo com Keeney (1996), O pensamento focado no valor consiste essencialmente em duas atividades: primeiro decidir o que você quer e, em seguida, descobrir como consegui-lo. Em uma abordagem usual, descrita como pensamento focado na alternativa, primeiro é descoberto quais alternativas estão disponíveis e, em seguida, escolha a melhor do lote. Com o pensamento focado em valores, o levantamento dos fatos faz com que se chegue muito mais perto para conseguir o que se almeja.

Utilizando como base o processo de decisão proposto por Franco e Montibeller (2010), este artigo busca estruturar o escopo situacional do problema, definindo-o em duas fases: divergente e convergente, como apresentado na Figura 1.

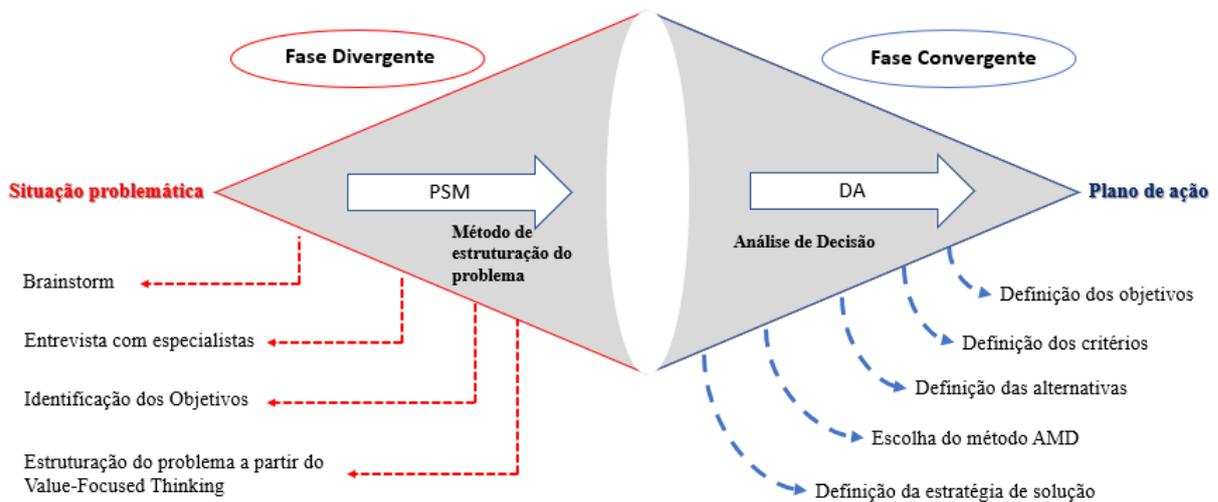


Figura 1: Processo de Tomada de Decisão.
Fonte: Adaptado de Abuabara (2019)

Ainda segundo Keeney (1996), a tomada de decisão geralmente se concentra na escolha entre alternativas. Na verdade, é comum caracterizar um problema de decisão pelas alternativas disponíveis. Parece que as alternativas se apresentam e o problema de decisão começa quando pelo menos duas alternativas aparecem. Entretanto, deve ser possível fazer muito melhor quando se foca nos valores.

É descrito por Sierg (2015), que mesmo para decisões onde o esforço dedicado para criar alternativas pode ser útil, os tomadores de decisão tendem a identificar alternativas que vêm à mente e perdem muitas alternativas que são melhores do que qualquer conjunto autogerado. A maior parte do esforço da tomada de decisão é gasto avaliando as alternativas identificadas. Para algumas decisões, relativamente pouco esforço gasto na criação de alternativas poderia resultar em um melhor cumprimento dos objetivos do tomador de decisão.

O VFT visa impulsionar um pensamento voltado para definir os objetivos que se almeja e então descobrir como alcançá-los. Os objetivos representam uma declaração do que se deseja obter e são caracterizados por um contexto, um objeto e uma direção de preferência, e se dividem em objetivos fundamentais e objetivos meio (COSTA *et al.*, 2021). Visando obter o melhor desse tipo de estrutura, esses objetivos são apresentados na Figura 2.

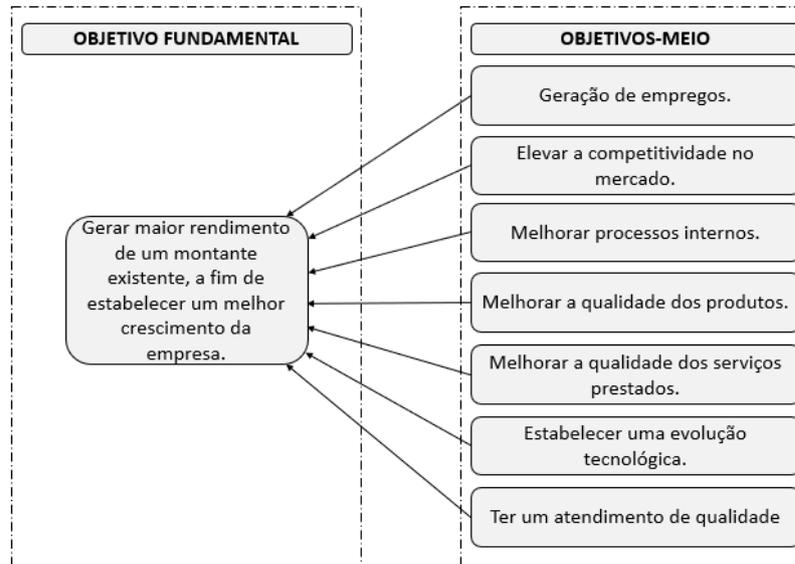


Figura 2: Objetivo Fundamental e Objetivos-meio.
Fonte: Autores (2021)

Ao analisar a rede de objetivos, é possível observar sete objetivos-meio: Geração de empregos; elevar a competitividade no mercado; melhorar processos internos; melhorar a qualidade dos produtos; melhorar a qualidade dos serviços prestados; estabelecer uma evolução tecnológica; e estabelecer uma relação estável e segura com os clientes. O objetivo fundamental é gerar maior rendimento de um montante existente, a fim de estabelecer um melhor crescimento da empresa. Ao estabelecer os objetivos, foi realizada consulta a diversos especialistas da área financeira, a fim de estabelecer um melhor direcionamento quanto as alternativas e critérios existentes para se obter o melhor rendimento quanto ao investimento do montante.

Com o foco voltado ao levantamento das possibilidades existentes para uma melhor definição das alternativas, foi debatido quanto a possibilidade de realizar o aporte em Ativos Financeiros de Renda Variável, o que certamente traria um maior risco e um retorno provavelmente maior, ou os Ativos Financeiros de Renda Fixa, o que traria uma tranquilidade pelo menor risco e um retorno provavelmente menor. Dentro desse primeiro levantamento entendeu-se que, apesar da existência de um maior risco, um provável maior retorno seria mais viável.

Dentro das possibilidades de se escolher entre os Ativos Financeiros existentes, visando ser autossuficiente quanto a movimentação no futuro aproveitamento da expertise de alguns funcionários, ficou estabelecido o Fundo de investimento. As alternativas estabelecidas após esse levantamento foram: A1- Navi Long Short FIC FIM; A2 - Sharp Long Short 2X FIM; A3 - Gauss Advisory FIC FIM; A4 - Sharp Long Short FIM; A5 - ARX Extra FIC FIM; A6 - Pacifico Macro FIC FIM; A7 - Gap Absoluto FIC FIM; A8 - VRB Fundo de Investimento Multimercado; A9 - ARX Macro FIC FIM; A10 - Porto Seguro Macro FIC FIM; A11 - XP Macro FIM; A12 - Claritas Hedge FIC FIM Longo Prazo; A13 - Kapitalo Kappa Advisory FIC FIM; A14 - XP Macro Institucional FIC FIM; A15 - Moat Capital Equity Hedge FIC FIM; A16 - XP Macro Plus FIC FIM; A17 - Western Asset Multitrading H Multimercado FI; A18 - Adam Macro Strategy Advisory FIC FIM; A19 - Kapitalo Zeta Advisory FIC FIM; e A20 - Vintage Macro Advisory FIC FIM.

Seguindo as mesmas diretrizes, buscando estabelecer os critérios relacionados às alternativas, os cinco primeiros critérios foram determinados como monotônico de custo:

C1 - Aplicação Inicial: estabelece o valor mínimo necessário para se iniciar no fundo;

C2 - Valor Mínimo de Movimentação: impossibilita movimentações com valores menores que os estabelecidos;

C3 - Saldo Mínimo de Permanência: limita o valor mínimo que deverá permanecer investido;

C4 - Resgate D +: informa o tempo que deverá aguardar para o resgate do valor solicitado;

C5 - Risco: apresenta o nível de risco de cada investimento.

Seguindo a mesma lógica, os três últimos critérios são definidos como monotônico de lucro:

C6 - Classificação Morningstar: é uma classificação dos fundos de investimento que varia entre zero e cinco estrelas;

C7 - Retorno 12 meses (%): estabelece o somatório dos rendimentos dos últimos doze meses tendo como base o mês de maio de 2021; e

C8 - Rentabilidade Ano 2020 (%): demonstra o quão robusto foi o fundo de investimento dentro do período que se iniciou a pandemia do COVID-19.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Tomar decisões é intrínseco da natureza humana. A tomada de decisões é considerada um processo cognitivo que resulta na seleção da alternativa que, dentre uma gama de possibilidades, melhor atende as necessidades impostas por uma dada situação, com base no conjunto de valores, preferências e crenças de um centro decisor (TENÓRIO; SANTOS; GOMES, 2019).

Uma decisão precisa ser tomada sempre que se está diante de um problema que possui mais que uma alternativa para sua solução. Mesmo quando, para solucionar um problema, há uma única ação a tomar, existem as alternativas de tomar ou não essa ação (GOMES; GOMES, 2019).

Segundo Moreira (2020), as técnicas que possibilitam a estruturação e análise de problemas complexos de avaliação, tendo a inclusão de critérios quantitativos e/ou qualitativos, podem ser considerados como métodos multicritérios.

De acordo com Cinelli (2020), as alternativas estão baseadas nas tomadas de decisões diárias, isso abrange toda parte pessoal, quando se escolhe a refeição para comer ou a camisa a vestir, assim como na parte profissional. Isso inclui, por exemplo, algumas diferentes opções políticas, tecnologias para produção de energia ou remediação de terras, novos produtos químicos, planos de desenvolvimento sustentáveis e cenários energéticos.

Conforme Costa (2021), existe um processo de tomada de decisão, no qual, a Engenharia de Produção acaba por se tornar um mecanismo essencial no assessoramento dos gestores. A Pesquisa Operacional (PO), que está dentro dessa grande área da Engenharia, é um campo multidisciplinar que utiliza modelos matemáticos e analíticos para solução de problemas complexos.

3.1. MÉTODO CRITERIA IMPORTANCE THROUGH INTERCRITERIA CORRELATION (CRITIC)

O método CRITIC foi proposto por D. Diakoulaki, em 1995, que visa a determinação de pesos objetivos de importância relativa em problemas de método de decisão de múltiplos critérios. Os pesos derivados incorporam intensidade de contraste e conflito que estão contidos na estrutura do problema de decisão. O método desenvolvido é baseado na investigação analítica da matriz de avaliação para extração de todas as informações contidas nos critérios de avaliação. A investigação mostra que o método CRITIC pode obter pesos objetivos melhores (WANG; ZHAO, 2016).

Segundo Pan *et al.* (2021), o método CRITIC determina os pesos baseado em dois conceitos fundamentais: Sendo o primeiro o tamanho do desvio padrão que indica o tamanho da discrepância entre os valores de cada esquema dentro do mesmo indicador - quanto maior o desvio padrão, maior será a lacuna entre os valores de cada esquema. O segundo é o caráter conflitante dos critérios de avaliação, com base na correlação entre índices; por exemplo, uma forte correlação positiva entre os índices indica que o caráter conflitante entre dois índices é baixo.

O método pode ser facilmente convertido em uma forma algorítmica. Portanto, é aplicável em uma pré-decisão estágio, como uma sub-rotina conectada a qualquer método de classificação multicritério que requer a introdução de valores quantitativos claros refletindo a importância relativa dos critérios de decisão (DIAKOULAKI; MAVROTAS; PAPAYANNAKIS, 1995).

Em 1995, o método CRITIC foi aplicado para obter os pesos dos atributos na matriz de decisão. O presente método, com quatro etapas diferentes para especificar o peso e atributos de classificação, usa o coeficiente de correlação entre os atributos para determinar a relação entre os atributos. Depois de determinar a matriz de decisão e convertendo os atributos qualitativos em quantitativos pelos especialistas, o atributo superior é eventualmente especificado (ALINEZHAD; KHALILI, 2019).

Como descrito na Figura 3, o método CRITIC possui quatro etapas necessárias para se obter os pesos e uma última etapa que realiza o ranqueamento final dos critérios.



Figura 3: Sumário do método CRITIC.
Fonte: CRITIC (ALINEZHAD; KHALILI, 2019)

As referidas etapas são descritas segundo Alinezhad *et al.* (2019):

1) A normalização para critérios monotônicos de lucro se dá pela equação (1), assim como para critérios monotônicos de custo se dá pela equação (2):

$$X_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^-}{r_i^+ - r_i^-}; \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$X_{ij} = \frac{r_{ij} - r_i^+}{r_i^- - r_i^+}; \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

2) O coeficiente de correlação entre atributos é determinado pela equação abaixo (3):

$$\rho_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j) \cdot (x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \cdot \sum_{i=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}} \quad (3)$$

Onde \bar{x}_j e \bar{x}_k representam a média dos atributos j th e k th. \bar{x}_j é calculado a partir de equação abaixo (4). Da mesma forma, é obtido para \bar{x}_k : Além disso, ρ_{jk} é o coeficiente de correlação entre os atributos j th e k th (4).

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}; \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

3) Obter o índice C. Em primeiro lugar, o desvio padrão de cada atributo é estimado pela equação (5), seguindo com o cálculo do índice pela equação (6):

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}; \quad i = 1, \dots, m \quad (5)$$

$$C_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1}^n (1 - \rho_{jk}); \quad j = 1, \dots, n \quad (6)$$

4) Os pesos dos atributos são determinados pela equação (7):

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}; \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

5) Ranqueamento dos Pesos. Os pesos dos atributos são dispostos em ordem decrescente para a classificação final.

3.2. MÉTODO GREY RELATIONAL ANALYSIS (GRA)

Iniciada em 1982, a teoria do sistema cinza pode ser aplicada para analisar sistemas incertos com informações incompletas ou incertas ou dados incompletos. Como parte da teoria do sistema cinza, a análise relacional cinza (GRA) tem sido amplamente usada para analisar dados estatísticos em vários campos de pesquisa (XU; LIU; ZHANG, 2020).

Segundo Taguchi (2010), o processo pode ser separado em dois grandes grupos. O primeiro é a normalização dos dados de um conjunto conhecido. Em seguida com base nos dados normalizados é calculado o Coeficiente Relacional Cinza, com os valores estabelecidos entre uma métrica ideal e os valores reais. Ao final obtém-se o *Grey Relational Grade* (GRG).

Através desta análise, o Grau Relacional Cinza (GRG) é definido favoravelmente como um indicador de múltiplas características de desempenho para avaliação. Nos últimos anos, a Análise Relacional Cinza tornou-se uma ferramenta poderosa para analisar os processos com múltiplas características de desempenho. Com a Análise Relacional Cinza, o complexo problema de otimização de múltiplas respostas pode ser simplificado em uma otimização de um Grau Relacional Cinza de resposta única (JOZIC; BAJIC; CELENT, 2015).

Segundo Rao (2010), o método GRA consiste na execução das seguintes equações:

1) Construção e normalização da Matriz Decisão. A normalização para critérios monotônicos de lucro se dá pela equação (8), assim como para critérios monotônicos de custo se dá pela equação (9):

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \min(y_{ij})}{\max(y_{ij}) - \min(y_{ij})} \quad (8)$$

$$x_{ij} = \frac{\max(y_{ij}) - y_{ij}}{\max(y_{ij}) - \min(y_{ij})} \quad (9)$$

2) É gerada a Sequência de Referência. A fim de comparar a performance de todos os valores entre [0,1]. Essa sequência é estabelecida pela equação (10) e mostra que quanto mais próximo de 1, melhor será então o desempenho do experimento sendo considerado o melhor para a resposta analisada:

$$(x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0j}, \dots, x_{0n}) = (1, 1, \dots, 1, \dots, 1), \quad (10)$$

3) Coeficiente Relacional Cinza: é usado para determinar o quão perto X_{ij} está do X_{0j} . Quanto maior o coeficiente relacional cinza, o mais próximo X_{ij} e X_{0j} estão. O coeficiente relacional cinza pode ser calculado por (11):

$$\gamma(x_{0j}, x_{ij}) = \frac{(\Delta_{min} + \xi \Delta_{max})}{(\Delta_{ij} + \xi \Delta_{max})} \quad (11)$$

Onde os valores de Delta ij e min e max são estabelecidos pela equação (12):

$$\begin{aligned} \Delta_{ij} &= |x_{0j} - x_{ij}|, \\ \Delta_{min} &= \min \{ \Delta_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \} \\ \Delta_{max} &= \max \{ \Delta_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \} \\ \xi &= \text{distinguishing coefficient, } \xi \in (0, 1] \end{aligned} \quad (12)$$

O coeficiente de Distinguidade tem como propósito expandir ou comprimir a faixa do coeficiente relacional cinza. Diferentes coeficientes de distinção podem levar a diferentes resultados de solução.

4) O Grau Relacional Cinza: é uma soma ponderada dos coeficientes relacionais cinza, onde o somatório dos pesos deverá ser igual a um, e pode ser calculado usando (13):

$$\Gamma(X_0, X_i) = \sum_{j=1}^n w_j \gamma(x_{0j}, x_{ij}) \quad (13)$$

Ao final desse processo obtém-se o ranqueamento das alternativas.

4. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO DOS MÉTODOS CRITIC E GRA

Após realizar um levantamento bibliográfico na base SCOPUS, foi verificado a existência de seis artigos que utilizaram a conexão dos métodos CRITIC e GRA, visando estabelecer os pesos e ordenar as alternativas, respectivamente.

Pode citar, como exemplo, a utilização desse método híbrido para Avaliação da vulnerabilidade da população a desastres geológicos na China (MIAO *et al.*, 2018), para Avaliação e classificação dos bancos do setor privado indiano (SAMA; KOSURI;

KALVAKOLANU, 2020) e para Estimativa de probabilidade simplificada de perda total do navio (XU; LIU; ZHANG, 2020).

Como apresentado pelo software VOSviewer, Figura 4, os seis artigos publicados na base SCOPUS não possuem ligações entre os autores. Esse fato demonstra uma estanqueidade do método híbrido, assim como a sua funcionalidade e seu potencial em futuras aplicações.

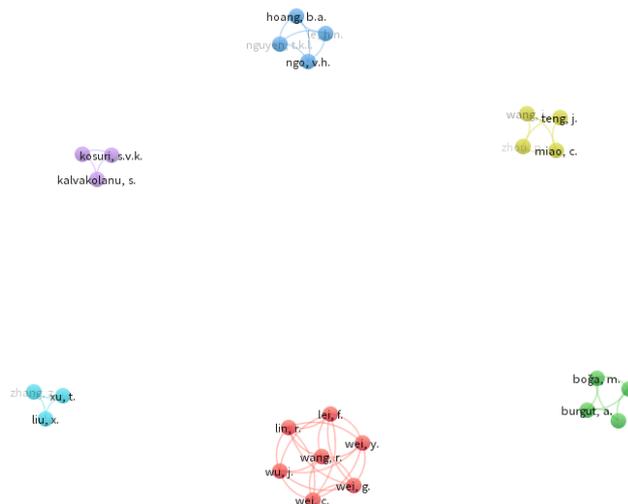


Figura 4: VOSviewer, dos artigos publicados na base SCOPUS, dos métodos CRITIC-GRA
Fonte: Autores (2021)

5. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

A microempresa possui um montante de R\$ 120.000,00 para aportar em investimentos e, ao buscar em uma das renomada empresa de investimento brasileira visando obter um portfólio otimizado, é selecionado vinte diferentes fundos de investimento, os quais foram abordados com detalhes na seção 2.

Para a aplicação do método CRITIC e método GRA é necessário a construção de uma Matriz Decisão onde foram levantadas as alternativas e critérios a partir da aplicação do VFT. A referida matriz encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Matriz Decisão

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	50000	10000	10000	30	6	5	3,6	2,42
A2	50000	5000	5000	90	26	5	5,06	21,22
A3	5000	1000	1000	29	15	5	12,62	15,98
A4	50000	5000	5000	15	6	5	2,67	10,69
A5	1000	1000	1000	4	26	5	26,32	12,35
A6	10000	5000	5000	30	11	4	2,54	2,63
A7	5000	1000	1000	30	26	4	5,59	10,01
A8	10000	1000	10000	45	26	4	16,63	8,25
A9	1000	1000	1000	0	15	4	24,48	10,64
A10	5000	100	5000	5	8	4	7,44	9,02
A11	10000	500	1000	30	15	3	10,28	3,95
A12	5000	1000	5000	3	8	3	1,27	4,08
A13	50000	10000	20000	30	15	3	11,15	1,51
A14	5000	1000	1000	0	8	3	6,75	5,68
A15	20000	10000	20000	30	10	3	8,19	8,5

A16	25000	1000	10000	30	25	2	20,44	5,86
A17	5000	100	1000	1	26	2	4,45	4,41
A18	25000	5000	5000	30	11	2	2,4	6,39
A19	100000	50000	100000	60	20	0	19,01	0,49
A20	500	100	100	30	20	0	18,86	1,75

Fonte: Autores (2021)

Na primeira etapa do problema foi aplicado o método CRITIC para obtenção dos pesos dos critérios e, em seguida, para ordenação das alternativas foi aplicado o método GRA.

5.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO CRITIC

O método CRITIC segue as 5 etapas descritas no subitem 3.1 para obter os pesos. A primeira delas é a normalização onde, como ponto principal, deverá ter o conhecimento prévio se os critérios avaliados são monotônicos de lucro (quanto maior melhor) ou monotônico de custo (quanto menor melhor).

Em seguida, depois de concluir todas as etapas apresentadas no subitem 3.1 é obtido os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado dos pesos pelo método CRITIC

	CUSTO	CUSTO	CUSTO	CUSTO	CUSTO	LUCRO	LUCRO	LUCRO
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Wj	0,09116	0,07236	0,07178	0,10418	0,21762	0,12630	0,19717	0,11940
Wj(%)	9%	7%	7%	10%	22%	13%	20%	12%

Fonte: Autores (2021)

5.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO GRA

Na segunda etapa do problema foi utilizado o método GRA, onde foi utilizado a mesma matriz decisão estabelecido pela Tabela 1. A partir da referida matriz é iniciado o passo-a-passo estabelecidos pelo subitem 3.2.

Iniciando a aplicação do método é realizado a normalização da matriz de decisão através da aplicação da equação (8), para critérios monotônicos de lucro, e da equação (9), para critérios monotônicos de custo. Desta forma é obtido, pela Tabela 3, a Matriz Normalizada.

Tabela 3: Matriz Normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,5025	0,8016	0,9009	0,6667	1,0000	1,0000	0,0930	0,0931
A2	0,5025	0,9018	0,9510	0,0000	0,0000	1,0000	0,1513	1,0000
A3	0,9548	0,9820	0,9910	0,6778	0,5500	1,0000	0,4531	0,7472
A4	0,5025	0,9018	0,9510	0,8333	1,0000	1,0000	0,0559	0,4920
A5	0,9950	0,9820	0,9910	0,9556	0,0000	1,0000	1,0000	0,5721
A6	0,9045	0,9018	0,9510	0,6667	0,7500	0,8000	0,0507	0,1032
A7	0,9548	0,9820	0,9910	0,6667	0,0000	0,8000	0,1725	0,4592
A8	0,9045	0,9820	0,9009	0,5000	0,0000	0,8000	0,6132	0,3743
A9	0,9950	0,9820	0,9910	1,0000	0,5500	0,8000	0,9265	0,4896
A10	0,9548	1,0000	0,9510	0,9444	0,9000	0,8000	0,2463	0,4115
A11	0,9045	0,9920	0,9910	0,6667	0,5500	0,6000	0,3597	0,1669
A12	0,9548	0,9820	0,9510	0,9667	0,9000	0,6000	0,0000	0,1732
A13	0,5025	0,8016	0,8008	0,6667	0,5500	0,6000	0,3944	0,0492

A14	0,9548	0,9820	0,9910	1,0000	0,9000	0,6000	0,2188	0,2504
A15	0,8040	0,8016	0,8008	0,6667	0,8000	0,6000	0,2762	0,3864
A16	0,7538	0,9820	0,9009	0,6667	0,0500	0,4000	0,7653	0,2590
A17	0,9548	1,0000	0,9910	0,9889	0,0000	0,4000	0,1269	0,1891
A18	0,7538	0,9018	0,9510	0,6667	0,7500	0,4000	0,0451	0,2846
A19	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,3000	0,0000	0,7082	0,0000
A20	1,0000	1,0000	1,0000	0,6667	0,3000	0,0000	0,7022	0,0608

Fonte: Autores (2021)

Após ser gerado a matriz de decisão normalizada foi estabelecido a matriz sequência de desvios, Tabela 4. A referida matriz é gerada pela diferença entre uma sequência de referência com cada valor da Matriz Normalizada.

Tabela 4: Matriz Sequência de Desvio

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,4975	0,1984	0,0991	0,3333	0,0000	0,0000	0,9070	0,9069
A2	0,4975	0,0982	0,0490	1,0000	1,0000	0,0000	0,8487	0,0000
A3	0,0452	0,0180	0,0090	0,3222	0,4500	0,0000	0,5469	0,2528
A4	0,4975	0,0982	0,0490	0,1667	0,0000	0,0000	0,9441	0,5080
A5	0,0050	0,0180	0,0090	0,0444	1,0000	0,0000	0,0000	0,4279
A6	0,0955	0,0982	0,0490	0,3333	0,2500	0,2000	0,9493	0,8968
A7	0,0452	0,0180	0,0090	0,3333	1,0000	0,2000	0,8275	0,5408
A8	0,0955	0,0180	0,0991	0,5000	1,0000	0,2000	0,3868	0,6257
A9	0,0050	0,0180	0,0090	0,0000	0,4500	0,2000	0,0735	0,5104
A10	0,0452	0,0000	0,0490	0,0556	0,1000	0,2000	0,7537	0,5885
A11	0,0955	0,0080	0,0090	0,3333	0,4500	0,4000	0,6403	0,8331
A12	0,0452	0,0180	0,0490	0,0333	0,1000	0,4000	1,0000	0,8268
A13	0,4975	0,1984	0,1992	0,3333	0,4500	0,4000	0,6056	0,9508
A14	0,0452	0,0180	0,0090	0,0000	0,1000	0,4000	0,7812	0,7496
A15	0,1960	0,1984	0,1992	0,3333	0,2000	0,4000	0,7238	0,6136
A16	0,2462	0,0180	0,0991	0,3333	0,9500	0,6000	0,2347	0,7410
A17	0,0452	0,0000	0,0090	0,0111	1,0000	0,6000	0,8731	0,8109
A18	0,2462	0,0982	0,0490	0,3333	0,2500	0,6000	0,9549	0,7154
A19	1,0000	1,0000	1,0000	0,6667	0,7000	1,0000	0,2918	1,0000
A20	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,7000	1,0000	0,2978	0,9392

Fonte: Autores (2021)

Foi escolhido, pelos autores, que o valor estabelecido para o coeficiente de distinuidade será de 0,5. Em seguida, a Matriz Coeficiente Relacional Cinza é apresentada pela Tabela 5.

Tabela 5: Matriz Coeficiente Relacional Cinza

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,5013	0,7159	0,8346	0,6000	1,0000	1,0000	0,3554	0,3554
A2	0,5013	0,8358	0,9107	0,3333	0,3333	1,0000	0,3707	1,0000
A3	0,9171	0,9652	0,9823	0,6081	0,5263	1,0000	0,4776	0,6642
A4	0,5013	0,8358	0,9107	0,7500	1,0000	1,0000	0,3462	0,4961
A5	0,9900	0,9652	0,9823	0,9184	0,3333	1,0000	1,0000	0,5389
A6	0,8397	0,8358	0,9107	0,6000	0,6667	0,7143	0,3450	0,3580
A7	0,9171	0,9652	0,9823	0,6000	0,3333	0,7143	0,3766	0,4804

A8	0,8397	0,9652	0,8346	0,5000	0,3333	0,7143	0,5638	0,4442
A9	0,9900	0,9652	0,9823	1,0000	0,5263	0,7143	0,8719	0,4949
A10	0,9171	1,0000	0,9107	0,9000	0,8333	0,7143	0,3988	0,4593
A11	0,8397	0,9842	0,9823	0,6000	0,5263	0,5556	0,4385	0,3751
A12	0,9171	0,9652	0,9107	0,9375	0,8333	0,5556	0,3333	0,3768
A13	0,5013	0,7159	0,7151	0,6000	0,5263	0,5556	0,4522	0,3446
A14	0,9171	0,9652	0,9823	1,0000	0,8333	0,5556	0,3902	0,4001
A15	0,7184	0,7159	0,7151	0,6000	0,7143	0,5556	0,4086	0,4490
A16	0,6700	0,9652	0,8346	0,6000	0,3448	0,4545	0,6805	0,4029
A17	0,9171	1,0000	0,9823	0,9783	0,3333	0,4545	0,3642	0,3814
A18	0,6700	0,8358	0,9107	0,6000	0,6667	0,4545	0,3437	0,4114
A19	0,3333	0,3333	0,3333	0,4286	0,4167	0,3333	0,6315	0,3333
A20	1,0000	1,0000	1,0000	0,6000	0,4167	0,3333	0,6267	0,3474

Fonte: Autores (2021)

Em seguida, aplicando a equação (13), com os pesos que foram estabelecidos pelo método CRITIC, Tabela 1, é obtido o Grau Relacional Cinza com a respectiva ordenação, pela Tabela 6.

Tabela 6: Matriz Grau Relacional Cinza

Grau Relacional Cinza	Ordenação	
A1	0,6764	8
A2	0,5976	10
A3	0,7016	6
A4	0,7211	3
A5	0,7867	1
A6	0,6110	9
A7	0,5809	15
A8	0,5854	14
A9	0,7706	2
A10	0,7202	4
A11	0,5967	11
A12	0,6787	7
A13	0,5264	19
A14	0,7044	5
A15	0,5909	13
A16	0,5681	18
A17	0,5757	16
A18	0,5688	17
A19	0,4202	20
A20	0,5957	12

Fonte: Autores (2021)

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os resultados observados na aplicação do método CRITIC, nota-se os pesos recebidos por cada critério. O critério C5 (Risco) recebeu o maior peso, de 22%, seguido do C7 (Retorno 12 meses (%)) com 20%. Essa distribuição dos maiores pesos para os referidos critérios se mostrou muito coerente, uma vez que a elevada pontuação para o C5 nos investimentos se dá pela insegurança, e incerteza, do que poderá ocorrer com os investimentos no período pandêmico. De forma análoga, pode-se entender a importância do critério C7, que acaba por corroborar com o nível de estabilidade que o ativo possa vir a

possuir, uma vez que o período todo está compreendido dentro da pandemia causada pelo COVID-19.

Continuando na análise quanto ao recebimento dos pesos pelo método CRITIC, pode-se observar que os critérios C2 e C1 receberam os menores valores, seguidos dos critérios C1 e C4. Quando comparado esses quatro critérios com os demais, realmente o método mostrou consonância na distribuição dos pesos. Quanto aos critérios C6 e C8, os mesmos, receberam valores intermediários de importância, mostrando a coerência da aplicação do referido método com a realidade.

Após a aplicação do método GRA, pode-se observar que, ao final da ordenação gerada pelo método, o investimento A5 obteve a melhor colocação. Apesar de possuir um dos maiores valores atribuído pelo critério C5 (Risco), o mesmo, obteve o maior valor atribuído no critério C7 e o terceiro maior valor atribuído no critério C8. Outro ponto importante foram os menores valores atribuídos nos critérios C1, C2 e C3. Todos esses fatores contribuíram para a melhor classificação dessa alternativa.

Com valores bem próximos da primeira alternativa, segue a A9 na segunda posição. Tendo uma rápida avaliação, é possível perceber que nos critérios C1, C2 e C3 os valores estão bem parecidos com a A5. Além disso, esta alternativa teve a melhor classificação no C4 e a segunda melhor no C7. A correlação desses valores permitiu que, a mesma, lograsse a segunda posição.

Com uma avaliação análoga as demais, percebe-se que a alternativa A19 encontra-se em última posição, relativamente afastada da penúltima. Apesar de ter recebido um valor relativamente elevado no critério C7, obteve os piores valores nos critérios C1, C2, C3, C4, C6 e C8.

7. CONCLUSÃO

A quantidade de informações que tem sido apresentada às pessoas que tem buscado iniciar no mundo financeiro, tem crescido assustadoramente. Esse fato vem tornando a tarefa de uma pessoa, sem experiência no meio, escolher algum tipo de ativo muito árdua. Isso faz com que ao final de sua escolha, muitas vezes, acabe tomando decisões imprecisas.

Ficou claro que a aplicação dos métodos CRITIC e GRA para ordenação de uma carteira de ativos financeiros foi bem ajustada e seguiu uma lógica sensata quanto a ordenação de seus resultados.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo ordenar as alternativas dos investimentos disponíveis mediante os critérios estabelecidos. A aplicação dos referidos métodos foi de suma importância para apoiar a microempresa a decidir na escolha da(s) melhor(es) alternativa(s) para investir o seu capital, seguindo a ordenação apresentada.

Como sugestão para trabalhos futuros, considera-se importante ampliar o número de ativos a serem estudados, assim como, o número de critérios, a fim de buscar a melhor discriminação possível dos resultados alcançados. Além da utilização da junção dos métodos CRITIC e GRA para abordar outros problemas do cotidiano referente a problemáticas de ordenação, tais como publicidade, repartições da empresa e reestruturação de responsabilidades.

8. REFERÊNCIAS

ABUABARA, L.; PAUCAR-CACERES, A.; BURROWES-CROMWELL, T. Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: promoting circular economy. *International Journal of Production Research*, v. 57, n. 23, p. 7269–7288, 2 dez. 2019, doi: 10.1080/00207543.2019.1629664

ALINEZHAD, A.; KHALILI, J. CRITIC method. In: *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)*. [s.l.] Springer, 2019. p. 199–203.

- BRESSER-PEREIRA, L. C.; NAKANO, Y.** Uma estratégia de desenvolvimento com estabilidade. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 22, p. 533–563, 2020.
- CASAGRANDE, E. E.** Modelos de investimento: metodologia e resultados. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 22, p. 101–112, 2020.
- CINELLI, M. et al.** How to Support the Application of Multiple Criteria Decision Analysis? Let Us Start with a Comprehensive Taxonomy. *Omega*, p. 102261, 2020.
- COSTA, I. P. A. et al.** Choosing flying hospitals in the fight against the COVID-19 pandemic: structuring and modeling a complex problem using the VFT and ELECTRE-MOr methods. *IEEE Latin America Transactions*, v. 19, n. 6, p. 1099–1106, jun. 2021, doi: 10.1109/TLA.2021.9451257.
- DEMİRCAN ÇAKAR, N.; GEDİKLİ, A.; ERDOĞAN, S.** The Global Economic Hibernation: Macroeconomic Indicators and Health Management Policies. *Duzce Medical Journal*, v. 23, 2021.
- DIAKOULAKI, D.; MAVROTAS, G.; PAPAYANNAKIS, L.** Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, v. 22, n. 7, p. 763–770, 1995.
- FRANCO, L. A.; MONTIBELLER, G.** Problem structuring for multicriteria decision analysis interventions. *Wiley encyclopedia of operations research and management science*, 2010.
- GOMES, L.; GOMES, C. F. S.** *Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério*. 6a Edição. Rio de Janeiro: Atlas, 2019.
- JENA, P. R. et al.** Impact of COVID-19 on GDP of major economies: Application of the artificial neural network forecaster. *Economic Analysis and Policy*, v. 69, p. 324–339, 2021.
- JOZIĆ, S.; BAJIĆ, D.; CELENT, L.** Application of compressed cold air cooling: achieving multiple performance characteristics in end milling process. *Journal of Cleaner Production*, v. 100, p. 325–332, 2015.
- KABADAYI, S.; O’CONNOR, G. E.; TUZOVIC, S.** The impact of coronavirus on service ecosystems as service mega-disruptions. *Journal of Services Marketing*, 2020.
- KEENEY, R. L.** *Value-focused thinking*. [s.l.] Harvard University Press, 1996.
- MACEDO, J. M. A.; SILVA, C. A. T.; MACHADO, M. A. V.** Conexões políticas e as empresas brasileiras: um estudo experimental sobre as decisões de investimento no mercado de capitais. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, v. 8, n. 2, p. 157–178, 2015.
- MIAO, C. et al.** Population vulnerability assessment of geological disasters in China using CRITIC–GRA methods. *Arabian Journal of Geosciences*, v. 11, n. 11, p. 1–12, 2018.
- MOREIRA, M. Â. L.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M.; SILVA, M. C.; ARAUJO, J. V. G. A. (2020).** PROMETHEE-SAPEVO-M1 a Hybrid Modeling Proposal: Multicriteria Evaluation of Drones for Use in Naval Warfare. In: Thomé A.M.T., Barbastefano R.G., Scavarda L.F., dos Reis J.C.G., Amorim M.P.C. (eds) *Industrial Engineering and Operations Management. IJCIEOM 2020*. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol 337. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978, 2020>.
- PAN, B. et al.** Evaluating operational features of three unconventional intersections under heavy traffic based on CRITIC method. *Sustainability*, v. 13, n. 8, p. 4098, 2021.
- RAO, R. V.** *Advanced modeling and optimization of manufacturing processes: international research and development*. 2010.
- SAMA, H. R.; KOSURI, S. V. K.; KALVAKOLANU, S.** Evaluating and ranking the Indian private sector banks—A multi-criteria decision-making approach. *Journal of Public Affairs*, p. e2419, 2020.
- SIEBERT, J.; KEENEY, R. L.** Creating more and better alternatives for decisions using objectives. *Operations Research*, v. 63, n. 5, p. 1144–1158, 2015.
- TAGUCHIJEVE, U.; FSW, V.-T. P.** Application of grey relation analysis (GRA) and Taguchi method for the parametric optimization of friction stir welding (FSW) process. *Mater Tehnol*, v. 44, p. 205, 2010.
- TENÓRIO, F. M.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S.** Revisitando o método THOR: uma pesquisa bibliométrica. *Anais do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*, v. 19, 2019.
- WANG, D.; ZHAO, J.** Design optimization of mechanical properties of ceramic tool material during turning of ultra-high-strength steel 300M with AHP and CRITIC method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 84, n. 9, p. 2381–2390, 2016.
- XU, T.; LIU, X.; ZHANG, Z.** Simplified likelihood estimation of ship total loss using GRA and CRITIC methods. *Transportation planning and technology*, v. 43, n. 2, p. 223–236, 2020.

YOO, S.; MANAGI, S. Global mortality benefits of COVID-19 action. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 160, p. 120231, 2020.