

Análise Multicritério de Indicadores Fundamentalistas dos Componentes do Ibovespa

Elton F. Sbruzzi[†], Michel C. R. Leles^{*}, Cairo L. Nascimento Jr.[‡], José Maria P. de Oliveira[†]

^{*}Departamento de Tecnologia, Universidade Federal de São João del-Rei, Ouro Branco-MG, Brazil.

[†]Divisão de Ciência da Computação, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos-SP, Brazil.

[‡]Divisão de Engenharia Eletrônica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos-SP, Brazil.

Emails: elton@ita.br, mleles@ufs.edu.br, cairo@ita.br, parente@ita.br

Resumo—Análise dos indicadores fundamentalista de ações é um desafio recorrente na área de análise de investimentos. O volume crescente de indicadores fundamentalistas existente na literatura impõe um desafio importante para analistas. Por esse motivo, propomos uma técnica de análise multicritério conhecida como TODIM para auxiliar a dos analista. Diversas aplicações do método TODIM foram realizadas em variadas áreas. Além disso, algumas extensões foram propostas para atender a problemas específicos que foram abordados como extensões do método. Este método é o único método de apoio à decisão que tem como base a Teoria dos Prospectos de Kahneman e Tversky. Apresenta-se um experimento com os indicadores fundamentalista dos componentes do Ibovespa em que o resultado final é uma classificação de 58 ações que compõem o Ibovespa com base em 16 indicadores fundamentalistas individuais, utilizando o método TODIM.

Index Terms—Mercado Financeiro; Análise Fundamentalista; Métodos para Tomada de Decisão Multicritério; Método TODIM.

I. INTRODUÇÃO

Nesse artigo, propomos utilização de uma técnica de análise multicritério (sigla MCDA em inglês) denominada TODIM para classificação de ações de acordo com uma lista de indicadores fundamentalistas baseados nos relatórios contábeis dos componentes do IBOVESPA em Maio de 2019. Aplicação de técnicas de análise multicritério tem sido proposta na literatura recente em Finanças. Por exemplo, Spronk et al. [1] e Zopounidis et al. [2] oferecem uma revisão detalhada de aplicações de MCDA em Finanças; e Aouni et al. [3] defendem a importância de MCDA para decisões de investimentos.

Argumentamos que esse trabalho é relevante porque existe uma grande quantidade de indicadores fundamentalista na literatura. Isso torna o processo de análise fundamentalista de ações exaustivo, caro e ineficiente. Isso não é um problema recente. Em 1976, Benjamin Graham disse [4]:

“In the old days any well-trained security analyst could do a good professional job of selecting undervalued issues through detailed studies; but in the light of the enormous amount of research now being carried on, I doubt whether in most cases such extensive efforts will generate sufficiently superior selections to justify their cost.”

Os autores agradecem o suporte financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) por meio dos processos 2016/04992-6 e 2017/20248-8.

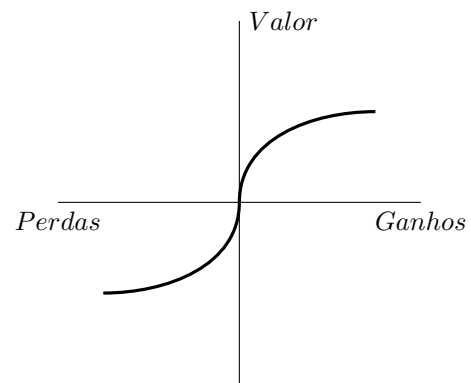


Figura 1: Função de valor da Teoria dos Prospectos

O uso de MCDA pode minimizar os custos da análise fundamentalista de tal maneira que poderia torná-la mais eficiente ao analista.

Dentro dos métodos existentes em MCDA, propomos o método Tomada de Decisão Interativa Multicriterio (TODIM), proposto por Gomes e Lima [5]. A motivação do uso do TODIM é que esse método é baseado na Teoria dos Prospectos de [6]. Esses pesquisadores verificaram que, em situações que envolvem ganhos, as pessoas são mais conservadoras em relação ao risco, isto é, as pessoas tendem a preferir um ganho menor, porém seguro, a correr um risco para obter um ganho maior. Já em situações envolvem perdas, o ser humano é mais propenso ao risco, isto é, elas preferem correr o risco de ter perdas maiores a aceitar uma perda menor, porém segura. Uma função em forma de “S” representa a Teoria dos Prospectos, conforme apresentado na Figura 1.

Nesse trabalho, propomos um estudo de caso composto por 58 componentes do Ibovespa como alternativas e 16 indicadores fundamentalistas como critérios. Ao final do processo, essas ações são classificadas de acordo os seus indicadores fundamentalistas individuais e os parâmetros do método TODIM.

O restante desse texto é organizado como se segue. Na seção II é proposta uma fundamentação teórica dos principais conceitos necessários. O procedimento experimental é discutidos na seção III, enquanto os resultados são apresentados na seção IV e discutidos na seção V. Finalmente, a conclusão desse trabalho e algumas direções futuras são tema da seção VI.

II. TOMADA DE DECISÃO INTERATIVA MULTICRITÉRIO (TODIM)

Na teoria econômica tradicional, cada agente é similar e racional. Entretanto, tais suposições não são baseadas em evidências empíricas. A maioria dos métodos de tomada de decisão multicritério se baseiam na maximização de alguma função objetivo. Por sua vez, o método TODIM, proposto por Gomes and Lima [7], utiliza na sua fundamentação a Teoria dos Prospectos [6]. Essa teoria propõe uma modelagem do comportamento humano para tomada de decisões em cenários de risco [8]. Por um lado, seres humanos tendem a ser mais conservadores em relação ao risco nas situações que envolvem ganhos. Por outro lado, em situações que envolvem perdas, mostram-se mais propensos ao risco. A Teoria dos Prospectos tem se mostrado mais adequada para modelar a tomada de decisão no contexto de mercados financeiros [9].

No método TODIM, considera-se um conjunto de n alternativas a serem ordenadas na presença de m critérios quantitativos ou qualitativos, formando-se a matriz de julgamentos. No presente trabalho as linhas dessa matriz é formada por 58 componentes do Ibovespa (Alternativas) enquanto as suas colunas pelos 16 indicadores fundamentalistas (Critérios).

O método TODIM fornece como resultado final o valor global das alternativas sequenciadas por ordem de preferência. Para tanto, a segunda matriz é a de comparação entre pares de critérios. Para que se façam os cálculos dos valores de cada alternativa, é necessário que, antes, sejam determinadas as dominâncias de cada alternativa em relação a cada uma das outras. As equações constitutivas do método são:

$$\delta(A_i, A_j) = \sum_{c=1}^m \phi_c(A_i, A_j), \forall (i, j) \quad (1)$$

$$\phi_c(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{rc}(P_{ic}-P_{jc})}{\sum_{c=1}^m w_{rc}}}, & \text{if } P_{ic} > P_{jc} \\ 0, & \text{if } P_{ic} = P_{jc} \\ -\frac{1}{\theta} \sqrt{\frac{w_{rc}(P_{jc}-P_{ic})}{\sum_{c=1}^m w_{rc}}}, & \text{if } P_{ic} < P_{jc} \end{cases} \quad (2)$$

$$(3)$$

$$(4)$$

onde $\delta(A_i, A_j)$ é a métrica de dominância da alternativa A_i sobre a alternativa A_j ; w_{rc} é o fator de escala para o critério individual c ; P_{ic} e P_{jc} se referem aos valores das alternativas A_i e A_j em relação à c . O fator de mitigação do risco é θ ; e $\phi_c(A_i, A_j)$ é a contribuição de c em $\delta(A_i, A_j)$ na comparação entre as alternativas i e j . As equações (2), (3) and (4) apresentam as contribuições parciais no cálculo da matriz de dominância.

Após serem efetuados os cálculos, será montada a matriz quadrada $\delta(i, j)$, de ordem n , onde n é o número de alternativas. Esta matriz é denominada matriz de dominâncias relativas das alternativas. Os valores totais das alternativas são determinados através do seguinte cálculo:

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \text{Min}_i \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)}{\text{Max}_i \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \text{Min}_i \sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)} \quad (5)$$

Cada valor ξ_i é, portanto, uma soma de linhas normalizadas da matriz de dominâncias. Depois de calculados estes valores são ordenados, determinando-se, assim, a sequência de alter-

nativas. Finalmente, para uma discussão detalhada acerca do método TODIM sugere-se Gomes et al. [10].

III. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nessa seção a metodologia do experimento é apresentada. Para tal, a matriz de julgamentos foi construída por meio dos seguintes passos. O primeiro passo é a seleção de ações. Limitamos a seleção de ações aos componentes do Ibovespa para evitarmos discussões sobre a liquidez dessas ações. O Ibovespa é o mais relevante índice de ações do mercado financeiro brasileiro. A sua seleção de componentes é baseada no volume de transações que pode ser utilizada como uma indicação da sua liquidez. ao todo foram selecionados 58 ações.

O segundo passo é a seleção de indicadores fundamentalistas para a análise. Dentro do miríade de indicadores fundamentalistas, especialistas selecionaram 16 indicadores diferentes para ser utilizadas como critérios para a classificação das ações selecionadas.

Finalmente, o terceiro passo é a seleção dos fatores de escala individuais w_{rc} de cada indicador fundamentalista individual utilizado como critério, conforme Equação (2). Similar a seleção de indicadores fundamentalistas, especialistas selecionaram diferentes fatores w_{rc} para indicador fundamentalista individual.

A plataforma utilizada para os experimentos foi o R, os dados foram coletados em 06 de maio de 2019 e a fonte de dados foi o site fundamentus.com. As ações utilizadas para a classificação foram as seguintes:

- ABEV3, AZUL4, B3SA3, BRDT3, BRFS3, BRKM5, BRML3, BTOW3, CCRO3, CIEL3, CMIG4, CSAN3, CSNA3, CVCB3, CYRE3, ECOR3, EGIE3, ELET3, ELET6, EMBR3, ENBR3, EQTL3, ESTC3, FLRY3, GGBR4, GOAU4, GOLL4, HYPE3, IGTA3, ITSA4, JBSS3, KLBN11, KROT3, LAME4, LREN3, MGLU3, MRFG3, MRVE3, MULT3, NATU3, PCAR4, PETR3, PETR4, QUAL3, RADL3, RAIL3, RENT3, SBSP3, SMLS3, SUZB3, TAEE11, TIMP3, UGPA3, USIM5, VALE3, VIVT4, VVAR3, WEGE3

A. Definição dos critérios

Especialistas no mercado financeiro selecionaram 16 indicadores fundamentalistas diferentes que serviram de critérios para classificação das ações. A seleção dos critérios tem o objetivo de representar a amplitude desses indicadores. No entanto, ressaltamos que o método TODIM emprega os fatores de escala dos critérios que são informados também pelos decisores. Os dezesseis indicadores fundamentalistas escolhidos são:

- C1 Dividendos sobre Preço:** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre dividendo pago ao acionista e o preço da ação.
- C2 Ganhos antes de juros e impostos/Valor da Firma / (EBIT/EV):** Esse indicador tem o objetivo de mensurar o ganho da empresa em relação ao seu valor.

- C3 Margem EBIT:** Esse indicador tem o objetivo de mensurar resultado percentual da operação da empresa sobre o sua receita líquida após o pagamento de custos e despesas.
- C4 Margem Líquida:** Esse indicador tem o objetivo de mensurar a relação lucro líquido da operação da empresa com sua receita líquida.
- C5 Liquidez Corrente:** Esse indicador tem o objetivo de mostrar a capacidade de solvência da empresa no curto prazo.
- C6 Retorno sobre Capital Investido:** Esse indicador tem o objetivo de mostrar a retorno do capital investido na empresa (capital próprio + capital de terceiros).
- C7 Retorno sobre Patrimônio Líquido:** Esse indicador tem o objetivo de mostrar a retorno sobre o patrimônio líquido da empresa.
- C8 Dívida Bruta sobre o Patrimônio Líquido:** Esse indicador tem o objetivo de mostrar o grau de endividamento da empresa. Similar ao P/L e ao P/VP, esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato VP/P. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.
- C9 Crescimento últimos 5 anos:** Esse indicador tem o objetivo de capturar a taxa de crescimento da receita da empresa nos últimos cinco anos.
- C10 Preço/Lucro (P/L):** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação e o lucro por ação da empresa representada na ação. Esse indicador é invertido de modo a ficar com o formato L/P. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.
- C11 Preço/Valor Patrimonial (P/VP):** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação da ação e o valor patrimonial por ação da empresa. Esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato VP/P. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.
- C12 Preço/Receita Líquida (PSR):** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação da ação e a receita líquida por ação da empresa. Esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato 1/PSR. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.
- C13 Preço/Ativos:** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação da ação e o valor dos ativos totais por ação da empresa. Esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato Ativos/Preços. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.
- C14 Preço/Capital de Giro:** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação da ação e o valor dos ativos circulante - passivo circulante por ação da empresa. Esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato Capital de Giro/Preços. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.
- C15 Preço/Valor da Firma (P/EBIT):** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação da ação e valor da firma por ação da empresa. Esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato EBIT/P. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo

ao invés de minimizá-lo.

- C16 Preço/Ativo circulante líquido:** Esse indicador tem o objetivo de capturar a relação entre o preço da ação da ação o passivo circulante + passível exigível a longo prazo por ação da empresa. Esse indicador também é invertido de modo a ficar com o formato Ativo circulante líquido/Preço. Com isso, o objetivo é de maximizá-lo ao invés de minimizá-lo.

B. Fatores de Escala e Fatores de Atenuação das Perdas dos Critérios

Na visão e expertise dos especialistas, a avaliação das ações de acordo com os indicadores fundamentalistas teve como foco dois importantes pontos, o primeiro são as constantes de escala dos critérios considerados no processo decisório, o segundo ponto na avaliação das alternativas dizem respeito as perdas das ações potenciais em relação as suas comparações par a par considerando especificamente os critérios.

A Tabela I apresenta as constantes de escala dos critérios e os seus fatores de atenuação das perdas considerados nesta análise.

C. Plataforma

A plataforma para experimentos é o programa de computação estatística R. Criamos uma função para implementar o método TODIM, o qual necessita de três informações diferentes para ser implementada, quais sejam:

- a matriz de decisão, composta pelo desempenho das alternativas em relação aos critérios. Esta matriz nesta pesquisa tem a seguinte dimensão 58x16, isto é, quantidade de ações potenciais selecionadas pela quantidade de critérios;
- o vetor do fator de escala dos indicadores fundamentalista das ações utilizadas como critério;
- o coeficiente do fator de atenuação das perdas dos critérios.
- a classificação das ações segundo seus indicadores fundamentalista utilizando o método TODIM.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Nessa seção são apresentados os resultados experimentais do presente trabalho. A Tabela II apresenta parte da matriz de decisão composta pelos indicadores fundamentalista de 10 ações em ordem alfabética, isto é, os critérios considerados pelos especialistas na avaliação destas alternativas. Os valores da matriz de decisão são normalizados, uma vez que as escalas dos critérios empregados para analisar as ações potenciais provem de escalas diferentes. Após a normalização de todos os valores da matriz de decisão, empregou-se o método TODIM através do programa desenvolvido em software R, considerando ainda os fatores de escala dos critérios presentes na Tabela I.

Tabela III mostra como resultado final, a classificação das 10 ações melhores classificadas de acordo com o seu valor global normalizado utilizando Equação 5, após o uso do método TODIM sobre seus os indicadores fundamentalistas.

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
1	5	5	1	1	5	5	1	5	1	5	5	1	1	5	5

Tabela I: Fatores de escala w_{rc} dos indicadores fundamentalistas

Alternativa	Critérios															
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
ABEV3	0,0	16,9	3,2	2,3	1,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
AZUL4	0,0	27,1	0,6	0,5	0,9	0,1	0,1	1,2	0,2	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4
B3SA3	0,0	28,3	5,0	4,3	1,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
BRDT3	0,1	13,6	0,2	0,3	2,8	0,1	0,3	0,6	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,3	0,1	-0,1
BRFS3	0,0	-211,8	-0,1	-1,5	1,3	0,0	-0,6	3,2	0,0	-0,2	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,6
BRKM5	0,0	6,6	1,4	0,5	0,9	0,2	0,4	3,7	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	-0,9
BRML3	0,0	15,1	7,1	9,2	1,4	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,5
BTOW3	0,0	867,8	0,0	-0,6	2,2	0,0	-0,1	1,9	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,1
CCRO3	0,0	12,6	3,1	0,6	1,2	0,1	0,1	2,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,7
CIEL3	0,2	5,6	3,4	0,3	1,1	0,3	0,5	1,3	0,0	0,1	0,3	0,5	0,0	0,2	0,2	-0,2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tabela II: Trecho da matriz de decisão composta pelo valores dos indicadores fundamentalista de 58 componentes do Ibovespa

Ranqueamento	Alternativa	Valor global normalizado
1	TAE11	1,0000
2	SMLS3	0,9956
3	CIEL3	0,9523
4	VALE3	0,9276
5	MRVE3	0,9029
6	ELET3	0,8877
7	ENBR3	0,8818
8	SUZB3	0,8699
9	CSNA3	0,8688
10	KLBN11	0,8651
⋮	⋮	⋮

Tabela III: Classificação das ações segundo o método TODIM.

V. DISCUSSÃO

O método TODIM permite a análise dos indicadores fundamentalistas por meio de uma comparação complexa dos indicadores de uma ação individual com os indicadores individuais das demais ações. O método proposto é flexível para se adaptar ao nível de importância de cada indicador fundamentalista do agente individual. Equação 2 mostra que os valores dos pesos w_{rc} tem impacto direto no resultado final do uso do método TODIM. No entanto, ressaltamos que a escolha dos valores dos pesos desse estudo é ad-hoc, realizado por especialistas, e não seguem nenhum critério específico além da experiência do próprio especialista. Os critérios utilizados pelos especialistas não fazem parte do escopo desse trabalho.

VI. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

No presente trabalho foi proposto um método de análise multicritério conhecido como TODIM para a análise de indicadores fundamentalista dos componentes do Ibovespa. A motivação foi oferecer um método para suporte ao análise multicritério para auxiliar o processo de análise de investimentos. com isso, procuramos contribuir para minimizar os custos

de análise explicitados por Benjamin Graham em 1976. Os resultados mostram, entretanto, somente uma das possíveis utilizações do método. No entanto, as classificações podem variar de acordo com diferentes parâmetros, que podem ser escolhidos conforme demanda particular do seu analista.

Para trabalhos futuros, recomenda-se duas linhas de pesquisas diferentes. A primeira linha é a substituição do especialista por algum critério menos subjetivo para a seleção de indicadores presentes dos modelos e definição dos fatores de escala. A segunda linha é o backtest do método TODIM como a partir do uso de dados históricos de indicadores fundamentalistas.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Spronk, R. E. Steuer, and C. Zopounidis, "Multicriteria decision aid/analysis in finance," in *Multiple Criteria Decision Analysis*. Springer, 2016, pp. 1011–1065.
- [2] C. Zopounidis, M. Doumpos, and D. Niklis, "Financial decision support: an overview of developments and recent trends," *EURO Journal on Decision Processes*, vol. 6, no. 1-2, pp. 63–76, 2018.
- [3] B. Aouni, M. Doumpos, B. Pérez-Gladish, and R. E. Steuer, "On the increasing importance of multiple criteria decision aid methods for portfolio selection," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 69, no. 10, pp. 1525–1542, 2018.
- [4] J. Train, "The new money masters," HARPER & ROW, PUBLISHERS., Tech. Rep., 1990.
- [5] L. Gomes and M. Lima, "From modeling individual preferences to multicriteria ranking of discrete alternatives: a look at prospect theory and the additive difference model," *Foundations of Computing and Decision Sciences*, vol. 17, no. 3, pp. 171–184, 1992.
- [6] D. Kahneman and A. Tversky, "Prospect theory: An analysis of decision under risk," *Econometrica*, vol. 47, no. 2, pp. 263–291, 1979.
- [7] L. Gomes and M. Lima, "Todim: Basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts," *Foundations of Computing and Decision Sciences*, vol. 16, no. 4, pp. 113–127, 1992.
- [8] M. C. R. Leles, E. F. Sbruzzi, C. L. N. Junior, R. F. Magalhães, and L. A. Rangel, "Analysis of the Brazilian Research Agencies using a Multicriteria Decision Aid known as TODIM," in *2019 IEEE International Systems Conference (SysCon)*. IEEE, 2019, pp. 1–8.
- [9] P. A. L. de Castro, A. R. B. Teodoro, L. I. de Castro, and S. Parsons, "Expected utility or prospect theory: Which better fits agent-based modeling of markets?" *Journal of Computational Science*, vol. 17, pp. 97–102, 2016.
- [10] L. F. A. M. Gomes *et al.*, "An application of the todim method to the multicriteria rental evaluation of residential properties," *European Journal of Operational Research*, vol. 193, no. 1, pp. 204–211, 2009.