Programação Matemática combinada com a Abordagem MCDM aplicada ao Gerenciamento de Projetos

Mirian Batista de Oliveira Bortoluzzi (UFPE) mirianbortoluzzi@gmail.com

Resumo:

Um dos assuntos críticos nas organizações refere-se à seleção de projetos e a alocação de recursos. Essas organizações são obrigadas a planejar, avaliar e controlar seus projetos de acordo com seus objetivos estratégicos e financeiro. Neste estudo, propõe-se um método híbrido em dois estágios para selecionar uma combinação ótima de projetos. O modelo proposto é composto por dois estágios e cada estágios é composto por várias etapas e procedimentos. Para tanto, foi utilizado à abordagem MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) para avaliação dos projetos e Programação Linear Inteira (IP) para selecionar o portfólio de projetos mais apropriado de acordo com os objetivos organizacionais. Finalmente, uma aplicação numérica é usada para demonstrar a aplicabilidade do método proposto e para mostrar os procedimentos. O resultado apresentou uma combinação ótima de 30 projetos entre 40 projetos candidatos, avaliados em dois critérios, demonstrando a viabilidade do modelo proposto para seleção de projetos, auxiliando no processo de tomada de decisão.

Palavras chave: Seleção de Projetos, Programação Matemática, Multicritério.

Mathematical Programming Combined with MCDM Approach Applied to Project Management

Abstract

One of the question critics in organizations is the selection of projects and a resource allocation. These organizations are required to plan, evaluate and control their projects in accordance with their strategic and financial objectives. In this study, a two-stage method is proposed to select a combination of projects. The proposal model consists of two stages and each stages is composed of several steps and procedures. For the creation of MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) decisions for project evaluation and Integer Programming (IP) to select the most appropriate project portfolio according to the organizational objectives. Finally, a numerical application is used to demonstrate an applicability of the proposed method and to show the procedures. The result presented a combination of 30 projects among 40 candidate projects, criteria in two criteria, demonstrating a viability for the project version, assisting in the decision-making process.

Keywords: Project Selection, Mathematical Programming, Multicriteria.

1. Introdução

O gerenciamento de projetos desempenha um importante papel no fortalecimento das estratégias de negócios das empresas (PADOVANI, 2007). No entanto, a implementação do gerenciamento de projetos não é algo tão simples, já que envolvem vários fatores que o torna uma tarefa complexa, fatores estes como risco, incertezas, prazo, tecnologias, recursos e o processo de tomada de decisão entre outros. Consequentemente, dentre estes fatores o processo de tomada de decisão é uma das características desafiadoras para o gerenciamento de projetos (CARVALHO, LAURINDO 2003).

Diante deste contexto, abordagem MCDM conforme Almeida (2013) consiste em explicar o processo decisório, ajudando e orientando o decisor na estruturação, avaliação e escolha das alternativas do problema em questão. E essa abordagem combinada com a programação matemática, mas especificamente a programação linear inteira, fornece uma ferramenta para auxiliar no processo de tomada de decisão, já que estas duas áreas combinadas podem ser aplicadas em Investimentos Financeiros, ou seja, a aplicação combinada dessas duas abordagens pode auxiliar na análise de riscos de créditos, para projetar investimentos, etc. Pode-se, por exemplo, querer saber quais ações deve compor uma carteira de investimento de modo que os beneficios dos projetos avaliados em multicplos critérios sejam máximos e sejam respeitadas as previsões de lucratividade e as restrições governamentais e orcamentaria.

Diante desta perspectiva, o objetivo deste artigo, é apresentar um modelo que combinada à abordagem MCDM com a programação linear inteira, para auxiliar no processo de tomada de decisão em problema de decisão de investimento financeiro.

Para tanto, este artigo compõe-se de 6 seções, sendo que nesta 1ª seção é apresentada a introdução; na 2ª apresenta-se breve revisão sobre a gerenciamento de projetos, abordagem MCDM, e a programação matematica, dando enfase a programação, na 3ª seção apresenta-se o modelo de apoio à decisão, focando na seleção de Decisão de Investimeto na 4ª seção apresenta-se aplicação do modelo proposto, mediante a apresentação dos resultados obtidos a partir da um caso da literatura apresentado por Xidonas et al (2016) para uma empresa do setor de Investimento, que busca selecionar projetos para qual deseja investir, e a analisa dos resultados obtidos são apresentado na 5ª seção . Por fim, na 6ª seção têm-se conclusões do estudo.

2. Revisão de Literatura

Nesta seção faz-se uma breve revisão bibliográfica sobre os conceitos de Gerenciamento de Projetos, abordagem MCDM e Programação Matemática.

2.1 Gerenciamento de Projetos

O gerenciamento de projetos consiste na identificação dos requisitos, na adaptação do projeto as diferentes necessidades das partes interessadas durante todas as fases de gerenciamentos. Todo o processo de gerenciamento possui técnicas, ferramentas essenciais para o sucesso de um projeto, tais como escopo, cronograma, orçamento, plano de recurso e risco. (PMI, 2008). Um projeto pode ser definido como o esforço temporário para desenvolver um produto ou serviço, sendo esses importantes meios estratégicos para transformar uma ideia em resultados concreto para as organizações (ALMEIDA ,2013).

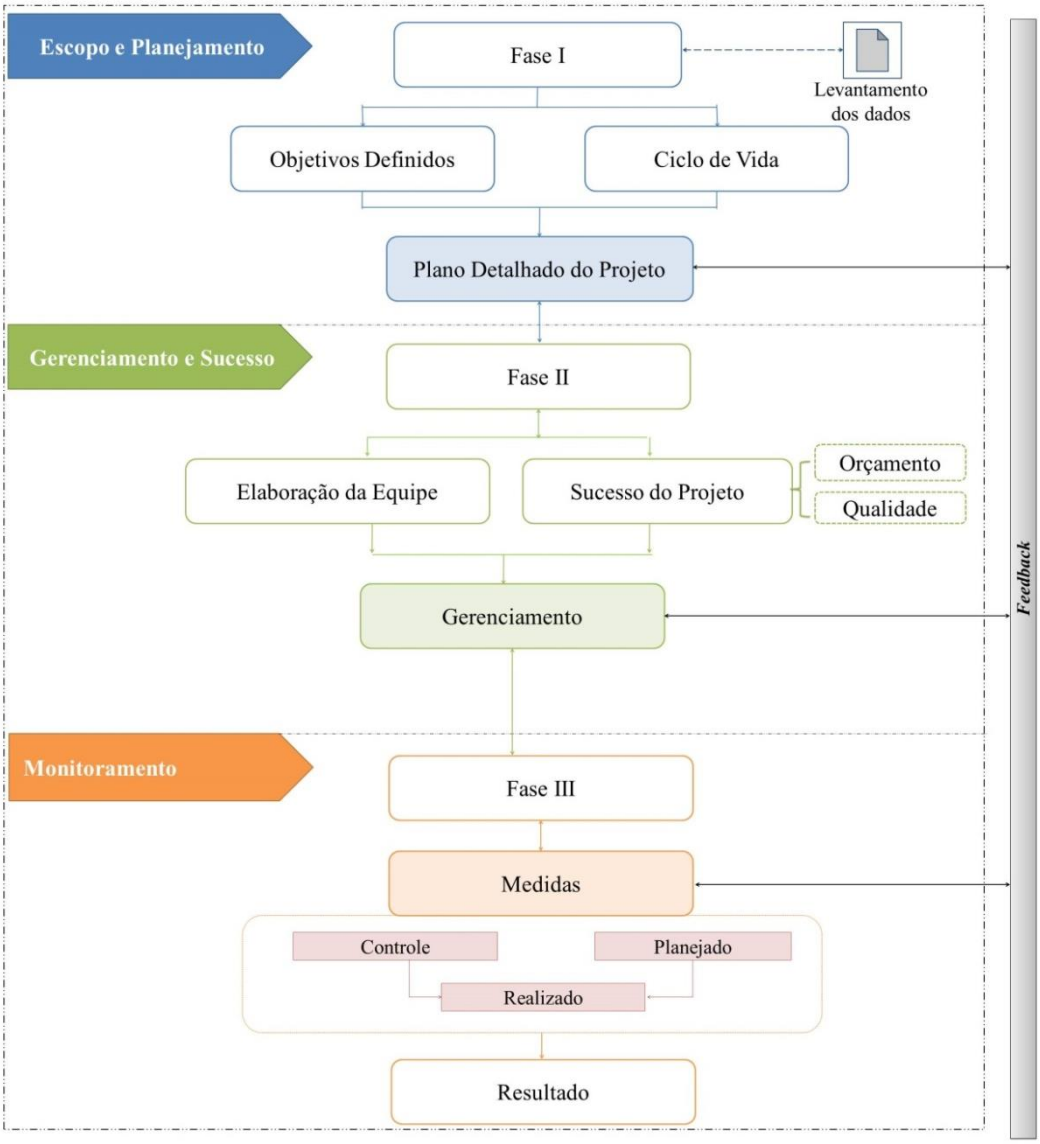
Nesse sentido, portfólio é um grupo de projetos e/ou programas e outras tarefas que são associados para auxiliarem no alcance dos objetivos estratégicos de maneira efetiva, tendo como principal objetivo garantir que estes sejam avaliados de forma a priorizar a distribuição dos recursos, mantendo consistência e alinhamento às estratégias da organização (ALMEIDA

et. al., 2015). Apesar de ser uma área de pesquisa bem desenvolvida, grandes desafios são continuamente impostos ao gerenciamento de portfólio de acordo com Doerner e Gutjahr (2004), pois as empresas possuem um grande número de projetos que excedem seu orçamento, sofrem atrasos ou falham em alcançar seus objetivos específicos (MESKENDAHL, 2010).

Diante deste contexto, a eficácia do gerenciamento de projetos depende do equilíbrio entre os projetos que estão sendo executados e as novas perspectivas estratégicas por meio da combinação de projetos e os recursos disponíveis para cada projeto. Assim, o processo de decisão no gerenciamento de projetos envolve várias questões relacionadas a situação financeira da organização (MESKENDAHL, 2010).

Nessa perspectiva, cada etapa (Figura 2) do gerenciamento do projeto deve ser realizada da melhor forma possível, para que atenda as metas e objetivo da organização. O gerenciamento de projeto, pode ser definido em 3 estágios e cada estágios tem varias etapas a serem seguida para que se obtenha os resultados de um bom gerenciamento (PMI, 2008).

Para a sua eficiência, o gerenciamento de projeto segue uma sequência cronológica que consiste em fases interdependentes, a saber: (i) o escopo e planejamento que consiste em definir os objetivos de cada projeto, bem como o ciclo de vida, e como resultado dessa etapa surge o plano detalhado de cada projeto; (ii) É o estagio de Gerenciamento e Sucesso, que consiste na elaboração da equipe e dos mecanismo necessario para o sucesso do projeto; (iii) E o ultimo estagio é de monitoramento,esta fase consiste na avaliação dos resultados dos projetos (PMI, 2008).



Fonte: Adaptado de PMI (2008)

Figura 1 – Gerenciamento de Projetos

Os projetos devem ser selecionados considerando sua importância e contribuição para a estratégia organizacional, essa análise deve considerar características de objetivos conflitantes, possíveis interdependência entre projetos, elevado número de combinações de portfólio, no entanto há a inviabilidade destas combinações, já que cada projeto consome parte dos recursos que são limitados. Em relação a característica verifica-se a importância de estruturar a seleção de portfólio, contemplando a identificação dos projetos, dos benefícios dos projetos e estimativas de risco.

2.2 Abordagem MCDM

De acordo com Almeida et. al. (2013) um problema de decisão multicritério consiste numa situação, onde há pelo menos duas alternativas de ação para se escolher e esta escolha é conduzida pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si. Estes objetivos estão associados ás consequências da escolha pela alternativa a ser seguida. A estes objetivos são associadas variáveis que representam e permitem a avaliação de cada alternativa, com base em cada objetivo. Estas variáveis podem ser chamadas de critérios,

atributos ou dimensões (Almeida, 2013). Keeney e Raiffa (1968) apresentam uma visão para o problema de avaliação multicritério, mostrando que qualquer consequência em uma decisão é mais naturalmente descrita por médio de um vetor que representa valores.

Os Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDM – Multi-criteria Decision Making) permite realizar a escolha, ordenação ou classificação de uma ação baseada na avaliação de mais de um critério, que podem ser conflitantes entre si, através da avaliação de suas consequências (Almeida, et. al., 2015). Esses critérios tem a função de representar os objetivos que o tomador de decisão tem com a resolução do problema através de um método multicritério, sendo que as consequências e as avaliação desses critérios estão ligadas com a subjetividade desse decisor (ALMEIDA, 2013).

Existem diversos métodos difundidos e utilizados na área de Multicritério, dentre eles pode-se citar: *Analytic Hierarchy Process* (AHP, desenvolvido por (Saaty, 1980)) *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE), *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings* (SMART) e *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings* (SMARTER), *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), entre outros (ALMEIDA, 2013).

No contexto do MCDM, o objetivo em um problema de decisão de Investimento é escolher o subconjunto Itens (Ativos, ou Projetos) que possua o maior valor para o decisor. Grande parte da literatura aborda o valor de um portfólio como a soma das dos valores dos projetos incluídos no portfólio (Almeida, 2013; Almeida e Duarte, 2011; Santhanam e Kyparisis, 1996; Liesio et al, 2008; Almeida, 2013). Busca-se, então, escolher o elemento de P que possui o maior valor esperado.

De forma exaustiva, o valor para cada portfólio de projetos deve ser calculado e o os projetos ranqueados de forma a selecionar-se o portfólio com o maior valor; porém, esse esforço não é trivial quando o número de projetos e consequentemente o número de portfólios aumenta.

2.2 Programação Matemática

Em problemas típicos de engenharia, há uma busca constante para encontrar a melhor solução para o problema, havendo sempre um trade-off entre lucro e custo, pois neste contexto, busca-se maximizar o lucro ou beneficio e ao mesmo tempo minimizar os custos, assim podem ser obtidas várias, ou possivelmente infinitas, soluções. Sendo assim, Em um problema de otimização, que é o foco deste estudo, uma área dentro da programação matemática, deseja-se obter um portfolio ótimo, maximizando uma função a qual denominamos função objetivo (PUCCINI, 1972). Isto deve ser realizado através da determinação dos parâmetros que definem o sistema. Estes parâmetros são chamados de variáveis de decisão (TAHA, 2008). Na maioria dos problemas encontraremos restrições impostas para que a solução seja admissível ou viável, devido às leis físicas da natureza, leis políticas, limitações de orçamento, etc. (MOREIRA, 2010).

Diante deste contexto, a programação Matemática é a disciplina que estuda a minimização de funções em problemas com ou sem restrições (PRADO, 2008). Nesse estudo o foco é dado para a programação linear inteira, que é um problema de programação matemática estática onde a função objetivo e as restrições são funções lineares. O modelo de programação linear de acordo com Puccini (1972) consiste em:

$$Otimizar\ z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

$$S.a \begin{cases} g_1 \\ \vdots \\ g_m \end{cases} \{(x_1, x_2, \ldots, x_n)\} \begin{cases} \leq b_1 \\ = b_2 \\ \leq b_m \end{cases} \quad (2)$$

Onde: n é o número de variáveis, m é o número de restrições do problema.

O x é um ponto do R^n sobre o qual são impostos os limites mínimos e máximos (restrições laterais), *f(x)* é a função a ser minimizada e as funções g representam as restrições de igualdade e desigualdade. (HILLIER, LIEBERMAN, 2006)

Um ponto que satisfaça todas as restrições é denominado um ponto viável e o conjunto de todos os pontos que satisfaçam todas as restrições é conhecido como região viável. Uma restrição de desigualdade define uma fronteira que divide o R^n em uma região viável e outra inviável (PUCCINI, 1972).

Uma vez obtido o modelo linear, constituído pela função objetivo (linear) e pelas restrições (lineares), os algoritmos matemáticos da programação linear se incubem de processar a escolha da solução ótima, ou seja, uma solução que satisfaça simultaneamente todas as restrições do problema e otimize a z (PRADO, 2008; HILLIER, LIEBERMAN, 2006).

3. Metodologia

As etapas para a realização da pesquisa foram quatro: o levantamento bibliográfico, a construção do modelo proposto e a aplicação do modelo através de um caso da literatura conforme Figura 2.

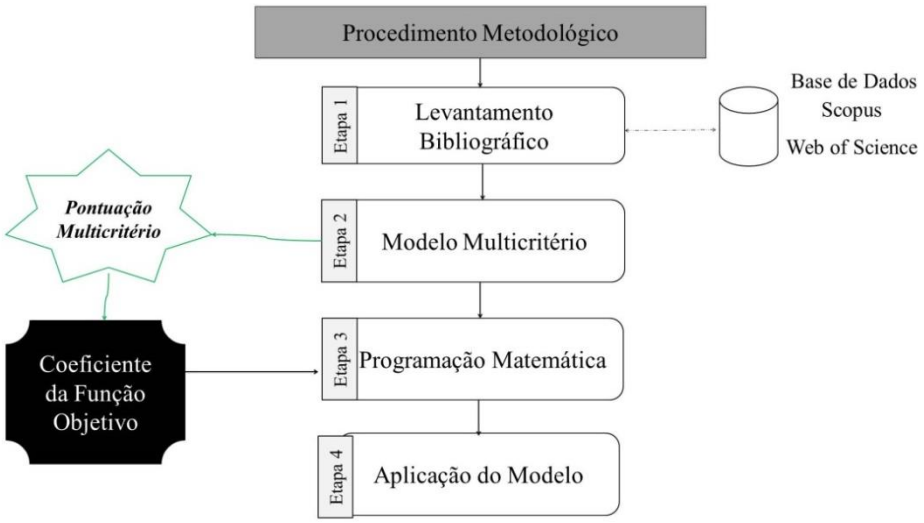


Figura 2 – Procedimento Metodológico

Na primeira etapa fez-se um levantamento bibliográfico para se obtiver um maior conhecimento acerca do tema e auxiliar no levantamento inicial dos aspectos relevantes, tais aspectos relevantes foram para a construção dos modelos multicritérios e a modelagem matemática.

Na segunda etapa, foi feito, a construção do modelo combinado à abordagem multicritério e programação matemática. Após realizar a definição de um problema de investimento e analise da disponibilidade de recurso, um conjunto de projetos avaliados por critérios, o que caracteriza um problema multicritério e na terceira etapa, que consiste em combinar os projetos de forma a obter maior beneficio, há a limitação de recurso, assim a programação matemática auxilia na melhor forma de combinar os projetos.

E a quarta etapa e ultima etapa, foi realizada a aplicação do modelo, no qual utilizou uma aplicação da literatura, cujo, os dados de input do problema foi de Xidonas et. al (2016), que apresenta um conjunto de projetos avaliados por dois criterio, que um banco deseja selecionar para investir, e uma restrição de orçamento.

4. Modelo Proposto

O modelo proposto para seleção de projetos utiliza uma abordagem combinada entre MCDM e a programação Linear Inteira. Neste modelo proposto utiliza-se uma única restrição para o problema de Decisão de Investimento, a restrição de orçamento para investimento nos projetos.

O modelo proposto constitui-se de dois estágios principais, a saber: (i) Calcula o valor utilitário de todos os projetos através da abordagem MCDM; (ii) Executa a programação linear inteira, encontrando a combinação de projetos que maximiza o retorno, conforme apresentado na Figura 3.

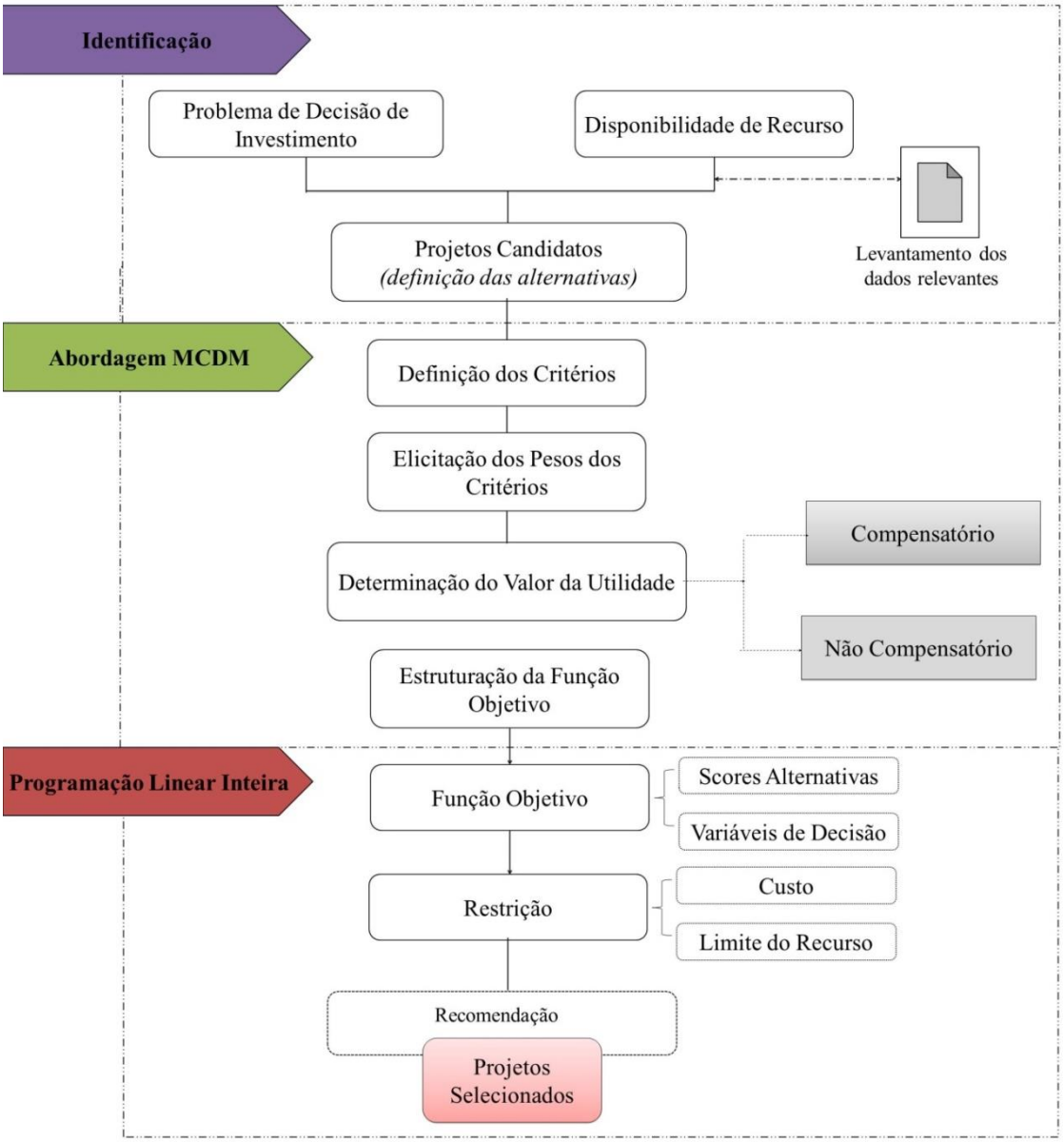


Figura 3 – Estágio do Modelo

5. Aplicação Numérica

Para demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto na seção anterior, uma aplicação numérica foi desenvolvida no contexto de problema de decisão de investimento, onde um banco analisa um conjunto de projetos que pretende investir, no entanto o orçamento para o investimento é limitado, dados baseado em Xidonas et. al (2016), assim o investidor pretende-se selecionar, dentre um conjunto de quarenta projetos, o portfólio de maior valor multiatributo que satisfaça as restrições impostas ao problema. Os projetos foram avaliados de acordo com dois critérios: o Valor Presente Líquido (VPL), que representa a dimensão econômica; e a Responsabilidade corporativa ambiental (EECR), que diz respeito aos investimentos favoráveis ao meio ambiente. A Tabela 1 apresenta a matriz de desempenho dos projetos.

#Item	NPV ($)	EECR	Custo	# Item	NPV ($)	EECR	Custo ($)
P1	2.500,00	12,97	5.930,00	P21	53.100,00	15,39	26.190,00
P2	49.800,00	14,66	5.083,00	P22	51.400,00	17,13	161.010,00
P3	8.300,00	9,76	5.000,00	P23	460.100,00	5,76	353.420,00
P4	636,00	6,23	3.386,00	P24	422.800,00	8,93	184.410,00
P5	244.600,00	6,99	19.187,00	P25	146.900,00	16,12	87.910,00
P6	36.700,00	14,64	37.500,00	P26	477.100,00	12,38	614.620,00
P7	14.100,00	7,1	6.070,00	P27	431.600,00	7,19	277.040,00
P8	22.500,00	11,92	23.030,00	P28	208.500,00	21,95	158.790,00
P9	261.300,00	11,81	190.000,00	P29	324.400,00	4,7	1.410.180,00
P10	455.000,00	21,59	422.670,00	P30	324.100,00	18,07	533.640,00
P11	696.800,00	13,64	415.000,00	P31	603.200,00	7,75	529.130,00
P12	53.900,00	13,59	39.330,00	P32	648.800,00	4,54	396.670,00
P13	238.900,00	3,86	95.330,00	P33	179.600,00	19,18	123.640,00
P14	3.400,00	9,62	5.630,00	P34	220.000,00	15,85	149.770,00
P15	600,00	40	7.370,00	P35	204.300,00	22,01	93.050,00
P16	74.600,00	2,95	37.670,00	P36	352.100,00	4,04	311.780,00
P17	4.900,00	25,87	30.100,00	P37	223.000,00	19,39	772.970,00
P18	12.500,00	5,25	5.700,00	P38	228.800,00	17,81	117.580,00
P19	389.900,00	11,39	909.310,00	P39	428.500,00	12,86	190.870,00
P20	378.100,00	11,67	160.300,00	P40	516.100,00	5,85	262.030,00

Fonte: Adaptado de Xidonas et al. (2016)

Tabela 1 – Input do problema

No que tange à avaliação multicritério dos projetos, as constantes de escala elicitadas com base em uma escala intervalar foram: 0,5 (VPL) e 0,5 (EECR) Há uma restrição orçamentária de € 3 Milhões.

A Figura 4 apresenta, a variação da agregação dos critérios pela função valor, através da abordagem MCDM, uma racionalidade compensatória foi aplicada. Pode se observar que os projetos P10, P11, P15 e P30 apresenta as maiores pontuação.

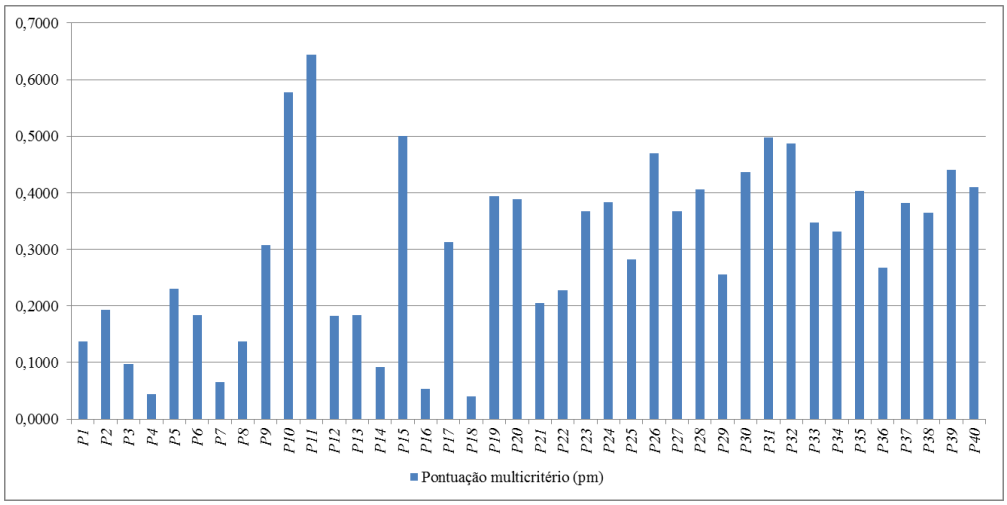


Figura 4 – Estágio do Modelo

Assim, a modelagem matemática do problema, consite em maximizar o valor da função objetivo, que foi construida com a pontuação multicriteiro (pm_i), sujeito a restrição de orçamento (b), onde c_i é os custos de todos os projetos, e x_i é a variavel binaria que indica se x_i=1o projeto é incluido no portfolio e se x_i=0 o projeto não é incluido no portfolio, logo a formulação matematica consiste em:

$$\max z = pm_1 x_1 + pm_2 x_2 + pm_3 x_3 +, \dots, + pm_{40} x_{40} \quad (3)$$

$$S.a\ c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 +, \dots, + c_{40} x_{40} \leq 3\,000.000{,}0 \quad (4)$$

$$x_i \in [0,1]$$

O procedimento de otimização foi resolvido usando o solver ferramenta do Excel, a figura 5 apresenta a tela principal, no qual são inserido os parâmentros necessario para obter a otimização.

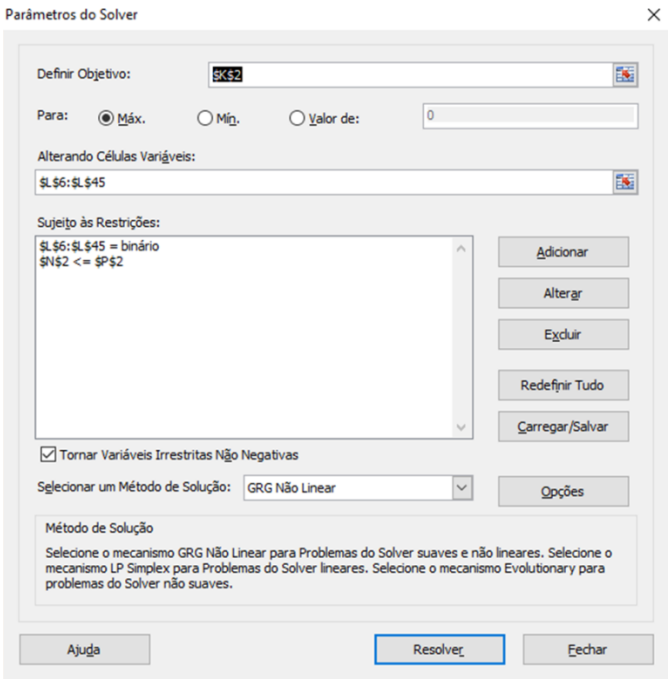


Figura 5 – Tela Solver-Procedimento de Otimização

Como resultado do procedimento de otimização, o solver encontrou uma solução de números inteiros dentro da tolerância Ɛ=0,0000001, e a restrição foi satisfeita. Como solução o valor máx. z = 8,812, e a restrição foi atendida em 2.923.906,00 ≤ 3.000.000,00, e o conjunto de projetos selecionado foi 30 projetos dos 40 projetos candidatos.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de projetos candidados, o rank dos projetos de acordo com a pontuação multicriterio, e o custo de cada projeto. E por fim apresenta os projetos selecionados pela otimização combinatioria onde 1 representa os projetos que foram selecionado e 0 os projetos que não foram selecionados para compor o protfolio otimo. Assim, como resultado observa que o Projeto P11, está na posição 1, ja que apresenta a maior pontuação multicritério. E o portfolio otimo é composto por 30 projetos, com um custo de € 2,92 milhões.

#Item	Rank	Pontuação multicritério (pm)	Custo $)	# Item Selecionados	#Item	Rank	Pontuação multicritério (pm)	Custo $)	# Item Selecionados
P1	34	0,170	5.930,00	1	P21	28	0,236	26.190,00	1
P2	29	0,225	5.083,00	1	P22	27	0,258	161.010,00	1
P3	35	0,132	5.000,00	1	P23	16	0,392	353.420,00	0
P4	39	0,081	3.386,00	1	P24	14	0,408	184.410,00	1
P5	26	0,260	19.187,00	1	P25	23	0,311	87.910,00	1
P6	31	0,215	37.500,00	1	P26	6	0,490	614.620,00	0
P7	37	0,102	6.070,00	1	P27	17	0,391	277.040,00	1
P8	33	0,170	23.030,00	1	P28	10	0,429	158.790,00	1
P9	22	0,334	190.000,00	1	P29	25	0,285	1.410.180,00	0
P10	2	0,594	422.670,00	0	P30	8	0,458	533.640,00	0
P11	1	0,658	415.000,00	1	P31	3	0,517	529.130,00	0
P12	30	0,214	39.330,00	1	P32	5	0,507	396.670,00	0
P13	32	0,215	95.330,00	1	P33	19	0,373	123.640,00	1
P14	36	0,127	5.630,00	1	P34	20	0,358	149.770,00	1
P15	4	0,519	7.370,00	1	P35	11	0,427	93.050,00	1
P16	38	0,090	37.670,00	1	P36	24	0,296	311.780,00	0
P17	21	0,339	30.100,00	1	P37	15	0,406	772.970,00	0
P18	40	0,077	5.700,00	1	P38	18	0,389	117.580,00	1
P19	12	0,417	909.310,00	0	P39	7	0,463	190.870,00	1
P20	13	0,412	160.300,00	1	P40	9	0,432	262.030,00	1

Tabela 2 – Resultada do MCDM e da programação linear Inteira

6. Conclusão

Conclui-se que eficácia do gerenciamento de projetos depende do equilíbrio entre os projetos que estão sendo executados e as novas perspectivas estratégicas por meio da combinação de projetos e os recursos disponíveis para cada projeto. Assim, o processo de decisão no gerenciamento de projetos envolve várias questões relacionadas a situação financeira da organização.

O modelo proposto oferece uma alternativa ao uso de métodos complexos para selecionar projetos de investimento que combina método multicritério e a programação matemática.

Em relação à aplicação, buscou-se demonstrar um modelo adequado para o problema de decisão de investimento em projetos com racionalidade compensatória. O uso do modelo auxilia o decisor, contribuindo para uma maior confiança sobre a combinação de projetos escolhida, a exemplo da aplicação da literatura em uma empresa do setor de investimento.

Com a aplicação verifica-se que a partir dos 40 (vinte) projetos canditados para o banco selecionar para investir, avaliados por 2 (dois) critérios, foram selecionados 30 (trinta) projetos, com um custo de aproximadamente € 2,92 milhões.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se considerar a possibilidade de incorporar outras restrições além da orçamentária aqui proposta, e incluir novos critérios para ver o comportamento do modelo e fazer aferição do resultado.

Referências

ALMEIDA, A.T.: Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério. São Paulo: Editora Atlas (2013).

ALMEIDA, A.T.de, Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério, Editora Atlas, São Paulo, 2013. Almeida, A.T. de, Cavalcante, C.A.V., Alencar, M.H., Ferreira, R.J.P., Almeida-Filho, A.T. e Garcez T.V. Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis. International Series in Operations Research & Management Science. Vol 231. New York: Springer, 2015.

ALMEIDA, A.T.; DUARTE, M.D.O. (2011). A multi-criteria decision model for selecting project portfolio with consideration being given to a new concept for synergies. Pesquisa Operacional, 31:301-318.

CARVALHO, M. M.; LAURINDO, F. J. B. Estratégias para a competitividade. São Paulo: Futura, 2003.

CARAZO, A.F., GOMEZ, T., MOLINA, J., HERNANDEZ-DIAZ, A.G., GUERRERO, F.M. CABALLERO, R. (2010). Solving a comprehensive model for multi-objective project portfolio selection. Computers & Operations Research, 37, 630-639.

EDWARDS, W, BARRON, F.H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multi-attribute Utility Measurement. Organizational Behavior and Human Decision Processes, v.60, p.306-325.

INIESTRA, J.G., GUTÍERREZ, J.G. (2009). Multicriteria decisions on interdependent infrastructure transportation projects using an evolutionary-based framework. Applied Soft Computing, vol. 9, pp. 512-526.

HILLIER, F. S. LIEBERMAN, G. J. Introdução à pesquisa operacional. 8. ed. Tradução A. Griesi. São Paulo, McGraw-Hill. 2006.

LIESIO, J., MILD, P., SALO, A. (2008). Robust portfolio modeling with incomplete cost information and project interdependencies. European Journal of Operational Research, vol.190, 679–695.

MESKENDAHL, S. (2010). The influence of business strategy on project portfólio management and its success - A conceptual framework. International Journal of Project Management, v.28(8), p. 807-817.

MOREIRA, D. . Pesquisa Operacional Curso Introdutório. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

MORTON, A. (2010). On the choice of baselines in portfolio decision analysis. Working Paper LSEOR 10.128, LSE Management Science Group.

PADOVANI, M., Apoio à decisão na seleção do portfólio de projetos / uma abordagem híbrida usando os métodos AHP e programação inteira / M. Padovani. – São Paulo, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção, pp. 267. 2007.

PRADO, D. Programação Linear. Belo Horizonte: MG Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999 (reimpresso em 2008).

PUCCINI, A. L. Introdução a programação linear. Rio de Janeiro, 1972.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE - PMI. The standard for Portfolio management. 3. ed. Project Management Institute, (2008).

SANTHANAM, R. E KYPARISIS, J. (1996). A Decision Model for Interdependent Information System Project Selection. European Journal of Operational Research, v.89, 380-399.

SILVA, E. M. et al. Pesquisa Operacional Para os Cursos de Administração e Engenharia. São Paulo: Atlas, 2010.

STUMMER, C. E HEIDENBERGER, K. (2003). Interactive R&D portfolio analysis with project interdependencies and time profiles of multiple objectives. IEEE Trans Eng manage; 50(2):175– 83.

TAHA, H. A. Pesquisa Operacional. São Paulo: Pearson Prentice Hall; 2008.

KEENEY, R.L RAIFFA, H. Decision with Multiple Objectives: Preferences and value trade-offs. John Wiley & Sons, 1976.

XIDONAS, P. et al. Environmental corporate responsibility for investments evaluation: an alternative multi-objective programming model. Ann Oper Res (2016) 247:395–413 DOI 10.1007/s10479-015-1820-x. 2016.