

USO DO CONCEITO C-OPTIMAL PARA SELEÇÃO DE PORTFOLIO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL COM BASE NO MÉTODO MULTICRITÉRIO PROMETHEE V

Lucas Borges Leal da Silva

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE
lucasbls93@hotmail.com

Jonatas Araújo de Almeida

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
Rodovia BR-104, km 59, s/n – Nova Caruaru – Caruaru – PE
jonatasaa@yahoo.com.br

Adiel Teixeira de Almeida

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária – Recife – PE
almeidaatd@gmail.com

RESUMO

O processo de planejamento e seleção de portfólios numa organização normalmente é confrontado com problemas relativos ao aspecto de decisão dos projetos a serem implantados considerando a limitação de recursos. Desse modo, para a organização tomar uma decisão adequada, é importante integrar a visão estratégica da organização com a seleção de portfólios que atendam às necessidades de mercado, que se renovam constantemente. Diante dessa necessidade, o segmento da construção civil possui envolvimento de muitos *stakeholders*, com posicionamentos diferentes ou até conflitantes, fato que requer um considerável esforço para realizar uma boa seleção de projetos. Este presente artigo apresenta uma metodologia para a seleção de portfólios, sendo o modelo baseado no método PROMETHEE V com o uso do conceito de portfólio c-ótimo, aplicado a um problema simulado na área da Construção Civil e fornecendo melhores resultados que o modelo com o PROMETHEE V tradicional.

PALAVRAS CHAVE. Seleção de portfólio, PROMETHEE V – C-Optimal, Construção Civil.

Área principal (Apoio à Decisão Multicritério, Outras aplicações em PO)

ABSTRACT

The process of planning and selection of portfolios at an organization is usually confronted with problems concerning the decision aspect of the projects to be implemented considering the limited resources. Thus, a proper decision at an enterprise is related to integration between the strategic vision of the organization and the portfolio selection that meet market needs, which are constantly being renewed. Considering this, the construction industry have had involvement of many stakeholders with different even conflicting positions, and that requires considerable effort to make a good selection of projects. This article presents a methodology for portfolio selection, with the model based on PROMETHEE V method using the concept of c-optimal portfolio, applied to a simulated problem in Construction Industry and providing better results that contribute than the obtained from the model using PROMETHEE V traditional.

KEYWORDS. Portfolio Selection, PROMETHEE V – C-Optimal, Construction Industry.

Main area (Multicriteria Decision Support, Other applications in OR)

1. Introdução

O cenário competitivo atual tem exigido das organizações cada vez mais agilidade e eficácia para respostas a alterações no ambiente de negócios. Neste contexto, a seleção e gestão de projetos têm obtido cada vez mais importância, dado que estão intimamente ligadas ao processo de tomada de decisões estratégicas. As pessoas, seja em sua vida pessoal ou profissional, se deparam com esse processo ao qual está associada uma diversidade – às vezes imperceptível – de recursos humanos, tecnologias e outros fatores presentes no dia-a-dia. Por certas vezes, configura-se como algo simples. Entretanto, de acordo com Clemen e Reilly (2001), muitas decisões são difíceis por sua natural complexidade, incerteza inerente, objetivos conflitantes e resultados dependentes de diferentes perspectivas. Fatores comportamentais e o conhecimento especializado do decisor podem também influenciar o processo decisório.

Para Xavier et. al, (2014) os projetos são selecionados com base na oportunidade, nas demandas do cliente ou nas necessidades internas de um modo geral. Segundo o PMI (2013) a seleção de projetos é parte do alinhamento estratégico do portfólio da organização, que reflete a direção dos esforços da mesma em termos de projetos.

Lacerda e Martens (2014) afirma que um processo estratégico definido estabelece, por meio do plano, suas metas e objetivos estratégicos, alinhado com as perspectivas da empresa, sendo deste modo perceptível o impacto da decisão de seleção de projetos sobre o futuro da organização.

Nesse contexto, segundo a FIESP (2014) o segmento de construção civil se apresenta com participação no PIB brasileiro de 5,4% e mais de dois milhões de trabalhadores de acordo com dados do IBGE de 2013, apresentando grande importância socioeconômica e estratégica para o desenvolvimento do país. De acordo com Alencar e Santana (2010), a cadeia produtiva da construção civil e seu macrosetor inclui toda a complexa cadeia de atividades ligadas à construção, seja como fornecedora de insumos industriais ou como prestadora de serviços do setor.

Isto mostra que o impacto desta decisão afeta não apenas as empresas, mas a sociedade em geral.

Segundo PMI (2013), a gestão de portfólio busca selecionar os projetos que mais contribuem para o alcance dos objetivos estratégicos. Para o PMI (2008) na construção civil ainda existem fatores relacionados à variedade de stakeholders, questões ambientais, incerteza do ambiente de atuação, variedade de recursos envolvidos e a segurança das equipes. Almeida et al (2015) fornece algumas abordagens para tratamento de riscos em processos.

Diante desses fatores, é possível analisar que a estratégia da organização dificilmente será resumida em um critério. Em função da presença massiva da necessidade de decisão, se faz válido o estudo do processo de análise da tomada de decisão, bem como de uma consequência direta deste estudo: o desenvolvimento de métodos de apoio multicritério à decisão (MCDA).

É válido ressaltar que já se encontra consolidado na literatura a utilização de métodos multicritério na seleção de portfólios de projetos (Almeida et al, 2014; Lima et al, 2014; Lopes e Almeida, 2014; Moraes e Laurindo, 2003; Padovani et al, 2010; Vetschera e Almeida, 2012).

Este trabalho baseia-se no método multicritério de apoio à decisão PROMETHEE V (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), escolhido por sua forte aplicabilidade na seleção de portfólios e cuja abordagem é voltada para seleção de portfólios e propõe-se um modelo de seleção, como alternativa que utiliza a racionalidade não compensatória (Brans e Mareschal, 1992). Para corrigir um problema de escala do PROMETHEE V apresentado por Almeida e Vetschera (2012), foi utilizado o conceito de portfólio c-ótimo proposto por Vetschera e Almeida (2012).

Este artigo está dividido em quatro seções. A segunda seção apresenta a fundamentação teórica, onde é exposta a estruturação do método PROMETHEE V, suas limitações e distorções, e a apresentação do conceito de portfólio c-ótimo. A terceira seção apresenta o modelo proposto para seleção de portfólios de projetos. Por fim, com o auxílio do sistema de apoio à decisão (SAD), os resultados obtidos são discutidos para um problema simulado de seleção de portfólio de projetos de construção civil e algumas considerações finais sobre aspectos relacionados ao

modelo são realizadas nas seções 4 e 5, evidenciando o objetivo a ser alcançado, que se trata de apresentar uma nova abordagem de seleção de portfólio de projetos aplicado, adequada ao contexto da Construção Civil.

2. Seleção de portfólio com Método PROMETHEE V

Salo (2011) mostra uma visão geral sobre métodos de seleção de portfólio de projetos, mas a maior parte dos trabalhos apresentados na literatura utilizam modelos com racionalidade compensatória. Para problemas de seleção de portfólio com a racionalidade não compensatória existem os modelos que fazem uso do método PROMETHEE V.

2.1 Método PROMETHEE V clássico

O método utilizado para a análise consistena construção de uma relação de sobreclassificação para posterior agregação de informações entre as alternativas e os critérios, e exploração dessa relação para apoio à decisão. De acordo com Brans e Vincke (1985), para cada critério, o decisor estabelece um peso que aumenta quanto maior for o seu grau de importância em relação aos outros critérios do problema. O modelo permite usar seis tipos diferentes de critério para definir como o decisor pode representar suas preferências. Assim, com base nas comparações par-a-par de cada critério, os fluxos de entrada e saída são calculados para a primeira versão do PROMETHEE e o fluxo líquido é obtido na segunda versão. O método PROMETHEE V, voltado para a seleção de portfólios de projetos, é desdobrado em duas etapas, segundo Brans e Mareschal (1992):

1ª etapa: avaliação dos projetos através do método PROMETHEE II, em que os mesmos são avaliados através de comparações par-a-par, gerando fluxos líquidos ordenados de forma descendente sendo $\varphi_{(a_i)}^+$ o fluxo de saída ou fluxo positivo da alternativa a_i e $\varphi_{(a_i)}^-$ o fluxo de entrada ou fluxo negativo da alternativa a_i . O fluxo líquido é calculado através da diferença entre eles:

$$\varphi_{(a_i)} = \varphi_{(a_i)}^+ - \varphi_{(a_i)}^- \quad (1)$$

2ª etapa: consiste em maximizar a soma dos fluxos líquidos adaptados para uma programação linear através do problema da mochila (programação linear inteira), admitindo restrições de recursos da organização, principalmente as orçamentárias.

$$\max \sum_{i=1}^n \varphi_{(a_i)}' x_i \quad (2)$$

Onde $\varphi_{(a_i)}'$ representa o fluxo líquido adaptado da alternativa a_i .

O modelo descrito pode lidar com múltiplas restrições – sendo a mais como a de recursos – e estas são caracterizadas, de forma genérica, a seguir:

$$\sum_{i=1}^n r_i x_i \leq B \quad (3),$$

Sendo r_i os recursos requisitado pelo projeto – a ser incluído ou não no portfólio – e B como o limite ou restrição do total de recursos do portfólio recomendado.

Para o estudo realizado neste artigo, será considerada apenas uma restrição (neste caso, de orçamento) para simplificação do mesmo, embora possa ser expandido para múltiplas restrições.

2.2 Problemas de escala no método PROMETHEE V

Como já foi observado por Mavrotaset al (2006), o método PROMETHEE V como modelo de seleção de portfólios de projetos apresenta um aspecto importante a ser analisado quanto aos fluxos líquidos das alternativas. Algumas possuem fluxos líquidos positivos, enquanto outras possuem negativos. Esta observação não havia sido abordada no estudo anterior do PROMETHEE V, uma vez que o procedimento de otimização inteira interpreta que uma alternativa com fluxos líquidos negativos traria prejuízos para a decisão na função objetivo. Então os sinais de todos os fluxos líquidos deveriam ser não negativos na função objetivo durante a etapa do problema da mochila, onde os projetos serão ou não selecionados. Para corrigir este problema, deveriam ser transformados todos os fluxos líquidos (obtidos pelo PROMETHEE II) em valores não negativos através da seguinte escala de transformação:

$$\varphi'_{(a_i)} = \varphi_{(a_i)} + |\min_i(\varphi_{(a)})| \quad (4),$$

paramin_i($\varphi_{(a)}$) o menor valor do fluxo líquido – sendo este negativo – levando em conta todas as alternativas.

Mesmo com a correção de Mavrotasetal (2006), um problema podia ser verificado com a escala de transformação: a alternativa com o menor fluxo líquido teria fluxo líquido adaptado igual a zero, o que significa que ela não entraria no portfólio, pois nada acrescentaria à decisão no procedimento de otimização. Dessa forma, para que todas as alternativas contribuam para o aumento da função objetivo, é necessário considerar uma transformação de escala como a descrita abaixo, considerando um acréscimo δ , possuindo este um valor pequeno (Almeida e Vetschera, 2012).

$$\varphi'_{(a_i)} = \varphi_{(a_i)} + |\min_i(\varphi_{(a)})| + \delta \quad (5)$$

2.3 Uso do conceito de portfólio c-ótimo

Almeida e Vetschera (2012) comprovaram que a mudança de escala leva a outra distorção, uma vez que a equação (5) pode levar a recomendação de portfólios diferentes, a depender do valor adotado de δ . Os autores explicaram que as transformações lineares de escalas – como vistas nas equações (4) e (5) – não mudam os resultados do PROMETHEE II, enquanto podem mudar os resultados de portfólios do PROMETHEE V.

Esta distorção de escala faz com que o modelo super valorize portfólios com mais alternativas, uma vez que é somado ao seu valor uma constante positiva multiplicada pelo número de alternativas. Almeida et al (2014) mostra que quando se trata de portfólios, distorções de escala não ocorrem apenas em modelos não compensatórios.

Sendo assim, para superar o problema de escala, foi usado o conceito de c-ótimo para o método em análise (Vetschera e Almeida, 2012).

O PROMETHEE V c-ótimo consiste em resolver o problema da mochila do método tradicional, adicionando a restrição $\sum_{i=1}^n x_i = c$. Em outras palavras, trata-se de selecionar o melhor portfólio com c projetos. Vetschera e Almeida (2012) mostraram que o portfólio c-ótimo permanece o mesmo para qualquer valor utilizado na equação (5).

O procedimento para comparação entre os portfólios c-ótimos deve considerar a racionalidade dos métodos de sobreclassificação, para ser consistente com a abordagem do PROMETHEE. A lógica é escolher o portfólio baseado no índice de concordância de sobreclassificação entre portfólios – $C(c,p)$. Este é definido como a soma dos pesos de cada critério j em que o desempenho do portfólio c-ótimo é maior que o desempenho do portfólio p-ótimo – p corresponde ao número de alternativas para a solução do PROMETHEE V clássico, considerando a mudança de escala proposta por Almeida e Vetschera (2012). Vetschera e Almeida (2012) mostraram que é desnecessário procurar por portfólios de classe c, onde $c < p$, pois estes não superariam a solução do modelo tradicional.

Para calcular o desempenho de um portfólio c-ótimo em cada critério j, soma-se os desempenhos neste mesmo critério de todos os projetos contidos no portfólio, de acordo com a equação (6):

$$P_j^c = \sum v_{i,j} x_i \quad (6)$$

onde P_j^c é o desempenho do portfólio c-ótimo para o critério j, $v_{i,j}$ é o desempenho do projeto i para o critério j. Logo, o índice de concordância que o portfólio c-ótimo sobreclassifica o p-ótimo é:

$$C_{(c,p)} = \sum k_j \quad (9)$$

onde k_j o peso do critério j, considerando que neste critério o desempenho do portfólio da classe c foi maior que o da classe p.

O procedimento será de escolha do portfólio com maior $C_{(c,p)}$, desde que ele assuma valor maior que 0,5. Caso não haja $C_{(c,p)}$ que obedeça a condição, o portfólio escolhido será o p-ótimo.

Em resumo, o modelo PROMETHEE c-ótimo se destrincha nas seguintes etapas:

- Calcular a solução do PROMETHEE V clássico, com a mudança de escala de Almeida e Vetschera. A solução é o portfólio p-ótimo;
- Calcular portfólios c-ótimos para $c = p+1$, aumentando o valor de c até que não se encontre mais solução viável;
- Cálculo dos valores dos portfólios c-ótimo;
- Cálculo dos índices de concordância; e
- Comparação dos portfólios c-ótimos com o p-ótimo e escolhido melhor.

3. O Problema de Seleção de portfólio na Construção Civil

De acordo com Xavier et al (2014) as empresas em geral, possuem uma metodologia própria para selecionar e atribuir prioridades aos seus projetos, e isso varia de acordo com a cultura da organização. Os critérios de seleção muitas vezes são meramente financeiros e podem ter como base o mercado financeiro ou o seu público-alvo, ou ainda a combinação desses fatores.

Segundo o PMI (2013), estes critérios devem refletir a estratégia da organização. Alguns outros aspectos podem também ser incluídos nestes critérios. PMI (2008) ressalta que em alguns casos, é importante considerar na construção civil aspectos relacionados a danos ambientais, danos humanos, probabilidade de sucesso dos componentes do portfólio, entre outros.

O problema de seleção de portfólio utilizado para o estudo de caso a seguir trata-se de um problema simulado associado à construção civil, podendo a análise ser estendida a problemas reais de construção civil. O problema simulado utiliza 7 critérios que são definidos na tabela 1 junto com seus pesos, que retratam a importância relativa entre eles. Todos os critérios adotados são do tipo usual, isto é, não utilizam os limiares de preferência nem o de indiferença.

Critério	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
Peso	0,24	0,21	0,21	0,12	0,08	0,07	0,07

Tabela 1: Input dos pesos e dos tipos dos critérios envolvidos no problema simulado.

Também é considerado como input dos dados para o modelo a matriz consequenciado problema simulado, que se trata do desempenho dos projetos disponíveis para execução, de acordo com cada critério pré estabelecido. A tabela 2 fornece as avaliações do estudo de caso.

Alternativas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0,016	0,04	0,075	0,2	0,03	0,04	0,0225
A2	0,016	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,0225
A3	0,064	0,16	0,375	0,15	0,12	0,16	0,09
A4	0,064	0,16	0,75	0,25	0,12	0,16	0,09
A5	0,08	0,2	0,075	0,2	0,16	0,2	0,2
A6	0,064	0,16	0,1	0,1	0,128	0,16	0,16
A7	0,016	0,04	0,125	0,05	0,032	0,04	0,04
A8	0,0452	0,1125	0,075	0,2	0,048	0,1125	0,109
A9	0,06	0,15	0,1	0,1	0,064	0,15	0,145
A10	0,03	0,075	0,25	0,1	0,032	0,075	0,0725
A11	0,0152	0,0375	0,45	0,15	0,016	0,0375	0,0365
A12	0,5792	0,3975	0,0375	0,1	0,546	0,5475	0,544
A13	0,9652	0,6625	0,05	0,05	0,91	0,9125	0,9065
A14	0,386	0,265	0,125	0,05	0,364	0,365	0,3625
A15	0,2924	0,349	0,375	1	0,2432	0,439	0,4445
A16	0,0652	0,0775	0,15	0,15	0,054	0,0975	0,099
A17	0,0324	0,039	0,125	0,05	0,0272	0,049	0,0495
A18	0,26	0,31	0,5755	0,863	0,216	0,39	0,395
A19	0,088	0,1	0,0375	0,1	0,068	0,065	0,1
A20	0,22	0,25	0,125	0,05	0,17	0,1625	0,25
A21	0,132	0,15	0,15	0,05	0,102	0,0975	0,15
A22	0,204	0,49	0,075	0,2	0,208	0,28	0,285

A23	0,1532	0,3675	0,05	0,05	0,156	0,21	0,214
A24	0,102	0,245	0,125	0,05	0,104	0,14	0,1425
A25	0,0512	0,1225	0,15	0,05	0,052	0,07	0,0715

Tabela 2: Matriz consequência envolvida no problema simulado.

Questões relacionadas a limitação de recursos não são tratadas como critérios de decisão, mas como restrições do problema de decisão. Estas restrições podem envolver limitações financeiras, de equipes, de máquinas, etc.

Na prática a limitação mais considerada é a do orçamento, que por questão de simplificação dos dados do problema foi a única restrição considerada neste problema simulado, cujos dados são descritos na tabela 3. O modelo pode no entanto lidar com múltiplas restrições, desde que lineares.

Nome	Budget
Limite	1319
A1	62,32
A2	53,8
A3	147,64
A4	142,74
A5	72,88
A6	114,72
A7	68,5
A8	111,9
A9	47,28
A10	91,86
A11	153,66
A12	132
A13	99,68
A14	39,76
A15	141,8
A16	86,36
A17	95,46
A18	146,86
A19	47,72
A20	88,4
A21	161,76
A22	32,02
A23	163,42
A24	166,86
A25	169,22

Tabela 3: Relação de custo e restrição orçamentária envolvidos no problema simulado.

4. Sistema de Apoio à Decisão e Aplicação

O problema de seleção de portfólio apresentado foi aplicado por meio de um sistema de apoio à decisão (SAD) elaborado através do ambiente Delphi. Este modelo utiliza como base de dados a planilha do Excel, por ser uma ferramenta facilmente utilizada por qualquer usuário. A imagem refere-se à interface do SAD, na transferência dos valores de entrada (input) do problema simulado do Excel.

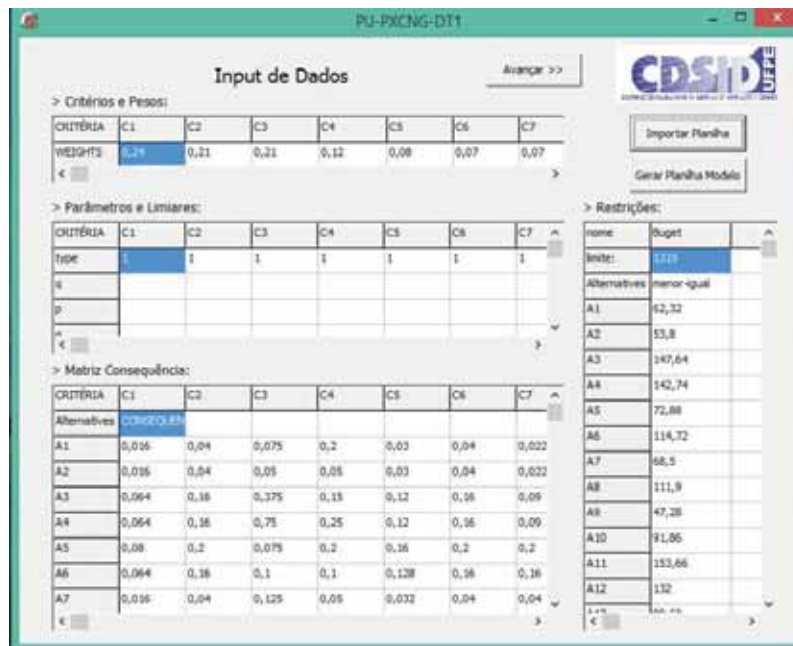


Imagem 1: Interface de Input de Dados do SAD – Fonte: CDSID/UFPE, 2015.

Posteriormente ao procedimento inicial de entrada dos dados, o SAD processará os cálculos do modelo com o método PROMETHEE V. O tipo do critério e os desempenhos das alternativas definirão o grau de sobreclassificação de uma alternativa em relação a outra.

Desse modo, construída a matriz citada, o SAD realiza o cálculo dos fluxos de entrada e saída, ou, respectivamente, os positivos e negativos através de comparações par-a-par.

Como informações adicionais, o software fornece ao usuário os fluxos líquido e líquido adaptado (para o processo de otimização), como visto nos itens 2.2 e 2.3. As imagens 2 e 3 mostram o processamento desses dados. O SAD também fornece a ordenação do PROMETHEE II e, por meio de integração com o programa Matlab, devido a sua utilidade para problemas de otimização, calcula-se a solução do portfólio p-ótimo (pelo PROMETHEE V clássico) e as possíveis soluções dos portfólios c-ótimos. O software em questão foi desenvolvido pelo Centro de Desenvolvimento em Sistemas de Informação e Decisão (CDSID/UFPE, 2015).

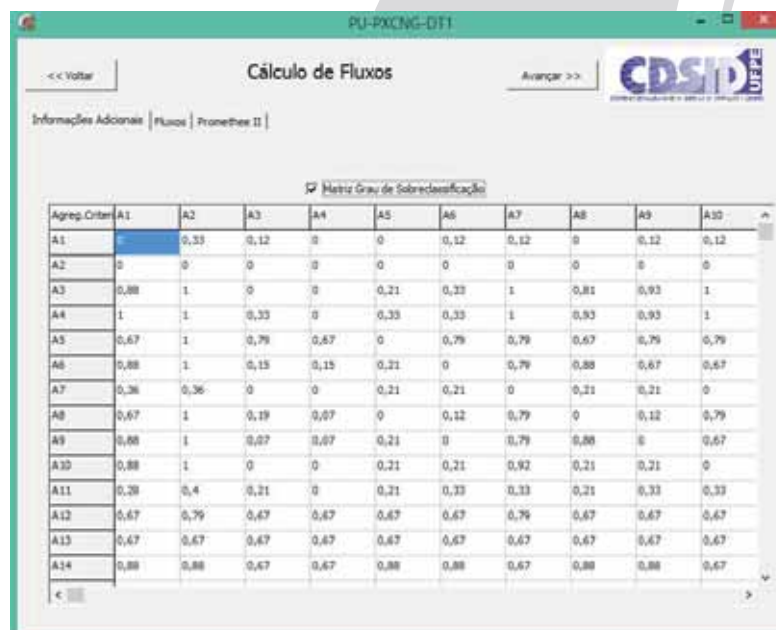


Imagem 2: Interface do SAD – Fonte: CDSID/UFPE, 2015.

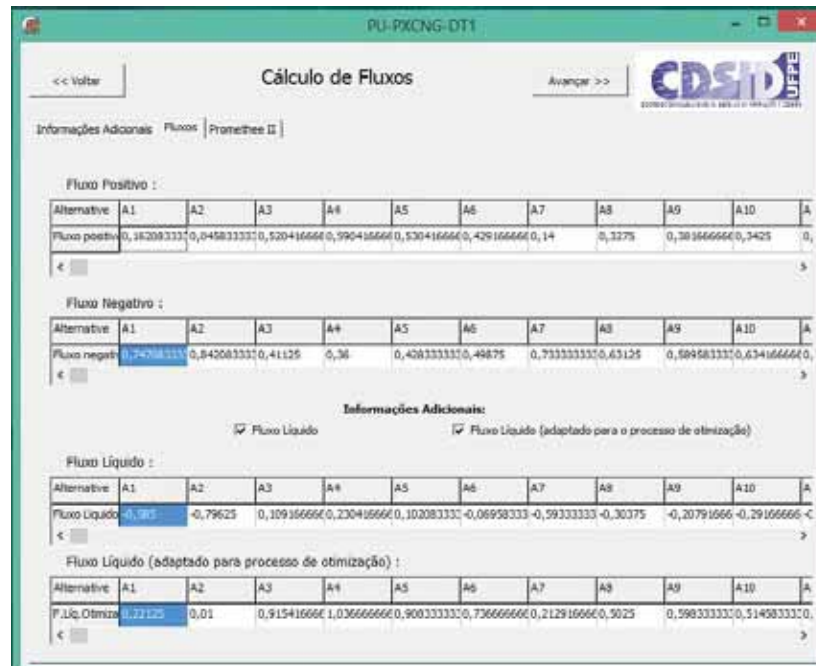


Imagem 3: Interface do SAD – Fonte: CDSID/UFPE, 2015.

4.1 Resultados

Como processo final do sistema de apoio à decisão utilizado para este problema simulado, aplicando o PROMETHEE V e os conceitos de c-ótimo, dois portfolios foram encontrados além da solução do modelo tradicional. A tabela 4 mostra os três portfolios c-óticos que podem ser soluções alternativas para o problema simulado.

Alternativa	P=14 (Promethee V)	C=15 (c-ótimo)	C=16 (c-ótimo)
A1	0	1	1
A2	0	1	1
A3	1	0	0
A4	1	1	0
A5	1	1	1
A6	0	1	0
A7	0	0	1
A8	0	0	0
A9	1	1	1
A10	1	0	1
A11	0	0	0
A12	1	1	1
A13	1	1	1
A14	1	1	1
A15	1	1	1
A16	1	1	1
A17	0	0	1
A18	1	1	1
A19	1	1	1
A20	1	1	1
A21	0	0	0
A22	1	1	1

A23	0	0	0
A24	0	0	0
A25	0	0	0

Tabela 4: Solução e apresentação dos portfólios p-ótimo e c-ótimos encontrados no problema simulado.

A segunda coluna da tabela 4 mostra o resultado do primeiro passo do procedimento proposto para a comparação dos portfólios: a solução clássica do PROMETHEE V, que pertence à classe $p=14$, isto é, possui quatorze projetos incluído em seu portfólio. A terceira e a quarta coluna correspondem aos resultados c-ótimos encontrados pelo modelo, $c=15$ e $c=16$. Tais resultados foram encontrados porque existiam soluções viáveis com quinze e dezesseis projetos; entretanto, para $c=17$, o modelo não encontrou solução viável.

4.2 Discussão de Resultados

A partir dos resultados disponibilizados no item 4.1, as comparações a cerca do portfólio mais adequado para ser implantado podem ser realizadas.

Primeiramente, comparemos os portfólios $p=14$ e $c=15$. Nota-se, através da tabela 4, que o portfólio c-ótimo sugere o troca das alternativas 3 e 10 da solução clássica por três outras alternativas: 1, 2 e 6. Como as outras alternativas se encontram em ambos os portfólios e, para garantir uma escala de comparação melhor, comparemos apenas as alternativas trocadas em cada portfólio. A tabela 5 evidencia o resultado do processo de comparação descrito no item 2.3.

Portfólio/ Critério		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C=15	A1	0,016	0,04	0,075	0,2	0,03	0,04	0,0225
	A2	0,016	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,0225
	A6	0,064	0,16	0,1	0,1	0,128	0,16	0,16
	Σ	0,096	0,24	0,225	0,35	0,188	0,24	0,205
P=14	A3	0,064	0,16	0,375	0,15	0,12	0,16	0,09
	A10	0,03	0,075	0,25	0,1	0,032	0,075	0,0725
	Σ	0,094	0,235	0,625	0,25	0,152	0,235	0,1625

Tabela 5: Comparação entre portfólio p-ótimo ($p=14$) e c-ótimo ($c=15$) encontrados no problema simulado.

Desta forma, o portfólio $c=15$ é melhor para 6 dos 7 critérios – baseando-se na análise não-compensatória do método e comparando-se o somatório dos desempenhos dos portfólios em questão – e soma 0,79 dos pesos, quando comparados com o portfólio p-ótimo. Ou seja, o portfólio $p=14$ tem vantagem sobre apenas 1 critério e soma 0,21 dos pesos. Isto significa que, para a racionalidade não compensatória, o portfólio $c=15$ é considerado melhor que o portfólio $p=14$.

Este resultado numérico indica uma situação na qual a solução clássica não fornece o melhor portfólio como resultado, ressaltando as vantagens obtidas pelo uso do conceito de portfólio c-ótimo.

De modo análogo, comparemos os portfólios $p=14$ e $c=16$ através da tabela 6. Nota-se, através da tabela 4, que o portfólio c-ótimo sugere outra troca das alternativas: o descarte dos projetos 3 e 4 da solução clássica por quatro outras alternativas: 1, 2, 7 e 17.

Portfólio/ Critério		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C=16	A1	0,016	0,04	0,075	0,2	0,03	0,04	0,0225
	A2	0,016	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,0225
	A7	0,016	0,04	0,125	0,05	0,032	0,04	0,04
	A17	0,0324	0,039	0,125	0,05	0,0272	0,049	0,0495
	Σ	0,0804	0,159	0,375	0,35	0,1192	0,169	0,1345

P=14	A3	0,064	0,16	0,375	0,15	0,12	0,16	0,09
	A4	0,064	0,16	0,75	0,25	0,12	0,16	0,09
	Σ	0,128	0,32	1,125	0,4	0,24	0,32	0,18

Tabela 6: Comparação entre portfolio p-ótimo (p=14) e c-ótimo (c=16) encontrados no problema simulado.

Os resultados de desempenho mostram que o portfolio p=14 é melhor para todos os critérios em análise – baseando-se na racionalidadenão compensatória do método– e soma todos os pesos, quando comparados com o portfolio c-ótimo c=16. Em resumo, o portfolio p=14 é considerado melhor que o portfolio c=16.

5. Conclusões

Diante do exposto, fica claro que o modelo proposto com a aplicação do conceito de portfolio c-ótimo trouxe bons resultados, com sugestão de portfolio – nesse caso, o c=15 – mais adequado em relação ao portfolio proposto pelo método tradicional, evidenciando, portanto a distorção comentada no PROMETHEE V clássico.

Vale ressaltar ainda que, além de o modelo com uso do conceito c-ótimo sugerir uma solução mais adequada, esta ainda possui menor custo conforme tabela 7:

Portfolio	Custo total
P=14 (Promethee V)	1317
C=15 (C-ótimo)	1308,34
C=16 (C-ótimo)	1306,7

Tabela 7: Relação de custo total requerido para a implementação dos portfolios.

No caso de estudo, o portfolio mais adequado (c=15) apresenta um custo total inferior ao portfolio sugerido pelo modelo clássico, trazendo benefícios econômicos para a organização. Vale ressaltar que esta é uma coincidência e que não é o objetivo do modelo fornecer uma solução que utilize menos recursos, mas sim uma que não viole as restrições.

Portanto, após as análises dos resultados, pode-se dizer que o problema simulado, retratando um problema de decisão na área de construção civil, foi bastante beneficiado com a aplicação do conceito c-ótimo na modelagem dos dados e sugestão dos projetos a serem executados, garantindo, a partir das possibilidades sugeridas e da escolha eficaz pelo decisor, o melhor desempenho para organizações que alinham os objetivos estratégicos com as limitações para atender às necessidades de mercado no qual o setor está inserido.

Neste caso, indica-se a aplicação do método descrito e analisado para auxiliar o modelo de decisão das empresas em seus problemas reais da indústria da construção, como meio de prover a otimização de seus recursos.

Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente apoiado pelo CNPq.

Referências

- Alencar, L. H; Santana, M. O.** (2010). Multiple Project Management in the Construction Industry. *Revista Gestão e Projetos - GeP*, 74-92.
- Almeida, A. T.** *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*. Ed. Atlas. São Paulo, 2013.
- Almeida, A.T; Cavalcante, C.A.V; Alencar, M.H; Ferreira, R.J.P; de Almeida-Filho, A.T; Garcez T.V.** *Multicriteria and Multiobjective Models for Risk, Reliability and Maintenance Decision Analysis*. International Series in Operations Research & Management Science. Vol231. 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.

- Almeida, A. T.; Vetschera, R.** (2012) A note on scale transformations in the PROMETHEE V method. *European Journal of Operational Research*, v. 219, p. 198-200.
- Almeida, A.T. de; Vetschera, R.; Almeida, J.A.** *Scaling Issues in Additive Multicriteria Portfolio Analysis*. In: Dargam F; Hernández JE; Zaraté P; Liu S; Ribeiro R; Delibasic B; Papatathanasiou J. “Decision Support Systems III - Impact of Decision Support Systems for Global Environments”. LNBIP 184 (Lecture Notes in Business Information Processing), Springer. pp. 131–140. 2014.
- Almeida, J. A; Almeida, A. T; Costa, A. P. S.** (2014). Portfolio selection of information systems projects using PROMETHEE V with c-optimal concept. *Pesquisa Operacional*.34 (2). P. 275-299.
- Brans, J.P.; Mareschal, B.**(1992) PROMETHEE V: MCDM Problems with Segmentation Constraint. *INFOR Journal: Information Systems and Operational Research*, v.30, n.2, p.85-96.
- Brans, J.P.; Vincke, P.** (1985) How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research* (2) p. 228–238.
- Clemen, R. T., Reilly, T.** Making Hard Decisions with decision tools. Duxbury: Pacific Grove. 2001.
- FIESP.** Construção cresce menos do que a economia como um todo em 2013. Federação das Indústrias de São Paulo. <http://www.fiesp.com.br/construcao-noticias/construcao-cresce-menos-do-que-a-economia-como-um-todo-em-2013/>, 2014.
- Lacerda, F M; Martens, C D P.**(2014) Processo de seleção de projetos na gestão de portfólio: o caso de uma organização sem fins lucrativos. *Recadm*, v. 13, n. 2.
- Lima, M. T. A.; Oliveira, E. C. B; Alencar, L. H.**(2014) Modelo de apoio à decisão para priorização de projetos em uma empresa de saneamento. *Prod. [online]*. vol.24, n.2, pp. 351-363.
- Moraes, R. O.; Laurindo, F. J. B.**(2003) Um estudo de caso de gestão de portfólio de projetos de tecnologia da informação. *Gestão & Produção*, v. 10, n. 3, p. 311-328.
- Padovani, M.; Carvalho, M. M.; Muscat, A. R. N.**(2010) Seleção e alocação de recursos em portfólio de projetos: estudo de caso no setor químico. *Gestão&Produção*, v.17, n. 1, p. 157-180.
- PMI - Project Management Institute.** Construction extention to the PMBOK guide.3ed. *Pennsylvania, Project Management Institute*.2008.
- PMI - Project Management Institute.**The Standard for Portfolio Management. *Pennsylvania, Project Management Institute*. 2013.
- Salo A; Keisler J; Morton A.** Portfolio Decision Analysis – Improved Methods for Resource Allocation, *Springer*. 2011.
- Vetschera, R; Almeida, A T.**(2012) A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. Volume 39 (5), p. 1010–1020.
- Xavier, C. M; Xavier, L. F; Melo, M.** Gerenciamento de projetos na construção civil - Uma adaptação da metodologia Basic Methodware. *Rio de Janeiro: BRASPORT*. 2014