UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

NÚCLEO DE TECNOLOGIA

MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO POR

RAFAELA DE LUCENA GREGÓRIO

Orientador: Jônatas Araújo de Almeida

CARUARU, FEVEREIRO/2015

RAFAELA DE LUCENA GREGÓRIO

MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito final para obtenção do grau de Bacharela em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco.

Orientador: Professor D.Sc. Jônatas Araújo de Almeida.

CARUARU, FEVEREIRO/2015

Catalogação na fonte:
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

G821m Gregório, Rafaela de Lucena.
Modelo multicritério de apoio a decisão para seleção de projetos na construção civil. / Rafaela de Lucena Gregório. - Caruaru: O Autor, 2015.
43f.; 30 cm.

Orientador: Jônatas Araújo de Almeida
Monografia (Trabalho de Conclusão de curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2015.
Inclui referências bibliográficas

1. Métodos multicritério de apoio a decisão. 2. Projetos. 3. Construção civil. 4. PROMETHEE. I. Almeida, Jônatas Araújo de. (Orientador). II. Título.

658.5 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2015-166)

RAFAELA DE LUCENA GREGÓRIO

MODELO MULTICRITÉRIO DE APOIO À DESIÇÃO PARA SELEÇÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Engenharia Produção do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: **Gestão de Projetos**

A banca examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o candidato **APROVADO** com nota 8,5.

Caruaru, 24 de fevereiro de 2014.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Jonatas Araújo de Almeida:
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof.ª: Dr.ª Maisa Mendonça Silva:
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof.ª: Dr.ª Marina Dantas de Oliveira Duarte
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof.ª Dr.ª Ana Paula Henriques Gusmão de Araújo Lima:
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenadora da disciplina de TCC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por mais essa conquista em minha vida.

Aos meus pais, Seu Gregório e Dona Mide, a quem tudo devo, agradeço infinitamente por todo amor destinado a mim durante toda a minha vida, pelo esforço e sacrifício feitos para me oferecer educação de qualidade, o que tornou possível a realização da minha graduação. Agradeço ao meu irmão, Rodrigo Gregório, pelo orgulho de sempre e pela fé que sempre pôs em mim. Às minhas tias Corrinho, Mimo e Gói, por me acolherem e me encherem de mimos no início dessa jornada. Ao meu namorado, Rafael Assunção, pelo apoio e incentivo nessa reta final; às minhas companheiras de apartamento, Joice Rodrigues e Rafaela Melo, que ao meu lado estiveram durante todos esses anos. Aos meus parceiros da faculdade Rodrigo Pinheiro e Yara Oliveira, por toda ajuda compartilhada. Aos demais amigos, pelo constante apoio e por sempre acreditarem em mim.

Agradeço ao professor D.Sc. Jônatas Araújo de Almeida pela enorme disponibilidade, atenção, apoio e por me oferecer todas as condições necessárias para a realização deste trabalho.

A todos os meus professores, desde os da escola até os da Universidade, e, também, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A indústria da construção civil tem um papel fundamental na economia do país. A competitividade está exigindo das empresas deste setor novas maneiras de relacionar-se com o concorrente e com o consumidor, necessitando cada vez mais de respostas rápidas, precisas e eficientes. Muitas dessas empresas, no entanto vêm enfrentando diversas dificuldades ocasionadas em sua maioria, por uma gestão de projetos ineficiente. Neste cenário, o presente trabalho visa propor um modelo de apoio a decisão na seleção de projetos, utilizando como base e objeto de estudo uma empresa do ramo da construção civil, com sede em Pernambuco, com ênfase nos projetos destinados à área residencial. O modelo proposto foi baseado no método de decisão multicritério PROMETHEE V que visa selecionar um subconjunto de alternativas considerando as restrições impostas pelo decisor do problema. Além disso, procurou-se aumentar o espectro de critérios de decisão que até então eram considerados pela empresa, considerando sempre o alinhamento estratégico dos projetos a serem selecionados. Para isto, 45 propostas de projetos foram consideradas viáveis, e destas apenas 17 foram selecionadas pelo modelo criado. Uma comparação entre os resultados fornecidos pelo PROMETHEE II e pelo PROMETHEE V foi realizada, e concluiu-se que o PROMETHEE V maximiza os fluxos líquidos das alternativas a serem selecionadas, o que representa um resultado mais satisfatório por parte do decisor.

Palavras-chave: Seleção de Projetos; Construção Civil; Decisão Multicritério; PROMETHEE;

ABSTRACT

The construction industry has a key role in the economy. Competitiveness is forcing companies in this sector new ways to relate to the competitor and the consumer, requiring more and more fast, accurate and efficient responses. Many of these companies, however have been facing various difficulties caused mostly by an inefficient project management. In this scenario, this paper aims to propose a decision support model in selecting projects, using as the basis and object of study a company in the construction industry, based in Pernambuco, with emphasis on projects aimed at residential area. The proposed model was based on multi-criteria decision method PROMETHEE V which aims to select a subset of alternatives given the restrictions imposed by the maker of the problem. In addition, we tried to increase the spectrum of decision criteria that were previously considered by the company, always considering the strategic alignment of projects to be selected. For this, 45 project proposals were considered viable, and of these only 17 were selected by the model created. A comparison of the results provided by PROMETHE II and V was carried out, and it was concluded that the PROMETHE V maximizes the net flow of alternatives to be selected, which represents a more satisfactory result by the decision maker.

Keywords: Project Selection; Construction; Multicriteria decision; PROMETHEE;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 PROBLEMÁTICA 3
2.1 Objetivo geral 3
2.2 Objetivos específicos 3

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 4
3.1 Processo de Tomada de Decisão 4
3.2 Decisão Multicritério 6
3.2.1 PROMETHEE 8
3.3 Seleção de Projetos na Construção Civil 13

4 METODOLOGIA 15

5 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO DO MODELO ..... **Erro! Indicador não definido.**
5.1 Caracterização da Organização 15
5.2 Construção do Modelo 17
5.2.1 Critérios para a Seleção de Projetos 17
5.2.2 Alternativas do Problema 21
5.2.3 Formulação do Problema de Seleção e Priorização 21

6 CONCLUSÕES 30

REFERÊNCIAS 32

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 Níveis de Tomada de decisão e Hierarquia do processo de planejamento 4
Figura 3-2 Critério Usual (fonte: Ceolim, 2005) 10
Figura 3-3 Quase Critério (fonte: Ceolim, 2005) 10
Figura 3-4 Limiar de Preferência (fonte: Ceolim, 2005) 10
Figura 3-5 Pseudo Critério (fonte: Ceolim, 2005) 11
Figura 3-6 Área de Indiferença (fonte: Ceolim, 2005) 11
Figura 3-7 Critério Gaussiano (fonte: Ceolim, 2005) 11
Figura 5-1 Esquema do Modelo de Gestão de Portfólio (fonte: Elaborado pelos autores) 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Escala de Avaliação do Projeto segundo o Critério Taxa Interna de Retorno 18
Tabela 2 - Escala de Avaliação do Critério Alinhamento com o Perfil do Mercado Local 19
Tabela 3 - Escala de Avaliação do critério Aceitação do Consumidor 19
Tabela 4 - Escala de Avaliação do Critério Risco de Atraso do Projeto 20
Tabela 5 - Critérios utilizados na Avaliação dos Projetos 20
Tabela 6 - Matriz de Avaliação das Alternativas x Critérios 21
Tabela 7 - Tabela dos Fluxos de Sobreclassificação das Propostas de Projetos 22
Tabela 8 - Propostas de projetos ordenadas de acordo com o método PROMETHEE II 24
Tabela 9 - Custo das Propostas de Projetos em R$ 25
Tabela 10 - Projetos selecionados pelo PROMETHEE II 26
Tabela 11 - Projetos Selecionados pelo PROMETHEE V 28
Tabela 12 - Comparação das propostas selecionadas por apenas um dos métodos 30
Tabela 13 - Soma dos desempenhos em cada critério das alternativas trocadas 30

1 INTRODUÇÃO

O setor de construção civil, apresenta grande importância socioeconômica e estratégica para o desenvolvimento do país. Segundo Alencar (2010), a cadeia produtiva da construção civil impacta a economia de forma bastante ampla 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.

O cenário do mercado atual em que as organizações do setor de construção estão inseridas, é complexo, apresenta uma competitividade acirrada e está constantemente exigindo dos competidores decisões rápidas, precisas e eficientes. As organizações deste setor são constituídas por mudanças frequentes na sua composição de projetos e por isso devem apresentar um alto nível de gerenciamento de dados e do fluxo de seus recursos. No entanto, isso não vem ocorrendo na maioria dessas empresas.

A gestão de projetos individuais já não é mais suficiente nas empresas que compõem este setor. É necessário agora, que essas organizações sejam capazes de gerenciar os múltiplos projetos que possuem. Segundo o PMI (2013) esse conjunto de projetos, que são gerenciados como um grupo para o alcance dos objetivos estratégicos da organização, é chamado de portfólio. O gerenciamento de portfólio seleciona e acompanha os projetos que melhor contribuem com o planejamento estratégico da organização.

Selecionar projetos significa avaliar um conjunto de projetos individuais ou em grupo e escolher aqueles que estão alinhados com os objetivos organizacionais. Trata-se de um processo sistemático que pode ser aplicado em situações que envolvam escolhas de alternativas concorrentes. Esses projetos são selecionados com base na oportunidade, nas demandas do cliente ou nas necessidades internas de um modo geral (Xavier et al., 2014). Geralmente cada organização possui uma metodologia particular para selecionar, priorizar e acompanhar seus projetos, e muitas vezes pode não ser a maneira mais eficiente.

Nesse contexto, o presente trabalho tem o intuito de propor um modelo de apoio à decisão na seleção de projetos às empresas do setor de construção civil, utilizando os dados coletados na empresa estudo de caso para a construção do modelo, com o auxílio dos métodos multicritério de apoio à decisão da família PROMETHEE, mais especificamente o PROMETHEE V, que atualmente é utilizado na literatura para auxiliar a gestão de portfólios de projetos.

O trabalho está estruturado em 4 capítulos. No capítulo I, a Introdução do trabalho apresenta as motivações e justificativas para a realização deste. O capítulo II apresenta a problemática do trabalho, que consiste na apresentação do problema a ser estudado. O capítulo III contém a fundamentação teórica, abordando assuntos principais do trabalho, como processo de tomada de decisão, Modelos Multicritério de Apoio à Decisão e Seleção de Projetos na Construção Civil. O capítulo IV, apresenta a metodologia com o tipo de abordagem de pesquisa adotada e das técnicas de pesquisa utilizadas. O capítulo V, apresenta os Resultados obtidos, e todos os passos da construção do modelo. E por fim, o Capítulo VI apresenta as principais conclusões obtidas com a realização do trabalho.

2 PROBLEMÁTICA

A problemática que motivou a realização desse estudo é: Como as organizações que compõem o setor da construção civil podem selecionar seus projetos de maneira a garantir que seus custos sejam minimizados, que a sua produtividade tenha um alcance máximo, e que suas estratégias sejam alcançadas considerando suas limitações de recursos? Dessa forma, os principais objetivos do trabalho são detalhados a seguir.

2.1 Objetivo geral

Propor um modelo multicritério de apoio à decisão para a seleção de projetos na construção civil.

2.2 Objetivos específicos

Este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Entender e avaliar como os gestores dessa empresa tomam decisões estratégicas com relação à sua carteira de projetos;
- Relatar a importância de alinhar a seleção de projetos com a estratégia organizacional das empresas atuantes na construção civil;
- Propor um modelo multicritério de apoio à decisão para a seleção de projetos nas empresas do ramo da construção civil.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo visa desenvolver um levantamento bibliográfico dos assuntos relacionados à seleção de projetos, à tomada de decisão, e aos métodos multicritérios de apoio à decisão, com ênfase para os métodos da família PROMETHEE.

3.1 Processo de Tomada de Decisão

Por decisão entende-se o processo pelo qual se chega a uma escolha de pelo menos uma alternativa entre várias candidatas (Gomes, 2007). De acordo com Clemen & Reilly (2001), decisões são difíceis por sua natural complexidade, incerteza inerente, objetivos conflitantes e resultados dependentes de diferentes perspectivas.

O ato de decidir está intrínseco na natureza humana sempre que envolve um problema. Já na complexidade das organizações, frente à competitividade imposta pelo mercado, em função do aumento da velocidade das mudanças, dos elevados volumes de investimentos e do incremento do nível de incerteza, o processo decisório torna-se uma questão de sobrevivência.

Segundo Astoff (1977) *apud* Moreira (2008) os problemas de decisão são em geral classificados quanto ao nível de decisão, conforme figura abaixo:

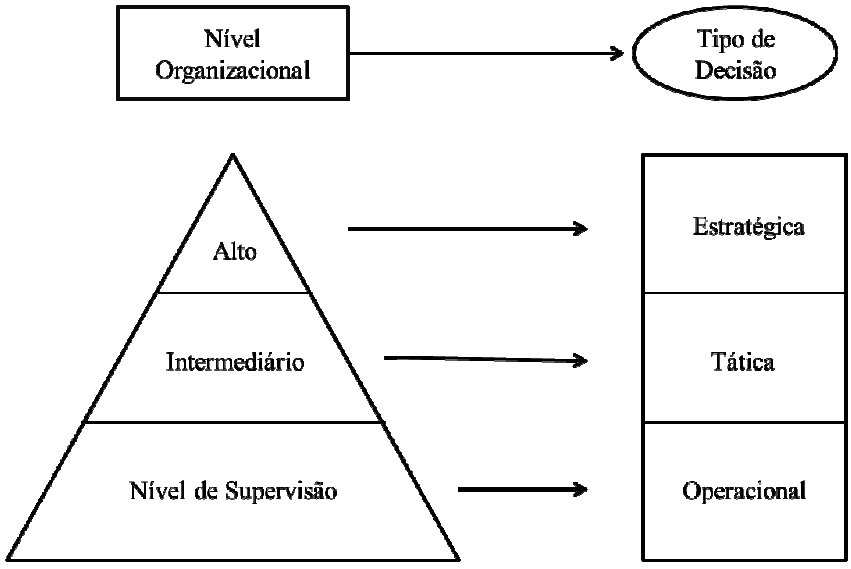

Figura 3-1 Níveis de Tomada de decisão e Hierarquia do processo de planejamento

- Estratégico: Em geral, esse nível de decisão é para 2 a 5 anos; As decisões aqui tomadas, determinam os objetivos da organização como um todo, seus propósitos e direção, sendo uma função exclusiva da alta administração;

- Tático: Este nível varia entre alguns meses até 2 anos; As decisões nesse nível, normalmente são tomadas pela gerência intermediária. Envolvem o desenvolvimento de táticas para realizar as metas estratégicas definidas pela alta gerência.
- Operacional: Decisão para alguns dias a meses. Referem-se ao curso das atividades diárias.

Seja qual for o nível de decisão, a preocupação geral está associada com as consequências oriundas de tais decisões. Sendo assim, uma das preocupações naturais envolve a construção de modelos de decisão e a escolha de métodos que embasam tais decisões. Um modelo de decisão corresponde a uma representação formal e com simplificação do problema enfrentado com suporte de um método multicritério de apoio à decisão (Almeida, 2013).

A construção do modelo de decisão, assim como a tomada de decisão propriamente dita está diretamente ligada aos atores do processo decisório. As decisões podem ser tomadas por um único individuo, ou por um grupo de pessoas, denominados decisores. Esses decisores são munidos, portanto, do poder de decisão e são responsáveis pelas consequências oriundas das suas escolhas e preferências. Além dos decisores, há um ator denominado de stakeholder. Os stakeholders são pessoas diretamente afetadas pelas decisões tomadas e por isso influenciam o decisor de alguma forma. Um exemplo claro de stakeholder, são os acionistas das organizações.

Baseado na visão de Simon (1960), e com algumas adaptações, Almeida (2013) define as etapas do processo decisório em quatro estágios. São eles:

- Inteligência: Consiste em monitorar a organização e seu ambiente em busca de situações que requerem uma decisão;
- Desenho: Desenvolve a construção do modelo de decisão para resolver o problema, incluindo a geração de alternativas;
- Escolha: Avalia as alternativas e resolve problema conforme seja a problemática (seleção, ordenação, classificação, etc).
- Implementação: Aplica na organização ou em seu ambiente a solução recomendada.

Contudo, é importante salientar que o processo decisório não é único, possuindo suas especificidades para cada caso. Nas diversas áreas o gestor deve estar ciente das etapas do processo decisório, assim como dos passos para uma decisão eficaz e com o objetivo de buscar subsídios para uma decisão inteligente, pautada em critérios consistentes (Helmann & Marçal, 2007).

3.2 Decisão Multicritério

Em um problema multicritério é necessário, em primeiro lugar, estabelecer qual o objetivo da análise. Podem ser definidas quatro problemáticas multicritério (Roy, 1996):

- Problemática P.α – Problemática de Escolha: tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto do espaço de ações.
- Problemática P.β – Problemática de Classificação - tem como objetivo a alocação de cada ação a uma classe.
- Problemática P.γ – Problemática de Ordenação – tem como objetivo esclarecer a decisão por um arranjo obtido pelo reagrupamento de todas ou parte das ações em classes de equivalência. Essas classes são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme as preferências.
- Problemática P.δ – Problemática de Descrição – tem como objetivo apoiar a decisão através de uma descrição das ações e de suas consequências.

Além disso, Almeida (2013) afirma que pode ser considerada a Problemática de Portfólio, que tem o objetivo de escolher, do conjunto de alternativas, certo subconjunto que atenda aos objetivos, sob determinadas restrições, o que ocorre na seleção de portfólio de projetos.

Para cada uma destas problemáticas são definidas as alternativas, os critérios, o método a ser usado e quem atua como decisor – aquele que emite juízos de valor sobre as alternativas e os critérios (Marins & Cozende, 2005).

Em decisão sob múltiplos critérios, a equipe de trabalho pode incluir partes interessadas, de dentro e de fora da empresa, especialistas no assunto e um analista de decisão. Com base nos vários pontos de vista em questão, o problema é dividido nos múltiplos aspectos de interesse, que serão os critérios de julgamento, são calculadas suas importâncias relativas e listadas as alternativas de decisão (Keeney & Raiffa, 1996)

Existem vários métodos desenvolvidos para a abordagem e tratamento de problemas com múltiplos critérios. Destacam-se dois grupos representativos citados na literatura (Almeida e Costa, 2003; Gomes, *et al*., 2004, apud Campos 2011):

a) Métodos de Critério único de Síntese: caracteriza-se pela extrema objetividade, pela busca de uma solução ótima, dentro de um conjunto bem definido de opções, solução esta tratando de um problema percebido por todos da mesma forma. Destaca-se a teoria multiatributo (MAUT);

b) Métodos de Sobreclassificação: para seus criadores, o conhecimento existente por parte dos decisores, pode ser organizado e desenvolvido, assim como as alternativas existentes estão em um espaço que pode ser significativamente expandido. Nestes métodos, são aplicados a comparação par-a-par entre alternativas discretas, onde existe a relação de prevalência de síntese aceitando a incomparabilidade. Destacam-se os métodos da família ELECTRE e família PROMETHEE.

Os métodos de sobreclassificação caracterizam-se por considerar uma relação binária em que o decisor tem argumentos suficientes para afirmar que, no mínimo, uma alternativa é tão boa quanto à outra, e não há uma razão essencial para refutar este estado. Em geral esses métodos não realizam agregação analítica para estabelecer *score*, e assim facilita a completa comparação entre as alternativas (Almeida, 2013).

Uma característica importante observada nos métodos de sobreclassificação é que apresentam avaliações não-compensatórias, e devido a isso, suas avaliações inter-critério podem ser representadas pelos pesos dos critérios que assumem a noção de grau de importância.

A família ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*) surgiu no final da década de 70. A ideia fundamental do ELECTRE é que podem ser eliminadas alternativas que são dominadas através de outras alternativas de acordo com um conjunto de pesos que é assumido como sendo dado e reflete a importância relativa entre critérios. O grau de superação se dá por meio de dois coeficientes: coeficiente de concordância e coeficiente de discordância. O grau de concordância serve para mensurar a vantagem de uma alternativa sobre as demais. O princípio de discordância serve para medir a desvantagem da alternativa em relação às demais. Assim, a metodologia possibilita verificar quais ações do problema são dominadas (Olson, 1996, apud Campos, 2011).

O PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) foi criado em 1984 como uma alternativa aos métodos ELECTRE no conjunto dos métodos de sobreclassificação. Segundo Almeida (2011) este método produz uma relação de sobreclassificação valorada, com base em conceitos que podem ser interpretados, de forma física ou econômica, pelo decisor.

O método PROMETHEE tem a finalidade de resolver problemas de ordenação e aplicação em sistemas que envolvem preferências nebulosas. As alternativas são comparadas

entre si pelas relações binárias que indicam o desempenho de cada uma para determinado critério.

Apesar de existirem muitos métodos distintos, podem ser identificados elementos estruturais comuns entre eles. Tais elementos estruturais ajudam a conhecer a avaliação multicritério de forma coerente e sistemática.

Avaliando assim cada característica dos Métodos de Apoio a Decisão Multicritério, pode-se chegar à conclusão que cada processo decisório requer um tipo diferente de método que atrelado às suas características irá auxiliar a obtenção da melhor alternativa para o decisor.

Para a escolha do método a ser utilizado neste trabalho, levou-se em consideração a compensação que poderia ou não existir entre os critérios. Segundo Almeida (2013), o procedimento compensatório implica que os valores das alternativas nos vários critérios podem interagir entre si. Como aqui, no modelo a ser construído, não será permitido nenhuma interação deste tipo, a família de métodos PROMETHEE, que produzem uma relação de sobreclassificação com base em conceitos que podem ser interpretados de forma física ou econômica pelo decisor, foi escolhida devido à sua racionalidade não compensatória. A seguir será apresentada uma breve explanação acerca deste método.

3.2.1 PROMETHEE

Gomes (2007) ensina que a família PROMETHEE demonstra maior resistência para variações nos parâmetros quando comparado ao ELECTRE, estabelecendo maior solidez nos resultados.

Os métodos da família PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) baseiam-se em duas fases: construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre as alternativas e os critérios, e exploração dessa relação para apoio à decisão (Brans & Mareschal, 2002).

O método após sua total configuração determina uma ordem de preferência entre alternativas, sendo que para isso são necessárias algumas informações adicionais entre os critérios, tais como os pesos e as funções de preferência.

O PROMETHEE possui as seguintes implementações:

- *PROMETHEE I* – Estabelece uma pré-ordem incompleta entre as alternativas;
- *PROMETHEE II* – Classifica as alternativas estabelecendo uma pré-ordem completa entre as alternativas;

- *PROMETHEE III* – Obtém uma ordem por intervalos por trabalhar com limites variáveis;
- *PROMETHEE IV* – Baseia-se no PROMETHEE II, mas eleva a possibilidade de se trabalhar com um número infinito de alternativas;
- *PROMETHEE V* – Também se baseia no PROMETHEE II, sendo apropriado para o caso em que se deseja selecionar um subconjunto de alternativas em razões de restrições que sejam apresentadas pelo decisor;
- *PROMETHEE VI* – Auxilia o decisor na determinação dos pesos que serão atribuídos aos critérios, segundo suas preferências. Este método permite analisar o grau de complexidade do problema a ser decidido, em razão da possibilidade de verificação do maior ou menor grau de influência dos pesos dos critérios nos resultados finais.

O decisor estabelece para cada critério um peso p_i, que reflete a importância do critério. A partir destes pesos é obtido o grau de sobreclassificação $\pi(a, b)$ para cada alternativa (a, b), que é calculado conforme segue:

$$(a, b) = \sum^{n}_{i=0} p_i F_i(a, b), \quad (3.1)$$

onde:

$$\sum^{n}_{i=0} p_i = 1 \quad (3.2)$$

$F_i(a, b)$ é a função de preferência (função de preferência da alternativa "a" com relação à alternativa "b" no critério "i") $[g_i(a) - g_i(b)]$ entre o desempenho das alternativas para cada critério i. Brans e Mareschal (2002) propõem seis tipos de funções de preferência, chamadas de critérios generalizados, que podem ser empregadas no método PROMETHEE. São eles:

- Critério Usual:

Se fi(a) > fi(b), Fi(a,b) = 1

Se fi(a) ≤ fi(b), Fi(a,b) = 0

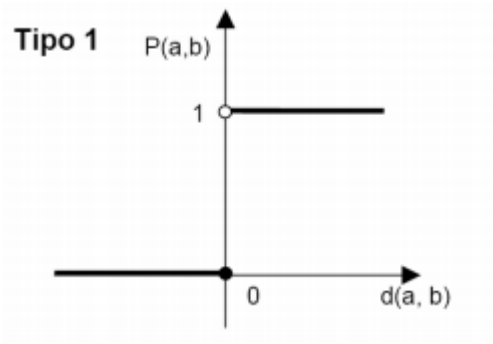

Figura 3-2 Critério Usual (fonte: Ceolim, 2005)

- Quase critério: Utiliza um limiar de indiferença, de forma que:

Se fi(a)- fi(b) > q, Fi(a,b) = 1

Se fi(a)- fi(b) ≤ q, Fi(a,b) = 0

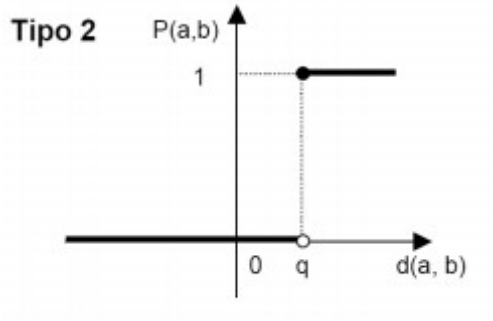

Figura 3-3 Quase Critério (fonte: Ceolim, 2005)

- Limiar de preferência: Utiliza um limiar de preferência, de forma que:

Se fi(a)- fi(b) > p, Fi(a,b) = 1

Se fi(b) < fi(a) ≤ fi(b) + p, Fi(a,b) = (fi(a) – fi(b))/p

Se fi(a)- fi(b) ≤ 0, Fi(a,b) = 0

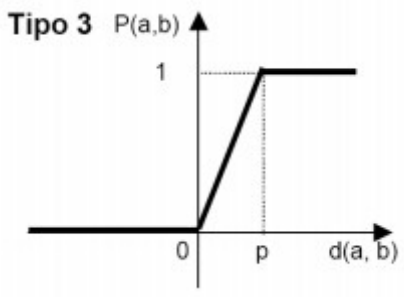

Figura 3-4 Limiar de Preferência (fonte: Ceolim, 2005)

- Pseudo Critério: Utiliza um limiar de indiferença q, e um limiar de preferência p, de forma que:

Se fi(a)- fi(b) > p, Fi(a,b) = 1

Se $q < fi(a) - fi(b) \leq p$, $Fi(a,b) = 1/2$

Se $fi(a) - fi(b) \leq q$, $Fi(a,b) = 0$

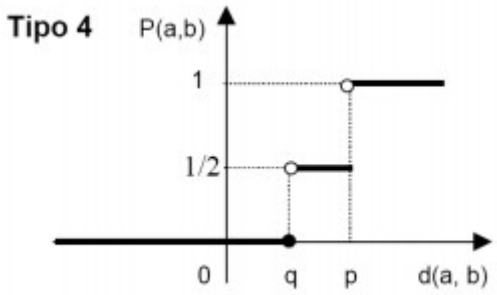

Figura 3-5 Pseudo Critério (fonte: Ceolim, 2005)

- Área de indiferença: Utiliza um limiar de indiferença q, e um limiar de preferência p, de forma que:

Se $fi(a) - fi(b) > p$, $Fi(a,b) = 1$

Se $q < fi(a) - fi(b) \leq p$, $Fi(a,b) = (fi(a) - fi(b) - q)/(p - q)$

Se $fi(a) - fi(b) \leq q$, $Fi(a,b) = 0$

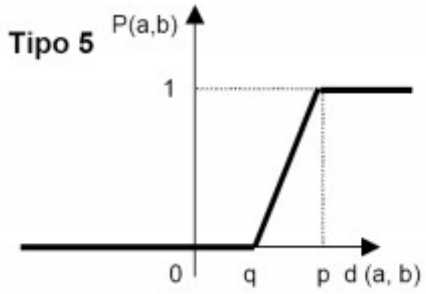

Figura 3-6 Área de Indiferença (fonte: Ceolim, 2005)

- Critério gaussiano: Utiliza uma distribuição gaussiana, tal que:

Se $fi(a) - fi(b) > 0$, a preferência aumenta segundo uma distribuição normal.

Se $fi(a) - fi(b) \leq 0$, $Fi(a,b) = 0$.

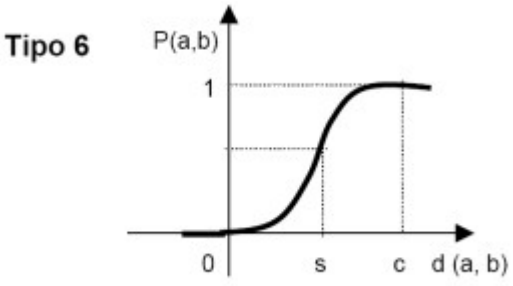

Figura 3-7 Critério Gaussiano (fonte: Ceolim, 2005)

Criada a função $\pi(a, b)$, o objetivo é estabelecer uma avaliação de relações de superações da alternativa *a* em relação às demais alternativas. São definidos três fluxos de superação: o fluxo de saída ($\Phi^+(a)$), que representa a intensidade de preferência de a sobre outras alternativas; o fluxo de entrada ($\Phi^-(a)$), que representa a intensidade de preferência de outras alternativas sobre a; e o fluxo líquido ($\Phi(a)$), que exprime o balanço do fluxo de entrada e de saída da alternativa a.

Os fluxos de superação são definidos como:

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \epsilon A} \pi(a,b) \tag{3.3}$$

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \epsilon A} \pi(b,a) \tag{3.4}$$

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \tag{3.5}$$

No PROMETHEE I os problemas de ordenação são resolvidos através de duas pré-ordens parciais entre as alternativas:

- Pré-ordem decrescente de $\Phi^+(a)$;
- Pré-ordem crescente de $\Phi^-(a)$.

Estas duas pré-ordens são estabelecidas com base em duas relações: sobreclassificação e indiferença. (Almeida, 2011)

O método PROMETHEE II resolve a problemática de hierarquia através de uma pré-ordem completa baseada na utilização do fluxo líquido a partir das seguintes relações:

- Se $\Phi(a) > \Phi(b)$, então a alternativa a é preferível à alternativa b;
- Se $\Phi(a) = \Phi(b)$, então a alternativa a é indiferente à alternativa b.

O método PROMETHEE V, trabalha com a problemática de portfólio e é realizado em duas etapas, sendo a primeira o próprio PROMETHEE II. Após a obtenção das avaliações das alternativas na primeira etapa, são consideradas restrições, identificadas no problema. As alternativas serão selecionadas através de uma programação binária, conhecida como Knapsack Problem, utilizando como função objetivo o fluxo líquido do PROMETHEE II alterado (Almeida, 2010).

Segundo (Almeida, 2012) para seleção de portfólios, usando Métodos de Sobreclassificação, tem-se aplicado o PROMETHEE V, portanto no presente trabalho, este método será utilizado para a obtenção da proposta do modelo.

3.3 Seleção de Projetos na Construção Civil

Segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE, 2015), a construção civil, representante de uma das mais complexas e extensas cadeias de produção, se divide em: Construção de edifícios, obras de infraestrutura e serviços especializados para construção.

O setor é considerado como um indicador da situação econômica do país. Os períodos de crescimento nacional podem ser associados à sua aceleração. Segundo o IBGE (2014) ele é responsável por cerca de 6% do PIB no Brasil, além de ter como característica proeminente a capacidade de gerar grande número de postos de trabalho.

Além disso, a indústria da construção é responsável pela produção de infraestrutura, como na instalação de portos, ferrovias, rodovias, sistemas de irrigação, energia, comunicação e outros, sem os quais as demais atividades de produção ou de serviço não poderiam funcionar de maneira adequada, o que enfatiza a relevância deste setor.

Apesar de sua importância para a economia, esse setor vem demonstrando dificuldades para atingir uma boa produtividade. A indústria de construção civil no Brasil ainda é conhecida pelo atraso nos procedimentos gerenciais e técnicas construtivas, pela mão de obra desqualificada, por atrasos nos prazos de entrega, entre outras limitações. Isso justifica a preocupação atual de um grande número de construtoras com seus sistemas de gestão (Frej & Alencar, 2010).

Um projeto pode ser definido como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. O gerenciamento desses projetos, por sua vez, é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. (PMI, 2013).

O foco gerencial das empresas tem mudado da gestão de projetos individuais para a gestão simultânea de um conjunto de múltiplos projetos. A grande maioria das empresas do setor executa mais de um empreendimento ao mesmo tempo. De acordo com Cooper, et al. (2001), o gerenciamento de múltiplos projetos é um processo dinâmico, em que os empreendimentos ativos são constantemente revistos e modificados, e novas iniciativas são avaliadas, selecionadas e priorizadas. Projetos existentes podem ser acelerados, eliminados ou

ter sua prioridade reduzida, sendo os recursos alocados e realocados para os projetos ativos. O processo de decisão aqui presente é caracterizado pela incerteza e mudanças das informações, oportunidades dinâmicas, múltiplas metas e considerações estratégicas, independência entre projetos e múltiplas tomadas de decisão e locais.

Independente do porte, todas as organizações precisam selecionar e gerenciar seus investimentos e executar projetos visando obter o máximo benefício. Muitas organizações não possuem nem critérios oficiais de seleção, nem uma categorização clara dos projetos potenciais, o que causa dificuldades para comparar, decidir e selecionar propostas de projetos. O processo de seleção de projetos é acompanhado de um extenso trabalho de gestão de riscos, controle de mudanças na estratégia do negócio, garantindo dessa forma um alinhamento contínuo entre o processo de formulação da estratégia e a gestão de projetos.

Segundo o PMI (2008), os estágios do processo de seleção são:

1) **Identificar componentes**: Esta etapa tem por objetivo criar uma lista autorizada com informações suficientes que servirão de base para o início do processo de seleção.
2) **Categorizar componentes**: Os projetos são então categorizados, segundo as diretrizes definidas no plano estratégico. A categorização também é importante no momento do balanceamento do investimento e do risco entre as categorias e objetivos estratégicos.
3) **Avaliar componentes**: Todas as informações pertinentes relacionadas aos componentes definidos são calculadas. O objetivo desta etapa é prover informações (gráficos, tabelas, documentos) e recomendações para o processo de seleção, e para isso podem ser usadas informações quantitativas e qualitativas de todas as áreas de empresa ou mesmo de fora dela.
4) **Selecionar componentes**: A seleção gera uma lista de projetos que são relevantes e poderiam ser realizados pela organização, com base nos critérios definidos. Além disso, são definidas recomendações para a priorização**.**
5) **Priorizar componentes**: A priorização pode usar os projetos divididos em suas categorias, e vai definir as prioridades de projetos, gerando uma lista segundo a ordem de importância.
6) **Balancear componentes**: A etapa de balanceamento tem por objetivo determinar o conjunto de projetos com o maior potencial de auxiliar a organização a atingir seus objetivos estratégicos. A alocação de recursos em cada projeto é feita segundo o

direcionamento estratégico, visando obter o máximo retorno dentro do nível de risco aceito pela organização.

7) **Autorizar componentes**: A última etapa consiste na formalização do conjunto de projetos selecionados e alocação de recursos.

Nesse contexto, o presente trabalho visa propor um modelo de decisão que resolva o problema de seleção e priorização de projetos nas empresas do setor da construção civil, buscando além de tudo otimizar a forma como o processo é atualmente realizado, com base nas informações fornecidas pela empresa estudo de caso.

4 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada baseou-se numa preparação conceitual fundamentada pela pesquisa bibliográfica acerca dos modelos de apoio à decisão existentes na literatura para cenários envolvendo um decisor, e em seleção de projetos.

Por conseguinte, uma organização do setor de construção civil, com sede em Recife, caracterizada como sendo de grande porte levando em consideração seu faturamento anual, e com caráter significativo na economia do Estado de Pernambuco, foi selecionada para que fosse possível determinar o método atual utilizado por ela na seleção de seus projetos. Entrevistas com o responsável pela gestão de projetos da empresa foram realizadas com vista a obter tais informações. Para a coleta de dados, foi confeccionado um questionário com os principais pontos a serem levantados. Vale ressaltar que houve uma dificuldade significativa na obtenção de informações estratégicas, e por este motivo alguns dados utilizados na estruturação do modelo de decisão tiveram de ser simulados.

Para a estruturação do problema, os métodos da família PROMETHEE foram utilizados como referência, por atenderem às características do problema já definido.

5 DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO DO MODELO

5.1 Caracterização da Organização

Atuando há mais de 30 anos, a empresa utilizada como objeto de estudo do presente trabalho, é hoje uma das maiores incorporadoras da região reconhecida como uma empresa destaque no mercado imobiliário. Com sede em Recife, focou sua expansão no mercado nordestino. Atualmente em cinco estados, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Rio Grande do Norte e Ceará.

Com aproximadamente 5000 funcionários e um faturamento anual superior a 50 milhões de reais, a organização tem como visão ser a melhor empresa de desenvolvimento imobiliário do Nordeste, com a marca reconhecida pela realização dos sonhos das pessoas e melhoria da qualidade de vida.

Atualmente, detém de 61 projetos em andamento e um total de 157 empreendimentos entregues, aproximadamente 12 mil unidades habitacionais, distribuídos nas três linhas de produtos que a empresa possui. São elas: Residencial, contando com empreendimentos de luxo e alto padrão e produtos voltados para a classe média e baixa renda; a linha de hotéis, flats e resorts; e os loteamentos construídos em áreas mais afastadas, longe dos centros urbanos. Neste trabalho, consideraremos apenas as linhas de produtos residenciais.

Como citado anteriormente, os cinco Estados em que a empresa atua são divididos em três unidades de negócio: Pernambuco, Bahia – Alagoas, Rio Grande do Norte – Ceará. O alinhamento com as prioridades estratégicas é executado de forma separada por cada unidade de negócio. A organização possui um planejamento estratégico global claro, sendo que este orienta a estratégia e a gestão de projetos de cada uma das suas unidades de negócio. No terceiro trimestre de cada ano, esse planejamento estratégico é atualizado, e são estabelecidas as diretrizes que vão nortear suas atividades ao longo do ano seguinte. É nesse mesmo período que ocorre a seleção dos projetos que serão executados ao longo dos dois anos correntes.

Antes da etapa de seleção de projetos, uma análise de viabilidade desses projetos é realizada. Para determinar se um projeto é viável ou não, a empresa utiliza além de critérios financeiros básicos como VPL (Valor Presente Líquido) e Valor de Venda mínimo aceitável, o critério que eles chamam de "Inteligência de Negócio", que pela descrição do entrevistado corresponde à previsão de venda do projeto.

Para a seleção dos projetos que já foram considerados viáveis na primeira etapa, cada unidade de negócio realiza um "Comitê de Avaliação". Esse comitê é composto pelos principais acionistas da empresa e pelos respectivos diretores regionais. Os critérios aqui utilizados são os critérios Financeiro e o que o entrevistado denominou de "Marketing do Produto". Neste último critério, são analisados: a absorção de determinado projeto pelo mercado correspondente à unidade de negócio em questão; a exigência e necessidades dos mercados locais; o tamanho do empreendimento (se este condiz com as exigências do público-alvo) e etc. Levam sempre em consideração a capacidade econômica de cada Estado, a renda e o perfil dos consumidores.

O esquema abaixo representa de forma clara o modo como a organização seleciona seus projetos atualmente.

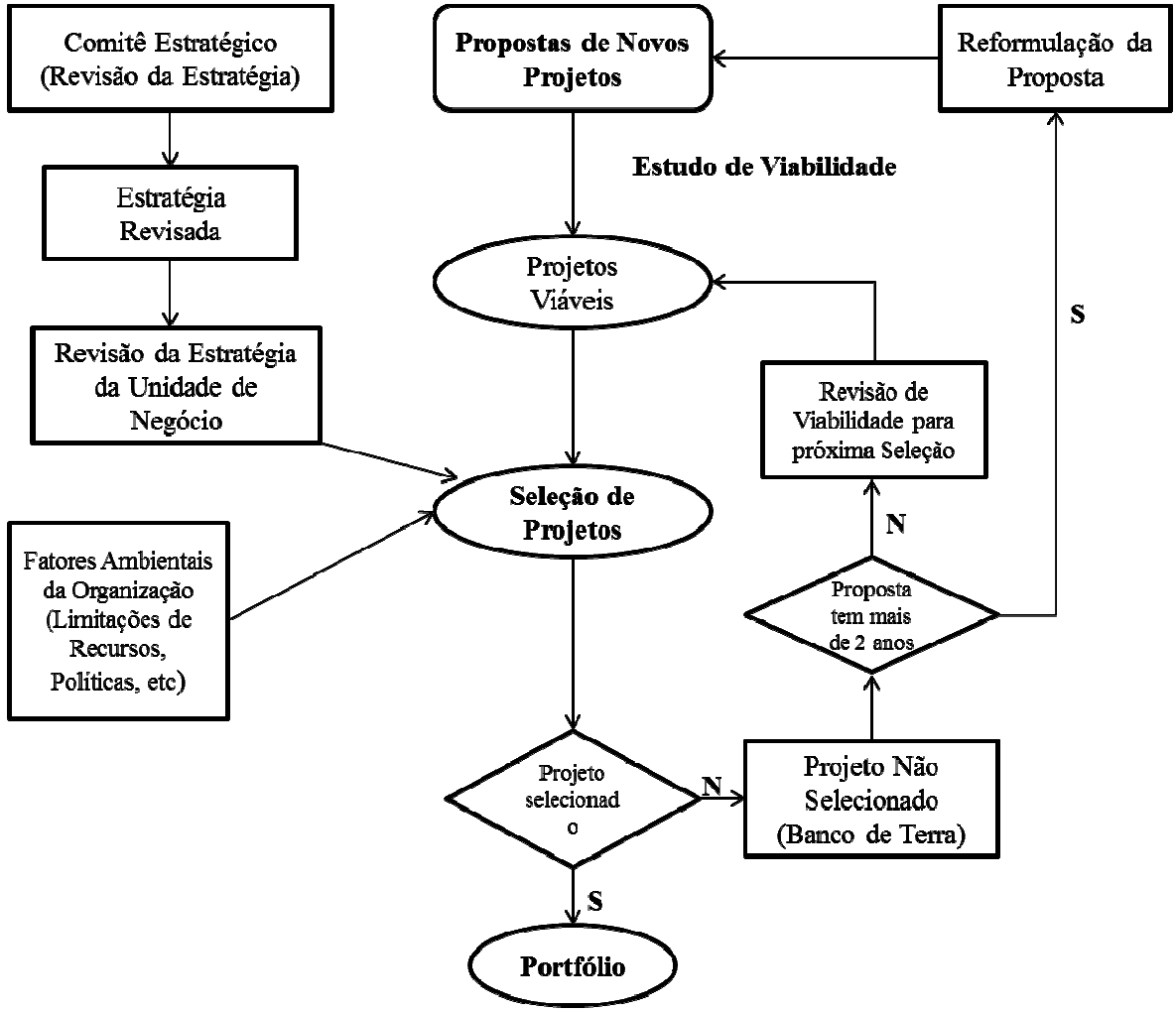

Figura 5-1 Esquema do Modelo de Gestão de Portfólio (fonte: Elaborado pelos autores)

5.2 Construção do Modelo

5.2.1 Critérios para a Seleção de Projetos

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 podem ser meramente financeiros, podem ter como base o mercado financeiro ou o seu público-alvo, ou ainda a combinação de todos esses fatores. (Xavier et al., 2014).

Os critérios de decisão utilizados pela empresa na etapa de seleção de projetos, já descritos anteriormente, foram identificados nas entrevistas realizadas com o gestor responsável por este processo em Pernambuco, sendo este considerado portanto como decisor do problema.

Esses critérios foram estritamente analisados com o objetivo de identificar possíveis critérios que não estão sendo atualmente considerados pela empresa, mas que possuem um importante papel na tomada de decisão acerca do portfólio de projetos.

Os critérios a serem considerados no modelo proposto foram divididos em duas classes como será detalhado a seguir.

5.2.1.1 Critério Financeiro

O critério financeiro foi apontado pelos entrevistados como menos relevante nessa etapa por já ter sido utilizado na etapa de Análise de Viabilidade. O critério aqui utilizado será:

- Taxa Interna de Retorno: Nesse critério será levado em conta o retorno mensal obtido sobre o capital investido. É a taxa necessária para igualar o valor de um investimento com os seus respectivos retornos futuros. A TIR pode ser obtida igualando o VPL do projeto a zero. Deste modo, pode-se considerar um projeto atrativo quando sua TIR for maior do que o custo de capital do projeto.

Tabela 1 - Escala de Avaliação do Projeto segundo o Critério Taxa Interna de Retorno

Valor	Classificação	Descrição
5	Excelente	TIR superior a 3%
4	Bom	TIR entre 2,4 e 2,9%
3	Razoável	TIR entre 1,75 e 2,3%
2	Viável	TIR entre 0,9 e 1,74%
1	Minimamente viável	TIR entre 0,7 e 0,8%

5.2.1.2 Critérios Estratégicos

Os critérios estratégicos foram apontados pelo decisor como mais relevantes nesta etapa. Os critérios aqui utilizados serão:

- Alinhamento com o Perfil do Mercado local: Nesse critério será avaliado se o projeto atende ou não às necessidades, exigências e às limitações do mercado local em que será inserido. Para isso, o perfil do mercado é determinado previamente. A tabela abaixo fornece a escala de avaliação do presente critério.

Tabela 2 - Escala de Avaliação do Critério Alinhamento com o Perfil do Mercado Local

Valor	Classificação	Descrição
5	Excelente	O projeto apresenta um perfeito alinhamento com o perfil do mercado local
4	Bom	O projeto encontra-se alinhado ao perfil do mercado local
3	Razoável	O projeto atende ao perfil do mercado local
2	Viável	O projeto atende em partes o perfil do mercado local
1	Minimamente Viável	O projeto apresenta um mínimo alinhamento com o perfil do mercado local

- Aceitação do Consumidor: Neste critério, para mensurar a aceitação do consumidor, pode ser calculada a previsão de venda/demanda para cada um dos projetos. Um projeto que apresenta baixa aceitação do consumidor poderia gerar problemas para a empresa, como afetar a sua imagem por exemplo, por ter imóveis parados. Isso acarretaria custos adicionais como custo de oportunidade, custo de marketing e etc. A escala de avaliação desse critério é apresentada na tabela a seguir.

Tabela 3 - Escala de Avaliação do critério Aceitação do Consumidor

Valor	Classificação	Descrição
5	Excelente	O projeto apresenta uma perfeita aceitação do consumidor e será rapidamente vendido
4	Bom	O projeto possui aceitação do mercado e poderá ser vendido rapidamente
3	Razoável	O projeto possui uma razoável aceitação do mercado e poderá apresentar pequenas dificuldades para venda
2	Viável	O projeto apresenta uma limitada aceitação do mercado, e por isso tem chances de dificuldades para venda, mas ainda pode ser viável.
1	Minimamente Viável	O projeto apresenta uma fraca aceitação do mercado, e por isso tem grandes chances de dificuldades para venda.

- Risco de Atraso do Projeto: Para cada projeto é definido um risco de atraso, que varia em função, principalmente, da complexidade técnica de cada um. A empresa zela por

uma imagem de confiança, e acredita que atrasos em projetos podem ter impacto negativo neste ponto. Por esse motivo, esse critério é considerado um critério estratégico. A escala de avaliação do critério é apresenta na tabela abaixo.

Tabela 4 - Escala de Avaliação do Critério Risco de Atraso do Projeto

Valor	Classificação	Descrição
5	Risco muito Baixo	O projeto apresenta baixíssima complexidade técnica e será completado no prazo sem grandes dificuldades.
4	Risco Baixo	O projeto apresenta baixa complexidade técnica e deverá ser completado no prazo
3	Risco Médio	O projeto tem risco médio de atraso devido a sua complexidade técnica
2	Risco Alto	O projeto apresenta uma complexidade técnica considerável e possui um risco de atraso
1	Risco máximo Aceitável	O projeto apresenta uma complexidade técnica muito alta e apresenta chances de atraso, porém o risco é aceitável.

Além da determinação dos critérios a serem utilizados, para estruturar o modelo de ordenação e priorização incorporando o método PROMETHEE, foram obtidas informações do decisor, como os pesos dos critérios e os parâmetros associados, sendo estas fornecidas de modo racional.

A partir dos Fatores Críticos de Sucesso, os seguintes critérios de avaliação dos projetos foram indicados e seus respectivos pesos determinados:

Tabela 5 - Critérios utilizados na Avaliação dos Projetos

	Critério	Peso
Critério Financeiro	C1: Taxa Interna de Retorno	0,4
Critérios Estratégicos	C2: Alinhamento com o Perfil do Mercado Local	0,2
	C3: Aceitação do Consumidor	0,2
	C4: Risco de Atraso do Projeto	0,2

5.2.2 Alternativas do Problema

Como o acesso ao Portfólio de Projetos da organização não nos foi permitido, as propostas de projetos serão tratadas de forma genérica e os seus desempenhos serão simulados. Considerou-se, portanto, que cerca de 45 propostas de projetos são consideradas viáveis na etapa de análise de viabilidade e são então enviadas para a etapa de seleção. No modelo, os projetos serão enumerados de 1 a 45.

5.2.3 Formulação do Problema de Seleção e Priorização

Inicialmente, o modelo consiste em obter uma matriz de avaliação, determinando o desempenho de cada alternativa com relação a cada critério. Os dados foram obtidos aleatoriamente no Microsoft Excel, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 6 - Matriz de Avaliação das Alternativas x Critérios

	Critério Financeiro	Critérios Estratégicos		
Alternativas	Taxa Interna de Retorno	Alinhamento com o Perfil do mercado local	Aceitação do Consumidor	Risco de atraso do projeto
Projeto 1	1	5	2	3
Projeto 2	1	5	3	3
Projeto 3	4	3	2	2
Projeto 4	1	2	2	2
Projeto 5	2	2	4	3
Projeto 6	3	3	4	5
Projeto 7	4	1	5	3
Projeto 8	1	4	2	4
Projeto 9	3	4	3	3
Projeto 10	2	4	4	2
Projeto 11	4	3	5	5
Projeto 12	2	5	5	4
Projeto 13	2	5	3	1
Projeto 14	3	4	4	5
Projeto 15	2	1	1	1
Projeto 16	2	2	1	5
Projeto 17	5	2	4	1
Projeto 18	4	3	1	4

Projeto 19	1	2	2	2
Projeto 20	2	3	3	1
Projeto 21	5	3	3	1
Projeto 22	3	5	2	5
Projeto 23	3	2	5	2
Projeto 24	5	4	4	5
Projeto 25	1	5	2	2
Projeto 26	1	3	4	5
Projeto 27	1	3	4	1
Projeto 28	1	2	1	2
Projeto 29	3	4	3	2
Projeto 30	1	1	5	1
Projeto 31	4	1	1	3
Projeto 32	3	5	2	3
Projeto 33	4	4	5	3
Projeto 34	2	5	3	3
Projeto 35	1	4	2	4
Projeto 36	3	2	1	1
Projeto 37	1	3	2	3
Projeto 38	3	4	4	2
Projeto 39	4	2	5	3
Projeto 40	1	5	3	3
Projeto 41	4	5	3	5
Projeto 42	2	5	4	5
Projeto 43	4	4	2	5
Projeto 44	2	2	3	2
Projeto 45	3	2	1	5

A partir dos critérios selecionados com seus respectivos pesos determinados e da matriz da avaliação, foi obtido o grau de sobreclassificação $\pi(□, □)$ para cada proposta de projeto $(□, □)$, e os respectivos fluxos de superação (saída, entrada e líquido), baseados no método PROMETHEE II. Para isto, utilizou-se o critério usual como função de preferência. Os dados obtidos são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 7 - Tabela dos Fluxos de Sobreclassificação das Propostas de Projetos

	FLUXOS DE SOBRECLASSIFICAÇÃO		
	SAÍDA	ENTRADA	LÍQUIDO
	φ+	φ-	φ(x)
Projeto 1	0,481818182	0,268181818	0,213636364
Projeto 2	0,436363636	0,318181818	0,118181818

Projeto 3	0,368181818	0,436363636	-0,068181818
Projeto 4	0,672727273	0,086363636	0,586363636
Projeto 5	0,440909091	0,422727273	0,018181818
Projeto 6	0,240909091	0,559090909	-0,318181818
Projeto 7	0,286363636	0,554545455	-0,268181818
Projeto 8	0,513636364	0,277272727	0,236363636
Projeto 9	0,304545455	0,481818182	-0,177272727
Projeto 10	0,409090909	0,390909091	0,018181818
Projeto 11	0,127272727	0,695454545	-0,568181818
Projeto 12	0,254545455	0,581818182	-0,327272727
Projeto 13	0,445454545	0,354545455	0,090909091
Projeto 14	0,195454545	0,6	-0,404545455
Projeto 15	0,727272727	0,118181818	0,609090909
Projeto 16	0,509090909	0,290909091	0,218181818
Projeto 17	0,340909091	0,527272727	-0,186363636
Projeto 18	0,345454545	0,504545455	-0,159090909
Projeto 19	0,672727273	0,086363636	0,586363636
Projeto 20	0,540909091	0,268181818	0,272727273
Projeto 21	0,340909091	0,531818182	-0,190909091
Projeto 22	0,231818182	0,55	-0,318181818
Projeto 23	0,372727273	0,436363636	-0,063636364
Projeto 24	0,086363636	0,772727273	-0,686363636
Projeto 25	0,536363636	0,222727273	0,313636364
Projeto 26	0,422727273	0,35	0,072727273
Projeto 27	0,590909091	0,195454545	0,395454545
Projeto 28	0,722727273	0,054545455	0,668181818
Projeto 29	0,359090909	0,436363636	-0,077272727
Projeto 30	0,65	0,172727273	0,477272727
Projeto 31	0,454545455	0,381818182	0,072727273
Projeto 32	0,3	0,477272727	-0,177272727
Projeto 33	0,15	0,663636364	-0,513636364
Projeto 34	0,345454545	0,436363636	-0,090909091
Projeto 35	0,513636364	0,277272727	0,236363636
Projeto 36	0,586363636	0,227272727	0,359090909
Projeto 37	0,577272727	0,181818182	0,395454545
Projeto 38	0,318181818	0,481818182	-0,163636364
Projeto 39	0,236363636	0,572727273	-0,336363636
Projeto 40	0,436363636	0,318181818	0,118181818
Projeto 41	0,104545455	0,690909091	-0,586363636
Projeto 42	0,236363636	0,554545455	-0,318181818
Projeto 43	0,2	0,595454545	-0,395454545
Projeto 44	0,536363636	0,254545455	0,281818182
Projeto 45	0,418181818	0,381818182	0,036363636

As potenciais propostas de projetos foram então ordenadas de forma decrescente, obtendo os resultados mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Propostas de projetos ordenadas de acordo com o método PROMETHEE II

Método PROMETHEE II
Projeto 28
Projeto 15
Projeto 4
Projeto 19
Projeto 30
Projeto 27
Projeto 37
Projeto 36
Projeto 25
Projeto 44
Projeto 20
Projeto 8
Projeto 35
Projeto 16
Projeto 1
Projeto 2
Projeto 40
Projeto 13
Projeto 26
Projeto 31
Projeto 45
Projeto 5
Projeto 10
Projeto 23
Projeto 3
Projeto 29
Projeto 34
Projeto 18
Projeto 38
Projeto 32
Projeto 9
Projeto 17
Projeto 21
Projeto 7
Projeto 42
Projeto 6
Projeto 22
Projeto 12
Projeto 39

Projeto 43
Projeto 14
Projeto 33
Projeto 11
Projeto 41
Projeto 24

Os custos de cada proposta de projeto foram simulados no Excel. Levou-se em consideração o CUB/m² (Custo Unitário Básico por metro quadrado) de R$ 1238,25, utilizado na construção civil e fornecido pelo Sinduscon - PE (Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Pernambuco) em Dezembro/2014, além de tomar como referência o padrão das construções residenciais da organização estudada. Os custos de cada projeto são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 9 - Custo das Propostas de Projetos em R$

Custos dos Projetos (em milhões de R$) - Padrão (R-16N)	
Min (R$5.091.993,56); Máx (R$ 20.367974.25)	
Projeto 1	10,80
Projeto 2	17,52
Projeto 3	5,88
Projeto 4	16,51
Projeto 5	15,74
Projeto 6	16,42
Projeto 7	8,21
Projeto 8	14,11
Projeto 9	5,19
Projeto 10	13,16
Projeto 11	7,10
Projeto 12	12,68
Projeto 13	17,42
Projeto 14	14,88
Projeto 15	19,92
Projeto 16	18,88
Projeto 17	18,01
Projeto 18	8,20
Projeto 19	14,22
Projeto 20	16,04
Projeto 21	9,96
Projeto 22	11,97

Projeto 23	7,73
Projeto 24	16,84
Projeto 25	5,54
Projeto 26	15,82
Projeto 27	20,08
Projeto 28	9,74
Projeto 29	18,77
Projeto 30	9,88
Projeto 31	11,48
Projeto 32	13,34
Projeto 33	9,82
Projeto 34	7,24
Projeto 35	8,93
Projeto 36	18,87
Projeto 37	14,98
Projeto 38	11,05
Projeto 39	15,38
Projeto 40	19,47
Projeto 41	11,00
Projeto 42	17,82
Projeto 43	6,73
Projeto 44	7,67
Projeto 45	7,57

O PROMETHEE II permite ainda a seleção dos projetos ordenados. As propostas devem ser selecionadas seguindo a ordem já determinada até que o recurso financeiro se esgote. Esse tipo de seleção é amplamente utilizada pela sua facilidade de aplicação, como já afirmado em Almeida (2010). O capital que a empresa possui para a implantação dos projetos é R$173.645.524,00. Dessa forma o PROMETHEE II selecionaria apenas 12 projetos, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 10 - Projetos selecionados pelo PROMETHEE II

Método PROMETHEE II	
Projeto	Custo (R$)
Projeto 28	9746366
Projeto 15	19920146
Projeto 4	16513321
Projeto 19	14222181
Projeto 30	9883772

Projeto 27	20083119
Projeto 37	14988572
Projeto 36	18874766
Projeto 25	5547289
Projeto 44	7678315
Projeto 20	16046270
Projeto 8	14116709
Custo Total	167620826

Após a ordenação das propostas de projetos obtidas com o PROMETHEE II, a solução para o PROMETHEE V é obtida da seguinte maneira:

$Max \sum_{i=1}^{n} \emptyset_i x_i$ (5.1)

Sujeito a

$\sum_{i=1}^{r} c_i x_i \leq B$ (5.2)

Onde:

x_i é uma variável binaria, indicando se o projeto está incluído no portfólio ou não;

c_i representa o custo do projeto correspondente;

B é o orçamento avaliado, que representa a restrição para a implementação dos projetos.

Como mostrado anteriormente, os fluxos líquidos de algumas propostas de projetos obtidos com o PROMETHEE II são negativos e outros positivos. Mavrotas et. al (2006) apud (Almeida, 2012) afirma que esse aspecto não estava claro em estudos anteriores do PROMETHEE V, dado que os sinais de todos os fluxos líquidos devem ser positivos na função objetivo da etapa de otimização do problema da mochila, onde os projetos serão ou não selecionados. Por esse motivo, foi sugerido transformar todos os fluxos líquidos do PROMEHTEE II em valores não-negativos, através de uma mudança de escala destes fluxos da seguinte maneira:

$\emptyset'_i = \emptyset_i + |min_i(\emptyset_i)|$, onde $min_i(\emptyset_i)$ é o menor valor dos fluxos líquidos, que obviamente será negativo, considerando todas as alternativas propostas (Almeida, 2010).

Mesmo assim, um problema com essa escala continua existindo. A alternativa com o menor fluxo líquido jamais seria considerada para fazer parte do portfólio, já que seu fluxo líquido seria zero. Para resolver esse problema, sugeriu-se que fosse adicionado um valor, ε. Sendo assim, $\emptyset'_i = \emptyset_i + |min_i(\emptyset_i)| + \varepsilon$. A partir daí, todos os projetos podem ser incluídos no portfólio a ser selecionado pelo modelo, pois contribuem com o aumento da função objetivo.

Dessa forma, o modelo proposto no presente trabalho apresenta:

$$M\square x \sum_{\square=1}^{45} 0{,}901x_1 + 0{,}8055x_2 + 0{,}6192x_3 + \cdots + 0{,}7237x_{45}$$

Sujeito a

$$\sum_{\square=1}^{45} 10804098x_1 + 17525965x_2 + 5881630x_3 + \cdots + 7570035x_{45} \leq 173645524$$

O problema de Programação Linear foi resolvido com ajuda do Matlab e a solução encontrada é mostrada na tabela abaixo:

Tabela 11 - Projetos Selecionados pelo PROMETHEE V

Método PROMETHEE V		
Projeto	Solução	Custo (R$)
Projeto 1	1	10.804.098
Projeto 2	0	
Projeto 3	1	5.881.630
Projeto 4	1	16.513.321
Projeto 5	0	
Projeto 6	0	
Projeto 7	0	
Projeto 8	0	
Projeto 9	1	5.190.008
Projeto 10	0	
Projeto 11	0	
Projeto 12	0	
Projeto 13	0	
Projeto 14	0	
Projeto 15	1	19.920.146
Projeto 16	0	
Projeto 17	0	
Projeto 18	1	8.204.369
Projeto 19	1	14.222.181
Projeto 20	0	
Projeto 21	0	
Projeto 22	0	
Projeto 23	1	7.735.395
Projeto 24	0	
Projeto 25	1	5.547.289
Projeto 26	0	

Projeto 27	0	
Projeto 28	1	9.746.366
Projeto 29	0	
Projeto 30	1	9.883.772
Projeto 31	1	11.486.193
Projeto 32	0	
Projeto 33	0	
Projeto 34	1	7.248.527
Projeto 35	1	8.938.733
Projeto 36	0	
Projeto 37	1	14.988.572
Projeto 38	0	
Projeto 39	0	
Projeto 40	0	
Projeto 41	0	
Projeto 42	0	
Projeto 43	0	
Projeto 44	1	7.678.315
Projeto 45	1	7.570.035
Total de Recursos Consumidos (R$)		171.558.950

De acordo com os resultados obtidos, o PROMETHEE V selecionou 17 propostas ao invés de 12 como no PROMETHEE II, e a organização teria uma folga no seu recurso de aproximadamente R$ 2.086.573,6.

Pôde-se observar que o PROMETHEE V troca uma alternativa com alto fluxo líquido, por outras com fluxo menor, de forma que a soma dos custos das propostas selecionadas sejam próximas do custo da proposta descartada. Desse modo, o PROMETHEE V consegue aumentar o somatório do fluxo líquido das propostas selecionadas. Isso foi comprovado pelo resultado do modelo para cada método. As alternativas selecionadas pelo PROMETHEE II somam um total de 13,43018 de fluxo adaptado, enquanto que o PROMETHEE V somou um total de 15,60336, revelando um resultado mais satisfatório. Isto se deve ao fato de que o PROMETHEE V faz análises de otimização. Esse resultado confirma o que já foi observado em Almeida (2010).

Para facilitar a comparação entre os resultados obtidos com os dois métodos, a tabela abaixo mostra as propostas que foram selecionadas por apenas um deles. As alternativas que foram selecionadas ou recusadas por ambos os métodos foram excluídas da comparação.

Tabela 12 - Comparação das propostas selecionadas por apenas um dos métodos

Proposta	PROMETHEE II	PROMETHEE V	Ø'i
Projeto 1	0	1	0,901
Projeto 3	0	1	0,619182
Projeto 8	1	0	0,923727
Projeto 9	0	1	0,510091
Projeto 18	0	1	0,528273
Projeto 20	1	0	0,960091
Projeto 23	0	1	0,623727
Projeto 27	1	0	1,082818
Projeto 31	0	1	0,760091
Projeto 34	0	1	0,596455
Projeto 35	0	1	0,923727
Projeto 36	1	0	1,046455
Projeto 45	1	0	0,723727

Uma outra comparação foi realizada, mostrando as diferenças de desempenho em cada critério de decisão das alternativas trocadas. Os resultados obtidos são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 13 - Soma dos desempenhos em cada critério das alternativas trocadas

	C1	C2	C3	C4
PROMETHEE V	25	29	20	29
PROMEHTEE II	7	12	10	7

Pode-se observar, que as propostas selecionadas pelo PROMEHTEE V superam em todos os critérios o desempenho das alternativas selecionadas pelo PROMETHEE II, o que enfatiza que os resultados obtidos com o PROMETHEE V maximizam a satisfação sentida pelo decisor.

6 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou propor um modelo de decisão que auxiliasse a gestão de portfólio das empresas do setor da construção civil, com ênfase para a seleção de projetos. Para isso, utilizou-se os métodos de apoio à decisão multicritério da família PROMETHEE, que já vêm sendo utilizados na literatura para esse fim, além de ser um método não-compensatório, o que atende às características do problema levantado. Para a construção do

modelo, foi necessário realizar um levantamento de dados na organização estudo de caso. Dadas as dificuldades encontradas em obter algumas informações estratégicas, alguns dados tiveram de ser simulados.

Para a utilização do PROMETHEE V, foi necessário uma adaptação dos fluxos líquidos já obtidos no PROMETHEE II por apresentarem algumas inconsistências, como por exemplo o fato de que as propostas que apresentassem um fluxo líquido negativo quando alocadas na função objetivo, seriam consideradas como prejudiciais à organização. Dessa forma, o PROMETHEE V, diferente do PROMETHEE II, não escolhe as propostas preferidas do decisor, mas sim seleciona um conjunto de alternativas que maximize a satisfação do mesmo, considerando as limitações de recursos que a organização possuir.

Os resultados mostraram que das 45 propostas de projetos que hipoteticamente foram consideradas viáveis pela organização, apenas 17 foram selecionadas. Assim como foi observado em Almeida (2010), pode-se concluir que o PROMETHEE V troca uma alternativa com um alto grau de preferência por outras que juntas apresentam um custo semelhante, maximizando assim as preferências do decisor, o que implica dizer que o modelo proposto nesse trabalho realiza um processo de otimização paralelo à uma análise custo x benefício, resultando numa maior satisfação por parte do decisor.

7 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. (2011). *O conhecimento e o uso de Métodos Multicritério de Apoio à Decisão.* Recife: Editora Universitária da UFPE.

ALMEIDA, A. T. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações.* São Paulo: Atlas.

ALMEIDA, A. T., & COSTA, A. C. (2003). *Aplicações com Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão.* Recife: Universitária UFPE.

ALMEIDA, J. A. (2010). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Dissertação de Mestrado. *Modelo de Decisão Multicritério para Priorização de Sistemas de Informação*. Recife.

ALMEIDA, J. A. (2010). *Sistema de Apoio à Decisão multicritério para seleção de portfólio de Sistemas de Informação*. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

ALMEIDA, J. A. (2012). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Tese de Doutorado. *Modelo Multicritério para Seleção de Portfólio de Projetos de Sistemas de Informação.*

BRANS, J. P., & MARESCHAL, B. (2002). *PROMÉTHÉE - GAIA: Une méthodologie d'aide à la décision en présence de critéres multiples.* Éditions de L'Université de Bruxelles.

CAMPOS, V. (2011). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. *Modelo de Apoio à Decisão Multicritério para priorização de projetos em sanemamento*. Universidade de São Paulo.

CEOLIM, A. J. (2005). Aplicação de Metodologias Multicritério na Avaliação dos cursos da UNESPAR/FECILCAM. *Dissertação de Mestrado*. Curitiba, Paraná, Brasil.

CLEMEN, R. T., & Reilly, T. (2001). *Making Hard Decisions with decision tools.* Duxbury: Pacific Grove.

COOPER, R. G., EDGETT, S. J., & KLEINSCHMIDT, E. J. (2001). Portfolio Management for new product development: Results of na Industry Practices Study. *R&D Management*, 361-380.

FREJ, T. A., & ALENCAR, L. H. (2010). Fatores de Sucesso no Gerenciamento de múltiplos projetos na construção civil em Recife. *Revista Produção*.

GOMES, L. F. (2007). *Teoria da Decisão.* Thomson.

GOMES, L. F., GOMES, C. F., & ALMEIDA, A. T. (2006). *Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério.* Rio de Janeiro: Atlas.

GREGÓRIO, R. D., & DAHER, S. D. (Dezembro de 2013). Modelo de decisão de investimentos em sistemas de informação em empresas do agreste pernambucano. *Anais do CONIC 2013 da Universidade Federal de Pernambuco*.

HELMANN, K. S., & MARÇAL, R. F. M. (2007). Método Muticritério de Apoio à Decisão na Gestão da Manutenção: aplicação do método Electre I na seleção de equipamentos críticos para processo. *Revista Gestão Industrial*, 123-134.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Fonte: Classificação Nacional de Atividades Econômicas (Acessado em 13/01/2015): http://www.cnae.ibge.gov.br/secao.asp?codsecao=F&TabelaBusca=CNAE_201@CNAE%202.0%20-%20Classes%20Atualizada%20(Res%2002/2010)@0@cnae@0

KEENEY, R. L., & RAIFFA, H. (1996). *Decisions with Multiple Objectives - Preferences and Value Tradeoffs.* New York: John Wiley.

MARINS, C. S., & COZENDE, M. I. (2005). A metodologia de multicritério como ferramenta para tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Porto Alegre.

MOREIRA, A. (2008). *Administração da Produção e Operações* . São Paulo : Cengage Learning.

PMI - Project Management Institute (2008). *The Standard for Portfolio Managemet.* Four Campus Boulevard.

PMI – Project Management Institute (2013). *A guide to the Project Management Body Knowledge (PMBOK Guide).*

ROY, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding.* Kluwer Academic Publishers .

SIMON, H. (1960). The new Science of management decision. *New York: Harper & Row Publishers* .

XAVIER, C. M., XAVIER, L. F., & MELO, M. (2014). *Gerenciamento de projetos na construção civil - Uma adaptação da metodologia Basic Methodware.* Rio de Janeiro: BRASPORT.