



PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

ESTUDO DE MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADOS À GESTÃO DE PROJETOS

Alline Christine Diniz Zanette

Brasília, 09 de dezembro de 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Tecnologia**

PROJETO DE GRADUAÇÃO 2

**ESTUDO DE MÉTODOS DE ANÁLISE
MULTICRITÉRIO APLICADOS À GESTÃO DE
PROJETOS**

POR,

Alline Christine Diniz Zanette

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dra. Ana Carla Bittencourt, UnB/ EPR (Orientador)

Prof. Dr. Sanderson Cesar Macedo Barbalho, UnB/ EPR

Prof. Dra. Simone Borges Simão Moneiro, UnB/ EPR

Brasília, 09 de dezembro de 2014

RESUMO

O presente trabalho se propõe a realizar uma análise dos métodos de decisão baseados em análise multicritério (*Multi Criteria Decision Analysis - MCDA*) aplicados no âmbito da gestão de projetos. São estudados casos diversos de problemas relacionados a projetos, como hierarquização e classificação de atividades, alocação de orçamento, dentre outros. Em cada análise, são identificados os fatores que influenciaram o tomador de decisão a escolher determinado método MCDA. Com essas informações, é possível estabelecer uma estratificação dos dados coletados, identificando em quais situações cada método MCDA estudado é mais adequado. Isso permitirá ao tomador de decisão definir com maior consistência e eficiência o método aplicável à sua situação problema. Identificou-se que o assunto mais abordado nos artigos estudados foi o problema seleção de projetos, sendo os métodos mais utilizados o PROMETHEE e o ELECTRE.

Palavras-chave: Métodos *MCDA*; Gestão de projetos; Tomada de decisão.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the decision methods based on multi criteria analysis (*Multi Criteria Decision Analysis – MCDA*) applied in project management. Several problems related to projects are studied, such as activities sorting and ranking, budget allocation, among others. In each analysis, the factors which influenced the decision maker to choose a specific MCDA method are identified. With these informations, it is possible to establish a stratification of the collected data, in order to identify in which situations each MCDA method studied is more adequate. This will enable the decision maker to define with more consistency and efficiency the applicable method in accordance with the problem situation. The subject most discussed in the studied papers was the project selection problem, and the methods most applied were the PROMETHEE/ELECTRE.

Keywords: MCDA methods; Project Management; Decision-making.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. ASPECTOS GERAIS DA TOMADA DE DECISÃO	10
2.2. TOMADA DE DECISÃO EM GESTÃO DE PROJETOS	13
2.3. MODELAGEM DO PROBLEMA	19
2.4. ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO (<i>Multi Criteria Decision Analysis - MCDA</i>)	21
3 METODOLOGIA	30
4 ARTIGOS ESTUDADOS	31
4.1. CLASSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES	31
4.2. ALOCAÇÃO DE ORÇAMENTO	32
4.3. AVALIAÇÃO DE PERFORMANCE DE PROJETO	40
4.4. SELEÇÃO DE PROJETOS	42
4.5. PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS	56
4.6. AVALIAÇÃO DE RISCOS DE PROJETOS	57
5 ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS	63
6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Funções do gerenciamento de projetos.....	15
Figura 2. Grupos de processos e gerenciamento de projetos.	16
Figura 3. Fatores inerentes ao processo decisório.....	20
Figura 4. O processo da MCDA.....	23
Figura 5. Problemáticas encontradas na MCDA.....	25
Figura 6. Percentuais de artigos por assunto analisado.....	63
Figura 7. Representatividade dos métodos MCDA entre os artigos analisados.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características que induziram a utilização de métodos MCDA.....	64
Tabela 2. Quantidade de métodos MCDA usados por ano de publicação dos artigos.....	65
Tabela 3. Razões pelas quais os métodos PROMETHEE,ELECTRE e AHP foram escolhidos pelos autores. Fonte: Elaborado pela autora.....	67
Tabela 4. Estratificação de métodos MCDA usados de acordo com os assuntos abordados...	68

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolos Latinos

A	Conjunto de soluções disponíveis
I	Relação de indiferença entre alternativas
P	Relação de preferência estrita entre alternativas
A	Alternativa disponível como solução para a situação problema
f	Função objetivo

Siglas

<i>ABC</i>	<i>Activity-Based Costing</i>
<i>AHP</i>	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
<i>ANP</i>	<i>Analytic Network Process</i>
<i>CE</i>	<i>Cross-Efficiency</i>
<i>DEA</i>	<i>Data Envelopment Analysis</i>
<i>EBA</i>	<i>Elimination by Aspects</i>
<i>HLPN</i>	<i>High Level Petri Net</i>
<i>MCDA</i>	<i>Multi Criteria Decision Analysis</i>
<i>ELECTRE</i>	<i>Elimination Et Coix Traduisant la Realité</i>
<i>FSE</i>	<i>Fuzzy Synthetic Evaluation</i>
<i>GAIA</i>	<i>Geometrical Analysis for Interactive Aid</i>
<i>KPI</i>	<i>Key Performance Indicator</i>
<i>MAUT</i>	<i>Multi-Attribute Utility Theory</i>
<i>MAVT</i>	<i>Multi-Attribute Value Theory</i>
<i>PROMETHEE</i>	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation</i>
<i>REMBRANDT</i>	<i>Ratio Estimation in Magnitudes which are Non-Dominated</i>
<i>SAW</i>	<i>Simple Additive Weighting</i>
<i>SMART</i>	<i>Simple Multi-Attribute Rated Technique</i>
<i>TOPSIS</i>	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta considerações gerais relacionadas ao contexto e execução do presente trabalho. Nesse sentido, o cenário a que as empresas são expostas atualmente é desafiador e de grande complexidade. Muitas vezes, são enfrentadas situações nas quais é necessário decidir entre duas ou mais alternativas para o alcance da melhor solução para os problemas impostos. Quando o problema apresenta múltiplos critérios e alternativas, incertezas, riscos, *stakeholders*, etc., torna-se mais difícil selecionar a alternativa disponível mais adequada. Nesse contexto, encontram-se as situações relacionadas a gerenciamento de projetos.

O gerenciamento de projetos é visto como uma competência estratégica para as empresas, podendo os resultados do projeto serem vinculados aos objetivos do negócio (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2014). Logo, a gestão de projetos se apresenta como um fator crucial e complexo para a manutenção da competitividade da empresa. Isso ocorre, pois projetos apresentam características particulares como o fato de ser único, permeado por incertezas, apresentarem grande quantidade de informações, apresentarem tempo e recursos limitados, dentre outros (MARQUES *et al*, 2010). Dessa forma, o tomador de decisão deve utilizar modelos de apoio à tomada de decisão para auxiliar a obtenção da solução de seu problema (ZELENY, 1982).

Devido à existência de diversos fatores e critérios conflitantes no âmbito da gestão de projetos, a utilização da metodologia de análise multicritério - MCDA (*Multi Criteria Decision Analysis*) – se mostra como mais adequada para a obtenção da melhor solução disponível para o problema existente (KOU *et al.*, 2010).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é estudar a utilização da metodologia MCDA e seus modelos para a solução de problemas complexos de tomada de decisão no âmbito da gestão de projetos. Serão abordados problemas diversos referentes a essa área, abrangendo, por exemplo, classificação e priorização de atividades, seleção de projetos, alocação de orçamento, alocação de recursos, dentre outros.

O trabalho visa, especificamente, identificar os fatores que levam a escolha de um método MCDA específico para a solução de determinado tipo de problema. Dessa forma, identificam-se padrões que auxiliem na escolha do modelo mais apropriado para cada tipo de problema de tomada de decisão na gestão de projetos. Os fatores supracitados podem dizer respeito ao nível de complexidade do problema, precisão dos dados, tipo de solução desejada, velocidade para obtenção da melhor alternativa, dentre outros.

Para tanto, é realizada uma revisão da literatura na qual problemas de gestão de projetos são solucionados com a utilização de metodologias MCDA. São então identificados padrões que auxiliem a seleção do modelo mais apropriado para cada tipo de problema de tomada de decisão na gestão de projetos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste presente capítulo é feita uma revisão do referencial teórico necessário à execução do trabalho. São abordados aspectos referentes a tomada de decisão, modelagem e análise do problema e especificamente metodologia MCDA.

2.1. ASPECTOS GERAIS DA TOMADA DE DECISÃO

Nos tempos atuais, as empresas são expostas a situações nas quais devem decidir entre duas ou mais alternativas para o alcance da melhor solução. Quando esses agentes se encontram em face de múltiplos critérios, objetivos, funções, incertezas etc. pode-se falar sobre a tomada de decisão. Logo, esta pode ser considerada como a conversão de informações em ações (OLIVEIRA, 2004), sendo adotada aquela que melhor se adequa aos objetivos, metas, desejos e valores estabelecidos (HARRIS, 2012).

A decisão, de uma forma geral, vai além da simples escolha entre as alternativas disponíveis, sendo necessária a previsão dos efeitos futuros da escolha realizada, considerando-se os reflexos e efeitos possíveis no presente e no futuro da organização e demais *stakeholders*. Quanto mais complexo o problema, mais difícil e menos prática é sua solução (ROBBINS, 2006).

Devido à alta dinamicidade e complexidade dos problemas de tomada de decisão encontrados pelas empresas atualmente, é difícil estabelecer a melhor alternativa a ser adotada. Logo, o processo de tomada de decisão deve ser racional, com o tomador de decisão realizando seleções consistentes que maximizem o valor, de acordo com os requisitos especificados e limitações impostas (ROBBINS, 2006). Faz-se necessário então que o tomador de decisão utilize modelos de apoio à tomada de decisão para facilitar a escolha da melhor alternativa disponível. Além disso, ele deve passar por um processo de aprendizado, entendimento, processamento de informações, avaliação e definição do problema e de suas circunstâncias. Logo, a ênfase deve se dar no processo decisório em si e não nos resultados deste (ZELENY, 1982).

O processo decisório é composto de diversos elementos, sendo os principais (CHIAVENATO, 2004):

- Estado da natureza: condições de incerteza, risco, ou certeza no ambiente;
- Tomador de decisão: indivíduo ou grupo que escolhe entre as alternativas

disponíveis;

- Objetivos: fins que se deseja alcançar;
- Preferências: critérios que utilizados para determinar uma opção;
- Situação: aspectos ambientais que envolvem o tomador de decisão e que influenciam sua escolha;
- Estratégia: curso de ação escolhido para atingir os objetivos da melhor forma e;
- Resultado: consequência de uma estratégia.

Com base nesses elementos, o processo decisório pode ser dividido em oito passos (FULOP, 2005):

- Definição do problema: envolve a identificação das causas do problema, de suas restrições, dos limites e interfaces do sistema, e dos *stakeholders* e de suas demandas. Deve ser definido o problema descrevendo suas condições iniciais e as desejadas, sendo um consenso entre tomadores de decisão e *stakeholders*.
- Definição de requisitos: requisitos são as condições que toda possível solução deve cumprir. Basicamente eles dizem o que a solução deve respeitar.
- Estabelecimento de objetivos: objetivos são afirmações genéricas de intenções e valores desejados. Seu estabelecimento pode ser conflitante ou não.
- Identificação de alternativas: alternativas oferecem abordagens para mudar a condição inicial para uma condição desejada. Todas as alternativas devem estar de acordo com os requisitos definidos.
- Definição de critérios: os critérios de decisão devem se basear nos objetivos. Eles são medidas objetivas capazes de mensurar quão bem cada alternativa alcança os objetivos definidos. Observa-se que cada objetivo deve gerar pelo menos um critério de decisão. os critérios de uma forma geral devem dar suporte à comparação da performance das alternativas, devem ser completos para incluir todos os objetivos, devem ser operacionais e apresentarem significado, não podem ser redundantes ou dependentes e devem ser poucos em quantidade.
- Seleção da ferramenta de tomada de decisão: existem diversas ferramentas para a tomada de decisão. A seleção da mais adequada não é simples, dependendo do tipo de problema, do cenário imposto e dos objetivos do tomador de decisão.
- Avaliação das alternativas de acordo com os critérios definidos: todo método de tomada de decisão necessita da avaliação de alternativas de acordo com os

critérios. As avaliações podem ser objetivas ou subjetivas, dependendo do contexto. Posteriormente ao processo de avaliação, o método de tomada de decisão pode ser aplicado para ranquear as alternativas disponíveis ou para escolher o subgrupo das melhores disponíveis.

- Validação da solução escolhida: as alternativas devem ser validadas de acordo com os requisitos e objetivos do problema.

Baseando-se no processo decisório, os problemas de tomada de decisão podem apresentar um só critério ou diversos deles. Para o caso de um só critério, tem-se a forma clássica de um problema de otimização para a escolha da melhor alternativa, dada pela função objetivo, sendo as restrições vistas como os requisitos do problema. Quando a quantidade de critérios e alternativas é finita, pode-se falar em problemas de tomada de decisão com múltiplos critérios (FULOP, 2005).

Nos tempos atuais, observa-se que a maioria dos problemas estudados apresenta mais de um critério a ser considerado quando da escolha da alternativa mais adequada. Nesse sentido, cada critério é utilizado para avaliar qualquer potencial ação em uma escala qualitativa ou quantitativa. Geralmente, não há regra aritmética óbvia e aceitável que permita lidar com todas essas escalas distintas, sendo difícil encontrar uma escala baseada em uma unidade comum entre elas. Essa escala com unidade comum deve ser estabelecida previamente quando se deseja evitar a elaboração de um problema de análise multicritério, ou seja, quando se prefere usar uma abordagem monocritério (ROY, 2005).

A escolha de uma abordagem baseada em um só critério pode levar a consequências como: negligência de alguns aspectos realistas; e tendência a apresentar características de um sistema de valor particular como objetivo. Já a abordagem multicritério evita estes riscos devido aos seguintes motivos: delimitação de um espectro amplo de pontos de vista para estruturar o processo de tomada de decisão de acordo com os *stakeholders* envolvidos; definição de um conjunto de critérios que preserva, para cada um deles, o significado concreto original das avaliações correspondentes; e facilidade de debate acerca do papel que cada critério deve ter durante o processo de auxílio à tomada de decisão (ROY, 2005).

De acordo com Rocha (2011) a consideração de mais de um critério na modelagem de problemas apresenta vantagens, como maiores reflexão e criatividade em relação a um grupo maior de possíveis soluções e maior aproximação com a realidade, que se apresenta como um cenário complexo. Problemas complexos podem ser caracterizados de uma forma geral por pelo menos um dos seguintes fatores (GOMES *et al.*, 2002): existência de no mínimo dois

critérios conflitantes; critérios e alternativas não são bem definidos; possível dependência entre critérios e/ou alternativas; existência de conflitos entre os pontos de vistas dos *stakeholders*; definição inconsistente de restrições; existência de critérios não quantificáveis; e o fato das escalas dos critérios dependerem dos dados disponíveis e de sua natureza.

Observa-se então que para a solução de problemáticas com múltiplos critérios, sobretudo as complexas, as ferramentas de análise multicritério se apresentam como uma opção adequada para o auxílio à tomada de decisão. O desafio que se coloca então é como encontrar a melhor solução em face da grande quantidade de aspectos conflitantes impostos nos cenários atuais.

2.2. TOMADA DE DECISÃO EM GESTÃO DE PROJETOS

Um projeto é definido como um conjunto único de processos, o qual se constitui de atividades coordenadas e controladas, com datas de início e fim estabelecidas, executadas visando o atingimento dos objetivos propostos pelo projeto (ISO, 2012). Pode ser visto também como um esforço temporário para criação de produtos, serviços ou, de uma forma geral, resultados exclusivos (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008). Um projeto é constituído por um grupo de atividades temporárias que visa produzir um produto, serviço ou resultado único executado por pessoas, tem recursos limitados e deve ser planejado, executado e controlado (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2014).

Os projetos são considerados um meio para o atingimento do plano estratégico organizacional, quando estiverem alinhados com ele. Eles podem ser iniciados em decorrência de demandas do mercado, oportunidades ou necessidades estratégicas de negócios, solicitações de clientes, avanços tecnológicos ou requisitos legais (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

Um trabalho que é único e temporário requer diferentes disciplinas de gestão. Devido às diferentes características dos projetos, eles apresetam deafios aos gestores, como (VERZUH, 2012): diferentes necessidades de pessoal; necessidade de estimativas acuradas de custos e programação; falta de clareza sobre quem detém a autoridade e; controle de custos. O sucesso de um projeto é definido então por alguns fatores, como a entrega do produto/serviço no prazo estabelecido, cumprimento do orçamento previsto e atendimento das expectativas do consumidor, em termos de qualidade.

Nesse sentido, o gerenciamento de projetos é visto como a aplicação de conhecimento, métodos, ferramentas, técnicas e competências no âmbito de um projeto, integrando as fases

do ciclo de vida do projeto e sendo realizado por meio dos processos (ISO, 2012 e PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2014). É também considerado como a aplicação, nas atividades de projeto, de conhecimentos, ferramentas, habilidades e técnicas, visando ao atendimento de seus requisitos (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008). A gestão de projetos é considerada uma competência estratégica para as organizações, permitindo a elas vincular resultados de projeto a objetivos de negócio, possibilitando maior competitividade no mercado em que atuam (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2014). De acordo com Heldman (2011), o gerenciamento de projetos significa aplicar habilidades, conhecimento e técnicas e ferramentas estabelecidas de gerenciamento de projetos para produzir os melhores resultados possíveis. É observado ainda que a utilização de boas técnicas de gestão de projetos permitem que haja controle e aplicação dos recursos, garantindo que a equipe está sendo guiada para o destino correto. O estabelecimento de um bom processo de gerenciamento leva a: melhoria da performance do projeto; redução do tempo do projeto; redução dos riscos; aumento da qualidade; melhoria da comunicação; estabelecimento de uma metodologia padronizada; garantia de consistência nos relatórios e; melhoria da acurácia nos relatórios.

O gerenciamento de projetos pode envolver mais do que um único projeto, podendo o projeto ser parte de um programa, portfólio ou escritório e projetos. Logo, o gerenciamento de projetos é uma coleção de processos que inclui iniciar um projeto, planejá-lo, colocá-lo em ação e mensurar o progresso e a performance. Isso envolve identificar os requisitos do projeto, estabelecer seus objetivos, balancear as restrições, e considerar as necessidades e expectativas dos stakeholders (HELDMAN e MANGANO, 2009).

Nesse sentido, os gerentes de projeto são aqueles responsáveis por garantir o cumprimento dos objetivos de projeto, por gerenciar os processos do projeto e aplicar as ferramentas e técnicas necessárias para dar andamento às atividades do projeto (HELDMAN e MANGANO, 2009).

A definição de expectativas realistas, a definição de um consenso entre os *stakeholders* e a entrega do produto geralmente requerem uma grande quantidade de técnicas. Essas técnicas podem ser agrupadas nas três funções do gerenciamento de projetos, como visto na Figura 1.

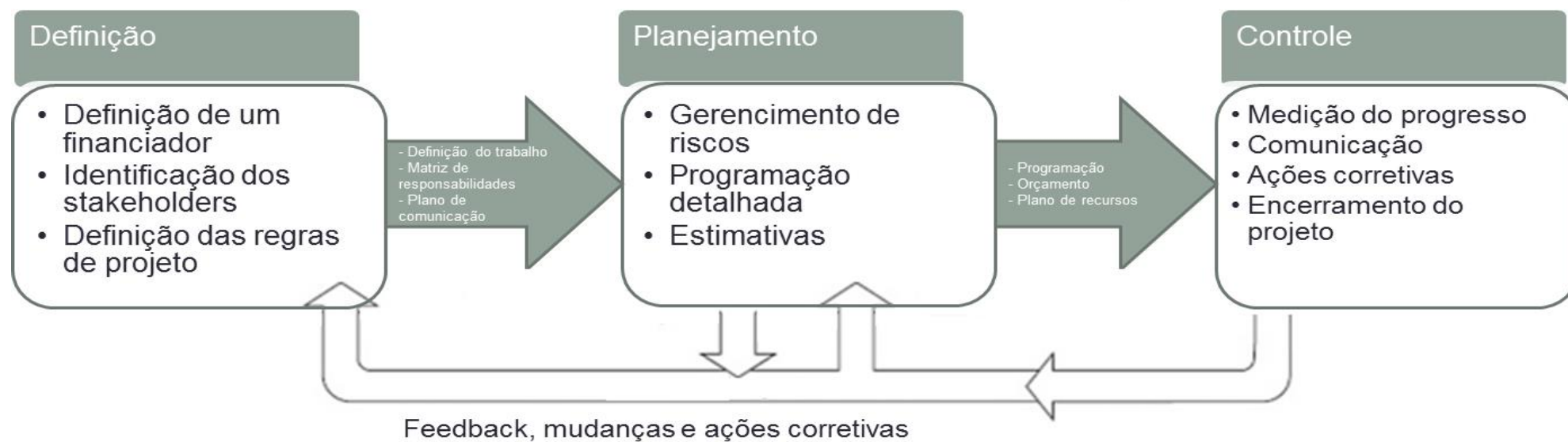


Figura 1. Funções do gerenciamento de projetos

Fonte: Adaptado de Verzuh, 2012.

A maioria dos projetos são divididos em fases e todos os projetos apresentam estrutura de ciclo de vida similar. As fases do projeto geralmente consistem de segmentos de trabalho que facilitam o gerenciamento, o planejamento e o controle das atividades. A quantidade de fases de um projeto depende de seu nível de complexidade e do tipo de indústria. As fases de um projeto, são sequenciais e às vezes se sobrepõem. A maioria dos projetos é constituída das seguintes fases: início do projeto; planejamento e organização das atividades de projeto; execução das atividades; e encerramento do projeto (HELDMAN e MANGANO, 2009).

A definição do projeto envolve basicamente a determinação de propósitos, objetivos e restrições do projeto, bem como dos controles a serem efetuados. São especificados os papéis de cada *stakeholder* e a hierarquia de autoridades (VERZUH, 2012).

Nesse contexto, existem cinco grupos processos de gerenciamento de projetos – Figura 2 -, quais sejam, iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento. Todos esses grupos têm processos específicos que em conjunto formam o grupo (HELDMAN e MANGANO, 2009; PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

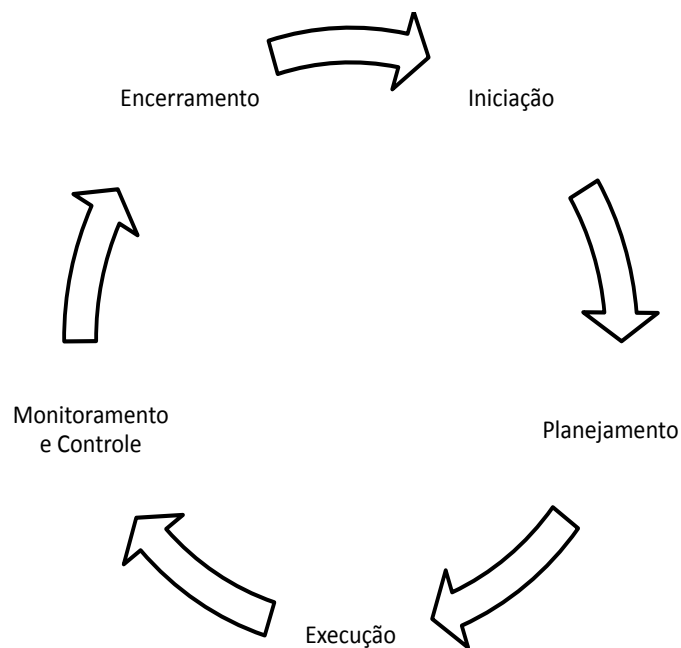


Figura 2. Grupos de processos e gerenciamento de projetos.

Fonte: Adaptado de Heldman e Mangano, 2009.

Uma descrição dos grupos de processos de gerenciamento de projetos segue abaixo:

- Iniciação: ocorre no início do projeto e no início de cada fase no caso de grandes

projetos. Outorga a autorização para o comprometimento de recursos para a execução do projeto ou fase e para o início do trabalho do gerente de projetos. Nesse grupo, também são identificados os *stakeholders* do projeto (HELDMAN e MANGANO, 2009; HELDMAN, 2013).

- Planejamento: ocorre a formulação e a revisão dos objetivos e metas de projeto, é criado o plano de gerenciamento do projeto, são definidos caminhos alternativos para se chegar ao produto/serviço final e os requerimentos são mais bem explicitados (HELDMAN e MANGANO, 2009; HELDMAN, 2013). É também determinado quanto trabalho deve ser executado, quem o fará, quando será concluído e qual o seu custo. São identificadas também as áreas de maior incerteza, sendo criadas iniciativas para gerenciá-las (VERZUH, 2012)
- Execução: nesse grupo, o plano de gerenciamento do projeto é colocado em prática. O gerente deve então coordenar e direcionar os recursos do projeto para o cumprimento dos objetivos do projeto. Geralmente é nesse processo que as mudanças aprovadas são implantadas. Os custos desse grupo de processos tende a ser mais elevado, devido aos maiores gastos tempo e recursos (HELDMAN e MANGANO, 2009; HELDMAN, 2013).
- Monitoramento e controle: ocorre o monitoramento todos os processos nos demais grupos de processos, visando garantir a performance definida dos objetivos. O controle do projeto diz respeito às atividades que mantém o projeto no rumo dos seus objetivos. São então mensurados o progresso do projeto, mantém-se um controle da comunicação, e são definidas ações corretivas (VERZUH, 2012).
- Encerramento: ocorre o encerramento normal e ordenado das atividades de uma fase do projeto ou do próprio projeto. Uma vez que os objetivos do projeto foram atingidos, as informações do projetos são reunidas e armazenadas para referências futuras. Também ocorrem o aceite e a aprovação formais dos *stakeholders* (HELDMAN e MANGANO, 2009).

Nesse sentido, os executivos das empresas têm identificado que a aderência à gestão de projetos reduz riscos e custos e melhora as taxas de sucesso organizacionais. A implantação do gerenciamento de projetos pela organização auxilia na criação de uma cadeia estratégica de valor, proporcionando uma vantagem a elas em relação a seus competidores (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2010). As empresas que reconhecem a gestão de projetos como um item estratégico, estão focando em três fatores (VERZUH, 2003): um rigoroso

processo de gerenciamento de portfólio para escolher corretamente os projetos que serão executados e revisar os que já estão em andamento; métodos de gestão de projetos consistentes, sendo usadas ferramentas confiáveis para planejamento e gestão e; escritório de gerenciamento de projetos, responsável por analisar e melhorar o processo de gerenciamento de portfólios e os métodos de gerenciamento de projetos.

Todos esses fatores revelam a importância de uma boa implantação da gestão de projetos dentro das empresas, contribuindo para a sobrevivência delas nos ambientes competitivos atuais nos quais atuam, sobretudo se forem de alto risco. Logo, o gerente de projetos deve compreender o processo decisório de definição do problema e de critérios, da geração de soluções para o problema e de ideias de ação, do planejamento da ação e do planejamento da avaliação da ação, de seus resultados e do processo decisório como um todo. Dessa forma, nota-se que o gerente de projetos deve ter habilidades no que diz respeito à tomada de decisão (KERZNER, 2003 e PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008).

Nesse contexto, a tomada de decisão em gestão de projetos é uma área que cresce continuamente, sendo que as empresas que investirem nela podem atingir vantagens competitivas frente a concorrência, desenvolvendo habilidades e competências que se destacam no mercado (VERZUH, 2010 e NORO, 2012). A partir da tomada de decisão na gestão de projetos, o gerente pode coordenar e integrar atividades de diversas linhas funcionais, reduzindo os erros e aumentando a chance de sucesso do projeto em questão (KERZNER, 2006).

Existem três características básicas para a tomada de decisão em gestão de projetos, quais sejam certeza, risco e incerteza. A tomada de decisão baseada na certeza tem como premissa que todas as informações necessárias para a decisão correta estão disponíveis ao gerente. Neste caso, o gerente conhece com certeza absoluta os resultados esperados de cada decisão, devendo definir ações, ou estratégias, para cada possível estado da natureza. No caso da tomada de decisão com risco, não há uma estratégia dominante para todos os estados da natureza possíveis, logo, deve ser atribuída uma probabilidade de ocorrência de cada um deles. A diferença básica identificada entre risco e incerteza é que nesta não há probabilidades significativas. Logo, na tomada de decisão com risco, a incerteza caracteriza a não existência de uma estratégia que domina as demais (KERZNER, 2003).

No âmbito da gestão de projetos, a tomada de decisão se mostra então como uma tarefa complexa. Isso ocorre devido a algumas características tais quais: o fato de um projeto ser uma organização temporária rodeada por incertezas; o fato de um projeto ser intrinsecamente único e sujeito ao ambiente no qual se insere; o fato de o gerente de projetos ter que lidar,

analisar e coordenar uma grande quantidade de informações e pessoas, dentre outros (MARQUES *et al.*, 2010).

Quando o nível de complexidade é elevado, as possibilidades e inter-relações se tornam muito imprecisas, e o processo de tomada de decisão necessita ser assistido por ferramentas adequadas. Logo, gerentes de projetos complexos devem adotar um modelo para auxiliar na tomada de decisão, baseando-se em avaliações de performance relevantes (MARQUES *et al.*, 2010).

Dentre as situações problema complexas que podem exigir tomada de decisão no âmbito da gestão de projetos, identificam-se seleção de projetos, alocação de orçamento, alocação de recursos, classificação e priorização de atividades, dentre outros. Além disso, situações clássicas também podem ser encontradas, como *trade-offs* entre tempo e custos ou entre tempo, custos e qualidade. De uma forma geral, as decisões devem ser tomadas para prevenir riscos prováveis, ou para ignorá-los, o que auxilia na redução de custos, eliminação de atrasos e aumento da qualidade do projeto e dos produtos gerados por ele (GOFF, 2011).

Dessa forma, devido à complexidade da tomada de decisão em gestão de projetos, os métodos e ferramentas MCDA são apropriados para auxiliar o processo decisório. A utilização de dado método em detrimento dos demais depende da situação problema estudada e do contexto no qual se insere.

De uma forma geral, nota-se que a tomada de decisão correta é de grande utilidade e valia na gestão de projetos, devido às características e complexidade destes. Geralmente, o gestor de projetos se encontra em situações de prazo e custos limitados, grande quantidade de recursos e atividades a serem geridas e, dependendo do projeto, são enfrentados altos riscos. Logo, faz-se necessária a utilização de ferramentas adequadas para a obtenção da solução mais satisfatória para os problemas colocados ao gestor, de acordo com o ambiente e circunstâncias no qual o projeto se insere.

2.3. MODELAGEM DO PROBLEMA

De acordo com a perspectiva da pesquisa operacional clássica, um problema de tomada de decisão pode ser modelado por uma função objetivo (f), que deve ser otimizada. A premissa é a do “*homo economicus*”, ou seja, o tomador de decisão sempre prefere a solução que seja capaz de maximizar seu bem-estar. Além disso, esse tipo de paradigma supõe que o tomador de decisão está apto a articular suas preferências de acordo com relações de preferência estrita e indiferença. Este último fato resulta em uma total pré-ordem das alternativas em estudo, ou

seja, a situação problema é considerada em um contexto fora de qualquer percepção subjetiva (GUITOUNI *et al.*, 1998).

Nesse contexto, pode-se identificar o que é preferência estrita, indiferença e pré-ordem. Diz-se que existe uma preferência estrita (**P**) de uma alternativa sobre outra quando aquela apresenta uma vantagem significativa sobre esta, de acordo com um dado critério. A indiferença (**I**) entre duas alternativas ocorre quando não há uma vantagem significativa de uma sobre a outra, de acordo com determinado critério. Como resultado das preferências do tomador de decisão é possível estabelecer uma pré-ordem das alternativas, expressando suas preferências holísticas (DIAS *et al.*, 2008; FIGUEIRA *et al.*, 2009).

Em contrapartida a essa concepção, a decisão baseada em análise multicritério (MCDA) apresenta a ideia da solução mais satisfatória para o problema colocado, em substituição à solução ótima. Isso se deve ao fato da existência de inúmeros aspectos conflitantes coexistentes no processo decisório. Além disso, o tomador de decisão não é considerado sempre consistente e racional na articulação de suas preferências. Nesse sentido, observa-se que outros fatores afetam o processo de tomada de decisão, sendo que o tomador de decisão atua em um contexto que o influencia e é influenciado por ele, como pode ser visto na Figura 3 (GUITOUNI *et al.*, 1998).

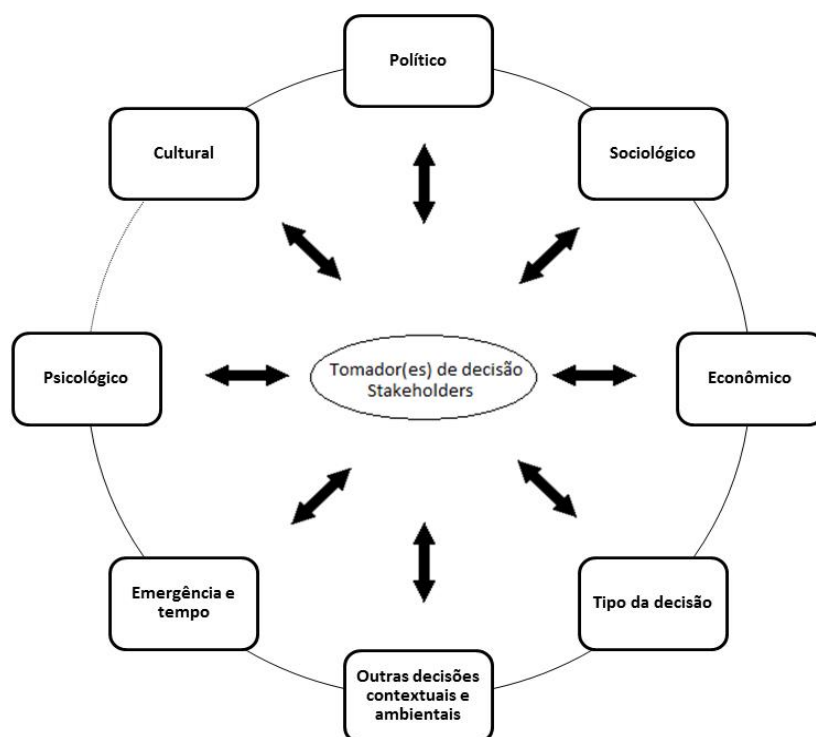


Figura 3. Fatores inerentes ao processo decisório.

Fonte: Adaptado de Guitouni *et al.*, 1998.

Considerando-se que a tomada de decisão é o produto da interação de diversos agentes influenciados por um contexto no qual se inserem, a concepção de tomada de decisão racional pode ser descartada. A partir desse ponto, a decisão pode ser considerada uma combinação de aspectos racionais, irracionais e não-racionais (GUITOUNI *et al.*, 1998).

Uma decisão é considerada racional quando são avaliadas todas as alternativas e é selecionada aquela que maximiza o bem-estar do tomador de decisão. Entretanto, o tomador de decisão geralmente não tem nem tempo nem habilidades para analisar todas as alternativas. As decisões não-racionais são aquelas que consideram a experiência e o conhecimento do tomador de decisão e as irracionais se baseiam somente nas aspirações e aversões pessoais do tomador de decisão (GUITOUNI *et al.*, 1998).

De uma forma geral, todas essas características indicam a melhor adequação da metodologia MCDA para a obtenção da melhor decisão para determinado problema complexo que envolve múltiplos critérios (KOU *et al.*, 2010).

2.4. ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO (*Multi Criteria Decision Analysis - MCDA*)

MCDA são abordagens que visam considerar múltiplos critérios para auxiliar indivíduos ou grupos na avaliação de decisões importantes, sendo selecionada a melhor alternativa (solução) dentre as opções disponíveis. As decisões são consideradas importantes quando o nível de conflito entre os critérios, ou entre os tomadores de decisão, assume proporções em que a tomada de decisão instintiva passa a não ser satisfatória (BELTON *et al.*, 2003;).

Como dito anteriormente, a decisão baseada em análises multicritério não apresenta uma solução ótima, sendo a metodologia MCDA considerada um auxílio para a tomada de decisão, não um substituto para o tomador de decisão. A MCDA é então um processo que visa integrar medidas objetivas e julgamentos de valor bem como explicitar e gerenciar a subjetividade da situação problema. Pode-se identificar algumas características gerais da metodologia MCDA (BELTON *et al.*, 2003):

- A metodologia MCDA considera, explicitamente, múltiplos e conflitantes critérios no processo de auxílio à tomada de decisão;
- A metodologia MCDA auxilia na estruturação do problema;
- O principal objetivo colocado é auxiliar o tomador de decisão a entender a situação

problema, os valores e julgamentos dele próprio e dos demais *stakeholders*, bem como organizar, agregar e apresentar as informações necessárias adequadamente, permitindo a identificação de um curso de ação preferencial;

- A análise complementa e desafia a intuição do tomador de decisão;
- São obtidas decisões mais ponderadas, justificáveis e explicáveis;
- As abordagens MCDA mais eficientes são conceitualmente simples e transparentes e;
- Habilidades consideradas não triviais são necessárias para fazer um uso efetivo das ferramentas em um ambiente potencialmente complexo.

O processo da MCDA pode ser visualizado dentro de um processo maior de estruturação e resolução da situação problema, como visualizado na Figura 4. Podem ser identificadas as principais fases do processo, que abrangem a identificação do problema, a estruturação dele, a construção do modelo a ser utilizado, a utilização do modelo para informar e desafiar o pensamento do tomador de decisão e a definição de um plano de ação. Esse plano de ação pode ser a implantação de uma alternativa escolhida, o estabelecimento de um procedimento para monitoramento de performance, dentre outros (BELTON *et al.*, 2003).

Nesse contexto, os estágios básicos para a aplicação de um método de análise multicritério seguem certo padrão. Como primeiro estágio, é estabelecido o contexto de decisão. Nessa fase, são definidos os objetivos da MCDA e são identificados os tomadores de decisão e outros *stakeholders*. Este item é crucial para formular os próximos estágios, auxiliando na definição de tarefas e na determinação de quanto as alternativas geram valor atingindo os objetivos propostos. Além disso, os *stakeholders* representam todas as perspectivas relevantes no contexto da análise, logo, suas considerações devem ser abordadas no âmbito da MCDA. Além disso, no âmbito do estabelecimento do contexto de decisão, deve ser modelado o sistema social e técnico para condução da MCDA. A parte do sistema social diz respeito ao *stakeholders*, ou seja, deve ser identificado quando e como eles contribuem para a MCDA. O aspecto técnico diz respeito à identificação de qual abordagem MCDA deve ser utilizada e como ela será implantada. Os dois sistemas devem ser modelados em conjunto para garantir o atingimento dos objetivos da MCDA. A última etapa dentro do primeiro estágio é a consideração do contexto avaliado, devendo ser identificada a situação atual do problema, podendo ser estabelecida a discrepância entre o estado atual e o futuro, que é onde se deseja chegar. Esses itens facilitam o entendimento do papel da MCDA.

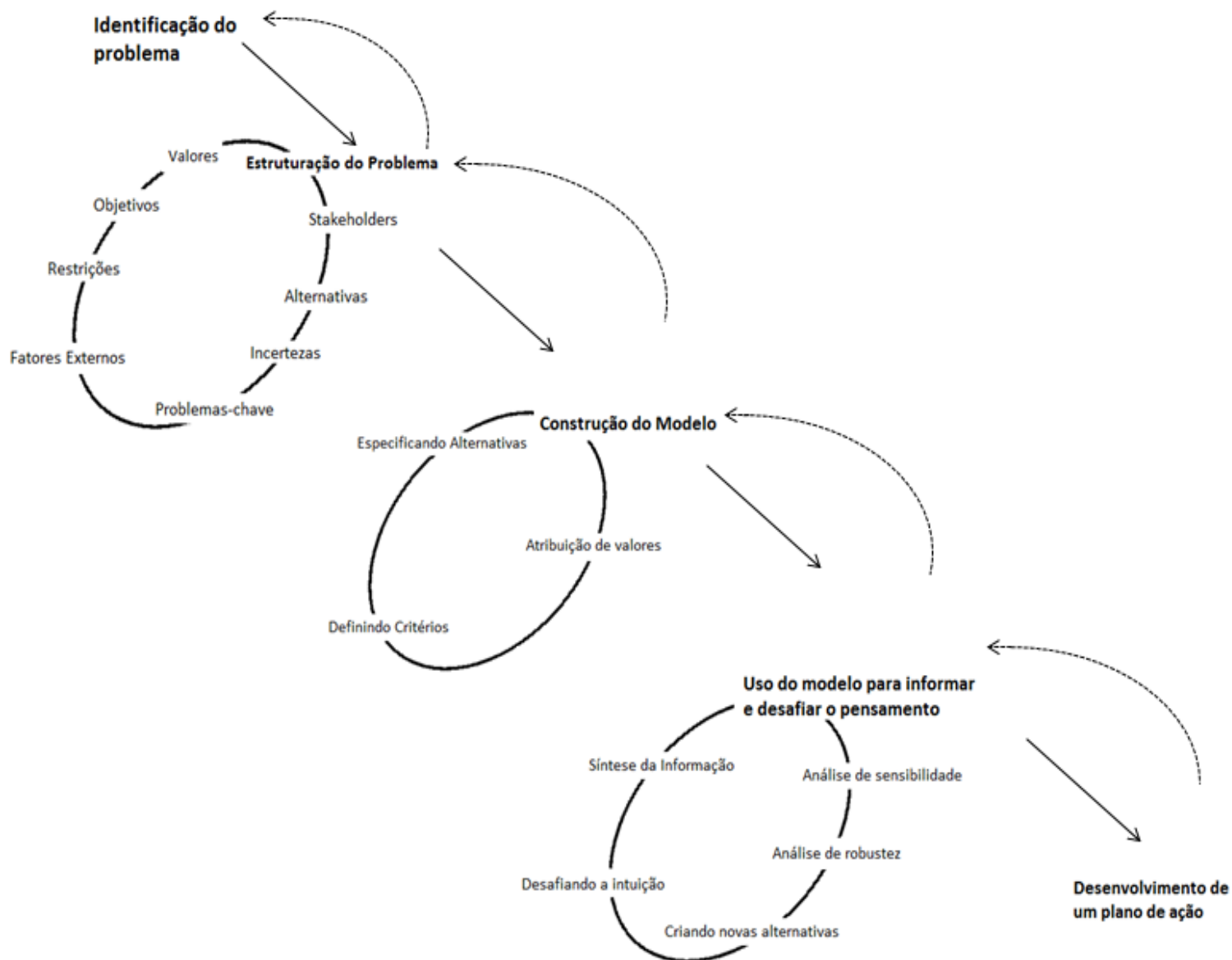


Figura 4. O processo da MCDA
 Fonte: Adaptado de Belton *et al.* (2003).

No segundo estágio, devem ser identificadas as alternativas a serem avaliadas. Estas podem já ser pré-definidas ou podem necessitar ser desenvolvidas ainda. Em todo caso, elas são oriundas do pensamento humano, logo, estão sujeitas a influências. Nesse sentido, os agentes que conduzem a MCDA devem estar abertos à possibilidade de modificar ou adicionar alternativas no decorrer das análises.

Como terceiro estágio, são identificados os objetivos e critérios da situação problema. Inicialmente, são identificados os critérios para avaliar as consequências de cada opção; nesse sentido, a avaliação das alternativas remete diretamente às consequências delas, logo, estas

devem ser avaliadas segundo critérios a serem definidos. Esses critérios expressam as diversas formas que as alternativas criam valor e a identificação deles deve considerar as razões fundamentais para a existência da organização, bem como os valores centrais que a empresa se presta a seguir. Em seguida, os critérios devem ser organizados, sendo agrupados em objetivos de alto nível ou de baixo nível, em uma hierarquia. Essa forma de organização de critérios facilita a valoração das alternativas de acordo com cada critério e também auxilia no entendimento e avaliação dos resultados quando se considera o nível dos objetivos. A organização de critérios e objetivos de uma forma hierárquica revela os conflitos entre os objetivos, o que leva a uma melhor definição deles.

O estágio seguinte diz respeito à atribuição de valores para estimar a performance esperada de cada alternativa em relação aos critérios. Nesse sentido, são estimados os valores associados com as consequências de cada alternativa para cada critério. Inicialmente são descritas as consequências de cada alternativa; para situações simples, pode ser realizada uma descrição qualitativa para cada alternativa, considerando-se cada critério. No caso de problemas complexos, como em gestão de projetos, podem ser construídas tabelas de consequências para cada alternativa, sendo identificadas medidas de performance para cada alternativa em relação a cada critério. Posteriormente são atribuídos valores a cada alternativa em relação aos critérios, sendo definidas escalas de preferência para as consequências, e sendo atribuídos pesos às escalas de acordo com sua importância relativa. A partir desses parâmetros, são calculadas médias ponderadas nas escalas de preferência. O último passo é conferir a consistência da valoração em cada critério.

Após a execução dos passos anteriores, deve ser atribuído um peso para cada critério, refletindo a importância relativa dele na solução do problema. No próximo estágio são combinados pesos e valoração para cada alternativa para a obtenção de um valor geral. Nesse sentido, são calculados o valor ponderado em cada nível da hierarquia e o valor ponderado geral.

Nos dois últimos estágios são avaliados os resultados e é realizada uma análise de sensibilidade. No caso, avalia-se se outras preferências ou pesos afetam o ordenamento geral das alternativas, sendo identificadas as vantagens e desvantagens das opções selecionadas e sendo comparados pares de alternativas. Posteriormente, se necessário, são criadas novas alternativas possíveis que possam ser melhores que as identificadas inicialmente. Esses passos são repetidos até que um modelo preciso seja obtido.

Nesse contexto, existem quatro tipos de problemáticas na MCDA, a saber, escolha, ordenação, classificação e descrição, como pode ser visualizado na Figura 5. Na problemática

de escolha, a melhor alternativa é selecionada dentre um conjunto de soluções disponíveis (**A**). No que diz respeito à classificação, as alternativas são ordenadas em grupos – classes - homogêneos pré-definidos, que são impostos de forma preferencial. Na ordenação, as alternativas são ranqueadas da melhor até a pior, de acordo com os critérios pré-estabelecidos e preferências. A problemática da descrição envolve o apoio à tomada de decisão utilizando-se a descrição de alternativas quanto a características que representam suas principais diferenças, bem como a descrição das consequências da escolha de cada alternativa (ROY, 1985).

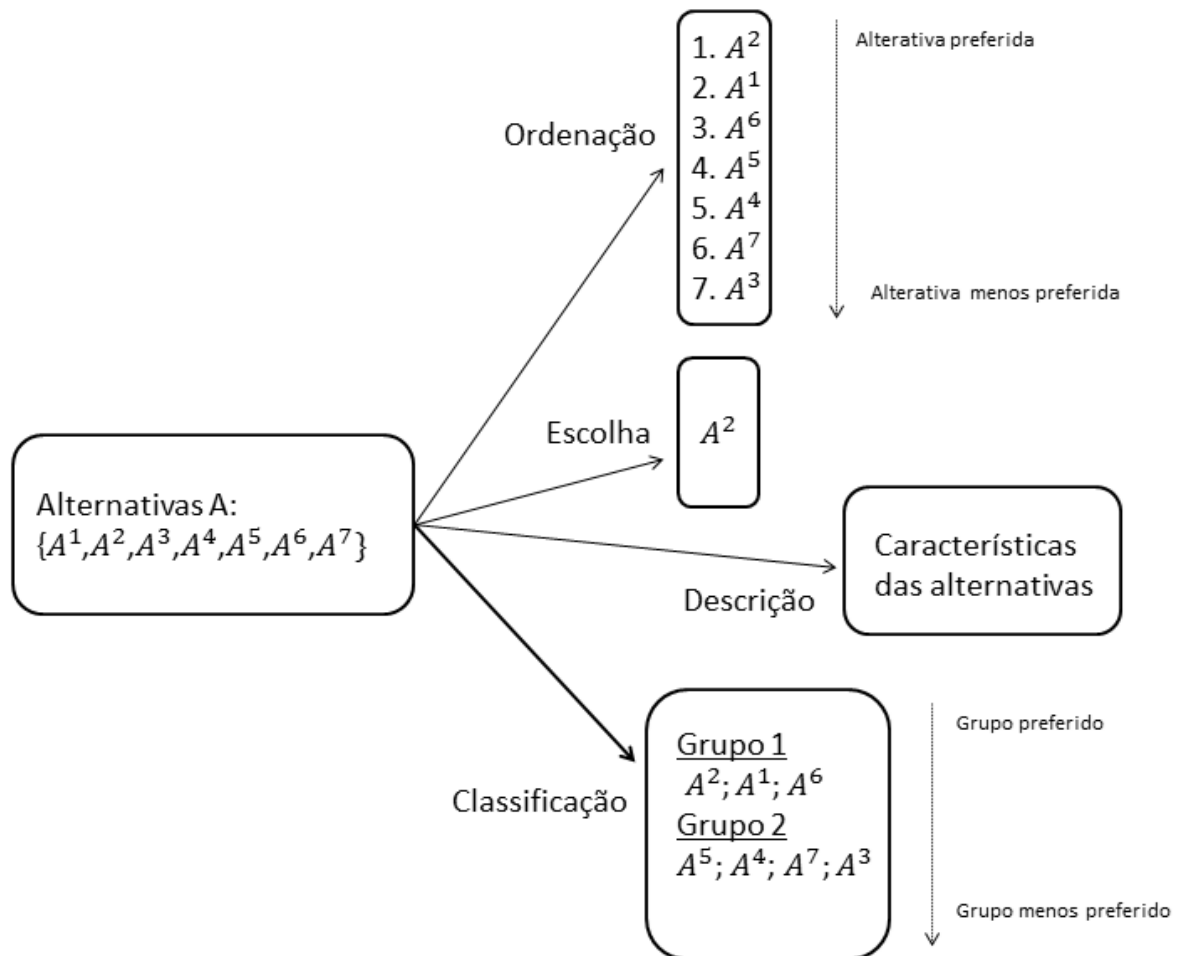


Figura 5. Problemáticas encontradas na MCDA.
Fonte: Adaptado de Chen, 2006.

Como discutido anteriormente, estas problemáticas podem estar associadas a diferentes métodos e ferramentas MCDA para auxiliar o tomador de decisão a obter a melhor solução para a situação problema. Observa-se que o método MCDA mais adequado é escolhido de acordo com a problemática a ser analisada, mesmo em um campo de estudos específico, como a gestão de projetos.

As técnicas de tomada de decisão com múltiplos critérios podem ranquear as alternativas completamente ou parcialmente. O fator chave de cada técnica é lidar com uma grande quantidade de informações complexas de uma forma consistente (PAPADOPOULOS *et al.*, 2011). Existem diversas ferramentas e métodos para auxiliar o tomador de decisão a obter a melhor solução para a situação problema. Elas diferem entre si basicamente pela forma pela qual os dados, informações e alternativas disponíveis são combinados para chegar-se à melhor decisão. As categorias de métodos para lidar com múltiplos critérios podem ser definidas diferentemente de acordo com cada autor. Segundo Fulop (2005), existem os grupos de métodos com base monetária, métodos elementares, métodos baseados na Teoria de Utilidad Multi-Atributo (*Multi-Attribute Utility Theory* – MAUT) e os métodos de sobreclassificação, conforme se segue:

- **Análise custo benefício:** utilizada no mundo todo, essa técnica avalia os custos e os benefícios das alternativas em uma base monetária. Apesar da dificuldade da estimativa de valores monetários para alguns itens subjetivos, como impactos sociais e no meio ambiente, a análise custo benefício apresenta vantagens quando aplicada em políticas públicas.
- **Métodos elementares:** são métodos simplificados sem necessidade de auxílio computacional. São geralmente mais usados quando há só um tomador de decisão, poucas alternativas e critérios, ou seja, um cenário que raramente é visto no ambiente de tomada de decisão. Alguns dos métodos elementares mais utilizados são descritos abaixo:
 - o **Análise dos prós e contras:** método de comparação qualitativa, onde os prós e os contras de cada alternativa são identificados. Os pontos positivos e negativos das alternativas são comparados, sendo escolhida a alternativa com prós mais fortes e contras mais fracos.
 - o **Métodos maxmin e maxmax:** o método maxmin tenta evitar a pior performance possível, maximizando os critérios de menor performance. Neste caso, a alternativa a ser selecionada é aquela onde o score do seu pior critério é o mais alto. Já o método maxmin só é aplicado quando todos os critérios são comparáveis, podendo ser mensurados em uma mesma escala, o que é considerado uma limitação.
 - o **Métodos conjuntivos e disjuntivos:** esses métodos requerem performance satisfatória em cada critério. O método conjuntivo exige que as

alternativas tenham uma performance mínima para todos os critérios. Já o método disjuntivo tem como premissa que as alternativas devem exceder a performance mínima em pelo menos um critério.

- o Método lexicográfico: deve-se ranquear os critérios de acordo com sua ordem de importância. A alternativa escolhida é aquela que apresenta a melhor performance no critério mais importante.
- Métodos baseados no MAUT: o MAUT agrega diferentes critérios em uma função utilidade que deve ser maximizada. Essa função é aplicada para transformar os valores das performances das alternativas, considerando-se critérios objetivos ou subjetivos, para uma escala comum e adimensional. Observa-se também que, de acordo com a função utilidade, as performances preferenciais obtêm um maior valor de utilidade. Além disso, nessa teoria existe uma compensação completa entre os critérios analisados. Alguns dos métodos MAUT mais implantados seguem abaixo:
 - o SMART: é o método MAUT mais simples. O posicionamento de cada alternativa no ranking é dado pela média aritmética ponderada dos valores de utilidade associados a ela.
 - o Média generalizada: é um método para agregação de conjuntos de números, considerando cada critério e seu respectivo peso. De uma forma geral, é um método que agrega médias aritmética, geométrica e harmônica.
 - o Método AHP: é um dos métodos de tomada de decisão multicritério mais utilizados. Nesse método, afirmações subjetivas de relativa importância são convertidas em um conjunto de pesos, sendo utilizadas comparações aos pares entre os critérios e entre as alternativas, em relação a cada atributo considerado (SAATY, 1980).
- Métodos de sobreclassificação: utiliza métodos para inicialmente estabelecer uma relação de sobreclassificação que representa as preferências do tomador de decisão, dadas as informações disponíveis. Em seguida, é explorada a relação de sobreclassificação para auxiliar o decisor a encontrar a solução para seu problema.

De uma forma geral, uma relação de sobreclassificação é uma relação binária que permite ao tomador de decisão identificar o nível de sobreclassificação de uma alternativa a_i sobre uma alternativa a_k . Esse nível se eleva se existirem argumentos para confirmar que a_i apresenta, no mínimo, o mesmo grau de preferência que a_k , sem evidências contra essa

proposição. Logo, as alternativas são comparadas aos pares de acordo com cada critério e são sobreclassificadas progressivamente. As comparações aos pares que foram efetuadas são então combinadas, ranqueando as alternativas parcial ou completamente (ROY, 1985). Os tipos de dados requeridos por esses métodos são similares aos dos métodos MAUT. As duas famílias de métodos de sobreclassificação mais importantes são a ELECTRE e o PROMETHEE:

- o Métodos ELECTRE: esse método é baseado em índices de concordância e discordância. De acordo com cada tipo de método dentro da família ELECTRE, são obtidos diferentes resultados, por exemplo, no ELECTRE I, um ranking parcial é construído e é escolhido um conjunto de alternativas promissoras; no ELECTRE II, as alternativas são ranqueadas; no ELECTRE III um grau de sobreclassificação é estabelecido, representando uma sobreclassificação entre duas alternativas, tornando esse método mais sofisticado; dentre outros.
- o Métodos PROMETHEE: no PROMETHEE, a função de preferência se associa a cada critério, sendo que um score maior para dada alternativa significa uma melhor performance. Os pesos dos critérios são determinados por um outro método considerado apropriado, ou seja, esta parte não está inclusa no PROMETHEE. Os resultados de cada método PROMETHEE diferem entre si, por exemplo, no PROMETHEE I, é construído um ranking parcial das alternativas, sendo alguns pares de alternativas comparáveis e outros não; no PROMETHEE V, há uma otimização sob restrições; dentre outros.

Diferentemente da forma como foi descrito acima, Greco (2006), Mota *et al.* (2007, 2009) e Polatidis *et al.* (2006) classificam os métodos de análise multicritério em três grandes grupos principais, como se segue, sendo esta a abordagem adotada neste trabalho:

- Critério único de síntese: se baseiam em funções de valor ou utilidade. Abrange métodos onde ocorre a agregação de diferentes pontos de vista em uma única função de síntese que deve ser otimizada.

Nesse sentido, o sistema de preferência do tomador de decisão é modelado e representado por uma função valor ou utilidade, que considera a avaliação de cada critério. São levados em consideração também os *trade-offs* que o tomador de decisão está disposto a adotar. Exemplos desses métodos são: MAUT, SMART, AHP e SAW;

- Abordagem de sobreclassificação: utiliza métodos para inicialmente estabelecer uma relação de sobreclassificação que representa as preferências do tomador de decisão, dadas as informações disponíveis. Em seguida, é explorada a relação de sobreclassificação para auxiliar o tomador de decisão a encontrar a solução para seu problema. Alguns desses métodos são: família ELECTRE, PROMETHEE I e II e *Regime Method Analysis*;
- Abordagem de julgamento local interativo: usa métodos onde são alternados passos de cálculo e passos de diálogo, sendo utilizada uma abordagem de tentativas e erros. A partir da escolha do tomador de decisão quanto às questões apresentadas, o modelo reduz as alternativas e executa nova iteração.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é feita uma descrição da metodologia básica utilizada para a realização do trabalho.

Com vistas ao atingimento dos objetivos do presente trabalho, foi realizada uma revisão da literatura, via estudo de artigos, onde situações problemas de diversas áreas de gestão de projetos são solucionadas com a utilização de metodologias MCDA. Os artigos que se apresentam a seguir foram extraídos da base de dados científica Science Direct e da base IEEE Xplore. Foram selecionados artigos de periódicos e eventos internacionais, que apresentam alta relevância no estudo de gerenciamento de projetos, pesquisa operacional e desenvolvimento tecnológico. Os artigos foram selecionados sem restrições em relação ao período de publicação. As palavras-chaves utilizadas na pesquisa foram: project management, project, ELECTRE, PROMETHEE, AHP, MCDA, multicriteria decision analysis e performance.

Nesse sentido, para cada estudo analisado, foram identificados o tipo de problema abordado, suas características e o método MCDA utilizado na resolução da situação problema. Adicionalmente, foram identificados e listados os fatores que levaram à escolha da aplicação de cada método MCDA em detrimento de outros métodos passíveis de utilização, permitindo a identificação de padrões que auxiliam na tomada de decisão quanto a problemas de gestão de projetos.

Os fatores supracitados incluem, mas não se limitam a, complexidade do problema, precisão dos dados, objetividade ou não da situação problema, velocidade de resolução do problema, tipo de resultado que se deseja obter, dentre outros.

Foram também identificados casos de situações problemas em que outras ferramentas precisaram ou foram utilizadas em conjunto com a metodologia MCDA, bem como a razão para a aplicação delas.

4 ARTIGOS ESTUDADOS

No presente capítulo são apresentados os artigos estudados, bem como informações referentes aos problemas e métodos MCDA abordados em cada um deles.

Para a realização do estudo proposto neste trabalho, foram selecionados 45 artigos que abordam a utilização de métodos MCDA para a solução de problemas no contexto do gerenciamento de projetos. Foram abordados temas como classificação de atividades de projeto, alocação de orçamento, avaliação de performance de projetos, seleção de projetos, programação de projetos e avaliação de riscos de projetos.

As ferramentas MCDA que foram utilizadas nos artigos abrangem as três escolas de abordagens, quais sejam a americana – métodos baseados na função utilidade –, a francesa – métodos de subordinação e síntese – e programação matemática de múltiplos objetivos, com métodos iterativos (VINCKE, 1992). Logo, foram identificadas a utilização dos métodos ELECTRE, PROMETHEE, MAUT, MAVT, REMBRANDT, ANP/AHP, TOPSIS, programação objetiva, e suas variações, em combinação ou não com outras ferramentas.

Ressalta-se que as descrições subsequentes dos artigos expressam as opiniões dos próprios autores, sendo independente de qualquer informação extra externa.

4.1. CLASSIFICAÇÃO DE ATIVIDADES

ARTIGO 1: A MULTIPLE CRITERIA DECISION MODEL FOR ASSIGNING PRIORITIES TO ACTIVITIES IN PROJECT MANAGEMENT.

O gerenciamento de projetos de construção se apresenta como uma difícil tarefa, devido à alta complexidade, incertezas e grande quantidade de atividades envolvidas, sendo estas as características consideradas relevantes para esse tipo de projeto. Nesse contexto, o planejamento de longo prazo dificilmente se mantém sem mudanças, sendo o modo como o gerente de projeto controla e monitora as atividades a questão básica. Faz-se então necessária a identificação das tarefas que merecem maior atenção e esforços do gerente, segundo critérios pré-estabelecidos (MOTA et al., 2009).

Utiliza-se o MCDA para solucionar o problema de atribuição de tarefas em categorias de práticas gerenciais. A escolha do método MCDA a ser utilizado se baseia no contexto do problema, nos atores e em sua estrutura de relação de preferência. Nesse tipo de situação,

Mota et al. (2009) utilizaram um método de outranking para a construção do modelo a ser resolvido, o ELECTRE TRI. Os critérios utilizados para a escolha desse método foram:

- Complexidade do problema;
- Contexto de classificação;
- Imprecisão dos dados; e
- Possibilidade de incluir subjetividades na modelagem do problema.

ARTIGO 2: A MULTICRITERIA DECISION MODEL FOR ASSIGNING PRIORITY CLASSES TO ACTIVITIES IN PROJECT MANAGEMENT.

Problemas relacionados a projetos de construção são abordados em muitos estudos. O descumprimento da programação, bem como o não cumprimento do orçamento são exemplos de resultados negativos devido a incertezas e à dinamicidade do ambiente de construção. Nesse sentido, Mota e Almeida (2012) realizaram a implantação de um modelo MCDA para auxiliar o tomador de decisão na atribuição de prioridades a atividades em um projeto.

Foi utilizado então o método ELECTRE TRI-C, devido aos seguintes fatores:

- Complexidade do problema;
- Existência de somente uma ação de referência característica, que é mais fácil de definir;
- Facilidade de uso;
- Natureza não compensatória do método; e
- As alternativas podem ser avaliadas de acordo com uma quantidade de normas que definem as classes.

4.2. ALOCAÇÃO DE ORÇAMENTO

ARTIGO 3: MODEL CHOICE IN MULTICRITERIA DECISION AID.

A questão de recursos hídricos é um fator agravante da situação sociopolítica do Meio Leste. Na Jordânia, a escassez de água se tornou um empecilho para o desenvolvimento do país. Nesse sentido, a utilização de métodos MCDA proporciona uma forma confiável para

ranquear alternativas de projetos hídricos na presença de diferentes objetivos conflitantes e restrições.

O processo de ranqueamento ótimo de projetos hídricos na Jordânia é um problema complexo, com limitações orçamentárias. Para solucioná-lo, Al-Shemmeri *et al.* (1997) realizaram um estudo para a escolha do método MCDA mais adequado ao problema, sendo selecionado o método PROMETHEE, devido aos seguintes fatores:

- Facilidade de uso;
- Os valores de entrada apresentam relevante significado em termos das alternativas;
- Estabilidade do método.

ARTIGO 4: A FUZZY AHP APPLICATION IN GOVERNMENT-SPONSORED R&D PROJECT SELECTION.

Tecnologia é vista como um dos principais fatores determinantes da competitividade de uma indústria. Nesse sentido, Taiwan lançou um programa de desenvolvimento de tecnologia patrocinado pelo governo, o qual requer a seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento para alocação do orçamento disponível. Devido ao montante de fundos disponibilizados pelo governo e à complexidade tecnológica dos projetos, o processo de escolha destes pode ser visto como uma decisão de múltiplos atributos, realizadas por membros da academia, da indústria e do governo. Devido à diversidade de conhecimentos inerentes aos tomadores de decisão, faz-se necessária a utilização de um mecanismo efetivo para mitigar conflitos cognitivos entre os decisores.

Para a seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento, faz-se necessário relacionar os critérios de escolha com estratégias organizacionais, considerar benefícios qualitativos e riscos dos projetos, conciliar e integrar as necessidades dos diferentes *stakeholders* e considerar os processos de decisão de grupo em múltiplos estágios. Logo, Huang *et al.* (2008) realizaram um estudo de aplicação do método fuzzy AHP para a escolha de projetos de pesquisa e desenvolvimento em Taiwan. Esse método foi selecionado devido aos seguintes motivos:

- Dificuldade de avaliação e quantificação dos critérios;
- Incerteza inerente ao processo decisório,

- Números fuzzy se adequam melhor ao julgamento humano e a informações vagas e imprecisas;
- A utilização de números fuzzy permite lidar com a ambiguidade do processo de avaliação de dados;
- O método AHP permite a avaliação de alternativas multicritério envolvendo julgamentos subjetivos, decompondo o problema para formar uma estrutura de decisão hierárquica; e
- O método fuzzy AHP permite uma descrição mais acurada do processo de tomada de decisão, solucionando as disparidades entre os profissionais que avaliam os projetos.

ARTIGO 5: PROJECT PRIORITIZATION UNDER POLICY RESTRICTIONS. A COMBINATION OF MCDA WITH 0-1 PROGRAMMING.

A seleção de empresas ou projetos que concorrem por suporte financeiro, considerando-se um orçamento disponível restrito, é um típico problema de classificação. Neste caso, o tomador de decisão deve selecionar as melhores alternativas levando em consideração a eficiência dos projetos ou empresas. O problema se torna mais complexo quando existem limitações adicionais, impondo uma consideração combinatória das alternativas; neste caso, outras ferramentas devem ser utilizadas juntamente com o MCDA para gerar a melhor solução para a situação estudada (MAVROTAS et al., 2006).

O problema a ser resolvido é selecionar de forma consistente e objetiva os projetos disponíveis que respeitam o limite orçamentário e as restrições impostas pelo problema, bem como a classificação das alternativas obtida pela aplicação do método MCDA.

No contexto dessa problemática de alocação orçamentária, Mavrotas et al. (2006) aplicaram inicialmente o método PROMETHEE II, para classificar os projetos. Numa segunda etapa, foi realizada a seleção dos melhores projetos considerando-se o limite de orçamento e as demais restrições impostas pelo problema. O modelo construído é resolvido parametricamente, utilizando um modelo de programação inteira 0-1.

A opção pelo método de resolução paramétrica se deve ao fato de ele apresentar vantagens sobre outras alternativas, a saber:

O modelo permite que os projetos sejam selecionados respeitando completamente a classificação resultante da aplicação do método MCDA

O modelo permite resolução mais rápida do problema, devido à menor quantidade de variáveis

No que diz respeito à aplicação dos métodos MCDA, não é especificada a razão da utilização do PROMETHEE II, podendo ser utilizado outro método para a obtenção dos escores da análise multicritério, seja da família ELECTRE, AHP, dentre outros.

ARTIGO 6: AN MCDA APPROACH FOR THE SELECTION OF BIKE PROJECTS BASED ON STRUCTURING AND APPRAISING ACTIVITIES.

A seleção de projetos quando há limitação orçamentária é uma tarefa complexa. Quando esses projetos apresentam são de tipos e características completamente diferenciadas, a avaliação e escolha da melhor alternativa é ainda mais difícil. Dessa forma, devem ser selecionados os projetos que contribuam o máximo para o alcance dos objetivos gerais. Nesse âmbito, o problema colocado por Barfod (2011) é a seleção de projetos para o incentivo do tráfego de bicicletas na Dinamarca. Esses projetos, que foram submetidos ao governo do país, foram de diversos tipos, desde simples propostas a complexos projetos. A tarefa então é propor e aplicar princípios e métodos para lidar com a grande quantidade de propostas a serem analisadas de uma forma ótima.

Geralmente, é utilizado no governo dinamarquês o conceito de que a avaliação de projetos de transporte deve ser baseada no contexto sócio-econômico, sendo definido se eles são economicamente viáveis ou não. Devido à pouca base teórica adquirida pelo governo quanto a projetos de bicicletas e às limitações de tempo, orçamento etc., optou-se pela utilização de um método MCDA no lugar da avaliação sócio-econômica geralmente utilizada.

O método utilizado foi o REMBRANDT, uma versão multiplicativa do método AHP. A técnica utilizada faz uso da comparação aos pares entre os projetos, para determinar os impactos subjetivos em relação a cada critério, e entre os critérios, para definir sua importância relativa. Como resultado, foi possível a seleção dos projetos mais adequados, de acordo com os critérios estabelecidos.

Observa-se que outros métodos MCDA poderiam ser utilizados, como o AHP ou mesmo algum de *outranking*. Entretanto, o REMBRANDT foi escolhido por ser considerado mais vantajoso, devido aos seguintes fatores:

- Simplicidade e transparência das comparações aos pares, que são fáceis de explicar e utilizar, fato que é de suma importância para o tomador de decisão e para os *stakeholders* do problema proposto; e
- Melhorias teóricas em relação ao AHP.

ARTIGO 7: TWO-PHASE MODEL FOR MULTI-CRITERIA PROJECT RANKING: SERBIAN RAILWAYS CASE STUDY.

A priorização de projetos de diferentes tipos, a partir de uma grande quantidade, e com limitação de recursos financeiros é uma tarefa complexa. O problema colocado por Mandic *et al.* (2014) é a priorização de projetos ferroviários para a empresa Serbian Railways, compreendendo projetos de das áreas de infraestrutura ferroviária, transporte, transporte multimodal, controle, recursos humanos, racionalização do consumo de energia e ecologia, que foram segregados em 11 clusters.

O estudo foi realizado em duas etapas. Na primeira, foi utilizado um método “soft”, TOPSIS, que aceita todos os participantes; na segunda, onde os projetos são comparados e avaliados por clusters, foi utilizado o método AHP.

O TOPSIS foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Apresenta bons resultados quando exposto a situações conflituosas que surgem na tomada de decisão para o sistema;
- Obtenção de resultados mais realistas;
- A significância de cada critério é resguardada pelos pesos correspondentes; e
- Permite a generalização dos valores dos critérios, o que possibilita utilização de uma só escala para compará-los.

O AHP foi selecionado em decorrência dos fatores abaixo:

- Fácil implementação;

- Inter-relações entre fatores de influência são facilmente identificadas;
- É possível determinar os efeitos dos fatores de influência sob condições reais; e
- É possível identificar a predominância de um dos fatores sobre os demais.

ARTIGO 8: A COMPREHENSIVE 1-0 GOAL PROGRAMMING MODEL FOR PROJECT SELECTION.

A seleção de projetos de sistema de informação é considerada uma atividade crítica de negócio, sobretudo quando esses projetos são promissores. O processo ótimo de seleção envolve uma decisão estratégica significativa de alocação de recursos, que pode engajar a organização com comprometimentos a longo termo. Dessa forma, Badri *et al.* (2001) desenvolveram um modelo que abrange diferentes aspectos da seleção de projetos de sistemas de informação, sendo considerado pelos autores como de simples entendimento e utilização. Dentre os objetivos considerados no modelo proposto, incluem-se aqueles relacionados a benefícios, hardware, software e outros custos, fatores de risco, preferências dos tomadores de decisão e usuários por determinados projetos, tempo de conclusão, restrições de tempo de treinamento, custo de mão-de-obra necessária, projetos mutualmente excludentes, restrições de contingência e mandatórias.

Nesse âmbito, o modelo de Badri *et al.* (2001) se propõe a auxiliar na seleção de um conjunto de projetos de sistemas de informação sujeitos, basicamente, a restrições orçamentárias. Para tanto, foi elaborada uma função objetivo, via programação objetiva 0-1, a ser solucionada utilizando-se o software LINDO. Esse método foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Criticidade do problema;
- Existência de alternativas promissoras e;
- Necessidade de abranger diversos objetivos.

ARTIGO 9: AN AHP-BASED EVALUATION PROCEDURE FOR INNOVATIVE EDUCATIONAL PROJECTS - A FACE-TO-FACE VS. COMPUTER-MEDIATED CASE STUDY.

A alocação de orçamento para projetos concorrentes é uma tarefa complexa, sobretudo quando o processo ocorre de forma subjetiva. Nesse contexto, Melón *et al.* (2008) estudaram a seleção de projetos de inovação educacional sujeitos a restrições orçamentárias. O objetivo central foi estabelecer uma metodologia para ranquear os projetos concorrentes, provendo ao tomador de decisão uma metodologia convincente de avaliação que permita a rastreabilidade de todo o processo de escolha. Nesse contexto, existem múltiplos interesses conflitantes envolvidos no processo de seleção dos projetos, a saber: acadêmicos, econômicos, estratégicos etc.

Para solucionar o proposto, foi utilizado o método AHP com apoio do software EC 2000. Os motivos para a escolha desse método foram:

- Permite que o tomador de decisão estruture o problema de estabelecimento de prioridades desdobrando o problema hierarquicamente e;
- Leva em consideração a consistência dos julgamentos emitidos.

A escolha do software de apoio EC 2000 se deve aos seguintes fatores:

- Favorece a aplicação em problemas complexos, onde o tempo dos participantes no processo é escasso e muito caro e;
- Permite fácil trabalho entre um grupo de especialistas devido ao seu módulo de decisão em grupo.

ARTIGO 10: DEVELOPING A PROJECTS EVALUATION SYSTEM BASED ON MULTIPLE ATTRIBUTE VALUE THEORY.

O controle de gastos públicos é uma tarefa difícil e essencial no contexto da gestão de programas. No caso de Portugal, a União Monetária Europeia determinou que as Comissões Regionais de Coordenação fossem responsáveis por gerenciar a transferência de fundos comunitários e abrir caminho para sua aplicação em programas operacionais de desenvolvimento nacional. Para a implantação desses programas, a Comissão para a Coordenação da Região Central foi nomeada responsável, enfrentando a necessidade de

selecionar um grupo de projetos a serem financiados. Surgiu então a necessidade de se construir um sistema de avaliação para auxiliar os tomadores de decisão.

Nesse contexto, Duarte e Reis (2006) optaram pela aplicação do método MAVT para a seleção dos projetos disponíveis. Esse método foi selecionado pelos seguintes fatores:

- Para garantir a equidade e alto padrão da qualidade do portfólio de projetos;
- Para fazer a aplicação e gerenciamento de fundos claros para todos os agentes envolvidos na submissão, coordenação e supervisão dos projetos;
- Os objetivos e restrições são implícitos;
- A quantidade de alternativas é finita;
- Um nível de satisfação é requerido para aprovação;
- A utilidade é independente da atitude da decisão frente ao risco e;
- Capacidade de representar a decisão quantitativamente com respeito a cada projeto independentemente do tempo, de acordo com os objetivos do programa.

ARTIGO 11: A PROJECT STRATEGIC INDEX PROPOSAL FOR PORTFOLIO SELECTION IN ELECTRICAL COMPANY BASED ON THE ANALYTIC NETWORK PROCESS.

A Companhia Fornecedora de Energia Elétrica de Caracas deve distribuir o orçamento anual entre as ações propostas para melhoria da rede elétrica existente no país. A necessidade de uma seleção confiável e imparcial dos projetos incentivou o estudo realizado por Perera *et al.* (2010) para a priorização de projetos. A seleção dos projetos é vista como uma tarefa desafiadora, visto que eles precisam ter um escopo relacionado ao futuro, se adequar à estratégia da empresa e ter o envolvimento dos *stakeholders*, levando a empresa a ser competitiva e bem sucedida.

Para a seleção dos projetos, foi utilizado o método ANP, devido aos seguintes fatores:

- Leva em consideração a interdependência entre os critérios analisados;
- Evita o problema da compensação associado a métodos de agregação baseados na soma e;

- permite modelagem acurada de cenários complexos.

ARTIGO 12: WATER RESOURCES PLANNING IN THE MIDDLE EAST: APPLICATION OF THE PROMETHEE V MULTICRITERIA METHOD.

A falta de compreensão e eficiência no gerenciamento de recursos hídricos se tornou um dos problemas mais sérios para países do Meio Leste. As complicações inerentes ao planejamento desses recursos excedem os limites de um planejamento simples, com um único objetivo de planejamento. Dessa forma, o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos devem considerar fatores relacionados à eficiência econômica, equidade, condições ambientais, desenvolvimento regional, qualidade da água, dentre outros.

No caso da Jordânia, um dos principais problemas do governo é não conseguir visualizar diretamente os impactos do seu plano anual do setor de recursos hídricos nos objetivos nacionais. Logo, faz-se necessária a implantação de um método MCDA para auxiliar na seleção de projetos e programas que possam ser executados da melhor forma possível, visando atender aos requisitos do governo, respeitando a limitação de fundos financeiros existente.

Dessa forma, Abu-Taleb e Mareschal (1995) optaram pela utilização do método PROMETHEE V para a seleção de projetos de recursos hídricos na Jordânia. As razões para a escolha desse método seguem abaixo:

Permite a incorporação de uma quantidade de restrições às alternativas existentes, ou seja, há restrições nos clusters e entre eles;

- Método realista;
- Rapidez e flexibilidade de utilização do método.

4.3. AVALIAÇÃO DE PERFORMANCE DE PROJETO

ARTIGO 13: MULTI-CRITERIA PERFORMANCE ANALYSIS FOR DECISION MAKING IN PROJECT MANAGEMENT.

A tomada de decisão no âmbito do gerenciamento de projetos é uma tarefa complexa. Isso decorre devido a incertezas inerentes ao projeto, bem como à grande quantidade de agentes e informações independentes que devem ser analisadas e coordenadas. Quando a complexidade

se torna considerável, as possibilidades e interrelações se tornam tão subjetivas que o sistema deve ser assistido por algumas ferramentas. Logo, os gerentes de projeto necessitam de um modelo de auxílio à tomada de decisão baseado em uma avaliação de performance. Esta é considerada uma forma de modelar, modificar ou controlar um sistema existente, sendo fundamental para planejamento, controle e tomada de decisão efetivos no âmbito do projeto.

Nesse contexto, o problema proposto é modelar a performance de um projeto para dar suporte à tomada de decisões, considerando-se que o modelo deve permitir o armazenamento de grande quantidade de informação, que deve poder ser facilmente consultada e modificada. O tomador de decisões terá seu foco voltado para áreas de baixa performance, baseando-se nas informações resultantes. O problema é colocado no contexto de projetos de desenvolvimento de produtos e serviços (MARQUES et al., 2010).

Para a solução da situação proposta, Marques et al. (2010) utilizaram o software MACBETH, ferramenta extraída do MAUT. Ele foi aplicado para atribuição de pesos aos critérios definidos com determinantes para a performance do projeto (KPI's), bem como para o processo de agregação dos valores atribuídos. O MACBETH permitiu a agregação da performance de três formas diferentes, quais sejam: por tarefas, pelas áreas de controle do projeto (tempo, custo, qualidade e risco) e pelos elementos do tripé efetividade, eficiência e relevância.

A partir da agregação de performance realizada, pode-se identificar os itens que deveriam receber maior atenção do gerente de projeto, podendo ser tomadas ações para utilização apropriada de recursos, melhor definição de objetivos, dentre outras.

O MAUT, especificamente o MACBETH, foi aplicado devido a alguns fatores:

- Permite uma comparação qualitativa aos pares, requerendo somente um julgamento qualitativo do gerente de projetos envolvido;
- O software pode ser utilizado diversas vezes no projeto;
- Não há necessidade de uma intervenção tão complexa quanto em métodos como outranking; e
- A manipulação de escalas é mais simples que em outros métodos, como o AHP.

4.4. SELEÇÃO DE PROJETOS

ARTIGO 14: ANALYTIC NETWORK PROCESS APPLIED TO R&D PROJECT SELECTION.

A seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento é um processo de tomada de decisão complexo, por envolver uma busca no ambiente de oportunidades, a geração de opções de projetos e a avaliação por *stakeholders* de múltiplos atributos, qualitativos e quantitativos. Dessa forma, falhas no planejamento de investimentos nesse tipo de projeto são frequentes.

Nesse contexto, Habib *et al.* (2009) realizaram um estudo para a seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento utilizando o método ANP. Este foi escolhido devido aos seguintes motivos:

- Simplicidade do método;
- Capacidade de considerar múltiplas dimensões da informação sob análise;
- Habilidade de adaptar uma estrutura básica para uma situação particular; e
- Existência de interdependências no modelo de decisão

ARTIGO 15: HOW TO SELECT AND RANK PROJECTS: THE PROMETHEE METHOD.

A seleção de projetos envolve a tomada de decisão com base em múltiplos critérios. Para tanto, existem diversos métodos que podem ser utilizados, dentre eles o ELECTRE e o PROMETHEE. Brans *et al.* (1986) propuseram a utilização do método PROMETHEE para a seleção de projetos. No caso, foi aplicado o PROMETHEE I e o PROMETHEE II, sendo que o primeiro contém informações mais realistas.

A opção pela utilização do PROMETHEE se deve aos seguintes fatores:

- Simplicidade do método;
- Clareza do método;
- Estabilidade do método; e
- Necessidade de se fixar poucos parâmetros, os quais apresentam significado econômico.

ARTIGO 16: MULTICRITERIA SELECTION AIDING RELATED TO PHOTOVOLTAIC PLANTS ON FARMING FIELDS ON CORSICA ISLAND: A REAL CASE STUDY USING THE ELECTRE OUTRANKING FRAMEWORK.

A ilha da Córsega é considerada a região metropolitana da França com o maior potencial de instalação de plantas fotovoltaicas. Ela apresenta diversos projetos de plantas fotovoltaicas que devem ser avaliados e selecionados. Optou-se então pela utilização de ferramentas MCDA para auxiliar na tomada de decisão, sendo que Haurant *et al.*(2011) aplicaram o método ELECTRE IS devido aos seguintes motivos:

- Existência de vários critérios avaliados;
- Existência de heterogeneidade dos valores dos critérios;
- Pequenas diferenças de avaliações não são significantes em termos de preferência por pelo menos um critério, mas o acúmulo de pequenas diferenças se torna significativa; e
- Análise de conhecimento imperfeito e com rigor científico.

ARTIGO 17: AN APPLICATION OF ZERO-ONE GOAL PROGRAMMING IN PROJECT SELECTION AND RESOURCE PLANNING – A CASE STUDY FROM THE WOODWARD GOVERNOR COMPANY.

A seleção de projetos em um cenário de recursos limitados – sendo estes capital, pessoal e maquinário – é uma tarefa difícil. Kim e Emery (2000) realizaram um estudo no âmbito da empresa Woodward Governor Company para a seleção de projetos de motores, com vistas a maximizar os lucros da empresa num período de quatro anos. O quadro que se coloca para a seleção dos projetos é a multiplicidade destes e a limitação de recursos.

Nesse contexto, Kim e Emery (2000) propuseram a utilização de um modelo de programação objetiva 0-1 para a seleção de projetos. Isso se deveu aos seguintes fatores:

- O modelo tem sido considerado uma ferramenta muito útil para encontrar soluções ótimas em problemas de tomada de decisão para a escolha de projetos;
- Muitos modelos de programação objetiva que foram desenvolvidos se relacionam com o cenário da Woodward Governor Company;
- O modelo foca na seleção de projetos para atingir objetivos específicos; e

- O modelo pode lidar com múltiplos objetivos;

ARTIGO 18: PROJECT SELECTION FOR OIL-FIELDS DEVELOPMENT BY USING THE AHP AND FUZZY TOPSIS METHODS.

O processo de seleção de projetos tem por objetivo analisar a viabilidade destes e aprovar ou rejeitar as propostas, baseando-se em critérios estabelecidos. Nesse sentido, e considerando a limitação de recursos, Amiri (2010) propôs a utilização combinada dos métodos AHP e fuzzy TOPSIS para efetuar a seleção de projetos. O método AHP foi usado para analisar a estrutura do problema de seleção de projeto e para determinar os pesos dos critérios, sendo o método fuzzy TOPSIS usado para obtenção do ranking final. Essa abordagem foi empregada devido às seguintes razões:

- A lógica TOPSIS é racional e compreensível;
- O processo computacional é de fácil entendimento e não é complicado;
- O conceito permite a busca das melhores alternativas para cada critério retratado de uma forma matemática simples;
- Os pesos de importância são incorporados nos procedimentos de comparação;
- O tomador de decisão pode incorporar no modelo informações não quantificáveis, incompletas, não obtíveis e fatos parcialmente ignorados.

ARTIGO 19: PEER EVALUATION OF MULTI-ATTRIBUTE ANALYSIS TECHNIQUES: CASE OF A LIGHT RAIL TRANSIT NETWORK CHOICE.

Muitas ferramentas de auxílio à tomada de decisão têm sido implantadas para a solução de problemas complexos. No caso onde há problemas de decisão em engenharia, onde projetos devem ser selecionados entre um conjunto de alternativas, podem ser utilizadas ferramentas MCDA.

Poorzahedy e Rezaei (2013) realizaram um estudo com a aplicação de diversos métodos MCDA na seleção de uma rede de rodovia de trânsito leve para a cidade de Mashhad, considerando que todos atendiam ao cenário do problema em estudo. Foram avaliados os métodos ELECTRE, TOPSIS, *linear assignment*, *simple additive weighting* e distância de

Minkowski. O método ELECTRE foi considerado o mais adequado, devido às seguintes razões:

- Apresenta baixa demanda por informações;
- Utiliza todas as informações que demanda durante a análise;
- Estabilidade do método;
- Baixos efeitos de atributos irrelevantes; e
- Baixo desvio da solução em relação ao consenso geral.

ARTIGO 20: RANKING OF SUBURBAN LINE EXTENSION PROJECTS ON THE PARIS METRO SYSTEM BY A MULTICRITERIA METHOD.

No âmbito do sistema de metrô de Paris, propôs-se a extensão de algumas linhas. Esses projetos de extensão deveriam ser ranqueados de acordo com a maior ou menor prioridade de cada um. Esse nível de prioridade é estabelecido com base em diversos fatores, sejam eles técnicos, financeiros, sociais, dentre outros.

Dessa forma, Roy e Hugonnard (1982) propuseram a utilização do método ELECTRE IV para a solução do problema de seleção exposto, com base nas seguintes razões:

- A imprecisão, incerteza e indeterminação dos dados é claramente modelada; e
- Permite que uma alternativa seja considerada tão importante e tão justificável quanto outra, independentemente da imprecisão dos critérios e de seus pesos.

ARTIGO 21: ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND RANKING THE ENVIRONMENTAL PROJECTS IN JORDAN.

A escassez de recursos hídricos na Jordânia e problemas de qualidade criam problemas ambientais em níveis local, regional e internacional. Nesse contexto, a definição de prioridades para um novo projeto se apresenta como uma tarefa complexa, visto que geralmente não há informação suficiente para prever e estimar problemas ambientais resultantes e seu impacto na economia e na sociedade, ou seja, o cenário é de alto nível de incerteza. Espera-se que no Meio Leste ocorra um aumento na atividade econômica, com novos projetos com impactos ambientais significantes. Logo, faz-se necessário o

desenvolvimento e escolha de projetos ambientais que possam auxiliar a mitigar os problemas existentes na Jordânia.

Para a seleção de projetos ambientais, Al-Rashdan *et al.* (1999) utilizaram o método PROMETHEE combinado com o GAIA. A utilização do PROMETHEE se deu devido aos seguintes motivos:

- Adaptabilidade a situações reais;
- Facilidade de entendimento; e
- Permite interpretação direta de parâmetros;

A utilização do GAIA se deu devido às seguintes razões:

- Reduz o plano de critérios multidimensionais para permitir apresentação visual direta; e
- Permite variar alguns parâmetros e mostrar s resultados.

ARTIGO 22: INVESTMENT PROJECTS EVALUATION BY SIMULATION AND MULTIPLE CRITERIA DECISION AIDING PROCEDURE.

A atividade de investimento tem um papel importante em toda organização econômica. A seleção de um projeto entre diversos é uma das principais funções de gerenciamento necessárias para garantir a sobrevivência de um negócio. Diversos fatores devem ser levados em consideração, como técnicos, ambientais, sociais, dentre outros. Nesse sentido, Nowak (2005) propôs um procedimento de auxílio à tomada de decisão para a avaliação de projetos. Foi utilizada uma extensão estocástica do método PROMETHEE II precedido de uma simulação financeira dos projetos avaliados. Esse método foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Permite a avaliação financeira dos projetos;
- Permite considerar vários critérios;
- Considera critérios quantitativos e qualitativos; e
- Permite levar em consideração fatores de incerteza;

ARTIGO 23: A MULTI-STAGE MULTI-ATTRIBUTE DECISION MODEL FOR PROJECT SELECTION.

No estado da Virgínia, nos Estados Unidos, foi identificada uma possível crise de falta de água. Logo, coube ao Newport News City Manager a tarefa de selecionar projetos de tecnologia que pudessem solucionar o problema exposto. Geralmente, esse tipo de problema com múltiplos objetivos é estudado utilizando-se o MAUT; entretanto, devido às características do problema, Anandalingam e Olsson (1989) optaram pela utilização combinada da eliminação prévia de alternativas não ótimas e posterior aplicação do MAVT.

O problema em questão é considerado de alta complexidade, com grande quantidade de alternativas e com muitos critérios intangíveis. O que se coloca é a escolha da alternativa mais adequada que permita o atendimento da demanda prevista de água e a satisfação de outros critérios, tais quais minimização de custos, do impacto social e ambiental e a maximização da confiabilidade. Dessa forma, Anandalingam e Olsson (1989) utilizaram a EBA, onde cada alternativa é triada para avaliar-se se ela apresenta determinado aspecto ou não. Foram então definidos limites superiores e inferiores para os aspectos em questão e as alternativas com maior probabilidade de obter escores abaixo ou acima dos limites foram eliminadas. As alternativas remanescentes foram consideradas como tendo risco aceitável. A escolha do MAVT foi feita pelas seguintes razões:

- Complexidade do problema;
- Intangibilidade de critérios; e
- Facilidade em estabelecer o comportamento de aversão ao risco do tomador de decisão com a utilização de teorias de valor, e não de utilidade.

ARTIGO 24: PROMETHEE-MD-2T METHOD FOR PROJECT SELECTION.

A seleção de projetos é um problema multicritério real, onde o tomador de decisão expressa suas preferências de acordo com as características das alternativas existentes e do conhecimento existente acerca delas. Para efetuar a seleção de projetos, Halouani *et al.* (2009) escolheram a utilização do método PROMETHEE-MD-2T. Nesse método, adaptado do PROMETHEE, é usado um modelo fuzzy de representação linguística e numérica com 2-tuplas, devido à imprecisão e subjetividade da informação disponível. Ele foi escolhido devido aos seguintes motivos:

- Complexidade do problema;
- Imprecisão e subjetividade da informação disponível; e
- O PROMETHEE permite a modelagem das preferências de uma forma simples e flexível;

ARTIGO 25: INTEGRATED PROJECT EVALUATION AND SELECTION USING MULTIPLE-ATTRIBUTE DECISION-MAKING TECHNIQUE.

No atual mundo competitivo, as empresas devem selecionar e implantar projetos corretos e de forma eficiente para se manterem competitivas. A busca por ideias de projetos promissores leva em consideração diversos fatores, dentre eles, análise de mercado, análise técnica, análise financeira e estudo de impacto social e ambiental. Observa-se que em muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento, existem legislações ambientais estritas, que podem culminar em mudanças no projeto; isso tende a causar um atraso na análise de viabilidade e consequente seleção do projeto. Além disso, um outro fator determinante para a escolha do projeto é a análise financeira, que resulta na seleção de projetos não ótimos, visto que as alternativas que mais adequadas ao meio ambiente são mais custosas.

Nesse contexto, Dey (2006) propôs um estudo para desenvolver um sistema de suporte à decisão para avaliação e seleção de projetos. O estudo foi realizado e aplicado a um caso de projeto de oleodutos na Índia. Para análise e escolha do projeto mais adequado, Dey (2006) utilizou o método AHP, devido aos seguintes fatores:

- Utilização da tomada de decisão em grupo e
- Envolvimento dos *stakeholders*.

ARTIGO 26: STOCHASTIC MULTICRITERIA DECISION MAKING AND UNCERTAINTY.

A avaliação de ações baseadas em múltiplos critérios não é uma tarefa simples, sobretudo num cenário de incertezas. Nesse contexto, Mareschal (1986) propôs a utilização do método PROMETHEE com uma extensão estocástica para a avaliação de projetos por diversos especialistas. Foi utilizado um exemplo de seleção de projetos de plantas de geração de energia. O método PROMETHEE foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Permite lidar com incertezas;

- Utilização de uma distribuição discreta nas relações de preferência; e
- Informações são mais realistas.

ARTIGO 27: USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND GOAL PROGRAMMING FOR INFORMATION SYSTEM PROJECT SELECTION.

O planejamento de projetos é uma das atividades básicas de gerenciamento de sistemas de informação, sendo este um ambiente complexo e de alto risco. Nesse sentido, Schniederjans e Wilson (1991) propuseram a utilização combinada do método AHP e da programação objetiva 0-1 para a seleção de projetos de sistemas de informação. O método AHP foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Permite que fatores tangíveis e intangíveis sejam especificados no contexto multicritério;
- Permite expressar a importância relativa dos múltiplos critérios considerados;
- Utiliza comparação aos pares para extrair informações quando da priorização de projetos;
- Facilidade de uso e implantação.

Nesse sentido, o AHP foi utilizado para estabelecer uma estrutura prioritária para utilização dentro do modelo de programação objetiva 0-1. Este modelo foi escolhido devido aos seguintes motivos:

- Considerar restrições relevantes que existem no ambiente de decisão e que não eram atendidas somente pelo método AHP, como limitações de recursos; e
- Permite a consideração de projetos de sistemas de informação previamente ranqueados, logo sua seleção se baseia em parte nos resultados obtidos a partir do método AHP.

De uma forma combinada, os dois métodos permitiram a obtenção de uma solução mais realista, ou seja, a seleção do projeto mais adequado está em maior concordância com a realidade, um processo decisório mais minucioso e com maior quantidade de informações adicionais.

ARTIGO 28: AN EXTENSION OF THE PROMETHEE METHOD FOR DECISION MAKING IN FUZZY ENVIRONMENT: RANKING OF ALTERNATIVE ENERGY EXPLOITATION PROJECTS.

O planejamento e a avaliação de exploração de recursos energéticos locais devem levar em consideração diversos fatores. A principal dificuldade surge na estimativa de dados de input que expressam observações e preferências qualitativas.

Nesse sentido, Goumas e Lygerou (2000) utilizaram o método F-PROMETHEE, uma extensão fuzzy do PROMETHEE convencional, para a seleção de projetos de exploração de recursos energéticos. O método foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Simplicidade de concepção e aplicação;
- Fato de o método ser bem adaptado a problemas onde um número finito de alternativas deve ser ranqueado considerando múltiplos critérios;
- Permite lidar com informações que não tenham um grau razoável de acurácia, sendo usada teoria fuzzy; e
- Ranqueamento mais realista.

ARTIGO 29: A ZERO-ONE GOAL PROGRAMMING APPROACH FOR INFORMATION SYSTEM PROJECT SELECTION.

O planejamento estratégico de sistemas de informação se tornou um fator crítico para o sucesso das empresas, pois a tecnologia da informação permeia praticamente todos os segmentos de mercado de alguma forma. Logo, uma das principais atividades de desenvolvimento de um plano estratégico para sistemas de informação é a escolha de um portfólio ótimo de projetos que reflita os objetivos e prioridades empresariais. A complexidade na escolha de projetos de sistemas de informação decorre do seu impacto estratégico na organização, da grande quantidade de benefícios intangíveis gerados por eles, da necessidade de consideração de múltiplos objetivos, dos gastos com mão-de-obra qualificada para implantar o projeto, da necessidade de infraestrutura especial e da incerteza dos resultados do projeto.

Nesse contexto, Santhanam *et al.* (1989) propuseram a utilização de um modelo de programação objetiva 0-1 para a seleção de projetos de sistemas de informação, devido aos seguintes motivos:

- Considera múltiplos objetivos conflitantes;
- Considera objetivos que são medidos em unidades incomensuráveis;
- Permite que sejam designadas prioridades a metas de acordo com os objetivos organizacionais;
- Mensura e integra benefícios intangíveis;
- Considera restrições de recursos explicitamente; e
- Seleciona os projetos que maximizarão os benefícios de acordo com as prioridades especificadas sem violar as restrições de recursos.

ARTIGO 30: ENTERPRISE INFORMATION SYSTEM PROJECT SELECTION WITH REGARD TO BOCR.

Atualmente, muitas empresas adotam sistemas de informação empresariais, devido a melhorias proporcionadas na produção, na performance de negócio e na competitividade. Visto que a implantação desses sistemas é geralmente considerada uma das medidas para atingimento dos objetivos estratégicos das organizações, deve-se avaliar os benefícios, oportunidades, riscos e custos quando da seleção do melhor projeto de sistema de informação.

A complexidade do processo decisório de escolha do projeto se deve a alguns fatores como intangibilidade e dificuldade de mensuração financeira dos resultados. Nesse sentido, Liang e Li (2008), propuseram a utilização do método ANP para a seleção do projeto de sistema de informação mais adequado, devido aos seguintes motivos:

- As prioridades de critérios podem ser determinadas por comparação aos pares, baseadas em julgamentos dos tomadores de decisão;
- Os tomadores de decisão podem considerar fatores tangíveis e intangíveis;
- Valores qualitativos são transformados em valores numéricos para análise comparativa;
- O método é de fácil entendimento e aplicação;

- O método facilita a participação de todos os *stakeholders* e tomadores de decisão no processo decisório; e
- O método permite *feedback* e interdependência entre critérios.

ARTIGO 31: AN ANP-BASED APPROACH FOR THE SELECTION OF HOTOVOLTAIC SOLAR POWER PLANT INVESTMENT PROJECTS.

O uso de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica cresceu substancialmente em alguns países, como a Espanha. Dessa forma, a complexidade no gerenciamento de projetos de plantas fotovoltaicas é decorrente dos riscos envolvidos com o desenvolvimento, construção, execução e manutenção das plantas, bem como da rentabilidade esperada delas. Logo, a priorização dos projetos das plantas fotovoltaicas depende da rentabilidade e do tempo de execução do projeto, que pode ser comprometido devido a questões legais, técnicas, acordo entre *stakeholders*, dentre outros.

O problema que Beltrán *et al.* (2010) colocam então é a priorização de projetos de desenvolvimento de plantas fotovoltaicas. Dado um conjunto de projetos de investimentos em energia fotovoltaica que são lucrativos para dada empresa, deve-se priorizá-los com base nos níveis de risco para o projeto e nos possíveis atrasos de execução dele. Nesse contexto, dois métodos foram utilizados, a saber, o AHP e o ANP, sendo o AHP visto como um caso específico do ANP.

Os critérios utilizados para a escolha do ANP foram:

- Facilidade de uso;
- Existência de dependências entre grupos de riscos, e entre estes e os projetos a serem avaliados, que precisam ser avaliadas;
- A análise detalhada da interdependência entre os clusters do ANP força o tomador de decisão a refletir acerca das prioridades em relação aos projetos e acerca do próprio problema de tomada de decisão, resultando em um melhor conhecimento do problema e em uma decisão final mais confiável.

ARTIGO 32: USING.. COMPUTATIONAL METHODS FOR PLANNING AND EVALUATING GEOTHERMAL ENERGY PROJECTS.

No planejamento, design e avaliação de projetos de energia geotérmica, devem ser considerados parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Esse tipo de projeto tem algumas limitações, como alto custo de investimento, alto risco tecnológico, necessidade de uso paralelo de outras formas de energia, dentre outros. Observa-se, porém, que a maior parte dos dados de input e seus valores futuros não podem ser especificados de acuradamente.

Baseando-se no cenário acima, Goumas *et al.* (1999) propuseram a utilização do método PROMETHEE para a seleção de projetos de energia geotérmica devido aos seguintes motivos:

- Simplicidade do método; e
- Somente uma quantidade limitada de dados de input é necessária.

ARTIGO 33: SUPPORTING GROUPS IN SORTING DECISIONS: METHODOLOGY AND USE OF A MULTI-CRITERIA AGGREGATION/DISAGGREGATION DSS.

Em problemas multicritério, um conjunto de ações, como projetos, deve ser classificado em diferentes categorias. Nesse contexto, Damart *et al.* (2007) propuseram uma metodologia para ajudar a interação entre tomadores de decisão para definir um modelo de agregação multicritério indiretamente. Foi utilizado o sistema de suporte a decisão IRIS, sendo baseado no método ELECTRE TRI. O método ELECTRE TRI foi selecionado devido aos seguintes motivos:

- Cada projeto é comparado individualmente com cada perfil de categoria; e
- Cada projeto é atribuído a uma só categoria.

O IRIS foi escolhido devido à seguinte razão:

- Evita a atribuição direta de pesos e níveis de corte do ELECTRE TRI, inferindo esses valores;

ARTIGO 34: USING ANALYTIC NETWORK PROCESS AND GOAL PROGRAMMING FOR INTERDEPENDENT INFORMATION SYSTEM PROJECT SELECTION.

A avaliação e seleção de projetos de sistemas de informação estão relacionadas à alocação de recursos escassos. Nesse sentido, Lee e Kim (2000) realizaram um estudo para sugerir uma metodologia para seleção de projetos de sistemas de informação que apresentam interdependências entre si ou entre critérios de avaliação. Como características do problema estudado têm-se a existência de múltiplos critérios, interdependência de projetos e a disponibilidade de recursos.

Para tanto, foi proposta a utilização do método ANP e da programação objetiva 0-1. O ANP foi utilizado devido aos seguintes fatores:

- Permite a solução de problemas com dependência entre alternativas (projetos) ou critérios;

A programação objetiva 0-1 foi utilizada devido aos motivos que se seguem:

- Permite a consideração de limitações de recursos;
- Permite que a seleção dos projetos seja baseada no sistema de ranqueamento do ANP.

ARTIGO 35: RENEWABLE ENERGY PROJECTS: STRUCTURING A MULTICRITERIA GROUP DECISION-MAKING FRAMEWORK.

A seleção dentre vários projetos de investimento em energia é uma tarefa trabalhosa, envolvendo diversos atores, prioridades conflitantes e cenários diferentes. A complexidade do planejamento energético e dos projetos de energia faz da MCDA uma importante ferramenta na tomada de decisão. Essa complexidade se deve a fatores conflitantes, nos âmbitos tecnológico, econômico, social, dentre outros.

Dessa forma, Haralambopoulos e Polatidis (2003) desenvolveram um plano de ação de tomada de decisão multicritério em grupo para ranquear e selecionar projetos de energias renováveis. Foi então proposta uma metodologia baseada no PROMETHEE II. Esse método foi escolhido pois, além das vantagens dos métodos de sobreclassificação, ele apresenta as seguintes características:

- Facilidade de uso; e

- Redução da complexidade do problema.

ARTIGO 36: A COMPREHENSIVE FRAMEWORK FOR PROJECT SELECTION PROBLEM UNDER UNCERTAINTY AND REAL-WORLD CONSTRAINTS.

A seleção de projetos é um problema de decisão estratégica geralmente caracterizado por múltiplos critérios, conflitantes e incomensuráveis. Esse problema é considerado complexo, uma vez que é afetado por fatores críticos, como as condições de mercado, disponibilidade de material bruto, probabilidade de sucesso técnico e regulações governamentais. Além disso, esse problema apresenta risco elevado, devido à incerteza e não completude das informações de projeto, o que compromete a análise realizada pelo tomador de decisão.

Nesse contexto, Shakhshi-Naiei *et al.* (2011) estudaram a seleção de projetos sob restrições do mundo real, lidando com todos os tipos de incertezas nos dados de input do problema de seleção de projetos, ou seja, valores de performance, pesos de critérios e preferências de entrada. Para isso, em uma primeira fase, foram utilizados os métodos PROMETHEE junto à simulação de Monte Carlo, visando ranquear os projetos em análise. Em uma segunda etapa, os rankings obtidos foram usados em outra simulação de Monte Carlo, cujos resultados alimentaram um modelo de programação inteira, que considera que os projetos mais apropriados são selecionados sujeitos a restrições orçamentárias, segmentação, dentre outros.

O método PROMETHEE foi selecionado em função dos seguintes motivos:

- Procedimento computacional transparente e;
- Pode ser facilmente entendido pelos *stakeholders*.

A simulação de Monte Carlo foi utilizada devido às razões que se seguem:

- Permite realizar uma análise de confiabilidade para lidar com as incertezas do método PROMETHEE;
- Possibilita a investigação de permutações estocásticas de incertezas e;
- Permite a análise dos custos dos projetos, que são variáveis estocásticas.

O modelo de programação inteira foi escolhido devido aos seguintes fatores:

- Permite superar o viés da combinação de projetos a baixo custo;

- Não necessita de todos os scores advindos de um método MCDA, sendo suficientes somente os ranques ordinais dos projetos e;
- Permite proteção contra o problema de inversão do ranking.

ARTIGO 37: AN EXTENSION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS FOR INDUSTRIAL R&D PROJECT SELECTION AND RESOURCE ALLOCATION.

A decisão de seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento está preocupada com a alocação escassa de recursos organizacionais. No ambiente industrial, esse tipo de projeto representa um considerável investimento e a tomada de decisão para seleção de projetos deve estar relacionada com os planos e objetivos estratégicos da empresa. Além disso, os retornos de projetos de pesquisa e desenvolvimento são multidimensionais em natureza e arriscados em termos de resultados.

Nesse âmbito, Liberatore (1987) estudou a seleção de projetos de pesquisa e desenvolvimento num ambiente industrial. Para isso, ele considerou o contexto organizacional, fatores qualitativos e quantitativos e a mensuração e agregação de diversos critérios. Foi utilizado, portanto, o método AHP devido aos seguintes motivos:

- Facilidade de uso;
- Complexidade do problema;
- Facilidade de estruturação do processo em uma hierarquia; e
- Permite que seja dada atenção a um componente específico da estrutura.

4.5. PROGRAMAÇÃO DE PROJETOS

ARTIGO 38: AN EVENT-DRIVEN APPROACH WITH MAKESPAN/COST TRADEOFF ANALYSIS FOR PROJECT PORTFOLIO SCHEDULING.

No âmbito da gestão de portfólios, onde vários projetos estão em andamento simultaneamente, demandando recursos comuns, conflitos são inevitáveis. Visto que os projetos são constantemente revisados e modificados, recursos devem ser realocados e coordenados, se opondo a metas programadas. Nesse sentido, três objetivos geram confusão na alocação de recursos, a saber: aumento da concorrência entre projetos para reduzir a

duração geral do portfólio; evitar conflitos entre atividades que demandam os mesmos recursos e; maximização da utilização de recursos de alto valor.

Nesse contexto, Kao *et al.* (2006) propuseram um modo de decisão para programação reativa de projetos baseado na performance operacional do portfólio de projetos. Foram utilizados o risco e o custo no estudo realizado, visto serem os critérios mais aplicados em problemas de programação. Foram utilizados em sequência os métodos HLPN, ABC e TOPSIS, para gerar possíveis programações, estimar o custo e a duração geral delas e selecionar aquela que melhor se acorda ao cenário. A vantagem da utilização conjunta desses métodos é o fato de eles permitirem a avaliação da performance de determinada programação a partir de aspectos distintos e inter-relacionados.

O HLPN foi utilizado devido às seguintes razões:

- Necessidade da modelagem do portfólio de projetos e;
- Complexidade associada à modelagem de redes de portfólios de projetos;

O ABC foi usado devido ao seguinte fator:

- Necessidade da mensuração de custos indiretos associados às atividades do projeto;

O TOPSIS foi aplicado devido aos seguintes motivos:

- Procedimento computacional simples;
- Garante a racionalidade da escolha humana e;
- Permite tradeoffs entre critérios;

4.6. AVALIAÇÃO DE RISCOS DE PROJETOS

ARTIGO 39: PROJECT RISK ASSESSMENT USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.

O projeto de construção, do início ao fim, é complexo e caracterizado por incertezas; como resultado, muitos deles falham no atingimento de seus objetivos de tempo, custo e qualidade. Nesse sentido, se faz necessária a utilização de um procedimento lógico e racional de estimativa de risco. Logo, Mustafa e Al-Bahar (1991) realizaram um estudo com a

utilização do método AHP para estimar riscos de projetos. Esse método foi escolhido devido aos seguintes motivos:

- Flexibilidade e facilidade de entendimento;
- Permite a consideração de fatores objetivos e subjetivos; e
- Proporciona uma base mais racional para a tomada de decisão.

ARTIGO 40: APPLICATION OF A FUZZY AHP METHOD TO RISK ASSESSMENT OF INTERNATIONAL CONSTRUCTION PROJECTS.

Projetos internacionais de construção têm sido atormentados por diversos riscos, facilmente culminando em baixa performance, custos crescente, atrasos e mesmo falhas nos projetos. Dessa forma, se faz necessária a estimativa de riscos em projetos internacionais antes da tomada de decisão.

Nesse contexto, Chen e Wang (2009) realizaram um estudo para a estimativa de riscos em projetos internacionais de construção de companhias chinesas. Inicialmente os riscos foram classificados hierarquicamente e posteriormente um modelo de índice de riscos foi definido para estimar os efeitos de fontes de riscos e incertezas em projetos de construção. Para estimar o peso de cada risco, foi escolhido o método fuzzy AHP para a solução do problema, devido às seguintes razões:

- Os dados disponíveis para a avaliação de riscos não existem ou não são de boa qualidade;
- O método é de fácil entendimento e plausível para priorização de alternativas entre múltiplos critérios e múltiplos atributos;
- Complexidade do problema; e
- Existência de muitas incertezas e subjetividades.

ARTIGO 41: RISK ASSESSMENT MODEL SELECTION IN CONSTRUCTION INDUSTRY.

As indústrias de construção enfrentam diversas incertezas inerentes à sua natureza, sendo cada vez mais atormentadas por riscos. Com o rápido avanço desse setor, faz-se necessário

que as empresas saibam decidir qual projeto é mais arriscado, se planejam em face das fontes de risco de cada projeto e gerenciem cada fonte de risco durante a construção. Observa-se que não existe um método ideal de estimativa de risco que se adeque a todas as organizações, visto que estas e seus projetos têm características únicas. Dessa forma, as empresas devem selecionar a técnica mais adequada a sua realidade, como por exemplo, Simulação de Monte Carlo, método do Caminho Crítico, AHP, dentre outros.

Nesse contexto, KarimiAzari *et al.* (2011) realizaram um estudo aplicando um método para selecionar um modelo apropriado de estimativa de risco, que depende da realidade organizacional e do projeto analisado. Para isso, foi aplicado o método fuzzy TOPSIS, devido aos seguintes fatores:

- Praticidade do método, adequado ao pensamento humano sob condições reais do ambiente em que está inserido;
- Flexibilidade e;
- Facilmente entendido por usuários e pesquisadores.

ARTIGO 42: A MULTIPLE CRITERIA SORTING METHOD WHERE EACH CATEGORY IS CHARACTERIZED BY SEVERAL REFERENCE ACTIONS: THE ELECTRE TRI-NC METHOD.

Diversas atividades da vida real estão relacionadas a contextos de tomada de decisão, onde ações, alternativas, ou mesmo projetos devem ser atribuídos a determinadas categorias. Considerando-se um grande conjunto de projetos, onde deve ser definido qual será executado e qual será descartado, Almeida-Dias *et al.* (2012) utilizaram o método ELECTRE TRI-NC para auxiliar na tomada de decisão. Esse método foi escolhido devido aos seguintes motivos:

- As categorias são ordenadas;
- Os projetos em cada categoria são processados da mesma forma; e
- Cada categoria é caracterizada por um subconjunto de ações de referência que o tomador de decisão considera representativa.

ARTIGO 43: CONSTRUCTION PROJECTS SELECTION AND RISK ASSESSMENT BY FUZZY AHP AND FUZZY TOPSIS METHODOLOGIES.

Problemas relacionados a projetos de construção são complicados e geralmente envolvem incertezas massivas e subjetividades. A indústria de construção está sujeita a mais riscos devido a algumas características, como longa duração dos projetos, processos complicados, ambientes severos, intensidade financeira, estruturas de organização dinâmicas, envolvimento de diversas partes e condições sob as quais o projeto ocorre, sejam elas econômicas, políticas, sociais ou culturais.

Nesse contexto, Taylan *et al.* (2014) estudaram os fatores-chave de risco associados a projetos de construção em uma universidade da Arábia Saudita e avaliaram os projetos da instituição de acordo com seus riscos. Para realizar essa tarefa, foi utilizada a integração dos métodos fuzzy AHP, fuzzy TOPSIS e a regra max-min de inferência. O método fuzzy AHP foi selecionado pelo seguinte fator:

- Permite a determinação de pesos favoráveis para variáveis linguísticas fuzzy;

O método fuzzy TOPSIS foi utilizado devido ao seguinte motivo:

- Produz resultados fuzzy ao invés de estimativas precisas;

A regra max-min de inferência foi aplicada por ser o método mais conhecido de inferência composicional. Os métodos fuzzy foram integrados, pois a descrição dos critérios avaliados e suas observações são imprecisas, vagas e incertas.

ARTIGO 44: APPLICATION OF A FUZZY BASED DECISION MAKING METHODOLOGY TO CONSTRUCTION PROJECT RISK ASSESSMENT.

A indústria de construção tem sido atormentada por diversos riscos, que geralmente resultam em baixa performance, elevação de custos, aumento dos atrasos e mesmo falha do projeto. A natureza da construção criou um cenário desafiador para o gerenciamento de riscos, devido, por exemplo, à constante mudança no ambiente, exposição direta a fontes de ameaças, alta pressão devido a cronogramas e custos, e crescente complexidade de técnicas de construção. Dessa forma, é necessário aplicar métodos de análise de riscos para identificar e estimar riscos de forma aceitável, de forma que qualquer informação acerca desse assunto seja processada e aplicada de maneira confiável no gerenciamento de projetos.

Nesse âmbito, Zeng *et al.* (2007) estudaram a mensuração de riscos em projetos de construção. Para isso, foi utilizado o método fuzzy AHP, baseado em números fuzzy trapezoidais padronizados, para adquirir e converter informações vagas e julgamentos subjetivos.

Logo, o método fuzzy AHP foi selecionado devido aos seguintes fatores:

- Elevados níveis de incerteza e subjetividade;
- Existência de comparações imprecisas e incompletas;

ARTIGO 45: RISK ANALYSIS IN ULTRA DEEP SCIENTIFIC DRILLING PROJECT – A FUZZY SYNTHETIC EVALUATION APPROACH.

A perfuração científica profunda visa prover informações diretas sobre a terra. Devido a sua natureza exploratória, projetos de perfuração científica compreendem não só a fase de perfuração, mas também fases como pesquisa e desenvolvimento de equipamentos críticos para atender as necessidades do processo.

Com o aumento da profundidade das perfurações, os desafios crescem exponencialmente devido, por exemplo, a altas pressões e temperaturas, que requerem equipamentos com metais melhores, mais espessos e mais caros. Além disso, a natureza dos cenários de perfuração é por si só desafiadora, visto ocorrerem mudanças de campos de exploração, exposição direta a fontes de ameaças, elevado nível de incerteza e desconhecimento da complexidade geológica do subsolo.

Algumas técnicas de estimativa de risco são muito difíceis, ou mesmo impossíveis, de serem aplicadas em projetos de perfuração científica, como simulações de Monte Carlo ou árvores de análise de falha. Isso ocorre pois esses métodos requerem dados de alta qualidade, o que é impossível no cenário em estudo. Além disso, mesmo que esses dados existissem, eles não podem ser usados para estimar as incertezas associadas a novos projetos, visto que as condições mudam.

Nesse âmbito, Liu *et al.* (2013) propuseram uma abordagem FSE baseada nos métodos ANP para superar as dificuldades supracitadas.

Logo, a abordagem FSE foi utilizada devido aos seguintes fatores:

- Complexidade do problema;
- Existência de múltiplos atributos e nível e;
- Permite lidar com dados e informações quantitativas e qualitativas.

O método AHP foi utilizado pelos motivos que se seguem:

- Necessidade de estabelecimento de pesos para os critérios usados na abordagem FSE e;
- Aplicações bem sucedidas do método em outras áreas.

O método ANP foi utilizado pela seguinte razão:

- Interdependência entre os riscos analisados

5 ESTRATIFICAÇÃO DE DADOS

No presente capítulo são apresentadas análises com base no estudo realizado no capítulo anterior. São feitas análises referentes aos temas abordados nos artigos e aos métodos MCDA usados neles.

A partir dos artigos analisados no item anterior, é possível identificar que a maioria dos problemas de tomada de decisão em gerenciamento de projetos, em que há utilização de metodologias MCDA, foca na seleção de projetos (55.6%), na alocação de orçamento (22.2%) e na avaliação de riscos (13.3%). Os outros assuntos abordados pelos artigos – classificação de atividades, avaliação de performance e programação de projetos – não apresentam grande expressividade quanto à quantidade de artigos. Os artigos analisados podem ser estratificados por seus assuntos, conforme visualizado na Figura 6.

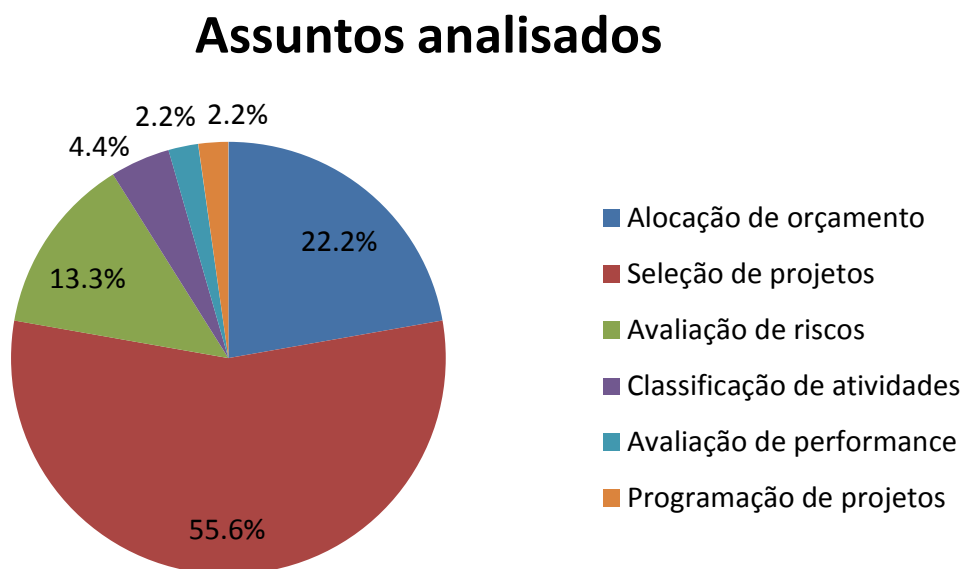


Figura 6. Percentuais de artigos por assunto analisado.

Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se que foram utilizados métodos MCDA na tomada de decisão na seleção de projetos devido, principalmente, às seguintes características dos problemas estudados: alto nível de complexidade; existência de critérios intangíveis, subjetivos e imprecisos; existência de elevado grau de risco inerente aos problemas; e fato de a seleção de projetos ser considerada um fator crítico de sucesso para muitas organizações, estando por vezes

relacionada à estratégia destas, sobretudo quando se trata da seleção de projetos de sistemas de informação e de pesquisa e desenvolvimento.

No caso da alocação de orçamento, as características dos problemas que induziram a utilização de métodos MCDA foram: alto nível de complexidade dos problemas estudados; foco na existência de limite orçamentário quando da seleção de projetos; e existência de grande quantidade de alternativas diferentes a serem avaliadas.

Já no contexto da avaliação de riscos, o uso de métodos MCDA ocorreu devido aos seguintes fatores: elevado nível de falhas nos tipos de projetos estudados, como por exemplo, projetos de construção; existência de elevados níveis de incerteza e subjetividade; e alto grau de complexidade dos cenários no qual os problemas se enquadram.

Um resumo das características dos problemas supradescritos que induziram a utilização de métodos MCDA consta na Tabela 1.

Tabela 1. Características que induziram a utilização de métodos MCDA.

Fonte: Elaborado pela autora

Assunto	Características
Seleção de projetos	- Alto nível de complexidade - Critérios intangíveis, subjetivos e imprecisos - Elevado grau de risco inerente aos problemas - Fato de a seleção de projetos ser considerada um fator crítico de sucesso para muitas organizações, estando por vezes relacionada à estratégia destas
Alocação de orçamento	- Alto nível de complexidade dos problemas - Foco na existência de limite orçamentário quando da seleção de projetos - Grande quantidade de alternativas diferentes
Avaliação de riscos	- Elevado nível de falhas nos tipos de projetos estudados - Elevados níveis de incerteza e subjetividade - Alto grau de complexidade dos cenários

De uma forma geral, identificam-se duas características principais dos assuntos abordados que estão em consonância com aspectos tratados pela metodologia MCDA, quais sejam, consideração de múltiplos e conflitantes critérios no processo de tomada de decisão e elevada complexidade dos problemas estudados.

Tabela 2. Quantidade de métodos MCDA usados por ano de publicação dos artigos.

		Anos de publicação dos artigos																				Total	
		1982	1986	1987	1989	1991	1995	1997	1999	2000	2001	2003	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2014
Métodos MCDA usados	ELECTRE	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	2	1	-	7
	FSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
	MACBETH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
	REMBRANT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	
	MAVT	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	
	PROMETHEE	-	2	-	-	-	1	1	2	1	-	1	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	12
	ANP	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	5
	Programação objetiva	-	-	-	1	1	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	TOPSIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	2	5
	AHP	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	2	-	-	-	2	12

Nesse sentido, observa-se que o método PROMETHEE tem sua utilização desde sua primeira proposição por Brans, em 1982. Em 1992 e 1994 foram propostas extensões do PROMETHEE (BRANS E MARESCHAL, 2005), que permitiram sua utilização em condições mais complexas, sendo notado um aumento do uso desse método.

compreendida, sendo sua utilização mais difícil para os tomadores de decisão (BRANS e VINCKE, 1985). Isso poderia explicar a razão pela qual o método tem sua utilização reduzida no tempo após o surgimento do PROMETHEE.

Considerando os artigos estudados, o método AHP demorou cerca de uma década para ser utilizado a partir de sua criação por Saaty em 1971-1975, devido também a sua divulgação somente em 1980 (SAATY, 1987). Apesar disso, devido a sua fácil utilização pelo tomador de decisão, sem requerer grandes habilidades, o método foi amplamente difundido e utilizado nos anos subsequentes.

Além disso, foram identificados nos artigos analisados a utilização dos métodos MCDA descritos na Figura 7, sendo alguns deles combinados com outras ferramentas ou mesmo entre si para a solução dos problemas de tomada de decisão. Observa-se que os métodos mais utilizados são o PROMETHEE/ELECTRE (37.3%) e o AHP (23.5%), sendo que o PROMETHEE corresponde a 23.5% e o ELECTRE a 13.7%..

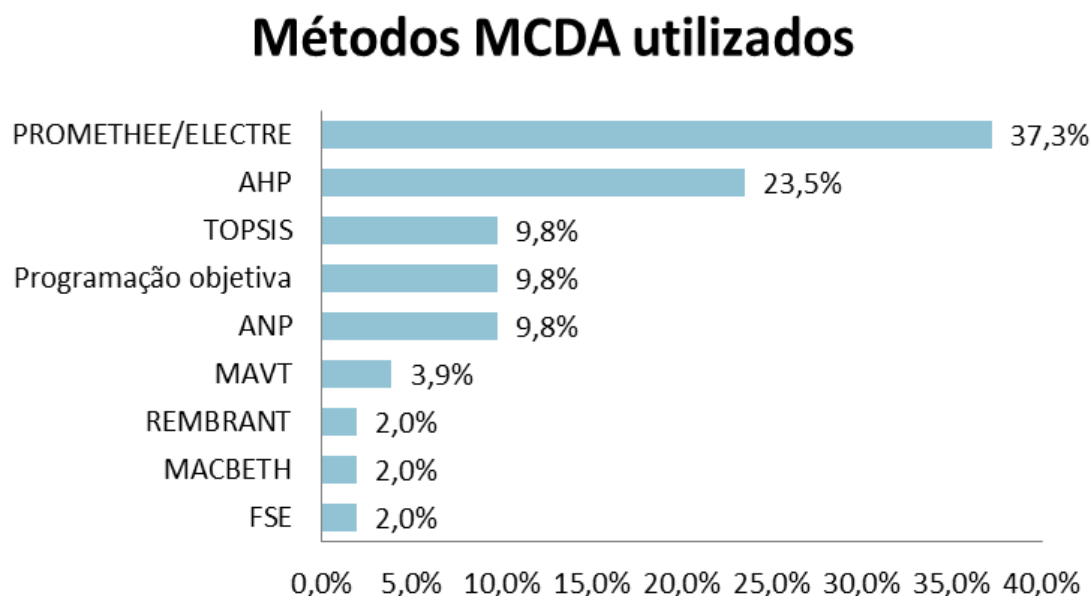


Figura 7. Representatividade dos métodos MCDA entre os artigos analisados.

Fonte: Elaborado pela autora

Os métodos PROMETHEE, ELECTRE e AHP juntos representam mais de 50% dos métodos utilizados nos artigos analisados. O método PROMETHEE foi selecionado, principalmente, devido aos seguintes motivos: facilidade de uso do método; simplicidade do método; estabilidade do método; o método é bem adaptável a situações realistas; flexibilidade do método; e consideração de fatores subjetivos e incertos no processo de tomada de decisão.

O método ELECTRE foi selecionado pelas seguintes razões principais: permite o auxílio à tomada de decisão em problemas complexos; existe possibilidade de inclusão de subjetividades na modelagem do problema; e baixa interferência de atributos considerados irrelevantes.

As principais razões pelas quais os autores optaram pelo uso AHP são: facilidade de uso e implantação do método; interdependência entre os critérios dos problemas estudados, que são comparados aos pares; consideração de fatores tangíveis e intangíveis, objetivos e subjetivos; possibilidade de estruturação hierárquica dos problemas, sobretudo aqueles considerados complexos; possibilidade de maior envolvimento dos *stakeholders*, principalmente no julgamento de critérios e alternativas; e atribuição de pesos para critérios, sendo posteriormente utilizado outro método para auxiliar a tomada de decisão.

Um resumo dos motivos pelos quais os métodos PROMETHEE, ELECTRE e AHP foram escolhidos pelos autores consta na Tabela 3.

Tabela 3. Razões pelas quais os métodos PROMETHEE, ELECTRE e AHP foram escolhidos pelos autores.
Fonte: Elaborado pela autora

Método MCDA	Motivos
PROMETHEE	- Facilidade de uso - Simplicidade - Estabilidade - Adaptabilidade a situações realistas - Flexibilidade - Fatores subjetivos e incertos
ELECTRE	- Complexidade dos problemas - Possibilidade de inclusão de subjetividades na modelagem - Baixa interferência de atributos considerados irrelevantes
AHP	- Facilidade de uso e implantação - Interdependência entre os critérios - Fatores tangíveis e intangíveis, objetivos e subjetivos - Possibilidade de estruturação hierárquica dos problemas - Possibilidade de maior envolvimento dos <i>stakeholders</i> - Atribuição de pesos para critérios, sendo posteriormente utilizado outro método para auxiliar a tomada de decisão

Os métodos MCDA utilizados nos artigos estudados podem ainda ser estratificados de acordo com o assunto abordado, como descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Estratificação de métodos MCDA usados de acordo com os assuntos abordados.

Fonte: Elaborado pela autora

		Assuntos abordados									
		Alocação de orçamento		Seleção de projetos		Avaliação de riscos		Classificação de atividades		Avaliação de performance	
Métodos MCDA usados	ELECTRE	-		17,9%	5	-		100%	2	-	-
	FSE	-		-		14,3%	1	-		-	-
	MACBETH	-		-		-		-		100%	1
	REMBRANT	9,1%	1	-		-		-		-	-
	MAVT	9,1%	1	3,6%	1	-		-		-	-
	PROMETHEE	27,3%	3	32,1%	9	-		-		-	-
	ANP	9,1%	1	14,3%	4	-		-		-	-
	Programação objetiva	9,1%	1	10,7%	3	-		-		-	-
	TOPSIS	9,1%	1	3,6%	1	28,6%	2	-		-	100%
	AHP	27,3%	3	17,9%	5	57,1%	4	-		-	-
	Total		11		28		7		2		1

* Em cada coluna são apresentados o percentual correspondente a cada método e a quantidade de artigos em cada tema correspondente a cada método.

O método AHP é amplamente utilizado, como identificado neste trabalho, sobretudo devido ao fato de não exigir grandes esforços do tomador de decisão. Apesar de o método AHP ter sido bastante utilizado nos artigos estudados, esse método apresenta muitas críticas. Apesar de ele converter conceitos subjetivos em funções quantitativas, ele é muito menos acurado que métodos objetivos (LARICHEV e OLSON, 2001). Além disso, a conversão da escala verbal para numérica pode não traduzir a realidade dos fatos, ocorrendo perda ou distorção de informações. Há críticas também à inconsistência na escala fundamental de número absolutos, que induz o tomador de decisão a escolhas que podem não ser exatamente corretas. Outra desvantagem do AHP é a grande quantidade de comparações envolvidas, fazendo o método ser de difícil utilização na avaliação de grande número de alternativas ou de problemas muito complexos. Além disso, se uma alternativa é retirada ou incluída no meio da tomada de decisão, o processo de avaliação deve ser repetido (GUSMÃO, 2005; HARTWICH, 1999; MARACHIS *et al.*, 2004). Observa-se que há uma limitação na avaliação dos critérios, devido a determinação de uma escala a ser utilizada, havendo críticas

também à inconsistência na escala fundamental de número absolutos, que induz o tomador de decisão a escolhas que podem não ser exatamente corretas. Podem ocorrer também compensação de valores na avaliação dos critérios, sendo que informações importantes e detalhadas podem ser perdidas nesse processo (KASPERCZYC e KNICKEL, 2005). Ocorrem críticas também ao significado das respostas às questões colocadas, em relação ao peso de cada critério, visto que não há análises que envolvam as escalas e algumas alternativas podem impactar o resultado e ordem delas. Adicionalmente, podem ocorrer redundâncias nos julgamentos, devido à sua gama de possibilidades (SILVA, 2009).

Em contrapartida, os métodos de sobreclassificação têm a habilidade de lidar com informação comum, mais ou menos descritiva, requerendo dados de input menos precisos (LARICHEV e OLSON, 2001), permitem a incomparabilidade de alternativas (GUSMÃO, 2005; SOLA, 2011), são geralmente parcialmente compensatórios, permitem a utilização de informações parcialmente quantitativas e as alternativas não precisam ser completamente ordenadas (MOREL e LINKOV, 2004)

Os métodos MCDA também foram usados com outras ferramentas para, no geral, lidar com informações que os métodos MCDA não são capazes de tratar diretamente ou para reduzir as incertezas inerentes aos métodos a serem usados. Foi identificado o uso de softwares, ferramentas para gerar informações de input, calcular custos, dentre outros, tais quais: LINDO, EC 2000, GAIA, EBA, IRIS, simulação de Monte Carlo, programação inteira, HLPN, ABC, regra max-min de inferência etc.

6 CONCLUSÕES

No presente trabalho foi estudada a utilização da metodologia MCDA e de seus modelos e métodos para a solução de problemas de tomada de decisão no âmbito do gerenciamento de projetos. Mais especificamente, foram estudados 45 artigos, sendo identificados os fatores que levam à escolha de um método MCDA específico para a solução de um determinado tipo de problema. Foram então identificadas as características dos problemas expostos, o modelo MCDA utilizado para auxiliar na tomada de decisão e os padrões usados pelos autores dos artigos para a escolha do modelo MCDA mais apropriado a cada problema de gerenciamento de projetos.

Como resultado, identificou-se que os problemas de gerenciamento de projetos que receberam maior atenção dos autores para a aplicação de metodologias MCDA foram seleção de projetos, alocação de orçamento e avaliação de riscos. Esses temas apresentam em comum a complexidade dos problemas do qual tratam.

Além disso, os métodos MCDA mais utilizados foram o PROMETHEE, o AHP e o ELECTRE, mesmo com o método AHP apresentando diversas críticas e desvantagens perante os métodos de sobreclassificação. Os métodos PROMETHEE e AHP também se mostraram como muito utilizado no decorrer do tempo, considerando-se o período de publicação dos artigos, sendo aplicados desde a década de 80 até os tempos atuais.

Como trabalhos futuros, sugere-se a criação de um modelo de análise multicritério que permita a escolha do método MCDA mais apropriado a ser utilizado em uma situação de tomada de decisão específica. Esse modelo facilitaria o processo de escolha de método MCDA, que gera muitas dúvidas atualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-TALEB, M. F.; MARESCHAL, B.. Water resources planning in the Middle East: application of the PROMETHEE V multicriteria method. *European Journal of Operational Research*, n. 81, p. 500-511, 1995.

AL-RASHDAN, D.; AL-KLOUB, B.; DEAN, A; AL-SHEMMERI, T.. Environmental impact assessment and ranking the environmental projects in Jordan. **European Journal of Operational Research**, n. 118, p. 30-45, 1999.

AL-SHEMMERI, T.; AL-KLOUB, B.; PEARMAN, A.. Model choice in multicriteria decision aid. **European Journal of Operational Research**, n. 97, p. 550-560, 1997.

ALMEIDA-DIAS, J.; FIGUEIRA, J. R.; ROY, B.. A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: the ELECTRE TRI-NC method. **European Journal of Operational Research**, n. 217, p. 567-579, 2012.

AMIRI, M. P.. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. **Expert Systems with Applications**, n. 37, p. 6218-6224, 2010.

ANANDALINGAM, G.; OLSSON, C. E.. A multi-stage multi-attribute decision model for project selection. **European Journal of Operational Research**, n. 43, p. 271-283, 1989.

BADRI, M. A.; DAVIS, D.; DAVIS, D.. A comprehensive 1-0 goal programming model for project selection. **International Journal of Project Management**, n. 19, p. 243-252, 2001.

BARFOD, M. B. An MCDA approach for the selection of bike projects based on structuring and appraising activities. **European Journal of Operations Research**, n. 218, p. 810-818, 2012.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: An integrated approach**. 2 ed. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2003.

BELTRÁN, P. A.; GONZÁLEZ, F. C.; FERRANDO, J. P. P.; POZO, F. R. An ANP-based approach for the selection of photovoltaic solar power plant investment projects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 14, p. 249-264, 2010.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.. A Preference Ranking Organisation Method: The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making. **Management Science**, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

_____; _____; MARESCHAL, B.. How to select and rank projects: the PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, n. 24, p. 228-238, 1986.

_____; MARESCHAL; B. **PROMETHEE Methods**. In J. Figueira, S. Greco, and M. Ehrgott, editors, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, p. 163-196. Boston, Dordrecht, London : Springer Verlag, 2005.

CHEN, P.; WANG, J.. Application of a fuzzy AHP method to risk assessment of international construction projects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC COMMERCE AND BUSINESS INTELIGENCE, 2009, Beijing. **Proceedings of the International Conference on Electronic Commerce and Business Inteligence**. Beijing: IEEE Computer Society. p. 459-462.

CHEN, Y.. **Multiple criteria decision analysis**: classification problems and solutions. 2006. 183 p. Degree of Doctor of Philosophy in Systems Design Engineering – University of Waterloo, Waterloo, 2006.

CHIAVENATO, I. **Administração nos novos tempos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

DAMART, S.; DIAS, L. C.; MOUSSEAU, V.. Supporting groups in sorting decisions: methodology and use of a multi-criteria aggregation/disaggregation DSS. **Decision Support System**, n. 43, p. 1464-1475, 2007.

DEY, P. K.. Integrated project evaluation and selection using multiple-attribute decision-making technique. **International Journal of Production Economics**, n. 103, p. 90-103, 2006.

DIAS, J. A.; FIGUEIRA, J.; ROY, B.. Electre Tri-C: A multiple criteria sorting method based on central reference actions. **Cahier du Lamsade**, n. 274, 33 p., 2008.

DUARTE, B. P.M.; REIS, A.. Developing a projects evaluation system based on multiple attribute value theory. **Computers & Operations Research**, n. 33, p. 1488-1504, 2006.

FIGUEIRA, J. R.; GRECO, S.; SŁOWIŃSKI, R.. Building a set of additive value functions representing a reference preorder and intensities of preference: GRIP method. **European Journal of Operations Research**, n. 195, p. 460-486, 2009.

FULOP, J.. **Introduction to decision making methods**. [S.l]: Hungarian Academy of Sciences, 2005.

GOFF, S. **Project management success and decision-making under difficult contexts**. American Society for the Advancement of Project: 2011. Disponível em: <www.asapm.org>. Acesso em: 26/06/2014.

GOMES, L.; GOMES, C.; ALMEIDA, A.. **Tomada de decisão gerencial**: Enfoque multicritério. São Paulo: Atlas, 2002.

GOUMAS, M.; LYGEROU, V.. An extension of the PROMETTHEE method for decision making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation projects. **European Journal of Operational Research**, n. 123, p. 606-613, 2000.

GOUMAS, M. G.; LYGEROU, V. A.; PAPAYANNAKIS, L. E.. Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects. **Energy Policy**, n. 27, p. 147-154, 1999.

GRECO, S.. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. [S. l.]: Springer Science & Business Media, 2006.

GUI TOUNI, A.; MARTEL, J. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. **European Journal of Operational Research**, n. 109, p. 501-521, 1998.

GUSMÃO, A. P. H.. **Modelo multicritério para priorização de portfólio de projetos de pesquisa e desenvolvimento**. 2005. 91 f.. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CTG. Engenharia de Produção, 2005.

HABIB, M.; KHAN, R.; PIRACHA, J. L.. Analytic Network Process applied to R&D project selection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES, 2009, Karachi. **Proceedings of the International Conference on Information and Communication Technologies**. Karachi: IEEE Computer Society, 2009. p. 1-7.

HADAD, Y.; KEREN, B.; LASLO, Z.. A decision-making support system module for project manager selection according to past performance. **International Journal of Project Management**, n. 31, p. 532-541, 2013.

HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H.; MARTEL, J. –M.. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. **European Journal of Operational Research**, n. 195, p. 841-849, 2009.

HARALAMBOPOULOS, D. A.; POLATIDIS, H.. Renewable energy projects: structuring a multicriteria group decision-making framework. **Renewable Energy**, n. 28, p. 961-973, 2003.

HARRIS, R. Introduction to decision making. VirtualSalt: 2012. Disponível em: <<http://www.virtualsalt.com/crebook5.htm>>. Acesso em: 21/11/2014.

HARTWICH, F.. **Weighting of agricultural research results: strength and limitations of the Analytic Hierarchy Process (AHP)**. Universitat Hohenheim: 1999.

HAURANT, P.; OBERTI, P.; MUSELLI, M.. **Multicriteria selection aiding related to photovoltaic plants on farming fields on Corsica island: a real case study using the ELECTRE outranking framework**. Energy Policy, n. 39, p. 676-688, 2011.

HELDMAN, K.. **Project Management: Jump start**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2011.

_____. **PMP: project management professional exam study guide**. Indianapolis: John Wiley & Sons, 2013.

_____. **PMP: project management professional exam review guide**. Indianapolis: Wiley Publishing, 2009.

HUANG, C.-C.; CHU, P.-Y.; CHIANG, Y.-H.. A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. **Omega: The International Journal of Management Science**, n. 36, p. 1038-1052, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION (ISO). **ISO 21500:2012** – Guidance on project management. ISO: 2012.

KAO, H.; WANG, B.; DONG, J.; KU, K.. An event-driven approach with makespan/cost tradeoff analysis for project portfolio scheduling. **Computers in Industry**, n. 57, p. 379-397, 2006.

KALILI-DAMGHANI, K.; SADI-NEZHAD, S.. A hybrid fuzzy multiple criteria group decision making approach for sustainable project selection. **Applied Soft Computing**, n. 13, p. 339-352, 2013.

KARIMIAZARI, A.; MOUSAVI, N.; MOUSAVI, S. F.; HOSSEINI, S.. Risk assessment model selection in construction industry. **Expert Systems with Applications**, n. 38, p. 9105-9111, 2011.

KASPERCZYC, N.; KNICKEL, K.. **The Analytic Hierarchy Process**. p. 1-6. Institute for Environmental Sciences: 2005.

KERZNER, H.. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

_____. **Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling**. New York: Van Nostrand, 2003.

KIM, G. C.; EMERY, J.. A n application of zero-one goal programming in project selection and resource planning – a case study from the Woodward Governor Company. **Computers & Operations Research**, n. 27, p. 1389-1408, 2000.

KOU, G.; SHI, Y.; WANG, S. **Multiple criteria decision making and decision support systems** – Guest editor's introduction. [S. l.]: Elsevier, 2010.

LARICHEV, O. I.; OLSON, D. L.. **Multiple criteria analysis in strategic siting problems**. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2001.

LEE, J. W.; KIM, S. H.. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. **Computers & Operations Research**, n. 27, p. 367-382, 2000.

LIANG, C.; LI, Q.. Enterprise information system project selection with regard to BOCR. **International Journal of Project Management**, n. 26, p.810-820, 2008.

LIBERATORE, M. J.. An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. **IEE Transactions on Engineering Management**, v. 34, n. 1, p. 12-18, 1987.

LIU, J.; LI, Q.; WANG, Y.. Risk analysis in ultra deep scientific drilling project – A fuzzy synthetic evaluation approach. **International Journal of Project Management**, p. 449-458, 2013.

MACHARIS, C.; SPRINGAEL, J.; DE BRUCKER, K.; VERBEKE, A.. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis: strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. **European Journal of Operational Research**, n. 153, p. 307–317, 2004.

MANDIC, D.; JOVANOVIĆ, P.; BUGARINOVIC, M.. Two-phase model for multi-criteria project ranking: Serbian Railways case study. **Transport Policy**, v. 36, p. 88-104, 2014

MARQUES, G.; GOURC, D.; LAURAS, M. Multi-criteria performance analysis for decision making in project management. **International Journal of Project Management**, n. 29, p. 1057-1069, 2010.

MARESCHAL, B.. Stochastic multicriteria decision making and uncertainty. **European Journal of Operational Research**, n. 26, p. 58-64, 1986.

MAVROTAS, G.; DIAKOULAKI, D.; CALOGHIROU Y.. Project prioritization under policy restrictions. A combination of MCDA with 0-1 programming. **European Journal of Operations Research**, n. 171, p. 296-308, 2006.

MELÓN, M. G; BELTRAN, P. A.; CRUZ, M. C. G.. An AHP-based evaluation procedure for Innovative Educational Projects: A face-to-face vs. computer-mediated case study. **Omega: The International Journal of Management Science**, n. 36, p. 754-765, 2008.

MOTA, C. M. M.; ALMEIDA, A. T.. A multicriteria decision model for assigning priority classes to activities in project management. **Annals of Operations Research**, v. 199, n. 1, p. 361-372, 2012.

_____; _____. Método multicritério ELECTRE IV-H para priorização de atividades em projetos. **Pesquisa Operacional**, vol. 27, n. 2, May/Aug. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382007000200004&script=sci_arttext> . Acesso em: 08/07/2014.

_____; _____. ALENCAR, L. H.. A multiple criteria decision model for assigning priorities to activities in project management. **International Journal of Project Management**, n. 27, p. 175-181, 2009.

MOREL, B.; LINKOV, I.. **Environmental security and environmental management**. Dordrecht: Springer, 2004.

- MUSTAFA, M. A.; AL-BAHAR, J. F.. Project risk assessment using the Analytic Hierarchy Process. **IEEE Transactions on Engineering Management**, n. 1, p. 46-52, 1991.
- NORO, G. B.. Tomada de decisão em gestão de projetos: um estudo realizado no setor de construção civil. GEPROS. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Ano 7, n. 4, out-dez/2012, p. 71-83.
- NOVAK, M.. Investment projects evaluation by simulation and multiple criteria decision aiding procedure. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 11, n. 3, p. 193-202, 2005.
- OLIVEIRA, D. P. R.. **Sistemas de informações gerenciais: estratégias, táticas, operacionais**. São Paulo: Atlas, 2004.
- PAPADOPOULOS, M.; KONIDARI, P. **Overview and selection of multi-criteria evaluation methods for mitigation/adaptation policy instruments**. PROMITHEAS-4, 2011. Disponível em:
<<http://www.promitheasnet.kepa.uoa.gr/Promitheas4/images/library/wp4.1%20overview%20and%20selection%20of%20multicriteria%20evaluation%20methods%20for%20mitigation-adaptation%20policy%20instruments.pdf>>. Acesso em: 26/02/2014.
- PERERA, A. S.; MÉLON, M. G.; BAUTISTA, R. P.; FERRANDO, J. P. P.. A project strategic index proposal for portfolio selection in electrical company based on the analytic network process. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 14, p. 1569-1579, 2010.
- POLATIDIS, H.; MUNDA, G.; VREEKER, R. **Selecting an appropriate multi-criteria decision analysis technique for renewable energy planning**. Taylor & Francis Group, 2006. Disponível em:
<http://www3.aegean.gr/environment/energy/mcda/library/Deliverables/del_20/Selecting%20an%20appropriate%20MCDA%20technique.pdf>. Acesso em: 26/06/2014.
- POORZAHEDY, H.; REZAEI, A.. Peer evaluation of multi-attribute analysis techniques: case of a light rail transit network choice. **Scientia Iranica**, v. 20, n. 3, p. 371-386, 2013.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** (Guia PMBOK). Atlanta: PMI, 2008.
- _____. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** (Guia PMBOK). Atlanta: PMI, 2013.
- _____. **The value of project management**. 2010. Disponível em:
<http://www.pmi.org/business-solutions/~media/PDF/Business-Solutions/Value%20of%20Project%20Management_FINAL.ashx>. Acesso: 20/11/14.
- _____. **What is project management?**. 2014. Disponível em: <<http://www.pmi.org/About-Us/About-Us-What-is-Project-Management.aspx>>. Acesso em: 08/07/2014.

ROBBINS, S. P.. **Administração: mudanças e perspectivas**. São Paulo: Saraiva, 2006.

ROCHA, M. C. S. P.. **Métodos de classificação multicritério com classes parcialmente ordenadas**. 2011. 197 f. Tese (Doutoramento em Gestão – Ciência Aplicada à Decisão. Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

ROY, B.. **Méthodologie multicritère d'aide à la decision**. Paris: Economica, 1985.

_____. **Paradigms and challenges**. Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. New York, 2005. p. 3-24.

_____; HUGONNARD, J. C.. Ranking of suburban line extension projects on the Paris metro system by a multicriteria method. **Transportation Research**, v. 16, n. 4, p. 301-312, 1982.

SAATY, T. L.. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY, R. W.. **The Analytical Hierarchy Process** – What is and how it is used. Mathematical Modelling, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SANTHANAM, R.; MURALIDHAR, K.; SCHNIEDERJANS, M.. A zero-one goal programming approach for information system project selection. **Omega: International Journal of Management Science**, n. 6, p. 583-593, 1989.

SCHNIEDERJANS, M. J.; WILSON, R. L.. Using the analytic hierarchy process and goal programming for information system project selection. **Information and Management**, n. 20, p. 333-342, 1991.

SHAKHSI-NIAEI, M.; TORABI, S. A.; IRANMANESH, S. H.. A comprehensive framework for project selection problem under uncertainty and real-world constraints. **Computers & Industrial Engineering**, n. 61, p. 226-237, 2011.

SILVA, E. N.. **Proposta de um modelo para escolha de soluções de gerenciamento em ambientes críticos utilizando o método AHP**. 2009. 65 f.. Monografia (Especilização) – Faculdade de Tecnologia de São Paulo. Pós-graduação em Análise e Projetos de Sistemas, 2009.

SOLA, A. V. H.. **Modelo de decisão multicritério para substituição de tecnologias em sistemas industriais aplicado ao uso eficiente de energia**. 2011. 98 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CTG. Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, 2011.

TAYLAN, O.; BAFAIL, A. O.; ABDULAAL, R. M.S.; KABLI, M. R.. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. **Applied Soft Computing**, n. 17, p. 105-116, 2014.

VERZUH, E.. **MBA compacto**, gestão de projetos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

_____. **The portable MBA in project management.** New Jersey: John Wiley e Sons, 2003.

_____. **The fast forward MBA in project management.** New Jersey: John Wiley e Sons, 2012.

VINCKE, P.. **Multicriteria decision-aid.** [S.l.]: Wiley, 1992.

ZELENY, M. **Multiple Criteria Decision Making.** [S. l.]: McGraw Hill Book Company, 1982.

ZENG, J; AN, M.; SMITH, N. J.. Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. **International Journal of Project Management**, n. 25, p. 589-600, 2007.