

Universidade Federal Fluminense

JANUSA DOS SANTOS PEREIRA

**Priorização de Projetos de Investimento Utilizando o
Método AHP de Apoio Multicritério à Decisão**

NITERÓI

2016

JANUSA DOS SANTOS PEREIRA

Priorização de Projetos de Investimento Utilizando o Método AHP de Apoio Multicritério à Decisão

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia. Área de Concentração: Otimização e Pesquisa Operacional.

Orientador:

Luís Alberto Duncan Rangel

Coorientador:

Gustavo Benitez Alvarez

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE

NITERÓI

2016

P436 Pereira, Janusa Santos
 Priorização de projetos de investimento utilizando o método
 AHP de apoio multicritério à decisão / Janusa Santos Pereira. –
 Volta Redonda, 2016.
 95f. : il

 Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional) –
 Universidade Federal Fluminense
 Orientador: Luíz Alberto Duncan Rangel
 Coorientador: Gustavo Benitez Alvarez

 1. Projetos. 2. Portfólio. 3. Project Management Institute
 (PMI). 4. Apoio multicritério a decisão. 5. AHP (Analytic
 Hierarchy Process). I. Rangel, Luíz Alberto Duncan. II. Alvarez,
 Gustavo Benitez. III. Título.

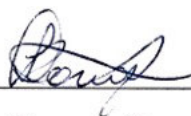
CDD 658.403

Priorização de Projetos de Investimento Utilizando o Método AHP de
Apoio Multicritério à Decisão

JANUSA DOS SANTOS PEREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Modelagem Computacio-
nal em Ciência e Tecnologia da Universidade
Federal Fluminense, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Mode-
lagem Computacional em Ciência e Tecno-
logia. Área de Concentração: Otimização e
Pesquisa Operacional.

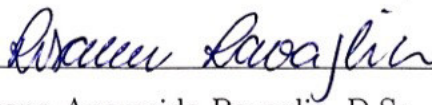
Aprovada por:



Prof. Luís Alberto Duncan Rangel, D.Sc. / UFF(Presidente)



Prof. Cláudio Rocha Lopes, D.Sc. / UFF



Prof. Rosana Aparecida Ravaglia, D.Sc. / Unifoa

Volta Redonda, 04 de Agosto de 2016.

Dedico este trabalho à minha mãe Simone.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por me dar forças para concluir esta etapa tão importante de minha vida.

À minha família pelos períodos de ausência, principalmente à minha mãe Simone, e ao meu avô, Antônio Clésio.

Ao Luís Gustavo pelo apoio e compreensão nos momentos mais difíceis.

Ao meu Orientador, Luís Alberto Duncan Rangel, ao Coorientador Gustavo Benitez Alvarez e aos professores que participaram de minha banca pelas orientações.

A toda a equipe da UFF, em especial aos professores pelos conhecimentos que compartilharam comigo.

Aos meus colegas de curso, que acompanharam e me incentivaram nesta caminhada.

Resumo

As organizações vivem em um mercado cada vez mais competitivo, sendo que para sobreviverem precisam manter, melhorar e inovar suas operações, produtos e serviços. O planejamento e a execução de cada uma destas ações são, de uma maneira geral, realizados através de projetos. Os projetos, portanto, são fundamentais para o sucesso organizacional. Os recursos para realizá-los, entretanto, são escassos, sendo necessário priorizar os projetos que comporão o portfólio da empresa. Esta tomada de decisão sobre o portfólio deve ser a mais assertiva possível, principalmente no que diz respeito aos projetos de investimento em bens de capital (*capital expenditure* - CAPEX), ou seja, os ativos da empresa. Nas organizações industriais, principalmente, uma vez implantados, os projetos de CAPEX costumam implicar em altos custos de mudança. De uma maneira geral, esta priorização dos projetos em um portfólio é feita com base em indicadores quantitativos, principalmente os financeiros, tais como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *payback*, não sendo considerados outros fatores quantitativos, os qualitativos e o contexto organizacional. A proposta deste trabalho, portanto, é utilizar o conceito de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), mais especificamente o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) conjuntamente às boas práticas do *Project Management Institute* (PMI®) sobre gerenciamento de portfólio de maneira estruturada, possibilitando aos tomadores de decisão a tomada de decisões mais assertivas. Além de ser uma simples ferramenta para o processo de priorização dos projetos, a utilização do AHP trará benefícios para o gerenciamento de portfólio como um todo, uma vez que este método exige da equipe maior entendimento do contexto organizacional, do impacto de cada projeto nas metas estratégicas, além de fomentar discussões, consenso, análise de hipóteses e entendimentos da sensibilidade das variáveis sobre o resultado da decisão. Os resultados alcançados no estudo de caso ratificam a efetividade da idéia proposta.

Abstract

Organizations live in an increasingly competitive market, and to survive need to maintain, improve and innovate their operations, products and services. The planning and execution of each of these actions are generally carried out through projects. The projects are therefore fundamental to organizational success. Resources to carry them, however, are scarce, it is necessary to prioritize the projects that make up the company's portfolio. This decision-making on the portfolio should be as assertive as possible, especially with regard to investment projects (CAPEX), involving the company's assets. In industrial organizations, especially, once implanted, CAPEX projects usually imply high switching costs. In general, this prioritization of the portfolio is based on quantitative indicators, mainly financial, such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Payback, not considered other quantitative factors, qualitative and the organizational context. The purpose of this work is to use the concept of AMD (Support Multiple Criteria Decision), more specifically the AHP (Analytic Hierarchy Process) together with good practices PMI® (Project Management Institute) on portfolio management in a structured methodology that supports the decision makers to take more assertive decisions. In the prioritization step, the use of the AHP will benefit portfolio management as a whole, since this method requires the team, e.g., greater understanding of the context around the portfolio discussion, consensus hypotheses analysis and understanding of the sensitivity of the variables on the outcome of the decision. The results achieved in the case study confirm the effectiveness of the proposed idea.

Palavras-chave

1. Projetos
2. Portfólio
3. *Project Management Institute*(PMI®)
4. Apoio Multicritério à Decisão
5. AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Glossário

AHP	: <i>Analytic Hierarchy Process</i> , que significa Método de Análise Hierárquica
AMD	: Apoio Multicritério à Decisão
ANP	: <i>Analytic Network Process</i>
CAPEX	: <i>Capital Expenditure</i> , que significa investimento em bens de capital
CPM	: <i>Critical Path Method</i>
DMD	: Decisão Multicritério Discreta
EAP	: Estrutura Analítica do Projeto
EBITDA	: <i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i> , que significa "Lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização"
ELECTRE	: <i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i>
EVA	: <i>Economic Value Added</i>
GP	: Gerente de Projetos
IC	: Índice de Consistência
IR	: Índice aleatório
KPI	: <i>Key Performance Indicators</i> , que significa indicadores chave de desempenho
MACBETH	: <i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
Market Share	: Fatia de mercado
MADM	: <i>Multiple Attributes Decision Making</i>
MAUT	: <i>Multiattribute Utility Theory</i>
MCDA	: <i>Multiple Criteria Decision Aid</i>
MCDM	: <i>Multiple Criteria Decision Making</i>
MODM	: <i>Multiple Objectives Decision Making</i>
OPEX	: <i>Operational Expenditure</i> , que significa investimento operacional
Payback	: Tempo de retorno do capital investido
ORCLASS	: <i>ORDinal CLASSification</i>
PACOM	: <i>PAired COMpensation – PACOM</i>

Glossário

PE	:	Planejamento Estratégico
PERT	:	<i>Program Evaluation Anreview Technique</i>
PMBOK®	:	<i>Project Management Body of Knowledge</i> , que significa “Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos”
PMI®	:	<i>Project Management Institute</i>
PMP®	:	<i>Project Management Professional</i>
PO	:	Pesquisa Operacional
PROMÉTHÉE	:	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i>
RC	:	Razão de Consistência
ROI	:	Retorno sobre O Investimento
SCA	:	<i>Strategic Choice Approach</i>
SMAA	:	<i>Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis</i>
SODA	:	<i>Strategic Options Development and Analysis</i>
SSM	:	<i>Soft Sytems Methodology</i>
TIR	:	Taxa Interna de Retorno
UTA	:	<i>Utilité Aditive</i>
VA	:	Valor Absoluto
VPL	:	Valor Presente Líquido
ZAPROS	:	<i>Close Procedures Near Preference Situations</i>

Sumário

Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xiv
Lista de Quadros	xvi
1 Introdução	17
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Objetivos Geral	19
1.1.2 Objetivos Específicos	20
1.2 Justificativa da Dissertação	20
1.3 Delimitação do Escopo da Dissertação	21
1.4 Procedimentos Metodológicos	21
1.4.1 Método de abordagem	21
1.4.2 Procedimento técnico	22
1.5 Estudo Bibliométrico	23
1.5.1 Revisão de Literatura	23
1.5.2 Estudo bibliométrico	24
1.6 Estrutura da Dissertação	24
2 Gerenciamento de Projetos e Portfólios	26
2.1 Projetos e Gerenciamento de Projetos	26
2.1.1 Histórico	26

2.1.2	Definição	28
2.2	Portfólio e Gerenciamento de Portfólio	33
2.3	Priorização de Projetos em um Portfólio	37
3	Apoio Multicritério à Decisão	41
3.1	Pesquisa Operacional	41
3.2	Apoio Multicritério à Decisão (AMD)	43
3.2.1	Tomada de Decisão Gerencial	43
3.2.2	Conceitos Básicos de AMD	44
3.2.3	Tipos de Problemas	45
3.3	Principais Métodos de Apoio Multicritério à Decisão	48
3.3.1	Escola Francesa (ou Escola Européia)	49
3.3.1.1	<i>Elimination et Choix Traduisant la Réalité</i> – ELECTRE .	49
3.3.1.2	<i>Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations</i> – PROMÉTHÉE	50
3.3.2	Escola Americana	50
3.3.2.1	<i>Multiattribute Utility Theory</i> – MAUT	51
3.3.2.2	<i>Analytic Hierarchy Process</i> (AHP)	51
3.3.2.3	<i>Analytic Network Process</i> – ANP	52
3.3.2.4	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i> – MACBETH	52
3.3.2.5	<i>Utilité Aditive</i> – UTA	52
3.3.3	Método Híbrido	53
3.3.3.1	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério – TODIM .	53
4	Analytic Hierarchy Process – AHP	54
4.1	Sistematização do Método AHP	56
4.2	Conceitos Importantes sobre o AHP	60

4.2.1	Elementos Fundamentais do AHP	60
4.2.2	Medida da Inconsistência	61
4.2.3	Consistência	62
4.2.4	Inversão de ordem	62
4.3	Variações do Método AHP	63
4.3.1	AHP Multiplicativo	63
4.3.2	AHP Referenciado	63
4.3.3	AHP B-G	64
5	Estudo de Caso	65
5.1	Contextualização	65
5.2	Empresa	66
5.3	Gerenciamento de Portfólio	67
5.3.1	Identificação	68
5.3.2	Classificação	68
5.3.3	Avaliação	69
5.3.4	Seleção	70
5.3.5	Priorização	70
5.3.6	Balanceamento do Portfólio	71
5.3.7	Autorização	71
5.4	Processo de Priorização dos Projetos	71
5.4.1	Definição do problema	71
5.4.2	Definição dos critérios e subcritérios	72
5.4.3	Definição das Alternativas	73
5.4.4	Montagem da estrutura hierárquica de decisão	76
5.4.5	Montagem da matriz de comparação pareada dos critérios	76
5.4.6	Montagem das matrizes de comparação pareada de cada alternativa	79

5.4.7	Obtenção dos vetores de prioridade dos critérios e peso das decisões	82
5.4.8	Realização da avaliação global de cada alternativa	84
5.5	Análise de Sensibilidade	85
6	Conclusões	87
6.1	Verificação dos objetivos	87
6.2	Propostas para trabalhos futuros	88
	Anexo A - Anexos	89
	Referências	91

Lista de Figuras

1.1	Áreas abordadas na pesquisa	23
2.1	Relacionamento entre portfólios, programas e projetos [29]	33
2.2	Processos de gerenciamento de portfólio	35
2.3	Relação do gerenciamento de portfólios com as demais atividades orga- nizacionais	37
3.1	Ilustração da problemática de escolha. Fonte [25]	46
3.2	Ilustração da problemática de classificação. Fonte [25]	47
3.3	Ilustração da problemática de ordenação. Fonte [25]	47
3.4	Principais métodos de AMD. Adaptado de [32]	48
3.5	Métodos da Escola Francesa	49
3.6	Métodos da Escola Americana	51
4.1	Exemplo geral de Estrutura Hierárquica para Problema de Decisão	58
5.1	Estrutura do portfólio de projetos de investimento	66
5.2	Equipe Multidisciplinar para avaliação técnica dos projetos	69
5.3	Árvore de Hierarquia de critérios e subcritérios	77

Lista de Tabelas

4.1	Elementos da matriz quadrada da comparação par a par	59
4.2	Valores de IR para Matrizes quadradas de ordem n. Fonte: [15]	62
5.1	Triagem de projetos	70
5.2	Relação entre critérios de Segundo Nível	76
5.3	Relação entre subcritérios do critério Financeiro	78
5.4	Relação entre subcritérios do critério Clientes e Mercado	78
5.5	Relação entre subcritérios do critério Processos e Produção	78
5.6	Relação entre subcritérios do critério Pessoas	79
5.7	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{11}	79
5.8	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{12}	79
5.9	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{13}	80
5.10	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{14}	80
5.11	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{21}	80
5.12	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{22}	80
5.13	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{31}	81
5.14	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{32}	81
5.15	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{33}	81
5.16	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{41}	81
5.17	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{42}	82
5.18	Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{43}	82
5.19	Matriz comparativa normalizada dos critérios de segundo nível	83
5.20	Contribuição dos critérios para o vetor prioridade	83

5.21	Calculo do λ_{Max} para critérios de segundo nível	83
5.22	Peso dos subcritérios em relação ao objetivo	84
5.23	Contribuição dos projetos em relação aos subcritérios	85
A.1	Matriz comparativa normalizada dos subcritérios do critério Financeiro . .	89
A.2	Contribuição dos subcritérios para o critério Financeiro	89
A.3	Calculo do λ_{Max} para subcritérios do critério Financeiro	89
A.4	Matriz comparativa normalizada dos subcritérios do critério Pessoas	90
A.5	Contribuição dos subcritérios do critério Pessoas	90
A.6	Calculo do λ_{Max} para subcritérios do critério Pessoas	90

Lista de Quadros

1	Resultado da pesquisa	24
2	Grupo de processos de Gerenciamento da Integração do projeto	30
3	Grupo de processos de Gerenciamento do Escopo do projeto	30
4	Grupo de processos de Gerenciamento do Tempo do projeto	30
5	Grupo de processos de Gerenciamento dos Custos do projeto	31
6	Grupo de processos de Gerenciamento da Qualidade do projeto	31
7	Grupo de processos de Gerenciamento dos Recursos Humanos do projeto .	31
8	Grupo de processos de Gerenciamento das Comunicações do projeto	31
9	Grupo de processos de Gerenciamento dos Riscos do projeto	31
10	Grupo de processos de Gerenciamento das Aquisições do projeto	32
11	Grupo de processos de Gerenciamento das Partes Interessadas do projeto .	32
12	Entradas e saídas do grupo de processos de Alinhamento	36
13	Entradas e saídas do grupo de processos de Monitoramento e Controle . . .	36
14	Gerenciamento Organizacional de Projetos	38
15	Versões dos métodos da família ELECTRE. Fonte: [15]	50
16	Versões dos métodos da família PROMÉTHÉE. Fonte: [15]	50
17	Escala Fundamental de Saaty. Adaptado de: [40] [15]	59
18	Procedimentos do Método AHP	61
19	Equipe da área de gerenciamento de portfólio e projetos	66
20	Categorias de projetos de investimento	68

Capítulo 1

Introdução

As organizações atuam em um mercado cada vez mais competitivo, estando em constante luta por sobrevivência. Entretanto, esta não depende apenas de mudanças simples e corriqueiras decorrentes das pressões do ambiente competitivo, mas da capacidade das empresas de anteciparem os fenômenos e as respostas ao ambiente, garantindo assim o crescimento em meio às mudanças. Este cenário tem levado as organizações a viverem em permanente estado de mudança, seja lançando um novo produto ou melhorando o atual, seja efetuando uma ampliação ou modificação na linha de produção, seja efetuando mudanças administrativas, reestruturações, construção de novas fábricas, dentre outros. Todas as mudanças visam a tornar a empresa mais competitiva, atingindo os indicadores de resultado, retraindo os clientes atuais e atraindo clientes futuros [30] [7].

Boa parte do planejamento e da execução das ações citadas acontece através de projetos. E para garantir o sucesso destes, observa-se que as empresas tem recorrido cada vez mais a metodologias e ferramentas de gestão de projetos.

Neste contexto, Planejamento Estratégico (PE) e Gerenciamento de Projetos são dois conceitos significativamente importantes para o sucesso organizacional. O *Project Management Institute* (PMI®) define gerenciamento de projetos como sendo a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos. Os autores [48] explicam o significado de Planejamento Estratégico como sendo uma técnica corporativa que proporciona às empresas saírem de seu estado atual (missão) para chegarem a seu estado esperado (visão), através de sua análise ambiental, identificação de oportunidades, ameaças, pontos forte e fraco. As ações necessárias para essa transição normalmente são implementadas por meio de projetos. O autor [30] explica a relação entre estes conceitos afirmando que: “Compete ao Planejamento Estratégico e às lideranças das organizações identificar e selecionar as melhores ações estratégicas,

e ao gerenciamento de projetos ser o agente executor destas ações.”

Entretanto, observa-se frequentemente uma lacuna entre o PE e o gerenciamento de projetos, uma vez que o primeiro é de responsabilidade da alta administração e o outro é realizado por níveis mais operacionais. A ponte entre o Planejamento estratégico e gerenciamento de projetos, portanto, é feita através do gerenciamento de portfólio. Portfólio é definido pelo PMI® como sendo o conjunto dos projetos, programas, subportfólios e operações gerenciado como um grupo para atingir os objetivos estratégicos. Um objetivo do gerenciamento de portfólio é maximizar o valor do portfólio através de um exame cuidadoso dos seus componentes: os programas e projetos integrantes, e outros trabalhos relacionados. Os componentes que contribuem menos para os objetivos estratégicos do portfólio podem ser excluídos. Desta forma, o plano estratégico de uma organização torna-se o fator principal de orientação para os investimentos em projetos [29].

É possível concluir que para uma organização ter sucesso é necessário realizar os projetos corretos e que estes obtenham sucesso em sua implantação. Por isso, dada a importância da carteira de projetos (ou portfólio) para o sucesso da organização, é imprescindível que os projetos do portfólio sejam escolhidos adequadamente. Caso os recursos fossem ilimitados os planejadores poderiam optar por disparar todos os projetos e, como numa aposta, esperar por aqueles a que o mercado reagiria de forma mais favorável. Entretanto, as organizações enfrentam cada vez mais restrições de recursos e é cada vez mais necessário realizar mais com menos. Sendo assim, a decisão sobre a alocação de recursos no portfólio pode consumir muito tempo e trabalho, envolvendo, por exemplo, a gerência de alto nível de uma grande empresa, e na maioria dos casos o tempo é escasso para tomar essas decisões [29] [8] [21].

Muitas vezes a priorização dos componentes do portfólio é feita de forma inadequada, seja pela imaturidade em gerenciamento de portfólios, seja devido às urgências recorrentes ou interferências do ponto de vista das preferências do gestor. Isso pode resultar em desperdício dos recursos que já são escassos.

De maneira geral, os critérios quantitativos tem sido os mais utilizados para a seleção e priorização dos projetos, principalmente os critérios financeiros, tais como Valor Absoluto (VA), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e tempo de recuperação do capital (*payback*) [32]. Existem, porém, outros fatores quantitativos e características qualitativas inerentes a cada indústria ou empresa que precisam ser ponderadas no processo decisório. São alguns exemplos: fatores políticos, setor no qual a empresa está inserida, condições do mercado, impacto na sociedade, saúde segurança e

meio ambiente, questões legais, prioridades operacionais, tecnologias e imagem [32].

Neste contexto, é possível inserir o conceito de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), uma vez que há múltiplas variáveis envolvidas, influenciando a decisão sobre os projetos que comporão o portfólio; há vários pontos de vista, muitas vezes conflitantes, que devem ser levados em consideração; há fatores quantitativos e qualitativos e há a necessidade de interferência do decisor.

O AMD tem um caráter científico e, ao mesmo tempo, subjetivo, trazendo consigo a capacidade de agregar, de maneira ampla, todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com a finalidade de possibilitar a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões [15].

Dentre os métodos de AMD está o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), proposto pelo professor Thomas L. Saaty na década de 70 [40], que é um dos principais modelos matemáticos de AMD. O método tem sido empregado para situações de definição de prioridades, avaliação de custos e benefícios, alocação de recursos, medidas de desempenho (*benchmarking*), pesquisa de mercado, determinação de requisitos, decisões estratégicas (*Forward & Backward Planning*), planejamento e sequenciação de atividades, previsão de cenários, negociação e resolução de conflitos, decisões e previsões políticas ou sociais [44] e para priorização de projetos em um portfólio.

Outro ponto a ser considerado é que estudar o processo de priorização dos projetos em um portfólio é relevante não apenas para os gestores diretamente envolvidos com estas atividades, que serão beneficiados ao executá-la de forma otimizada e sistemática, mas também para a alta administração das organizações, uma vez que a implantação dos projetos mais adequados às estratégias organizacionais proporcionará um impacto positivo nos resultados do negócio.

Dado todo o exposto, com o objetivo de aprimorar o processo de priorização dos componentes de um portfólio, a utilização do método multicritério AHP de AMD na priorização de projetos será o tema desta dissertação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Geral

Esta dissertação busca aprimorar o processo de priorização de projetos de investimento através da utilização do AMD junto às boas práticas de gerenciamento de projetos e

portfólios.

1.1.2 Objetivos Específicos

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo específico realizar estudo de caso utilizando do método AHP como ferramenta do processo de priorização de projetos do gerenciamento de portfólio.

1.2 Justificativa da Dissertação

A união do método AHP ao conceito de gerenciamento de portfólio possibilita aos tomadores de decisão uma visão mais assertiva sobre a priorização de portfólios, haja vista que, ao considerar critérios qualitativos e quantitativos, o método AHP de AMD também permite que seja levada em consideração a subjetividade do processo de tomada de decisão sobre projetos, muito importante, pois considera a participação do corpo gerencial no processo.

A escolha do tema priorização de projetos em portfólios de investimentos justifica-se por haver limitação de recursos disponíveis. Desta maneira, torná-se necessária a escolha de quais investimentos serão realizados nas organizações. Se esta tomada de decisão não ocorrer de forma eficiente, a empresa pode perder tempo e recursos e, conseqüentemente, competitividade.

A escolha do AHP dentre os métodos de AMD para a solução do problema de priorização dos projetos justifica-se por diversos motivos:

- Este é um dos métodos de apoio à decisão sob múltiplos critérios mais utilizados cientificamente;
- É um método que apresenta uma estrutura hierárquica;
- Utiliza uma escala de julgamentos, facilitando desta forma a avaliação;
- Método sistemático, que possui uma sequência de procedimentos bem determinada;
- “O uso correto do método AHP permite compreender, de maneira simples, como transformar juízos em valores que satisfaçam a otimização ampla, segundo múltiplos critérios” [15].

1.3 Delimitação do Escopo da Dissertação

A pesquisa limita-se à avaliação de modelos de tomada de decisão com múltiplos critérios, quantitativos e qualitativos, em cenários complexos, no contexto de priorização de projetos em um portfólio, com o emprego do método AHP.

Não serão realizadas avaliações entre métodos, nem análises específicas dos demais métodos apresentados. A descrição dos demais métodos de AMD terá apenas caráter de contextualização.

Não serão discutidos métodos de gerenciamento de projetos, nem de gerenciamento de portfólios já definidos pelo PMI®.

O emprego desta metodologia não excluirá a necessidade do capital humano para a tomada de decisão. Será apenas uma ferramenta para apoio a esta tomada de decisão, permitindo que seja feita de maneira mais assertiva e consciente.

1.4 Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho considera uma abordagem mista quali-quantitativa. Abordagem qualitativa através do estudo de caso, e quantitativa através da modelagem matemática e aspectos específicos da metodologia.

1.4.1 Método de abordagem

O método de abordagem, ou base lógica da investigação, pode ser entendido como sendo o caminho, a forma, o modo de pensamento. É o conjunto de processos ou operações mentais empregados na pesquisa, esclarecendo os procedimentos lógicos que deverão ser seguidos no processo de investigação científica dos fatos da natureza e da sociedade.

Possibilitam ao pesquisador decidir acerca do alcance de sua investigação, das regras de explicação dos fatos e da validade de suas generalizações. Há diversos tipos de métodos, e a utilização de um ou outro dependerá de vários fatores: da natureza do objeto que pretendemos pesquisar, dos recursos materiais disponíveis, do nível de abrangência do estudo e, sobretudo, da inspiração filosófica do pesquisador [31] [13] destaca ainda que cada método vincula-se a uma corrente filosófica que se propõem a explicar como se processa o conhecimento da realidade.

Neste trabalho será utilizado o método dedutivo. Este método, conforme [13], parte do

geral para o particular. Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões em virtude unicamente de sua lógica.

O trabalho está estruturado com as seguintes etapas:

- Realizar revisão bibliográfica sobre gerenciamento de Projetos e Portfólios;
- Realizar revisão bibliográfica sobre Pesquisa Operacional, Apoio Multicritério à decisão e seus principais métodos;
- Realizar revisão bibliográfica sobre o método AHP;
- Estruturar a utilização do método AHP como ferramenta para a priorização de projetos;
- Realizar estudo de Caso.

1.4.2 Procedimento técnico

Os procedimentos técnicos para investigação do problema podem classificar a pesquisa em: bibliográfica, documental, experimental, participante, ex-post-facto, levantamento de campo (*survey*), pesquisa-ação e estudo de caso [13]. Este trabalho, apesar da importância da fase de pesquisa bibliográfica, caracteriza-se predominantemente como estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, há pesquisas desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. Partes dos estudos exploratórios podem ser definidos como pesquisas bibliográficas, assim como certo número de pesquisas desenvolvidas a partir da técnica de análise de conteúdo [13].

O estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento de maneira ampla e detalhada. Esta tarefa seria praticamente impossível mediante outros tipos de delineamentos. De acordo com [18], o estudo de caso investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidência, sendo portanto, um estudo empírico. O estudo de caso vem sendo utilizado com frequência cada vez maior pelos pesquisadores sociais, visto servir a pesquisas com diferentes propósitos, tais como:

- Explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos;
- Descrever a situação do contexto em que está sendo feita determinada investigação;
- Explicar as variáveis causais de determinado fenômeno em situações muito complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos. O estudo de caso pode, pois, ser utilizado tanto em pesquisas exploratórias quanto descritivas e explicativas.

1.5 Estudo Bibliométrico

As áreas abordadas nesta pesquisa são: AMD, em especial o método AHP, gerenciamento de projetos e gerenciamento de portfólio, conforme ilustra a Figura 1.1.



Figura 1.1: Áreas abordadas na pesquisa

A seleção dos conteúdos a serem utilizados como base desta dissertação baseou-se em uma revisão de literatura. No decorrer do trabalho, foi realizado também um estudo bibliométrico a fim de verificar-se a amplitude dos conteúdos abordados no trabalho.

1.5.1 Revisão de Literatura

A revisão de literatura é realizada através da busca por artigos, livros, capítulos de livros, teses e dissertações, com base nas áreas mostradas na Figura 1.1. Dentre os materiais encontrados, foram selecionados aqueles cujos autores são mais conhecidos e citados, ou cujo escopo do trabalho estivesse mais coerente às necessidades de referências do autor.

1.5.2 Estudo bibliométrico

A fase de estudo bibliométrico caracteriza-se pela execução das seguintes etapas:

- Definição dos termos para busca;
- Realização da busca por palavras-chave;
- Refinamento da busca através da junção das palavras-chave;
- Seleção de artigos coerentes ao tema desta dissertação

O resultado do estudo bibliométrico está descrito no Quadro 1. A seleção dos artigos a serem lidos foi realizada conforme necessidade do autor em aprofundar-se em determinado assunto.

Palavra-chave	Resultado da Pesquisa		
	Capes	Scielo	Google acadêmico
AHP or Analytic Hierarchy Process	7998	279	461.000
Gerenciamento de Portfólio	64	10	21.100
Priorização de Projetos	91	21	54.000
(AHP or Analytic Hierarchy Process) and (Gerenciamento de Portfólio or Priorização de Projetos)	27	1	428

Quadro 1: Resultado da pesquisa

1.6 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos, além das Referências Bibliográficas e dos Anexos.

Este capítulo apresenta a introdução, na qual a motivação e a natureza da pesquisa são apresentadas. Ademais, faz-se uma breve descrição do problema estudado e sua contextualização, apresentando o objetivo, a justificativa, a delimitação do escopo, os procedimentos metodológicos e a estrutura da dissertação.

No Segundo Capítulo, busca-se apresentar os conceitos relativos ao gerenciamento de projetos, gerenciamento de portfólios, estratégia, definição de metas, objetivos estratégicos e priorização de projetos em um portfólio.

No Terceiro Capítulo, faz-se revisão bibliográfica sobre Pesquisa Operacional, Apoio Multicritério à decisão e seus principais métodos.

No Quarto Capítulo, apresenta-se o método AHP.

No Quinto Capítulo, aplica-se o método escolhido em um estudo de caso e analisa-se os resultados obtidos.

No Sexto Capítulo, as conclusões da presente dissertação são relatadas e registradas.

Capítulo 2

Gerenciamento de Projetos e Portfólios

Este capítulo visa abordar os conceitos de Gerenciamento de Projetos e Portfólio e a importância destes no ambiente corporativo. O objetivo deste trabalho é a tomada de decisão neste ambiente de projetos e portfólios, por isso estes conceitos são importantes para a contextualização do problema a ser resolvido e realização do estudo de caso.

Os temas projeto e portfólio são cada vez mais ouvidos e tratados no ambiente corporativo, isso porque muito do que é realizado nas empresas é resultado de um projeto ou gera uma demanda por um. Por isso, há cada vez mais produção de trabalhos acadêmicos envolvendo estes temas. Além disso, o conhecimento em gerenciamento de projetos e gerenciamento de portfólio gera diferenciais competitivos aos profissionais e às organizações que o possuem.

Conhecer do assunto é importante, mas compreender seu contexto, sua inter-relação com outros conceitos estratégicos e as ferramentas que podem ser utilizadas para possibilitar sua utilização com eficácia são essenciais.

2.1 Projetos e Gerenciamento de Projetos

2.1.1 Histórico

O tema Gerenciamento de Projetos, apesar de aparentemente recente, já vem sendo estudado há anos [48]. É possível citar, por exemplo, grandes projetos desde a antiguidade, tais como as pirâmides do Egito, a muralha da China, o Coliseu e o Parthenon.

Taylor (1911) e Gantt (1919) foram os primeiros estudiosos da ciência de Gerenciamento de Projetos. Taylor propôs que a divisão do trabalho em partes elementares

poderia gerar benefícios. Um de seus primeiros estudos foi realizado com o transporte de peças de remoção de areia nas usinas siderúrgicas. Até então, somente era possível aumentar a produtividade neste setor por meio de acréscimo de horas à jornada dos operários. Por outro lado, Gant, sócio de Taylor, priorizou os estudos na construção de navios da Marinha durante a I Guerra Mundial, tendo como foco a ordem em que as atividades eram realizadas. Como resultado, surgiram os famosos Gráficos de Gantt, que empregam barras horizontais para representar a sequência e a duração das tarefas. Os gráficos de Gantt foram considerados úteis e funcionais, sendo utilizados até hoje no gerenciamento de Projetos [48].

O conceito de Gerenciamento de Projetos só começou a ser tratado como conceito isolado, entretanto, na década de 1950, quando a União Soviética lançou o satélite Sputnik, no auge da Guerra Fria. Neste período, muitos projetos militares de grande porte eram liderados pelo governo dos EUA e demandavam uma nova forma de organizá-los, além do desenvolvimento de ferramentas específicas para o seu planejamento e controle. Após ser surpreendido pelos soviéticos, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos decidiu investir no desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas destinadas a acelerar a implementação de projetos militares [48].

Nesta época, portanto, como os projetos tornavam-se mais complexos e envolviam mais pessoas, tornou-se necessário desenvolver técnicas mais complexas para planejar, programar e controlar as atividades. Assim, as técnicas CPM (*Critical Path Method* – Método do Caminho Crítico) e PERT (*Program Evaluation and Review Technique* – Técnica de Avaliação e Revisão de Programas) foram desenvolvidas, quase simultaneamente, no final da década de 1950. “O Método CPM foi desenvolvido pela equipe da DuPont de Nemours & Company para aplicação em projetos de construção. A técnica PERT foi desenvolvida para Marinha americana para implantação no projeto de mísseis Polaris” [3]. A construção do míssil nuclear Polaris, para submarinos, projeto realizado em 1957, precisou lidar com cerca de 9 mil fornecedores, e o seu cronograma continha mais de 70 mil tarefas [48].

Dada sua eficácia na área militar, aos poucos, estas técnicas foram sendo incorporadas nas empresas. Além de sua funcionalidade, outros fatores também incentivaram a incorporação do gerenciamento de projetos na gestão das empresas, conforme exemplificam os autores [48]:

- Reengenharia: método que busca eficiência e redução de atividades que não possuem valor agregado. Levou várias corporações a terem seus quadros mais enxutos e a

demanda extra precisou ser estruturada em projetos.

- Globalização: gerou maior interdependência econômica entre países, trazendo padronização no gerenciamento de projetos e permitindo que pessoas de diferentes partes do mundo trabalhassem de maneira coordenada.
- Automação de processos: gerou maiores necessidades de inovação. Estas demandas só poderiam ser implementadas através de projetos.
- Popularização dos computadores: permitiu que métodos de gerenciamento, tais como PERT e CPM ficassem disponíveis aos gerentes de projetos.
- Internet: permitiu maior capacidade de comunicação e troca de documentos, potencializando a administração por projetos.

O autor [30] destaca como o tema tornou-se notável nas organizações: “A partir da década de oitenta, as empresas se deram conta da enorme quantidade de projetos que são executados em suas instalações, o tempo todo...” [30]. O autor também destaca que há centenas de projetos acontecendo em diversas áreas das organizações: Seleção de novos talentos, implementação de programas de qualidade total, substituição de equipamentos, reestruturação de setores, padronização de operações rotineiras, dentre outras. Desta maneira, é possível dizer que o gerenciamento de projetos tem se tornado uma das tendências gerenciais mais marcantes nas organizações atualmente.

O próximo tópico abordará os conceitos de projeto, gerenciamento de projetos, portfólio e gerenciamento de portfólio.

2.1.2 Definição

Projeto pode ser entendido como um grupo de pessoas que, durante um certo período, realizam um conjunto de ações para a obtenção de um determinado resultado.

“Um projeto é formado por uma combinação de atividades inter-relacionadas que devem ser executadas em determinada ordem antes que toda tarefa seja concluída.” [3].

“Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único” [29].

A definição de projetos dada pelo *Project Management Institute* (PMI®) é mundialmente reconhecida e possibilita a definição das principais características dos projetos:

- Temporário: “A natureza temporária dos projetos indica que eles têm início e término definidos” [29]. “Um projeto é temporário no sentido de que tem um início e fim definidos no tempo, e, por isso, um escopo e recursos definidos” [27].
- Único: “Embora elementos repetitivos possam estar presentes em algumas entregas e atividades do projeto, esta repetição não muda as características fundamentais e exclusivas do trabalho do projeto” [29]. “E um projeto é único no sentido de que não se trata de uma operação de rotina, mas um conjunto específico de operações destinadas a atingir um objetivo em particular” [27].

Os projetos são realizados por pessoas, sendo que uma equipe de projetos pode contemplar várias pessoas que não trabalham juntas, ou que estão em diferentes localidades geográficas. Todo este grupo, entretanto, deve ser gerenciado de forma especializada para apresentar os resultados, aprendizado e integração necessários para as organizações dentro do prazo e do orçamento previstos [27]. Este gerenciamento coordenado dos trabalhos referente ao projeto chama-se Gerenciamento de Projetos.

O PMI® define gerenciamento de projetos da seguinte maneira: Gerenciamento de projetos é a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos [29]. Este instituto descreve que o Gerenciamento de um projeto geralmente inclui, mas não se limita a: Identificação dos requisitos; Abordagem das diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas no planejamento e execução do projeto; Estabelecimento, manutenção e execução de comunicações ativas, eficazes e colaborativas entre as partes interessadas; Gerenciamento das partes interessadas visando o atendimento aos requisitos do projeto e a criação das suas entregas; Equilíbrio das restrições conflitantes do projeto que incluem, mas não se limitam a escopo, qualidade, cronograma, orçamento, recursos e riscos [29].

Para que o gerenciamento dos projetos possa acontecer de maneira eficaz, o PMI® indica a aplicação de 47 processos baseados em boas práticas mundialmente reconhecidas. Estes processos estão agrupados em dez áreas de conhecimentos (integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos, aquisições e partes interessadas) e cinco grupos de processos (iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento). Cabe ao gerente do projeto selecionar e aplicar estes processos de maneira adequada em cada projeto. Apesar de não ser uma metodologia, mas um conjunto de boas práticas, a sistemática do Project Management Institute mostra uma maneira coordenada de gerenciar os projetos e portfólios, o que corrobora a iniciativa de aprimorar a aplicabilidade deste através da utilização de ferramentas e técnicas, como o

AHP, por exemplo. A seguir serão brevemente apresentadas as dez áreas de conhecimento necessárias ao gerenciamento de projetos, com base em [29].

Gerenciamento da integração do projeto é uma parte essencial do gerenciamento de projetos, pois consiste em agrupar todas as partes do projeto de uma maneira coesa. O Quadro 2 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento da Integração do projeto	
Iniciação	Desenvolver o termo de abertura do projeto
Planejamento	Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto
Execução	Orientar e gerenciar o trabalho do projeto
Monitoramento e Controle	Monitorar e controlar o trabalho do projeto Realizar o controle integrado de mudanças
Encerramento	Encerrar o projeto ou fase

Quadro 2: Grupo de processos de Gerenciamento da Integração do projeto

Gerenciamento do escopo do projeto consiste em determinar o escopo do projeto e do produto do projeto, definindo o trabalho a ser realizado pela equipe do projeto. O Quadro 3 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento do Escopo do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento do escopo Coletar os requisitos Definir o escopo Criar a estrutura analítica do projeto (EAP)
Monitoramento e Controle	Validar o escopo Controlar o escopo

Quadro 3: Grupo de processos de Gerenciamento do Escopo do projeto

Gerenciamento do tempo do projeto consiste em determinar o prazo para a execução do trabalho definido no gerenciamento do escopo através do cronograma e garantir que este prazo seja cumprido. O Quadro 4 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento do Tempo do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento do cronograma Definir as atividades Sequenciar as atividades Estimar os recursos das atividades Estimar as durações das atividades Desenvolver o cronograma
Monitoramento e Controle	Controlar o cronograma

Quadro 4: Grupo de processos de Gerenciamento do Tempo do projeto

Gerenciamento dos Custos do projeto consiste em definir o custo para a execução do trabalho do projeto através do orçamento e garantir o cumprimento deste. O Quadro 5 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Gerenciamento da qualidade do projeto consiste em garantir que ele cumpra seus requisitos. O Quadro 6 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento dos Custos do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento dos custos Estimar os custos Determinar o orçamento
Monitoramento e Controle	Controlar os custos

Quadro 5: Grupo de processos de Gerenciamento dos Custos do projeto

Área de conhecimento: Gerenciamento da Qualidade do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento da qualidade
Execução	Realizar a garantia da qualidade
Monitoramento e Controle	Controlar a qualidade

Quadro 6: Grupo de processos de Gerenciamento da Qualidade do projeto

Gerenciamento dos Recursos Humanos do projeto consiste em selecionar os membros da equipe do projeto, garantindo que eles estejam disponíveis quando necessário, além da gestão destas pessoas. O Quadro 7 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento dos Recursos Humanos do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento dos recursos humanos
Execução	Mobilizar a equipe do projeto Desenvolver a equipe do projeto Gerenciar a equipe do projeto

Quadro 7: Grupo de processos de Gerenciamento dos Recursos Humanos do projeto

Gerenciamento das comunicações do projeto consiste em distribuir as informações certas para as pessoas corretas através do meio de comunicação adequado. O Quadro 8 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento das Comunicações do projeto	
Planejamento	Planejar o Gerenciamento das comunicações
Execução	Gerenciar as comunicações
Monitoramento e Controle	Controlar as comunicações

Quadro 8: Grupo de processos de Gerenciamento das Comunicações do projeto

Gerenciamento dos riscos do projeto consiste em entender tudo o que pode desviar do planejado e planejar e executar ações para que estas possibilidades não interfiram no cumprimento do escopo, prazo, custo e qualidade. O Quadro 9 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento dos Riscos do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento dos riscos Identificar os riscos Realizar a análise qualitativa dos riscos Realizar a análise quantitativa dos riscos Planejar as respostas aos riscos
Monitoramento e Controle	Controlar os riscos

Quadro 9: Grupo de processos de Gerenciamento dos Riscos do projeto

Gerenciamento das aquisições do projeto consiste em gerenciar os produtos e serviços que devem ser comprados para possibilitar a conclusão do trabalho do projeto. O Quadro 10 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento das Aquisições do projeto	
Planejamento	Planejar o gerenciamento das aquisições
Execução	Conduzir as aquisições
Monitoramento e Controle	Controlar as aquisições
Encerramento	Encerrar as aquisições

Quadro 10: Grupo de processos de Gerenciamento das Aquisições do projeto

Gerenciamento das partes interessadas do projeto consiste em gerenciar todas as pessoas e empresas envolvidas com o projeto. O Quadro 11 apresenta os processos desta área de conhecimento.

Área de conhecimento: Gerenciamento das Partes Interessadas do projeto	
Iniciação	Identificar as partes interessadas
Planejamento	Planejar o gerenciamento das partes interessadas
Execução	Gerenciar o engajamento das partes interessadas
Monitoramento e Controle	Controlar o engajamento das partes interessadas

Quadro 11: Grupo de processos de Gerenciamento das Partes Interessadas do projeto

A evolução do foco dado ao gerenciamento de projetos ao longo dos anos é muito bem resumida por [10]:

- Década de 50: Técnicas de planejamento e análise das ligações, como PERT e CPM.
- Década de 60: Populartização das técnicas de planejamento, principalmente na indústria de construção. Popularização das técnicas de controle de custo e cronograma.
- Década de 70: Foco para os times dos projetos e ênfase para a decomposição do escopo.
- Década de 80: Temas como organização do projeto, riscos do projeto, início e fim do projeto e influências externas começaram a ser desenvolvidos.
- Década de 90: Com o aumento da importância de temas como risco e incerteza e restrição de recursos, as decisões sobre portfólio começaram a se tornar importantes.
- Nos últimos dez anos, temas como a intenção estratégica dos projetos e critérios de seleção de projetos começaram a ter maior relevância.

O gerenciamento de projetos, portanto, tem sido usado há décadas, e ganhou sua reputação nos últimos anos como uma prática de gestão que ajuda as organizações a atingirem os resultados em seus negócios [26].

2.2 Portfólio e Gerenciamento de Portfólio

A definição de Portfólio dada pelo PMI® é tal que: “um portfólio se refere a uma coleção de projetos, programas, subportfólios e operações gerenciados como um grupo para o alcance de objetivos estratégicos.” A Figura 2.1 apresenta de forma esquemática a relação entre portfólios, programas e projetos, bem como os fatores que os inter-relacionam.

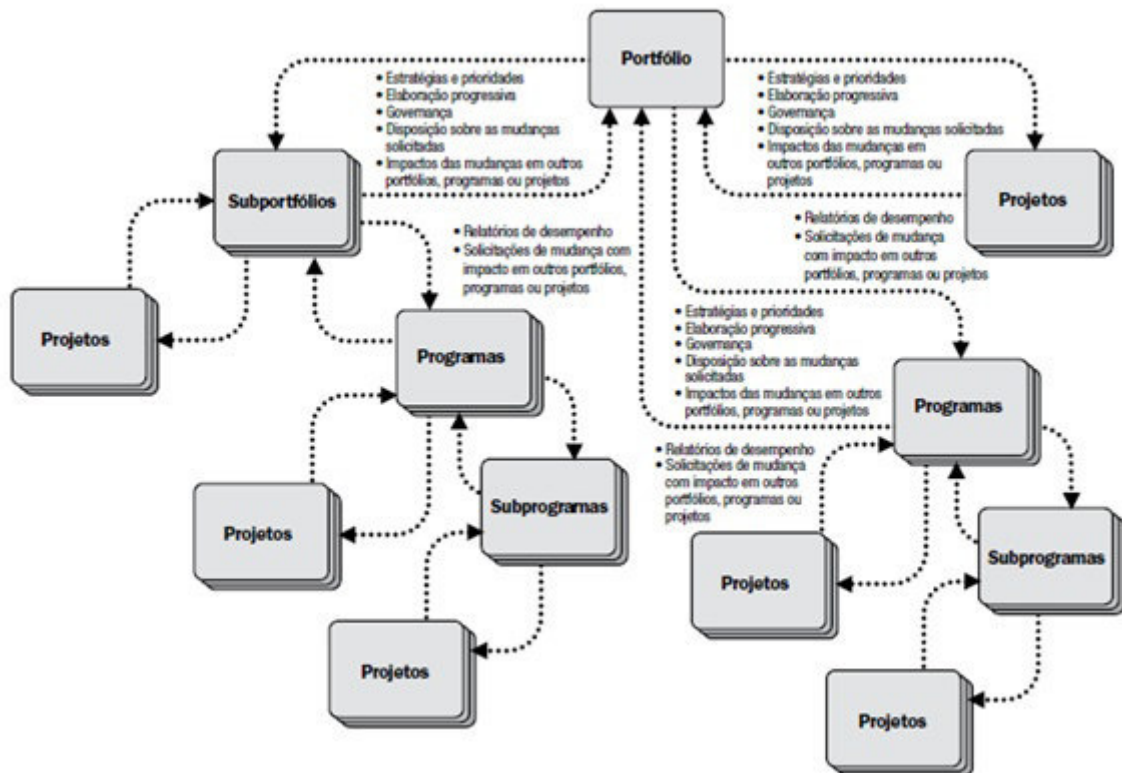


Figura 2.1: Relacionamento entre portfólios, programas e projetos [29]

O gerenciamento de portfólios se alinha com as estratégias organizacionais selecionando os programas ou projetos certos, priorizando o trabalho e proporcionando os recursos necessários. Uma organização mede as suas capacidades e então planeja e implementa melhorias visando o alcance sistemático das melhores práticas [29].

Enquanto o gerenciamento de projetos trata da realização do trabalho de maneira correta, a fim de atingir os objetivos individuais de cada projeto, o gerenciamento de portfólios visa que sejam realizados os projetos corretos [28]. Ou seja, os componentes do portfólio devem estar alinhados com as metas e objetivos estratégicos, devendo conter apenas investimentos feitos ou planejados pela organização. Além disso, é necessário que os componentes do portfólio sejam quantificáveis, permitindo às organizações agrupá-los, medi-los e priorizá-los.

De uma maneira geral, as alternativas de projeto são selecionados durante o gerenciamento do portfólio (antes do processo de iniciação do projeto). Uma vez selecionado, aí sim o projeto pode atravessar o ciclo de gerenciamento dos projetos, que passa pelas etapas de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento [46].

As principais métricas para o gerenciamento de portfólio, conforme destacado pelo *Project Management Institute* são: Alinhamento com os objetivos estratégicos; Contribuição financeira; Manutenção e desenvolvimento de ativos; Satisfação do usuário final; Satisfação das partes interessadas; Perfil de risco; Capacidade dos recursos.

Estes indicadores são de significativa importância, pois sob a perspectiva do portfólio, não é o suficiente para os gestores acompanhar o desempenho de projetos de forma isolada. Os gestores das carteiras precisam de ferramentas que os permitam compreender o impacto do desempenho de um projeto, principalmente quando esta está interrelacionado com outros projetos, nos objetivos estratégicos [42].

Gerenciamento de portfólio é o gerenciamento centralizado de um ou mais portfólios a fim de que estes atinjam os objetivos estratégicos do negócio. [28].

Para que esta gestão aconteça de maneira eficiente, o PMI® propõe nove processos que permitem o gerenciamento adequado dos portfólios. Estes processos estão divididos em dois grupos de processos, alinhamento e monitoramento e controle.

- Grupo de processos de alinhamento: Determina como os componentes serão categorizados, avaliados e selecionados para inclusão e gerenciamento no portfólio.
- Grupo de processos de monitoramento e controle: Este grupo de processos revê os indicadores de desempenho periodicamente para alinhamento com os objetivos estratégicos.

A Figura 2.2 representa um resumo dos processos de gerenciamento de portfólio e suas interações com o planejamento estratégico, fatores determinantes e os processos de gerenciamento de projetos.

O Quadro 12 apresenta as entradas e saídas do processo de alinhamento.

O Quadro 13 apresenta as entradas e saídas do processo de monitoramento e controle.

A Figura 2.3 [28] apresenta de forma esquemática a relação entre gerenciamento executivo, gerenciamento de portfólios, gerenciamento de programas e projetos e gerenciamento

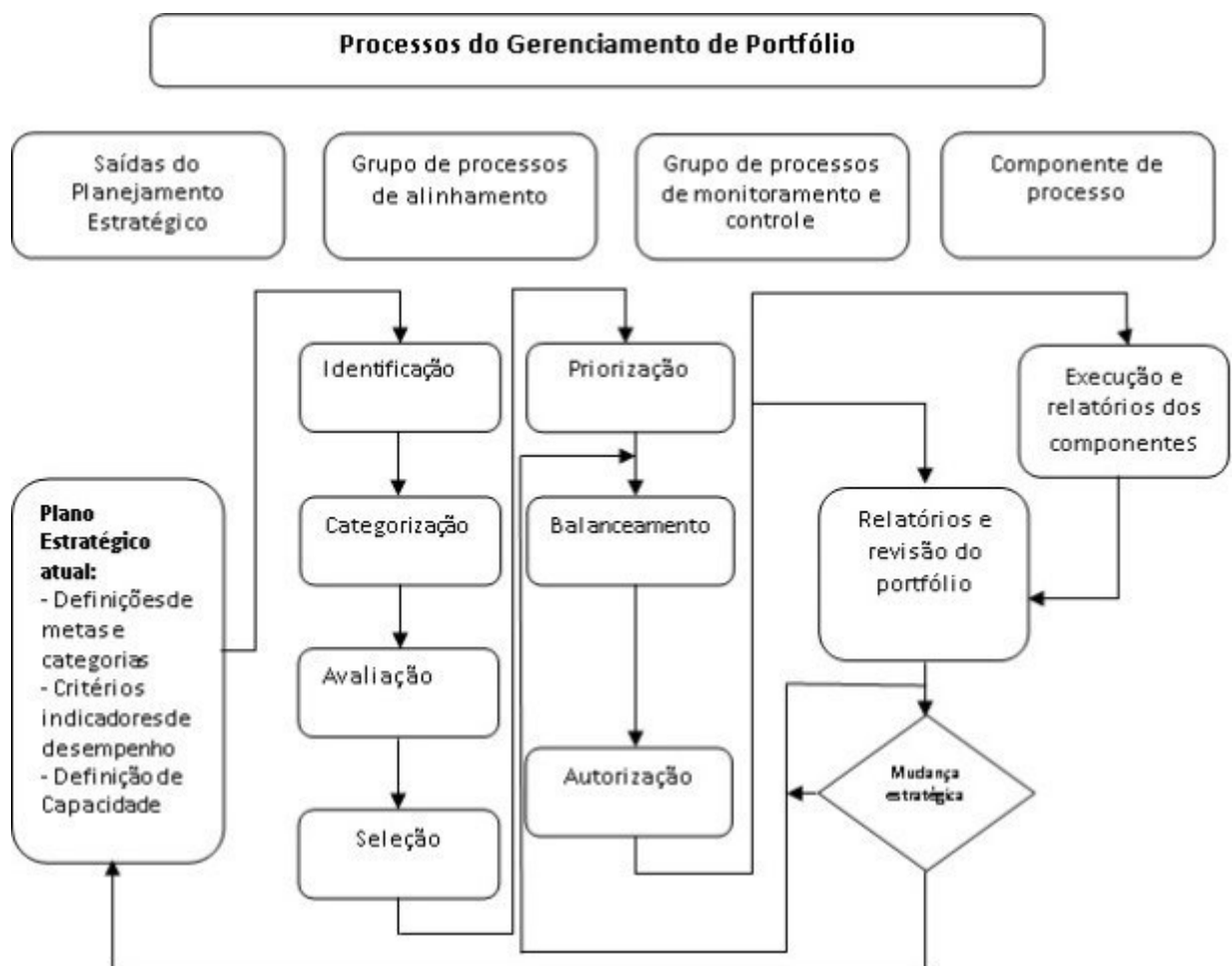


Figura 2.2: Processos de gerenciamento de portfólio

Grupo de processos de Alinhamento do Portfólio		
Processo	Entradas	Saídas
Identificação	1.Plano estratégico 2.Definição de componente 3.Descrição dos componentes chaves e modelos 4.Inventário de todos os componentes existentes 5.Inventário de todos os novos componentes propostos	1.Lista de componentes 2.Descrição chave para cada componente 3.Lista dos componentes rejeitados
Classificação	1.Lista de componentes 2.Descrição chave para cada componente 3.Categorias do plano estratégico	1.Lista dos componentes classificados
Avaliação	1.Plano estratégico 2.Lista dos componentes classificados 3.Descrição chave de cada componente	1.Lista dos componentes classificados e avaliados 2.Valor pontuado para cada componente 3.Representações gráficas 4.Recomendações do processo de avaliação
Seleção	1.Plano estratégico 2.Lista dos componentes classificados e avaliados 3.Valor pontuado para cada componente 4.Representações gráficas 5.Recursos organizacionais 6.Recomendações do processo de avaliação	1.Lista dos componentes classificados, avaliados e selecionados 2.Recomendações
Priorização	1.Lista dos componentes classificados, avaliados e selecionados 2.Recomendações	1.Lista de Componentes priorizados dentro de cada categoria estratégica com a documentação de apoio
Balanceamento do Portfólio	1.Lista de Componentes priorizados dentro de cada categoria estratégica 2.Critérios de gerenciamento do portfólio 3.Métricas de desempenho do gerenciamento de portfólio 4.Restrições de capacidade 5.Relatórios e revisão de recomendações para reequilíbrio do portfólio	1.Lista aprovada dos componentes do portfólio 2. Atualização da lista principal dos elementos aprovados, cancelados e encerrados 3.Atualização dos componentes aprovados do portfólio
Autorização	1.Lista aprovada dos componentes do portfólio 2.Requisições de orçamento para os componentes 3.Requisições de recursos para os componentes 4.Lista dos componentes cancelados e terminados	1. Adição aos componentes do inventário de ativos 2.Atualização das expectativas de desempenho 3. Orçamento aprovado dos componentes e exceções 4.Componentes cancelados 5.Marcos do portfólio

Quadro 12: Entradas e saídas do grupo de processos de Alinhamento

Grupo de processos de Monitoramento e Controle		
Processo	Entradas	Saídas
Revisão do Portfólio e relatórios	1.Dados dos componentes 2.Alocação de recursos e dados de capacidade 3.Restrições ambientais 4.Padrões de governança organizacional, controles e restrições 5.Critérios de avaliação e seleção 6.Atualização dos indicadores chave de desempenho (KPIs) 7.Estratégia e metas estratégicas 8.Critérios de gerenciamento do portfólio	1.Diretivas relativas aos componentes 2.Recomendações para reequilíbrio do portfólio 3. Recomendações para o negócio 4.Redefinição dos critérios de seleção 5.Atualização dos indicadores chave de desempenho 6.Relatórios de realização dos objetivos estratégicos
Mudanças estratégicas	1.Relatórios periódicos e avaliação do portfólio 2.Atualização do plano estratégico	1.Novos critérios

Quadro 13: Entradas e saídas do grupo de processos de Monitoramento e Controle

de Operações.

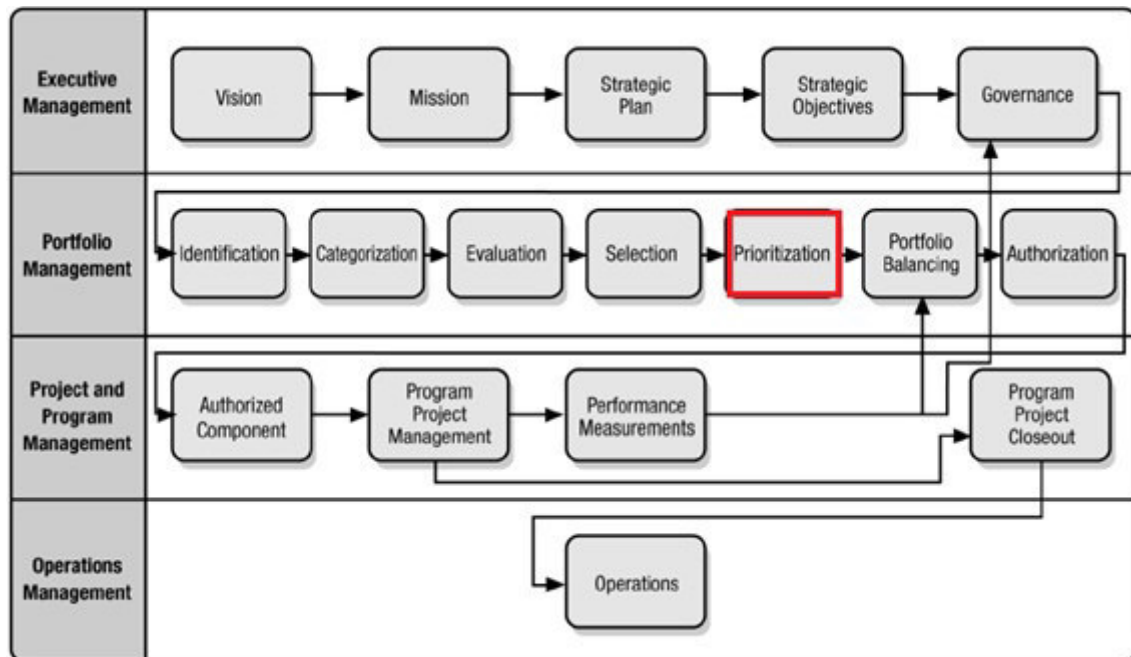


Figura 2.3: Relação do gerenciamento de portfólios com as demais atividades organizacionais

Com base no que foi descrito, o Quadro 14 resume as principais diferenças entre projetos, programas e portfólios.

2.3 Priorização de Projetos em um Portfólio

As prioridades estratégicas estão vinculadas e possuem relações com os programas, portfólios e projetos individuais. Desta maneira, a priorização dos projetos é impactada pelo planejamento organizacional devido aos riscos, financiamentos e outras considerações relevantes ao plano estratégico da organização. O planejamento organizacional pode, por exemplo, orientar o gerenciamento dos recursos, e dar suporte aos projetos componentes com base nas categorias de riscos, linhas específicas de negócios ou tipos gerais de projetos, como infraestrutura e melhoria de processos [29].

De uma maneira geral, os critérios quantitativos são os mais utilizados para a priorização dos projetos. Entretanto, existem características qualitativas inerentes a cada indústria ou empresa que precisam ser ponderadas no processo decisório. Apesar de as decisões serem baseadas nos valores financeiros e nas preferências do tomador de decisão, outros critérios e objetivos específicos podem ser empregados na priorização dos projetos [49].

Gerenciamento Organizacional de Projetos			
	Projetos	Programas	Portfólios
Escopo	Os projetos têm objetivos definidos. O escopo é elaborado progressivamente durante o ciclo de vida do projeto.	Os programas possuem um escopo maior e fornecem benefícios mais significativos.	Os portfólios possuem um escopo organizacional que muda com os objetivos estratégicos da organização.
Mudança	Os gerentes de projetos esperam mudanças e implementam processos para mantê-las gerenciadas e controladas.	Os gerentes de programas esperam mudanças dentro e fora do programa e estão preparados para gerenciá-las.	Os gerentes de portfólio monitoram continuamente mudanças no ambiente interno e externo mais amplos.
Planejamento	Os gerentes de projetos elaboram progressivamente planos detalhados no decorrer do ciclo de vida do projeto a partir de informações de alto nível.	Os gerentes de programas desenvolvem o plano geral do programa e criam planos de alto nível para orientar o planejamento detalhado no nível dos componentes.	Os gerentes de portfólio mantêm comunicação e processos necessários ao portfólio global.
Gerenciamento	Os gerentes de projetos gerenciam a equipe do projeto para atender aos objetivos do projeto.	Os gerentes de programas gerenciam a equipe do programa e os gerentes de projeto eles proporcionam a visão e liderança global.	Os gerentes de portfólio podem gerenciar ou coordenar o pessoal de gerenciamento de portfólios, ou o pessoal de programas e projetos que possam ter responsabilidades de entrega de relatórios para compor o portfólio agregado.
Sucesso	O sucesso é medido pela qualidade do produto e do projeto, pela pontualidade, pelo cumprimento do orçamento e pelo grau de satisfação do cliente.	O sucesso é medido pelo grau em que o programa atende às necessidades e pelos benefícios para os quais foi executado.	O sucesso é medido em termos de desempenho de investimento agregado e realização dos benefícios do portfólio.
Monitoramento	Os gerentes de projetos monitoram e controlam o trabalho de elaboração dos produtos, serviços ou resultados para os quais o projeto foi realizado.	Os gerentes de programas monitoram o progresso dos componentes do programa para garantir que os objetivos, cronogramas, orçamento e benefícios globais do mesmo sejam atendidos.	Os gerentes de portfólios monitoram as mudanças estratégicas e alocação de recursos totais, resultados de desempenho e riscos do portfólio.

Quadro 14: Gerenciamento Organizacional de Projetos

Os critérios quantitativos, de uma maneira geral são associados aos benefícios financeiros dos projetos, alguns dos principais são descritos a seguir.

Valor Absoluto (VA): Representa o valor monetário absoluto total que a empresa necessita investir para planejar e implementar o projeto.

Retorno do Investimento (ROI): É a margem de lucro percentual do projeto. Permite comparar retorno financeiro de projetos com diferentes investimentos e margens de lucro [49].

Lucro Nominal: O valor (em moeda) do lucro financeiro proporcionado pelo projeto. Um projeto pode ter um menor ROI mas um lucro nominal maior [49].

Valor Presente Líquido (VPL): Representa a diferença entre as receitas (ganhos) e os gastos (valor investido e outras perdas) provenientes da implantação do projeto. Este cálculo tem como premissa que toda a receita e toda a despesa será realizada na data atual. Para isso, utiliza-se uma taxa de juros determinada, trazendo todos os valores futuros para a data presente. Este critério permite avaliar e comparar projetos que tenham despesas e receitas futuras em períodos de tempo diferentes [49].

Payback: É o período de tempo necessário para recuperar todos os investimentos originais do projeto [49].

Taxa Financeira de Custo/Benefício: É a razão entre o valor presente dos ganhos e o valor presente das despesas. Quanto maior é esse quociente, mais viável é o projeto do ponto de vista de custo/benefício [49]. Muitas vezes apenas os critérios quantitativos considerados na priorização dos investimentos, mas os critérios qualitativos também são de suma importância e devem ser levados em consideração. Alguns destes principais critérios estão relacionados a: Estratégia empresarial, riscos, imagem, fatores políticos, setor no qual a empresa está inserida, mercado, impacto na sociedade, saúde, segurança e meio ambiente (SSMA), questões legais, prioridades operacionais, tecnologias e conhecimento técnico, dentre outros:

Objetivos estratégicos: Os critérios/objetivos estratégicos são determinados através de mecanismos de desdobramento da estratégia, tais com o Balanced Scorecard. Os critérios estratégicos são específicos para cada organização. Organizações com estratégias diferentes terão critérios de priorização diferentes [49].

Riscos (Ameaças e Oportunidades): Determina o nível de risco que a organização corre ao realizar (ou não realizar) o projeto [49].

Urgência: Os projetos urgentes requerem ação e decisão imediata e têm maior prioridade do que projetos não urgentes [49].

Partes Interessadas: Quanto mais alto é o comprometimento das partes interessadas com o projeto, mais prioritário o projeto se torna [49]. As principais partes interessadas nos projetos de investimento de grandes organizações são: Gerente do projeto; Sponsor do projeto; Time do projeto; Gerentes operacionais; Clientes; Comunidade; Órgãos reguladores; Governo, Comunidade.

Conhecimento Técnico: Quanto maior é o conhecimento técnico disponível referente ao produto do projeto, maior será a facilidade de se realizar determinado projeto e, consequentemente, menor será o “custo” de sua realização [49].

Ao considerar estes vários critérios para a tomada de decisão sobre a melhor carteira de projetos, os tomadores de decisão se deparam com um cenário extremamente complexo.

Este capítulo teve como objetivo apresentar os conceitos de gerenciamento de projetos e portfólios e apresentar os fatores / critérios que são, ou deveriam ser, levados em consideração na seleção e priorização dos projetos que farão parte de uma carteira de investimentos. Esta contextualização permitirá o entendimento da aplicação do conceito de AHP no âmbito do gerenciamento de projetos.

Capítulo 3

Apoio Multicritério à Decisão

Este capítulo visa realizar uma revisão bibliográfica a respeito dos métodos de Apoio Multicritério à Decisão. Inicia-se abordando o que é Pesquisa Operacional (PO) e como esta área de conhecimento evoluiu ao longo dos anos. Explica-se o que são métodos multicritérios e é feita uma breve explanação sobre os métodos mais conhecidos.

3.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional pode ser entendida como uma disciplina que é, na realidade, a soma de várias outras disciplinas, tal que esta multidisciplinaridade auxilie na tomada de decisão.

O autor [3] explicita bem este conceito descrevendo que PO é uma metodologia administrativa cujo arcabouço teórico agrega quatro ciências fundamentais para o processo de preparação, análise e tomada de decisão: a economia, a matemática, a estatística e a informática. Não cabe dúvida quanto à importância dessas quatro ciências para o processo de tomada de decisão. A PO, em consequência, por agregar as quatro, oferecendo aos gerentes um conjunto de métodos e modelos que os auxiliam em suas decisões, também tem a sua importância [3].

Já os autores [17] explicam que a Pesquisa Operacional tenta encontrar a solução melhor ou ótima para o problema em consideração. Ao invés de se contentar apenas com a melhoria do status quo, o objetivo é identificar o melhor curso de ações possível. Embora essa “busca do ótimo” deva ser interpretada de forma cuidadosa, trata-se de um tema muito importante em PO[17].

A expressão ‘Pesquisa Operacional’ foi utilizada pela primeira vez quando equipes

de pesquisadores buscavam desenvolver métodos para resolver determinados problemas militares durante a Segunda Guerra Mundial [3]. A disciplina nasceu na Inglaterra num esforço de guerra para alocar eficientemente recursos escassos. Grupos de cientistas de diversos ramos do conhecimento como matemática, estratégia de guerra e engenharia elétrica trabalhavam juntos realizando pesquisas científicas de operações militares. Daí surgiu o nome: Pesquisa de Operações, ou Pesquisa Operacional [11].

O sucesso das aplicações na área militar motivou o mundo acadêmico e empresarial a utilizar estas técnicas em problemas de administração [3]. Os autores [15] relatam que com o fim da Segunda Guerra Mundial, dada a experiência obtida pelas Forças Aliadas sobre os problemas logístico-militares, um grande número de organizações de pesquisa dedicou-se à análise e à preparação de decisões, usando a então recente Pesquisa Operacional. A partir daí, surge a necessidade imediata de otimizar custos, despesas e lucros. Com esse objetivo, desenvolveram-se vários métodos estritamente matemáticos para que se encontrasse a solução ótima de um problema. Esses métodos fazem parte da otimização clássica e muitos deles ainda são utilizados atualmente em uma série de aplicações, tais como alocação de carga, estabelecimento do caminho mínimo, otimização de inventários, etc [15].

Com o advento da revolução industrial, as organizações se tornaram maiores e mais complexas. Com isso, estas foram se subdividindo em áreas cada vez mais especializadas. Há uma tendência de muitos componentes de uma organização crescerem como se fossem impérios relativamente autônomos, tendo suas próprias metas e sistemas de valor, perdendo assim a visão do todo e do modo como suas atividades e objetivos se entrosam com as da organização. Frequentemente, o que é melhor para um componente pode prejudicar o outro e estes componentes acabam trabalhando para propósitos contrários. Desta maneira, à medida que a complexidade e especialização numa organização aumenta, torna-se cada vez mais difícil alocar seus recursos disponíveis às suas várias atividades do modo mais eficaz para a organização como um todo [17].

Para solucionar este tipo de problema, os modelos de otimização clássica, onde procura-se valor máximo ou mínimo para uma função objetivo, levavam desvantagem, por não possibilitarem considerar a intervenção do decisor nas decisões.

Assim surgem os primeiros métodos de Apoio ou Auxílio Multicritério à Decisão. Logo, o AMD é uma área da Pesquisa Operacional. Exemplos de outras áreas da Pesquisa Operacional são: programação linear, programação inteira, programação mista, programação não linear, simulação, grafos, teoria dos jogos, teoria das filas, porém o foco

deste trabalho é apenas o AMD.

3.2 Apoio Multicritério à Decisão (AMD)

Os Métodos de Apoio à Decisão constituem uma área da Pesquisa Operacional com aplicação cada vez mais ampla. Os primeiros métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD), denominado internacionalmente por Multicriteria Decision Aid (MCDA) começaram a surgir na década de 70, com o intuito de enfrentar situações específicas, nas quais um decisor, atuando com racionalidade, deveria resolver um problema em que vários eram os objetivos a serem alcançados de forma simultânea. Também podem ser entendidos como um conjunto de métodos e técnicas para auxiliar pessoas e organizações na resolução de problemas de decisão onde vários pontos de vista, frequentemente conflitantes precisam ser levados em consideração [50] [16] [9] [15].

Os autores [15] destacam que os métodos de AMD têm um caráter científico e, ao mesmo tempo, subjetivo, trazendo consigo a capacidade de agregar, de maneira ampla, todas as características consideradas importantes, inclusive as não quantitativas, com o objetivo de possibilitar a transparência e a sistematização do processo referente aos problemas de tomada de decisões. O pesquisador [24] descreve que os métodos multicritérios procuram ir além da dimensão científica, agregando todas as informações disponíveis, inclusive as de caráter subjetivos.

3.2.1 Tomada de Decisão Gerencial

O processo de formular alternativas de decisão no ambiente organizacional é quase sempre complexo e caótico, exceto para os problemas de rotina, que são bem conhecidos e as estruturas de opções bem definidas [44].

O processo de tomada de decisão tem se tornado cada vez mais complexo no ambiente corporativo. Devido às constantes mudanças e tempo cada vez mais escasso, este processo tende a priorizar questões práticas, que são listadas por [16]:

- Diversidade de fatores quantitativos;
- Falhas no entendimento e contextualização do problema;
- Falta de propostas alternativas;

- Equívocos no tratamento ou na mensuração das variáveis qualitativas que afetam a proposta de investimento;
- Dificuldades na mensuração e tratamento dos riscos associados aos projetos;
- Falhas no julgamento e escolha dos projetos pela ausência de critérios ou metodologias científicas para suportar a tomada de decisão;
- Equívocos na mensuração do retorno esperado;
- Influência das preferências dos tomadores de decisão.

Segundo os autores [6] *apud* [9], de uma maneira geral, decisões cujas consequências não são substanciais e cujos erros podem ser facilmente remediados, como por exemplo, em situações da vida pessoal, são muitas vezes tomadas apenas mentalmente, baseadas na experiência e nas opiniões do decisor, sem a utilização de métodos estruturados que modelem o problema e a racionalidade do agente de decisão. Entretanto, em circunstâncias onde as consequências das decisões são substanciais, onde os resultados envolvem horizontes de longo prazo e ou onde ocorrem impactos sobre diversas pessoas, fazem-se necessárias teorias, métodos e técnicas de Apoio à Decisão para um tratamento adequado desses problemas complexos.

3.2.2 Conceitos Básicos de AMD

Devido à grande variedade de métodos multicritérios existentes, há diversas denominações propostas e adotadas para o estudo do assunto. Neste trabalho, as siglas e denominações a seguir podem ser consideradas como sinônimos:

- AMD – Apoio Multicritério à Decisão;
- MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*;
- MCDA – *Multiple Criteria Decision Aid*;
- MADM – *Multiple Attributes Decision Making*;
- MODM – *Multiple Objectives Decision Making*.

Conforme proposto pelos autores [15], os conceitos básicos quando se trata de Apoio Multicritério à Decisão são:

- Decisor ou Tomador de Decisão: pessoa ou grupo de pessoas que, direta ou indiretamente, proporciona o juízo de valor final. Este juízo de valor poderá ser usado no momento de avaliar as alternativas disponíveis, com o objetivo de identificar a melhor escolha.
- Analista: pessoa ou equipe de pessoas que deve tratar a opinião do decisor de maneira objetiva, e transferindo-a ao modelo.
- Conjunto de Escolha ou Conjunto de Alternativas: conjunto de alternativas com que um decisor se depara. As alternativas devem ser finitas, diferentes, exaustivas e exclusivas.
- Atributos: são as características de cada alternativa que o decisor deverá considerar para sua tomada de decisão. Associando aos atributos uma função tem-se os critérios, que refletem as preferências do decisor quanto aos atributos.
- Pesos: medida da importância relativa dos atributos. O atributo j tem seu peso representado por ω_j ($j = 1, 2, \dots, n$), em que n é o número de atributos presente na análise de decisão.

Os autores [15] destacam, de uma maneira geral, as principais etapas do desenvolvimento e uso de uma função multicritério:

Etapas 01: Identificar os tomadores de decisão;

Etapas 02: Definir as alternativas;

Etapas 03: Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;

Etapas 04: Avaliar as alternativas em relação aos critérios;

Etapas 05: Determinar a importância relativa dos critérios;

Etapas 06: Determinar a avaliação global de cada alternativa;

Etapas 07: Análise de sensibilidade;

Etapas 08: Recomendações e apresentação de um relatório;

Etapas 09: Implementação.

3.2.3 Tipos de Problemas

Os problemas de Decisão Multicritério podem ser de quatro tipos:

- Problema tipo α ($P\alpha$) ou Problemática de escolha.
- Problema tipo β ($P\beta$) ou Problemática de classificação.
- Problema tipo γ ($P\gamma$) ou Problemática de ordenação.
- Problema tipo δ ($P\delta$) ou problemática da descrição.

Problema tipo α ($P\alpha$) ou Problemática de escolha. O objetivo deste tipo de problema é selecionar a “melhor” ou as melhores alternativas [15]. Consiste na seleção de um subconjunto $A' \subset A$, tão restrito quanto possível, das alternativas julgadas melhores ou mais satisfatórias. Neste problema, os elementos do conjunto A são comparados uns aos outros de forma a se eliminar o maior número de alternativas possível, com o objetivo de, possivelmente, incorrer na escolha final de uma única alternativa ação [38] *apud* [9]. A Figura 3.1, baseada em [25], ilustra o Problema tipo α ($P\alpha$).

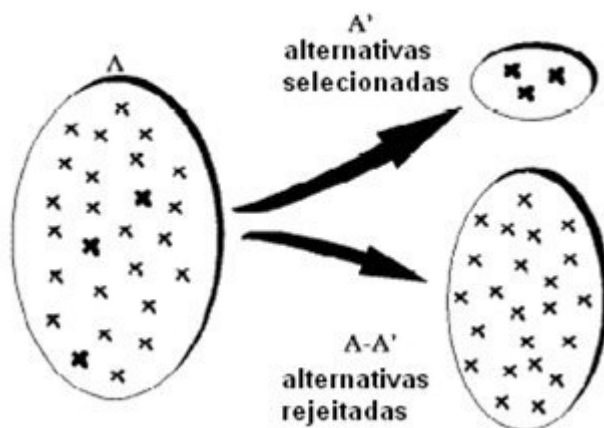


Figura 3.1: Ilustração da problemática de escolha. Fonte [25]

Problema tipo β ($P\beta$) ou Problemática de classificação. O objetivo deste tipo de problema é aceitar alternativas que parecem “boas” e descartar as que parecem “ruins”, ou, seja, realizar uma classificação das alternativas [15]. As ações ou alternativas são alocadas a categorias ou classes definidas a priori com base no tratamento que irá ser aplicado a cada categoria. Esta alocação é baseada nos valores intrínsecos de cada alternativa em comparação com padrões de cada classe. Obtém-se, assim, uma triagem ou um procedimento de classificação [38] *apud* [9]. A Figura 3.2, baseada em [25], ilustra o Problema tipo β ($P\beta$).

Problema tipo γ ($P\gamma$) ou Problemática de ordenação. O objetivo deste tipo de problema é gerar uma ordenação das alternativas [15]. Consiste em ranquear o conjunto de

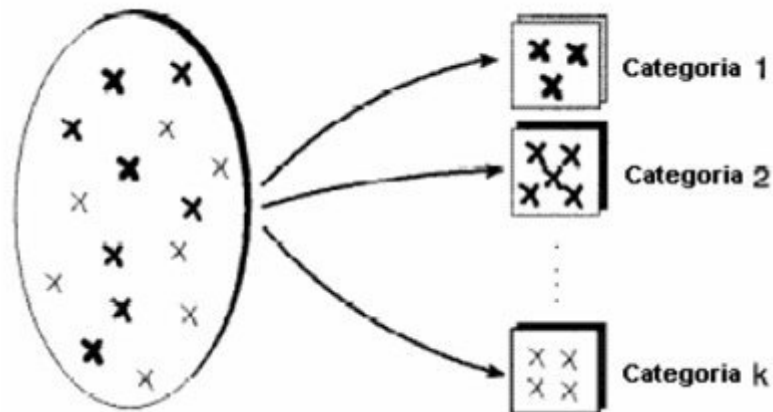


Figura 3.2: Ilustração da problemática de classificação. Fonte [25]

alternativas baseado em uma ordem de preferências, ou pela associação de uma posição para cada ação ou alternativa em um subconjunto A' de A . O objetivo é obter uma ordenação parcial ou completa entre grupos que contêm ações consideradas equivalentes. Nesta problemática, as alternativas de ações concorrem entre si para fazer parte de categorias estabelecidas a posteriori e pela posição dentro delas, categorias estas que são ordenadas conforme as preferências do decisor [16]. A Figura 3.3, baseada em [25], ilustra o Problema tipo $\gamma(P\gamma)$.

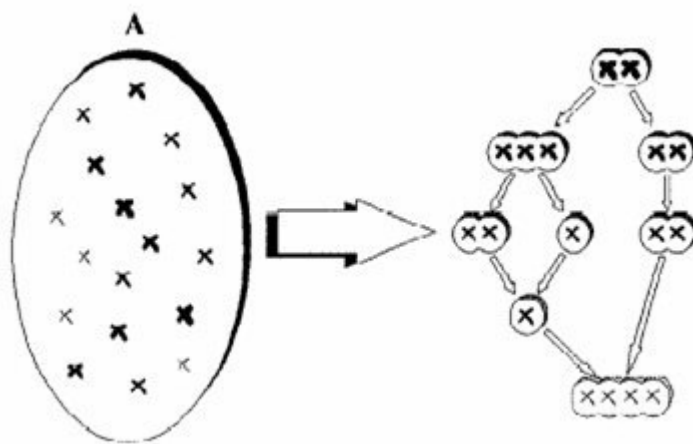


Figura 3.3: Ilustração da problemática de ordenação. Fonte [25]

Problema tipo $\delta(P\delta)$ ou Problemática da descrição. O objetivo deste tipo de problema é realizar uma descrição das alternativas [15]. Consiste em descrever em linguagem apropriada e de maneira sistemática e apropriada as ações e suas consequências. O resultado neste caso é, geralmente, um procedimento cognitivo de análise [9].

3.3 Principais Métodos de Apoio Multicritério à Decisão

Conforme já descrito anteriormente, existem vários métodos multicritérios. Para resumir este universo, a Figura 3.4, baseada em [32], apresenta de maneira esquemática os principais métodos existentes e alguns destes são brevemente explicados. Os métodos são agrupados em diferentes categorias, sendo: Métodos da Escola Francesa, Métodos da Escola Americana, Métodos Híbridos, Método dos Conjuntos Aproximativos, Análise verbal das decisões, Métodos Estocásticos e PO Soft. Alguns destes grupos ainda são subdivididos em famílias e cada família em diferentes métodos.

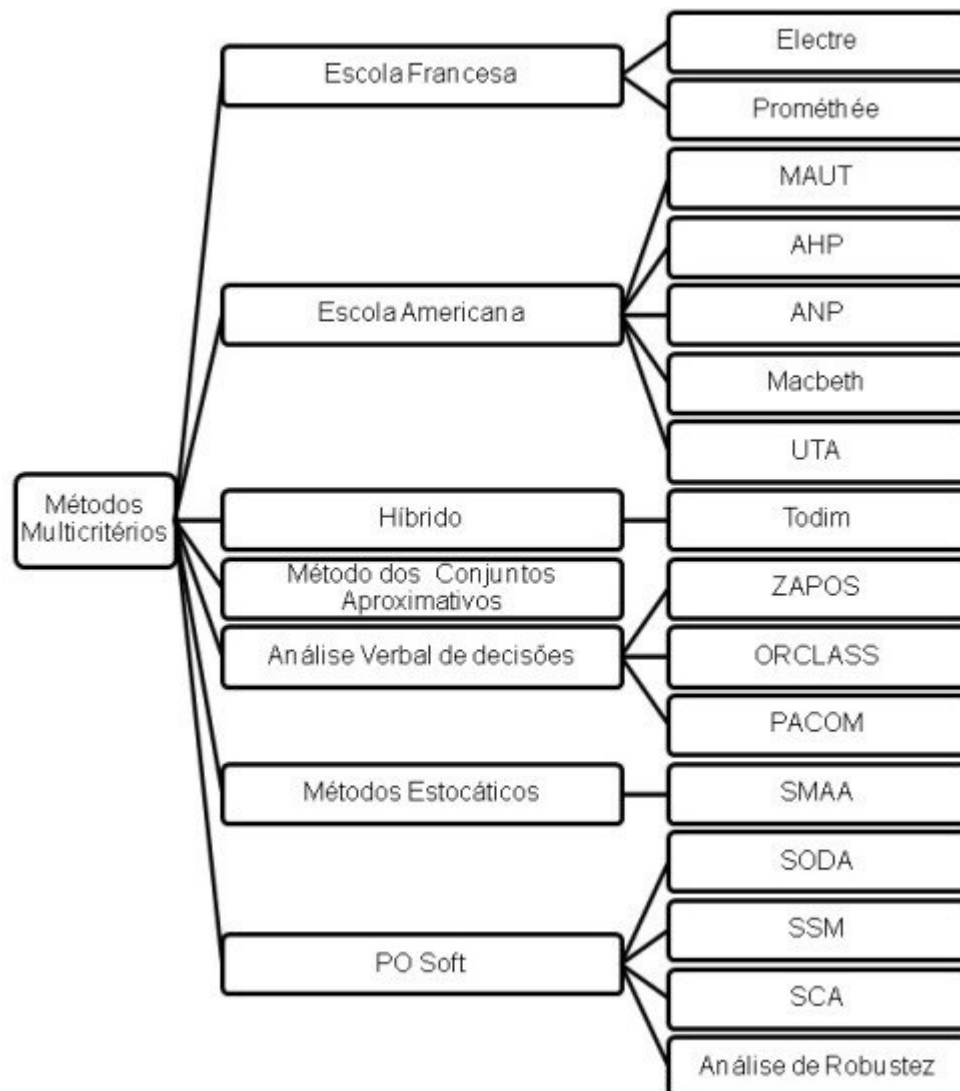


Figura 3.4: Principais métodos de AMD. Adaptado de [32]

3.3.1 Escola Francesa (ou Escola Européia)

A Escola Francesa, também chamada de Escola Europeia, é composta, primordialmente pelos métodos da família ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant La Réalité*) e da família Prométhée (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*). Esta escola permite um paradigma construtivista, onde busca-se “gerar conhecimento”. Admite um modelo mais flexível do problema, pois não pressupõem, necessariamente, a comparação entre todas as alternativas e não impõem ao analista de decisão uma estruturação hierárquica dos critérios existentes [23] [15]. A abordagem da Escola Francesa também pode ser chamada de abordagens não compensatória ou métodos de Superação. A Figura 3.5 apresenta os métodos desta escola.

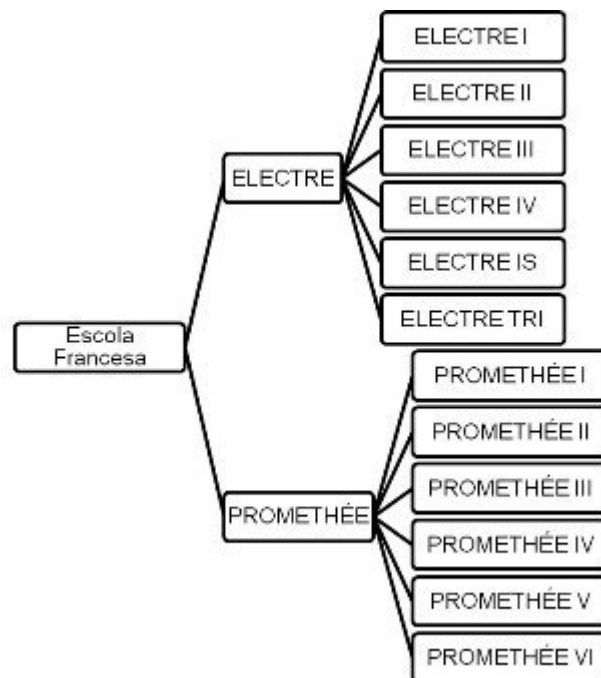


Figura 3.5: Métodos da Escola Francesa

3.3.1.1 *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* – ELECTRE

Os métodos da família Electre são métodos de Apoio à Decisão desenvolvidos por Bernard Roy e colaboradores (Roy & Bouyssou, 1993; [38] apud [9], foram desenvolvidos por fazem parte dos denominados Métodos de Superação, pois eles têm, como conceito teórico central, as relações de superação. Esses métodos diferenciam-se entre si pela problemática que tentam resolver, pelas informações inter e intracritérios utilizadas e pela quantidade de relações de superação construídas e pesquisadas [15]. Verifica-se no Quadro

15, baseado em [15], que cada um deste método da Família ELECTRE foi desenvolvido com a finalidade de tratar um determinado tipo de problemática, conforme apresentado no item anterior.

Versões dos métodos da família ELECTRE					
Versão	Autor	Ano	Tipo de Problema	Tipo de Critério	Utilização de Pesos
I	Roy	1968	Seleção	Simples	Sim
II	Roy e Bertier	1973	Ordenação	Simples	Sim
III	Roy	1978	Ordenação	Pseudo	Sim
IV	Roy e Hugonnard	1982	Ordenação	Pseudo	Não
IS	Roy e Skalka	1985	Seleção	Pseudo	Sim
TRI	Yu Wei	1992	Classificação	Pseudo	Sim

Quadro 15: Versões dos métodos da família ELECTRE. Fonte: [15]

3.3.1.2 *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* – PROMÉTHÉE

O Método Prométhée foi desenvolvido para tratar de problemas multicritério discretos, ou seja, quando o conjunto de alternativas possíveis é finito [15]. Na Família dos métodos Prométhée existem diversos métodos, que buscam também tratar os diferentes tipos de problemáticas. Estes métodos possuem a características de empregarem seis funções de valor para definir os critérios. O Quadro 16, baseado em [15], apresenta as principais características de cada versão do Método.

Versões dos métodos da família PROMÉTHÉE	
Versão	Características
I	Trata problemas de ordenação, sendo que a ordenação obtida corresponde a uma pré-ordem parcial.
II	Trata problemas de ordenação, sendo que a ordenação obtida corresponde a uma pré-ordem total.
III	Trata problemas de ordenação, sendo que obtém ordem por intervalos, uma vez que trabalha com limites variáveis.
IV	Trata problemas de ordenação, generalizando o Prométhée II para o caso de alternativas infinitas.
V	Amplia a aplicação do Prométhée II quando se deseja selecionar um subconjunto de alternativas.
VI	Auxilia o decisor na determinação do vetor de pesos dos critérios que melhor expresse suas preferências.

Quadro 16: Versões dos métodos da família PROMÉTHÉE. Fonte: [15]

3.3.2 Escola Americana

Os principais métodos da escola americana são os métodos: Analytic Hierarchy Process (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), *Multiattribute Utility Theory* (MAUT), *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) e o *Utilité Aditive* (UTA). Segundo [14], os métodos desta escola trabalham com a idéia de agregar todas as informações que são provenientes dos diferentes agentes de decisão.

Para os autores [23], a escola americana permite um paradigma racionalista, no qual busca-se “a solução ótima do problema decisório”. Também não aceita a incomparabilidade entre as alternativas, assumindo que existe a comparabilidade e transitividade nas relações

de preferência do decisor [20] *apud* [32]. A Figura 3.6 apresenta os métodos da Escola Americana.

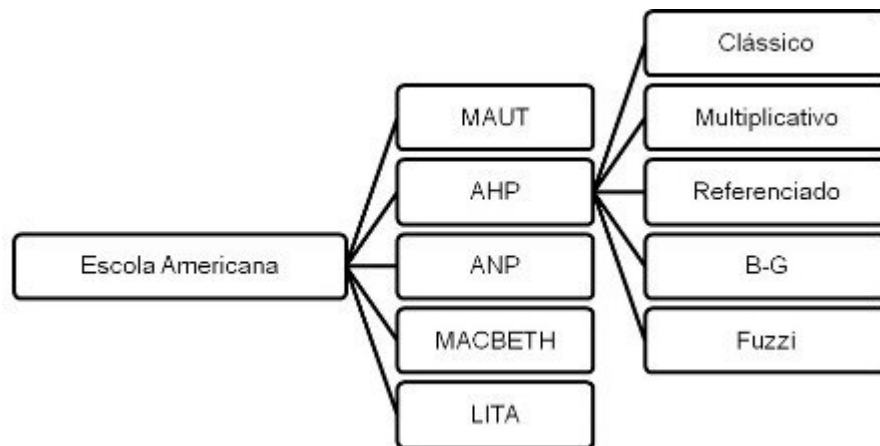


Figura 3.6: Métodos da Escola Americana

3.3.2.1 *Multiattribute Utility Theory* – MAUT

A Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiattribute Utility Theory* – MAUT), é uma derivação da Teoria da Utilidade, tendo sido incorporada a esta o tratamento de problemas com múltiplos critérios [16]. Trata-se de um método de comparação quantitativa cuja utilização permite a obtenção da melhor solução para o problema de decisão complexo, a identificação do conjunto das melhores soluções para o problema, como também pode ordenar as soluções da melhor para a pior [14] *apud* [32].

A Teoria baseia-se na hipótese de que, em qualquer problema de decisão, existe uma função real V sobre o conjunto de alternativas a que o tomador de decisão deseja examinar, consciente ou inconscientemente. Essa função agrega os critérios ou atributos $X_1, X_2, \dots, X_n$. O papel do analista consiste em determinar tal função. Essa teoria assume que o tomador de decisão ou grupo tomador de decisão, com a ajuda de um analista, é capaz de identificar várias alternativas discretas para serem avaliadas de uma maneira hierárquica [15].

3.3.2.2 *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

O Método de Análise Hierárquica, mais conhecido como AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process*, foi criado pelo professor Thomas L. Saaty, sendo um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das decisões multicritérios discretas e sendo talvez o mais usado no mundo [15].

O método foi desenvolvido em 1972, para solucionar um problema específico de planejamento de contingência e depois em uma aplicação maior no projeto de futuros alternativos no Sudão [41] *apud* [32].

Por ser o foco deste trabalho, este método será descrito em um capítulo específico desta dissertação

3.3.2.3 *Analytic Network Process* – ANP

O método *Analytic Network Process* (ANP) é uma generalização do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

3.3.2.4 *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* – MACBETH

O método *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) foi desenvolvido por [4]. O foco principal deste método é a interação entre os agentes e o analista de decisão através da comparação e do julgamento de duas alternativas de cada vez. Desta maneira, busca transpor as limitações encontradas em outros métodos que estabelecem juízos de valor sobre dois pares de ação ao mesmo tempo [4] e [14].

O método é composto por duas importantes fases: estruturação e avaliação. É utilizado principalmente para a abordagem de problemas de seleção e ordenação, pois possui como ponto forte a flexibilidade de sua escala [14] e [32].

3.3.2.5 *Utilité Aditive* – UTA

O método *Utilité Aditive* (UTA), ou método da Utilidade Aditiva, tem como objetivo realizar a ordenação completa de um conjunto discreto de alternativas, a partir da ordenação de um subconjunto próprio do conjunto original [32]. Explica que o método permite obter as funções de utilidade dos critérios presentes na análise, partindo da matriz de avaliação e do julgamento dos agentes. A matriz de avaliação contém as performances das alternativas em relação ao conjunto de critérios - performances estas que são estimadas pelos agentes de decisão e os julgamentos dos agentes são realizados quanto às possíveis preferências e indiferenças das alternativas ou um subconjunto destas [33] [34].

3.3.3 Método Híbrido

3.3.3.1 Tomada de Decisão Interativa e Multicritério – TODIM

O método TODIM (acrônimo de TOMada de Decisão Interativa e Multicritério, dos autores Gomes e Lima é considerado um método híbrido por possuir tanto elementos da escola francesa quanto da escola americana. Seu objetivo é resolver problemas de ordenação e tem como vantagem a modelagem dos padrões de preferência considerando a Teoria dos Prospectos dos pesquisadores Kahneman e Tversky, [19] premio Nobel de economia em 2002. Esta teoria que considera a aversão e a propensão ao risco durante o processo decisório [36] [16].

Este método foi concebido em sua forma atual ao início dos anos 90 [14]. Os autores [35] citam que este é provavelmente o único método multicritério fundamentado na Teoria dos Prospectos. Os autores também explicam que enquanto praticamente todos os demais métodos multicritério partem da premissa de que o tomador de decisão decide buscando sempre a solução correspondente ao máximo de alguma medida global de valor, o método TODIM faz uso da noção de uma medida global de valor calculável pela aplicação do paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos. Com isto, o método se alicerça sobre uma descrição – já sobejamente comprovada por evidências empíricas – de como as pessoas efetivamente decidem em face ao risco [35].

Este capítulo apresentou uma breve descrição sobre a Pesquisa Operacional e os métodos multicritérios de apoio à decisão, descrevendo alguns destes métodos. O próximo capítulo abordará com maiores detalhe o método de Apoio Multicritério à Decisão base deste trabalho, o AHP.

Capítulo 4

Analytic Hierarchy Process – AHP

Este capítulo visa explicar o processo de análise hierárquica, conhecido como AHP, do inglês *Analytic Hierarchy Process*, as teorias nas quais este método está baseado, seus benefícios e variações.

O método AHP Clássico foi criado por Tomas Saaty [39] e, conforme classificação vista no Capítulo 3, pertence à família de métodos da escola americana.

O autor explica que o método pode ser melhor entendido através da observação de como a mente humana organiza os conhecimentos relativos à tomada de decisão. Destaca que, ao se falar em resolução de problemas, existem duas abordagens fundamentais, a abordagem dedutiva e a abordagem sistêmica. A abordagem dedutiva foca nas partes enquanto a abordagem sistêmica concentra-se no funcionamento do todo. E o AHP combina estas duas abordagens de maneira logicamente estruturada. Ou seja, pode-se dizer que o AHP é um método que organiza sentimentos, intuição e lógica numa abordagem estruturada para a tomada de decisão [40] [39].

Tendo como princípios a estruturação hierárquica, o estabelecimento de prioridades e a consistência, o método incorpora tanto o aspecto qualitativo quanto o aspecto quantitativo da mente humana. Os aspectos qualitativos são tratados na definição do problema e da hierarquia, enquanto os aspectos quantitativos são tratados pelos julgamentos e preferências [39] [40].

O AHP possibilita a tomada de decisão sobre questões complexas, simplificando-as e acelerando o processo natural de tomada de decisão. O método quebra o complexo, transformando-o em partes menores, organiza estas partes ou variáveis, ordena hierarquicamente, atribui valores numéricos a julgamentos subjetivos de acordo com a importância relativa de cada variável, sintetiza estes julgamentos para determinar quais variáveis pos-

suem maior prioridade e devem ser postas em prática para influenciar o resultado da situação [39] [40].

O autor contextualiza que as pessoas tendem a lidar com mais problemas do que são capazes de lidar e que o mundo é um sistema complexo de elementos que interagem entre si. E como muitos fatores estão interrelacionados, muitas vezes causas raiz e efeitos finais de cada um destes fatores em determinada tomada de decisão não são facilmente identificáveis, tornando necessário ordenar as prioridades e lidar com as restrições para se chegar ao melhor senso comum. Apesar desta complexidade, o que as pessoas necessitam não é uma maneira mais difícil de pensar, mas uma estrutura que as permita lidar com problemas complexos de maneira simples. Os problemas devem ser vistos em uma estrutura organizada que permita a interação e a interdependência dos fatores e ainda permita que se pense sobre eles de uma forma simples. Esta nova maneira de pensamento deve ser acessível a todos, não exigindo além da capacidade natural do ser humano tomar decisões [39] [40].

A complexidade no mundo de hoje é um fato indiscutível de que é geralmente caracterizado pela incerteza, dificuldade de previsibilidade e planejamento, e evolução constante. A tomada de decisões estratégicas é um pré-requisito para a sustentabilidade e capacidade de sobrevivência das organizações. O AHP foi desenvolvido para incorporar todos esses fatores, juntamente com a experiência e intuição em uma abordagem simplista [1].

O método apresenta vários benefícios. Mostra-se uma ferramenta eficiente para a tomada de decisão em grupo e incentiva a tomada de decisões socialmente responsáveis, uma vez que ajuda os líderes a evitarem demasiada simplificação das situações sobre as quais a decisão deve ser tomada, auxilia-os a identificarem e avaliarem os custos e benefícios, a se planejarem para o futuro, e a se adaptarem às mudanças [40] [39].

Além disso, como os seres humanos não são criaturas lógicas, na maior parte das vezes baseiam seus julgamentos em impressões da realidade para então usar a lógica para defender as conclusões. Entretanto, como o AHP impõe uma necessidade de estabelecer um valor numérico para cada variável, mantém um padrão coerente e possibilita o alcance da conclusão, impondo certa disciplina ao processo de tomada de decisão e exigindo consenso do grupo no julgamento [40] [39].

Outro benefício a ser destacado é que o AHP é um modelo flexível que permite que indivíduos ou grupos dêem forma às idéias e definam problemas, fazendo suas próprias análises e construindo a solução desejada a partir destas. O AHP é flexível o bastante para possibilitar revisões. Para problemas complexos, inclusive, o processo deve ser progressi-

vamente repetido. Para cada comparação do AHP devem ser feitas hipóteses e testes para que haja um refinamento progressivo e melhor entendimento do todo. Esta flexibilidade é de suma importância, uma vez que, as lideranças, por exemplo, possuem diversas fontes de informação para a tomada de decisão, incluindo opiniões e pontos de vista das partes interessadas, o que torna necessário o entendimento do impacto de uma mudança de opinião ou objetivo no resultado final de uma decisão [40] [39]. Os autores [15] destacam essa que é importante avaliar o nível de sensibilidade da alternativa preferida em relação às mudanças nos juízos emitidos pelo decisor. Isso porque, muitas vezes, o decisor pode estar inseguro sobre que juízos emitir ou pode realizá-los de maneira apressada ou aproximada.

Outra característica benéfica a ser considerada no método AHP é que este determina uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao final do método.

A aplicação deste método é bastante ampla, podendo ser utilizado, por exemplo, no desenvolvimento de produto [51], planejamento da produção [37], na área militar [45] [1], na engenharia [47], para escolha de melhor localização [2] e para a priorização de projetos, conforme tema do presente trabalho.

4.1 Sistematização do Método AHP

O AHP é um método sistemático, ou seja, possui uma sequência de procedimentos bem determinada [12]. Sua aplicação pode ser dividida em duas etapas principais: Estruturação hierárquica do problema de decisão e modelagem do método propriamente dito [15]. Para uma melhor compreensão e sistematização do método, cada uma destas etapas, por sua vez, pode ser subdividida, obtendo-se um passo a passo para a execução do método. São apresentados abaixo os passos para a execução do método.

Passo 01: Definição do problema ou formulação do objetivo.

O primeiro passo do AHP é definir o problema cuidadosamente, incluindo todos os detalhes e informações possíveis [40]. Esta etapa refere-se ao entendimento da questão a ser resolvida, o que pode ser chamado de definição do problema ou formulação do objetivo. Os autores [12] sugerem a utilização da técnica de Análise Focada no Valor (Value-Focused Thinking), muito utilizada em problemas de tomada de decisão. Trata-se de uma técnica interativa de pergunta e resposta para definir o objetivo fundamental e os objetivos meios de um determinado problema.

Passo 02: Definição dos critérios e subcritérios.

Os próximos passos do método visam dividir o problema de decisão em níveis hierárquicos, concluindo a primeira fase do método. Esta divisão facilita a compreensão e avaliação do problema.

No passo 02 são definidos os critérios e subcritérios, com base nos quais as decisões serão tomadas. Vale ressaltar que os critérios a serem aplicados em cada nível devem ser homogêneos e não redundantes [15]. Homogeneidade significa que os critérios do mesmo nível devem possuir mesmo nível de importância, sendo possível a comparação entre eles. Não redundância significa que cada nível deve ser independente dos níveis inferiores, ou seja, os elementos de um dado nível superior não podem ser usados como argumento para elementos de um nível inferior.

Passo 03: Definição de Alternativas.

No passo 03 são definidas as alternativas de solução do problema. As alternativas são as opções de solução do problema abordado.

Passo 04: Montagem da estrutura hierárquica de decisão.

Após a definição do objetivo,[40] destaca que o próximo passo é estruturar a hierarquia de níveis em detalhes. O primeiro nível deve conter o objetivo principal e o último nível as alternativas. A hierarquia deve ser um modelo confiável de uma situação real.

O passo 04 contempla a montagem da estrutura hierárquica de decisão ou hierarquia de decisão. Os autores [15], destacam que o fato de os elementos de decisão serem divididos em níveis hierárquicos, facilita a compreensão do método AHP. Eles também abordam o fato de a estrutura hierárquica linear ser a que melhor representa a dependência de elementos de um nível em relação a outro nível, sendo uma maneira conveniente de decompor em passos um problema complexo. A Figura 4.1 exemplifica uma formulação hierárquica típica do método AHP.

Conforme exposto pelos autores [15], a existência de uma hierarquia de decisão é o ponto principal do método AHP, ou seja, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, facilitando assim sua compreensão e avaliação. “O início da Hierarquia representa um critério de síntese ou objetivo global, enquanto nos níveis sucessivamente inferiores colocam-se os critérios que apresentam algum impacto no critério do nível superior. No último nível da hierarquia, devem estar as alternativas consideradas”. O autor [44] explica a esta construção das hierarquias destacando que “a estruturação do problema no método AHP começa com a definição de um objetivo global (ou final) desejado. Com

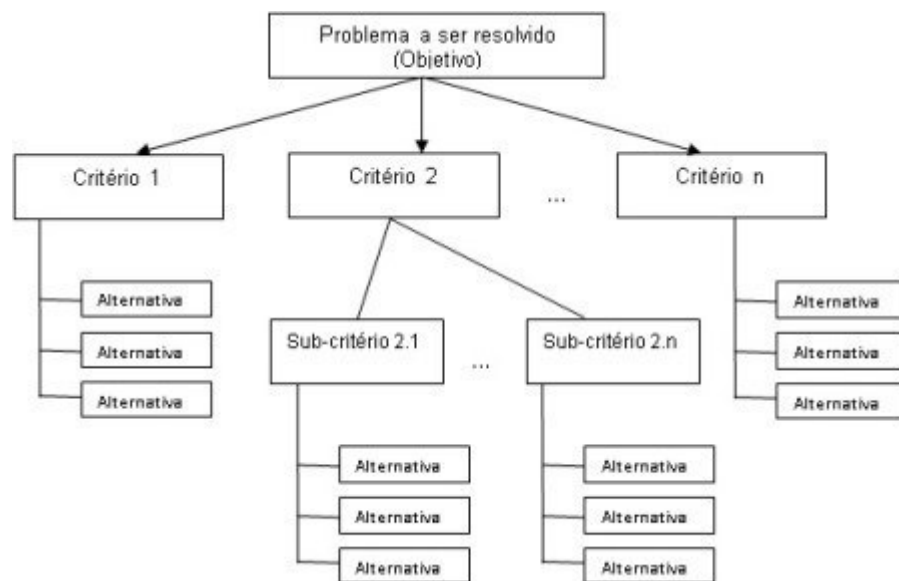


Figura 4.1: Exemplo geral de Estrutura Hierárquica para Problema de Decisão

base no objetivo principal, definem-se os subobjetivos ou critérios numa estrutura de árvore em que o objetivo global é a raiz. À medida que se afasta da raiz, temos fatores mais específicos, e os extremos (“as folhas”) representam os fatores ou critérios de avaliação.” As alternativas pertinentes serão estudadas sob a ótica de cada critério do nível hierárquico mais baixo.

Passo 05: Montagem da matriz de comparação pareada dos critérios.

A fase de estruturação hierárquica é completada através do estabelecimento de prioridades entre os elementos da hierarquia, síntese dos julgamentos para produzir um conjunto de prioridades globais, verificação da consistência desses juízos, e obtenção de decisão final com base nos resultados deste processo [40]. Ou seja, após a estruturação do problema de decisão, inicia-se a modelagem do método. Ou seja, após a divisão do problema em níveis hierárquicos, deve ser determinada uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao final do método. Esta determinação deve ser feita de forma clara e por meio de síntese de valores dos agentes de decisão [15].

Saaty [40] destaca que os humanos possuem a capacidade de perceber relações entre as coisas que observam, comparar pares de coisas semelhantes sob certos critérios e diferenciar estes pares com base em suas preferências. Esta relação entre cada par representa o impacto relativo dos elementos de um nível no nível imediatamente superior. O resultado deste processo é um vetor prioridade (ou de importância relativa). Esta comparação para a par é repetida em todos os elementos de todos os níveis.

No passo 05 deve-se criar uma matriz quadrada, resultado da comparação para a par de cada elemento em um determinado nível hierárquico. O objetivo desta etapa é transformar os juízos dos decisores em uma escala de valores numéricos. Nesta matriz, o decisor deve representar, a partir de uma escala pré-definida, suas preferências entre os elementos comparados, tendo como enfoque o elemento imediatamente superior. Em outras palavras, dado um elemento de um nível superior C_k , será feita a comparação dos elementos de um nível inferior A_j . Estes critérios do nível A_j são comparados em relação ao critério C_k [15], gerando matrizes quadradas, recíprocas positivas, similar à matriz a seguir.

Na matriz, cada elemento a_{ij} representa uma comparação par a par realizada, ou seja, a_{ij} são os elementos da matriz quadrada $A=(a_{ij})$ apresentada a seguir, sendo $i=1,2,...,n$ e $j=1,2,...,n$.

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$$

Tabela 4.1: Elementos da matriz quadrada da comparação par a par

As comparações par a par devem ser realizadas em todos os níveis hierárquicos.

Seja n o número de elementos do nível analisado, então o número de comparações neste nível será de $n(n-1)/2$ comparações [15]. Conforme já descrito anteriormente, estas comparações devem ser realizadas com base em uma escala pré determinada, chamada de Escala Fundamental, que foi proposta por Saaty em 1980 e é apresentada no Quadro 17, fonte [15] (p.48). É importante ressaltar que na matriz $A=(a_{ij})$, em que $a_{ij} = 1/a_{ji}$, por isso a matriz é recíproca.

Escala Fundamental de Saaty		
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Quadro 17: Escala Fundamental de Saaty. Adaptado de: [40] [15]

Passo 06: Montagem das matrizes de comparação pareada de cada alternativa

No passo 06 são feitas a montagem da matriz de comparação pareada de cada alter-

nativa, seguindo a mesma lógica do passo 05.

Passo 07: Obtenção dos vetores de prioridade dos critérios e peso das decisões.

Conforme já descrito anteriormente, uma característica do AHP é a determinação de uma medida global para cada alternativa. Para isso, é necessário agregar e sintetizar os julgamentos feitos nas comparações de par a par, ou seja, a cada elemento deve haver um número relacionado que represente sua prioridade.

No passo 07, obtêm-se os vetores de prioridade dos critérios e peso das decisões. Os vetores de prioridade formam a matriz de decisão, juntamente com o vetor com os pesos de cada critério.

O método do autovetor direto foi demonstrado por Saaty ser o mais eficiente, por permitir estimar o vetor das prioridades com bastante consistência [15]. Os vetores são obtidos a partir da matriz de comparação par a par. O objetivo é que, considerando-se os elementos de um determinado nível hierárquico, obtenha-se o peso de cada um destes elementos em relação ao elemento do nível imediatamente superior. De uma maneira resumida:

- 1) Normalização da matriz.

- 2) Deve-se realizar a soma de cada linha. Esta soma, multiplicada por 100, representa o percentual de contribuição (peso) deste critério em relação ao elemento imediatamente superior.

Passo 08: Montagem da matriz de decisão do problema e realização da avaliação global de cada alternativa.

No passo 08 há a Montagem da matriz de decisão do problema e realização da avaliação global de cada alternativa. O vetor de decisão mostra a melhor alternativa em magnitude de importância

Baseado nos autores [12], [15], o Quadro 18 apresenta de maneira resumida as etapas que representam a sistematização do método AHP e suas respectivas fases.

4.2 Conceitos Importantes sobre o AHP

4.2.1 Elementos Fundamentais do AHP

Os autores [15] resumem os elementos fundamentais do método AHP como sendo:

Etapa	Passo	Execução	Comentário
Estruturação	01	Definição do problema	É necessário formalizar qual o objetivo a ser alcançado. Esta etapa pode realizada através de uma Análise Focada no Valor de cada alternativa.
Hierárquica	02	Definição dos critérios e subcritérios	A definição dos critérios e de eventuais subcritérios de decisão compõe a estrutura hierarquia de solução do problema.
	03	Definição das alternativas de solução do problema	Levantamento das opções de solução.
	04	Montagem da estrutura hierárquica de decisão.	A estruturação hierárquica permite melhor visualização do problema de decisão.
Modelagem	05	Montagem da matriz de comparação pareada dos critérios.	A comparação das alternativas e dos critérios compõe matrizes quadradas. Os valores de comparação devem obedecer à escala fundamental de Saaty.
Matemática do	06	Montagem das matrizes de comparação pareada de cada alternativa.	Os vetores de prioridade formam a matriz de decisão, juntamente com o vetor com os pesos de cada critério.
	07	Obtenção dos vetores de prioridade dos critérios e peso das decisões.	
Método	08	Realização da avaliação global de cada alternativa.	O vetor de decisão mostra a melhor alternativa em magnitude de importância.

Quadro 18: Procedimentos do Método AHP

- Atributos e propriedades – um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades.
- Correlação binária – ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro.
- Escala fundamental – a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos reais.
- Hierarquia – um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

4.2.2 Medida da Inconsistência

O AHP testa a consistência dos julgamentos. Existe uma fórmula para verificar a inconsistência e quanto ela desvia da consistência perfeita. É possível interpretar o que a inconsistência significa na prática [40]. Os autores [15] explicam da seguinte maneira: Seja,

- $A=a_{ij}$ a matriz resultante da comparação par a par do elemento i com o elemento j ;
- n o número de elementos a serem comparados;

- λ_{max} o autovetor de A;
- ω o vetor próprio ou vetor prioridade

Se os juízos emitidos pelos decisores forem consistentes, então $\lambda_{max} = n$ e $a_{ij} = w_i/w_j$.

Entretanto, muitas vezes há inconsistência nos juízos, sendo que quanto maior for a diferença entre λ_{max} e n , maior será a inconsistência. Ou seja, $\lambda_{max} - n$ é um indicador de inconsistência.

4.2.3 Consistência

Saaty [39] propõe que o cálculo da Razão da Consistência (RC) seja determinado pela Equação:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

IC representa o Índice de Consistência e é calculado pela Equação:

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

IR representa um índice aleatório, conforme Tabela 4.2, que foi elaborado em função da dimensão da matriz. Quanto maior for RC, maior será a inconsistência.

Valores de IR para Matrizes quadradas de ordem n, segundo o Laboratório Nacional de Oak Ridge, EUA						
n	2	3	4	5	6	7
IR	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32

Tabela 4.2: Valores de IR para Matrizes quadradas de ordem n. Fonte: [15]

4.2.4 Inversão de ordem

No método AHP Clássico, quando é introduzida uma nova alternativa, o valor da função aditiva pode ser alterado, gerando uma inversão de ordem da posição relativa das alternativas [15]. Entretanto, [43] argumentam que a inversão de ordem não ocorre por causa da inserção de uma nova alternativa, mas por uma falha na reavaliação dos valores atribuídos aos elementos do nível hierárquico superior após a introdução desta nova alternativa [15].

4.3 Variações do Método AHP

Para resolver os problemas de decisão em que não é possível aplicar o Método AHP Clássico, outras formulações tendo como base o método AHP foram propostas visando a sua utilização. Dentre estes, cita-se alguns métodos descritos brevemente a seguir. A implementação do estudo de caso, entretanto, será realizada através do método de Apoio Multicritério à Decisão, AHP Clássico.

4.3.1 AHP Multiplicativo

O Método AHP Multiplicativo [22] foi proposto para superar pontos críticos do AHP Clássico. O AHP Clássico baseia-se em valores obtidos da comparação par a par das alternativas, gerando uma agregação aritmética. A proposta do AHP Multiplicativo é que esta agregação seja geométrica ao invés de aritmética [15]. Os autores também citam os pontos críticos do AHP Clássico que o AHP Multiplicativo visa superar:

- Escala Fundamental proposta por Saaty (1980).
- Uso do autovetor para cálculos dos “valores de impacto” das alternativas.
- Valores finais calculados por regra de média aritmética de agregação.

E os benefícios do AHP Multiplicativo são:

- Combinação das matrizes de comparação par a par em uma única matriz, da qual seriam obtidos os valores finais.
- Combinação dos valores de impacto sob determinado critério em um único vetor.

4.3.2 AHP Referenciado

O Método AHP Referenciado [52] foi proposto para superar o AHP Clássico no que diz respeito à controvérsia dos valores dos critérios e das alternativas. Pode ser considerada uma evolução do AHP Clássico, e em sua metodologia há a introdução de uma constante de proporcionalidade K .

4.3.3 AHP B-G

O Método AHP B-G [5] foi proposto para superar o problema de inversão de ordem quando há a inserção de uma nova alternativa no AHP Clássico.

Este capítulo apresentou o método AHP, sua formulação, as equações bem como os seus procedimentos de cálculos. O próximo capítulo empregará este método na solução de problemas de priorização de projetos em um portfólio de investimentos.

Capítulo 5

Estudo de Caso

Este capítulo visa realizar um estudo de caso para a aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* [39] na priorização de projetos de investimentos.

O estudo de caso é realizado em uma organização industrial, multinacional de grande porte. Foi escolhido para a realização da priorização o portfólio de projetos de investimentos desta empresa, que destina verba anual para a implantação destes, na ordem de 60 milhões de reais.

O nome da empresa, bem como os nomes reais dos projetos e seus respectivos escopos detalhados não serão revelados por questões de confidencialidade.

5.1 Contextualização

A organização industrial em questão realiza diversos tipos de projetos com o objetivo de manter, melhorar e inovar seu negócio. Estes podem ser realizados com a verba de CAPEX (investimento em bens de capital, do inglês *capital expenditure*) ou com a verba de OPEX (investimentos operacionais, do inglês, *operational expenditure*). Nesta pesquisa, serão considerados apenas os projetos realizados com a verba de CAPEX. Estes projetos caracterizam-se por aumentarem o ativo da empresa. O montante financeiro destinado a CAPEX neste tipo de negócio é consideravelmente impactante nos resultados financeiros da empresa, o que justifica a realização desta pesquisa.

5.2 Empresa

O portfólio de projetos de CAPEX da organização em questão é dividido em seis subportfólios corporativos, facilitando a gestão destes. Cada um destes subportfólios corresponde a uma parte da organização e é composto pelos projetos e programas referentes a esta área. A Figura 5.1 ilustra esta estrutura.

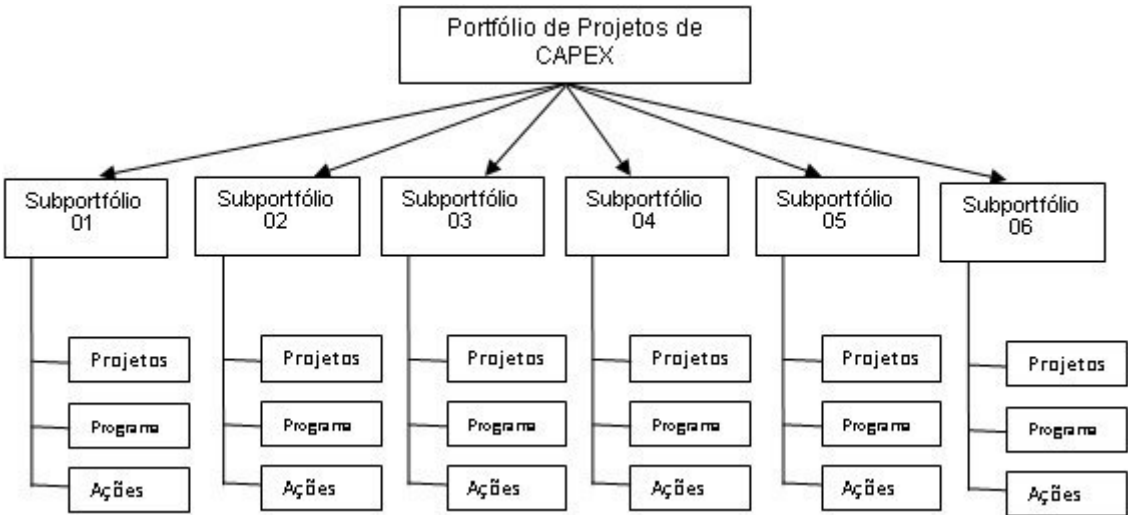


Figura 5.1: Estrutura do portfólio de projetos de investimento

A verba anual total destinada a projetos de investimento é dividida entre os subportfólios. Esta divisão é previamente estabelecida, conforme planejamento estratégico da empresa. O estudo de caso será realizado no Subportfólio 01, que recebeu 20% da verba total, ou seja, um montante de aproximadamente doze milhões de reais.

Existe uma gerência dedicada ao gerenciamento do portfólio dos projetos de CAPEX, bem como ao gerenciamento dos projetos nele contido, incluindo metodologia de gerenciamento de projetos e gestão técnica. A estrutura da equipe é apresentada no Quadro 19.

Equipe da área de gerenciamento de portfólio e projetos	
Gerente de portfólio	Também é o gerente funcional da área, sendo responsável pelo resultado do portfólio de CAPEX como um todo.
Gestores de portfólio	São responsáveis por cada um dos subportfólios.
Gerentes de projetos	São responsáveis por projetos específicos.
Especialistas	São parte da equipe do projeto.
PMO	Responsável pela metodologia de gestão de projetos e portfólio.
Equipe geral	Demais integrantes da equipe de gerenciamento dos projetos e portfólio

Quadro 19: Equipe da área de gerenciamento de portfólio e projetos

O entendimento do contexto organizacional é importante para compreensão da me-

metodologia de gerenciamento de projetos, que norteia a priorização dos projetos. Algumas premissas importantes são:

- Os objetivos e metas estratégicas são definidos pela alta administração no ano anterior à priorização dos projetos;
- A empresa possui metodologia própria de gerenciamento de projetos, programas e portfólios baseada nas boas práticas do PMI®;
- A empresa é bem posicionada em seu ramo de atuação;
- O capital a ser investido em projetos de CAPEX é sempre definido no ano anterior, com base no balanço patrimonial, posicionamento no setor e perspectivas de venda e produção. Nesta pesquisa considerar-se-á que este valor se mantém constante ao longo do ano.

5.3 Gerenciamento de Portfólio

O gerenciamento de portfólios é muito mais amplo que o processo de priorização de projetos. Para realização de um gerenciamento adequado, a organização em questão segue uma metodologia baseada nas boas práticas do PMI® para gerenciamento de portfólios. Conforme explicado no Capítulo três, os processos necessários para alinhamento do portfólio são:

- Identificação;
- Classificação;
- Avaliação;
- Seleção;
- Priorização;
- Balanceamento do Portfólio;
- Autorização.

Os próximos tópicos explicarão passo a passo como a empresa realiza todos os processos do gerenciamento de portfólio, até a etapa de priorização, onde será utilizado o método AHP.

5.3.1 Identificação

A primeira etapa para a definição do portfólio de projetos a ser implementado em uma organização é o levantamento das demandas. Como os projetos são frequentemente utilizados para atingimento dos objetivos estratégicos da organização, as principais fontes de demandas, conforme [29] são: Demanda de mercado, oportunidade ou necessidades, solicitação de cliente, avanço tecnológico e requisito legal.

A empresa em questão possui um banco de dados de projetos, ideias e oportunidades, que é periodicamente alimentado sempre que novas ideias, necessidades ou oportunidades surgem. Uma vez por ano é realizado o processo de identificação dos portfólios, ou seja, todas as informações do banco de oportunidades são analisadas para a definição do que será executado. O Banco de demandas contava com aproximadamente dez mil itens quando a pesquisa começou a ser realizada. Destas demandas, 20% referiam-se ao Subportfólio 01, ou seja, duas mil demandas.

5.3.2 Classificação

As demandas identificadas devem ser separadas por categorias. A primeira triagem é separar os projetos que se enquadram em CAPEX (investimento) dos que são considerados OPEX. Os projetos da primeira categoria são coordenados pela gerência de portfólio e os demais pelas áreas operacionais. Dos dois mil itens do banco de oportunidades, os projetos de investimento representam 30%, ou seja, 600 projetos.

Tratando-se de projetos de investimento em uma organização industrial, o Quadro 20 representa uma proposta de classificação para estes projetos. Esta classificação utilizada nesta pesquisa pode ser aplicada a qualquer organização industrial.

Categorias de projetos de investimento	
Classificação	Descrição
Manutenção de Ativos	Projetos que visam manter os ativos existentes, aumentando sua vida útil ou reestabelecendo sua funcionalidade e que não se enquadram em manutenção periódica.
Legislação	Projetos para atendimento à legislação.
Expansão	Projetos que visam aumentar a capacidade produtiva da empresa sejam através de novas unidades, ampliação ou modernização das existentes.
TI	Investimentos em softwares e hardwares.

Quadro 20: Categorias de projetos de investimento

Com base nesta classificação, os seiscentos projetos foram classificados da seguinte maneira: Manutenção de Ativos: 240, Legislação: 210, Expansão: 60 e TI: 90.

5.3.3 Avaliação

O objetivo do processo de avaliação é verificar a viabilidade técnico-operacional de cada projeto, ou seja, a equipe deve avaliar todos os aspectos do projeto e registrar as informações, para que os projetos possam ser selecionados adequadamente.

Para garantir efetividade, a avaliação deve ser realizada por equipes multidisciplinares. Pelo volume de projetos, as avaliações podem ser realizadas por diversas equipes. A Figura 5.2 exemplifica as especialidades ou áreas da organização que devem compor cada equipe multidisciplinar, garantindo eficiência nas avaliações.

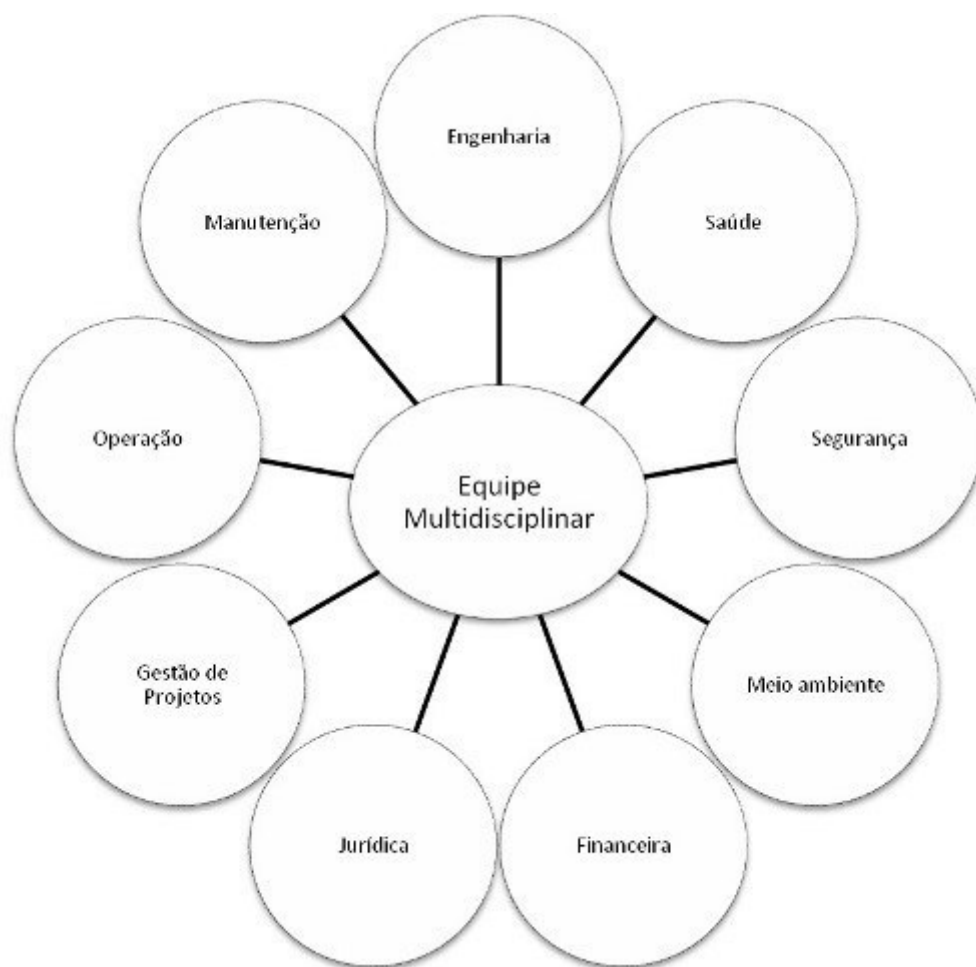


Figura 5.2: Equipe Multidisciplinar para avaliação técnica dos projetos

O nome das áreas pode variar conforme a estrutura de cada empresa. Neste estudo de caso, representantes de todas as áreas sugeridas foram envolvidos.

No processo de avaliação, as equipes descartaram 50% dos projetos, uma vez que estes não se mostraram viáveis, seja tecnicamente ou financeiramente. Desta maneira,

após esta fase, a lista de projetos ficou com 300 projetos.

5.3.4 Seleção

A lista dos projetos, já classificados e com as considerações da avaliação das equipes multidisciplinares deve ser enviada aos gerentes funcionais para que estes, juntamente com suas equipes, selecionem os projetos que mais contribuirão com suas respectivas áreas operacionais, sob a ótica do planejamento estratégico. Após a etapa de avaliação, o número de projetos ainda é muito grande (300), e o esforço de aplicação de um método multicritério para a seleção seria muito grande, sendo, por isso, o know how dos gerentes e suas equipes a ferramenta mais eficiente nesta fase. Desta maneira, foi dado aos gerentes a incumbência de selecionar 20% dos projetos que mais atenderiam às suas necessidades, ficando assim, 60 projetos selecionados. A Seleção deveria ser feita de maneira proporcional à cada classificação.

A Tabela 5.1 representa a triagem dos projetos entre as etapas de identificação e seleção.

Processo	Início	Fim						
Identificação	-	10.000	Subpotfólio 01 20% = 2.000					
Classificação	2.000	CAPEX total 30% = 600	Manut. 40% = 240	Legisl. 35% = 210	Exp. 10% = 60	TI 15% = 90		
Avaliação	600	Projetos viáveis 50% = 300	Manut. 120	Legisl. 105	Exp. 30	TI 45		
Seleção	300	Projetos selecionados 20% = 60	Manutenção 24	Legislação 21	Expansão 6	TI 9		

Tabela 5.1: Triagem de projetos

5.3.5 Priorização

A lista de projetos após a fase anterior (60), de Seleção, já é bem menor que a lista inicial do banco de oportunidades, como espera-se que seja. Entretanto, conforme já descrito anteriormente, as organizações devem avaliar muito cuidadosamente onde investir seus recursos. Por isso, torna-se necessário priorizar os projetos, para garantir que aqueles que estão mais alinhados com os objetivos organizacionais sejam tratados como prioridade.

A proposta deste trabalho de pesquisa é a utilização do método AHP nesta etapa do gerenciamento do portfólio de projetos, especificamente nos projetos de Expansão isto é, os seis projetos identificados pela equipe multidisciplinar da empresa, que possuem

a característica de expansão da empresa. Os projetos de Expansão foram selecionados, tendo em vista, que estes são projetos mais complexos e que demandam mais recursos, justificando desta forma um estudo mais detalhado.

5.3.6 Balanceamento do Portfólio

O portfólio priorizado deve ser balanceado com base na experiência e know how da alta liderança, alterações do mercado, alterações em metas estratégicas e diretrizes organizacionais. Entretanto, o escopo deste trabalho de pesquisa não contemplará este processo.

5.3.7 Autorização

Os projetos com orçamento liberados devem ser autorizados a iniciados. Entretanto, o escopo deste trabalho de pesquisa não contemplará este processo.

O objetivo deste trabalho de pesquisa não é discutir a metodologia de gerenciamento de portfólios como um todo, mas a utilização do método AHP (Saaty, 1980) no processo de Priorização, dos projetos de CAPEX, especificamente os classificados como Expansão. Desta maneira, seis projetos serão ordenados com base em sua contribuição às metas estratégicas da empresa.

5.4 Processo de Priorização dos Projetos

O método AHP será utilizado como ferramenta no processo de Priorização dos projetos classificados como expansão e que já foram pré-selecionados nas fases de Identificação, Classificação, Avaliação e Seleção. Os passos apresentados no Quadro 18 nortearão o desenvolver desta etapa.

Os atores do processo de decisão para a priorização foram representantes da alta liderança, incluindo gerentes de diferentes áreas operacionais e gestores de portfólio. É importante ressaltar que todas as avaliações foram resultado de consenso entre a equipe.

5.4.1 Definição do problema

Neste estudo de caso, o objetivo (problema) consiste na priorização de projetos em um portfólio de investimentos, de maneira que o portfólio contribua ao máximo para o

atingimento dos objetivos do planejamento estratégico.

5.4.2 Definição dos critérios e subcritérios

A definição dos critérios e subcritérios deve refletir a realidade de uma organização industrial de grande porte no que diz respeito a projetos de investimentos. Os critérios que foram definidos para este segundo nível da hierarquia refletem os pilares que norteiam a tomada de decisão gerencial.

- C_1 - Financeiro.
- C_2 - Clientes e mercado.
- C_3 - Processos e produção.
- C_4 - Pessoas.

Cada um dos critérios foi subdividido em subcritérios.

O Critério Financeiro C_1 representa a contribuição com os objetivos financeiros da organização. Este critério é de suma importância, afinal, o resultado financeiro é imprescindível para o sucesso de qualquer organização. Este critério foi subdividido em quatro subcritérios:

- C_{11} : Valor Absoluto (VA) do projeto: representa o montante geral a ser despendido para a realização do projeto.
- C_{12} : Valor Presente Líquido (VPL) do projeto: traz a valor presente os ganhos e gastos do projeto tanto durante sua implantação quanto dos benefícios ao longo do ciclo de vida do seu resultado.
- C_{13} : Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto: taxa de desconto hipotética aplicada a um fluxo de caixa que tem como objetivo avaliar a atratividade do investimento.
- C_{14} : *Payback* do projeto: tempo para retorno do capital investido.

O Critério CLIENTES E MERCADO C_2 está relacionado ao posicionamento da organização sobre seu market share, incluindo estratégias de conquistar e reter clientes. Esta relacionada a este critério a satisfação do usuário final e das partes interessadas. Está subdividido em dois subcritérios:

- C_{21} : Vendas: representa o volume de vendas.
- C_{22} : *Market share*: representa a fatia do mercado que a empresa possui.

O Critério PROCESSO E PRODUÇÃO C_3 está relacionada à capacidade produtiva, ou capacidade operacional da empresa. Trata-se de um critério importante, pois pode limitar o crescimento da empresa ou impedi-la de se tornar competitiva. Também está relacionada à capacidade dos recursos, manutenção e desenvolvimento de ativos. Está subdividida em três critérios:

- C_{31} : Custo de Produção: representa o custo para a produção.
- C_{32} : Eficiência operacional: representa o percentual da capacidade produtiva que a empresa utiliza.
- C_{33} : Capacidade Produtiva: representa a capacidade que a empresa tem de produzir.

O Critério PESSOAS C_4 está relacionado ao envolvimento das pessoas para atingimento das metas estratégicas. O perfil de risco da empresa influencia diretamente este critério. E ele está subdividido em quatro subcritérios:

- C_{41} : Clima organizacional: está relacionado à satisfação dos colaboradores.
- C_{42} : Comprometimento organizacional: representa o quanto as pessoas da organização estão comprometidas com os objetivos estratégicos
- C_{43} : Saúde e Segurança: representa os indicadores de saúde e segurança, bem como os investimentos da empresa nesta área e o impacto destes nas metas organizacionais.

5.4.3 Definição das Alternativas

As Alternativas neste caso são os projetos Classificados como Expansão no Subport-fólio 01.

- Projeto 01 (P_1): Construção de novo galpão para armazenamento de produto acabado.
- Projeto 02 (P_2): Aquisição de equipamento para expansão da capacidade da linha produtiva principal.

- Projeto 03 (P_3): Modernização do equipamento existente para aumento da capacidade da linha produtiva principal.
- Projeto 04 (P_4): Aquisição de nova subestação elétrica.
- Projeto 05 (P_5): Modernização e adequação de linha de produção secundária para fabricação de um novo produto.
- Projeto 06 (P_6): Aquisição de nova ponte rolante para aumento da capacidade de produção da linha principal.

Todos os projetos visam expandir o negócio. Para a avaliação dos projetos é importante compreender o contexto organizacional. Para tal, segue algumas premissas:

- Trata-se de uma empresa conservadora para assumir riscos;
- Os projetos de segurança são sempre considerados importantes para a alta organização;
- A organização está inserida em um mercado onde há possibilidade de expansão das vendas, ou seja, tudo o que for produzido a mais será vendido.

O projeto P_1 refere-se à construção de novo galpão para armazenamento de produto acabado e demandará um CAPEX de R\$ 2.600.000 para sua implementação. Os indicadores de VPL, TIR e *payback* são considerados muito ruins. Sua implantação terá impacto muito baixo na produção (custo de produção, eficiência operacional ou capacidade produtiva). Atualmente, a área de armazenamento de produto acabado da empresa é insuficiente, gerando riscos de segurança, insatisfação da equipe de trabalho e perdas de vendas, uma vez que o estoque é pequeno e nem sempre a produção consegue atender o prazo solicitado pela equipe comercial. Este projeto aumentará em 50% a área de estocagem do produto acabado, tendo alto impacto positivo nas questões de segurança e médio impacto nas vendas e no *market share*. A expansão terá impacto muito positivo no clima organizacional. A organização está altamente comprometida com este projeto.

O projeto P_2 refere-se à aquisição de novo equipamento para expansão da capacidade da linha produtiva principal e demandará CAPEX de R\$1.200.000 para a aquisição e instalação do equipamento. Este equipamento não substituirá o existente, mas complementará sua produção. VPL e TIR do projeto são considerados de médio a bom e o *payback* é considerado médio. Haverá aumento da capacidade de produção do produto

principal, sendo que o aumento da capacidade geral da empresa será de aproximadamente 15%, o que é considerado muito bom. Este novo equipamento vem com nova tecnologia, melhorando altamente a eficiência operacional e possibilitando uma média redução no custo de produção. Como haverá maior produção, haverá alto impacto positivo nas vendas e no *market share*. A aquisição terá impacto mediano no clima organizacional. A organização está muito pouco comprometida com este projeto e este não proporciona melhoras nos quesitos de saúde e segurança.

O projeto P_3 refere-se à modernização de um equipamento existente para aumento da capacidade da linha produtiva principal. Este serviço demandará um investimento de CAPEX de R\$400.000. O VPL e a TIR do projeto são consideradas boas e o *payback* muito bom. Uma vez implementado, esta modernização resultará em um aumento da capacidade produtiva geral da empresa em 10%, o que é considerado alto. Este projeto também possibilitará redução no custo de produção similar a P_2 , mas melhoria na eficiência operacional menor que P_2 . O impacto nas vendas e no *market share* será similar ao proporcionado por P_2 . Haverá alto impacto positivo no clima organizacional, característico de todo projeto de modernização ou melhoria na operação. A área de saúde e segurança também terá alto impacto positivo, pois a modernização do equipamento eliminará riscos hoje existentes. Há um médio comprometimento organizacional em relação a este projeto.

O Projeto P_4 refere-se à aquisição de nova subestação elétrica e demanda CAPEX de R\$1.200.000 para aquisição e instalação da subestação. Esta subestação visa garantir que, caso a atual sofra algum impacto, a empresa não fique sem produzir. Desta maneira, os indicadores financeiros VPL, TIR, *payback* são considerados muito ruins. Há um alto comprometimento organizacional com este projeto, pois caso a subestação atual venha a falhar, o tempo de construção de uma nova seria muito longo. O projeto praticamente não impacta vendas, *market share*, custo de produção, eficiência operacional, capacidade produtiva, clima organizacional ou saúde e segurança.

O projeto P_5 , que se refere à modernização e adequação de linha de produção secundária para fabricação de um novo produto, demanda CAPEX de R\$150.000 e apresenta indicadores financeiros (VPL, TIR e *payback*) considerados muito bons. Este projeto aumentará a capacidade produtiva da empresa em 10%, impactando positivamente tanto nas vendas quanto no *market share*, uma vez que possibilitará à empresa a fabricação de novos produtos e que há mercado para estes produtos. Estes novos produtos possuem mesmo custo de produção e mesma eficiência operacional. Haverá alto impacto positivo

no clima organizacional e a organização esta altamente comprometida com este projeto. Os benefícios em saúde e segurança também serão muito altos.

O projeto P_6 refere à aquisição de nova ponte rolante para aumento da capacidade de produção da linha principal e demanda CAPEX de R\$500.000. Os indicadores VPL, TIR e *payback* são considerados bons. O impacto na capacidade de produção será muito baixo, mas a melhoria na eficiência será muito alta. O custo de produção também terá alto impacto positivo. O projeto trará alto impacto em vendas e no *market share*. O impacto em Saúde e Segurança será muito significativo, uma vez que a nova ponte utiliza nova tecnologia, eliminando vários riscos existentes na ponte atual, consequentemente, também haverá impacto muito alto no clima organizacional. A organização está medianamente comprometida com este projeto.

5.4.4 Montagem da estrutura hierárquica de decisão

A estrutura hierárquica é a representação gráfica dos objetivos, critérios, subcritérios e alternativas em uma árvore de decisão. A Figura 5.3 representa a árvore hierárquica deste estudo de caso.

5.4.5 Montagem da matriz de comparação pareada dos critérios

A montagem da matriz de comparação pareada dos critérios é resultado do consenso da equipe multidisciplinar formada por representantes da média e alta liderança da empresa.

Os critérios de segundo nível foram avaliados com base no objetivo de priorizar um portfólio que melhor auxiliasse ao atendimento das metas estratégicas da organização, conforme mostrado na Tabela 5.2. Na matriz de comparação, cada valor a_{ij} representa a importância de i sobre j , ou seja, se a_{ij} é igual a 1, significa que o critério i tem igual importância ao critério j . Se a_{ij} é maior que 1, significa que i é mais importante que j e se a_{ij} é menor que 1, significa que j é mais importante que i .

Relação entre critérios de Segundo Nível				
	Financeiros	Clientes e Mercado	Processos e Produção	Pessoas
Financeiro	1	1/3	3	5
Clientes e Mercado	3	1	5	9
Processos e Produção	1/3	1/5	1	3
Pessoas	1/5	1/9	1/3	1

Tabela 5.2: Relação entre critérios de Segundo Nível

Observando-se o resultado da comparação entre os critérios de segundo nível mostrado na Tabela 03 é possível perceber que o critério Clientes e Mercado foi considerado o mais

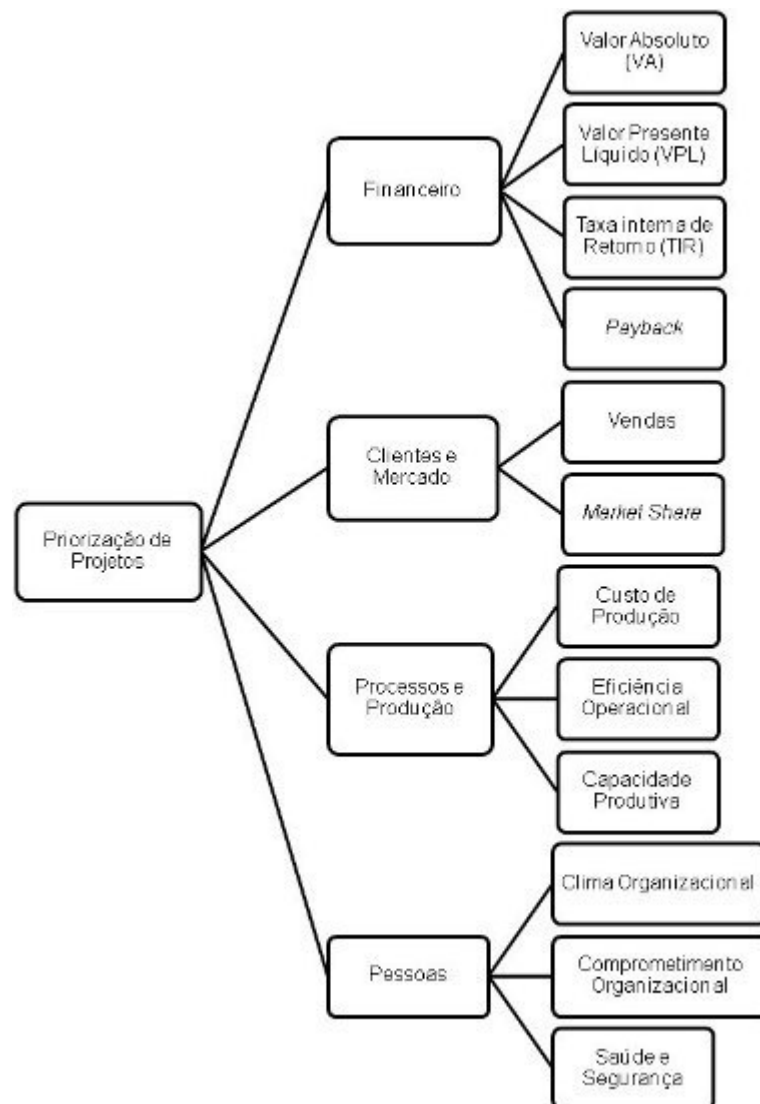


Figura 5.3: Árvore de Hierarquia de critérios e subcritérios

importante, o que faz sentido, uma vez a principal meta estratégica da empresa é aumentar sua participação no mercado. O critério clientes e mercado foi considerado três vezes mais importante que o critério Financeiro, cinco vezes mais importante que o critério Processo e Produção e nove vezes mais importante que o critério Pessoas. O segundo critério mais importante foi o Financeiro, o que também faz sentido, uma vez que a empresa visa tornar-se mais competitiva e pra isso necessita dos resultados financeiros positivos. O critério financeiro foi considerado cinco vezes mais importante que processos e produção e três vezes mais importante que pessoas. O terceiro critério mais importante foi processo e produção, sendo três vezes mais importante que o critério pessoas. O critério pessoas foi considerado pela liderança menos crucial para atendimento às metas estratégicas, o que também faz sentido, uma vez que uma das metas da empresa é justamente reduzir o quadro de funcionários e nos anos anteriores já investiu em programas de treinamento e desenvolvimento que atualmente já faz parte da rotina da empresa.

Com base nesta linha de raciocínio os subcritérios foram avaliados e os resultados são apresentados nas Tabelas 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6.

Relação entre subcritérios do critério Financeiro				
	VA	VPL	TIR	<i>Payback</i>
VA	1	9	5	3
VPL	1/9	1	1	1/7
TIR	1/5	1	1	1/5
<i>Payback</i>	1/3	7	5	1

Tabela 5.3: Relação entre subcritérios do critério Financeiro

Relação entre os subcritérios do critério clientes e mercado		
	Vendas	<i>Market share</i>
Vendas	1	1/3
<i>Market share</i>	3	1

Tabela 5.4: Relação entre subcritérios do critério Clientes e Mercado

Relação entre os subcritérios do critério Processos e Produção			
	Custo de Produção	Eficiência Operacional	Capacidade Produtiva
Custo de Produção	1	1	1
Eficiência Operacional	1	1	1
Capacidade Produtiva	1	1	1

Tabela 5.5: Relação entre subcritérios do critério Processos e Produção

Na Tabela 5.5 vale ressaltar que a equipe avaliou que todos os subcritérios contribuem no mesmo nível de importância para o critério processo e produção. Os subcritérios devem ser mantidos, entretanto, pois em outro momento a avaliação pode ser diferente.

Relação entre os subcritérios do critério Pessoas			
	Clima Organizacional	Comprometimento Organizacional	Saúde e Segurança
Clima Organizacional	1	1/5	1/9
Comprometimento Organizacional	5	1	1/3
Saúde e Segurança	9	3	1

Tabela 5.6: Relação entre subcritérios do critério Pessoas

5.4.6 Montagem das matrizes de comparação pareada de cada alternativa

Ao se analisar o Valor absoluto do projeto, os tomadores de decisão consideram apenas o montante a ser desembolsado, sem mais preferível o projeto de menor valor. Os valores, conforme orçamento realizado pela equipe de engenharia, são: P1: R\$ 2.600.000; P2: R\$ 1.200.000; P3: R\$ 400.000; P4: R\$ 1.200.000; P5: R\$ 150.000 e P6: R\$ 500.000.

Para este subcritério foi realizada uma proporção entre os valores, sendo que o projeto de menor valor absoluto seria 9 vezes mais preferível que o projeto de menor valor absoluto. Com base nesta lógica, a Tabela 5.7 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{11} : Valor Absoluto (VA) do projeto.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{11}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/3	1/8	1/3	1/9	1/6
P2	3	1	1/4	1	1/4	1/3
P3	7	3	1	3	1/2	2
P4	3	1	1/4	1	1/4	1/3
P5	9	4	2	4	1	2
P6	6	3	1/2	3	1/2	1

Tabela 5.7: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{11}

A Tabela 5.8 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{12} : Valor Presente Líquido (VPL) do projeto.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{12}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/6	1/7	1	1/9	1/7
P2	6	1	1/2	6	1/4	1/2
P3	7	2	1	7	1/3	1
P4	1	1/6	1/7	1	1/9	1/7
P5	9	4	3	9	1	3
P6	7	2	1	7	1/3	1

Tabela 5.8: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{12}

A Tabela 5.9 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{13} : Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto.

A Tabela 5.10 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{14} : *Payback* do projeto.

A produção de um novo produto, que será possível a partir da implementação do

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{13}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/6	1/7	1	1/9	1/7
P2	6	1	1/2	6	1/4	1/2
P3	7	2	1	7	1/3	1
P4	1	1/6	1/7	1	1/9	1/7
P5	9	4	3	9	1	3
P6	7	2	1	7	1/7	1

Tabela 5.9: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{13}

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{14}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/5	1/8	1	1/9	1/7
P2	5	1	1/4	5	1/5	1/3
P3	8	4	1	8	1/2	2
P4	1	1/5	1/8	1	1/9	1/7
P5	9	5	2	9	1	3
P6	7	3	1/2	7	1/3	1

Tabela 5.10: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{14}

P5, tem impacto muito alto nas vendas, pois possibilitará à equipe comercial prospectar novos clientes. Conforme já descrito nas premissas, há mercado para tal. Os projetos que aumentam a capacidade de produção, P2, P3 e P6, tem alto impacto nas vendas, pois ainda há mercado para expansão nesta área. P1 tem impacto médio nas vendas, pois atualmente há perdas de clientes devido à falta de confiabilidade na entrega dos produtos. P4 tem impacto muito baixo em vendas. A Tabela 5.11 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{21} : Vendas.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{21}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/3	1/3	5	1/5	1/3
P2	3	1	1	7	1/3	1
P3	3	1	1	7	1/3	1
P4	1/5	1/7	1/7	1	1/9	1/7
P5	5	3	3	9	1	3
P6	3	1	1	7	1/3	1

Tabela 5.11: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{21}

O impacto dos projetos no *market share* acontece nas mesmas proporções que em vendas. A Tabela 5.12 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{22} : Market Share.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{22}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/3	1/3	5	1/5	1/3
P2	3	1	1	7	1/3	1
P3	3	1	1	7	1/3	1
P4	1/5	1/7	1/7	1	1/9	1/7
P5	5	3	3	9	1	3
P6	3	1	1	7	1/3	1

Tabela 5.12: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{22}

A Tabela 5.13 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{31} : Custo de Produção.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{31}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/5	1/7	1	1/7	1/7
P2	5	1	1/3	5	1/3	1/3
P3	7	3	1	7	1	1
P4	1	1/5	1/7	1	1/7	1/7
P5	7	3	1	7	1	1
P6	7	3	1	7	1	1

Tabela 5.13: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{31}

A Tabela 5.14 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{32} : Eficiência operacional.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{32}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/7	1/7	1	1/3	1/9
P2	7	1	1	7	5	1/3
P3	7	1	1	7	5	1/3
P4	1	1/7	1/7	1	1/3	1/9
P5	3	1/5	1/5	3	1	1/7
P6	9	3	3	9	7	1

Tabela 5.14: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{32}

A Tabela 5.15 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{33} : Capacidade Produtiva.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{33}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	1/9	1/7	1	1/7	1
P2	9	1	3	9	3	9
P3	7	1/3	1	7	1	7
P4	1	1/9	1/7	1	1/7	1
P5	7	1/3	1	7	1	7
P6	1	1/9	1/7	1	1/7	1

Tabela 5.15: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{33}

O clima organizacional é impactado negativamente quando há situações inseguras para a equipe e é impactado positivamente quando estas situações são sanadas ou quando há melhorias nos equipamentos. Construções também impactam positivamente o clima. A Tabela 5.16 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{41} : Clima organizacional

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{41}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	5	3	7	3	1
P2	1/5	1	1/3	3	1/3	1/5
P3	1/3	3	1	5	1	1/3
P4	1/7	1/3	1/5	1	1/5	1/7
P5	1/3	3	1	5	1	1/3
P6	1	5	3	7	3	1

Tabela 5.16: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{41}

O comprometimento organizacional está muito relacionado com a preferência e feeling da alta liderança. Desta maneira, o comprometimento organizacional é: muito alto

para P_5 , alto para P_1 e P_4 , médio para P_3 e P_6 e baixo para P_2 . A Tabela 5.17 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{42} : Comprometimento organizacional.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{42}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	5	3	1	1/3	3
P2	1/5	1	1/3	1/5	1/7	1/3
P3	1/3	3	1	1/3	1/5	1
P4	1	5	3	1	1/3	3
P5	3	7	5	3	1	5
P6	1/3	3	1	1/3	1/5	1

Tabela 5.17: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{42}

A Galpão atual onde os produtos acabados são armazenados, estão super lotados, representando risco de segurança. Desta maneira, o projeto P_1 representa impacto muito alto neste subcritério. A Ponte rolante que atende ao produto principal está obsoleta, necessitando de interferências constantes do homem durante o carregamento, o que representa risco significativo tanto na saúde (ergonomia) quanto na segurança. Desta maneira, o projeto P_6 também possui impacto muito alto neste subcritério. As linhas de produção tanto do produto principal quanto do secundário estão obsoletas, apresentando diversos riscos ergonômicos e exposições dos operadores à riscos de segurança. Desta maneira, os projetos P_3 e P_5 representam alto impacto no subcritério saúde e segurança. Os projetos P_2 e P_4 praticamente não impactam neste subcritério, podendo ser o impacto considerado muito baixo. A Tabela 5.18 representa a comparação par a par dos projetos (alternativas) em relação ao subcritério C_{43} : Saúde e Segurança.

Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{43}						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	1	9	3	9	3	1
P2	1/9	1	1/7	1	1/7	1/9
P3	1/3	7	1	7	1	1/3
P4	1/9	1	1/7	1	1/7	1/9
P5	1/3	7	1	7	1	1/3
P6	1	9	3	9	3	1

Tabela 5.18: Avaliação dos projetos em relação ao subcritério C_{43}

5.4.7 Obtenção dos vetores de prioridade dos critérios e peso das decisões

Os passos para obtenção do vetor prioridade são:

- Normalizar a matriz.
- Dividir cada valor da matriz pelo valor da soma da coluna.

- Encontrar a média aritmética da contribuição de cada critério (linha)

Relação entre critérios de Segundo Nível				
	Financeiros	Clientes e Mercado	Processos e Produção	Pessoas
Financeiro	1	1/3	3	5
Clientes e Mercado	3	1	5	9
Processos e Produção	1/3	1/5	1	3
Pessoas	1/5	1/9	1/3	1
Total	4,53	1,64	9,33	18,00
Resultados Financeiro	$1 / 4,53 = 0,22$	0,20	0,32	0,28
Clientes e Mercado	$3 / 4,53 = 0,66$	0,61	0,54	0,50
Processos e Produção	$1/5 / 4,53 = 0,07$	0,12	0,11	0,17
Pessoas	$1/3 / 4,53 = 0,04$	0,07	0,04	0,06

Tabela 5.19: Matriz comparativa normalizada dos critérios de segundo nível

A Contribuição de cada critério para o vetor prioridade é dada pela média da contribuição deste critério relativamente a cada outro critério, conforme Tabela 5.20.

Contribuição de cada critério para o vetor prioridade	
Financeiro	$(0,22+0,20+0,32+0,28)/4 = 0,26$
Clientes e Mercado	$(0,66+0,61+0,54+0,50)/4 = 0,58$
Processos e Produção	$(0,07+0,12+0,11+0,17)/4 = 0,12$
Pessoas	$(0,04+0,07+0,03+0,06)/4 = 0,05$

Tabela 5.20: Contribuição dos critérios para o vetor prioridade

A determinação da contribuição de cada critério na meta organizacional é calculada a partir do vetor de prioridade. O vetor prioridade apresenta os pesos relativos entre os critérios e é obtido de através da média aritmética dos valores de cada um dos critérios. Outras proposições de cálculo do vetor de prioridade podem ser obtidos através da média geométrica. O somatório dos valores do vetor sempre totaliza 1 (um). Os valores encontrados para o vetor prioridade representam a participação (peso) daquele critério no resultado total do objetivo. A Tabela 5.20 mostra que o critério financeiro contribui 26% para atingimento das metas organizacionais, clientes e mercado, 58%, processo e produção 12% e pessoas 5%.

O próximo passo do processo é verificar a inconsistência dos dados. O índice de inconsistência é calculado através do somatório do produto de cada elemento do vetor prioridade pelo total da respectiva coluna da matriz comparativa original.

Vetor Prioridade	Financeiros	Clientes e Mercado	Processos e Produção	Pessoas
	0,26	0,58	0,12	0,05
Total soma	4,53	1,64	9,33	18
λ_{Max}	$0,26*4,53+0,58*1,64+0,12*9,33+0,05*18 = 4,11$			

Tabela 5.21: Cálculo do λ_{Max} para critérios de segundo nível

Conforme exposto no Capítulo 4, o índice de consistência é calculado.

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) = (4,11-4)/(4-1) = 0,038$$

$CR=IC / RI$, neste caso $RI = 0,9$ $CR = 0,038 / 0,9 = 0,04$, o que significa que a matriz é consistente, uma vez que a RC para matriz de ordem quatro é 0,10.

De maneira, similar, os cálculos foram feitos para todos os subcritérios, conforme demonstrado no anexo 1. Verificou-se no cálculo das RC dos subcritérios em relação aos critérios e dos projetos em relação aos subcritérios que todas as matrizes resultantes das comparações par a par eram consistentes. Apenas para o critério Processos e Produção, como o peso referente a cada subcritério foi igual a 1, não foi necessário realizar os cálculos desta maneira, foi possível definir que cada subcritério contribui igualmente com 33,33% do peso.

O peso final dos subcritérios ficou da seguinte maneira:

- VA: 55%, VPL: 6%, TIR: 8% e payback 31%.
- Vendas 25% e Market Share 75%.
- Custo de produção: 33,33%, Capacidade de produção: 33,33% e eficiência operacional 33,33%
- Clima organizacional: 6%, comprometimento organizacional: 27%, saúde e segurança: 67%

A contribuição de cada subcritério pode ser encontrada através da multiplicação do peso do subcritério em relação ao critério pelo peso do critério em relação ao objetivo geral. A Tabela 24 apresenta o resultado.

Peso do critério em relação ao objetivo	Peso do subcritério em relação ao critério	Peso do subcritério em relação ao objetivo
Financeiro 25,6%	VA: 55%	14,08%
	VPL: 6%	1,536%
	TIR: 8%	2,048%
	Payback: 31%	7,936%
Clientes e Mercado: 57,6%	Vendas: 25%	14,4%
	Market Share: 75%	43,2%
Processos e Produção: 11,7%	Custo de Produção: 33,33%	3,9%
	Capacidade de Produção: 33,33%	3,9%
	Eficiência Operacional: 33,33%	3,9%
Pessoas 5,1%	Clima organizacional: 6%	0,31%
	Comprometimento organizacional: 27%	1,37%
	Saúde e segurança: 67%	3,41%

Tabela 5.22: Peso dos subcritérios em relação ao objetivo

5.4.8 Realização da avaliação global de cada alternativa

Para entender como cada alternativa (projeto) contribui para o objetivo global, é necessário entender a contribuição de cada alternativa em relação aos subcritérios.

Subcritério	P1	P2	P3	P4	P5	P6
VA	0,45%	1,12%	3,53%	1,12%	5,09%	2,76%
VPL	0,05%	0,20%	0,30%	0,05%	0,64%	0,30%
TIR	0,06%	0,27%	0,40%	0,06%	0,87%	0,37%
Payback	0,24%	0,79%	2,09%	0,28%	3,09%	1,45%
Vendas	1,07%	2,40%	2,40%	0,37%	5,76%	2,40%
Market Share	3,21%	7,19%	7,19%	1,12%	17,29%	7,19%
Custo de Produção	0,14%	0,47%	1,05%	0,14%	1,05%	1,05%
Capacidade de Produção	0,13%	0,84%	0,84%	0,13%	0,27%	1,69%
Eficiência Operacional	0,15%	1,72%	0,87%	0,15%	0,87%	0,15%
Clima organizacional	0,10%	0,02%	0,04%	0,01%	0,04%	0,10%
Comprometimento organizacional	0,26%	0,05%	0,11%	0,26%	0,58%	0,11%
Saúde e segurança	1,11%	0,10%	0,50%	0,10%	0,50%	1,11%
Total	6,95%	15,18%	19,34%	3,78%	36,07%	18,68%

Tabela 5.23: Contribuição dos projetos em relação aos subcritérios

Sendo assim, os projetos preferíveis devem ser aqueles que mais contrinuiem para o objetivo organizacional. A ordem de priorização dos projetos, portanto, ficou assim:

- Primeiro projeto: P₅ (Contribui 36,07% com o objetivo final)
- Segundo projeto: P₃ (Contribui 19,34% com o objetivo final)
- Terceiro Projeto: P₆ (Contribui 18,68% com o objetivo final)
- Quarto Projeto: P₂ (Contribui 15,18% com o objetivo final)
- Quinto Projeto: P₁ (Contribui 6,95% com o objetivo final)
- Sexto Projeto: P₄ (Contribui 3,78% com o objetivo final)

A ordem em que os projetos foram priorizados faz sentido e foi aprovada pela equipe multidisciplinar que avaliou os projetos e pela alta liderança da organização.

5.5 Análise de Sensibilidade

A realização da análise de sensibilidade é de suma importância para compreender como a priorização de comporta caso o peso de cada subcritério mude.

Realizou-se alteração do peso do VA do projeto em 10% a mais, essa modificação não alterou a ordem da priorização.

- Primeiro projeto: P₅ (Contribuiria com 35,24% com o objetivo final)
- Segundo projeto: P₃ (Contribui 19,38% com o objetivo final)
- Terceiro Projeto: P₆ (Contribui 19,24% com o objetivo final)

- Quarto Projeto: P_2 (Contribui 14,75% com o objetivo final)
- Quinto Projeto: P_1 (Contribui 6,82% com o objetivo final)
- Sexto Projeto: P_4 (Contribui 4,23% com o objetivo final)

Já a alteração da alteração do peso do VA 10% a menos, implicou na inversão de prioridade de P_3 e P_6 . Porém é importante ressaltar que a contribuição de P_3 e P_6 é bem próxima.

- Primeiro projeto: P_5 (Contribuiria com 35,28% com o objetivo final)
- Segundo projeto: P_6 (Contribui 19,12% com o objetivo final)
- Terceiro Projeto: P_3 (Contribui 19,03% com o objetivo final)
- Quarto Projeto: P_2 (Contribui 15,20% com o objetivo final)
- Quinto Projeto: P_1 (Contribui 7,09% com o objetivo final)
- Sexto Projeto: P_4 (Contribui 4,01% com o objetivo final)

Esta análise de sensibilidade mostra que o resultado da priorização do portfólio é pouco sensível em relação ao VA. Para melhor compreensão do impacto de cada variável, seria válido realizar a análise de sensibilidade para cada critério e cada subcritério.

Este capítulo visou aplicar o método AHP na priorização de projetos de Investimento. Todas as etapas foram implementadas, mostrando a eficiência do método.

Capítulo 6

Conclusões

6.1 Verificação dos objetivos

O processo de priorização de projetos em um portfólio de projetos de investimentos é de suma importância para as organizações. Entretanto, como há muitas variáveis envolvidas nesta tomada de decisão, para que esta priorização aconteça de maneira assertiva, é necessário utilizar as metodologias e ferramentas adequadas. O Project Management Institut orienta sobre as melhores práticas para esta priorização, bem como para todo o contexto de gerenciamento de projetos antes, durante e depois desta priorização. Muitas vezes, porém, as empresas ainda falham na maneira como o processo da priorização acontece, pois negligenciam muitos fatores considerados qualitativos. Neste contexto foi agregado o conceito de apoio multicritério à decisão, em que o método Analytic Hierarchy Process (AHP) foi utilizado como ferramenta neste processo de priorização. Vários trabalhos vêm sendo realizado neste contexto, pois ambos os conteúdos, gerenciamento de projetos e apoio multicritério à decisão tem se mostrado cada vez mais importantes e com mais aplicações práticas. Este trabalho mostrou um passo a passo detalhado e estruturado para a utilização conjunta destes conceitos, realizando um estudo de caso e comprovando a eficiência da proposta.

É importante ressaltar que a utilização do método AHP, além de ter estruturado o processo de priorização, gerou maior discussão entre a equipe sobre vários aspectos organizacionais importantes no contexto da tomada de decisão. O entendimento de todos os critérios financeiros foi importante para que todos compreendessem o impacto individual de cada projeto, questionando seus custos e retornos individuais. A compreensão do impacto nas vendas e no market share fez com que a equipe reavaliasse estratégias de vendas e aumentou a compreensão de todos sobre a situação do mercado e da indústria. Os ques-

tionamentos sobre o impacto na operação gerou demandas para melhorias operacionais simples. A compreensão do que impacta o clima organizacional fez com que as lideranças avaliassem outros meios de impactarem positivamente no clima sem investimentos consideráveis. O entendimento, e até mesmo conhecimento, do que estava inseguro chamou atenção para ações de mitigação dos riscos existentes. Ou seja, é notável o impacto que a aplicação de um método como o AHP não se resume apenas àquilo a que ele se propõe de imediato, mas os benefícios são extremamente positivo em todo o contexto além da situação.

Além disso, o esforço para a realização desta avaliação ainda é menor que os custos de decisões erradas, principalmente quando se trata de projetos de CAPEX em uma indústria, cujos custos de investimento são bem consideráveis.

6.2 Propostas para trabalhos futuros

Como porposta para realização de trabalhos futuros, há a sugestão da realização da priorização de projetos utilizando utros métodos. Há também a sugestão da aplicação do AHP para mais alternativas. Outra proposta seria a comparação entre a priorização dos projetos com a utilização de diferentes métodos, analisando se os resultados se alteram.

Além do processo de priorização de projetos, há outras etapas do gerenciamento de portfólio em que outros métodos de AMD poderiam ser utilizados. Também é uma proposta a análise e aplicação dos métodos de AMD nestas outras etapas.

ANEXO A – Anexos

O Anexo A apresenta o cálculo das matrizes de comparação par a par dos subcritérios e das alternativas

Demonstração da análise da inconsistência referente à comparação par a par dos subcritérios do critério Financeiro:

A tabela A.1 representa a matriz normalizada:

Relação entre subcritérios do critério Financeiro				
	VA	VPL	TIR	Payback
VA	1,00	9,00	5,00	3,00
VPL	0,11	1,00	1,00	0,14
TIR	0,20	1,00	1,00	0,20
Payback	0,33	7,00	5,00	1,00
Total	1,64	18,00	12,00	4,34
VA	0,61	0,50	0,42	0,69
VPL	0,07	0,06	0,08	0,03
TIR	0,12	0,06	0,08	0,05
Payback	0,20	0,39	0,42	0,23

Tabela A.1: Matriz comparativa normalizada dos subcritérios do critério Financeiro

A Tabela A.2 representa a contribuição de cada subcritério para o vetor prioridade.

Contribuição de cada subcritério para o critério Financeiro	
VA	$(0,61+0,50+0,42+0,69)/4 = 0,55$
VPL	$(0,07+0,06+0,08+0,03)/4 = 0,06$
TIR	$(0,12+0,06+0,08+0,05)/4 = 0,08$
Payback	$(0,20+0,39+0,42+0,23)/4 = 0,31$

Tabela A.2: Contribuição dos subcritérios para o critério Financeiro

A Tabela A.3 calcula a inconsistência da tabela:

Vetor Prioridade	VA	VPL	TIR	Payback
	0,55	0,06	0,08	0,31
Total soma	1,64	18	12	4,34
λ_{Max}	$0,55*1,64+0,06*18+0,08*12+0,31*4,34 = 4,25$			

Tabela A.3: Cálculo do λ_{Max} para subcritérios do critério Financeiro

Conforme exposto no Capítulo 4, o índice de consistência é calculado.

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) = (4,25-4)/(4-1) = 0,084$$

$CR=IC / RI$, neste caso $RI = 0,9$ $CR = 0,084 / 0,9 = 0,09$, o que significa que a matriz é consistente, uma vez que a RC para matriz de ordem quatro é 0,10.

Demonstração da análise da inconsistência referente à comparação par a par dos subcritérios do critério Pessoas:

A tabela A.4 representa a matriz normalizada:

Relação entre subcritérios do critério Pessoas			
	Clima Org.	Comp. Org.	SS
Clima Org.	1,00	0,20	0,11
Comp. Org.	5,00	1,00	0,33
SS	9,00	3,00	1,00
Total	15,00	4,20	1,44
Clima Org.	0,07	0,05	0,08
Comp. Org.	0,33	0,24	0,23
SS	0,60	0,71	0,69

Tabela A.4: Matriz comparativa normalizada dos subcritérios do critério Pessoas

A Tabela A.5 representa a contribuição de cada subcritério para o critério Pessoas.

Contribuição de cada subcritério para o critério Pessoas	
Clima Org.	$(0,07+0,05+0,08)/3=0,07$
Comp. Org.	$(0,33+0,24+0,23)/3=0,27$
SS	$(0,60+0,71+0,69)/3 = 0,67$

Tabela A.5: Contribuição dos subcritérios do critério Pessoas

A tabela A.6 calcula a inconsistência da matriz:

Vetor Prioridade	Clima Org.	Comp. Org.	SS
	0,06	0,27	0,67
Total soma	15	4,2	1,44
λ_{Max}	$0,06*15+0,27*4,2+0,67*1,44 = 3,045$		

Tabela A.6: Calculo do λ_{Max} para subcritérios do critério Pessoas

Conforme exposto no Capítulo 4, o índice de consistência é calculado.

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) = (3,045-3)/(3-1) = 0,0226$$

$CR=IC / RI$, neste caso $RI = 0,58$ $CR = 0,0226 / 0,58 = 0,039$, o que significa que a matriz é consistente, uma vez que a RC para matriz de ordem quatro é 0,10.

Referências

- [1] A., T. The use of the analytical hierarchy process as a source selection methodology and its potential application within the hellenic air force. Dissertação de Mestrado, NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL, Monterey, California, 2008.
- [2] ALBUQUERQUE, P. H. M; SIMÕES, J. A. Aplicação de método multicritério na escolha de escritório de advocacia. *Rev. Bras. Biom.* 30 (2012), 509–527.
- [3] ANDRADE, E. L. *Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões*, 1 ed. LTC, 2007.
- [4] BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Macbeth – an interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transaction in Operational Research* 1 (1994), 489–500.
- [5] BELTON, V. A.; GEAR, T. The legitimacy of rank reversal - a coment. *Omega* 13 (1985), 143–144.
- [6] BELTON, V.; STEWART, T. J. *Multiple Criteria Decision Analysis: An integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [7] BORGES, A. A necessidade de sobreviver requer adaptações rápidas. <http://www.portaldomarketing.com.br/Artigos/Necessidade%20de%20Sobreviver%20requer%20> Acessado em 28/02/2016.
- [8] BRACHE, A. P., BODLEY-SCOT, S. Which initiatives should you pursue? *Harvard Management Update* 11 (2006), 3–5.
- [9] BRITO, A. J. D. M. Avaliação multicritério de riscos em gasodutos de gás natural: uma abordagem de classificação com electri tri. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- [10] CHEN, H. H., KANG, H.-Y., LEE, A. H. Strategic selection of suitable projects for hybrid solar-wind power generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (2010), 413–421.
- [11] COLIN, E. C. *Pesquisa Operacional: 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas*, 1 ed. LTC, 2011.
- [12] EGUTI, C. C. A., GOMES, J. D. O., BELDERRAIN, M. C. N. Aplicação do método ahp multiplicativo na escolha de máquina ferramenta de 5 eixos – estudo de caso. Em *Publicado no 8º congresso iberoamericano de engenharia mecânica* (2007).
- [13] GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*, 1 ed. Atlas, 2010.

- [14] GOMES, L. *Teoria da decisão*, 1 ed. Pioneira Thompson Learning, 2007.
- [15] GOMES, L., ARAYA, M., CARIGNANO, C. *Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão*, 1 ed. Pioneira Thompson Learning, 2004.
- [16] GOMES, L. F. A. M., GOMES, C. F. S., ALMEIDA, A. T. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*, 3 ed. Atlas, 2006.
- [17] HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G. *Introdução à Pesquisa Operacional*. Campus, 1988.
- [18] K., Y. R. *Estudo de caso: planejamento e métodos*, 3 ed. Bookman, 2005.
- [19] KAHNEMAN, DANIEL; TVERSKY, A. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Inform Global* 47 (1979), 263.
- [20] KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*. Cambridge University Press, 1999.
- [21] KEISLER, J. Value of information in portfolio. *Decision analysis* 1 (2004), 193–204.
- [22] LOOTSMA, F. A. A multiplicative variant of the analytic hierarchy process. *Report of the faculty of technical mathematics and informatics - Delft University of Technology* (1990).
- [23] MARINS, F., PEREIRA, M., E M.C.N., B., URBINA, L. *Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial*. Blucher Acadêmico, 2010.
- [24] MOREIRA, R. A. Análise multicritério dos projetos do sebrae rj através do electre iv. Em *Programa de Pós-Graduação em Administração - Ibmecc* (2017).
- [25] MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. Inferring an electre tri model from assignment examples. *Journal of Global Optimization* (1998), 157–174.
- [26] PATANAKUL, P., IEWWONGCHAROEN, B., MILOSEVIC, D. An empirical study on the use of project management tools and techniques across project life-cycle and their impact on project success. *Journal of General Management* 35 (2010).
- [27] PMI. O que é gerenciamento de projetos? World Wide Web, <https://brasil.pmi.org/brasil/AboutUs/WhatIsProjectManagement.aspx>. Acessado em 25/02/2016.
- [28] PMI. *The standard for portfolio management*, 3 ed. Project Management Institute Inc., 2006.
- [29] PMI. *The standard for project management*, 5 ed. Project Management Institute Inc., 2014.
- [30] PRADO, D. *Gerenciamento de Portfólios, Programas e Projetos nas Organizações*. Falconi, 2012.

- [31] PRODANOV, CLEBER CRISTIANO; FREITAS, E. C. D. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. World Wide Web, <http://www.faatensino.com.br/wp-content/uploads/2014/11/2.1-E-book-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf>. Acessado em 17/05/2016.
- [32] RAMOS, M. D. S. Utilização da abordagem multicritério para priorização do portfólio de projetos de investimento. Dissertação de Mestrado, Ibmec, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- [33] RANGEL, L. *Determinação de Funções de Utilidade através das Preferências dos Decisores sobre o Conjunto de Critérios empregando o Método UTA*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, 2002.
- [34] RANGEL, L. A. D., GOMES, L. F. A. M. O apoio multicritério à decisão na avaliação de candidatos. *Gest. Prod.* 20 (2010).
- [35] RANGEL, L. A. D., GOMES, L. F. A. M., RANGEL, S. V. D. Avaliação de estudantes de engenharia de produção: Aplicação do método todim. *Apresentado no XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO* (2011).
- [36] RANGEL, L. A. D., SILVA, S. S. D., SILVÉRIO, L. B. Ordenação de imóveis residenciais empregando o método. Em *Publicado no XXXVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO PESQUISA OPERACIONAL* (2006).
- [37] RODRIGUEZ, D., COSTA, H.G.; CARMO, L. Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de pcp: Mapeamento da produção em periódicos publicados no brasil. *Gest. Prod.* 20 (2013), 134–146.
- [38] ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Kluwer Academic, 1996.
- [39] SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, 1990.
- [40] SAATY, T. L. *Decision Making for Leaders - The Analytic Network Process*. RWS Publications, 1990.
- [41] SAATY, T. L. *Método de análise hierárquica*. McGraw-Hill, Makron, 1991.
- [42] SANCHEZ, HYNUK; ROBERT, B. Measuring portfolio strategic performance using key performance indicators. *Project Management Journal* 41 (2010), 64–73.
- [43] SCHONER, B., WEDLEY, W. C. Ambiguous criteria weights in ahp: Consequences and solutions. *Decision Sciences* (1989), 462–475.
- [44] SHIMIZU, T. *Decisão nas organizações: Introdução aos Problemas de Decisão Encontrados nas Organizações e nos Sistemas de Apoio à Decisão*. Atlas, 2001.
- [45] SILVA, C. A. D., RANGEL, L. A. D., NEVES, T. A., GOMES, L. F. A. M. Utilização do método multicritério todim – fse para classificação de base logística de brigada. Em *Anais do XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – SPOLM 2014 - Blucher Engineering Processings* (2014), p. 419–430.

- [46] STRANG, K. D. Portfolio selection methodology for a nuclear project. *Project Management Journal* 42 (2010), 81–93.
- [47] TRIANTAPHYLLOU, E., MANN, S. H. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: Some challenges. *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice* 2 (1995), 33–44.
- [48] VALLE, A., SOARES, C., JUNIOR, J., SILVA, L. *Fundamentos do Gerenciamento de Projetos*. FGV, 2007.
- [49] VARGAS, R. Using the analytic hierarchy process (ahp) to select and prioritize projects in a portfolio. Em *Publicado no PMI Global Congress 2010 – North America* (2010).
- [50] VINCKE, P. *Multicriteria Decision Aid*. John Wiley e Sons, 1992.
- [51] WATANABE, E. M. O método de análise hierárquica aplicado ao desenvolvimento do produto. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2004.
- [52] WATSON, S. R., FREELING, A. N. S. Assessing attribute weights by ratios. *Omega* 10 (1982), 582–583.