

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Modelo Multicritério de Decisão em Grupo para
Seleção de Fornecedores em Gestão de Projeto**

TESE SUBMETIDA À UFPE PARA
OBTENÇÃO DE GRAU DE DOUTOR POR

LUCIANA HAZIN ALENCAR

Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida, PhD

Recife, agosto/ 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**Modelo Multicritério de Decisão em Grupo para
Seleção de Fornecedores em Gestão de Projeto**

LUCIANA HAZIN ALENCAR

Recife, agosto/ 2006

Alencar, Luciana Hazin
Modelo multicritério de decisão em grupo para
seleção de fornecedores em gestão de projeto /
Luciana Hazin Alencar. – Recife: O Autor, 2006.
xiv, 147 folhas: il., fig., tab.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de
Pernambuco. CTG. Engenharia de Produção, 2006.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Engenharia de produção – Pesquisa
operacional. 2. Gestão de projetos – Seleção de
fornecedores. 3. Decisão multicritério – Modelos de
decisão em grupo. I. Título.

658.5
658.5

CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)

UFPE
BC2006-437



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE

LUCIANA HAZIN ALENCAR

***“Modelo Multicritério de Decisão em Grupo para Seleção de
Fornecedores em Gestão de Projeto”.***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a candidata **LUCIANA HAZIN ALENCAR APROVADA COM DISTINÇÃO.**

Recife, 07 de agosto de 2006.

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

Prof. FERNANDO MENEZES CAMPELLO DE SOUZA, PhD (UFPE)

Profª. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Prof. HELDER GOMES COSTA, Doutor (UFF-RJ)

Prof. RUI FRANCISCO MARTINS MARÇAL, Doutor (UTFPR)

A meus pais, *Ana Lúcia e Adalmi*,
com todo carinho, por todo amor e
incentivo.

AGRADECIMENTOS

O caminho que leva à conclusão de uma tese de doutorado é sempre cheio de obstáculos, exigindo daquele que decide percorrê-lo muito esforço e renúncias. Por isso agradeço a todos que de alguma maneira me acompanharam nessa caminhada.

A meus pais, Ana e Adalmi , ao meu irmão Marcelo e minha cunhada Aninha, pelo apoio incondicional nos momentos mais importantes da minha vida.

A Pedro, por seu companheirismo e compreensão nos períodos de ausência.

Ao Prof. Adiel Almeida, pela maneira sábia e eficiente como me orientou a trilhar o caminho da vida acadêmica e a superar desafios, meu especial agradecimento.

Aos professores Fernando Campello e Ana Paula, pelas contribuições dadas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos do GPSID, pelos momentos e conhecimentos construídos e compartilhados.

A todos os que fazem o PPGEP/UFPE, pelo apoio dispensado.

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido durante a realização do curso de doutorado.

Agradeço, ainda que sem citá-los nominalmente uma vez que são muitos, a todos os amigos que me incentivaram durante essa importante fase de minha vida.

RESUMO

Este trabalho apresenta um modelo multicritério de decisão em grupo para seleção de fornecedores em gestão de projetos. A gestão de projetos vem sendo alvo de inúmeros estudos nos últimos anos, uma vez que os projetos estão se tornando cada vez mais complexos. Os fornecedores exercem papéis cruciais na gestão de projetos, estando envolvidos em uma rede de atividades conectadas que, se não desenvolvidas de forma adequada, podem comprometer o sucesso do projeto. Dessa forma, aumenta-se a necessidade de fornecedores qualificados, comprometidos com os objetivos do cliente e capazes de empreender os projetos solicitados. A questão abordada é a seleção de fornecedores para um empreendimento que atenda aos múltiplos objetivos dos decisores (representantes do cliente), de modo que desenvolvam um trabalho conjunto, reduzindo custos e promovendo melhorias nos processos construtivos, assegurando, dessa forma, a qualidade do produto final. Diante da complexidade do problema, propõe-se uma sistemática para seleção de fornecedores, que considera o processo de seleção integrada da equipe do projeto, tratando de forma adequada as preferências dos decisores envolvidos no processo de seleção. Três modelos de decisão multicritério em grupo são igualmente propostos: um para a situação de pouca divergência entre os decisores e dois para situações de grande divergência entre eles.

ABSTRACT

This work presents a multicriteria group decision model for selection of designers, contractors and subcontractors in project management. Several studies have been developed along the years about project management, due to the increase of the complexity of projects. The designers, contractors and subcontractors have crucial role in the project management. They are involved in a net of connected activities that can compromise the success of the project, if not developed in an appropriate way. In that way, it increases the need of qualified project team, committed with the client's objectives and able to undertake the requested projects. The approached question is the selection of agents of a project for an enterprise that assists to multiples objectives of the decision makers in order to develop an integrated work, reducing costs and promoting improvements in the constructive processes, assuring the quality of the final product. Due to the complexity of the problem, this study deals a proposal of systematic for team project selection that considers an integrated process of team selection, treating in an appropriate way the preferences of the decision-makers involved in the selection process. Three multicriteria group decision models are proposed: one for the situation of little divergence between the decision makers and two for situations of great divergence among them.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Relevância do Estudo	1
1.2. Objetivo do Trabalho.....	2
1.3. Metodologia Empregada	3
1.4. Estrutura da Tese	4
2. BASE CONCEITUAL	5
2.1. Gestão de Projeto	5
2.1.1. Visão geral.....	5
2.1.2. Gerenciamento de risco	9
2.1.3. Gerenciamento de aquisições	10
2.1.4. Parceria.....	18
2.1.5. Engenharia simultânea.....	19
2.2. Apoio Multicritério a Decisão.....	22
2.2.1. Visão geral.....	22
2.2.2. Modelagem das preferências	24
2.2.3. Conceitos básicos utilizados	28
2.3. Métodos Multicritério.....	30
2.3.1. Abordagem do critério único de síntese	30
2.3.2. Abordagem da sobreclassificação (<i>outranking ou surclassement</i>)	34
2.4. Decisão em Grupo.....	44
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	47
3.1. Seleção de Projetistas	47
3.1.1. Considerações gerais	48
3.1.2. Modelos desenvolvidos	50
3.2. Seleção de Construtoras	51
3.2.1. Considerações gerais	51
3.2.2. Identificação de critérios	52

3.2.3.	Modelos desenvolvidos	52
3.2.4.	Modelos desenvolvidos utilizando decisão em grupo.....	55
3.2.5.	Relatos positivos sobre a adoção da parceria.....	56
3.3.	Seleção de Subcontratadas	57
3.3.1.	Modelos desenvolvidos	57
3.3.2.	Relatos positivos sobre a adoção da parceria.....	58
3.4.	Seleção Integrada	60
3.4.1.	Modelo desenvolvido	61
3.5.	Comentários Finais.....	62
4.	<i>SISTEMÁTICA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES</i>	64
4.1.	Descrição da Sistemática.....	64
4.1.1.	Identificação dos objetivos do cliente.....	65
4.1.2.	Seleção do projetista	67
4.1.3.	Seleção da construtora	69
4.1.4.	Seleção de subcontratadas	73
4.2.	Seleção de Fornecedores para um Empreendimento Privado.....	77
4.2.1.	Situação atual.....	77
4.3.	Estruturação de Problema Típico	79
4.3.1.	Análise dos objetivos do cliente	79
4.4.	Modelos Multicritério de Decisão em Grupo – situações de escolha.....	81
5.	<i>MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO PARA SITUAÇÕES DE POUCA DIVERGÊNCIA</i>	85
5.1.	Descrição	85
5.2.	Simulação Numérica	87
5.2.1.	Seleção de projetistas.....	87
6.	<i>MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO AGREGANDO AS AVALIAÇÕES DOS DECISORES SOBRE AS ALTERNATIVAS.....</i>	92
6.1.	Descrição do Modelo.....	92
6.2.	Simulação Numérica	94
6.2.1.	Seleção de projetistas.....	95

7. MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO AGREGANDO A	
PONDERAÇÃO DOS DECISORES SOBRE OS CRITÉRIOS.....	101
7.1. Descrição do Modelo.....	101
7.2. Simulação Numérica	104
7.2.1. Seleção de projetistas.....	106
7.2.2. Seleção de construtora.....	109
7.2.3. Seleção de subcontratadas	117
8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	121
8.1. Conclusões.....	121
8.1.1. Sistemática proposta para seleção de fornecedores	121
8.1.2. Modelos de decisão em grupo	123
8.1.3. Comentários finais.....	125
8.2. Sugestões para Futuros Trabalhos	125
BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA.....	127
ANEXO I.....	142
ANEXO II.....	146
ANEXO III.....	147

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Stick de decisão e eixo de decisão do PROMETHEE	42
Figura 3.1. Benefícios da parceria entre subcontratados e contratantes	59
Figura 4.1. Sistemática proposta para seleção de fornecedores	64
Figura 4.2. Identificação dos objetivos do cliente	66
Figura 4.3. Critérios ganhador de pedido, qualificador e menos importante.	66
Figura 4.4. Sistemática para seleção de projetistas	68
Figura 4.5. Sistemática para seleção de construtoras	70
Figura 4.6. Sistemática para seleção de empresas a serem subcontratadas.....	75
Figura 5.1. Espaço de liberdade	85
Figura 5.2. Modelo multicritério de decisão em grupo I.....	86
Figura 5.3. PROMETHEE VI – plano GAIA.....	91
Figura 6.1. Modelo multicritério de decisão em grupo com agregação das avaliações dos decisores sobre as alternativas	94
Figura 6.2. Pré-ordem completa - decisor 1	96
Figura 6.3. Pré-ordem completa - decisor 2	96
Figura 6.4. Pré-ordem completa - decisor 3	96
Figura 6.5. Pré-ordem completa - decisor 4	96
Figura 6.6. Pré-ordem completa - decisor 5	96
Figura 6.7. Pré-ordem completa - avaliação global.....	98
Figura 6.8. Visualização das alternativas no plano GAIA	98
Figura 6.9. PROMETHEE VI –análise de sensibilidade.....	99
Figura 7.1. Modelo multicritério de decisão em grupo com agregação da ponderação dos decisores sobre os critérios	103
Figura 7.2. Resumo dos resultados do VIP Analysis - projetistas.....	107

Figura 7.3. Amplitude de valor global das alternativas - projetistas	108
Figura 7.4. Matriz de confrontação - projetistas.....	108
Figura 7.5. Resumo dos resultados do VIP Analysis – construtoras.....	110
Figura 7.6. Amplitude de valor global das alternativas - construtoras	111
Figura 7.7. Matriz de confrontação - construtoras	111
Figura 7.8. Resumo dos resultados do VIP Analysis – construtoras – seleção final.....	116
Figura 7.9. Amplitude de valor global das alternativas – construtoras – seleção final	116
Figura 7.10. Matriz de confrontação - construtoras - seleção final	116
Figura 7.11. Resumo dos resultados do VIP Analysis – subcontratadas.....	119
Figura 7.12. Amplitude de valor global das alternativas - subcontratadas.....	119
Figura 7.13. Matriz de confrontação - subcontratadas	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Situações básicas de preferência	25
Tabela 2.2. Situações consolidadas de preferências	26
Tabela 2.3. Estruturas de preferências básicas sem incomparabilidade	27
Tabela 2.4. Estruturas básicas de preferências com incomparabilidade	28
Tabela 2.5. Critério generalizado	38
Tabela 2.6. Matriz de avaliação.....	41
Tabela 5.1. Tabela de pesos normalizados dos critérios.....	87
Tabela 5.2. Escala para julgamento da importância dos critérios cultura, qualidade e <i>design</i> . 88	
Tabela 5.3. Matriz de decisão.....	88
Tabela 5.4. Informações adicionais	89
Tabela 5.5. Fluxos líquidos das alternativas.....	90
Tabela 6.1. Tabela de pesos normalizados dos critérios de cada decisor.....	95
Tabela 6.2. Matriz de avaliação global.....	97
Tabela 6.3. Ordenação das alternativas	99
Tabela 7.1. Matriz de avaliação.....	101
Tabela 7.2. Descrição de critérios	104
Tabela 7.3. Descrição de alternativas	104
Tabela 7.4. Matriz de avaliação.....	105
Tabela 7.5. Limiares de indiferença e preferência.....	105
Tabela 7.6. Ordenação das alternativas	105
Tabela 7.7. Matriz de avaliação das alternativas (projetistas).....	106
Tabela 7.8. Matriz de avaliação normalizada (projetistas).....	107
Tabela 7.9. Matriz de avaliação normalizada (construtoras).....	110

Tabela 7.10. Escala para julgamento de importância	113
Tabela 7.11. Matriz de avaliação das alternativas (construtoras – seleção final).....	114
Tabela 7.12. Descrição das alternativas.....	114
Tabela 7.13. Matriz de avaliação (etapa I)	114
Tabela 7.14. Ordenação das alternativas (construtoras).....	115
Tabela 7.15. Matriz de avaliação normalizada (construtoras – seleção final).....	115
Tabela 7.16. Escala para julgamento de importância	117
Tabela 7.17. Matriz de avaliação normalizada (subcontratadas).....	118

1. INTRODUÇÃO

A gestão de projetos vem sendo alvo de inúmeros estudos nos últimos anos, uma vez que os projetos estão se tornando cada vez mais complexos. Dessa forma, aumenta-se a necessidade de fornecedores qualificados, comprometidos com os objetivos do cliente e que sejam capazes de empreendê-los. Tais fornecedores, sejam eles contratantes, subcontratados ou projetistas, exercem papéis cruciais na gestão de projetos, estando envolvidos em uma rede de atividades conectadas que, se não forem desenvolvidas de forma adequada, podem comprometer o sucesso do projeto. Esses fornecedores estão presentes em todo o ciclo de vida do projeto, não necessariamente de forma simultânea em todas as suas etapas, e são responsáveis pelo seu planejamento, execução e acompanhamento.

Para fim de contextualização do problema de seleção de fornecedores na gestão de projetos, escolheu-se o ambiente da construção civil.

É importante esclarecer que neste trabalho são utilizados os termos gestão de projetos e gestão de empreendimentos. A gestão de projeto é abordada na literatura como sistema de produção do tipo grandes projetos (GAITHER; FRAZIER, 2001; SLACK *et al.*, 1995), além de ser um termo mundialmente empregado (*project management*) e bastante disseminado por diversas instituições. No entanto, no contexto da construção civil, o termo gestão de empreendimentos é bastante utilizado (MIRANDA *et al.*, 2001; KERN; FORMOSO, 2002; FRANCISCO; HADDAD, 2002), sendo, portanto, utilizado neste trabalho principalmente quando é necessário estabelecer a distinção entre empreendimentos e projetos de engenharia.

1.1. Relevância do Estudo

O sucesso de projetos depende de diferentes fatores. Brown *et al.*, (2001) afirmam que projetos de sucesso são caracterizados pelo foco no cliente e na cooperação, substituindo a adversidade. Chan *et al.*, (2004), por sua vez, classificam aspectos de sucesso em fatores humanos, ações do gerenciamento e ambiente externo. Rahman e Kumaraswamy (2005) afirmam ser crítico selecionar parceiros apropriados para um projeto, com os quais os clientes possam construir e manter relacionamentos harmoniosos, interagir e colaborar com base em arranjos contratuais flexíveis na execução de um projeto complexo, na presença de cenários de construção que estão sempre mudando.

Dessa forma, a seleção de fornecedores em um projeto é um evento decisivo para o seu sucesso. Várias metodologias relacionadas à seleção de contratantes, projetistas e subcontratadas têm sido desenvolvidas nos últimos anos, o que mostra a importância do tema.

Entre os modelos apresentados, poucos são os que consideram uma abordagem de seleção com todos os participantes integrados e dão uma atenção especial para o tratamento das preferências dos decisores.

Dada a natureza complexa da indústria de construção civil, conflitos entre os diferentes atores precisam ser minimizados através de melhores relacionamentos e equipes de trabalho integradas (DISSANAYAKA; KUMARASWAMY, 1999), onde a motivação e atitudes dos participantes do projeto são críticas.

Além do mais, a complexidade tecnológica e gerencial dos empreendimentos tem aumentado ao longo dos anos, intensificando as exigências referentes a prazos de produção, normas de qualidade e desempenho, o que vem proporcionando uma ênfase crescente no desenvolvimento de novas formas de seleção de fornecedores, contratação e organização do empreendimento (GRILO; MELHADO, 2002).

Atualmente, o processo de seleção de fornecedores no setor público é regido pela Lei 8.666/93, ainda vigente, alterada pelas Leis 8.883/94 e 9.648/98 (BRASIL, 1998), que estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras e serviços. A licitação pública é uma sucessão ordenada de etapas que se desencadeiam para o público com o edital e se findam com a seleção do vencedor. Tais etapas - edital ou convite, verificação de idoneidade ou habilitação, julgamento e seleção – obedecem rigidamente ao estabelecido em lei (MEIRELLES, 2006).

Em relação ao setor privado, o processo de seleção de fornecedores para clientes privados ocorre de forma desestruturada, além de ser, em geral, baseado na proposta de menor preço, ocasionando sérios problemas de diversas naturezas no decorrer da obra. Daí a importância do enfoque deste estudo ser direcionado para clientes privados.

Ressalte-se ainda que, embora esse estudo esteja contextualizado no ambiente da construção civil, os modelos aqui propostos podem ser aplicados a outros ambientes de projetos.

1.2. Objetivo do Trabalho

O objetivo geral deste trabalho é a proposição de modelos multicritério de decisão em grupo para a seleção de fornecedores para projetos do setor privado, aplicáveis às situações em que há divergência entre os decisores.

Os objetivos específicos são:

- ✓ apresentar uma revisão da literatura, identificando aspectos que precisam ser desenvolvidos no tema;

- ✓ estruturar o processo de seleção de fornecedores, com base na literatura apresentada;
- ✓ avaliar e analisar as diferentes situações em que a decisão em grupo pode ser aplicada à seleção de fornecedores;
- ✓ desenvolver modelos multicritério de decisão em grupo para as situações identificadas;
- ✓ efetuar simulação numérica dos modelos propostos no intuito de ilustrar o seu funcionamento.

1.3. Metodologia Empregada

Primeiramente, é importante esclarecer que esta tese não é empírica nem hipotético-dedutiva. Trata-se da proposição de modelos de apoio à decisão para múltiplos agentes, sendo apresentadas as etapas para a modelagem de um problema na área de Pesquisa Operacional (PO).

Ackoff e Sasieni (1975) apresentam cinco fases para a modelagem de um problema em PO. Para este trabalho, duas podem ser destacadas: a estruturação do problema e a construção de modelos.

A estruturação ou definição do problema, de acordo com Bidigoli (1989), é uma das etapas mais importantes. Nela, os objetivos, os cursos alternativos de ação e as restrições do problema em questão devem ser bem estabelecidos. Vários métodos de estruturação de problemas têm sido desenvolvidos com o objetivo de apoiar grupos a entrarem em acordo sobre o foco de um problema (WINTER, 2006; ROSENHEAD, 2006; FRANCO *et al.*, 2004; ROSENHEAD; MINGERS, 2004).

Após essa fase, o próximo passo é a construção do modelo. Para Campello de Souza (2005), um modelo “é uma representação dos aspectos essenciais de um processo ou de um sistema, susceptíveis de fornecer informações a respeito desse sistema, de uma forma utilizável”.

O processo de construção de modelos obedece a padrões que dependem da complexidade do sistema e do grau de acesso que os pesquisadores têm à sua estrutura. É importante considerar também a relação existente entre a disponibilidade de dados e a construção do modelo, o que frequentemente obriga o desenvolvimento de um modelo menos exato do que se esperava, mas mesmo assim útil (ACKOFF; SASIENI, 1975).

Nesse trabalho, a modelagem será realizada mediante a Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão. Os métodos multicritério têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os

decisores na avaliação e escolha das alternativas-solução, em diferentes espaços. O espaço das variáveis de decisão, em particular, consiste no conjunto de ações factíveis e não-factíveis para dado problema (GOMES *et al.*, 2002).

1.4. Estrutura da Tese

Este trabalho está estruturado em oito capítulos:

- O capítulo I contextualiza a gestão de projetos com ênfase na seleção de fornecedores; também define o objetivo do estudo e destaca sua relevância e a metodologia empregada.
- No capítulo II, desenvolve-se a base conceitual, que engloba as questões gerais inerentes ao gerenciamento de projeto, à decisão em grupo e ao apoio multicritério a decisão.
- O capítulo III trata da pesquisa bibliográfica - relativa à seleção de projetistas, construtoras e subcontratados para o desenvolvimento de projeto na construção civil e ao uso da decisão multicritério em tal seleção.
- O capítulo IV apresenta uma sistemática proposta para a seleção de fornecedores de projetos do setor privado.
- Nos capítulos V, VI e VII são apresentados os modelos multicritério de decisão em grupo. Cada capítulo apresenta um modelo direcionado para situações distintas.
- Finalmente, no capítulo VIII são apresentadas as conclusões do estudo e algumas recomendações para futuros trabalhos.

2. BASE CONCEITUAL

Este capítulo apresenta a base conceitual que dá suporte ao desenvolvimento do trabalho, sendo tratados os conceitos relativos à gestão de projetos, destacando-se o gerenciamento do risco e da aquisição, a parceria e a engenharia simultânea. São abordados igualmente alguns conceitos relevantes do apoio multicritério a decisão e da decisão em grupo.

2.1. Gestão de Projeto

Esse tópico apresenta uma visão geral sobre gestão de projetos, com alguns conceitos básicos e a sua evolução ao longo do tempo. Os processos de gerenciamento de riscos e de aquisição do projeto também são abordados assim como alguns conceitos relacionados à parceria e à engenharia simultânea.

2.1.1. Visão geral

Projetos existem desde o início dos tempos. Pode-se citar como exemplos clássicos a construção das pirâmides do Egito, dos canais de Suez e do Panamá, do túnel sob o Canal da Mancha (o Eurotúnel) e da Grande Muralha da China.

Atualmente, os projetos parecem estar se tornando cada vez maiores e mais complexos, criando uma necessidade de discussão e aprimoramento, ao longo dos anos, de seu conceito.

Para Archibald (1976), projeto “é uma reunião de esforços para atingir objetivos pré-determinados de qualidade, custo e prazo”.

O *British Standard Institute* - BSI (2000) define um projeto como “um conjunto único de atividades coordenadas, com pontos de início e fim definidos, empreendido por um indivíduo ou uma organização para encontrar objetivos específicos dentro dos parâmetros de programação, custo e performance pré-definidos”.

Já para o *Project Management Institute* – PMI (2004), um projeto é “um empreendimento temporário feito para criar um produto ou serviço único”.

Dessa forma, um projeto pode ser definido como um empreendimento não repetitivo, com marcos inicial e final bem definidos, destinado a atingir um determinado objetivo, devendo atender às restrições envolvidas, sejam elas de recursos materiais, recursos humanos, prazo, custo ou qualidade.

A unicidade dos projetos de construção pode ser caracterizada pelo fato de que a disposição das obras e as adaptações feitas em cada local dependem diretamente da topografia do lugar, dos tipos de trabalhos a serem executados, das máquinas e ferramentas disponíveis, da organização do serviço, do volume da mão-de-obra e de alguns outros elementos.

O gerenciamento de projetos, por sua vez, evoluiu, principalmente, como resultado das pressões de diversas naturezas, cada vez mais atuantes no mundo atual. Valeriano (2001) apresenta a evolução do gerenciamento de projeto no tempo, subdividindo-a em três períodos distintos:

- O *gerenciamento empírico ou artesanal*, em que o gerente, através de suas habilidades inatas de gerenciamento, aliadas às de seus auxiliares ou com base em procedimentos existentes, gerencia muito mais como uma arte do que como uma técnica. Foi o caso dos feitores, dos arquitetos e dos construtores de obras relevantes ou até faraônicas da Idade Média; a realização dos grandes chefes de estado e até de exploradores evidenciados pela história. Tal fase, estende-se até aproximadamente o início da Segunda Guerra Mundial, onde grandes empreendimentos tiveram lugar na história moderna da humanidade;
- O *gerenciamento clássico ou tradicional*, considerado a partir das décadas de 1940 ou 1950, com os empreendimentos, predominantemente de engenharia militar, em áreas de defesa, na aeronáutica, ou marinha. Foram projetos que nasceram mais bem estruturados, planejados, nos quais seus respectivos gerentes, administrando os recursos humanos e materiais, empregaram simplesmente processos existentes ou até estabelecidos especialmente para uso no projeto, objetivando um produto com um desempenho especificado, limitados em custos previstos e em prazo pré-determinado. Em sua maioria, tratava-se de projetos essencialmente técnicos, de engenharia, de grande complexidade e caracterizados pelos altos custos, pelo montante dos riscos e pelos prazos relativamente longos. Esse período se prolongou mundialmente até o início dos anos 90, com a maciça pressão da globalização;
- O *moderno gerenciamento de projetos*, iniciado na década de 1990, era da explosão do *Just in Time* (JIT) em todo o mundo. Agregado a uma grande faixa de aplicações, tal prática gerencial perdeu o caráter eminentemente técnico de aplicações de engenharia, e vem cada mais sendo utilizado em uma ampla gama de atividades não continuadas, em todo o tipo de empresas, de âmbito gerencial completo. Ajustou-se às solicitações e pressões de seu ambiente,

devido ao rápido ciclo de vida dos produtos, à velocidade da evolução tecnológica e à competição, em caráter global das atividades empresariais.

Uma vez apresentado o conceito de projeto, o de gestão de projeto pode ser dado como “o planejamento, monitoramento e controle de todos os aspectos de um projeto e a motivação de todos aqueles envolvidos em alcançar os objetivos do projeto no tempo, custo, qualidade e performance desejados” (BSI, 2000). Na visão do PMI (2004), a gestão de projeto pode ser tida como:

a arte de atribuir e coordenar recursos humanos e materiais durante o ciclo de vida de um projeto, mediante o uso de técnicas modernas de gerenciamento, no intuito de alcançar as metas pré-determinadas de escopo, custo, tempo, qualidade e satisfação do cliente.

De acordo com o CIOB (2000), o gerenciamento de projeto é definido como:

o planejamento, coordenação e controle de todos os aspectos de um projeto, do seu início ao fim, atendendo ao tempo, ao custo aprovado e aos padrões de qualidade exigidos, no intuito de produzir um projeto viável funcional e financeiramente, que corresponda às exigências dos clientes.

É válido ressaltar os três elementos comuns às definições apresentadas acima: tempo, custo e qualidade. Esses elementos representam os fatores de eficiência do projeto e devem ser gerenciados de maneira não só eficiente como eficaz, em função do escopo, para atingir as necessidades do cliente.

É importante esclarecer que o gerenciamento de projetos é executado em um ambiente mais amplo que o do projeto propriamente dito. É necessário que a equipe de gerenciamento entenda esse contexto de maneira que possa definir as fases do ciclo de vida, assim como os processos, as ferramentas e técnicas adequadas ao projeto.

O gerenciamento de projetos tem sido estudado por duas associações bem conhecidas por profissionais que atuam nessa área, o PMI (*Project Management Institute*) e o IPMA (*International Project Management Association*), além de outras associações, em geral relacionadas à Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional e *Management Science*, tais como: INFORMS, *Decision Science Institute* e IFORS. Observa-se que as duas primeiras associações desenvolveram documentações que servem de suporte para os gerentes de projetos.

De acordo com o PMI (2004), o gerenciamento de projetos engloba nove áreas gerenciais. São elas: gerenciamento de tempo, custo, recursos humanos, qualidade, aquisição, escopo, comunicação, integração e riscos. Todas essas áreas precisam ser efetivamente

gerenciadas e integradas. Para tanto, requer-se que o gerente de projeto tenha a competência necessária e que a empresa construtora a ser selecionada possua uma estrutura adequada para tal gerenciamento, de forma a atender às necessidades do cliente. Para a construção civil, devem-se considerar adicionalmente as áreas relacionadas à segurança, ao meio ambiente, além das questões relativas ao financiamento.

É sabido que o sucesso de projetos na construção civil, como em qualquer outro setor, depende de diferentes fatores. Gao *et al.*, (2002) afirmam que o sucesso do projeto está mais relacionado a fatores de desempenho de orçamento e programação. Já Fewings (2005) afirma que um dos fatores críticos para o sucesso do projeto é o seu grau de planejamento estratégico. No entanto, um conjunto de fatores contribui para o sucesso de um projeto, como a definição do seu ciclo de vida, a determinação dos fatores críticos para o seu sucesso, a identificação de variáveis que podem mudar a direção na qual o projeto é gerenciado, entre outros.

O ciclo de vida constitui-se em um conjunto de fases de desenvolvimento do projeto e tem o propósito de estabelecer a sua abrangência e limites, permitindo à sua equipe um melhor controle do total de recursos gastos para atingir as metas estabelecidas.

Do ponto de vista do cliente, o ciclo de vida de um projeto se inicia quando há um reconhecimento formal dos seus objetivos. É através da consecução desses objetivos que se dá sua finalização.

Em geral, o número de fases que compõem o ciclo de vida varia de acordo com a natureza do projeto. De uma forma global, o ciclo de vida inclui fases distintas. A de viabilidade (fase inicial) implica a identificação da necessidade do projeto. É também o momento em que as estratégias de condução são identificadas e selecionadas, e o seu escopo definido. A de planejamento, que ocorre antes de se iniciar o desenvolvimento do projeto. As de execução e controle, praticamente simultâneas, que englobam a materialização do planejamento e o seu acompanhamento; a de finalização, que avalia o resultado do projeto junto ao cliente.

É válido ressaltar que cada etapa do ciclo de vida de um projeto pode ser gerenciada por pessoas diferentes e não necessariamente toda a equipe do projeto estará envolvida desde a etapa inicial até a final.

No ambiente da construção civil, segundo Kerzner (2000), o ciclo de vida de um projeto é geralmente dividido nas seguintes fases: planejamento e agrupamento dos dados; estudos e engenharia básica; revisão; detalhamento da engenharia; construção; teste e autorização.

Já para Fewings (2005), o ciclo de vida da construção civil apresenta as seguintes fases: estudo prévio, estratégia, pré-construção, construção, regulamentação e finalização. As duas primeiras fases seriam equivalentes à de viabilidade do projeto, a seguinte à de planejamento; a de construção e regulamentação às fases de execução e controle, sendo a última, à de finalização.

Este trabalho enfoca a fase de pré-construção, que é tratada sob a ótica daqueles projetos que necessitam realizar licitação, seja pública ou privada, para compor a equipe e, conseqüentemente, atingirem o seu objetivo final. Os processos de gerenciamento de risco e da aquisição estão relacionados à seleção das empresas e são detalhados no intuito de prover um melhor entendimento sobre o problema. Os principais conceitos relacionados à parceria e à engenharia simultânea são igualmente abordados.

2.1.2. Gerenciamento de Risco

A função risco é definida por Campello de Souza (2005) como o valor esperado da função perda.

Logo, a função risco é dada por uma função que relaciona a probabilidade de ocorrência dos eventos com o valor de sua conseqüência. É importante que ambos sejam levados em consideração, pois, durante a avaliação do risco, se o evento tiver baixa probabilidade de ocorrência e valor elevado para as conseqüências, pode tornar o risco muito alto.

Na área de gestão de projetos, verifica-se a dificuldade em relação ao estabelecimento do conceito relacionado a riscos, em geral, definindo-os como eventos, como segue.

O PMI (2004) define o risco do projeto como “um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto, como tempo, custo, escopo ou qualidade”. Loosemore *et al.*, (2006), por sua vez, comentam que para muitos gerentes o risco é definido como “eventos imprevisíveis que podem ocorrer no futuro, cuja exata probabilidade e conseqüência são incertas mas afetariam potencialmente seus interesses ou objetivos - geralmente de modo adverso”.

De maneira ampla, o processo de gerenciamento do risco pode ser dividido em três estágios: identificação, análise e controle (LOOSEMORE *et al.*, 2006). O mecanismo de controle do risco assemelha-se ao de controle de qualidade das empresas.

Rahman e Kumaraswamy (2002) colocam que uma clara definição dos riscos e a sua apropriada alocação fornecem incentivos para seu gerenciamento eficiente durante o processo construtivo. De acordo com Fewings (2005), uma vez que o risco tenha sido identificado e

definido, deixa de ser um risco e torna-se um problema de gerenciamento que precisa ser analisado. Uma resposta precisa ser dada seja no sentido de aceitá-lo, mitigá-lo, reduzi-lo ou transferi-lo.

Uma abordagem consistente do risco que atenda aos requisitos da organização deve ser desenvolvida para cada projeto - a comunicação do risco e o seu tratamento devem ser abertos e transparentes (PMI, 2004). No contexto do processo de aquisição, é importante destacar que a alocação do risco é dependente do sistema de aquisição e das condições de contrato escolhidas (JANNADIA *et al.*, 2000).

2.1.3. Gerenciamento de Aquisições

De acordo com o PMI (2004), o gerenciamento de aquisições do projeto inclui processos para comprar ou adquirir produtos ou serviços necessários para realizar o trabalho. Entre os processos, encontram-se o planejamento de compras e aquisições, o planejamento de contratações, a solicitação de respostas de fornecedores, a seleção de fornecedores, a administração e o encerramento de contrato.

O gerenciamento de aquisições do projeto é discutido dentro da perspectiva da relação comprador-fornecedor. A relação comprador-fornecedor pode existir em muitos níveis em qualquer projeto e entre organizações internas e externas à organização contratante. Dependendo da área de aplicação, o fornecedor pode ser chamado de contratante, subcontratado, vendedor, prestador de serviços ou distribuidor. Dependendo da posição do comprador no ciclo de aquisição do projeto, ele pode ser chamado de cliente, usuário, contratante principal, agência governamental, solicitador de serviços ou adquirente. Durante o ciclo de vida do contrato, o fornecedor pode ser considerado primeiramente um licitante, depois uma fonte selecionada e, em seguida, o fornecedor contratado (PMI, 2004).

2.1.3.1. Planejamento de compras e aquisições

Nesse processo determina-se o que, quando e como adquirir. Inclui a análise dos riscos envolvidos em cada decisão assim como a análise do tipo de contrato planejado para ser usado em relação à mitigação de riscos e à transferência de riscos para o fornecedor.

Algumas informações relativas à organização e ao projeto devem estar claras e disponíveis, de modo a facilitar as decisões a serem tomadas nesse processo.

Um aspecto importante a se definir é o tipo de contrato que será considerado. Segundo Vargas (2005), um contrato pode ser definido como um acordo que gera obrigações para as

partes, que obriga o fornecedor a prover os produtos, serviços ou resultados especificados e obriga o comprador a fornecer compensação monetária ou outra compensação de valor.

Diferentes tipos de contratos são adequados a diferentes aplicações. O tipo de contrato usado e os termos e condições específicos do contrato definem o grau de risco que está sendo assumido pelo cliente/contratante e pelo fornecedor.

Os sistemas contratuais exercem uma notável influência na gestão do empreendimento, na medida em que definem as relações contratuais e funcionais entre os agentes. Sistemas contratuais inadequados podem conduzir a acréscimos nos custos e atrasos, reivindicações e disputas, bem como perda da qualidade do investimento nos empreendimentos (GRILO; MELHADO, 2002). Os arranjos funcionais, nos diferentes sistemas contratuais, pressupõem diferentes formas de relacionamento entre os participantes do empreendimento (KUMARASWAMY; DISSANAYAKA, 1998).

Segundo a modalidade de pagamento, os contratos podem ser subdivididos em quatro categorias principais (PMI, 2003; 2004; CASAROTTO FILHO *et al.*, 1999; LIMMER, 1997; GONZÁLEZ, 1998; MOLENAAR *et al.*, 1998):

a) *preço fixo ou global*: fixa-se o preço global antecipadamente, mediante estudos e orçamentos apresentados ao contratante, instruindo ou compondo o contrato. A principal vantagem diz respeito à certeza do preço final, garantindo ao contratante o conhecimento do aporte dos recursos. Outras vantagens também podem ser citadas como a exigência de menores custos de administração, a oferta de maiores garantias comerciais à contratante e a melhor comparação entre propostas concorrentes. Essa categoria é aplicada quando é possível caracterizar perfeitamente o escopo. Como desvantagens, destacam-se as implicações em preços mais altos para refletir fatores de segurança e a redução do número de concorrentes qualificados em função dos riscos envolvidos.

b) *preços unitários*: a contratada recebe um valor prefixado por unidade de produção, de acordo com medições periódicas das atividades concluídas. A condição fundamental para a correta aplicação dessa forma contratual é a definição precisa, com prévio acordo entre as partes dos métodos de medição a serem adotados. É uma das categorias mais utilizadas na construção civil. Como vantagens, essa modalidade permite a contratação antes de se ter o projeto completamente definido, elimina a necessidade de definição detalhada das quantidades nos serviços a serem realizados, permite antecipar o início da obra, além do fato de o contrato ser de fácil administração. Como desvantagens, ressaltam-se a exigência de maior rigor nas medições das diversas atividades e conhecimento prévio de todos os itens de serviços que constarão na lista de preços unitários.

c) *empreitada global*: a contratante delega à contratada toda a responsabilidade sobre o projeto, a qual providencia a elaboração do projeto de engenharia, processamento das compras, construção e montagem, gerenciamento *etc.* Como vantagem, permite maior racionalização administrativa, sem implicar perda de controle sobre o projeto por parte da contratante; como desvantagem, a participação da empresa contratante limita-se ao acompanhamento e fiscalização dos serviços em execução.

d) *administração contratada ou custos reembolsáveis*: empreitada de preço móvel, em que a execução da obra ocorre mediante o reembolso das despesas incorridas e o pagamento de uma remuneração ao construtor, geralmente fixada como um percentual do valor das despesas. É usado quando não é possível a determinação acurada da duração e escopo dos serviços, ou quando há interesse em se contratar a obra numa fase preliminar de planejamento. Como vantagens, essa categoria permite a contratação num estágio preliminar de definição de escopo e a flexibilidade na utilização da contratada; protege a contratante contra honorários muito altos; assegura à contratada uma remuneração condizente; minimiza tempo e custos de negociação contratual. Como desvantagens, essa modalidade não permite a definição prévia do custo total do trabalho; necessita de maiores cuidados na administração e supervisão do contrato; não incentiva a contratada a reduzir prazos ou despesas e facilita mudanças ou alterações excessivas. Três tipos comuns de contratos de custos reembolsáveis são CMR, CMRF e CMRI.

- Custo mais remuneração (CMR). O fornecedor é reembolsado pelos custos permitidos para a realização do trabalho contratado e recebe uma remuneração calculada como um percentual acordado dos custos. A remuneração varia de acordo com o custo real.
- Custo mais remuneração fixa (CMRF). O fornecedor é reembolsado pelos custos permitidos para a realização do trabalho contratado e recebe um pagamento de remuneração fixa calculado como um percentual dos custos estimados do projeto. A remuneração fixa não varia com os custos reais, a menos que ocorram mudanças no escopo do projeto.
- Custo mais remuneração de incentivo (CMRI). O fornecedor é reembolsado pelos custos permitidos pela realização do trabalho contratado e recebe, além de uma remuneração predeterminada, um bônus de incentivo, com base na realização de determinados níveis de objetivos de desempenho definidos no contrato.

É importante ressaltar que um projeto complexo pode envolver o gerenciamento de vários contratos ou subcontratos simultaneamente ou em seqüência. Nesses casos, o ciclo de vida de cada contrato pode terminar durante qualquer fase do ciclo de vida do projeto.

2.1.3.2. Planejamento de contratações

Nesse processo, todos os documentos necessários para dar suporte ao processo de seleção de fornecedores são preparados. Como resultado tem-se os documentos de aquisição, usados para buscar propostas de possíveis fornecedores.

Um termo como licitação, oferta ou cotação geralmente é usado quando a decisão de seleção do fornecedor for baseada em preço, enquanto um termo como proposta geralmente é usado quando outras considerações, como habilidades técnicas ou abordagem técnica, são mais importantes. No entanto, os termos são freqüentemente usados indistintamente e existe uma preocupação de evitarem-se suposições não embasadas sobre as implicações do termo usado.

Os critérios de avaliação são desenvolvidos e usados para classificar ou pontuar propostas. Esses critérios poderão ficar limitados ao preço de aquisição se o item de aquisição estiver prontamente disponível a partir de diversos fornecedores aceitáveis. Outros critérios de seleção podem ser identificados e documentados para dar suporte a uma avaliação de um produto mais complexo.

2.1.3.3. Solicitação de respostas de fornecedores

O resultado desse processo é dado por cotações e propostas, de possíveis fornecedores sobre como os requisitos do projeto podem ser alcançados. Os possíveis fornecedores, normalmente sem custos diretos para o projeto ou o contratante, gastam a maior parte do esforço real nesse processo.

É necessária a realização de reuniões com licitantes (também chamadas de reuniões com contratadas e reuniões pré-licitação), que são encontros coletivos antes da preparação de uma licitação ou proposta. Elas são usadas para garantir que todos possuam um entendimento claro e comum da aquisição (por exemplo, requisitos técnicos e de contrato). As respostas a perguntas podem ser incorporadas nos documentos de aquisição como acréscimo. Todos os possíveis fornecedores recebem o mesmo tratamento durante essa interação inicial entre contratante e contratado para produzir a melhor proposta.

As listas existentes de possíveis fornecedores muitas vezes podem ser ampliadas através da colocação de anúncios em publicações de circulação geral, como jornais, ou em

publicações especializadas, como revistas profissionais. Como resultado, tem-se a lista de fornecedores qualificados, que contém os nomes dos fornecedores que são solicitados a apresentar uma proposta ou cotação.

O edital é uma solicitação formal preparada pelo cliente/contratante enviada para cada fornecedor e é a base sobre a qual um fornecedor prepara uma proposta para os serviços solicitados que estão definidos e descritos nessa documentação.

As propostas são documentos preparados pelo fornecedor que descrevem sua capacidade e disposição de fornecer os serviços descritos na documentação de aquisição. São preparadas de acordo com os requisitos dos documentos de aquisição relevantes e refletem a aplicação de princípios contratuais aplicáveis. A proposta do fornecedor constitui uma oferta formal e legal em resposta à solicitação do comprador (PMI, 2004).

2.1.3.4. Seleção de fornecedores

Nesse processo, recebem-se as propostas e aplicam-se os critérios de avaliação para selecionar um ou mais fornecedores que sejam qualificados e aceitáveis.

Entre as várias técnicas para seleção de fornecedor, são apresentadas pelo PMI (2004) o sistema de ponderação, as estimativas independentes, o sistema de triagem, os sistemas de classificação de fornecedores e a opinião de especialistas.

Os fornecedores selecionados são aqueles considerados em uma faixa competitiva, com base no resultado da proposta ou da avaliação da licitação, e que negociaram uma versão preliminar do contrato.

A negociação do contrato, por sua vez, esclarece a sua estrutura e requisitos básicos, de forma que seja possível alcançar um acordo mútuo antes da sua assinatura. As negociações finalizam com o contrato propriamente dito. É possível que o gerente de projetos não seja o negociador líder do contrato. O gerente de projetos e outros membros da sua equipe podem estar presentes durante as negociações para fornecer, se necessário, algum esclarecimento em relação aos requisitos técnicos, de qualidade e de gerenciamento do projeto.

Smith (1991) afirma existir dois métodos para seleção da contratada: a licitação competitiva e a negociação. Em ambos os casos, o critério geralmente utilizado para seleção é o preço.

A licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia e a selecionar a proposta mais vantajosa para a administração, sendo processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da integridade administrativa, da vinculação ao

instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos (BRASIL, 1993).

No Brasil, a licitação pública é regida pela Lei 8.666/93 (alterada pelas Leis 8.883/94 e 9.648/98). As empresas privadas, por sua vez, realizam a licitação privada, escolhendo o procedimento que mais conveniente à sua realidade, variando de empresa para empresa e do porte e especificidade do projeto a ser empreendido.

No setor público do Reino Unido, o tipo de licitação predominante, quase que exclusivamente, é a licitação baseada na concorrência, sendo garantido o contrato ao licitante que apresente a proposta com o menor preço. No entanto, os contratos negociados são raros no setor público (BROWN, 2003).

A licitação baseada na concorrência pode ser seletiva e aberta.

O sistema de licitação aberta permite que qualquer empresa submeta uma proposta para o projeto (MERNA; SMITH, 1990). Os convites para participar da licitação são abertos para todas as empresas do ramo, sejam elas de grande ou pequeno porte, mediante a publicação em jornais de grande circulação e específicos do setor. Dessa forma, o cliente deseja obter o maior número possível de licitantes, de forma a elevar ao máximo a competição e, conseqüentemente, obter o menor preço. A desvantagem desse tipo de licitação é o grande número de propostas, o que afeta significativamente o tempo e o custo do processo de avaliação. Além do mais, quando um número ilimitado de empresas é permitido a participar da concorrência para um dado projeto, existe uma grande probabilidade de que a empresa selecionada, ou seja, a que apresentou o menor preço, seja incapaz de empreender o trabalho, resultando em desperdício de tempo e esforço.

A licitação seletiva, por sua vez, é um método bastante usado para eliminar propostas insatisfatórias. Nesse processo, é necessária a realização da qualificação do licitante, de acordo com os critérios julgados importantes, no caso de empresas privadas ou os estabelecidos na lei em vigência, no caso da licitação pública.

A qualificação pode ser dada antes da avaliação (pré-qualificação) ou após a seleção (pós-qualificação). Muitas vezes, um sistema de pós-qualificação é preferível por demandar menos esforço da equipe de avaliação do processo seletivo, uma vez que eles só irão qualificar a(s) menor(es) proposta(s). Um aspecto negativo desse sistema está relacionado ao tempo e esforço dispendido no processo licitatório.

Em relação à pré-qualificação, a desvantagem está associada ao tempo dispendido no processo de avaliação. No entanto, as suas vantagens compensam esse aspecto. São elas (JAAFARI; SCHUB, 1990):

- os contratantes desqualificados não têm o custo associado com a preparação do processo de seleção;
- os contratantes qualificados são encorajados a participar do processo, uma vez que estarão competindo com poucas empresas, de padrão similar;
- todos os contratantes que participam do processo já estão qualificados; dessa forma, o cliente pode se concentrar mais na avaliação das propostas do que na avaliação dos contratantes;
- o conflito em relação ao sistema de pós-qualificação é minimizado, uma vez que neste último são considerados elementos subjetivos, havendo a possibilidade de conflito no caso de uma proposta de menor preço não ser aceita.

Brown (2003) lista três fatores associados com o procedimento de seleção baseado no menor preço:

- não há relacionamento estabelecido entre uma proposta de menor preço e um baixo custo final do projeto;
- a proposta com preço mais baixo pode ser baseada em uma falta de entendimento do projeto;
- a menor proposta pode não ser a mais real.

Alguns países como Itália, Peru e Portugal usam um sistema em que a proposta vencedora não é a do menor preço. Eles consideram que a melhor proposta é a mais razoável - nem a mais alta, nem a mais baixa, mas sim a que estiver mais perto da média (HERBSMAN; ELLIS, 1992). Segundo Henriod e Lanteran (1991), no procedimento de seleção peruano, calcula-se a média das propostas apresentadas. Propostas 10% acima ou abaixo da média são eliminadas. Calcula-se então uma média com as propostas remanescentes, selecionando-se a proposta imediatamente inferior. Um método denominado “proposta média”, vem sendo aplicado nas construções públicas na Itália e Taiwan. Nesse sistema, a proposta imediatamente abaixo da média ganha a concorrência.

Nos EUA, propostas comerciais muito baixas também podem ser eliminadas das concorrências. No entanto, a aplicação prática do mecanismo fica limitada, devido às implicações de natureza legal, tal como apelações, provocando disputas lentas e onerosas. Segundo Crowley e Hancher (1995), cada dólar em reclamação dos licitantes custa nove dólares aos cofres públicos no estado do Texas, enfatizando a necessidade de métodos de seleção objetivos.

No Brasil, no caso de licitações de menor preço para obras e serviços de engenharia, não são consideradas as propostas cujos valores sejam inferiores a 70% (setenta por cento) do menor dos seguintes valores (BRASIL, 1998):

- média aritmética dos valores das propostas superiores a 50% (cinquenta por cento) do valor orçado pela administração, ou
- valor orçado pela administração.

2.1.3.5. Administração de contrato

O contratante e o contratado administram o contrato com objetivos semelhantes. Cada uma das partes garante que atendem às suas obrigações contratuais e que seus próprios direitos legais estão protegidos. O processo de administração de contrato garante que o desempenho do fornecedor atende aos requisitos contratuais e que o comprador atua de acordo com os termos do contrato. Em projetos maiores com vários fornecedores, um aspecto importante da administração de contrato é o gerenciamento de interfaces entre os diversos fornecedores (PMI, 2004).

A administração de contrato inclui não só a aplicação dos processos de gerenciamento de projetos adequados à(s) relação(ões) contratual(is) como também a integração das saídas desses processos ao gerenciamento geral do projeto. Essa integração ocorrerá com frequência em vários níveis quando existirem diversos fornecedores e muitas atividades ou resultados envolvidos. Os processos de gerenciamento de projetos aplicados incluem, mas não se limitam a (PMI, 2004):

- Orientação e gerenciamento da execução do projeto para autorizar o trabalho da contratada no tempo adequado.
- Relatório de desempenho para monitorar os custos, o cronograma e o desempenho técnico da contratada.
- Realização do controle da qualidade para inspecionar e verificar a adequação do produto da contratada.
- Controle integrado de mudanças para garantir que sejam aprovadas corretamente e que todas as pessoas que precisam conhecê-las estejam cientes em relação a elas.
- Monitoramento e controle de riscos para garantir que sejam mitigados. A administração de contrato também possui um componente de gerenciamento financeiro que envolve o monitoramento de pagamentos ao fornecedor. Isso garante que as condições de pagamento definidas no contrato sejam atendidas e

que a compensação ao fornecedor esteja ligada ao seu progresso, conforme definido no contrato.

O processo de administração de contrato analisa e documenta a qualidade do desempenho atual ou passado de um fornecedor com base no contrato e nas ações corretivas estabelecidas. Além disso, o desempenho é documentado como base para futuras relações com o fornecedor. A avaliação do desempenho do fornecedor pelo comprador é executada principalmente para verificar a sua competência ou falta de competência em relação à realização de trabalhos semelhantes no projeto ou em outros projetos.

2.1.3.6. Encerramento do contrato

Esse processo ocorre na fase de finalização do projeto, pois envolve a confirmação de que todo o trabalho e se as entregas são aceitáveis. O processo de encerramento do contrato também envolve atividades administrativas, como a atualização de registros para refletir resultados finais e o arquivamento dessas informações para uso futuro.

2.1.4. Parceria

A parceria já vem sendo utilizada na indústria de manufatura há algum tempo, com significantes benefícios (BROWN, 2003). A necessidade de uma mudança cultural na indústria da construção civil foi identificada por Latham (1994). Egan (1998) e Byatt (2001), por sua vez, deram prosseguimento ao desenvolvimento de trabalhos nessa linha. Egan (2002) afirma que

equipe de trabalho integrada é chave. Times integrados possuem processos mais eficientes e por trabalharem juntos ao longo do tempo podem ajudar a eliminar o antigo estilo da cultura adversária, e começar a gerar projetos mais seguros, com força de trabalho qualificada e treinada.

O aumento da complexidade nas construções e no relacionamento organizacional, a grande oferta de empresas especializadas e a declinante produção da construção têm cultivado uma atmosfera adversa, causando um efeito negativo nos relacionamentos contratante-subcontratado (KUMARASWAMY; MATTHEWS, 2000).

A adoção da parceria entre subcontratadas e algumas contratantes pode ser motivada pela vontade de se estabelecer um relacionamento baseado em confiança, respeito e honestidade, assim como reduzir problemas de aquisição, reclamações e processos judiciais (ARDITI; CHOTIBHONGS, 2005). De acordo com Kumaraswamy e Matthews (2000),

contratantes e subcontratadas acreditam que existem benefícios no desenvolvimento de arranjos de parceria.

Para tornar a parceria efetiva é crítico ter uma mudança na cultura dentro da indústria. Isso só pode ser alcançado com a mudança na atitude dos participantes do projeto (CHEUNG *et al.*, 2003).

Larson (1995) define parceria como

(...) a criação de um relacionamento especial entre partes contratantes. Esse relacionamento encoraja as partes a mudar os seus relacionamentos tradicionais adversários para uma abordagem mais cooperativa, que promova resultados de benefícios mútuos, incluindo a prevenção de maiores disputas.

De acordo com Thomas e Thomas (2005), parceria e equipe integrada são os meios necessários para alcançar o melhor valor em qualquer diretriz que seja definida pelo cliente.

Alguns acidentes relatados por Brown (2004) ressaltam a importância da parceria em um projeto na construção civil. Em 1981, depois da aprovação de mudanças no projeto de engenharia por engenheiros, duas passarelas suspensas caíram repentinamente sobre uma danceteria, em Kansas, nos Estados Unidos, matando 114 pessoas. Em 1994, estranhas coincidências de erradas ações mataram 6 pessoas durante um colapso repentino de uma passarela de um *ferry*, em Ramsgate. Desmoronamentos da cobertura do aeroporto de *Charles de Gaulle*, em maio de 2004, e do Parque Aquático de Moscou, em fevereiro de 2004, mostram que terríveis acidentes ainda não estão confinados a zonas de terremotos. Se tais empreendimentos tivessem sido projetados em um ambiente de parceria, certamente, esses acidentes teriam sido evitados.

Pesquisas do Instituto da Indústria da Construção dos EUA mostram que a parceria e as alianças estratégicas contribuíram diretamente para o sucesso dos projetos em 80% dos casos. Em média, empreendimentos que a adotaram obtiveram reduções nas programações na ordem de 15%; reduções nos custos em 12%; e o controle de mudança, segurança e qualidade foram intensificados (CIC, 2005).

É importante que as parcerias promovam a criação de um ambiente de engenharia simultânea, voltado ao aprimoramento dos projetos em todos os seus aspectos.

2.1.5. Engenharia Simultânea

Em meio à competitividade no setor produtivo, a Engenharia Simultânea (*Concurrent Engineering*) surgiu como uma alternativa para melhoria dos processos produtivos e de desenvolvimento de produtos (HANNEGHAN *et al.*, 2000). Devido ao sucesso de sua

aplicação na manufatura, ela tem sido estendida e aplicada a vários outros setores, principalmente para organizações que trabalham com projetos.

Várias são as definições existentes para a Engenharia Simultânea (ES). No entanto, segundo Rostaldas (1995), todas têm em comum a idéia de que a ES é a execução paralela de diferentes tarefas de desenvolvimento, com equipes multidisciplinares, no intuito de atingir, ao tempo e custo mínimos, um produto ótimo em relação à funcionalidade, qualidade e produtividade.

No contexto da construção civil, pode ser definida como

uma tentativa de aprimorar os projetos de engenharia e o processo de construção do empreendimento, para atingir tempos de execução menores e melhoria em custos e qualidade através da integração de projeto, fabricação, construção e outras atividades, maximizando a colaboração e a simultaneidade nas práticas de trabalho (EVBUOMWAN; ANUMBA, 1998).

Em essência, ES é “um esforço para integrar, de forma efetiva, todos os aspectos do desenvolvimento de um produto, através de diversas atividades, que costumavam ser feitas em seqüência, ocorrendo simultaneamente” (LOVE; GUNASEKARAN, 1998).

Dessa forma, os constituintes essenciais da construção simultânea são a identificação de aspectos associados aos projetos de engenharia e aos processos construtivos, a redução ou eliminação de atividades que não adicionam valor, além do desenvolvimento e fortalecimento de equipes multidisciplinares (*idem*, 1997).

As necessidades específicas incluem comunicação intensa entre os membros da equipe, equipe de trabalho com funções cruzadas e acesso compartilhado aos recursos, como informações do projeto e aplicações de *software*, para vários membros da equipe, em diversos locais (HANNEGHAN *et al.*, 2000).

Para Rostaldas (1995), a ES difere fundamentalmente de outras técnicas pela forma de composição das equipes de projeto de engenharia e da confiança na equipe de trabalho. Além disso, o autor afirma ainda que as pessoas envolvidas no projeto precisam ter conhecimento do potencial de redução dos custos e do tempo total do projeto.

Uma equipe de trabalho que utiliza a ES é formada por projetistas e outros indivíduos de todas as disciplinas funcionais. Os membros da equipe são selecionados de acordo com sua disponibilidade para contribuir para o projeto, identificando, o mais breve possível, problemas potenciais, que poderiam gerar re-trabalhos. Uma equipe multidisciplinar é essencial para que se tenha uma implementação de engenharia simultânea efetiva (LOVE; GUNASEKARAN, 1998).

Anumba *et al.*, (2002), por sua vez, enfatizam alguns dos benefícios resultantes desse ambiente integrado, tais como: a obtenção do trabalho certo da primeira vez em que é realizado; a satisfação do cliente; a redução do tempo e do custo do desenvolvimento do produto sem o comprometimento da qualidade; a eliminação do desperdício e das mudanças consumidoras de tempo e custo.

Rostaldas (1995) ressalta que, devido ao número de múltiplas áreas envolvidas em projetos de engenharia, e à complexidade envolvida na realização e integração das atividades dessas diversas áreas, o ramo de indústrias de engenharia apresenta grandes oportunidades para aplicação bem sucedida de engenharia simultânea. Isso porque os maiores problemas em projetos de engenharia se originam no fato de envolverem tarefas longas e complexas, que devem ser realizadas em prazos curtos.

Muitas empresas de construção, por exemplo, estão respondendo ao aumento da importância dos processos de desenvolvimento do projeto incorporando práticas da engenharia simultânea, ao mesmo tempo em que estão tentando tornar sua cadeia de suprimentos mais eficiente e eficaz (KHANLFAN *et al.*, 2001; ANUMBA *et al.*, 2000).

Kamara *et al.*, (2001) apontam que as razões para adoção da engenharia simultânea na construção civil baseiam-se:

- nos benefícios derivados da sua adoção na manufatura - reduções de mais de 70% no tempo de desenvolvimento do produto;
- na relevância direta dos seus objetivos e metas com os desafios que estão normalmente presentes na construção civil;
- no fato de algumas práticas em construção terem similaridades com a engenharia simultânea.

Apesar da importância que está recebendo na indústria da construção, a implementação da metodologia ainda precisa ser teoricamente aprofundada (LOVE; GUNASEKARAN, 1998). Khalfan e Anumba (2000) discutem a necessidade de uma avaliação da cadeia de suprimentos da construção civil para a sua implementação.

A percepção de que a ES oferece melhorias potenciais significantes para a construção civil tem levado a vários esforços direcionados ao desenvolvimento de técnicas e ferramentas adequadas para a implementação da abordagem no setor. Uma característica comum dessas atividades de pesquisa é o foco em ferramentas de gerenciamento da comunicação e da informação permitindo o trabalho em conjunto entre os profissionais de construção civil (KAMARA *et al.*, 2001).

Para que a construção civil contribua para a satisfação do cliente através de melhorias na qualidade, adicionando valor agregado, reduzindo os custos e os prazos de projeto, ainda há muito para ser feito com relação a melhorias nas relações através da sua cadeia de suprimentos (KHALFAN; ANUMBA, 2000).

A engenharia simultânea no ramo de engenharia civil está se desenvolvendo gradativamente. Seus efeitos ainda estão sendo investigados, mas há um consenso em relação às melhorias potenciais que podem ser obtidas, já que as principais dificuldades dos empreendimentos de construção coincidem com as soluções propostas para melhoria de um projeto.

2.2. Apoio Multicritério a Decisão

Esse tópico apresenta uma visão geral em relação ao apoio multicritério a decisão, descrevendo os atores do processo decisório e as problemáticas de referência. Engloba também a modelagem de preferências e alguns conceitos básicos utilizados no trabalho.

2.2.1. Visão geral

O apoio multicritério a decisão proporciona ao decisor algumas ferramentas que o possibilitam resolver problemas levando em consideração diferentes pontos de vista, muitas vezes contraditórios (VINCKE, 1992). De acordo com Roy (1996), pode ser definido como a atividade de um analista que, com base em modelos formalizados, busca respostas às questões colocadas pelos decisores ao longo do processo, levando, muitas vezes, a recomendações de ação ou simplesmente a um favorecimento de uma evolução do processo mais consistente com os objetivos e sistemas de valores dos decisores.

É importante ressaltar que os métodos de decisão multicritério não visam encontrar uma solução que seja uma verdade única representada pela ação selecionada, e sim apoiar o processo decisório. Portanto, tão importante quanto a qualidade da informação disponível é a forma de tratamento analítico aplicada (GOMES, 1998).

- Atores do processo decisório

Todos os indivíduos ou grupos de pessoas, que participam direta ou indiretamente do processo decisório, podem ser considerados como atores. Para Roy (1996), entre os atores, têm-se os decisores, aos quais a atividade de apoio está especialmente dirigida, e os analistas de decisão.

De acordo com Gomes *et al.*, (2002), os seguintes atores estão envolvidos no processo decisório:

- ✓ Decisor: exerce influência no processo de decisão de acordo com o juízo de valor que representa e/ou relações que se estabeleceram. São os homens e/ou instituições que estabelecem os limites do problema, especificam os objetivos a serem alcançados e emitem julgamentos. São aqueles sobre os quais normalmente recai o financiamento e/ou a responsabilidade legal/moral pela escolha.
- ✓ Facilitador: é um líder experiente que deve focalizar a sua atenção na resolução do problema, coordenando os pontos de vista dos decisores, mantendo o decisor motivado e destacando o aprendizado no processo de decisão. Seu papel é esclarecer e modelar o processo de avaliação e/ou negociação conducente à tomada de decisão, permanecendo sempre com uma postura neutra em relação ao processo decisório.
- ✓ Analista: é o que faz a análise, auxilia o facilitador e o decisor na estruturação do problema e identificação dos fatores do meio ambiente que influenciam na sua evolução, solução e configuração.

Existem também os "grupos de pressão", ou *stakeholders*, na terminologia consagrada em inglês, que, mesmo não tendo responsabilidade formal pela escolha, conseguem, muitas vezes, por sua ação, participar ativamente do processo decisório. Além desses, há o grupo dos terceiros, que são aqueles grupos que não participam ativamente do processo de decisão, sendo, no entanto, afetados pelas conseqüências que dele decorrem, de maneira direta ou indireta. Suas preferências precisam, portanto, ser consideradas pelos decisores (ROY, 1996).

- *Problemáticas de referência*

No contexto do apoio à decisão, o resultado pretendido em determinado problema pode ser identificado entre quatro tipos de problemáticas de referência, descritas a seguir (GOMES *et al.*, 2002):

- ✓ Problemática de Escolha - P α : tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto tão restrito quanto possível, tendo em vista a escolha final de uma única ação;
- ✓ Problemática de Classificação - P β : tem como objetivo esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada ação a uma categoria (ou classe).

As diferentes categorias são definidas a priori com base em normas aplicáveis ao conjunto de ações;

- ✓ Problemática de Ordenação - $P\gamma$: tem como objetivo esclarecer a decisão por um arranjo obtido pelo reagrupamento de todas ou parte (as mais satisfatórias) das ações em classes de equivalência. Essas classes são ordenadas de modo completo ou parcial, conforme as preferências;
- ✓ Problemática de Descrição - $P\delta$: tem como objetivo esclarecer a decisão a ser tomada, por uma descrição, em linguagem apropriada, das ações e de suas conseqüências.

No entender de Roy (1996), a maneira de formular o problema de decisão depende de se precisar a natureza do que se procura e do espírito da recomendação, podendo ser escolhida uma problemática, um caso especial de uma delas, uma seqüência de mais de uma problemática ou até mesmo uma mistura diferente, quando não se verificar nenhuma das opções citadas.

2.2.2. Modelagem das preferências

No intuito de apoiar o processo decisório, é necessário que se estabeleçam certas condições que possam expressar as preferências do decisor quando da comparação entre duas ações potenciais. Essas condições são definidas por relações binárias que fazem a ligação entre dois objetos ou descrevem a presença ou ausência de certa propriedade (ROY, 1996).

- *Sistemas de relações de preferências*

A esse respeito, Roy (1996) afirma que as preferências do decisor são modeladas através de sistemas de relações de preferências, sendo os principais o Sistema Básico de Relações de Preferência (BSPR – *Basic System of Preference Relations*) e o Sistema Consolidado de Relações de Preferência (CSPR – *Consolidated System of Preference Relations*).

Quando o decisor se depara com a necessidade de definir suas preferências entre duas alternativas a e a' de um conjunto A de ações, são identificadas as seguintes situações no sistema básico (BSPR): Indiferença (I), Preferência Estrita (P), Preferência Fraca (Q) e Incomparabilidade (R), conforme apresentadas na tabela 2.1.

A teoria de decisão clássica, idealizada pela Escola Americana, considera apenas duas situações como sendo básicas: a Indiferença e a Preferência Estrita. As situações de Incomparabilidade ou Preferência Fraca não existem ou estão combinadas a outras situações.

Roy (1996) coloca que essa visão não incorpora a existência de situações nas quais o decisor ou o analista apresenta um dos seguintes comportamentos:

- ✓ não é capaz de decidir: existência de dados subjetivos ou mal coletados;
- ✓ não sabe como decidir: o analista não é sensível às preferências do decisor ou o decisor está inacessível no momento;
- ✓ não deseja decidir: opta por continuar o desenvolvimento dos estudos deixando a definição para uma etapa posterior, quando então terá mais condições de realizá-la.

Tabela 2.1. Situações básicas de preferência (adaptado de Roy, 1996)

Situação	Definição	Propriedades
Indiferença (I)	Existência de razões claras e positivas que justificam a equivalência entre duas ações.	I: relação reflexiva e simétrica
Estrita Preferência (P)	Existência de razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa em favor de uma das duas ações identificadas .	P: relação assimétrica (não reflexiva)
Fraca Preferência (Q)	Existência de razões claras e positivas que invalidam a estrita preferência em favor de uma das duas ações identificadas, mas que são insuficientes para deduzir uma estrita preferência em favor da outra ação ou indiferença entre as duas ações, não permitindo, desse modo, diferenciar nenhuma das duas situações precedentes.	Q: relação assimétrica (não reflexiva)
Incomparabilidade (R)	Ausência de razões claras e positivas que justificam quaisquer das três situações precedentes.	R: relação simétrica (não reflexiva)

O Sistema Consolidado, descrito por Roy (1996), introduz outras situações além das quatro caracterizadas pelos agrupamentos ou combinações das situações básicas, sendo conhecidas como situações consolidadas de preferências assim representadas: Não-Preferência (\sim), Preferência (\succ), J-Preferência (J), K-Preferência (K) e Sobreclassificação (S), mostradas na tabela 2.2.

Tabela 2.2. Situações consolidadas de preferências (adaptado de Roy, 1996)

Situação	Definição	Propriedades
Não-Preferência (\sim)	Corresponde a uma ausência de situações claras e positivas para justificar a preferência estrita ou preferência fraca em favor de uma das ações e, portanto, consolida as situações de indiferença ou de incomparabilidade, sem ser capaz de diferenciá-las.	$\sim: a \sim b \leftrightarrow aIb \text{ ou } aRb$
Preferência	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam a preferência estrita ou a preferência fraca em favor de uma (bem identificada) das duas ações e, portanto, consolida as situações de preferência estrita e preferência fraca, sem no entanto possibilitar a diferenciação entre elas.	$\succ: a \succ b \leftrightarrow aPb \text{ ou } aQb$
J-Preferência (Presunção de Preferência)	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam a preferência fraca, sem se preocupar o quanto fraca ela é, em favor de uma (bem identificada) das duas ações, ou no limite, a indiferença entre elas, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência fraca e indiferença.	$J: aJb \Rightarrow aQb \text{ ou } aIb$
K – Preferência	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam a preferência estrita em favor de uma (bem identificada) das duas ações, ou a incomparabilidade entre elas, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita e incomparabilidade.	$K: aKb \Rightarrow aPb \text{ ou } aRb$
Sobreclassificação (Outranking)	Corresponde à existência de razões claras e positivas que justificam tanto a preferência ou a J-preferência em favor de uma (bem identificada) das duas ações, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita, preferência fraca e indiferença. Uma ação a sobreclassifica b (aSb) se a é considerada ao menos tão boa quanto b .	$S: aSb \Rightarrow aPb \text{ ou } aQb \text{ ou } aIb$

- Estruturas de preferências

Segundo Vincke (1992) a maioria dos estudos sobre modelagens de preferências trata principalmente de situações que envolvem: preferência (P), indiferença (I) e incomparabilidade (R).

Baseadas nas quatro relações de preferências básicas, são apresentadas, na tabela 2.3, as estruturas de preferências mais comuns que não aceitam a incomparabilidade entre ações, ou seja, a relação R é vazia.

Tabela 2.3. Estruturas de preferências básicas sem incomparabilidade (adaptado de Vincke, 1992 e Roy, 1996)

Estrutura	Representação Funcional (g definida em A, $\forall a, b \in A$)	Propriedades das Relações	Observações
Classes de equivalência	Não forma uma ordem; as ações são equivalentes.	I: Simétrica e Transitiva; ~: Simétrica e Transitiva.	Sistemas de relação com apenas uma relação simétrica.
Pré-ordem completa	$a P b \Leftrightarrow g(a) > g(b)$ $a I b \Leftrightarrow g(a) = g(b)$	P: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R=0; Ausência de Incomparabilidade.	Noção intuitiva de classificação com possibilidade de empate por similaridade.
Ordem completa	$a P b \Leftrightarrow g(a) > g(b)$	P: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R = 0.	Noção intuitiva de classificação sem possibilidade de empate por similaridade.
Quase-ordem	$a P b \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q$ $a I b \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq q$ <i>q = limiar de indiferença</i>	P: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva e Simétrica; R = 0.	Existência de um limiar, abaixo do qual o decisor não consegue explicitar a diferença ou se recusa a declarar a preferência.
Ordem de intervalo (Limiar de Indiferença Variável)	$a P b \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b))$ $a I b \Leftrightarrow \begin{matrix} g(a) \leq g(b) + q(g(b)), \\ g(b) \leq g(a) + q(g(a)) \end{matrix}$	P: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva e Simétrica; R = 0. $aPb, bIc, cPd \Rightarrow aPd$	Limiar que varia ao longo da escala de valores.
Pseudo-ordem	$a P b \Leftrightarrow g(a) > g(b) + p(g(b))$ $aQb \Leftrightarrow q < g(a) - g(b) \leq p(g(b))$ $a I b \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq q$	P e Q: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva e Simétrica; R = 0.	Limiar de indiferença (q): abaixo do qual é clara a indiferença Limiar de Preferência (p): acima do qual não há dúvida da preferência.

Através da análise do comportamento dos decisores, observa-se que a situação de ausência de incomparabilidade não é muito realista, uma vez que, em muitas situações, não desejam expressar suas preferências ou se sentem incapazes de fazê-lo. A incomparabilidade aparece mais freqüentemente quando opiniões contraditórias são agregadas (VINCKE, 1992).

As estruturas parciais de preferência, que aceitam incomparabilidade, são as representadas na tabela 2.4.

Tabela 2.4. Estruturas básicas de preferências com incomparabilidade (adaptado de Vincke, 1992 e Roy, 1996)

Estrutura	Representação Funcional (g definida em A , $\forall a, b \in A$)	Propriedades das Relações	Observações
Pré-ordem parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$ $aIb \Rightarrow g(a) = g(b)$	P: Assimétrica e transitiva; I: Simétrica, transitiva e reflexiva; R: Simétrica e não-reflexiva.	Noção intuitiva de classificação com possibilidade de empate por similaridade. $R \neq \emptyset$
Ordem parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$	P: Assimétrica e transitiva; I: Simétrica, transitiva e reflexiva; R: Simétrica e não-reflexiva.	Noção intuitiva de classificação sem possibilidade de empate por similaridade. $R = \emptyset$

2.2.3. Conceitos básicos utilizados

A seguir, são apresentados os conceitos relacionados a critérios, relação de dominância e informações intercritério e intracritério.

- Critério

Um critério pode ser definido, segundo Vincke (1992), como uma função g definida em um conjunto A , que toma seus valores em um conjunto totalmente ordenado, representando as preferências do decisor sob determinado ponto de vista.

De acordo com a estrutura de preferência verificada, os critérios classificam-se em:

- *Critério verdadeiro*: se a estrutura de preferência é uma estrutura de pré-ordem completa (modelo tradicional) - qualquer diferença implica uma preferência estrita.
- *Semicritério*: no caso da estrutura de preferência ser uma estrutura de quase-ordem (modelo de limiar), existe uma zona de indecisão constante entre a indiferença e a preferência estrita.
- *Critério de Intervalo*: se a estrutura de preferência é uma estrutura de intervalo (modelo de limiar variável), existe uma zona de indecisão, variável ao longo da escala, entre a indiferença e a preferência estrita.
- *Pseudocritério*: a estrutura de preferência é uma estrutura de pseudo-ordem (modelo de duplo limiar) quando se evita uma passagem repentina entre a indiferença e a preferência estrita, existindo uma zona de hesitação, representada pela preferência fraca (VINCKE, 1992).

A avaliação de uma ação a , de acordo com o critério j , é representada por g_j . Nesse sentido, um problema de decisão multicritério é uma situação em que, tendo se definido um conjunto A de ações e uma família consistente $F = \{g_1, \dots, g_j, \dots, g_n\}$ de critérios, se procede a uma (ou mais) das problemáticas citadas anteriormente.

- *Relação de dominância*

Dados dois elementos a e b de A , a domina b (aDb), se e somente se:

$$g_j(a) \geq g_j(b), \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

onde pelo menos uma das inequações é estrita.

Uma ação a é não-dominada ou eficiente se e somente se nenhuma outra ação do conjunto A a domina. O conjunto de ações eficientes de A pode ser o próprio A se a relação de dominância é vazia, sendo geralmente considerado como um conjunto que contém as ações interessantes, a serem analisadas com maior profundidade.

- *Informação intracritério e intercritério*

As informações intracritério correspondem às avaliações das alternativas, dentro de cada critério. Em teoria da utilidade corresponde à própria função utilidade de um dado atributo. No caso mais geral, corresponde à função $g_j(a)$, para o critério j .

Em relação às informações intercritério, os conceitos de ponderação, compensação e independência merecem uma atenção especial quando da sua aplicação nos diversos métodos multicritério (VINCKE, 1992).

Muitos métodos traduzem a importância relativa entre os critérios em números, denominados *pesos*, embora essa noção esteja estreitamente relacionada com a forma como são levantados e com que objetivo são utilizados. Dessa forma, Vincke (1992) sugere um cuidado especial quando se utiliza a mesma ponderação em diferentes métodos para comparação de resultados.

Figueira e Roy (2002) consideram que, no contexto de apoio à decisão, conhecer as preferências do decisor e determinar os pesos dos critérios são questões muito difíceis. No entanto, Vincke (1992) afirma que, do ponto de vista prático, vários métodos têm sido propostos na literatura para estimar “os pesos” dos critérios.

A escolha da utilização de um método de agregação dos critérios, como o MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*), por exemplo, é equivalente a escolher um tipo de

“compensação entre os critérios” (*ibidem*). Intuitivamente, o aspecto de compensação de um método sugere uma quantidade que contrabalance a desvantagem de um critério em relação à vantagem de um outro. Já os métodos não-compensatórios, métodos *outranking*, requerem uma informação intercritério correspondente à relativa importância entre os critérios. Assim, os métodos compensatórios, podem favorecer ações não balanceadas, ou seja, aquelas cuja performance é excelente sob algum aspecto, mas que é sofrível nos demais. Já os métodos não compensatórios favorecem as ações mais balanceadas, o que significa que possuem uma melhor performance média.

No que diz respeito à independência dos critérios, o autor afirma que muitos métodos assumem a hipótese de independência preferencial entre os critérios, como no modelo aditivo, por exemplo, no qual os critérios podem ser analisados individualmente, sem sofrer interferências dos demais critérios. Em muitas aplicações práticas, torna-se difícil reduzir a uma família de critérios consistentes, na qual não exista relação de dependência entre eles. Por outro lado, a simples eliminação dos critérios fortemente dependentes, pode levar a uma perda de informações indispensáveis, que não são necessariamente redundantes.

2.3. Métodos Multicritério

Considerando a importância dos métodos multicritério no tratamento da realidade humana, várias abordagens têm sido propostas. Todas substituem a busca da solução ótima por aquelas soluções de melhor compromisso.

Eles são divididos em três grandes grupos ou famílias de abordagens que se referem aos princípios de modelagem de preferência. Pode-se distinguir então, a abordagem do critério único de síntese, a do julgamento interativo e a abordagem da sobreclassificação (ROY, 1985). A abordagem do julgamento interativo não é abordada nesse trabalho.

2.3.1. Abordagem do critério único de síntese

Idealizada pela Escola Americana, consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função que deve ser subsequentemente otimizada (ROY, 1985).

Consiste em substituir o problema multicritério inicial:

$$\text{Max}\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_j(x), \dots, f_k(x) | x \in A\} \quad (2.2)$$

onde A é um conjunto finito de n ações potenciais e $\{f_j(\cdot), j = 1, 2, \dots, k\}$, um conjunto de critérios de avaliação, pelo problema multicritério seguinte:

$$\text{Max}\{U(x) | x \in A\} \quad (2.3)$$

onde $U(x)$ chamado função utilidade ou função de valor é do tipo:

$$U(x) = U [f_1(x), f_2(x), \dots, f_j(x), \dots, f_k(x)] \quad (2.4)$$

e agrega k critérios em um único critério de síntese.

A utilização de uma função utilidade possibilita ordenar as soluções da melhor à pior, permitindo que seja tratada tanto a problemática de escolha quanto a de ordenação. O método mais abordado é o da Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiple Attribute Utility Theory – MAUT*). O VIP (*Variable Interdependent Parameters*) Analysis também será apresentado.

- Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT)

O MAUT derivou da teoria da utilidade, incorporando à teoria da utilidade a questão do tratamento de problemas com múltiplos objetivos. Segundo Campello de Souza (2005), a idéia básica da teoria da utilidade é a quantificação da desejabilidade do decisor pelos bens que poderá obter, associando a esses bens um valor que represente um critério de escolha por parte do decisor.

No conjunto de métodos de apoio multicritério a decisão, esse é o único que recebe o nome de teoria. Essa distinção está associada à forma como se obtém a função utilidade multiatributo. Como teoria, a determinação da função está associada à confirmação da relação que existe entre a estrutura axiomática da teoria e a estrutura de preferências do decisor. Como método, essa confirmação não é efetuada, pelo menos em alguns estágios do processo de análise (GOMES *et al.*, 2002).

O MAUT inicia-se com a avaliação de várias condições de independência sobre as atitudes do decisor acerca de suas preferências relativas ao problema que se está analisando e, em seguida, obtém-se uma forma funcional consistente com as condições consideradas (KEENEY; RAIFFA, 1976; VINCKE, 1992; OLSON, 1996).

Essa forma funcional consistente deve agregar as funções de utilidade de cada atributo na forma:

$$u(x_1, x_2, \dots, x_n) = f [u_1(x_1), u_2(x_2), \dots, u_n(x_n)] \quad (2.5)$$

A forma a mais utilizada para a função de utilidade multiatributo é a função de utilidade aditiva:

$$u(a) = \sum_{j=1}^n k_j u_j(a) \quad (2.6)$$

Nessa expressão, $u_j(a)$ representa a função utilidade unidimensional da alternativa a segundo o j -ésimo atributo e k_j (com $k_j > 0$) representa uma constante de escala relativa ao j -ésimo atributo, freqüentemente chamada de peso. No entanto, essa função só pode ser usada se as condições de preferência forem satisfeitas, uma vez que essas constantes k têm a função de trazer a utilidade de determinado atributo para a escala que será utilizada na função de utilidade aditiva.

Keeney e Raiffa (1976) *apud* Gomes *et al.* (2002) apresentam uma metodologia que permite a determinação da função utilidade por um processo composto de cinco etapas que proporcionam a intensificação de aspectos importantes do problema e permitem uma discussão mais profunda entre o analista e o decisor sobre as variáveis que compõem a estrutura do problema. As cinco etapas que compõem a metodologia para a elicitacão da função utilidade multiatributo são:

- ✓ Preparação do decisor para a avaliação.
- ✓ Identificação de independência.
- ✓ Avaliação da função utilidade condicional.
- ✓ Avaliação das constantes de escala.
- ✓ Checagem da consistência.

- *VIP Analysis*

O propósito do *VIP Analysis* é apoiar a avaliação de um conjunto de alternativas discretas, no intuito de escolher a mais preferida, de acordo com a função de valor aditiva multiatributo (CLÍMACO; DIAS, 2005). O valor global de uma alternativa a_i é a soma de seus valores para os n critérios $(v_1(a_i), \dots, v_n(a_i))$, ponderados por n pesos escalares $k=(k_1, \dots, k_n)$:

$$V(a_i, k) = \sum_{j=1}^n k_j v_j(a_i), \quad \text{com } \sum_{j=1}^n k_j = 1 \text{ e } k_j \geq 0. \quad (2.7)$$

Uma das mais difíceis partes do processo de decisão é a determinação desses parâmetros, uma vez que irão refletir as preferências e os *trade-offs* do decisor. No entanto, além dos decisores acharem difícil fornecer informações precisas sobre suas preferências, essas preferências podem mudar à medida que o processo decisório se desenvolve, além de divergirem, freqüentemente, em situações de decisão em grupo.

As informações parciais nesse método dizem respeito apenas aos parâmetros de importância $k = (k_1, k_2, \dots, k_n)$, assumindo-se que as restrições que definem K são lineares. Estas restrições podem limitar os pesos através de limites superior e inferior, como também podem relacionar os pesos entre si, impondo um ordenamento definido pelo decisor e restrições para os *trade-offs*. Respectivamente, estas restrições podem ser do tipo:

$$l_j \leq k_j \leq L_j \quad (2.8)$$

$$k_1 \leq k_2 \quad (2.9)$$

$$\frac{k_2}{k_1} \geq 0,5 \quad (2.10)$$

Dessa forma, se o decisor estiver em dúvida na determinação dos valores precisos dos pesos, ele pode achar mais fácil ordená-los, por exemplo. K denota o conjunto de todas as combinações dos valores dos parâmetros que satisfaçam todas as restrições estabelecidas.

Os resultados obtidos pelo VIP para um conjunto K de combinações de valores para os parâmetros de importância e um conjunto $A = \{a_1, \dots, a_m\}$ de alternativas incluem (DIAS; CLÍMACO, 2000):

- ✓ Um intervalo de variação de valores para cada alternativa a_i , do $\min\{V(a_i, k) : k \in K\}$ ao $\max\{V(a_i, k) : k \in K\}$. Se o maior valor possível de uma alternativa a_x é sempre menor do que o menor valor possível para uma alternativa a_y , então a primeira alternativa pode ser descartada.
- ✓ A maior diferença de valor para cada par ordenado de alternativas $(a_i, a_j) \in A^2$, ou seja, $\max\{V(a_i, k) - V(a_j, k) : k \in K\}$. Se a diferença máxima é negativa ou nula então $V(a_j, p) \geq V(a_i, p) \forall p \in P$, que é denotado como $a_j \Delta a_i$ (a_j domina a_i). Se a diferença máxima não excede o parâmetro ε , então $V(a_j, k) \geq V(a_i, k) - \varepsilon \forall k \in K$, que é denotado por $a_j \Delta_\varepsilon a_i$ (a_j quase-domina a_i , com tolerância ε).
- ✓ Para cada alternativa $a_i \in A$, o máximo arrependimento associado com a sua escolha, ou seja, a diferença máxima do valor considerando as alternativas que podem ter um valor mais alto do que a_i dado K :

$$\text{Arrependimento}_{\max}(a_i) = \max_{k \in K} \left\{ \max_{j=1, \dots, m} \{V(a_j, k)\} - V(a_i, k) \right\} \quad (2.11)$$

Se $Arrependimento_{\max}(a_i) = 0$ então podemos dizer que a_i é ótimo; se $Arrependimento_{\max}(a_i) \leq \varepsilon$, pode-se dizer que a_i é quase-ótimo com tolerância ε .

A realização de uma análise de sensibilidade *a posteriori* para os pesos não é necessária, uma vez que todas as suas combinações consideradas aceitáveis pelo decisor são investigadas, o que possibilita a obtenção de uma conclusão mais robusta.

2.3.2. Abordagem da sobreclassificação (*outranking ou surclassement*)

Idealizada pela Escola Francesa, consiste na construção das relações de sobreclassificação, ou *surclassement*, que representam as preferências estabelecidas pelo decisor, e sua posterior exploração, de forma a apoiá-lo na solução do problema.

A idéia básica desses métodos de sobreclassificação consiste no enriquecimento das relações de dominância. Evitam-se, dessa forma, hipóteses matemáticas muito rígidas e questionamentos intrigantes ao decisor, exigidos pela teoria da utilidade multiatributo, e que introduzem uma série de dificuldades na modelagem de problemas reais (VINCKE, 1992).

Requerem uma informação intercritério correspondente à relativa importância entre os critérios – dessa forma, esses métodos favorecem as ações mais balanceadas, que possuem melhor performance média. O *Condorcet* foi o primeiro método que introduziu uma idéia similar ao método de sobreclassificação (BARBA-ROMERO; POMEROL, 1997).

Destacam-se nesse método as famílias do método *ELECTRE* e *PROMETHEE*.

- Métodos da família *ELECTRE*

A Família *ELECTRE* (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*), de origem francesa, tem o intuito de obter um subconjunto de N alternativas, que sobreclassificam as que não entraram no subconjunto N . O procedimento é continuado até se obter um pequeno subconjunto, representado por alternativas de melhor compromisso com o problema (VINCKE, 1992).

Dito de outra forma, o método *ELECTRE* se propõe a reduzir o tamanho do conjunto de alternativas, explorando o conceito de dominância. É utilizado um índice de concordância $C(a,b)$ para medir a vantagem relativa de cada alternativa sobre todas as outras. De forma similar, é definido um índice de discordância $D(a,b)$, que mede a relativa desvantagem (ROY, 1996; VINCKE, 1992).

É assumido que o decisor é capaz de fornecer informações intercritérios, que refletem a importância relativa entre os k objetivos, ou seja, pesos dos critérios (ROY, 1996). Esses pesos podem ser decorrentes de cálculos técnicos ou de expressões de julgamento de valor. As seguintes versões do ELECTRE são apresentadas por Roy (1996), cada uma aplicável a um caso diferente:

- ELECTRE I: indicado para problemáticas de escolha ($P.\alpha$), busca selecionar um conjunto de alternativas dominantes;
- ELECTRE II: adequado para problemáticas de ordenação ($P.\gamma$), resulta numa ordenação das alternativas não dominadas;
- ELECTRE III: aplicável aos casos onde a família de pseudocritério se verifica, sendo indicado para problemáticas de ordenação ($P.\gamma$);
- ELECTRE IV: é igualmente aplicável nos casos onde a família de pseudocritério se verifica. Sua característica principal consiste na não utilização de ponderação associada à importância relativa dos critérios, sendo indicado para problemáticas de ordenação ($P.\gamma$);
- ELECTRE IS: indicado para problemáticas de escolha ($P.\alpha$) e para a família de estrutura de pseudocritério;
- ELECTRE TRI: aplicável aos casos da família de pseudocritério, sendo indicado para problemáticas de classificação ($P.\beta$).

A versão utilizada neste trabalho é a do ELECTRE IV.

✓ ELECTRE IV

O método ELECTRE IV (HUGONNARD; ROY, 1982) baseia-se numa família de pseudo-critérios, tendo como objetivo ordenar as alternativas sem introduzir qualquer ponderação entre esses critérios (VINCKE, 1992). Pode-se dizer que, de forma geral, a estrutura desse método é mais simples que a dos demais, uma vez que, como o ELECTRE III, utiliza os critérios associados a um limite de preferência estrita (p) e a um limite de indiferença (q), em vez de utilizar as noções de concordância e discordância (GOMES *et al.*, 2004).

Dessa forma, o ELECTRE IV destina-se à problemática de ordenação, sem a atribuição de pesos (importância relativa) aos critérios. Miranda (2005) cita algumas razões em que se torna difícil o estabelecimento dos pesos dos critérios:

- a existência de vários atores envolvidos no processo de decisão;

- não se pode impor o sistema de valor de um decisor;
- os sistemas de valores (as opiniões) de cada um podem ser incompatíveis quantitativamente;
- não haver razões científicas de se selecionar uma forma de dar pesos aos critérios quando objetivos políticos estão envolvidos.

As relações de sobreclassificação são então definidas por referência direta aos níveis de performance das alternativas. Duas relações de sobreclassificação são construídas:

- *Sobreclassificação Forte* - aS^Fb : uma alternativa a sobreclassifica fortemente uma alternativa b se não existe critério em que b seja estritamente preferível a a e o número de critérios nos quais b é fracamente preferível a a é no máximo igual ao número de critérios em que a é preferível (fortemente ou fracamente) a b .
- *Sobreclassificação Fraca* - $aS_f b$: a sobreclassifica fracamente b , se:
 - não existe critério em que b seja fortemente preferível a a , embora a segunda condição para sobreclassificação forte não seja satisfeita, ou;
 - b é estritamente preferível a a em um único critério, sob a condição de que a seja estritamente preferível a b em pelo menos metade dos critérios, e que a diferença em favor de b não seja maior do que o limiar de veto.

Da mesma forma que no ELECTRE III, a exploração das relações de sobreclassificação é realizada usando-se os processos de destilação ascendente e descendente, resultando na ordenação das alternativas da melhor para a pior, sendo o presente método mais simples pelo fato de haver só dois níveis de sobreclassificação. O conceito de qualificação é usado baseado nas relações de sobreclassificação forte e fraca, para definir as duas ordenações. A qualificação inicial das alternativas é determinada pela relação de sobreclassificação forte. A relação fraca é usada para distinguir, se possível, entre aquelas alternativas que tem o mesmo valor de qualificação inicial (BELTON; STEWART, 2002).

Para a exploração da relação de sobreclassificação, determina-se o subconjunto de alternativas que possuem as melhores qualificações de A para S^F . A qualificação de a é o número de alternativas sobreclassificadas por a , menos o número de alternativas que sobreclassificam a . Exclui-se esse subconjunto da análise e refaz-se o procedimento com o

conjunto das alternativas restantes com um grau menor de qualificação. Se o subconjunto tem mais de uma alternativa, o mesmo procedimento é realizado considerando-se a relação de S_j . Esse procedimento descendente é continuado até que se fique apenas uma alternativa de A , e portanto, forme-se uma pré-ordem completa. A segunda pré-ordem é construída por um procedimento similar, sendo ascendente, ou seja, inicia-se pelo conjunto das piores qualificações (VINCKE, 1992).

- *Métodos da família PROMETHEE*

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (BRANS, 1982) consiste na construção de uma relação de sobreclassificação - agregando informações entre as alternativas e os critérios; e exploração dessa relação para apoio à decisão.

A etapa de construção engloba o enriquecimento da estrutura de preferência na qual a noção de critério generalizado é introduzida com a finalidade de captar a amplitude das diferenças entre as avaliações de cada um dos critérios; e o enriquecimento da estrutura de dominância na qual é estabelecida, para cada par de ações, um grau de preferência global de uma ação sobre a outra. Na fase de exploração, tem-se o apoio à decisão no qual a relação de sobreclassificação de valor é explorada visando esclarecer melhor o decisor.

➤ *Enriquecimento da Estrutura de Preferência*

Nas comparações paritárias, as diferenças entre os valores das alternativas em cada critério são apresentadas.

As preferências do decisor, em função das diferenças observadas, assumirão um número real variando entre 0 e 1, o que significa que para cada critério $f_j(\cdot)$, o decisor tem uma função do tipo (BRANS; MARESCHAL, 1998):

$$P_j(a,b) = P_j[d_j(a,b)] \quad a,b \in A, \quad \text{com: } 0 \leq P_j(a,b) \leq 1 \quad (2.12)$$

O par $\{f_j(a), P_j(a,b)\}$ é chamado critério generalizado associado ao critério $f_j(\cdot)$. Trata-se simplesmente do critério de avaliação completado pela sua função de preferência. É uma informação complementar importante. Para facilitar a tarefa, um conjunto de seis tipos é proposto ao decisor. A escolha é efetuada interativamente pelo analista e pelo decisor,

levando-se em conta os graus de preferência em função das diferenças observadas. Em cada caso é preciso fixar no máximo dois parâmetros (BRANS; MARESCHAL, 1992).

Tabela 2.5. Critério generalizado

Critério Generalizado	
<p>tipo I</p>	$P_j(d_j) = \begin{cases} 0, & \text{se } d_j = 0 \\ 1, & \text{se } d_j \neq 0 \end{cases}$
<p>tipo II</p>	$P_j(d_j) = \begin{cases} 0, & \text{se } |d_j| \leq q_j \\ 1, & \text{se } |d_j| > q_j \end{cases}$
<p>tipo III</p>	$P_j(d_j) = \begin{cases} |d_j|, & \text{se } |d_j| \leq p_j \\ 1, & \text{se } |d_j| > p_j \end{cases}$
<p>tipo IV</p>	$P_j(d_j) = \begin{cases} 0, & \text{se } |d_j| \leq q_j \\ 1/2, & \text{se } q_j < |d_j| \leq p_j \\ 1, & \text{se } |d_j| > p_j \end{cases}$
<p>tipo V</p>	$P_j(d_j) = \begin{cases} 0, & \text{se } |d_j| \leq q_j \\ \frac{|d_j| - q_j}{p_j - q_j}, & \text{se } q_j < |d_j| \leq p_j \\ 1, & \text{se } |d_j| > p_j \end{cases}$
<p>tipo VI</p>	$P_j(d_j) = 1 - e^{-d_j^2 / 2s_j^2}$

Os parâmetros definidos (q_j, p_j, s_j) têm o seguinte significado (BRANS; MARESCHAL, 2002):

- ✓ Limiar de indiferença (q_j): representa a maior diferença entre $f_j(a)$ e $f_j(b)$ abaixo da qual o decisor considera que a e b são indiferentes;
- ✓ Limiar de preferência (p_j): é o menor valor dessa diferença acima do qual o decisor exprime uma preferência estrita em favor de uma das ações;

- ✓ Limiar s_j : corresponde a um grau de preferência médio e se situa entre um limiar de preferência q e um limiar de preferência estrita p .

➤ *Relação de sobreclassificação de valor*

Uma vez que a tabela de avaliação, os pesos e os critérios generalizados foram definidos, pode - se dar início ao procedimento PROMETHEE.

A partir da intensidade de preferência estabelecida $[P_j(a,b)]$, calcula-se o índice de preferência multicritério $[\pi(a,b)]$ - o qual é definido para todos os pares ordenados de alternativas (BRANS; VINCKE, 1985) - como segue:

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k P_j(a,b) \times p_j \quad \left(\sum_{j=1}^k p_j = 1 \right) \quad (2.13)$$

com $p_j > 0$, $j=1,2,\dots,k$, sendo os pesos representando a importância relativa de cada critério. Eles constituem a informação adicional requisitada para o enriquecimento da estrutura de preferência entre os critérios.

O índice de preferência multicritério expressa como e com que grau uma alternativa é preferível a outra sobre todos os critérios.

Os seguintes fluxos de sobreclassificação são definidos com o propósito de observar como cada ação de A se comporta diante de $(n-1)$ outras ações:

- ✓ Fluxo positivo de sobreclassificação: representa a intensidade de preferência de a sobre todas as alternativas.

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a,b) \quad (2.14)$$

- ✓ Fluxo negativo de sobreclassificação (fluxo de entrada): representa a intensidade de preferência de todas as outras alternativas sobre a .

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b,a) \quad (2.15)$$

- ✓ Fluxo líquido de sobreclassificação: expressa o balanço entre o poder e a fraqueza da alternativa. Quanto maior $\phi(a)$, melhor a alternativa.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (2.16)$$

O fluxo líquido pode ser positivo ou negativo. Sendo ele positivo, a ação sobreclassifica mais as outras do que é sobreclassificada, ou seja, expressa a vantagem dessa alternativa sobre todas as outras; caso contrário, o fluxo líquido será negativo.

Neste trabalho são apresentadas as versões I, II e VI do PROMETHEE, além do GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Aid*).

- PROMETHEE I

A ordenação parcial do PROMETHEE I é a intercessão entre os fluxos de sobreclassificação positivos e negativos, conforme explicitado por Brans e Mareschal (1998).

Tem-se assim:

$$aP^I b, \text{ se } \begin{cases} \phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) < \phi^-(b) \\ \phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) < \phi^-(b) \\ \phi^+(a) > \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) = \phi^-(b) \end{cases}$$

$$aI^I b, \text{ se } \phi^+(a) = \phi^+(b) \text{ e } \phi^-(a) = \phi^-(b)$$

$$aR^I b \quad \text{em outros casos}$$

onde, PI, II e RI correspondem, respectivamente, à preferência, indiferença e incomparabilidade.

- PROMETHEE II

A pré-ordem completa do PROMETHEE II é definida por Brans e Mareschal (1998) como segue:

$$aP^{II} b, \text{ se } \phi(a) > \phi(b)$$

$$aI^{II} b, \text{ se } \phi(a) = \phi(b)$$

No caso da problemática de ordenação, o decisor usará o PROMETHEE II que fornece diretamente uma ordenação completa enquanto que, ao tratar da problemática de escolha, o decisor deverá observar ao mesmo tempo o PROMETHEE I e II.

- PROMETHEE- GAIA

O procedimento GAIA completa os resultados obtidos pelo PROMETHEE, uma vez que, enquanto as análises do PROMETHEE I e II são mais prescritivas, o GAIA é mais descritivo e graficamente orientado. Esse método foi objeto de uma primeira publicação em

1988 (MARESCHAL; BRANS, 1988), tendo conhecido, desde então, desenvolvimentos complementares e sido utilizado em numerosas aplicações econômicas e industriais.

O procedimento GAIA, segundo Mareschal e Brans (1988), consiste de um módulo de interação visual complementar ao PROMETHEE. O plano GAIA fornece uma informação gráfica clara sobre o caráter conflitante do critério e sobre o impacto dos pesos na decisão final, possuindo várias ferramentas de sensibilidade que enriquecem a visão que o decisor tem do seu problema (*ibidem*).

A análise completa do GAIA é baseada na análise dos fluxos líquidos unicritério, obtidos pela decomposição do fluxo líquido. Cada alternativa pode então ser caracterizada por seu k fluxo líquido unicritério.

$$\alpha(a) : \{\phi_1(a), \phi_2(a), \dots, \phi_j(a), \dots, \phi_k(a)\}$$

Logo, os eixos correspondentes aos diferentes critérios podem ser representados por um ponto $\alpha(a)$ de um espaço k - dimensional \mathfrak{R}^k .

Os fluxos unicritério para todas as alternativas determinam a seguinte matriz $M(n \times k)$:

Tabela 2.6. Matriz de avaliação

	$\phi_1(\cdot)$	$\phi_2(\cdot)$	...	$\phi_j(\cdot)$	...	$\phi_k(\cdot)$
a_1	$\phi_1(a_1)$	$\phi_2(a_1)$	...	$\phi_j(a_1)$	...	$\phi_k(a_1)$
a_2	$\phi_1(a_2)$	$\phi_2(a_2)$	...	$\phi_j(a_2)$	...	$\phi_k(a_2)$
\vdots
a_i	$\phi_1(\cdot)$	$\phi_2(\cdot)$	...	$\phi_j(\cdot)$	...	$\phi_k(\cdot)$
\vdots
a_n	$\phi_1(\cdot)$	$\phi_2(\cdot)$	...	$\phi_j(\cdot)$	...	$\phi_k(\cdot)$

Essa matriz é comparável à tabela da avaliação inicial, sendo, todavia, mais rica em informações, pois os fluxos líquidos unicritério levam em conta os graus de preferências atribuídos às diferenças observadas entre as avaliações.

Dessa forma, o plano GAIA inclui:

- ✓ Diferentes pontos α_i representando as alternativas.
- ✓ Diferentes eixos c_j representando o critério.

Segundo Mareschal e Brans (1988), as seguintes propriedades geralmente se verificam:

- ✓ Sendo as alternativas boas para um critério particular, elas serão representadas por pontos localizados na direção do eixo desse critério.
- ✓ As alternativas similares serão representadas por pontos localizados próximos uns aos outros.
- ✓ Os critérios que expressem preferências similares no conjunto das alternativas serão orientados no plano GAIA por eixos posicionados na mesma direção.
- ✓ Critérios expressando preferências conflitantes serão representados por eixos em direções opostas.
- ✓ Critérios independentes serão representados por eixos ortogonais.
- ✓ Quanto maior for o eixo de um critério no plano GAIA, mais esse critério diferencia as alternativas.

O vetor dos pesos p ($p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_k$) no espaço K-dimensional pode ser considerado como um eixo de decisão. A projeção desse eixo no plano GAIA indica a direção na qual o decisor é convidado a decidir de acordo com os pesos considerados. Essa direção π é chamada de eixo de decisão do PROMETHEE (BRANS; MARESCHAL, 1996).

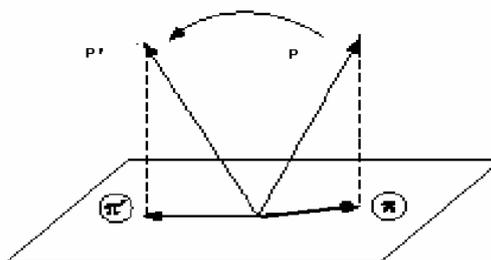


Figura 2.1. Stick de decisão e eixo de decisão do PROMETHEE (adaptado de Brans, 2002)

Se π é longo, o eixo de decisão do PROMETHEE tem um forte poder de decisão e o decisor é convidado a selecionar as alternativas que estão localizadas o mais próximo possível nessa direção. Por outro lado, se π é curto, o eixo de decisão não tem um poder suficientemente forte para decidir. Nesse caso, o vetor p , está quase ortogonal ao plano GAIA, o que significa que, de acordo com os pesos, os critérios são muito conflitantes e que um bom compromisso deve ser selecionado próximo à origem.

- PROMETHEE VI

Esse métodos foi desenvolvido diante da necessidade de se apresentar um modelo menos prescritivo em que se preservasse alguma tolerância para o espaço de liberdade do

decisor, oferecendo-lhe não só uma quantificação do mundo real, mas também uma visão da sua própria imagem e da liberdade que ele tem diante desse mundo (BRANS, 1996).

O decisor sabe que, fixando os valores dos pesos, ele obterá respostas prescritivas. Tal situação não lhe agrada por remover toda discussão, todo espaço de liberdade. Além do mais, ocorrem muitos casos em que o decisor não está apto a alocar valores precisos para os pesos, devido a vários fatores, como por exemplo, indeterminação, imprecisão, dúvida, incerteza, etc. sobre os valores a serem determinados.

Por essa razão, deve-se definir um limite inferior e um superior entre os quais os pesos possam variar uma vez que. De acordo com Brans e Mareschal (1998), o decisor normalmente tem em mente uma ordem de grandeza para os pesos, que possibilita a determinação de intervalos nos quais os pesos dos critérios podem variar. Tem-se dessa forma:

$$p_j^- \leq p_j \leq p_j^+ \quad j = 1, 2, \dots, k. \quad (2.17)$$

onde p_j^- e p_j^+ são valores numéricos fixados.

Tais intervalos podem também ser fixados a partir de um valor conhecido p_j tolerando uma percentagem θ_j de variação em torno deste valor:

$$p_j \pm \theta_j \cdot p_j, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (2.18)$$

Nesse caso, o *stick* de decisão P pode mover-se pela área limitada no espaço K -dimensional. A projeção dessa área no plano GAIA dá o espaço de liberdade do decisor. O eixo de decisão do PROMETHEE pode ser orientado, de acordo com a liberdade dada aos pesos, a qualquer ponto do espaço de liberdade (BRANS, 2002).

Segundo Brans e Mareschal (2002), duas situações distintas podem ocorrer:

- ✓ Problemas multicritério fáceis: se o espaço de liberdade não contém a origem, o vetor π (eixo de decisão) permanece orientado na mesma direção e todas as alternativas localizadas nessa direção são boas para todos os possíveis pesos considerados.
- ✓ Problemas multicritério difíceis: se o espaço de liberdade contém a origem, o vetor π pode ser orientado em todas as direções do plano GAIA, dependendo do valor dos pesos, sendo difícil tomar uma decisão final.

Pode-se dizer, desse modo, que o grau de dificuldade de um problema multicritério pode ser verificado através do posicionamento do espaço de liberdade em relação à origem do plano GAIA.

2.4. Decisão em Grupo

Os processos de negociação e decisão em grupo são atividades humanas muito complexas. A negociação é um processo de tomada de decisão conjunta. É a comunicação direta ou tácita, entre indivíduos que estão tentando estabelecer um acordo para benefício mútuo (YOUNG, 1991).

Jiménez e Polasek (2003) apresentam nesse contexto três situações diferentes: decisão em grupo, decisão negociada e decisão sistemática. No primeiro caso, todos os indivíduos procuram por um objetivo comum. No segundo, cada indivíduo resolve o problema de forma independente, e zonas de acordo e desacordo entre as diferentes posições são encontradas. Finalmente, no terceiro caso, cada indivíduo atua independentemente, mas todas as posições são atendidas de acordo com o princípio da tolerância.

É importante ressaltar que o tipo de decisão em grupo abordado nesse trabalho não envolve a negociação.

Atualmente, vários autores vêm estudando a decisão em grupo, o que indica a sua relevância (HUMPHREYS; GARRICK, 2006; BEYNON, 2006; MATSATSINIS *et al.*, 2005; EASLEY *et al.*, 2000; CLÍMACO; DIAS, 2005).

Segundo Jelassi *et al.*, (1990), a decisão em grupo é normalmente entendida como a redução de diferentes preferências individuais em um dado conjunto para uma única preferência coletiva.

Problemas de decisão envolvem diferentes decisores. Uma importante característica da decisão em grupo é que todos os indivíduos envolvidos pertencem à mesma organização. Eles podem representar diferentes departamentos de uma empresa, ou diferentes países em uma organização internacional, ou simplesmente diferentes parceiros envolvidos em um projeto. Eles podem divergir na percepção do problema e terem diferentes interesses, mas são todos responsáveis pelo bem-estar da organização e compartilham a responsabilidade pela decisão implementada.

Quando uma situação de decisão envolve múltiplos atores, cada um com diferentes valores, a decisão final é geralmente o resultado de uma interação entre essas preferências individuais. No entanto, essa interação não está livre de conflito, que pode ser causada por inúmeros fatores, como por exemplo, diferentes crenças éticas ou ideológicas, diferentes objetivos específicos ou diferentes papéis dentro da organização (ROY, 1996, LEYVA-LÓPEZ; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003).

Nas organizações, os conflitos são inevitáveis pela própria natureza humana - eles fazem parte da interação grupal. Gomes *et al.*, (2002) colocam que o gerenciamento de conflitos num grupo deve ser estimulado como ação, já que gera novas regras para a organização, estimula a inovação, diminui as resistências à mudança e elimina a estagnação. Eles citam ainda os principais motivos do conflito, tais como o controle sobre os recursos, as preferências e desagrados (em que as ambições e os desejos de uma parte podem confundir-se com os das outras partes), os valores de cada objetivo e a natureza e tipo de relações entre as partes.

No início dos anos 80, vários sistemas de apoio à decisão em grupo (GDSS) foram desenvolvidos para apoiar decisores em um dado contexto. O foco de muitos dos GDSS está direcionado à estruturação de idéias, geração de alternativas e procedimentos, sendo relativamente poucos os que utilizam a metodologia de apoio multicritério a decisão em grupo (MACHARIS; BRANS, 1998).

Leyva-López e Fernández-González (2003) descrevem duas abordagens, que são geralmente utilizadas com o apoio multicritério à decisão para agregação das preferências do grupo.

- ✓ Na primeira abordagem, os decisores devem entrar em acordo em relação às alternativas, critérios, performances, pesos, limiares e os demais parâmetros necessários para se chegar a uma solução, de acordo com a problemática escolhida. A discussão em grupo foca em que ações e critérios devem ser considerados, que pesos e outros parâmetros necessários são apropriados. Uma vez que a discussão é finalizada e toda a informação é reunida, uma técnica é utilizada para a obtenção dos valores dos parâmetros desse modelo que devem representar a opinião coletiva. Com essa informação, um modelo de decisão multicritério fornece a solução para o grupo.
- ✓ Na segunda abordagem, embora os decisores possam trocar opiniões e informações relevantes, é necessário um consenso do grupo somente para definir um conjunto potencial de ações. Cada membro define seu próprio critério, as avaliações apropriadas e os parâmetros dos modelos (pesos, limiares *etc*) e um método multicritério é usado para obter a ordenação pessoal. Depois, cada ator é considerado como um critério separado, e a informação contida na sua ordenação individual é agregada em uma ordem coletiva final, utilizando-se a mesma ou outra abordagem multicritério de decisão.

É importante destacar que, além das abordagens citadas, outras também são utilizadas, conforme descrito em Belton e Pictet (1997).

Leyva-López e Fernández-González (2003) desenvolveram o ELECTRE GD, que é uma extensão do ELECTRE III para decisão em grupo, usando um algoritmo genético para exploração da relação de sobreclassificação, que é derivada das idéias do ELECTRE relacionadas à concordância, discordância, veto e incomparabilidade. Duas etapas são exploradas: na primeira, o ELECTRE III é utilizado para construir a relação de sobreclassificação e o algoritmo genético desenvolvido pelos autores (1999) é usado para explorar essa relação, obtendo-se uma ordenação final das alternativas para cada decisor. Na segunda etapa, a partir do resultado obtido pela avaliação individual, uma relação de sobreclassificação é construída para o decisor líder (*supra decision maker* – SDM), que é explorada, resultando na ordenação final das alternativas, representando as preferências do grupo.

Macharis e Brans (1998), por sua vez, desenvolveram o GDSS PROMETHEE, com o objetivo de apoiar um grupo de decisores a encontrar um consenso em relação a um conjunto de possíveis alternativas. O método pode ser dividido em três etapas: o estágio preliminar, o de avaliação individual e o de avaliação global.

O estágio preliminar corresponde à geração das alternativas e dos critérios de avaliação - é uma fase de aquisição de conhecimento e de estruturação do problema. Já no primeiro estágio, o de avaliação individual, cada decisor realiza a avaliação das alternativas, mediante a metodologia básica do PROMETHEE; cada decisor utiliza o PROMETHEE I, o PROMETHEE II e o Plano GAIA. Ao final do estágio, cada decisor tem a sua ordenação das alternativas, mediante a ordenação decrescente do fluxo líquido obtido pelo PROMETHEE II. O segundo estágio, o de avaliação global, corresponde ao estágio final. Nesse estágio, uma matriz global de preferências ($n \times R$) é obtida, incluindo as n alternativas e os R critérios que correspondem aos R decisores, de forma a agregar os pontos de vista dos decisores. Mediante a aplicação de uma soma ponderada das avaliações das alternativas, a alternativa é escolhida.

Outros métodos também têm sido desenvolvidos para tratar os problemas que envolvem a decisão em grupo como o AGAP System (COSTA *et al.*, 2003), ARGOS (COLSON, 2000), VIP-G (CLÍMACO; DIAS, 2005), entre outros.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, é apresentada uma visão da literatura sobre a seleção de fornecedores para um empreendimento de construção civil, englobando as empresas projetistas, contratantes e subcontratadas. A utilização da decisão multicritério durante os estágios de seleção também é abordada. A partir da visão fornecida pelos estudos disponíveis na literatura, é proposta uma sistemática para seleção de fornecedores com base na avaliação multicritério em grupo.

Esse estudo está relacionado ao processo de seleção de fornecedores para um empreendimento, utilizando a avaliação multicritério em fases distintas da seleção, atendendo a múltiplos critérios como prazos, custos, qualidade e outros aspectos relacionados à parceria e ao desempenho futuro de uma empresa.

Grande parte da literatura encontrada sobre seleção de fornecedores não aborda o processo de seleção de forma integrada – poucos são os trabalhos que o fazem. Em geral, a seleção é realizada de forma separada, sendo os trabalhos mais encontrados os relacionados à seleção de construtoras. Entre as dificuldades existentes, Porter e Sanvido (1995) afirmam que a seleção de fornecedores é um complexo problema de tomada de decisão, por envolver vários critérios. Dessa forma, um destaque é dado ao uso de métodos de apoio multicritério a decisão (AMD), que permitem o tratamento de problemas com vários objetivos a serem atendidos (GOMES *et al.*, 2002). A maioria dos modelos apresentados na literatura envolve o uso desta abordagem.

No contexto mais amplo de gestão de projetos, vários trabalhos estão sendo desenvolvidos em conjunto com o apoio multicritério a decisão (ALENCAR, 2003; MIRANDA, 2005; SZAJUBOK *et al.*, 2006; MIRANDA *et al.*, 2001). No entanto, a revisão da literatura abordada nesse capítulo relaciona-se apenas à seleção de fornecedores, dentro da gestão de projetos.

A seguir, é apresentada a pesquisa bibliográfica associada a esse tema.

3.1. Seleção de Projetistas

Os artigos encontrados sobre esse tema na literatura podem ser apresentados de forma sintetizada, como mostrada a seguir:

- ✓ Artigos que não apresentam um enfoque específico, mas que contribuem trazendo informações gerais sobre o tema.

- ✓ Modelos desenvolvidos: apresentam os modelos desenvolvidos, a maioria deles baseados na metodologia multicritério de apoio a decisão.

3.1.1. Considerações gerais

Algumas considerações são feitas por autores que estudam esse tema, destacando-se as alternativas utilizadas para seleção de projetistas no setor público americano, assim como as utilizadas para seleção de arquitetos. Aborda-se ainda a questão da integração como fator determinante para o aumento da eficiência dos processos construtivos, além da importância que deve ser dada à fase de projetos por todos os envolvidos no empreendimento, uma vez que essa fase exerce um grande impacto na sua manutenção.

Molenaar *et al.*, (1998) apresentam diferentes alternativas, algumas híbridas, para a seleção de propostas no setor público americano, baseadas no preço, no valor adicionado ou em qualificações, destacando-se a licitação, a negociação competitiva, o modelo híbrido da Marinha, a média ponderada e as qualificações. Eles sugerem que a seleção de projetistas deve ser baseada principalmente em qualificações, embora a legislação americana exija procedimentos competitivos nas obras públicas.

Os mesmos autores colocam ainda que diferentes processos de seleção de arquitetos têm sido desenvolvidos por diferentes tipos de clientes, citando como exemplo os clientes do setor público, que, tipicamente, requerem procedimentos mais competitivos do que os do setor privado.

O *Architectural Institute of British Columbia* (AIBC, 1998) dividiu esses processos de seleção em dois grupos: seleção direta, em que um único arquiteto é considerado, escolhido com base na sua reputação ou no conhecimento pessoal; e o de seleção comparativa, em que vários candidatos são considerados e selecionados mediante alguma metodologia. Haviland (2000) complementa dizendo que essa última é a abordagem preferencial, uma vez que permite uma ampla pesquisa em busca da melhor solução para um determinado tipo de construção.

Benoy (2000), por sua vez, afirma que os arquitetos estão cada vez mais sendo selecionados para projetos somente na base do preço e defende essa tendência justificando que a seleção baseada no preço é mais objetiva e transparente.

Fischer e Tatum (1997) colocam que os projetistas não conhecem os métodos construtivos na sua totalidade e muitas vezes não têm conhecimento sobre o método que está sendo utilizado pela construtora. Eles afirmam ainda que uma base de conhecimento sobre

esses métodos construtivos forneceria ao projetista a oportunidade de produzirem um projeto mais eficiente, complementando que a integração de construtores no processo de projeto geraria essa base de conhecimento.

Al-Hammad e Assaf (1997) destacam a importância da fase de projetos de engenharia, mencionando o impacto que essa fase pode ter na manutenção do empreendimento. Eles identificaram 35 (trinta e cinco) fatores dos projetos de engenharia que afetam a manutenção do empreendimento e sua relativa importância baseada na opinião de contratantes, projetistas e clientes da Arábia Saudita. Os defeitos mais graves, segundo as partes envolvidas, são: inadequado projeto estrutural, acesso ignorado para equipamento de manutenção, projetistas desqualificados e desconsideração dos limites de carga permitidos, especificação incompatível do acabamento externo, o que termina precisando de completa substituição, insuficiente atualização técnica ou treinamento dos empregados.

Os autores forneceram as seguintes recomendações como forma de melhoria da manutenção do empreendimento:

- Projeto estrutural adequado.
- Acesso apropriado para equipamento de manutenção.
- Acabamentos externos apropriados, compatíveis com as condições climáticas do local.
- Contratação de projetistas qualificados.
- Fornecimento de detalhes suficientes nos projetos construtivos.

Dois casos de sucesso são apresentados abaixo, de forma a mostrar que o uso da engenharia simultânea traz benefícios tanto para o cliente, que pode reduzir os custos totais do empreendimento, quanto para o projetista e o construtor, que usufruirão de métodos de trabalho mais eficientes, devendo-se também ressaltar os benefícios que podem ser obtidos frente ao trabalho integrado.

Fischer e Tatum (1997) apontaram como exemplo uma ponte nos Estados Unidos que foi reprojetaada com o *input* direto do contratante, considerando os métodos de construção mais eficientes, o que resultou em custos mais baixos do que os do projeto original. Visivelmente, com o envolvimento do contratante desde o início do processo de projeto, evitam-se desperdícios do projetista em relação ao esforço, tempo e dinheiro dispendidos.

Outro caso de sucesso é apresentado por Brown e Riley (1998), durante um projeto de estabilização de um dique. Eles mostraram que o envolvimento do contratante, já na fase de projetos, proporcionou o aumento da construtibilidade, resultando tanto na redução de custo

quanto de prazo. Adicionalmente, eles ressaltaram, com base nos resultados desse projeto, que um trabalho cooperativo pode ser extremamente efetivo no setor público.

3.1.2. Modelos desenvolvidos

Hsieh *et al.*, (2004) desenvolveram uma estrutura para licitação pública, com base na decisão multicritério, que permite avaliar os projetos de engenharia de um empreendimento. O artigo examina um processo de tomada de decisão em grupo e propõe uma estrutura multicritério para seleção de projetistas, sendo justificado, que nos métodos atuais, as agências do governo reúnem uma comissão de especialistas para avaliar o seu desempenho, negligenciando a nebulosidade do julgamento subjetivo e outras percepções do grupo, de relativo interesse nesse processo. Eles utilizaram o método de análise hierárquica *fuzzy* (FAHP) para determinação dos pesos dos decisores de cada grupo de interesse.

Ng e Chow (2004) desenvolveram um modelo multicritério para avaliação de desempenho dos projetistas, como meio de melhorar a transparência e o rigor da avaliação realizada pelos próprios clientes. Eles afirmam que, uma vez que uma estrutura de avaliação de desempenho é planejada, as medidas de desempenho podem ser utilizadas para vários propósitos, tais como monitoramento e controle, incentivo, pré-seleção, avaliação técnica e avaliação de propostas.

Cheung *et al.*, (2002) desenvolveram um modelo de seleção de arquitetos para o setor privado de Hong Kong, utilizando o AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Eles realizaram uma pesquisa com empresas dos setores público e privado e concluíram que o setor público tem seu próprio sistema de seleção, enquanto que o setor privado não tem procedimentos padronizados para esse fim, sendo por isso o setor escolhido. Eles desenvolveram o “*architectural consultant selection system*” (ACSS), que contém as seguintes etapas:

- Determinação das particularidades do empreendimento.
- Comparação de preços: calculada pela razão entre o menor preço submetido e o do arquiteto sob avaliação.
- Avaliação de desempenho dos arquitetos: avaliações subjetivas são realizadas nos critérios reputação, competência técnica/qualificação, experiência com projetos similares, controle de custo, qualidade do trabalho, controle de tempo, carga de trabalho, disponibilidade de pessoas qualificadas, profissionais com experiência e metodologia.
- Cálculo da pontuação final, utilizando o AHP.

3.2. Seleção de Construtoras

Em relação aos artigos encontrados na pesquisa bibliográfica sobre seleção de construtoras, eles podem ser organizados da seguinte forma:

- ✓ Trabalhos que não apresentam um enfoque específico, mas que contribuem trazendo informações gerais sobre o tema.
- ✓ Artigos que trazem pesquisas identificando os critérios de avaliação para a fase de pré-qualificação da seleção de construtoras.
- ✓ Artigos que apresentam os modelos desenvolvidos; a maioria deles utilizando a metodologia multicritério de apoio a decisão e a decisão em grupo.
- ✓ Relatos positivos em relação à adoção da parceria

3.2.1. Considerações gerais

Várias e significantes pesquisas relacionadas à seleção de construtoras têm sido desenvolvidas. A maior parte da literatura existente neste assunto diz respeito ao estágio de pré-qualificação, analisando-se, em geral, os critérios para esse processo e a atribuição de pesos, finalizando com casos de aplicação (LO *et al.*, 1998; PONGPENG; LISTON, 2003; HATUSH; SKITMORE 1998; NG; SKITMORE, 1999).

Singh e Tiong (2005) expõem que, na prática, a seleção de construtoras é um complexo problema multicritério de tomada de decisão, em que múltiplos decisores avaliam o desempenho das construtoras em relação a um amplo número de critérios de decisão. Yoon e Hwang (1995) declaram que uma das mais difíceis e problemáticas tarefas para alguns clientes está relacionada à ordenação dos critérios de seleção baseado na sua significância relativa e à atribuição de pesos apropriados.

Hatush e Skitmore (1998) ressaltam que um dos procedimentos mais utilizados para seleção de contratantes é o baseado no “menor preço”, em que o contrato é garantido à proposta mais baixa. Para Holt *et al.*, (1995), a ênfase dada à licitação com base no menor preço deve ser reformulada para o desenvolvimento da habilidade do contratante no sentido de conseguir satisfazer o cliente fornecendo um projeto com alta performance e alta qualidade do produto acabado. Holt (1998) afirma que o desempenho de um projeto de construção pode ser medido em termos de custo, tempo e qualidade alcançada. Dessa forma, esses fatores podem ser considerados como as três principais bases de um procedimento para seleção de construtoras (*ibidem*).

3.2.2. Identificação de critérios

Vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido de identificar os critérios de avaliação para o processo de pré-qualificação e seleção de construtoras.

Palaneeswaran e Kumaraswamy (2005), em seu estudo, sugeriram como critérios de pré-qualificação a atitude de reação a um fator externo, ou seja, a rapidez de resposta, o realismo adotado e a completude; a responsabilidade, referente à situação da empresa diante das regras impostas pelo cliente, dos aspectos legais e outros regulamentos, certificação de qualidade e requisitos de segurança, saúde e meio ambiente; e competência, como os recursos existentes, a experiência dos envolvidos, os registros de controle de projetos do empreendimento, o gerenciamento e a organização.

Pongpeng e Liston (2003), por sua vez, desenvolveram um estudo para encontrar um conjunto de critérios relativos às habilidades das construtoras para os setores público e privado, no intuito de desenvolver um modelo para avaliação em uma licitação. Durante as análises realizadas, identificou-se que ambos os setores consideram critérios similares quando estão avaliando a habilidade do contratante, deduzindo-se que, se os critérios são desenvolvidos consistentemente, o tipo de cliente não afeta a seleção dos critérios. Como resultado, um conjunto comum de critérios relativos a habilidades de contratantes tem sido desenvolvido, chamados de critérios técnicos, de aquisição e relacionados aos gerentes de projeto, aos recursos humanos, aos sistemas de gerenciamento de qualidade, segurança e saúde do trabalho, ao poder financeiro e às relações públicas.

Ng e Skitmore (1999), por sua vez, determinaram 35 (trinta e cinco) critérios de pré-qualificação como resultado de seu estudo e conhecimento adquirido por profissionais da indústria da construção do Reino Unido. Conduzindo uma coleta de dados com clientes e consultores, eles avaliaram a importância dos critérios de pré-qualificação. Os critérios mais importantes, de acordo com os resultados, estabelecidos pelas autoridades governamentais, foram: estabilidade financeira, ação fraudulenta, falha de contrato, estabilidade corporativa, progresso do trabalho, saúde e segurança, embargo, competitividade e padrão de qualidade. O critério de capacidade gerencial, considerado importante por outros grupos, não está incluído na lista desses critérios.

3.2.3. Modelos desenvolvidos

Topcu (2004) propôs um modelo de decisão envolvendo todo o processo de seleção. O modelo é composto por dois estágios, sendo o primeiro de pré-qualificação e o segundo relativo à seleção final da construtora. Os critérios utilizados na pré-qualificação e na

avaliação final foram obtidos através de revisões na literatura e de outros processos correntes de seleção. Eles foram refinados por especialistas da equipe e uma nova hierarquia de critérios foi avaliada. Concluiu-se que, como a maior meta do gerente do projeto é alcançar a satisfação do cliente, obtendo a mais alta performance e qualidade do produto final, as dimensões de “tempo” e “qualidade” são usadas para seleção de construtoras.

Palaneeswaran e Kumaraswamy vêm estudando esse processo e evoluindo ao longo dos anos. Em 2001, eles propuseram um modelo universal para pré-qualificação de contratante. O modelo foi desenvolvido com base nas práticas da seleção de contratante de vários projetos públicos desenvolvidos em diferentes países como Canadá, Singapura e Sri Lanka. Eles definiram os critérios de pré-qualificação, e os classificaram em três grupos: (a) capacidade de resposta (capacidade de agir, capacidade de adaptar-se de acordo com a situação, completude - englobar todas as partes necessárias), (b) responsabilidade (conformidade em relação a leis, regulamentos e padrões; desempenhos passados e atuais; sistema de qualidade, política de segurança e meio ambiente, parceria ou outra específica), e (c) competência (recursos humanos, financeiros e materiais; experiência passada, conhecimento específico no projeto; restrições em relação à carga de trabalho atual, a subcontratadas e à garantia; gerenciamento e organização). Inicialmente, os licitantes seriam avaliados quanto a critérios “passa/falha”, ou seja, quanto aos requisitos mínimos exigidos para participarem da seleção. Na etapa seguinte, os licitantes seriam avaliados quanto aos critérios de pré-qualificação definidos, recebendo uma nota para cada um deles. Em seguida, as características das construtoras são comparadas com apropriados *benchmarks* de projeto e aqueles que não encontrarem o padrão mínimo exigido são eliminados. No último passo, determina-se um filtro em relação à carga de trabalho. Desse modo, aqueles licitantes que tiverem excessivas cargas de trabalho serão eliminados, de forma a eliminar o seu risco de falha durante o projeto. Aqueles que permanecerem serão os pré-qualificados.

Em 2003, esses autores propuseram uma estrutura com quatro estágios para obter o “melhor valor” na seleção da construtora. No primeiro estágio, todas as alternativas que não atendessem aos *benchmarks* básicos estabelecidos seriam rejeitadas utilizando-se um filtro binário (sim/não). No segundo estágio, as alternativas são avaliadas em relação a exigências essenciais, como a documentação, por exemplo. Nesse estágio, deve-se evitar o nivelamento técnico e só analisar os requisitos solicitados. O terceiro estágio consiste na avaliação de cada alternativa separadamente. Qualquer alternativa com benefícios adicionais aos solicitados só deve ser verificada se os vetores de valor dominantes, como orçamento por exemplo, permitirem tais considerações. Além disso, os benefícios desejáveis devem ser checados

separadamente mediante uma análise custo-benefício. No quarto estágio é realizada a seleção baseada no melhor valor exequível, mediante a determinação das pontuações para as alternativas elegíveis e a correspondente ordenação.

Já em 2005, eles apresentaram um Sistema de Apoio a Decisão (SAD) para pré-qualificação das construtoras. O SAD disponibiliza uma lista de critérios de pré-qualificação e de subcritérios, dos quais uma lista apropriada ao caso em questão pode ser preparada; índices de significância relativa para comparação e seleção de critérios; pesos amostrais para alguns critérios selecionados, isto é, atribuídos com alguns valores padrões; e guias de avaliação em uma estrutura de avaliação mais objetiva.

Shen *et al.*, (2006) desenvolveram um método para avaliar a competitividade das empresas construtoras, identificando os indicadores chaves de competitividade (KCIs) para avaliação dessas empresas no mercado de construção da China.

Wong (2004) apresentou um estudo sobre a utilização das preferências do cliente nas avaliações das propostas para prever o desempenho do contratante através da abordagem de regressão logística. Ele afirma que uma previsão precisa do potencial do contratante é de vital importância durante o processo de avaliação e seleção. Nessa análise, a seleção de variáveis dicotômicas (boa e ruim) simplifica o processo de previsão e facilita um cálculo mais robusto da regressão. No intuito de estabelecer um relacionamento mais realístico entre as preferências dos clientes e o desempenho das construtoras, um total de 68 (sessenta e oito) projetos já concluídos dos setores público e privado do Reino Unido foram coletados e analisados. Os questionários aplicados às empresas eram compostos por características amostrais, ou seja, tipos de respondentes, localização geográfica e faturamento anual; e por critérios de avaliação utilizados no processo de licitação.

Zavadskas e Vilutiene (2006) desenvolveram um modelo para seleção de empresas para manutenção de edifícios. O modelo proposto foi baseado na avaliação multicritério de potenciais contratantes. No primeiro estágio do modelo, é realizada uma análise inicial das propostas das empresas e os dois estágios seguintes envolvem o estabelecimento do conjunto de critérios e a avaliação multicritério das empresas de manutenção.

Alarcón e Mourgues (2002), por sua vez, propõem um sistema de seleção de construtoras que incorpora a previsão do seu desempenho como um dos critérios para seleção, mediante a análise do seu potencial para alcançar as exigências do cliente. Uma estrutura de previsão, chamada de Modelo de Desempenho Geral (ALARCÓN; ASHLEY, 1996;1998) é usada para estimar o desempenho do contratante. O modelo desenvolvido também fornece uma estrutura para coleta de informações para o primeiro e segundo estágios, ou seja, para a

pré-qualificação e avaliação de propostas em futuros projetos. O sistema proposto tem início com um processo de pré-qualificação. Os contratantes pré-qualificados são chamados para submeter suas propostas para um determinado projeto. Suas propostas são avaliadas e um *score* é calculado de acordo com essa avaliação. Em paralelo a essa avaliação, um *score* baseado no desempenho em projetos passados, em relação aos critérios de custo, qualidade, programação e segurança, é calculado através da utilização do AHP. Ambos os *scores* são combinados para a geração de uma nota final, baseada na qual o contratante é selecionado.

Vários modelos para seleção de construtoras foram desenvolvidos considerando a abordagem multicritério (HOLT *et al.*, 1993; HOLT, 1994a; 1994b; HATUSH; SKITMORE, 1998). Muitos utilizaram o método AHP para a seleção final (MAHDI *et al.*, 2002; MUSTAFA; RYAN, 1990; ASSAF; JANNADI, 1994; KONG; CHEUNG, 1996; FONG; CHOI, 2000; Al-HARBI, 2001).

3.2.4. Modelos desenvolvidos utilizando decisão em grupo

Singh e Tiong (2005) propuseram modelo de decisão *fuzzy* para seleção de construtoras em uma ambiente multicritério. O método proposto utiliza a teoria dos conjuntos nebulosos para tratar a incerteza da natureza subjetiva da decisão e múltiplos decisores avaliando as alternativas em relação aos critérios de decisão. Durante o processo, cada decisor realizou sua avaliação individual. Posteriormente, as avaliações de todos os decisores foram agregadas utilizando-se a teoria dos conjuntos nebulosos. Para evitar a superestimação de importância de um critério particular, a importância global de um critério particular não foi só calculada pela importância daquele critério, mas também pelos valores de todos os outros critérios considerados no processo de avaliação.

Pongpeng e Liston (2003a) desenvolveram um modelo multicritério de decisão em grupo, o TenSeM, para a licitação de construtoras. Os critérios utilizados são o custo e os relacionados às habilidades das empresas. Cada decisor faz sua avaliação individual - uma função aditiva é utilizada para computar o valor final de cada empresa. Posteriormente, os decisores são agregados utilizando-se uma soma dos valores obtidos por cada decisor para cada empresa ponderada pela importância relativa do decisor. No entanto, eles consideraram que todos os decisores detinham de igual importância no processo decisório.

Al-Reshaid e Kartam (2005) propuseram uma metodologia para seleção de construtora no setor público que também fosse responsável pelos projetos de engenharia. Descreveram um conjunto de critérios para pré-qualificação, para avaliação em conformidade com as

solicitações submetidas pelo termo de referência, além da avaliação financeira das empresas. Entre os critérios de avaliação das construtoras, tem-se o volume anual de trabalho em projetos similares (média dos últimos 10 anos); porcentagem média anual do volume de projetos desse tipo em relação ao volume total de trabalho realizado; capacidade de construção; experiência atual e prévia em projetos com esse sistema contratual; experiência em projetos similares; procedimentos de controle (controle de custo e qualidade, engenharia de valor, análise custo benefício); porcentagem de trabalhos subcontratados. Eles citaram que reuniões de pré-licitação, na maioria das vezes, esclarecem as dúvidas e ambigüidades dos documentos de licitação, resultando em um conjunto mais preciso de documentos. A avaliação das empresas foi realizada pelo atendimento às condições especificadas no termo de referência entregue às empresas e pela proposta de menor preço. A avaliação do atendimento quanto às questões especificadas no termo é realizada por quatro avaliadores.

3.2.5. Relatos positivos sobre a adoção da parceria

Zaghlou e Hartman (2003) identificaram uma relação entre confiança e práticas de alocação de risco nos contratos de construção. Sob um relacionamento de alta confiança entre construtoras e clientes, a tendência é baixar as multas associadas ao não cumprimento e/ou quebra das cláusulas do contrato. Como resultado, as partes contratantes estão procurando outro método de alocação de risco quando têm evidência de que a outra parte protegerá seus interesses. Os autores concluíram que uma forte relação de confiança entre as partes contratantes pode reduzir o custo final de qualquer projeto específico através do aperfeiçoamento do método de alocação de risco entre elas.

Em seu estudo, esses autores identificaram relacionamentos entre confiança e práticas de alocação de risco nos contratos de construção. Eles desenvolveram o modelo de confiança, baseado nas cores (*Colours of Trust Model*), composto por três bases de confiança que explicam por que as pessoas depositam sua confiança na outra parte envolvida nos projetos de construção. As bases de confiança são as seguintes:

- Confiança azul (competência) - baseada na habilidade e competência, refere-se à percepção da capacidade dos outros para desempenhar o que é solicitado. É simplesmente a resposta para a questão: “Você pode fazer o trabalho?”
- Confiança amarela (integridade) - baseada na integridade, refere-se à percepção em relação à atitude dos outros com a ética, para aderir a valores que são considerados importantes e para não se inclinar a tirar vantagem das outras partes. É a resposta à questão: “Você preza pelos meus interesses?”

- Confiança vermelha (intuitiva) - baseada na intuição, resultado de uma combinação de respostas emocionais e rápido processamento de informação, pode ser descrita como uma reação instintiva que uma pessoa tem em relação à outra, a uma situação, ou a um artefato. É simplesmente resposta à questão: “Você se sente bem nesse relacionamento?”

Os autores do modelo afirmam que o relacionamento de confiança pode reduzir o custo final de qualquer projeto específico mediante o aperfeiçoamento do método de alocação de risco entre as partes contratantes.

3.3. Seleção de Subcontratadas

Cada vez mais, aumenta-se a demanda na construção civil por empresas especializadas. Hinze e Tracy (1994) afirmam ser comum em muitos projetos, especialmente de construção, que 80% a 90% do trabalho a ser realizado seja executado por empresas subcontratadas. De acordo com Elazouni e Metwally (2000), grande parte das construtoras deixa uma grande porcentagem do seu trabalho para subcontratados por razões que englobam a necessidade de equipamento especializado e *expertise*, deficiências em recursos e limitações financeiras.

Os artigos encontrados sobre esse tema podem ser apresentados da seguinte forma:

- ✓ Artigos que apresentam modelos e sistemas de apoio a decisão desenvolvidos.
- ✓ Relatos positivos em relação à adoção da parceria.

3.3.1. Modelos desenvolvidos

Elazouni e Metwally (2000) desenvolveram um SAD para subcontratação de atividades de construção, o D-SUB, utilizando programação linear e técnicas de análise financeira. A função objetivo da programação linear minimiza o custo total da construtora, incluindo o custo do trabalho realizado por ela própria e do trabalho alocado. A minimização é feita sujeita às restrições que expressam as diferentes razões que o contratante pode considerar na tomada de decisões em relação à distribuição de itens de trabalho. A função de análise financeira define o saldo negativo ao longo do projeto e calcula o lucro esperado ao seu término.

Já Ping Tsern e Lin (2002) propuseram o modelo ASAP (*Accelerated Subcontracting and Procuring*), que pode ser aplicado para a simulação do custo de subcontratação antes da submissão da proposta. Como o sistema utiliza a tecnologia da informação integrada com

mecanismos de resposta rápida do comércio eletrônico, o licitante fornece suas informações via internet. Tais informações incluem resumo básico da proposta, preço da proposta, planejamento da programação e a curva de distribuição de custo, que é um item da licitação de um específico subprojeto. Além disso, o modelo assume que, para cada projeto, o contratante planeja relações lógicas entre subprojetos e que todas as partes que competem por propostas já foram pré-qualificadas. O modelo integrará todas as possíveis combinações de subcontratação para o projeto como um todo para analisar o grau de risco. A seleção final será dependente da preferência do risco do decisor. Como vantagens desse modelo são destacados o gerenciamento de práticas complicadas, proteção contra práticas especulativas de negócio, além da minimização dos custos de transação de negócio por completo.

Elazouni e Metwally (2000), por sua vez, apresentaram um sistema de apoio a decisão que permite às contratantes simular cálculos em relação ao melhor item de trabalho ou à melhor proporção de subcontratação. Esse sistema considera o menor custo do projeto para o contratante como função objetivo.

3.3.2. Relatos positivos sobre a adoção da parceria

Packham *et al.*, (2003) investigaram como a introdução de parceria no gerenciamento de projetos de construção habitacional ajudou o desenvolvimento de pequenos empreendimentos de construção. Eles observaram que, entre os fatores que dificultam a utilização da parceria, destacam-se os desgastes de relacionamento entre contratantes e subcontratados, os interesses pessoais do contratante e a desconfiança de ambas as partes.

Arditi e Chotibhongs (2005) realizaram uma pesquisa no intuito de observar os benefícios percebidos por cada ator envolvido em um projeto de construção, sejam eles clientes, construtoras e subcontratadas, pela adoção da parceria. De acordo com os resultados, os autores verificaram que a participação das partes envolvidas em fases de pré-contrato parece ser o maior benefício percebido pelas partes envolvidas no projeto, por desenvolver um entendimento mútuo do projeto, reduzir problemas de processos construtivos inadequados e melhorar planejamento da construção e do projeto, conforme indicado na figura 3.1. Os benefícios podem ser indicados como segue:

B₁ - Nenhum benefício.

B₂ - Envolvimento na fase de pré-contrato.

B₃ - Redução dos recursos, tempo e custo de construção.

B₄ - Compartilhamento de conhecimento com a construtora.

B₅ - Melhoria no gerenciamento da construção.

B₆ - Melhor chance de obter trabalhos da mesma construtora em empreendimentos futuros.

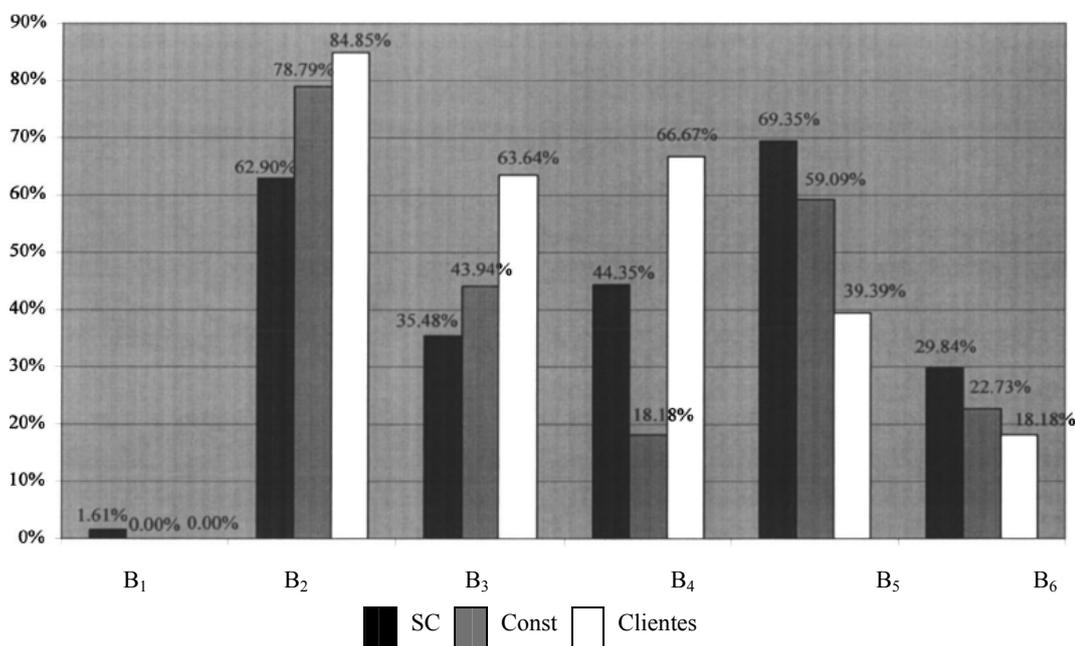


Figura 3.1. Benefícios da parceria entre subcontratados e contratantes (adaptado de Arditi e Chotibhongs, 2005)

Dainty *et al.*, (2001) mostraram-se preocupados em relação ao contexto da subcontratação, uma vez que os relacionamentos existentes são caracterizados por uma extrema desconfiança, o que ressalta a necessidade de uma mudança de atitude.

Whitney (1999) destaca cinco situações que podem originar a desconfiança: falta de correspondência entre o esforço dispendido e a recompensa esperada; incompetência, ressaltando ser essa uma das mais onerosas causas da falta de confiança; falta de apreciação do sistema, ou seja, quando a mútua dependência entre as partes não é respeitada; informação não confiável; e falha de integridade, envolvendo mentiras, blefes ou roubos.

Diversos autores destacam a necessidade de desenvolvimento de mais pesquisas relacionadas à parceria na construção civil (BRESNEN; MARSHALL, 2000; LAZAR, 2000; LI *et al.*, 2000; WOOD; ELLIS, 2005).

Kumaraswamy e Mathews (2000), em seu estudo, formularam uma abordagem alternativa para a parceria no projeto e seleção de subcontratados, com o objetivo de identificar as áreas impactadas, tanto positiva quanto negativamente, no relacionamento entre contratante e subcontratada. Quatro estágios foram realizados durante a pesquisa:

- Avaliação das exigências dos subcontratados sob a perspectiva do principal contratante.

- Avaliação das exigências dos contratantes na visão do subcontratado.
- Comparação da performance do contratante com a de seus competidores.
- Desenvolvimento de abordagem alternativa de parceria no projeto.

Baseado no resultado dessa pesquisa, um modelo para seleção de subcontratados, incorporando a parceria, foi desenvolvido. O modelo é composto pelas seguintes fases:

- Identificação dos pacotes de trabalhos e das empresas aptas a executá-los.
- Primeira entrevista, na qual as empresas já começam a ser avaliadas pela equipe do projeto. Nessa entrevista, são apresentados às empresas os critérios sob os quais as propostas serão avaliadas.
- Segunda entrevista, em que são entregues as documentações relativas a preço, além de oferecer outra oportunidade à empresa para tirar dúvidas sobre o processo de seleção.
- Esclarecimento da proposta, que corresponde à discussão da proposta pelo contratante e pela empresa a ser subcontratada, quando se podem realizar ajustes na proposta e submetê-la novamente.
- Seleção final, a qual se baseia nos critérios apresentados durante a primeira entrevista. A pontuação final de cada empresa é dada pela soma ponderada das suas avaliações nos critérios de decisão.

3.4. Seleção Integrada

Na pesquisa bibliográfica foram encontrados poucos trabalhos que desenvolveram um processo de seleção integrada.

Ho (2000), em seu estudo, apresentou economias de custo de 11% a 38% em empresas de construção de Hong Kong, quando o trabalho foi realizado de forma integrada com a equipe do projeto desde o seu início.

Rahman e Kumaraswamy (2005) examinam um conjunto de fatores para seleção de projetistas, contratantes, clientes, subcontratados e fornecedores, mediante uma pesquisa realizada com 67% dos respondentes pertencentes a Hong Kong e os demais pertencentes a diferentes países. Eles colocam que a equipe de trabalho precisa de diferentes parceiros, devendo alinhar seus diversos objetivos e percepções em alguns aspectos comuns, direcionados ao objetivo do projeto, no intuito de interagir de forma significativa e cooperar consistentemente.

3.4.1. Modelo desenvolvido

Brown (2003) desenvolveu o *Project Delivery Process* (PDP), como um meio de promover melhoria contínua e inovação dentro da indústria da construção, mediante a seleção dos fornecedores para um contrato que possuísse a cultura de trabalho cooperativo. Esse processo originou-se nas observações de um projeto altamente bem sucedido que, em vez de um atraso de 7 (sete) meses pela concessão das licenças do governo central, foi concluído de acordo com a data prevista originalmente para finalização, abaixo do orçamento, além de ter sido obtida uma redução na programação em 45% e economias de custo de 30% (BROWN; RILEY, 1998).

O PDP envolve 5 estágios chaves: análise dos objetivos dos clientes; seleção de projetista; primeiro estágio de seleção da construtora; engenharia simultânea; segundo estágio de seleção da construtora.

A adoção desse processo de seleção por uma autoridade local, no sul da Inglaterra, para construir a ponte do Milênio, resultou em benefícios para todas as partes envolvidas. Para o cliente, houve 25% de redução no custo entre as estimativas iniciais e o resultado final, além de um projeto no prazo certo e na qualidade desejada. O autor diz que economias no custo surgiram principalmente como resultado da fase de engenharia simultânea. A fase de projetos foi modificada para melhorar o processo construtivo e, dessa forma, reduzir o custo. As maiores economias, no entanto, são resultantes da minimização do risco, através do esclarecimento das solicitações exigidas para o empreendimento, permitindo a remoção de somas de contingência. Melhoria de qualidade foi adquirida através de uma mudança de projeto proposta por uma construtora. Como uma consequência direta da fase de engenharia simultânea do processo, a construtora tinha grande certeza de lucro, e por outro lado, para os projetistas, o maior benefício era a eliminação do re-trabalho. O trabalho conjunto entre clientes, projetistas e contratantes resultou, em geral, na eliminação do desperdício de esforço por todas as partes (BROWN *et al.*, 2001).

É importante destacar que o cliente foi representado por sete decisores. Destes, dois foram indicados pelo Conselho como mais importantes no processo decisório. Cada um desses decisores estabeleceu pesos para os critérios. No entanto, os pesos considerados foram dados pela média dos atribuídos pelos dois decisores de maior importância indicados pelo conselho.

3.5. Comentários Finais

Vários são os modelos aqui apresentados, relacionados ao processo de seleção de fornecedores, cuja abordagem, em geral, é apresentada em separado, em relação às demais.

Dada a natureza do problema de seleção, a grande maioria dos modelos utiliza a abordagem multicritério para o tratamento do problema. Poucos deles consideram explicitamente o enfoque da decisão em grupo, embora seja a situação mais real desse tipo de decisão. Nesse caso, geralmente há uma pessoa de nível hierárquico superior, com autoridade para atribuir pesos aos agentes que estão envolvidos no processo. Na maioria dos casos, é realizada uma soma ponderada para a seleção final. Pode-se observar que grande parte dos trabalhos utiliza o método AHP no processo de seleção.

Observa-se também que a forma de agregar as informações de vários decisores, em estudos no contexto de construção civil, é desenvolvida de forma *ad hoc*, sem se preocupar com a estrutura de preferência dos múltiplos decisores e suas interações.

O trabalho que se toma como base para este estudo, o desenvolvido por Brown (2003), também tem como proposta inicial a utilização do AHP. No entanto, os membros do conselho decisor rejeitaram esse método por não entenderem como se chegava ao resultado final. Dessa forma, o AHP só foi utilizado para a atribuição de pesos.

De uma forma geral, os artigos ressaltam a importância de um trabalho em conjunto com toda a equipe do projeto sendo, portanto, essencial a seleção dos fornecedores de uma maneira que favoreça a esses relacionamentos. A questão de confiança entre as partes envolvidas é também abordada, ressaltando-se que a parceria e o trabalho conjunto contribuem para a confiança mútua entre as partes, diminuindo o risco do projeto e, conseqüentemente, a quantia reservada para o plano de contingência, o que afeta também o custo do projeto.

Vários trabalhos identificam critérios utilizados no processo de seleção. No entanto, alguns critérios variam de cliente para cliente, de acordo com o seu objetivo em relação ao empreendimento, enquanto outros são mais gerais e podem ser considerados para qualquer tipo de empreendimento ou de cliente. Dentre os vários critérios de seleção encontrados na literatura, alguns são considerados para a simulação numérica realizada neste trabalho.

Para a etapa de filtragem das empresas licitantes considera-se os critérios sugeridos por Palaneeswaran e Kumaraswamy (2001) e por Alarcón e Mourgues (2002). São eles: responsabilidade, referindo-se à conformidade da empresa em relação a regulamentos e padrões exigidos; experiência geral da construtora em metros quadrados, medidos pelo total

de metro quadrado construído pela empresa e pelo total de metro quadrado construído em projetos similares e situação financeira da empresa licitante.

Em relação à etapa de pré-qualificação ou seleção, destacam-se os critérios de custo e prazo sugeridos por Alarcón e Mourgues (2002) e o de cultura, qualidade e design, identificados por Brown (2003). O custo do projeto é avaliado pelo desvio entre o seu custo final e o custo planejado, ou seja, é a relação entre o custo final e o custo da proposta. O prazo é avaliado da mesma forma: pelo desvio entre a duração total do projeto e a duração planejada inicialmente. O critério cultura está relacionado à disposição da empresa de incorporar novas idéias e conceitos, ao envolvimento de pessoas que possuam um bom relacionamento de trabalho com todos os envolvidos no projeto e ao trabalho com outros de uma forma integrada durante todo o seu ciclo de vida. O critério *design* está relacionado ao envolvimento dos construtores que possuam habilidades para ajudar os projetistas nas suas atividades, produzindo uma estrutura que seja adequada e um projeto que seja estimulante intelectualmente e à elaboração de projetos que atenda às questões ambientais e de segurança, além das requisitada pelo cliente. Qualidade, por sua vez, visa assegurar que a qualidade do projeto se traduza efetivamente em qualidade física e que forneça uma estrutura com baixos custos operacionais e de manutenção e envolva empresas que possuam certificação de qualidade.

Já em relação à etapa final de seleção, são utilizados os critérios tempo de garantia, sugeridos por Zavadskas e Vilutiene (2006), e os referentes a custo, satisfação dos clientes e nível de abrangência e conformidade dos procedimentos de planejamento, gerenciamento e execução da empresa, sugeridos por Brown (2003).

Nesse sentido, o próximo capítulo apresenta uma sistemática proposta para a seleção de fornecedores direcionada aos clientes do setor privado, baseado principalmente no modelo desenvolvido por Brown (2003) para o setor público do Reino Unido. Incorporam-se novos critérios, oriundos de trabalhos apresentados na literatura, novas formas de seleção, mediante o uso de modelo multicritério de decisão em grupo, proposto nos capítulos 5, 6 e 7, além de incluir a seleção da empresa a ser subcontratada, processo esse que tem como base a literatura apresentada, uma vez que, para garantir a qualidade esperada do produto final é fundamental assegurar um procedimento padronizado para seleção desse ator do processo.

4. SISTEMÁTICA PROPOSTA PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES

Este capítulo apresenta uma sistemática para seleção de fornecedores para empreendimentos do setor privado, incorporando a idéia de parceria e engenharia simultânea como meio de redução de custos no empreendimento e de agregação de valor nos processos construtivos. Primeiramente, descreve a sistemática proposta, detalhando as suas etapas; posteriormente, apresenta como acontece o processo atual de seleção desses fornecedores. Uma estruturação de problema típico também é descrita, assim como uma apresentação das situações de escolha dos modelos de decisão multicritério em grupo.

4.1. Descrição da Sistemática

A sistemática proposta para seleção de fornecedores de um projeto é apresentada neste capítulo. Baseia-se no modelo desenvolvido por Brown (2003), conforme apresentado na revisão da literatura e adaptado ao contexto do setor privado, agregando também idéias surgidas com a revisão da literatura.

As etapas dessa sistemática podem ser verificadas na figura 4.1.

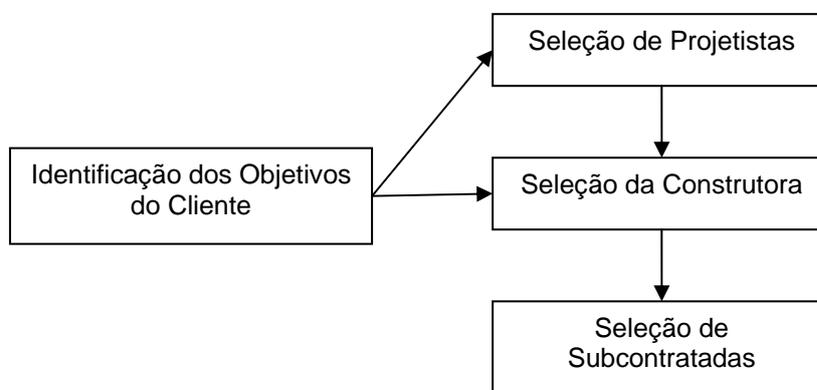


Figura 4.1. Sistemática proposta para seleção de fornecedores

Engloba as etapas de identificação dos objetivos do cliente, seleção de projetista, seleção de construtoras e seleção de subcontratadas. Na primeira etapa, considera-se que o cliente é representado por um grupo de pessoas. Essas pessoas são os decisores do processo de seleção, sendo também responsáveis pelo acompanhamento do empreendimento até o seu término. Os critérios de decisão são estabelecidos nessa etapa, assim como sua ponderação, considerando as preferências do grupo. É importante a presença do analista, já nessa etapa,

desde o início do processo. Na etapa seguinte, ocorre a seleção da empresa de projetistas, considerando as preferências do grupo de decisores. Já na seleção da construtora, as empresas são primeiramente pré-qualificadas, de acordo com as preferências do grupo de decisores. Em um segundo momento, cada uma delas trabalha em conjunto com a empresa de projetistas selecionada e passa por outro estágio de avaliação que permite chegar à seleção final. Já no estágio de seleção de subcontratadas, a empresa construtora selecionada dá início ao processo, listando as atividades que serão subcontratadas. A partir daí, os membros da equipe - representantes do cliente, projetistas e construtor, sugerem as empresas que vão participar do processo de seleção. Este, embora seja estabelecido pelo cliente, leva em consideração as preferências da construtora, uma vez que ela será a responsável pelos subcontratados.

É importante deixar claro que a política de contratação é definida previamente, antes de se dar início ao processo de seleção. Esse processo ocorre na fase de planejamento do ciclo de vida do projeto.

O principal diferencial dessa sistemática em relação aos modelos encontrados na literatura está em considerar a seleção integrada dos fornecedores, ou seja, dos projetistas, do construtor e inclusive dos subcontratados – dessa forma, todos são co-responsáveis e co-beneficiados pelos resultados obtidos. Todo o processo de seleção é baseado nos critérios definidos pelos representantes do cliente, tratando suas preferências de forma estruturada, sendo desenvolvidos modelos de decisão em grupo, utilizados desde a ponderação dos critérios até a seleção final, de acordo com a situação vigente entre os decisores – pouca ou grande divergência entre eles. Outro aspecto importante é que os representantes do cliente envolvidos são os que estarão também envolvidos no projeto durante todo o seu ciclo de vida. Não foram encontrados na literatura modelos que apresentassem uma seleção integrada dos três fornecedores nem uma forma estruturada de tratar a decisão em grupo.

Cada estágio desta sistemática é apresentado e detalhado a seguir.

4.1.1. Identificação dos objetivos do cliente

Nesse estágio, as verdadeiras expectativas e objetivos em relação ao empreendimento são determinados. O cliente é geralmente representado por um grupo e não por um só representante, que constituirá os decisores do processo de seleção. Todos já estão instruídos com as informações relacionadas ao empreendimento. As etapas desse estágio podem ser verificadas na figura 4.2.

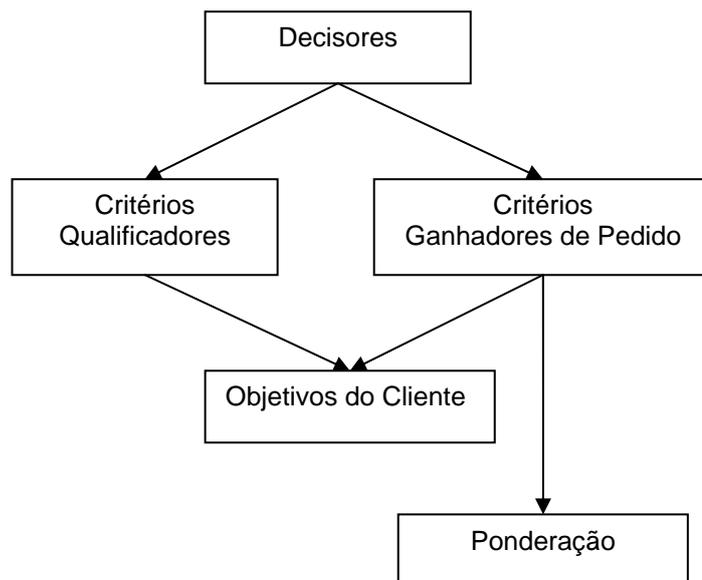


Figura 4.2. Identificação dos objetivos do cliente

Os objetivos definidos nesse estágio são os critérios de decisão, utilizados para a seleção dos projetistas e construtoras. É válido ressaltar que devem ser determinados tanto os critérios qualificadores quanto os ganhadores de pedido. O critério qualificador é aquele no qual os objetivos devem estar dentro de um nível determinado, chamado de nível de qualificação, para ser sequer considerado pelo cliente. Abaixo desse nível, a empresa terá prejuízos, pois estará fora de um padrão e não será considerada pelos clientes. O critério ganhador de pedido é aquele que influencia diretamente no potencial competitivo da empresa. Quando se aumenta o desempenho desses objetivos, aumenta-se significativamente o benefício competitivo. O critério menos importante representa os objetivos que não são significativos para os consumidores e não são identificados nesse trabalho. A diferença entre esses critérios pode ser visualizada na figura 4.3 a seguir.

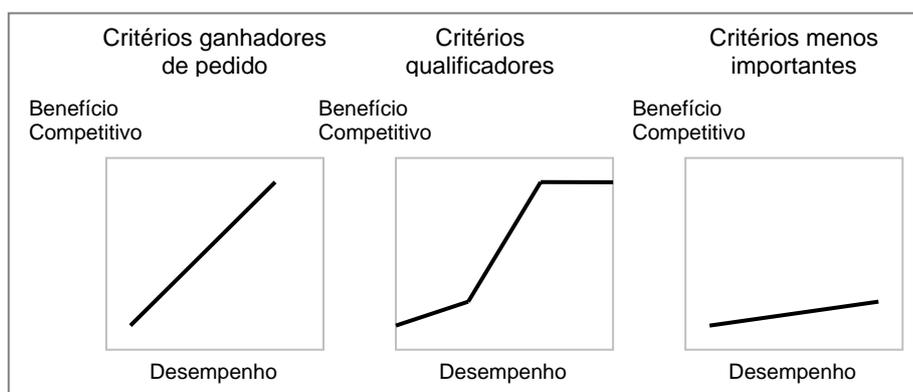


Figura 4.3. Critérios ganhador de pedido, qualificador e menos importante (adaptado de Slack et al., 1995)

Os critérios qualificadores são utilizados nos filtros, de forma a eliminar aquelas empresas que não atenderem às exigências mínimas requeridas pelo cliente. Já os ganhadores de pedido são utilizados no estágio de pré-qualificação e seleção final.

Para identificação dos objetivos, pode-se utilizar o *brainstorm*, estruturado ou não, para ajudar o grupo a imaginar tantos critérios quanto possíveis em torno do problema em questão. Entende-se por *brainstorm* estruturado quando todas as pessoas do grupo contribuem com sugestões a cada rodada; já por não estruturado, quando os membros do grupo simplesmente dão idéias conforme elas surgem, criando uma atmosfera mais relaxada (GOMES *et al.*, 2002). É importante a presença de um facilitador ou de uma analista, estimulando sempre os participantes a atuarem no processo. Para auxiliar os decisores, uma lista dos critérios identificados na revisão da literatura lhes é fornecida. Várias rodadas podem ser executadas até que os critérios estejam definidos.

Uma vez definidos os critérios, o próximo estágio é o estabelecimento da importância relativa entre eles. Posteriormente, o edital é elaborado e divulgado, podendo-se dar início ao processo de seleção.

4.1.2. Seleção do projetista

O procedimento para seleção de projetistas é composto pelas etapas apresentadas na figura 4.4.

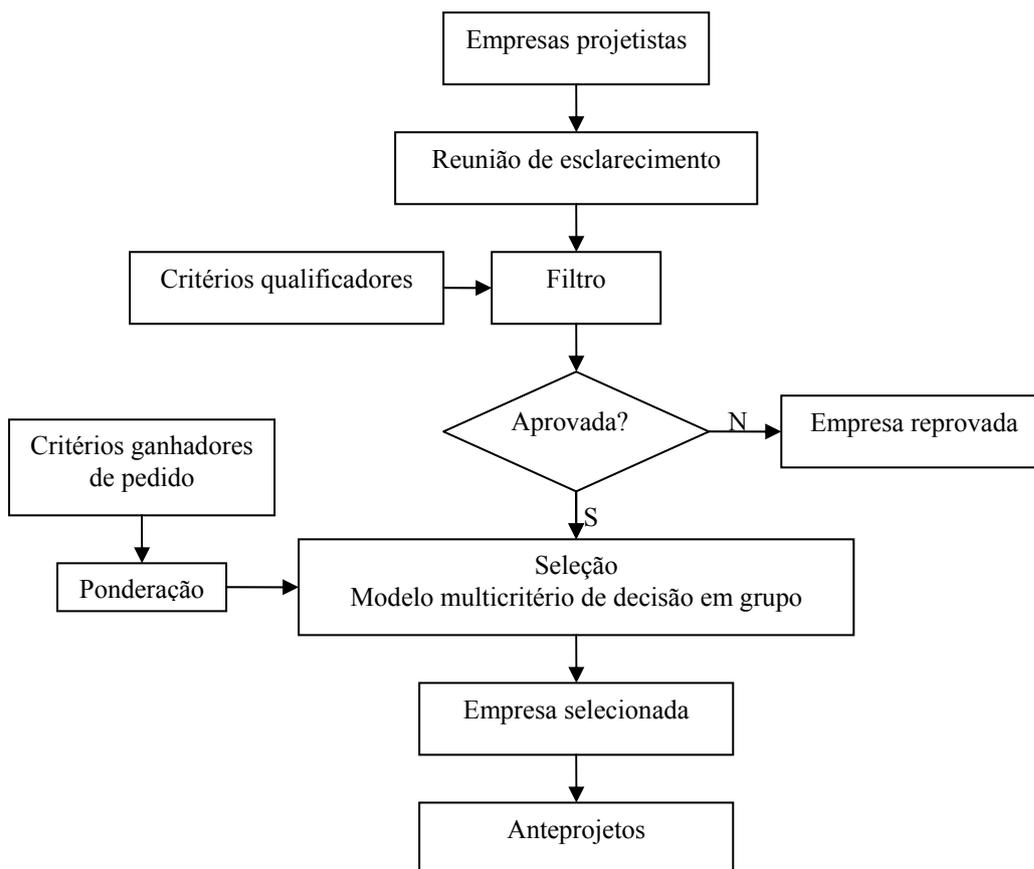


Figura 4.4. Sistemática para seleção de projetistas

- Reunião de Esclarecimento

Todos os projetistas interessados no projeto são convidados a participar da reunião, já com as informações relativas ao tipo do projeto, localização, prazo estimado e outros dados básicos.

Os interessados devem, já nessa reunião, entregar a documentação da sua empresa a concorrer nesse processo de seleção. Nessa reunião também são esclarecidos aos licitantes os objetivos do projeto e o processo pelo qual será dada a seleção.

- Filtro

Esse estágio se inicia com a aplicação de um filtro composto pelas questões mandatórias demandadas pelo cliente. Os níveis mínimos aceitáveis de cada atributo são usados para eliminar alternativas inaceitáveis.

- Seleção

Nessa etapa, os decisores, em conjunto com o analista, devem elaborar um questionário que envolva os critérios ganhadores de pedido que não possuem uma mensuração objetiva, definidos em fase anterior. Serão desenvolvidas questões que forneçam informações relevantes para o projeto a respeito da empresa licitante e que contribuam para a sua avaliação aliado a outro conjunto de informações coletado ao longo do processo.

Dessa forma, cada licitante receberá um questionário, assim como um formulário em que deverá prover informações sobre as pessoas que o responderam. Eles terão um prazo pré-estipulado, em torno de uma semana, para devolver o questionário e o formulário juntos.

Baseado na informação recolhida, as avaliações das empresas licitantes em relação aos critérios definidos são realizadas. Posteriormente, um dos modelos multicritério de decisão em grupo, apresentados nos capítulos seguintes, é utilizado e a(s) empresa(s) de projetistas selecionada(s).

Uma vez selecionada, a empresa receberá as especificações para os projetos e deverá apresentar os anteprojetos para o cliente ou seus representantes. A próxima etapa, de seleção da empresa construtora, só terá início após a apresentação e aprovação desses anteprojetos.

De posse dos projetos, a equipe de engenharia do cliente faz o levantamento dos quantitativos e gera a lista de preços unitários, para a próxima etapa do processo de seleção.

Ressalte-se que, se as empresas que entrarem na concorrência já possuírem todos os projetistas necessários, esse procedimento só necessitará ser realizado uma única vez. No entanto, se os projetistas forem selecionados um a um, deve-se repetir esse procedimento para cada categoria, ou seja, os arquitetos, os projetistas estruturais, elétricos etc.

Caso haja mais de uma empresa selecionada, elas serão chamadas para uma entrevista, esclarecendo quaisquer dúvidas que possam ter ficado em relação aos questionários e a outras questões. Elas receberão também as especificações do projeto e os itens que devem ser atendidos na apresentação do anteprojeto. As empresas serão avaliadas durante a apresentação e, conseqüentemente, uma delas é selecionada.

4.1.3. Seleção da construtora

O procedimento para seleção de construtoras é composto pelas etapas apresentadas na figura 4.5, a seguir. São descritas as etapas de reunião de esclarecimento, filtro, pré-qualificação, submissão de propostas de preço, prazo e qualidade, engenharia simultânea e seleção final.

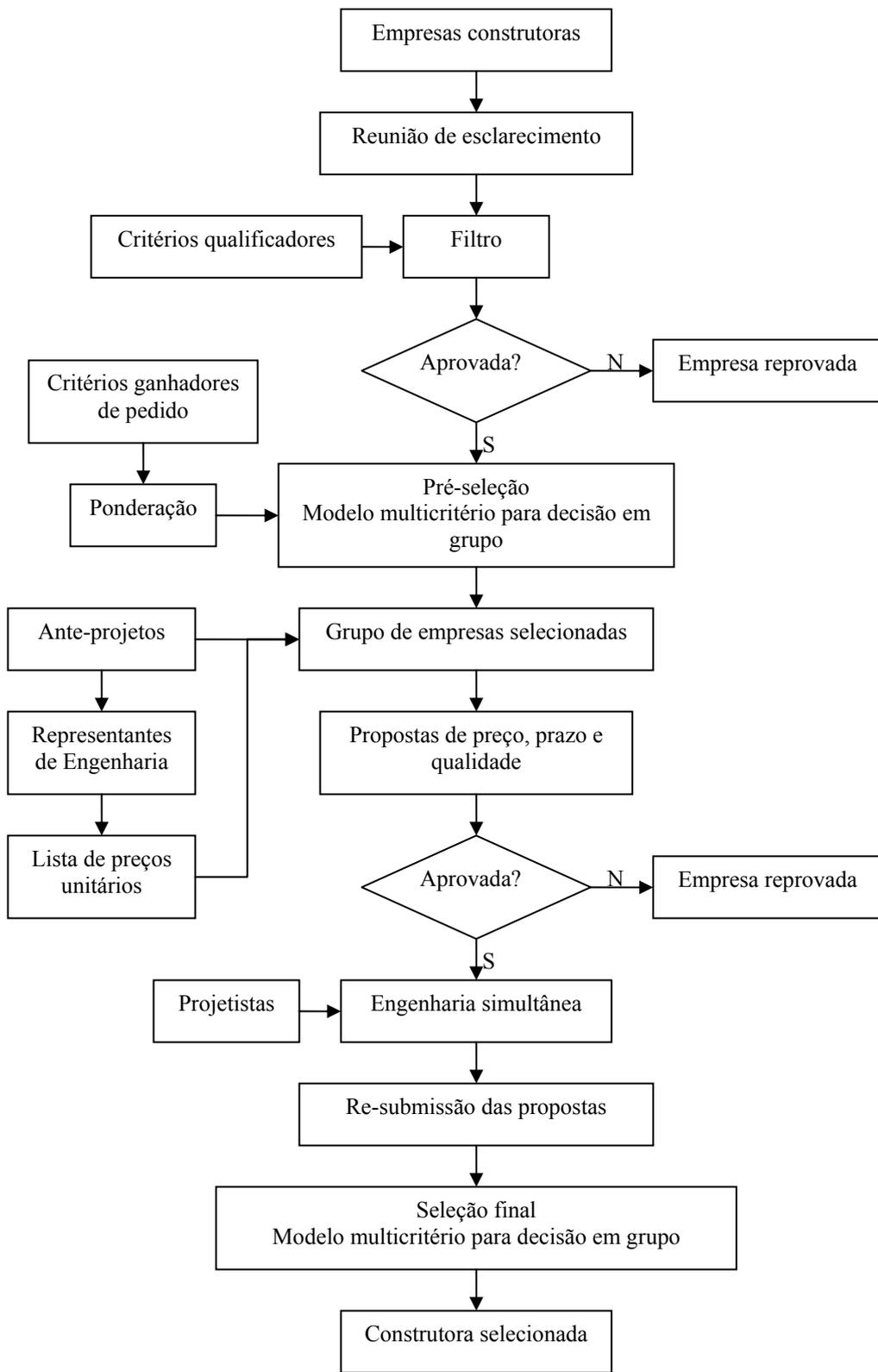


Figura 4.5. Sistemática para seleção de construtoras

- Reunião de Esclarecimento

Todas as construtoras interessadas no empreendimento são convidadas a participar da reunião de esclarecimento, já com as informações relativas ao tipo do projeto, localização, prazo estimado e outros dados básicos.

Os interessados devem, já nessa reunião, entregar a documentação da empresa a concorrer nesse processo de seleção. Nesse momento, também são apresentados aos licitantes os objetivos do empreendimento e os projetistas já selecionados, além do processo pelo qual será dada a seleção.

- Filtro

O procedimento é semelhante ao utilizado na seleção dos projetistas. A diferença é dada pelos critérios qualificadores utilizados.

- Pré-seleção

Esse estágio é semelhante ao utilizado na seleção de projetistas. No entanto, algumas alterações nos questionários podem ser realizadas no intuito de direcioná-las para as construtoras.

Assim como na seleção dos projetistas, um dos modelos multicritério de decisão em grupo pode ser utilizado para selecionar um subconjunto de alternativas. Recomenda-se que 3 (três) construtoras sejam selecionadas e encaminhadas para o próximo estágio, de maneira a não inviabilizar as etapas seguintes.

As empresas pré-selecionadas devem indicar alguns dos seus clientes passados para atuarem como avaliadores. Desses, três são escolhidos e contactados no sentido de esclarecer o processo de seleção em curso e solicitar sua colaboração. Só após sua aceitação será encaminhado um questionário para avaliação das construtoras.

Muitas vezes, as construtoras, que se submetem ao processo de seleção, já trabalharam com o cliente (seja na empresa local ou na sua filial em outro estado) facilitando a avaliação. Nos casos em que a empresa não tenha ainda trabalhado com esse cliente, o mesmo processo de esclarecimento é realizado, porém com uma ênfase maior na importância de sua participação.

- *Submissão de propostas*

Nesse estágio, as construtoras pré-selecionadas participam de uma entrevista, em que devem ser mencionados alguns fatores relevantes para os clientes e alguns aspectos que precisam ser esclarecidos, seja em relação aos questionários ou à avaliação realizada pelos clientes passados. Ainda durante a entrevista, os licitantes são instruídos sobre as demais etapas do processo. Eles recebem os projetos básicos do empreendimento assim como uma planilha de quantidades, que contém a lista dos materiais e atividades a serem realizadas para orçamento.

As propostas são baseadas no custo das quantidades solicitadas, no prazo de conclusão estimado e na qualidade dos materiais e atividades, conforme especificado no documento de licitação entregue. É importante ressaltar que, em geral, o cliente estipula um limite máximo de custo e duração para o empreendimento.

Após o prazo estipulado pelo cliente, as propostas devem ser entregues e avaliadas. As empresas que submeterem as propostas abrangendo todos os itens solicitados são aprovadas nessa fase e passam para a etapa de engenharia simultânea.

- *Fase de Engenharia Simultânea*

Nessa fase, cada uma das construtoras que permaneceram no processo trabalha separadamente com os projetistas. Elas devem subsidiar os projetistas com informações e orientações em relação às soluções cotidianas tratadas nos projetos. O resultado é dado por um projeto básico para cada construtora, adequado ao seu método preferido de trabalho, além do aperfeiçoamento da construtibilidade do empreendimento, melhorando a qualidade e reduzindo os riscos de todas as partes. Os custos de manutenção também devem ser levados em consideração nessa fase.

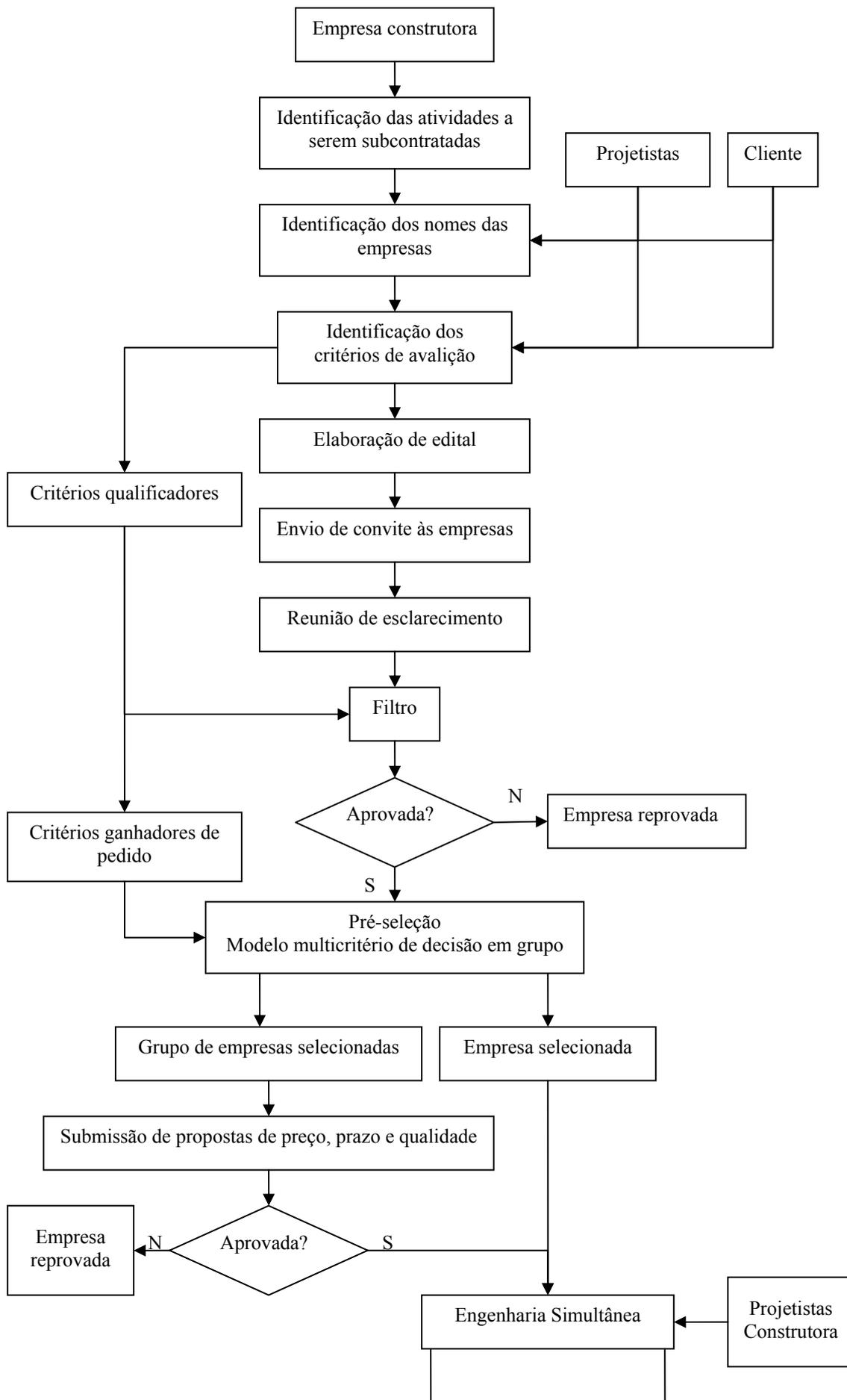
- *Seleção Final*

Seguindo o término das tarefas anteriores, solicita-se às construtoras uma revisão nas propostas de custo, prazo e qualidade, baseadas nos projetos básicos desenvolvidos.

A seleção final é feita com base nos critérios de custo, prazo e qualidade. O custo e o prazo são calculados como a redução do orçamento e da duração média do empreendimento, respectivamente, em relação à proposta anterior. Qualidade, por sua vez, é avaliada de acordo com aspectos identificados pelo cliente. As avaliações feitas pelos clientes passados também entram como *input* nessa avaliação final.

4.1.4. Seleção de subcontratadas

Uma vez que os projetistas e a construtora já foram selecionados, dá-se início ao processo de seleção das empresas a serem subcontratadas. O procedimento para seleção é dado pelas diversas fases, esquematizadas na figura 4.6.



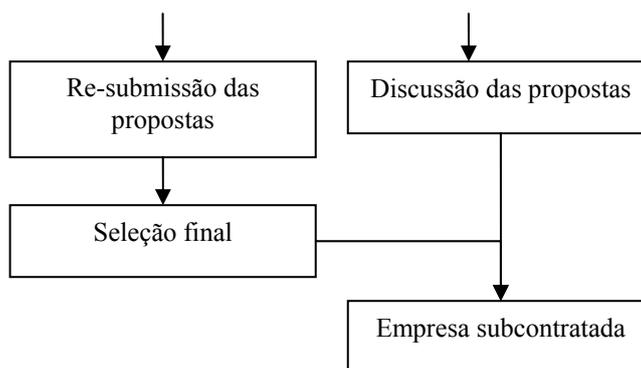


Figura 4.6. Sistemática para seleção de empresas a serem subcontratadas

- Identificação das atividades

Nessa fase, a construtora selecionada deve identificar todas as atividades que serão subcontratadas no empreendimento. Aquelas atividades oferecidas pela equipe dos projetistas, selecionados em estágio anterior, não precisam ser incluídas nesse processo de seleção.

Todos os membros da equipe (construtora, projetistas e cliente) devem ter ciência sobre as atividades a serem subcontratadas. Em seguida, sugestões de nomes de empresas devem ser dadas por todos eles.

No fim desse estágio, cada atividade tem uma lista das empresas candidatas à seleção em estágio posterior.

- Determinação dos critérios de avaliação

Nesse estágio, os membros da equipe devem identificar tanto os critérios qualificadores quanto os ganhadores de pedido, a partir dos quais as empresas são avaliadas. A lista de referência dos critérios pode ser disponibilizada pelo analista para apoiá-los. Após determinados os critérios, o edital pode ser elaborado e o convite às empresas realizado. É importante esclarecer que, embora possam ser considerados critérios sugeridos por outros membros da equipe do projeto, os objetivos do cliente devem estar sempre presentes.

- Reunião de Esclarecimento

Todos os subcontratados listados em fase anterior devem ser convidados a participar da reunião, munidos das informações relativas ao tipo do projeto, localização, prazo estimado e outros dados básicos. Os interessados devem, já nessa reunião, entregar a documentação da empresa para concorrer nesse processo de seleção.

Na reunião, os licitantes são informados sobre os objetivos e a equipe do projeto, e também sobre o processo pelo qual será dada a seleção.

- Filtro

O procedimento é semelhante ao utilizado na seleção dos projetistas e da construtora.

- Pré-seleção

Esse estágio é semelhante ao utilizado na seleção de construtoras. Nessa seleção, só são considerados os pesos dos critérios dados pela construtora, que deve ser responsável pela seleção das subcontratadas já que assume toda a responsabilidade sobre essas empresas.

Na seleção de subcontratadas, é possível que se selecione a empresa logo nessa etapa, uma vez que o número de empresas que concorrem por cada atividade, em geral, é pequeno.

- Submissão de propostas

No caso de uma só empresa ser selecionada, ela recebe o projeto que lhe diz respeito, realiza sua análise e o discute em conjunto com a construtora e o projetista. Posteriormente, submete sua proposta para a construtora, que negociará o contrato.

No caso de haver mais de uma empresa selecionada nessa fase, o mesmo procedimento realizado para a seleção das construtoras é utilizado, ou seja, elas são chamadas para uma reunião, e recebem informações relacionadas a custo, prazo, projetos de interesse (de acordo com a área de atuação), quantidades de materiais e atividades a serem executadas.

Elas devem, assim como na seleção da construtora, preparar uma proposta baseada no custo das quantidades solicitadas, no prazo das atividades e na qualidade dos materiais e atividades especificados no documento de licitação entregue. Após o prazo estipulado, as propostas devem ser entregues e avaliadas.

- Fase de Engenharia Simultânea

Nessa fase, cada uma das empresas que permanecem no processo trabalha separadamente com os projetistas e a construtora, discutindo-se o projeto que lhe diz respeito. O resultado é um projeto básico para cada empresa, adequado ao seu método preferido de trabalho, melhorando a qualidade e reduzindo os riscos de todas as partes.

No caso da atividade subcontratada não estar relacionada a algum projeto, deve-se realizar uma reunião com essas empresas e a equipe envolvida, no intuito de se discutir as propostas e propor melhorias que poderão ser inseridas. Essas reuniões e entrevistas ajudam no desenvolvimento da confiança entre as partes envolvidas.

- Seleção Final

Nesse estágio, as construtoras são solicitadas a fazer uma revisão nas propostas de custo e qualidade, baseadas nos projetos desenvolvidos ou nas discussões realizadas.

A seleção final é feita com base nos critérios de custo, prazo e qualidade, que são avaliados como descrito na etapa de seleção final da construtora.

4.2. Seleção de Fornecedores para um Empreendimento Privado

Nessa seção é descrito o processo de seleção de fornecedores realizado pelos clientes privados para a construção de empreendimentos.

4.2.1. Situação atual

Cada empresa privada tem seu método de fazer a seleção de fornecedores para a execução de obras e serviços. A maioria delas considera o menor preço como o critério determinante da seleção.

Geralmente, nos casos de licitação privada, depois do processo de avaliação dos requisitos do cliente e da proposta de preços, é garantido o contrato àquela empresa que obtiver o melhor desempenho. No entanto, quando o projeto de construção precisa de especial *expertise* e/ou alta tecnologia, a licitação a ser realizada pode ser seletiva ou restrita. Somente as empresas que cumprem as exigências de especialização podem submeter propostas.

Vários nomes são dados para a documentação relativa às regras para submissão de propostas, tais como, guia para elaboração de propostas, edital de obras civis, condições comerciais e particulares de contratação e entrega de propostas, entre outros.

Nessa documentação estão descritos todos os requisitos necessários para a seleção, assim como toda a descrição do processo seletivo desde seu início ao fim. Na maioria das vezes, é realizada a seleção de construtoras, assumindo-se que as subcontratadas são de sua responsabilidade, o que deve estar devidamente explicitado na documentação entregue. Em relação aos projetistas, muitas empresas (clientes) têm projetistas próprios, enquanto que outras, na grande maioria, os selecionam com base no menor preço e na experiência. Em outros casos, a construtora selecionada é responsável pelos projetos.

Uma vez que os projetos estão prontos, uma lista de preços unitários ou de quantidades é entregue à empresa proponente em conjunto com o edital. Essa lista contém o levantamento das atividades a serem realizadas e os respectivos quantitativos, devendo a empresa proponente orçá-los. O proponente deve entregá-la em conjunto com a documentação exigida no edital. Na maioria das vezes, os proponentes são avaliados quanto à estrutura da proposta, atendimento à documentação solicitada, experiência, condições técnicas e menor preço, sendo este último o critério de maior peso.

Em geral, nas empresas privadas, os representantes do cliente no processo decisório variam de empreendimento para empreendimento, a depender do porte e da especificidade de cada um. No entanto, sempre há pelo menos um representante do setor de engenharia e outro do setor de aquisição.

Em conversa realizada, representantes de empresas privadas citaram que uma das diferenças entre o processo de seleção de fornecedores de suas empresas e o do setor público relaciona-se à autonomia que eles têm de realizar o processo de seleção da forma mais conveniente. Como exemplo, eles citaram o paralelismo entre as etapas de seleção e a possibilidade de interromper a obra, depois de iniciada, caso julguem necessário a troca do fornecedor. Já no setor público, o processo é regido por lei e pela seqüência de etapas (projeto – licitação – construção), ou seja, o paralelismo entre as etapas não é permitido.

Esses representantes relataram duas situações que ocorreram recentemente. Uma se deu na construção de uma fábrica, quando o fornecedor foi escolhido com base no menor preço e, no momento de executar as instalações especiais requeridas, não possuía habilidade para tal serviço, sendo, dessa forma, chamada a empresa que obteve o segundo lugar no processo seletivo realizado. Situações como essas afetam diretamente o custo, o prazo e a qualidade do empreendimento e causam transtorno.

Em outro caso, o cliente resolveu alterar o escopo do projeto e reduziu significativamente o orçamento disponível para tal empreendimento, na ordem de aproximadamente 30%. O fornecedor que estava na execução não aceitou tal redução. O cliente parou a obra e realizou outro processo seletivo.

Situações como essas demonstram a necessidade de um processo de seleção mais estruturado, que propicie ao cliente, fornecedores capazes de executar o projeto solicitado, atendendo aos seus objetivos.

4.3. Estruturação de Problema Típico

A seguir é apresentado o problema típico utilizado como referência para as aplicações numéricas dos modelos de seleção multicritério de decisão em grupo (capítulos 5, 6 e 7). Esta descrição inclui os ingredientes básicos da estruturação geral do problema.

4.3.1. Análise dos objetivos do cliente

Nesse estágio, conforme apresentado, as verdadeiras expectativas e objetivos em relação ao projeto são determinados. Os representantes do cliente definem os critérios de decisão utilizados para a seleção dos fornecedores requisitados.

Primeiramente, o grupo de decisores representantes do cliente é apresentado:

- D₁ - representante do setor de engenharia (engenheiro técnico);
- D₂ - representante do setor de engenharia (engenheiro de qualidade);
- D₃ - representante do setor de engenharia (engenheiro de segurança e meio ambiente);
- D₄ - representante do setor de aquisição (orçamento);
- D₅ - representante do setor de aquisição (contrato).

Uma vez designados pela sua organização e de posse do escopo do projeto, os decisores se reúnem em conjunto com o analista, a fim de identificar os critérios (qualificadores e ganhadores de pedido) a serem utilizados no processo de seleção.

Os critérios qualificadores identificados, utilizados para filtrar as empresas licitantes, são os seguintes:

- √ Responsabilidade - refere-se à conformidade da empresa em relação a regulamentos e padrões exigidos; à existência de certificação de qualidade (empresa com certificação ISO 9001/2000) e de política de segurança e meio ambiente.
- √ Experiência geral: diz respeito à experiência geral da construtora medida em metros quadrados nos últimos 5 (cinco) anos; dessa forma, todas as construtoras devem ter pelo menos cinco anos de experiência. Os atributos utilizados são: (a) o total de metro quadrado construído pela construtora, (b) o total de metro quadrado construído em projetos similares. O licitante que não

atender aos valores mínimos especificados pelo cliente será eliminado do processo.

- √ Situação financeira: refere-se à situação financeira do licitante. Os atributos utilizados são liquidez geral, liquidez corrente e solvência geral. Esses índices são medidos conforme as equações abaixo. O cliente não aceitará licitantes que tenham uma situação financeira abaixo do limite estipulado - em geral, esses índices devem ser maiores do que 1 (um).

$$\text{liquidez geral} = \frac{\text{ativo circulante} + \text{ativo realizável a longo prazo}}{\text{passivo circulante} + \text{passivo realizável a longo prazo}} \quad (4.1)$$

$$\text{liquidez corrente} = \frac{\text{ativo circulante}}{\text{passivo circulante}} \quad (4.2)$$

$$\text{solvência geral} = \frac{\text{ativo total}}{\text{passivo circulante} + \text{passivo exigível a longo prazo}} \quad (4.3)$$

Em seguida, são apresentados os critérios ganhadores de pedido. Eles são determinados com base nos resultados apresentados na literatura sobre problemas similares e considerando-se também algumas interações com gerentes de projeto que atuam neste contexto, de forma a confirmar sua pertinência. Os princípios de coerência e independência entre os critérios são respeitados pela família de critérios estabelecida (GOMES *et al.*, 2002).

São eles:

- √ Cr₁ - Custo: refere-se à necessidade de assegurar que os orçamentos não serão excedidos. É medido de forma objetiva pela média dos desvios de custo dos empreendimentos realizados nos últimos 5 anos em relação ao custo planejado.
- √ Cr₂ - Cultura: relaciona-se à disposição de incorporar novas idéias e conceitos.
- √ Cr₃ - *Design*: no sentido do envolvimento dos construtores e subcontratados que possuam habilidades para ajudar os projetistas nas suas atividades, produzindo uma estrutura que seja adequada e um projeto que seja estimulante intelectualmente.
- √ Cr₄ - Qualidade: visa assegurar que a qualidade do projeto se traduza efetivamente em qualidade física e que forneça uma estrutura com baixos custos operacionais e de manutenção.
- √ Cr₅ - Tempo: corresponde ao período total da fase de projetos e de construção, à habilidade para planejar corretamente e finalizar as atividades de acordo com os prazos estabelecidos pelo cliente. É medido de forma objetiva pela média

dos desvios dos projetos (*design*) ou dos empreendimentos, realizados nos últimos 5 (cinco) anos, em relação à programação inicial.

- √ Cr₆ - Experiência: considera a experiência de pessoas chaves que irão trabalhar no empreendimento, sendo medido em termos dos anos de experiência dos engenheiros e projetistas

As avaliações dos critérios cultura, *design* e qualidade são medidas de forma subjetiva pelo analista, mediante a análise dos questionários e de outras informações coletadas. É ele quem realiza as avaliações pelo fato de se tratar de uma avaliação técnica de julgamentos subjetivos.

Uma vez que os critérios foram definidos, o próximo passo é o estabelecimento da importância relativa entre eles. A atribuição de pesos a critérios deve ser feita por comparação de importância, atribuindo o maior peso ao critério julgado pelo decisor como mais importante. A metodologia de atribuição direta é a utilizada. Primeiramente solicita-se que o decisor ordene os critérios em ordem decrescente, ou seja, os que são julgados como mais importantes obtêm a melhor posição, sendo permitido haver dois na mesma posição, caso sejam considerados como igualmente importantes.

Após isso, questiona-se a cada decisor que pesos podem ser atribuídos a cada um dos critérios, de forma que representem a importância relativa dos mesmos.

Dependendo dos resultados obtidos nesta fase, diferentes situações podem ser encontradas, que são resolvidas por um dos três modelos propostos, conforme explanado no item a seguir.

4.4. Modelos Multicritério de Decisão em Grupo – situações de escolha

As aplicações dos modelos de decisão em grupo, nos processos de seleção descritos anteriormente, variam de caso para caso. Duas situações podem ser verificadas: uma em que há grande divergência entre os decisores em relação às suas preferências; e outra em que há pouca divergência entre eles.

Essas divergências entre os decisores são bastante comuns. Elas sempre estão presentes, no entanto elas podem ser pequenas, sendo mais facilmente resolvidas, ou grandes, precisando de formas mais estruturadas de tratá-las. Essas variações, dentro do contexto em estudo, ocorrem principalmente em função das áreas de atuação das pessoas escolhidas para representar o cliente no processo decisório.

Para situações de pouca divergência entre os decisores, o modelo de decisão multicritério em grupo I pode ser utilizado, conforme apresentado no capítulo 5, como modelo de decisão multicritério em grupo para situações de pouca divergência. Esse modelo pode ser aplicado nas situações em que se consegue estipular uma faixa de variação de pesos para cada critério, em torno de um valor central, de forma que englobe todas as preferências dos decisores envolvidos. Posteriormente, utiliza-se o método PROMETHEE VI, e obtém-se a alternativa de melhor compromisso para todo o espaço de pesos definido pelos decisores.

Em relação às situações de grande divergência, dois modelos são propostos: o modelo de decisão em grupo II e o III, detalhados nos capítulos 6 e 7, respectivamente.

No modelo II, as avaliações dos decisores sobre as alternativas são agregadas. O modelo tem início com as avaliações individuais das alternativas em relação aos critérios, obtendo-se as preferências de cada decisor, mediante aplicação do PROMETHEE II. Posteriormente, uma matriz global de preferências é obtida, composta pelas alternativas em avaliação e pelos critérios, que nessa matriz correspondem aos decisores. No entanto, é necessário saber se há uma distinção clara sobre o grau de importância relativa entre os decisores. Havendo essa distinção, os pesos dos decisores podem ser obtidos, o PROMETHEE II é aplicado e a alternativa é escolhida. No caso de não haver essa distinção, o ELECTRE IV é o mais indicado, por não precisar inserir informações sobre os pesos dos critérios, obtendo-se, dessa forma, a ordenação final das alternativas.

Já no modelo III, ocorre a agregação da ponderação dos decisores sobre os critérios. Primeiramente, a matriz de decisão é composta pelas ponderações dos decisores sobre os critérios. Dessa forma, os critérios são as alternativas e os decisores são os critérios de decisão. Posteriormente, o método ELECTRE IV é aplicado, uma vez que não há distinção sobre o grau de importância relativa entre os decisores. Como resultado, a ordenação dos critérios é obtida. De posse dessa informação, o *VIP Analysis* pode ser aplicado, uma vez que se adapta aos casos em que se tem informação parcial em relação aos pesos dos critérios. Nesse caso, as restrições de ordem e dos limites inferior e superior para os pesos dos critérios são suficientes para a sua aplicação. Como resultado, uma empresa ou um subconjunto de empresas é selecionado.

A escolha entre estes dois últimos modelos é realizada pelos decisores. Se eles preferirem realizar primeiramente sua avaliação individual e verificar qual seria a alternativa escolhida e só depois a avaliação global com todos os decisores, o modelo II é o mais adequado. No entanto, se eles preferirem encontrar logo a alternativa final, o modelo III é o

mais adequado, só se aplicando para os casos em que não existe distinção clara sobre o grau de importância relativa entre eles.

A figura 4.6 ilustra as situações em que se pode escolher cada modelo.

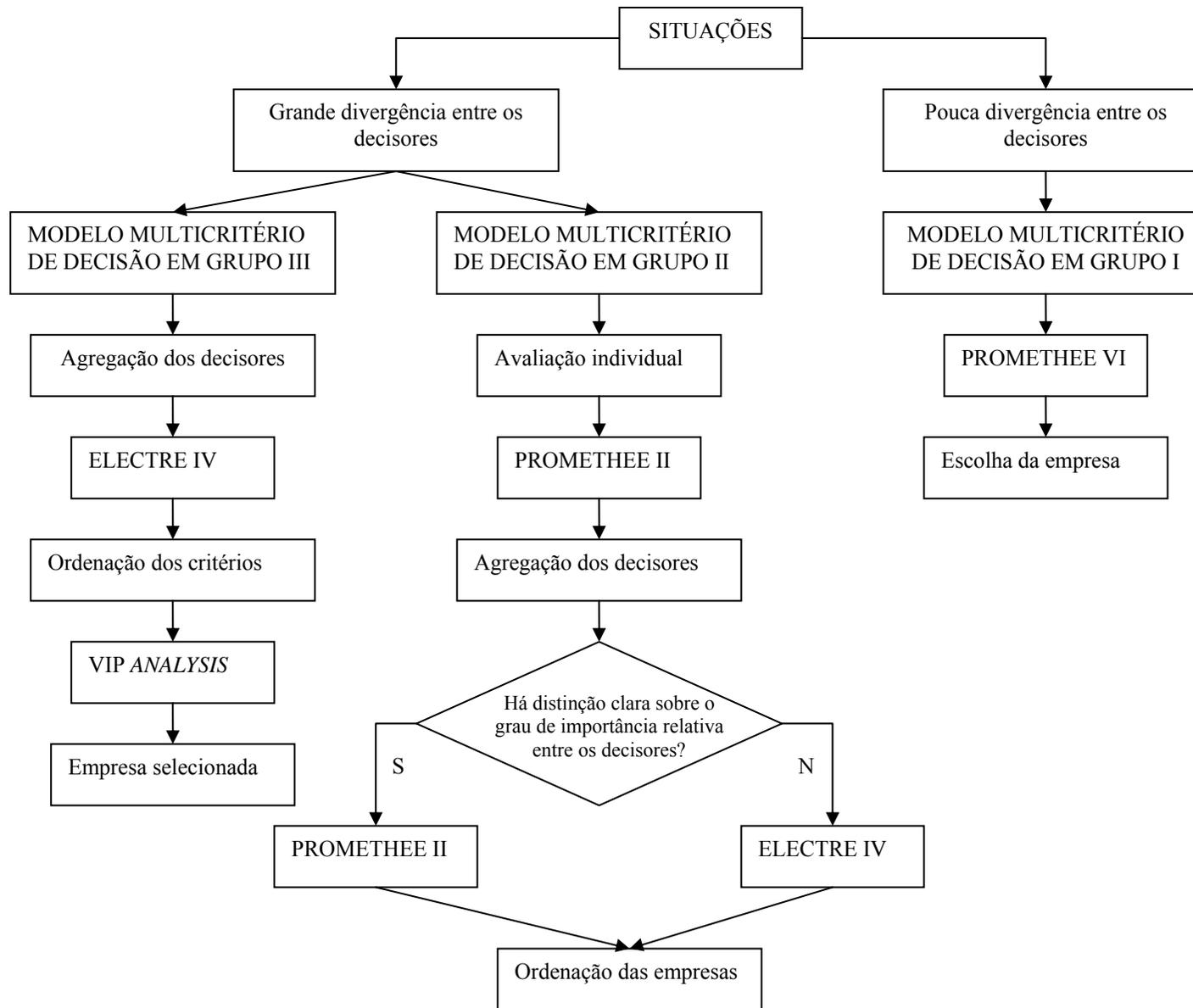


Figura 4.6. Situação de aplicação dos modelos multicritério de decisão em grupo

5. MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO PARA SITUAÇÕES DE POUCA DIVERGÊNCIA

Este capítulo apresenta um modelo de decisão em grupo, baseado no método multicritério *PROMETHEE VI*, dedicado a problemas em que há pouca divergência entre os decisores.

5.1. Descrição

Essa abordagem deve ser utilizada para os casos em que não há grande divergência entre os decisores, tornando-os capazes de definir uma faixa de variação para o peso de cada critério, ou seja, um limite inferior e um superior para o peso de cada critério.

O *PROMETHEE VI* foi desenvolvido para aqueles casos em que o decisor não está apto a fornecer valores precisos para os pesos dos critérios, permitindo a consideração de uma faixa de variação para os pesos. Dessa forma, ele se mostra bem adequado à situação estudada, uma vez que os decisores podem ser incapazes de determinar em conjunto um valor fixo para cada peso, mas aptos a considerar um intervalo, considerando as preferências de todos os decisores. Tais intervalos são fixados a partir de um valor conhecido p_j , tolerando uma percentagem θ_j de variação em torno deste valor:

$$p_j \pm \theta_j \cdot p_j, \quad j=1, 2, \dots, k \quad (5.1)$$

A projeção dessa área no plano GAIA dá o espaço de liberdade do decisor. O eixo de decisão do *PROMETHEE* pode ser orientado, de acordo com a liberdade dada aos pesos, a qualquer ponto da área projetada (BRANS, 2002).

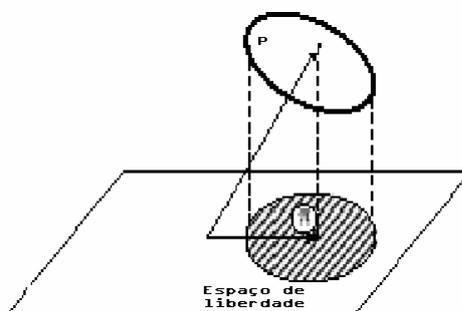


Figura 5.1. Espaço de liberdade (adaptado de Brans, 2002)

Adicionalmente, essa ferramenta permite a verificação do grau de dificuldade de um problema multicritério, através do posicionamento do espaço de liberdade em relação à

origem do plano GAIA. Nesse sentido, os problemas são fáceis de se resolver, se a origem não está contida no espaço de liberdade do decisor, de forma que o eixo de decisão permanece orientado na mesma direção e todas as alternativas na sua direção são boas para todos os possíveis pesos considerados. Por outro lado, os problemas são difíceis de resolver se o espaço de liberdade contém a origem, de forma que o eixo de decisão pode estar orientado para todas as direções do plano e todas as alternativas são consideradas como boas.

O modelo multicritério de decisão em grupo I é ilustrado na figura 5.2. Para a aplicação do PROMETHEE VI, é necessário que os fluxos líquidos das alternativas sejam primeiramente calculados pelo método PROMETHEE II. De posse desses fluxos, as projeções tanto das alternativas quanto dos eixos dos critérios no plano GAIA podem ser realizadas. Mediante o PROMETHEE VI, as margens de variação dos pesos dos critérios determinados pelos decisores são adicionadas. Projetando essa área no plano GAIA, tem-se o espaço de liberdade dos decisores. O eixo de decisão pode estar orientado para qualquer direção dentro desse espaço. Dessa forma, qualquer alternativa localizada nessa direção apresenta um bom compromisso com as preferências dos decisores.

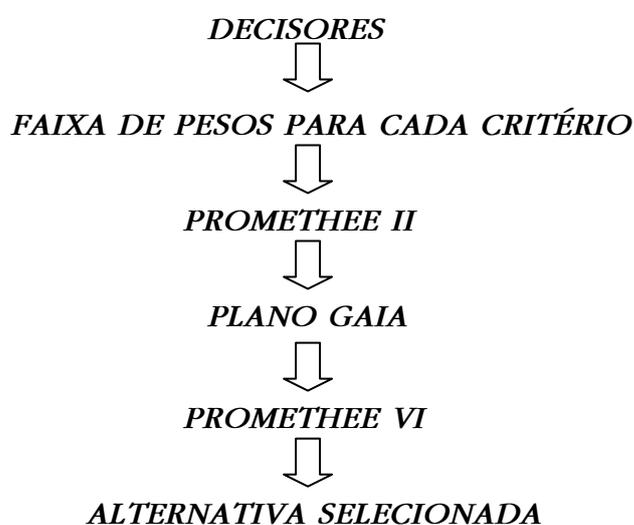


Figura 5.2. Modelo multicritério de decisão em grupo I

5.2. Simulação Numérica

A título de ilustração, o modelo multicritério de decisão em grupo I é utilizado em conjunto com a sistemática proposta de seleção de fornecedores a fim de selecionar os projetistas para um dado empreendimento do setor privado. As etapas correspondem àquelas definidas para o modelo de gestão, na fase de seleção de projetistas.

Dando seqüência ao descrito no item 4.2, cada decisor apresenta os seus pesos atribuídos a cada um dos critérios. Posteriormente, verificam-se as variações ocorridas para o peso de cada critério e determina-se um valor central para o peso com uma variação que englobe as preferências de todos os decisores. Em seguida esses pesos são normalizados.

Dessa forma, como a divergência existente em relação aos pesos dos critérios é pequena, a incorporação da faixa de variação abrange as preferências de todos os decisores, conforme apresenta a tabela 5.1.

Tabela 5.1. Tabela de pesos normalizados dos critérios

	p_j	$\pm\theta$
Cr ₁	0,118	30%
Cr ₂	0,176	30%
Cr ₃	0,294	50%
Cr ₄	0,176	10%
Cr ₅	0,118	10%
Cr ₆	0,118	10%

5.2.1. Seleção de projetistas

Nessa seção, são detalhados os estágios referentes à seleção de projetistas: reunião de esclarecimento, filtro e seleção final.

- Reunião de Esclarecimento

Todos os projetistas interessados no empreendimento devem participar dessa reunião, já com as informações relativas ao tipo de empreendimento, localização, prazo estimado e outros dados básicos contidos no edital.

As dúvidas relativas ao edital e ao processo de seleção são esclarecidas nesse momento, e as documentações necessárias, conforme previsto no edital, entregues pelas empresas.

- *Filtro*

Dentre os critérios qualificadores apresentados no item 4.2, considera-se para a seleção de projetistas os referentes à responsabilidade e à experiência mínima de 5 (cinco) anos na realização de projetos. Seis empresas são consideradas para a etapa seguinte.

- *Seleção*

Nessa etapa, cada empresa recebe um questionário (anexo I), desenvolvido pelos representantes do cliente e pelo analista, envolvendo os critérios qualitativos definidos. Cada empresa deve devolver o questionário respondido dentro do prazo de uma semana, indicando, em documentação anexa, as pessoas que participaram desse processo e suas respectivas funções.

De posse dos questionários respondidos e de outras informações coletadas, o analista avalia as empresas licitantes nos critérios cultura, qualidade e *design*, por se tratar de uma avaliação técnica de julgamentos subjetivos. Os seguintes níveis de preferência, convertidos para uma escala numérica utilizada para facilitar a avaliação desses aspectos subjetivos, são apresentados na tabela 5.2.

Tabela 5.2. Escala para julgamento da importância dos critérios cultura, qualidade e design

Níveis de Preferência	Escala Numérica
Muito bom	5
Bom	4
Regular	3
Baixo	2
Muito Baixo	1

Os resultados, juntamente com os dos critérios quantitativos, compõem a matriz de decisão, conforme tabela 5.3.

Tabela 5.3. Matriz de decisão

	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	Cr ₄	Cr ₅	Cr ₆
Empresa 1	0,1	4	5	4	0,10	8
Empresa 2	0,15	2	2	4	0,05	20
Empresa 3	0,15	1	2	3	-0,05	15
Empresa 4	0,03	1	1	4	0,15	6
Empresa 5	-0,03	4	4	3	0,20	10
Empresa 6	0,05	3	5	3	0,10	5

Para a aplicação do método PROMETHEE II, é necessária a determinação da informação intracritério. Uma discussão em conjunto com todos os decisores é realizada, e as funções de preferência são estabelecidas para cada critério, de forma interativa com o analista. Uma vez que há pouca divergência entre os decisores, um consenso em relação às funções de preferência é estabelecido durante essa discussão.

A tabela 5.4. apresenta os critérios generalizados e os parâmetros determinados.

Tabela 5.4. Informações adicionais

Critérios	Critérios generalizados	Parâmetros
Custo	Tipo V	$q = 0,02$ $p = 0,05$
Cultura	Tipo I	-
Design	Tipo I	-
Qualidade	Tipo I	-
Tempo	Tipo III	$p = 0,05$
Experiência	Tipo III	$p = 2$

✓ Custo:

O critério generalizado do tipo V, referente à preferência linear com zona de indiferença, é o indicado para a minimização do custo. Os decisores acreditam ser esse o tipo mais adequado à situação atual. Se a diferença entre as avaliações das alternativas for menor ou igual a 0,02, elas podem ser consideradas como indiferentes. Entre 0,02 e 0,05, a preferência cresce linearmente com a diferença entre as avaliações. A diferença sendo superior a 0,05, implica uma preferência estrita pela alternativa de menor custo.

Logo, se uma alternativa tem um desvio de custo de até 0,02 a menos que outra, sua intensidade de preferência é zero. Se tem um desvio de custo maior que 0,05 a menos que a outra alternativa, sua intensidade é 1. Entre esses limites, a intensidade é igual ao quociente entre a diferença das alternativas subtraída do limiar de indiferença e a diferença desses limites.

✓ Cultura, Design e Qualidade:

O critério generalizado do tipo I (critério usual) é o adotado com o objetivo de maximização dos critérios cultura, design e qualidade, implicando que qualquer diferença encontrada na avaliação em relação a esses critérios é de grande relevância para os decisores. Logo, nenhum parâmetro precisa ser definido. Nesse tipo de função, a intensidade de preferência equivale a 1 se há uma vantagem, e 0 em caso contrário.

✓ Tempo:

O critério generalizado do tipo III, referente à preferência linear, é o indicado para a minimização do tempo. Se a diferença entre as avaliações das alternativas for menor ou igual a 0,05, a preferência cresce linearmente com a diferença entre as avaliações. A diferença sendo superior a 0,05 implica uma preferência estrita pela alternativa de menor tempo.

Logo, se uma alternativa tem um desvio de tempo de até 0,05 a menos que outra, a intensidade de preferência é igual ao quociente entre a diferença das alternativas e o limiar de preferência. Se uma alternativa tem um desvio de tempo maior que 0,05 a menos que a outra alternativa, a intensidade é 1.

✓ Experiência:

Finalmente, em relação à média dos anos de experiência dos projetistas envolvidos, o critério generalizado do tipo III, referente à preferência linear, é o indicado para a maximização da experiência. Se a diferença entre as avaliações das alternativas for menor ou igual a 2, a preferência cresce linearmente com a diferença entre as avaliações. A diferença sendo superior a 2 implica uma preferência estrita pela alternativa de menor tempo.

Logo, se uma alternativa tem uma diferença de até 2 anos a menos que outra, a intensidade é igual ao quociente entre a diferença das alternativas e o limiar de preferência. Se uma alternativa tem uma diferença maior que 2 em relação à outra alternativa, a intensidade é 1.

Ao fim desse estágio, os decisores dispõem da tabela de avaliação com as funções de preferência e os pesos por eles definidos. De acordo com a metodologia PROMETHEE II, os fluxos líquidos são calculados, conforme apresentados na tabela 5.5.

Tabela 5.5. Fluxos líquidos das alternativas

Empresas	Fluxos líquidos
Empresa 1	0,44
Empresa 2	0,05
Empresa 3	-0,27
Empresa 4	-0,44
Empresa 5	0,12
Empresa 6	0,11

Uma vez calculado os fluxos líquidos, o PROMETHEE VI é aplicado utilizando-se o *software* PROMCALC, adicionando-se a margem de variação dos pesos determinada pelos decisores em estágio preliminar. Dessa forma, identifica-se que a alternativa de melhor

compromisso é a a_1 , ou seja, a empresa 1, uma vez que é a única alternativa que está na direção do eixo de decisão para todo o conjunto de pesos contido nas faixas estipuladas.

Mediante o plano GAIA ilustrado na figura 5.3, pode-se concluir também que esse é um problema de decisão fácil, pois a origem não está contida no espaço de liberdade dos decisores, de forma que o eixo de decisão permanece orientado na mesma direção.

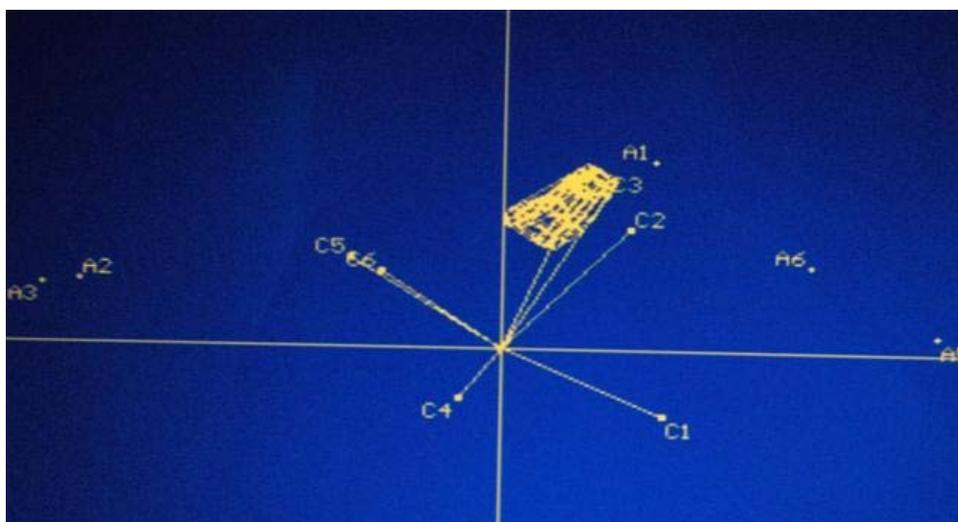


Figura 5.3. PROMETHEE VI – plano GAIA

É importante ressaltar que o próprio PROMETHEE VI pode ser considerado como uma ferramenta para análise de sensibilidade, uma vez que permite a visualização no GAIA da região de variação do parâmetro e verifica se o eixo de decisão continua na direção da alternativa selecionada.

6. MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO AGREGANDO AS AVALIAÇÕES DOS DECISORES SOBRE AS ALTERNATIVAS

Este capítulo apresenta uma proposta de modelo para decisão em grupo, baseado nos métodos PROMETHEE II e ELECTRE IV, destinado aos casos em que ocorre grande divergência entre as preferências dos decisores.

6.1. Descrição do Modelo

Uma das abordagens utilizadas em decisão em grupo, para os casos em que as preferências dos decisores não mostram grandes divergências, é aquela em que os decisores devem entrar em consenso em relação à decisão de todos os parâmetros necessários para aplicação do método multicritério. No entanto, o modelo aqui proposto não se adapta a essa situação. Ele se enquadra na segunda abordagem apresentada no item 2.4, em que cada decisor define seu próprio critério, as avaliações apropriadas e os parâmetros dos modelos e um método multicritério é usado para obter a ordenação pessoal. Posteriormente cada decisor é considerado como um critério separado, e a informação contida na sua ordenação individual é agregada em uma ordem coletiva final, utilizando-se a mesma ou outra abordagem multicritério de decisão.

Dessa forma, a primeira etapa do modelo consiste na avaliação individual das alternativas em relação aos critérios para cada decisor. Uma vez definidos todos os parâmetros necessários e as avaliações das alternativas realizadas, o PROMETHEE II é aplicado, resultando em uma ordenação das alternativas para cada decisor. No segundo estágio, as avaliações dos decisores sobre as alternativas são agregadas em uma única matriz de alternativas por decisores. Dessa forma, cada decisor será considerado como um critério, e as informações das preferências contidas em cada ordenação são as avaliações.

A partir daí, duas situações são possíveis, a depender da existência de uma distinção clara sobre o grau de importância relativa entre os decisores ou não. Essa distinção é percebida quando no processo de determinação dos representantes da organização para o dado empreendimento, já se atribui o grau de importância que separa cada um deles ou quando se determina que todos são igualmente importantes. Essa atribuição é sempre realizada por uma pessoa de nível hierárquico superior aos desses representantes. O que em alguns casos acontece, no entanto, é que essa distinção não está muito clara para quem tem a função de estabelecer a diferença; daí a hesitação na atribuição de pesos.

Para os casos em que há essa distinção, o PROMETHEE II pode ser novamente aplicado e a ordenação final das alternativas é obtida considerando as preferências de todos os decisores. É importante que se utilize a análise visual do plano GAIA para auxiliar a escolha da alternativa final.

No caso de não haver essa distinção, o método ELECTRE IV é aplicado. A adequação desse método ao caso é dada pelo fato de possibilitar uma ordenação das alternativas sem que seja necessária a atribuição de pesos aos critérios, que no caso, são representados pelos decisores. Esse método se baseia em uma lógica não-compensatória, em que os critérios (decisores) são comparados um a um e não são agregados, permitindo tratar de forma coerente esses tipos de problemas em que seja difícil o estabelecimento dos pesos entre os decisores. A relação de sobreclassificação é definida por referência direta às performances das alternativas, sendo definidas as relações de sobreclassificação forte e fraca. Como resultado final tem-se a ordenação das alternativas.

É importante ressaltar que em ambas as situações possíveis na segunda etapa do modelo, sugere-se o uso de métodos não compensatórios. Uma vez que cada decisor é considerado como um critério, e as avaliações das alternativas refletem as suas preferências, a agregação compensatória pode gerar um resultado que não satisfaça os decisores. No entanto, como o método não-compensatório compara os critérios um a um, esse tipo de problema é tratado de forma coerente.

Seja $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ o conjunto de alternativas a serem avaliadas nos k critérios $C = \{c_1, c_2, \dots, c_j, \dots, c_k\}$. Uma matriz de decisão $D = [d_{ij}]$ pode ser definida, em que o elemento d_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, k$) representa a avaliação de performance da alternativa a_i de acordo com o critério c_j .

Sendo o grupo de decisores composto por $M = \{1, 2, \dots, r, \dots, R\}$ membros, teremos R matrizes de decisão ($n \times k$). Uma vez que as matrizes de decisão são avaliadas, os fluxos líquidos resultantes de cada avaliação individual irão compor uma nova matriz $G = [g_{ij}]$, em que o elemento g_{ij} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, R$) representa o fluxo líquido da alternativa a_i calculado com base nas preferências do decisor D_j .

A figura 6.1 apresenta a proposta do modelo de decisão em grupo, baseado no modelo desenvolvido por Macharis e Brans (1998).

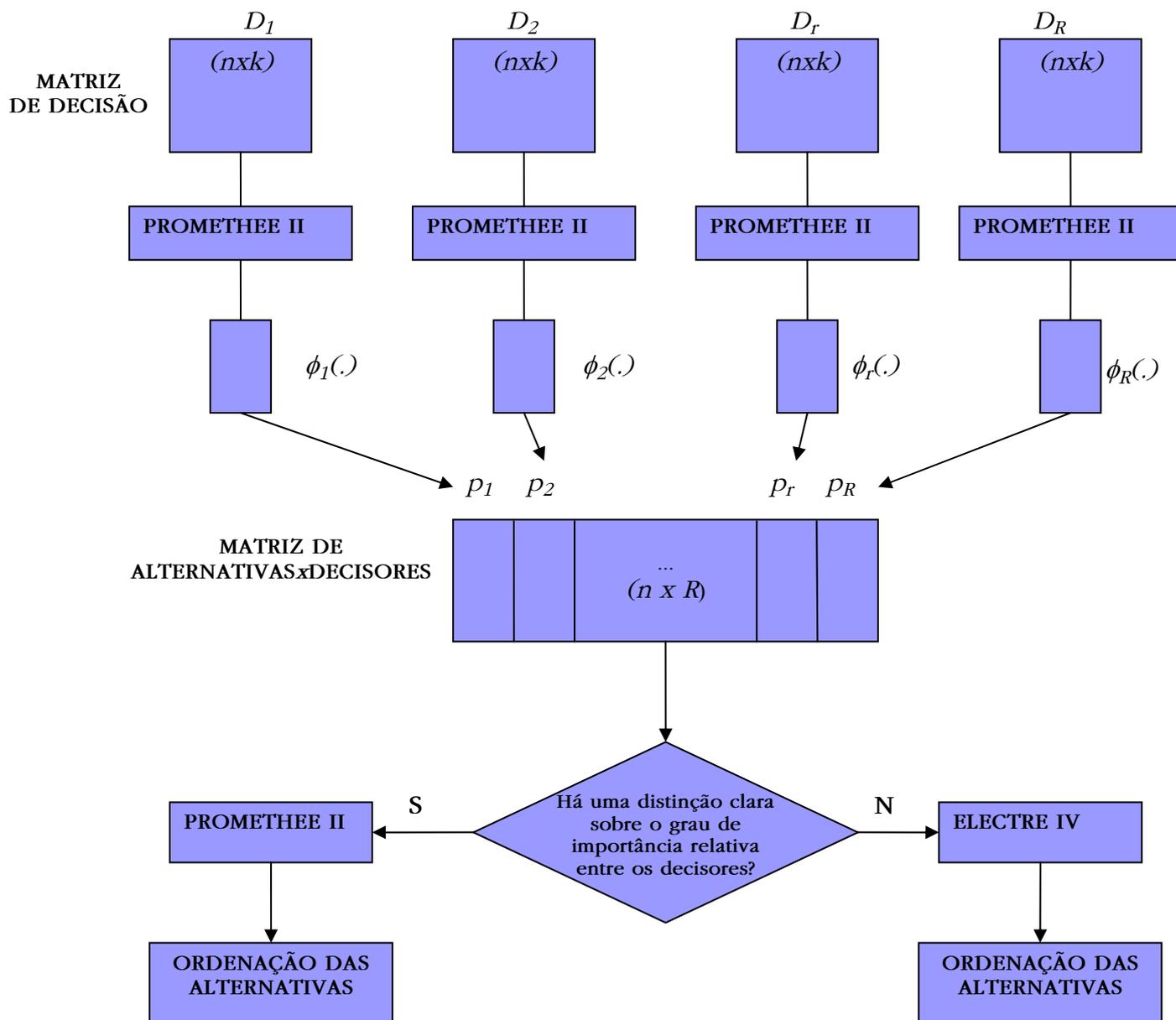


Figura 6.1. Modelo multicritério de decisão em grupo com agregação das avaliações dos decisores sobre as alternativas

6.2. Simulação Numérica

A título de ilustração, o modelo multicritério de decisão em grupo proposto nesse capítulo é utilizado em conjunto com a sistemática proposta de seleção de fornecedores a fim de selecionar os projetistas para um dado empreendimento do setor privado. As etapas correspondem àquelas definidas para a sistemática, na etapa de seleção de projetistas.

Dando continuidade ao descrito no item 4.2, são apresentados na tabela 6.1 os pesos normalizados atribuídos aos critérios por cada decisor, em uma escala de razão.

Tabela 6.1. Tabela de pesos normalizados dos critérios de cada decisor

	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	Cr ₄	Cr ₅	Cr ₆
D1	0,091	0,182	0,182	0,227	0,136	0,182
D2	0,087	0,130	0,261	0,217	0,043	0,261
D3	0,067	0,267	0,267	0,200	0,067	0,133
D4	0,333	0,000	0,133	0,133	0,333	0,067
D5	0,417	0,000	0,000	0,167	0,333	0,083

6.2.1. Seleção de projetistas

As etapas de reunião de esclarecimento e a do filtro são as mesmas apresentadas na simulação numérica do capítulo anterior.

- Seleção

A distinção entre essa etapa e a apresentada na aplicação anterior está na simulação numérica do modelo multicritério de decisão em grupo, conforme apresentado a seguir.

→ Modelo Multicritério de Decisão em Grupo – Etapa 1

A primeira etapa é composta pelas avaliações individuais de cada decisor. A matriz de avaliação e os critérios generalizados com os seus parâmetros correspondentes são os mesmos apresentados no capítulo anterior, conforme as tabelas 5.3 e 5.4, respectivamente, para todos os decisores. As informações intercritério para cada decisor estão apresentadas na tabela 6.1. De posse dessas informações, a metodologia PROMETHEE II é aplicada, e uma ordenação das empresas é obtida para cada decisor.

Dessa forma, o resultado do PROMETHEE II se dá pela ordenação decrescente dos fluxos líquidos, estabelecendo uma pré-ordem completa entre as alternativas. As pré-ordens obtidas para cada decisor são ilustradas nas figuras 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6.

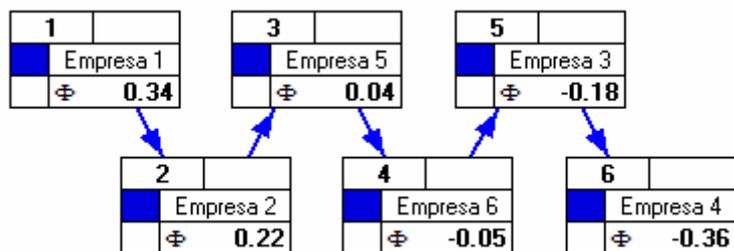


Figura 6.2. Pré-ordem completa - decisor 1

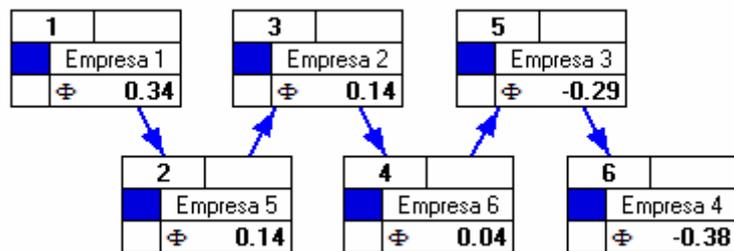


Figura 6.3. Pré-ordem completa - decisor 2

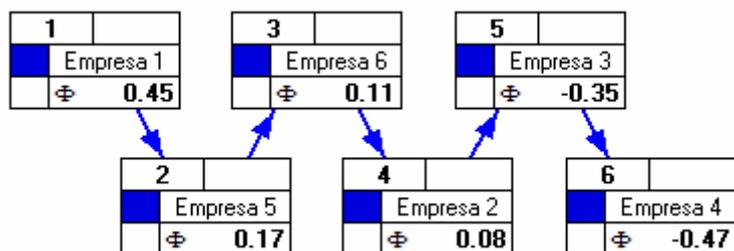


Figura 6.4. Pré-ordem completa - decisor 3

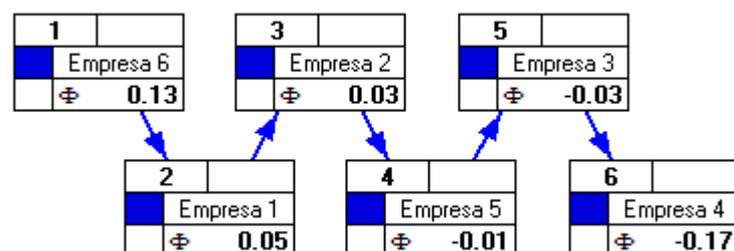


Figura 6.5. Pré-ordem completa - decisor 4

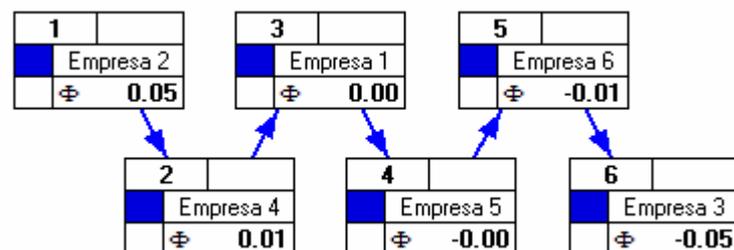


Figura 6.6. Pré-ordem completa - decisor 5

→ *Modelo Multicritério de Decisão em Grupo – Etapa 2*

Nessa segunda etapa, o analista deve recolher os valores dos fluxos líquidos obtidos de cada decisor, que representam as suas preferências, e compor uma matriz de avaliação global, em que cada decisor é considerado como um critério e os fluxos líquidos de cada decisor correspondem às avaliações das alternativas, conforme a tabela 6.2.

Tabela 6.2. Matriz de avaliação global

	D1	D2	D3	D4	D5
Empresa 1	0,34	0,34	0,45	0,05	0,00
Empresa 2	0,22	0,14	0,08	0,03	0,05
Empresa 3	-0,18	-0,29	-0,35	-0,03	-0,05
Empresa 4	-0,36	-0,38	-0,47	-0,17	0,01
Empresa 5	0,04	0,14	0,17	-0,01	0,00
Empresa 6	-0,05	-0,04	0,11	0,13	-0,01

Nesse momento, dois casos podem ser considerados: aquele em que há uma distinção clara quanto ao grau de importância relativa entre os decisores no processo decisório; e o outro, quando essa distinção não está clara.

Para o primeiro caso, o PROMETHEE II pode ser reaplicado e a ordenação das empresas obtida; para o segundo caso o ELECTRE IV pode ser utilizado, uma vez que não necessita da informação intercritério, fornecendo a ordenação das empresas. Os dois casos são considerados a título ilustrativo.

- PROMETHEE II

Nesse caso, considera-se que durante a atribuição dos decisores, é determinado que todos possuam a mesma importância relativa. A função de preferência do tipo I é escolhida de forma interativa entre os decisores e o analista para todos os critérios. Isso significa que qualquer diferença entre as avaliações das alternativas implica uma preferência estrita. Aplicando-se o PROMETHEE II, obtém-se a pré-ordem completa ilustrada na figura 6.7 como resultado final do processo de seleção.

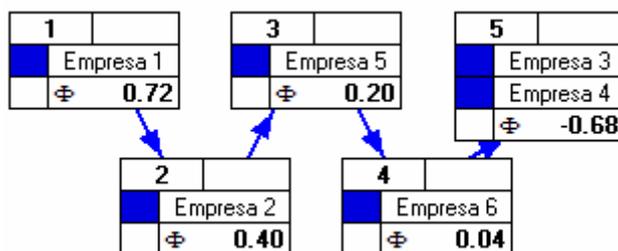


Figura 6.7. Pré-ordem completa - avaliação global

De acordo com o plano GAIA na figura 6.8, pode-se verificar que os decisores D1 e D2 têm uma preferência mais forte pela empresa 5, seguida da 1 e 2; os decisores D3 e D4 pelas empresas 1, 5 e 6; e o decisor D5 pela empresa 2. As empresas 3 e 4 não se apresentam como boas alternativas para nenhum dos decisores.

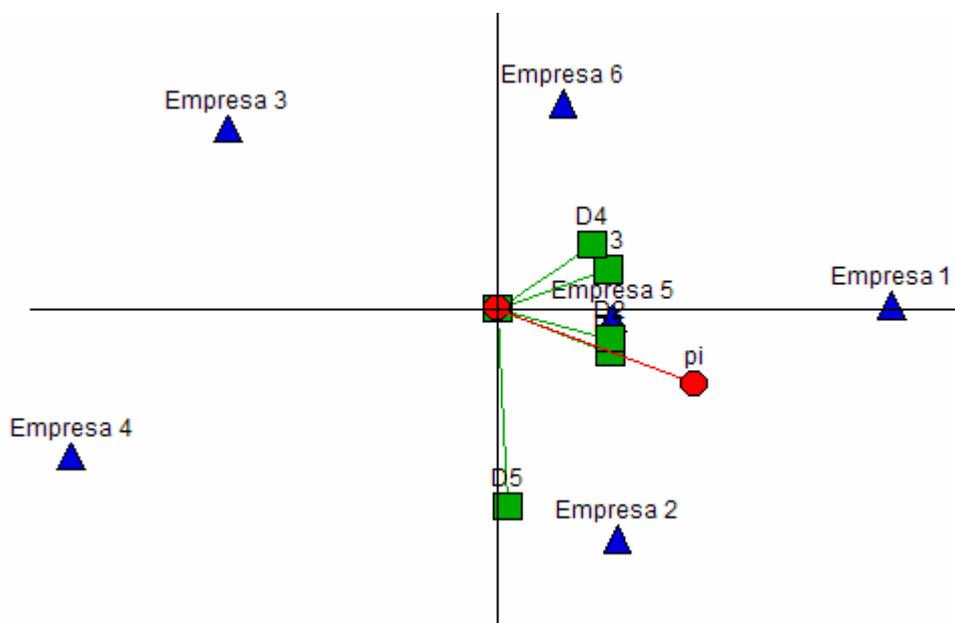


Figura 6.8. Visualização das alternativas no plano GAIA

Pode-se notar que os decisores D3 e D4 expressam preferências similares, assim como os D1 e D2, por estarem orientados na mesma direção. Os decisores D3 e D5 são independentes.

Pelo eixo de decisão, chega-se à conclusão de que as alternativas de melhor compromisso são as empresas 1, 2 e 5 por se encontrarem mais próximas a ele. No entanto, para diferenciá-las, é preciso verificar qual delas apresenta o maior fluxo líquido, sendo a empresa 1, portanto, a escolhida. O plano GAIA apresentado mantém 90,64% da sua informação preservada após a projeção.

A robustez do modelo é verificada uma vez que variou-se os pesos dos decisores em $\pm 20\%$, pelo PROMETHEE VI, e as alternativas A_1, A_2, A_5 permaneceram na direção do eixo de decisão para toda a região de variação dos pesos. O polígono na figura 6.9 mostra a localização do eixo de decisão quando os pesos são modificados dentro do intervalo de $\pm 20\%$.

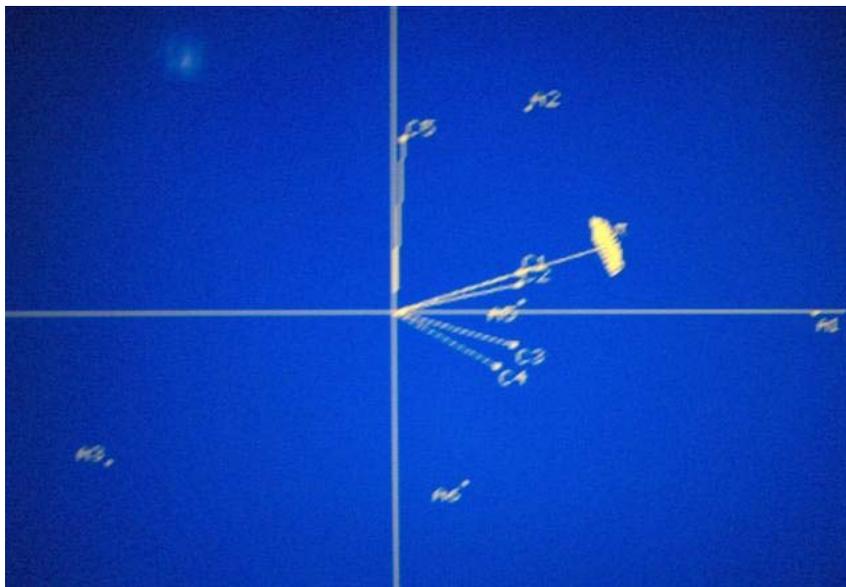


Figura 6.9. PROMETHEE VI – análise de sensibilidade

- ELECTRE IV

O segundo caso proposto é mediante a utilização do ELECTRE IV para obter a ordenação final das alternativas.

Como a avaliação das alternativas corresponde aos fluxos líquidos, qualquer diferença entre eles implica uma preferência estrita. Dessa forma, todos os limiares de indiferença e preferência, para cada critério, são iguais a zero.

Mediante a aplicação do ELECTRE IV, a seguinte ordenação é obtida, conforme apresenta a tabela 6.3:

Tabela 6.3. Ordenação das alternativas

Ordenação	Alternativa
1º	A_2, A_5, A_6
2º	$A_1,$
3º	A_3
4º	A_4

Dessa forma, de acordo com as preferências dos decisores, as empresas 2, 5 e 6 ficaram empatadas em primeiro lugar.

Para a seleção final entre essas empresas, entrevistas são realizadas, no intuito de esclarecer algumas questões e de explicar aos licitantes como se realizará a seleção final.

A empresa selecionada é a que melhor atender às expectativas dos representantes de engenharia durante a apresentação do anteprojeto, abrangendo na sua apresentação todos os aspectos requisitados.

7. MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO AGREGANDO A PONDERAÇÃO DOS DECISORES SOBRE OS CRITÉRIOS

Este capítulo apresenta uma proposta de modelo para decisão em grupo, baseado nos métodos ELECTRE IV e VIP *Analysis*, também destinado aos casos em que ocorre grande divergência entre os decisores.

7.1. Descrição do Modelo

Uma das abordagens utilizadas em decisão em grupo é a relativa à concordância entre os decisores na determinação das alternativas, critérios, performances, pesos, limiares e dos demais parâmetros necessários para se chegar à solução do problema. As críticas em relação a essa abordagem estão em geral associadas ao fato de que os parâmetros do modelo, como os pesos e os limiares por exemplo, devem representar um consenso em grupo, seja ele unânime ou pelo menos, da grande maioria, o que nem sempre é possível, uma vez que divergências de opiniões ocorrem freqüentemente, tornando mais difícil a atividade de fixar valores para os parâmetros.

No modelo aqui proposto, cada decisor determina os seus parâmetros; no entanto, devem entrar em consenso na determinação dos critérios e na avaliação das alternativas. Uma vez que o conjunto de critérios de decisão é estabelecido pelo grupo, composto pelos decisores e pelo analista, cada decisor é responsável pela sua atribuição de pesos aos critérios e dos correspondentes limiares, conforme seu próprio julgamento de valor. Logo, o conjunto de critérios é representado pelos decisores e o conjunto de alternativas pelos critérios considerados no processo de seleção.

Seja $A = \{Cr_1, Cr_2, \dots, Cr_i, \dots, Cr_n\}$ o conjunto de alternativas consideradas no processo decisório e $C = \{D_1, D_2, \dots, D_j, \dots, D_k\}$ o conjunto de critérios considerados na primeira etapa do modelo. A matriz de avaliação é dada conforme a tabela 7.1. abaixo:

Tabela 7.1. Matriz de avaliação

	D ₁	D ₂	...	D _j	...	D _k
Cr ₁	p_{11}	p_{12}	...	p_{1j}	...	p_{1k}
Cr ₂	p_{21}	p_{22}	...	p_{2j}	...	p_{2k}
...
Cr _i	p_{i1}	p_{i2}	...	p_{ij}	...	p_{ik}
...
Cr _n	p_{n1}	p_{n2}	...	p_{nj}	...	p_{nk}

Nesse primeiro estágio, o modelo envolve o uso do método ELECTRE IV, que trata de problemas que são modelados por uma família de pseudocritérios, utilizando poucas informações e, conseqüentemente, fornecendo menos informações em seu resultado. No entanto, esse método é bastante adequado para a forma como a decisão em grupo está sendo tratada nesse modelo, pois se baseia em uma lógica não-compensatória, em que os critérios (decisores) são comparados um a um e não são agregados, além de permitir tratar de forma coerente problemas em que seja difícil o estabelecimento dos pesos dos critérios, representados no caso atual pelos decisores. O conceito de grau de sobreclassificação não é utilizado por não haver informação sobre os critérios. A relação de sobreclassificação é definida por referência direta às performances das alternativas, sendo definidas as relações de sobreclassificação forte e fraca. Como resultado final, tem-se a ordenação das alternativas, representadas nesse modelo pelos critérios do processo decisório.

Uma vez obtida a ordenação dos critérios, passa-se para o segundo estágio do modelo. Nesse estágio, as seguintes informações estão disponíveis:

- √ Conjunto de alternativas.
- √ Conjunto de critérios.
- √ Ordenação dos critérios.
- √ Performance das alternativas em relação aos critérios.

Diante dessas informações, o método mais adequado a ser empregado é o VIP *Analysis*, que sugere que se tratem os parâmetros (constantes de escala ou pesos), que representam preferências dos decisores, como variáveis interdependentes sujeitas a restrições impostas pela estrutura do método utilizado. Logo, não é necessário fixar um valor preciso para os parâmetros, sendo suficiente o estabelecimento de uma ordenação entre os critérios, conforme obtido na etapa anterior, e a fixação de limites superiores e inferiores para cada peso.

O propósito do VIP *Analysis* é apoiar a avaliação de um conjunto de alternativas discretas, no intuito de escolher a mais preferida, de acordo com a função de valor aditiva (DIAS e CLÍMACO, 2000). O valor global de uma alternativa a_i é a soma de seus valores para os n critérios $(v_1(a_i), \dots, v_n(a_i))$, ponderada por n pesos escalares $p = (p_1, \dots, p_n)$:

$$V(a_i, p) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a_i), \quad \text{com } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \text{ e } p_j \geq 0. \quad (7.1)$$

onde $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ é um elemento do conjunto P definido pelo decisor. As informações parciais nesse método dizem respeito aos parâmetros de importância $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$, assumindo-se que as restrições que definem P são lineares. Essas restrições podem limitar os pesos através de limites superior e inferior, como também podem relacionar os pesos entre si, impondo um ordenamento definido pelo(s) decisor(es), conforme obtido na etapa anterior do modelo. O modelo pode ser apresentado conforme a figura 7.1. abaixo.

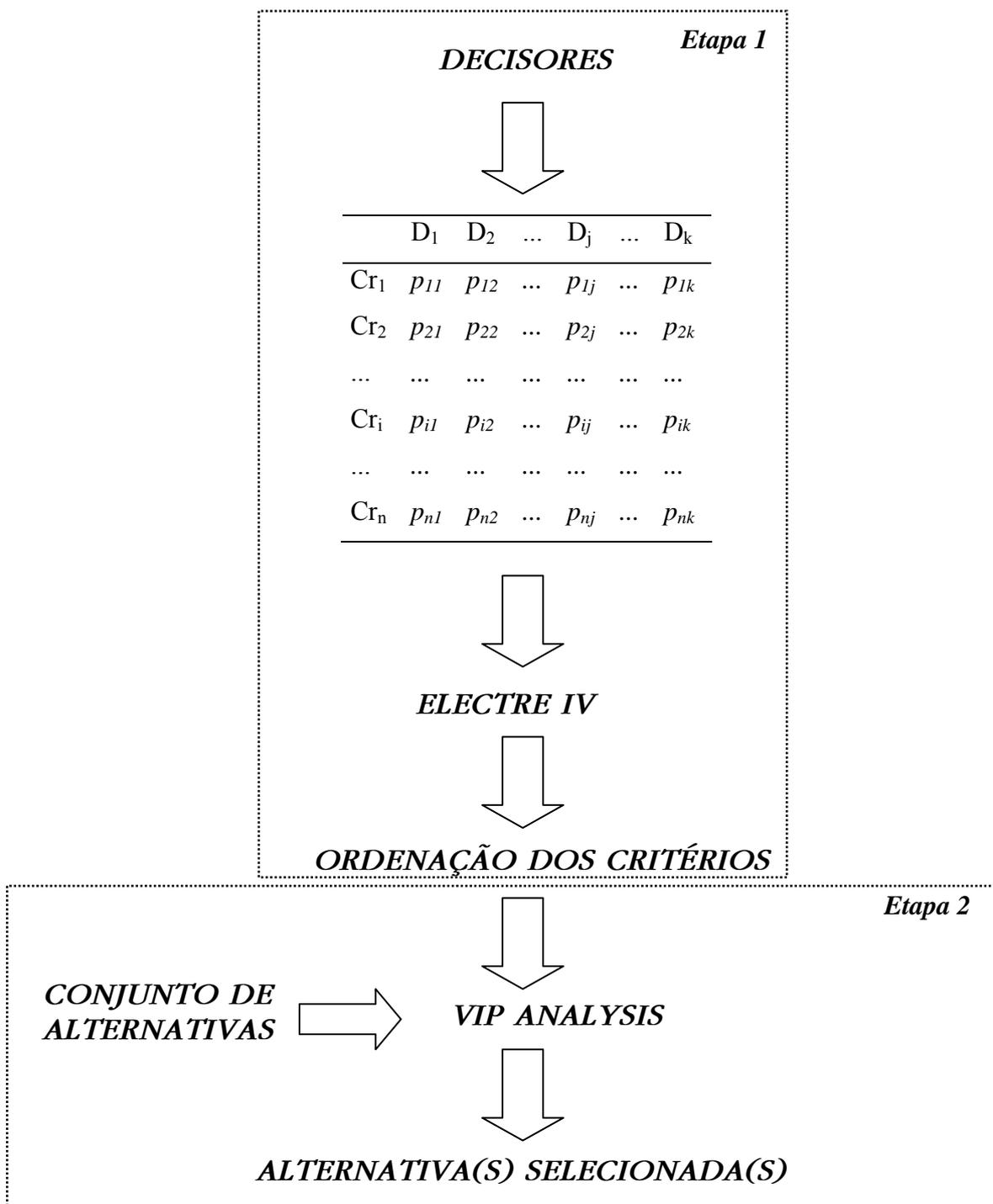


Figura 7.1. Modelo multicritério de decisão em grupo com agregação da ponderação dos decisores sobre os critérios

7.2. Simulação Numérica

A título de ilustração, o modelo multicritério de decisão em grupo proposto nesse capítulo é utilizado em conjunto com a sistemática proposta de seleção de fornecedores a fim de selecionar os projetistas, construtora e subcontratadas para um dado empreendimento do setor privado. As etapas correspondem àquelas definidas para a sistemática.

- Modelo multicritério de Decisão em Grupo III – Etapa 1

Nessa primeira etapa, conforme descrito anteriormente, os decisores são considerados como critérios e os critérios como alternativas, conforme apresentado nas tabelas 7.2 e 7.3 abaixo:

Tabela 7.2. Descrição de critérios

Código	Crítérios
Cr ₁	representante do setor de engenharia (engenheiro técnico e de manutenção);
Cr ₂	representante do setor de engenharia (engenheiro de qualidade);
Cr ₃	representante do setor de engenharia (engenheiro de segurança e meio ambiente);
Cr ₄	representante do setor de aquisição (área de orçamentos)
Cr ₅	representante do setor de aquisição (área de contratos)

Tabela 7.3. Descrição de alternativas

Código	Alternativas
A ₁	Custo
A ₂	Cultura
A ₃	<i>Design</i>
A ₄	Qualidade
A ₅	Prazo
A ₆	Experiência

Dando seqüência ao descrito no item 4.2, cada decisor estabelece os pesos dos critérios. A tabela 7.4, a seguir, apresenta a matriz de avaliação das alternativas em relação aos critérios, composta pelos pesos atribuídos por cada decisor.

Tabela 7.4. Matriz de avaliação

	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	Cr ₄	Cr ₅
A ₁	0,158	0,100	0,455	0,286	0,158
A ₂	0,053	0,150	0,000	0,071	0,053
A ₃	0,211	0,300	0,000	0,071	0,211
A ₄	0,211	0,100	0,091	0,143	0,211
A ₅	0,158	0,050	0,364	0,286	0,158
A ₆	0,211	0,300	0,091	0,143	0,211

Para a aplicação do ELECTRE IV, é necessária a determinação dos limiares de indiferença (q) e preferência (p) para cada critério, conforme apresentado na tabela 7.5. Cada decisor define esses parâmetros com a ajuda do analista. Para todos os critérios (decisores), o limiar de indiferença é igual zero, ou seja, as alternativas só são indiferentes se suas avaliações são iguais. A estrita preferência de uma alternativa em relação à outra é dada se a diferença entre as suas avaliações é maior do que o limiar de preferência definido. Entre esses dois limiares, é dada uma preferência fraca de uma alternativa sobre a outra.

Tabela 7.5. Limiares de indiferença e preferência

Critérios	q	p
Cr ₁	0	0,167
Cr ₂	0	0,053
Cr ₃	0	0,05
Cr ₄	0	0,182
Cr ₅	0	0,143

Aplicando-se o ELECTRE IV, a seguinte ordenação é obtida:

Tabela 7.6. Ordenação das alternativas

Ordenação	Alternativa
1°	A ₆
2°	A ₃
3°	A ₁ , A ₅
4°	A ₄
5°	A ₂

Dessa forma, de acordo com as preferências dos decisores, os critérios considerados para a segunda etapa do modelo multicritério no processo de pré-seleção obtiveram a seguinte ordenação: experiência>design>custo=prazo>qualidade>cultura.

7.2.1. Seleção de projetistas

As etapas de reunião de esclarecimento e filtro ocorrem da mesma forma descrita nas aplicações anteriores. A seguir é apresentada a etapa de seleção.

- Seleção

O mesmo procedimento das aplicações anteriores é realizado para obter as avaliações das alternativas. A matriz de avaliação das alternativas em relação aos critérios é apresentada na tabela 7.7.

Dessa forma, uma matriz de decisão $D = [d_{ij}]$ é definida, onde o elemento d_{ij} ($i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, p$) representa a avaliação da performance da alternativa a_i de acordo com o critério c_j .

Tabela 7.7. Matriz de avaliação das alternativas (projetistas)

	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	Cr ₄	Cr ₅	Cr ₆
Empresa 1	0,10	5	4	4	0,100	8
Empresa 2	0,15	2	2	4	0,050	20
Empresa 3	0,05	3	3	3	0,100	22
Empresa 4	0,15	1	2	3	-0,050	15
Empresa 5	0,03	1	1	4	0,150	6
Empresa 6	-0,03	4	4	3	0,200	10
Empresa 7	0,05	3	5	3	0,100	5

Assumindo que todos os valores d_{ij} devem ser de zero a um, de forma que cada critério tenha a mesma variação de medida, os elementos da matriz $D = [d_{ij}]$ são transformados em um elemento da matriz $G = [g_{ij}]$, usando:

$$g_{ij} = \frac{d_{ij} - d_j^{\min}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}}, \text{ para os critérios a serem maximizados, e} \quad (7.1)$$

$$g_{ij} = \frac{d_j^{\max} - d_{ij}}{d_j^{\max} - d_j^{\min}}, \text{ para os critérios a serem minimizados,} \quad (7.2)$$

onde d_j^{\max} e d_j^{\min} são os valores máximos e mínimos, respectivamente, obtidos no conjunto de alternativas para o critério c_j .

A matriz de avaliação normalizada pode ser vista conforme a tabela 7.8.

Tabela 7.8. Matriz de avaliação normalizada (projetistas)

	Cr ₁	Cr ₂	Cr ₃	Cr ₄	Cr ₅	Cr ₆
Empresa 1	0,278	1,000	0,750	1	0,400	0,176
Empresa 2	0,000	0,250	0,250	1	0,600	0,882
Empresa 3	0,556	0,500	0,500	0	0,400	1,000
Empresa 4	0,000	0,000	0,250	0	1,000	0,588
Empresa 5	0,667	0,000	0,000	1	0,200	0,059
Empresa 6	1,000	0,750	0,750	0	0,000	0,294
Empresa 7	0,556	0,500	1,000	0	0,400	0,000

Uma vez que a matriz de avaliação das alternativas e a restrição de ordem dos pesos dos critérios são determinadas, inicia-se a segunda etapa do modelo multicritério de decisão em grupo, no intuito de selecionar a empresa de projetistas.

Para o emprego do *VIP Analysis*, é necessário ainda que se determinem os limites máximos e mínimos de variação para o peso de cada critério. Os decisores, de forma interativa com o analista, estabelecem $0,1$ como o limite mínimo para cada peso e 1 como o limite máximo. Logo, o maior peso que um critério pode alcançar é de $0,5$, considerando que os demais permanecem no valor mínimo, ou seja, $0,1$.

Mediante a aplicação do *VIP Analysis*, constata-se que as alternativas 1, 2 e 3 são as únicas não-dominadas, sendo estas as empresas pré-selecionadas. Conforme pode se verificar na tabela 7.2, a alternativa 3 é a que apresenta um valor mínimo global superior às demais e possui um arrependimento máximo inferior a todas as alternativas. A alternativa 6 não é dominada absolutamente, significando que, para alguma combinação de pesos ela pode ser melhor do que as alternativas 1, 2 e/ou 3.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
a1		0.431	0.601	0.265	
a2		0.449	0.651	0.121	
a3		0.492	0.696	0.108	
a4		0.296	0.429	0.294	YES (Abs)
a5		0.204	0.347	0.479	YES (Abs)
a6		0.397	0.552	0.299	YES
a7		0.246	0.453	0.45	YES (Abs)

Figura 7.2. Resumo dos resultados do *VIP Analysis* - projetistas

A figura 7.3. ilustra uma ordenação das alternativas segundo o mínimo valor global. Verifica-se que a alternativa 3 é a que apresenta o maior valor mínimo global, assim como que as alternativas 4, 5 e 7 apresentam um valor máximo global inferior ao mínimo da alternativa 3, sendo, portanto, consideradas absolutamente dominadas.

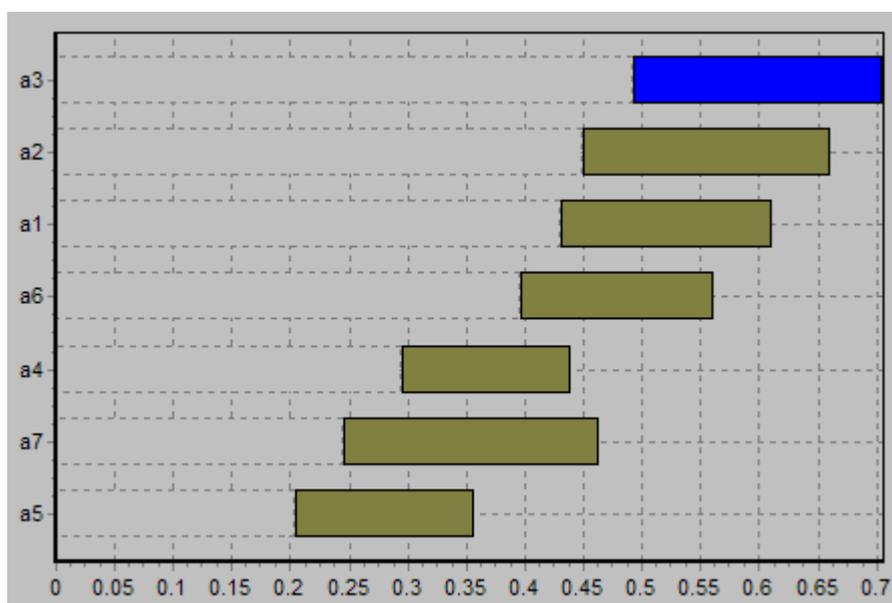


Figura 7.3. Amplitude de valor global das alternativas - projetistas

A tabela de comparação par a par entre as alternativas é apresentada na figura 7.4. As células dessa matriz constam da diferença de valor entre os pares de alternativas. As linhas representam a vantagem de uma alternativa em relação à outra, enquanto as colunas representam a desvantagem de uma em relação à outra. Dessa forma, percebe-se que a empresa 3 é a que oferece a maior vantagem em relação às outras empresas, além de possuir o menor arrependimento, caso se escolha uma alternativa errada.

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
a1		0.104	0.108	0.294	0.341	0.135	0.191
a2	0.22		0.025	0.232	0.435	0.254	0.405
a3	0.265	0.121		0.277	0.479	0.299	0.45
a4	-0.012	-0.1	-0.12		0.203	0.022	0.173
a5	-0.215	-0.16	-0.145	0.016		-0.096	-0.029
a6	0.031	0.103	-0.018	0.256	0.284		0.151
a7	-0.068	0.004	-0.083	0.158	0.241	0.014	
Max Regret:	0.265	0.121	0.108	0.294	0.479	0.299	0.45

Figura 7.4. Matriz de confrontação - projetistas

Para a seleção final dessas empresas, entrevistas são realizadas, no intuito de esclarecer algumas questões e de explicá-las como se dará a seleção final.

As empresas recebem as especificações para a elaboração dos projetos, devendo apresentar os anteprojetos para os representantes dos clientes. A empresa que melhor atender às expectativas dos representantes de engenharia durante a apresentação do anteprojeto, abrangendo na sua apresentação todos os aspectos requisitados, é a selecionada.

Conforme descrito anteriormente no capítulo 2, não é necessária a realização de uma análise de sensibilidade *a posteriori*, uma vez que todas as combinações de pesos consideradas aceitáveis pelos decisores são investigadas, possibilitando que uma conclusão mais robusta seja obtida.

7.2.2. Seleção de construtora

As etapas da simulação numérica para seleção da construtora são apresentadas a seguir.

- *Reunião de Esclarecimento*

É semelhante às apresentadas nas aplicações anteriores. No entanto, além dos objetivos do empreendimento, também são apresentados aos licitantes a equipe de projetistas selecionados, sendo informado todo o processo de seleção.

- *Filtro*

A diferença dessa etapa em relação às apresentadas nas aplicações anteriores é que todos os critérios qualificadores descritos no item 4.2 são considerados na avaliação das empresas. Dez empresas são consideradas na etapa seguinte.

- *Pré-qualificação*

Esse estágio é semelhante ao utilizado na seleção de projetistas. No entanto, algumas alterações nas questões devem ser realizadas, no intuito de direcioná-las para as empresas construtoras.

A matriz de avaliação das alternativas é apresentada na tabela 7.8.

Tabela 7.9. Matriz de avaliação normalizada - construtoras

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
Empresa 1	1,000	0,250	0,250	1,000	0,500	1,000
Empresa 2	0,412	0,250	0,250	0,000	0,000	0,500
Empresa 3	0,294	0,500	0,500	0,500	0,333	0,750
Empresa 4	0,294	0,000	0,000	0,500	0,167	0,250
Empresa 5	0,706	0,250	0,250	1,000	1,000	0,500
Empresa 6	0,588	0,500	0,500	0,500	1,000	1,000
Empresa 7	0,000	0,000	0,250	0,500	0,000	0,250
Empresa 8	0,294	0,500	1,000	0,500	0,167	0,250
Empresa 9	1,000	1,000	0,750	1,000	0,500	0,250
Empresa 10	0,588	0,750	0,750	0,000	0,500	0,000

Assim como na seleção dos projetistas, a segunda etapa do modelo multicritério de decisão em grupo é realizada.

Uma vez que a matriz de avaliação das alternativas e a restrição de ordem dos pesos dos critérios estão disponíveis, a segunda etapa do modelo multicritério de decisão em grupo, no intuito de pré-selecionar um conjunto de empresas construtoras, pode ser iniciada.

Para o emprego do *VIP Analysis*, os limites máximos e mínimos de variação para o peso de cada critério são estipulados. Os decisores, de forma interativa com o analista, estabelecem $0,1$ como o limite mínimo para cada peso e 1 como o limite máximo. Dessa forma, o maior peso que um critério pode alcançar é de $0,5$, considerando que os demais permanecem no valor mínimo, ou seja, $0,1$.

O programa *VIP Analysis* (DIAS; CLÍMACO, 2000) é utilizado nesse trabalho. Mediante sua aplicação, as empresas 1, 6 e 9 são as pré-selecionadas. Conforme pode ser verificado no resumo do resultado obtido pela aplicação do método, todas as outras alternativas são dominadas absolutamente.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
a1		0.633	0.8	0.109	
a2		0.234	0.341	0.515	YES (Abs)
a3		0.475	0.588	0.27	YES (Abs)
a4		0.171	0.221	0.588	YES (Abs)
a5		0.521	0.647	0.238	YES (Abs)
a6		0.681	0.809	0.069	
a7		0.15	0.2	0.609	YES (Abs)
a8		0.371	0.521	0.438	YES (Abs)
a9		0.55	0.75	0.259	
a10		0.259	0.443	0.55	YES (Abs)

Figura 7.5. Resumo dos resultados do *VIP Analysis* – construtoras

A figura 7.6. ilustra uma ordenação das alternativas segundo o mínimo valor global. Verifica-se que a alternativa 6 é a que apresenta o maior valor mínimo global, assim como as alternativas 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 10 apresentam um valor máximo global inferior ao mínimo da alternativa 6, sendo, portanto, consideradas absolutamente dominadas.

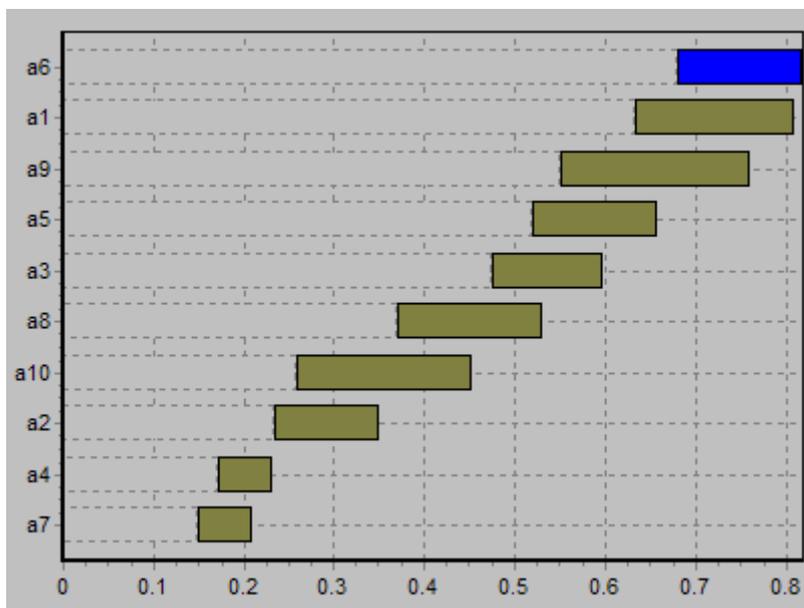


Figura 7.6. Amplitude de valor global das alternativas - construtoras

A matriz de confrontação, apresentada na figura 7.7, indica a máxima vantagem (diferença de valor) de uma alternativa sobre outra. É obtida pela diferença dos valores máximos entre duas alternativas. Dessa forma, percebe-se que a empresa 6 é a que oferece a maior vantagem em relação às outras empresas, além de possuir o menor arrependimento.

	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
a1		0.466	0.222	0.579	0.229	0.013	0.6	0.429	0.25	0.541
a2	-0.359		-0.197	0.12	-0.229	-0.391	0.141	-0.03	-0.209	0.082
a3	-0.112	0.258		0.367	0.017	-0.171	0.388	0.217	0.038	0.329
a4	-0.457	-0.016	-0.26		-0.349	-0.478	0.042	-0.15	-0.329	-0.038
a5	-0.029	0.413	0.169	0.429		-0.049	0.467	0.2	0.021	0.312
a6	0.109	0.501	0.243	0.588	0.238		0.609	0.438	0.259	0.55
a7	-0.45	-0.054	-0.298	0.029	-0.321	-0.509		-0.171	-0.35	-0.059
a8	-0.129	0.23	-0.017	0.35	0	-0.188	0.321		-0.129	0.112
a9	0.083	0.515	0.27	0.548	0.152	0.069	0.583	0.298		0.324
a10	-0.208	0.196	-0.033	0.25	-0.112	-0.25	0.293	0	-0.225	
Max Regret	0.109	0.515	0.27	0.588	0.238	0.069	0.609	0.438	0.259	0.55

Figura 7.7. Matriz de confrontação - construtoras

As empresas pré-selecionadas indicam clientes passados para quem trabalharam como avaliadores. Desses, três são escolhidos por cada empresa, encaminhando-lhes um questionário para avaliação.

- Submissão de propostas

As construtoras pré-selecionadas participam de uma entrevista, em que são mencionados alguns aspectos relacionados aos questionários e à avaliação realizada pelos clientes passados. Ainda durante a entrevista, os licitantes são instruídos sobre as demais etapas do processo, sendo-lhes entregues os projetos do empreendimento assim como uma planilha de quantidades (anexo 2), com a lista dos materiais e atividades a serem realizadas, para serem orçadas. Também são fornecidos os limites máximos de custo e prazo para o dado empreendimento.

Cabe-lhes preparar uma proposta baseada no custo das quantidades solicitadas, no prazo estimado para o empreendimento e na qualidade dos materiais e atividades especificados no edital entregue.

Após uma semana, as propostas são entregues e avaliadas. Essa avaliação limita-se ao atendimento das questões solicitadas. Considerando que todas construtoras foram aprovadas nessa fase, passa-se para a etapa seguinte, de engenharia simultânea.

- Fase de Engenharia Simultânea

Nessa fase, cada uma das construtoras trabalha separadamente com a empresa de projetos selecionada. O resultado é conjunto de projetos para cada construtora.

- Seleção Final

Baseado no novo conjunto de projetos, cada construtora faz uma revisão das propostas submetidas.

A seleção final é feita com base no custo, no prazo e na qualidade. Os princípios de coerência e independência são atendidos pelos critérios definidos a seguir. São eles:

- Custo:
 - Cr_1 - Redução de orçamento: refere-se à redução do custo orçado na primeira proposta para o da proposta revisada, em porcentagem.

- Prazo:
 - Cr₂ - Redução da duração do projeto: refere-se à redução do prazo planejado na primeira proposta para o da proposta revisada, em porcentagem.
- Qualidade:
 - Cr₃ - Tempo de Garantia: equivale à duração da garantia, em anos, do trabalho desempenhado.
 - Cr₄ - Satisfação dos clientes com a empresa: refere-se à avaliação de cada empresa por antigos clientes. Cada empresa foi avaliada por 3 (três) clientes que já trabalharam anteriormente com a empresa.
 - Cr₅ - Procedimentos de planejamento, gerenciamento e execução: refere-se à conformidade com as especificações e à abrangência dos procedimentos operacionais (controle de documentação, de projetos, compras, recebimento, estoque e armazenagem, treinamento etc.) e dos procedimentos de execução de serviços das empresas;

Os três primeiros critérios são quantitativos e permitem uma mensuração objetiva. Em relação ao quarto critério, suas avaliações são obtidas pela análise dos questionários respondidos pelos clientes passados: os níveis de preferência são convertidos para uma escala numérica e uma média ponderada das respostas é realizada para cada cliente. Posteriormente é realizada uma média ponderada entre os três clientes e é dada a avaliação final da empresa. O quinto critério, por sua vez, não possui uma mensuração objetiva e para evitar problemas de uma análise subjetiva, adota-se uma escala verbal, que foi convertida em numérica, utilizada para facilitar a avaliação de aspectos subjetivos. Os valores atribuídos a cada conceito verbal constam na tabela 7.10, mostrada a seguir:

Tabela 7.10. Escala para julgamento de importância

Níveis de Preferência	Escala Numérica
Muito Boa	5
Boa	4
Regular	3
Baixa	2
Muito Baixa	1

A partir da avaliação dos critérios, a seguinte matriz de avaliação é elaborada.

Tabela 7.11. Matriz de avaliação das alternativas (construtoras – seleção final)

Critérios	Custo	Prazo	Qualidade		
			Alternativas	Cr_1	Cr_2	$Cr_3$	$Cr_4$	$Cr_5$
Empresa 1	8	8	8	2.97	5
Empresa 6	10	0	5	3.78	3
Empresa 9	5	10	8	3.28	4

Após definição e avaliação dos critérios, o próximo passo é o estabelecimento da importância relativa entre eles. Cada decisor atribui diretamente seus pesos aos critérios, em uma escala de razão.

A etapa I do modelo em grupo é novamente aplicada. Conforme descrito anteriormente, os decisores são considerados como critérios (tabela 7.2) e os critérios como alternativas, como apresentado na tabela 7.11 abaixo:

Tabela 7.12. Descrição das alternativas

Código	Alternativas
A ₁	Redução de Orçamento
A ₂	Redução da Duração
A ₃	Tempo de Garantia
A ₄	Avaliação de clientes passados
A ₅	Procedimentos de planejamento, gerenciamento e execução

A tabela 7.12, a seguir, apresenta a matriz de avaliação das alternativas em relação aos critérios, composta pelos pesos normalizados atribuídos por cada decisor.

Tabela 7.13. Matriz de avaliação (etapa I)

	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5
A ₁	0,25	0,21	0,18	0,27	0,27
A ₂	0,25	0,21	0,18	0,20	0,27
A ₃	0,19	0,29	0,18	0,27	0,20
A ₄	0,06	0,07	0,09	0,07	0,07
A ₅	0,25	0,21	0,36	0,20	0,20

Os decisores determinaram que qualquer diferença entre as avaliações implicaria uma preferência estrita, adotando-se todos os limiares necessários para a aplicação do ELECTRE IV iguais a zero.

Mediante a aplicação do ELECTRE IV, a seguinte pré-ordem é obtida:

Tabela 7.14. Ordenação das alternativas (construtoras)

Ordenação	Alternativa
1º	A ₁
2º	A ₃ , A ₅
3º	A ₂
4º	A ₄

Dessa forma, de acordo com as preferências dos decisores, os critérios a serem considerados para a segunda etapa do modelo multicritério no processo de pré-seleção possuem a seguinte ordenação: $Cr_1 > Cr_3 = Cr_5 > Cr_2 > Cr_4$.

Uma vez que a matriz de avaliação das alternativas e a restrição de ordem dos pesos dos critérios estão determinadas, dá-se início à segunda etapa do modelo multicritério de decisão em grupo, no intuito de selecionar a empresa construtora. A matriz de avaliação normalizada pode ser vista conforme a tabela 7.14 abaixo.

Tabela 7.15. Matriz de avaliação normalizada (construtoras – seleção final)

Critérios	Custo		Prazo			Qualidade	
	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5		
Alternativas							
Empresa 1	0,6	0,8	1,0	0,0	1,0		
Empresa 6	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0		
Empresa 9	0,0	1,0	1,0	0,4	0,5		

Em relação aos limites máximos e mínimos de variação para o peso de cada critério, os decisores em conjunto com o analista, optaram por atribuir 0,1 como o limite mínimo para os pesos dos critérios relacionados à qualidade, 0,2 como o limite mínimo para os pesos dos critérios custo e prazo e 1 como o limite máximo de todos os critérios. Dessa forma, o maior peso que o critério custo ou prazo pode alcançar é de 0,5, considerando que os demais permanecem no valor mínimo estipulado. Já os critérios relacionados à qualidade podem

alcançar um valor máximo de 0,4, considerando que os demais permaneceram no valor mínimo estipulado.

Mediante a aplicação do *VIP Analysis*, a empresa 1 é a selecionada, uma vez que, além de apresentar um valor mínimo global superior às demais, possui um arrependimento máximo inferior a todas as alternativas. Conforme pode ser verificado na figura 7.8, ela é a única alternativa não dominada.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Empresa_1		0.68	0.767	-0.1	
Empresa_6		0.325	0.4	0.44	YES (Abs)
Empresa_9		0.54	0.602	0.2	YES (Abs)

Figura 7.8. Resumo dos resultados do *VIP Analysis* – construtoras – seleção final

A figura 7.9 ilustra uma ordenação das alternativas segundo o mínimo valor global, Verifica-se que a alternativa 1 é a que apresenta o maior valor mínimo global.

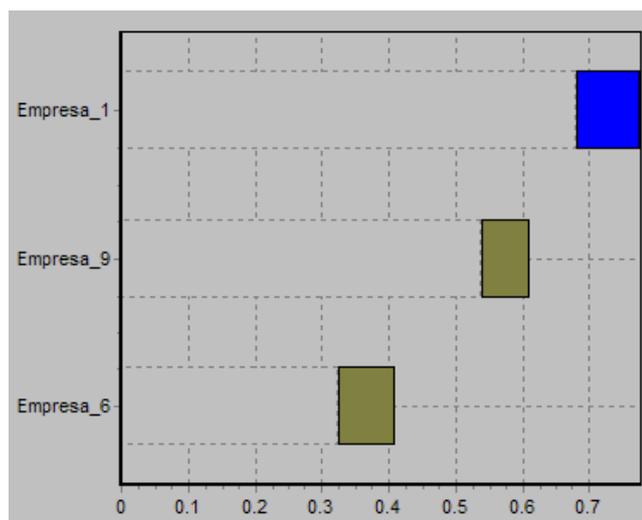


Figura 7.9. Amplitude de valor global das alternativas – construtoras – seleção final

A matriz de confrontação, apresentada na figura 7.10, indica a máxima vantagem (diferença de valor) de uma alternativa sobre outra. É obtida pela diferença dos valores máximos entre duas alternativas. Dessa forma, percebe-se que a empresa 1 é a que oferece a maior vantagem em relação às outras empresas.

	Empresa_1	Empresa_6	Empresa_9
Empresa_1		0.44	0.2
Empresa_6	-0.28		-0.14
Empresa_9	-0.1	0.278	
Max Regret:	-0.1	0.44	0.2

Figura 7.10. Matriz de confrontação - construtoras - seleção final

7.2.3. Seleção de subcontratadas

Uma vez que a empresa projetista e a construtora foram escolhidas, inicia-se o processo de seleção das empresas a serem subcontratadas.

- Identificação das atividades

Nessa fase, a construtora selecionada identifica todas as atividades que devem ser subcontratadas para esse empreendimento. Uma vez que as atividades são identificadas, elas devem ser comunicadas à empresa projetista e aos representantes do cliente.

Em seguida, nomes de empresas candidatas são sugeridos tanto pela construtora quanto pela empresa projetista e pelos representantes dos clientes. No fim desse estágio, todas as atividades possuem uma lista com os nomes das empresas candidatas.

Nesse trabalho, a seleção será realizada para apenas uma atividade.

- Determinação dos critérios de avaliação

Nessa etapa, os critérios qualificadores e os ganhadores de pedido são identificados. O critério de responsabilidade, conforme descrito no item 4.2, é o escolhido como qualificador e os cinco definidos anteriormente como os ganhadores de pedido. No entanto, o critério tempo, nesse contexto, está relacionado à capacidade da empresa empreender a atividade dentro do planejamento da construtora, em função de outras atividades em empreendimentos diferentes que esteja a desenvolver no momento. Os seguintes níveis de preferência são adotados para esse critério e convertidos de uma escala verbal para numérica, de forma a facilitar a avaliação de aspectos subjetivos, mostrados na tabela 7.16.

Tabela 7.16. Escala para julgamento de importância

Níveis de Preferência	Escala Numérica
Muito Boa	5
Boa	4
Regular	3
Baixa	2
Muito Baixa	1

- Reunião de Esclarecimento

Todas as empresas identificadas na etapa anterior são convidadas a participar dessa reunião, já com as informações relativas ao tipo de empreendimento, ao tipo de atividade,

localização, prazo estimado e outros dados básicos contidos no edital. Os interessados devem estar munidos de toda a documentação da empresa requisitada para participar desse processo de seleção.

Essa reunião também tem o objetivo de introduzir a essas empresas os objetivos do empreendimento, assim como a equipe já selecionada, além de informar todo o processo pelo qual será dada a seleção.

- Filtro

Essa etapa é realizada da mesma forma que nas aplicações anteriores. Considera-se que quatro empresas passaram para o próximo estágio de seleção.

- Seleção

A mesma forma de avaliação utilizada para as construtoras é utilizada para as subcontratadas. No entanto, como a construtora é a que assume a responsabilidade pelo trabalho subcontratado, ela deve ser a responsável pela escolha das empresas, levando sempre em consideração os objetivos do cliente.

Uma vez que a empresa construtora é representada por apenas dois decisores, considera-se que, nesse caso, eles são capazes de fornecer uma ordenação para os critérios, seja ela: $Cr_4 > Cr_1 > Cr_5 > Cr_6 > Cr_3 = Cr_2$.

Com base na informação coletada, a matriz de avaliação apresentada na tabela 7.17 é formada.

Tabela 7.17. Matriz de avaliação normalizada (subcontratadas)

	Cr_1	Cr_2	Cr_3	Cr_4	Cr_5	Cr_6
Empresa 1	1,00	1,00	0,50	0,67	0,00	0,00
Empresa 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,70
Empresa 3	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30
Empresa 4	0,30	0,50	0,00	0,67	1,00	1,00

Os decisores, em conjunto com o analista, atribuem os mesmos limites estabelecidos anteriormente.

Mediante a aplicação do VIP Analysis, a empresa 3 é a selecionada, uma vez que, além de apresentar um valor mínimo global superior às demais, possui um arrependimento máximo inferior a todas as alternativas. Conforme pode ser verificado na figura 7.11, ela é a única

alternativa não dominada. A alternativa 4 não foi dominada absolutamente, significando que, para alguma combinação de pesos, ela pode ser melhor do que a alternativa 3.

Alternative	Value	Min Value	Max Value	Max Regret	Dominated?
Empresa 1		0.45	0.717	0.323	YES (Abs)
Empresa 2		0.17	0.37	0.61	YES (Abs)
Empresa_3		0.767	0.9	-0.063	
Empresa 4		0.5	0.78	0.28	YES

Figura 7.11. Resumo dos resultados do VIP Analysis – subcontratadas

A figura 7.12 ilustra a ordenação das alternativas segundo o mínimo valor global, Verifica-se que a alternativa 3 é a que apresenta o maior valor mínimo global, assim como as alternativas 1 e 2 apresentam um valor máximo global inferior ao mínimo da alternativa 3, sendo, portanto, consideradas absolutamente dominadas.

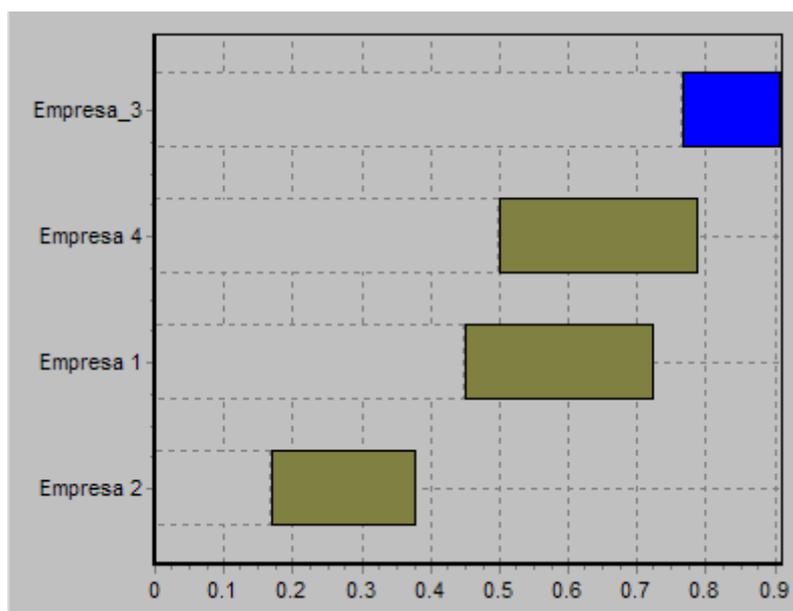


Figura 7.12. Amplitude de valor global das alternativas - subcontratadas

A tabela de comparação par a par entre as alternativas é apresentada na figura 7.13. As células dessa matriz constam da diferença de valor entre os pares de alternativas. As linhas representam a vantagem de uma alternativa em relação à outra, enquanto as colunas representam a desvantagem de uma em relação à outra. Dessa forma, percebe-se que a empresa 3 é a que oferece a maior vantagem em relação às outras empresas, além de possuir o menor arrependimento, caso se escolha uma alternativa errada.

	Empresa 1	Empresa 2	Empresa_3	Empresa 4
Empresa 1		0.547	-0.063	0.217
Empresa 2	-0.12		-0.437	-0.33
Empresa_3	0.323	0.61		0.28
Empresa 4	0.236	0.41	-0.08	
Max Regret:	0.323	0.61	-0.063	0.28

Figura 7.13. Matriz de confrontação - subcontratadas

No caso de haver mais de uma empresa selecionada nessa fase, o mesmo procedimento realizado para a seleção das construtoras seria utilizado, ou seja, seguiria para as fases de seleção de propostas de custo e qualidade, engenharia simultânea, revisão das propostas e seleção final baseada no custo e na qualidade.

Uma vez que só a empresa 3 é a selecionada, ela recebe o projeto que lhe diz respeito, analisa e o discute em conjunto com a construtora e o projetista. Após isso, sua proposta é submetida para a construtora e o contrato assinado.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Nesse capítulo apresentam-se as principais conclusões resultantes do estudo desenvolvido assim como algumas sugestões para a realização de futuros trabalhos.

8.1. Conclusões

Haja vista a complexidade do gerenciamento de projetos, que vem aumentando ao longo dos anos, uma ênfase crescente vem sendo dada ao desenvolvimento de novas formas de seleção de fornecedores, no intuito de minimizar conflitos entre os diferentes atores envolvidos, obter melhores relacionamentos entre eles e atender aos objetivos do projeto, geralmente centrados na entrega do produto final ao menor custo possível, com qualidade, respeitando o prazo e o escopo definidos, de forma a obter a satisfação do cliente.

Nesse sentido, o trabalho apresenta uma proposta de modelo multicritério de decisão em grupo para a seleção de fornecedores em projetos, estando subdividido em duas partes:

- ✓ Sistemática para seleção de fornecedores.
- ✓ Modelos de decisão em grupo com a utilização da abordagem multicritério.

O principal diferencial desse modelo está em considerar a seleção integrada dos fornecedores, de forma que todos sejam co-responsáveis e co-beneficiados pelos resultados obtidos e na apresentação de uma forma estruturada de tratar as preferências de um grupo de decisores, considerando o apoio multicritério à decisão.

É importante deixar claro que apesar da modelagem ter focado a construção civil, ela pode ser adotada em outros contextos de projeto.

A seguir apresenta-se algumas considerações gerais em relação à sistemática proposta e aos modelos de decisão em grupo.

8.1.1. Sistemática proposta para seleção de fornecedores

Engloba a seleção integrada dos fornecedores do empreendimento, ou seja, projetistas, construtoras e empresas subcontratadas, permitindo que resultados positivos em relação à eficiência dos métodos construtivos, produtividade, qualidade, custo e prazo sejam obtidos.

A relação entre cliente, projetistas, construtora e subcontratados representa um elo crucial para a melhoria da qualidade, do desempenho e da competitividade das empresas.

Algumas vantagens podem ser citadas no âmbito de cada integrante da equipe do projeto, relativas à adoção do modelo:

- ✓ para os projetistas, uma expectativa de desenvolvimento de novos projetos com a empresa construtora, na medida em que estes projetos seriam de melhor qualidade frente às necessidades da empresa;
- ✓ em relação à construtora, importantes melhorias na produtividade e na qualidade do produto, uma vez que é possível ter projetos mais adequados às características de seu sistema de produção, tornando-a mais competitiva frente às demais;
- ✓ quanto ao subcontratado, a perspectiva de realização de novos empreendimentos com a empresa construtora; no caso da realização de uma atividade vinculada diretamente a um projeto, pode também significar importantes ganhos em termos de produtividade e qualidade, uma vez que o projeto está adequado às características de seu sistema de produção, resultando em um aumento de eficiência e eficácia dos seus processos produtivos;
- ✓ em relação ao cliente, uma maior garantia de atendimento às suas necessidades, a um custo e prazo reduzidos, além da qualidade assegurada.

Algumas observações podem ser feitas baseadas nesse modelo:

- ✓ No âmbito do cliente, é mais importante envolver no processo de seleção pessoas que participarão do projeto do que envolver diretores ou departamentos de recursos humanos, responsáveis pelo recrutamento de empresas. O resultado do projeto dependerá basicamente dos relacionamentos entre as pessoas que estão diretamente empreendendo o projeto.
- ✓ Os projetistas devem aceitar e apreciar as sugestões de melhorias no projeto que as empresas construtoras e subcontratadas podem oferecer.
- ✓ Igualmente, as construtoras e subcontratadas (quando for o caso) devem se sentir capazes de oferecer contribuições importantes ao projeto. Para isso, é necessário que essas empresas detenham um mínimo domínio técnico e controle sobre seus processos.
- ✓ É essencial que os objetivos do cliente sejam rigorosamente analisados e comunicados a todas as partes envolvidas no projeto.

Essas considerações são fundamentais para a eficiência do processo de seleção e consequentemente para o sucesso do empreendimento.

8.1.2. Modelos de decisão em grupo

Em geral, decisões relacionadas à seleção de fornecedores para construção de empreendimentos de grande porte envolvem um grupo de pessoas, de diferentes departamentos da organização, para representar os interesses do cliente. Muitos artigos encontrados na literatura não tratam a questão da decisão em grupo e consideram como se uma única pessoa fosse a responsável por essa decisão, o que não corresponde a uma situação real.

Duas situações podem ser identificadas quando se trata desse tipo de decisão em grupo:

- ✓ situação de grande divergência entre as preferências dos decisores;
- ✓ situação de pequena divergência entre as preferências dos decisores.

As ocorrências dessas situações variam em função da composição do comitê avaliador ou dos representantes dos clientes e de empreendimento para empreendimento.

Para a primeira situação, propõe-se um modelo para decisão em grupo mediante o uso do método PROMETHEE VI, que permite a variação dos pesos dos critérios dentro de uma faixa pré-determinada. Tal método mostra-se bastante adequado, uma vez que, como não há grande divergência entre os decisores, não existe grande dificuldade entre eles para estipular as variações de cada peso dos critérios em torno de um valor central. Uma simulação numérica foi realizada a fim de ilustrar o funcionamento da sistemática proposta referente à etapa de seleção de projetistas. A realização de uma análise de sensibilidade *a posteriori* não é necessária, uma vez que todas as variações de pesos consideradas aceitáveis pelos decisores já são consideradas na própria estrutura do PROMETHEE VI, permitindo que uma conclusão mais robusta seja obtida.

Em relação à situação de grande divergência, dois modelos são desenvolvidos:

- ✓ Modelo multicritério de decisão em grupo agregando as avaliações dos decisores sobre as alternativas:
 - cada decisor faz sua própria avaliação das alternativas em relação aos critérios de decisão;
 - aplicação do PROMETHEE II e ordenação das alternativas para cada decisor;
 - agregação dos resultados de todos os decisores em uma única matriz de decisão (alternativas \times decisores), em que os decisores são considerados como critérios;

- verificação da existência ou não de distinção em relação ao grau de importância relativa entre os decisores:
 - havendo essa distinção, aplica-se novamente o PROMETHEE II, e as alternativas são ordenadas.
 - Uma simulação numérica foi realizada a fim de ilustrar o funcionamento da sistemática proposta referente à etapa de seleção de projetistas.
 - Para verificar a robustez do modelo realizou-se uma análise de sensibilidade em relação aos pesos dos decisores .
 - Não havendo essa distinção, o ELECTRE IV é aplicado e as alternativas são ordenadas.
 - Da mesma forma, uma simulação numérica foi realizada a fim de ilustrar o funcionamento da sistemática proposta referente à etapa de seleção de projetistas.
 - Uma vez que não houve estabelecimento de pesos para os decisores, a análise de sensibilidade não foi necessária.
- ✓ Modelo multicritério de decisão em grupo agregando a ponderação dos decisores sobre os critérios:
 - atribuição de pesos aos critérios por cada decisor;
 - agregação da ponderação dos decisores sobre os critérios em uma única matriz de decisão (critérios \times decisores);
 - aplicação do ELECTRE IV e uma única ordenação dos critérios estabelecida para todos os decisores;
 - aplicação do VIP *Analysis* e alternativa escolhida.
 - Uma simulação numérica foi realizada a fim de ilustrar o funcionamento da sistemática proposta em todas as suas etapas.
 - A realização de uma análise de sensibilidade *a posteriori* não é necessária, uma vez que todas as combinações de pesos consideradas aceitáveis pelos decisores foram investigadas, possibilitando que uma conclusão mais robusta seja obtida.

8.1.3. Comentários finais

O estudo desenvolvido está relacionado à seleção de fornecedores para um empreendimento do setor privado, envolvendo múltiplos decisores. Constatou-se que o processo empregado para a seleção dos fornecedores é um evento decisivo para o sucesso do empreendimento. Dentre os modelos encontrados na literatura, não foram encontrados os que tratassem a decisão em grupo e a seleção com todos os fornecedores integrados, de forma adequada.

A adoção desse modelo pode contribuir significativamente para o sucesso do empreendimento. No entanto, é necessário que se disponibilize considerável tempo e custo a serem gastos no processo de seleção, não sendo, portanto, adequado para todos os tipos de projetos. O modelo é particularmente adequado para empreendimentos grandes e complexos.

É importante ressaltar que embora este estudo esteja contextualizado para a construção civil, os modelos aqui propostos são aplicáveis a outros ambientes de projetos, realizando-se as devidas adaptações.

Dessa forma, o modelo desenvolvido aponta os fornecedores que apresentam maior compromisso com os objetivos do cliente, incorporando o trabalho integrado como possível veículo redutor de custos e atrasos, além de proporcionar métodos construtivos mais eficientes e conseqüentemente um gerenciamento do empreendimento eficiente e eficaz.

8.2. Sugestões para Futuros Trabalhos

Abaixo estão agrupadas algumas sugestões para elaboração de futuros trabalhos utilizando-se o modelo de decisão em grupo para seleção de fornecedores:

- ✓ Pode ser ajustado para projetos do setor público, propondo-se uma nova maneira de realizar a seleção dos fornecedores;
- ✓ Incorporar a identificação e análise do risco durante a construção do empreendimento como fator de avaliação do fornecedor na submissão de propostas, e após a etapa de engenharia simultânea fazer uma reavaliação dessa proposta e verificar qual a melhoria obtida.
- ✓ Incorporar o uso da tecnologia da informação, fazendo com que parte do processo se desenvolva via internet.
- ✓ Desenvolver indicadores de desempenho para comparar o desempenho obtido em projetos desse tipo com outros projetos semelhantes que não utilizem esse modelo.

- ✓ Pode-se avaliar o uso de outros métodos multicritério para os modelos de decisão em grupo.

BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

ABUDAYYEH, O. *et. al.* An intranet-based cost control system. **Advances in engineering software**. v. 32, n. 2, p. 87-94, 2001.

ACKOFF, R.L.; SASIENI, M.W. **Pesquisa operacional**. Trad. de José L. Moura; rev. de Antônio de Miranda Netto. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

AHMED, S.; AHMAD, R.; SARAM, D. Risk management trends in the Hong Kong construction industry: a comparison of contractors and owners perceptions. **Engineering, construction and architectural management**. v. 6, n. 3, p. 225–234, 1999.

AIBC - Architectural Institute of British Columbia. **How to find, select and engage an architect**. 1998. Disponível em: <http://www.aibc.ca/member_resources/hire_an_architect/selecting_hiring_architect.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2006.

ALARCÓN, L.F.; MOURGUES, C. Performance modeling for contractor selection. **Journal of management in engineering**. v. 18, n. 2, p. 52-60, 2002.

ALARCÓN, L. F.; ASHLEY, D. Project management decision making using cross-impact analysis. **International journal of project management**. v. 16, n. 3, p. 145–152, 1998.

_____. Modeling project performance for decision making. **Journal of construction engineering management**. v. 122, n. 3, p. 265–273, 1996.

AL-HAMMAD, A.; ASSAF, S.; AL-SHIHA, M. The effect of faulty design on building maintenance. **Journal of quality in maintenance engineering**. v. 3, n. 1, p. 29-39, 1997.

AL-HARBI, K. Application of the AHP in project management. **International journal of project management**. v. 19, n. 1, p. 19-27, 2001.

ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. **Gestão e produção**. São Paulo: Universidade de São Carlos, v. 9, n. 2, p. 201-214. 2002.

ALENCAR, L.H. **Avaliação e gestão de projeto na construção civil com apoio do método multicritério PROMETHEE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

AL-RESHAID, K.; KARTAM, N. Design-build pre-qualification and tendering approach for public projects. **International journal of project management**. v. 23, p. 309-320, 2005.

ANUMBA, C.J.; BAUGH, C.; KHALFAN, M.M. Organisational structures to support concurrent engineering in construction. **Industrial management & data systems**. v. 102, n. 5, p. 260-70, 2002.

ARCHIBALD, R.D. **Managing high-technology programs and projects**. New York: John Wiley, 1976.

ARDITI, D.; CHOTIBHONGS, R. Issues in subcontracting practice. **Journal of construction engineering and management**. v. 131, n. 8, p. 866-876, 2005.

ASSAF, S.; JANNADI, O.A.; AL-TAMIMI, A. Computerized system for application of value engineering methodology. **Journal of computing in civil engineering**. v. 14 n. 3, p. 206-214, 2000.

ASSAF, S.; JANNADI, O. M. A multi-criterion decision-making model for contractor prequalification selection. **Building research and information**. v. 22, n. 6, p. 332–335, 1994.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction: improving downstream performance. In: ALÁRCON, L (Ed). **Lean construction**. Rotterdam: A.A. Balkema. 1997. p. 111-125.

BANA e COSTA, C. Introdução Geral a Abordagens Multicritério de Apoio à Tomada de Decisão. **Investigação operacional**, v. 8, n. 1, p. 117-139, 1988.

BARBA-ROMERO, S.; POMEROL, J.C. **Decisiones multicritério**: fundamentos teóricos y utilización práctica. Madrid: Colección Economía, Universidad de Alcalá. 1997.

BARZILAI, J.; GOLANY, B. AHP rank reversal normalization and aggregation rules. **INFOR**. Ottawa, v.32, n. 2, 1994.

BELTON, V.; STEWART, J. **Multiple criteria decision analysis** – an integrated approach, kluwer Academic Publishers, London, 2002.

BENDER, W. B.; AYYUB, B. M. Risk-based cost control for construction. **AACE internacional transactions**. 2001.

BENOY, D. **The low bid heart surgeon**. 2000. Consulting Engineers Council of Minnesota. Disponível em: <http://www.cecm.org/low_bid_heart_surgeon.htm>. Acesso em: 19 mai. 2006.

BEYNON. M. J. The Role of the DS/AHP in identifying inter-group alliances and majority rule within group decision making. **Group decision and negotiation**. v. 15. n. 1, p. 21-42, 2006.

BIDGOLI. H. **Decision support systems** – principle and practice. West Publishing Company. 1989.

BRANS J.P.; MARESCHAL. B. The PROMETHEE VI procedure: how to differentiate hard from soft multicriteria problems. **Journal of decisions systems**. v. 4, n. 2, p.213-223, 1985.

BRANS. J. P. L'ingénierie de la décision. Elaboration d'instruments d'Aide à la décision. La méthode PROMETHEE. *In*: COLLOQUE D'AIDE À LA DÉCISION. Québec: Université LAVAL. 1982. p. 183-213.

BRANS. J. P.; VINCKE. P.H. A preference ranking organization method: the PROMETHEE method for MCDM. **Management science**. v. 31, p. 647-656, 1985.

BRANS. J.P. The space of freedom of the decision maker. Modelling the human brain. **European journal of operational research**. n. 92, p. 593-602, 1996.

BRANS. J.P.; MARESCHAL. B. **PROMÉTHÉE – GAIA**: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples. Bruxelles: Éditions de L'Université de Bruxelles, 2002.

BRANS. J.P.; MARESCHAL. B. PROMETHEE V: MCDM problems with segmentations constraints. **IFOR**. v. 30, n. 02, p. 85-96, 1992.

BRANS. J.P.; MARESCHAL. B.; VINCKE. Ph.. PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. **IFOR**. p. 477-490, 1984.

BRASIL. **Decreto - Lei nº 8666 de 21 de junho de 1993 e Leis nº 8883 de 8 de junho de 1994 e 9648 de 27 de maio de 1998**. Ministério da Administração e Reforma do Estado. Brasília, 1998.

BRESNEN, M.; MARSHALL, N. Partnering in construction: a critical review of issues, problems and dilemmas. **Construction Management & Economics**. v. 18, n. 2, p. 229 – 237, 2000.

BROWN. D.C. Condemned to repeat? **Construction manager**. p. 14-19, july/august. 2004.

_____. **A methodology for selecting the construction team**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Department of Civil and Environmental Engineering. Faculty of Engineering and Applied Science. Southampton. 2003.

BROWN. D. C.; RILEY. M. J. Hurst spit stabilisation: A partnering case study. **Proceedings...** Instn. of Civ. Engrs.. London. v. 126, n. 4, p. 163–170 . 1998.

BROWN. D. C. et. al. New project procurement process. **Journal of management in engineering**. v. 17, n. 4, p. 192-201, 2001.

BRITISH STANDARD INSTITUTE. **Guide to project management**. BS 6079. BSI. UK. 2000.

BYATT. I. **Delivering better services for citizens**. London. 2001.

CAMPELLO DE SOUZA, F. M. **Decisões racionais em situações de incerteza**. 2 ed Recife: Livro Rápido, 2005.

CAMPOS, V.R.; ALMEIDA, A.T. Modelo multicritério de decisão para localização de Nova Jaguaribara com VIP Analysis. **Pesquisa Operacional**. v.26, n.1, 2006.

CASAROTTO FILHO, N.; FÁVERO, J.S.; CASTRO, J.E. **Gerência de projetos/engenharia simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999.

CHAN, A.P.C. et. al. Exploring critical success factors for partnering in construction projects. **Journal of construction engineering and management**. v. 130, n. 2, p. 188-198, 2004.

CHENG, E. W. L.; LI, H.; LOVE, P.E. Establishment of critical success factors for construction partnering. **Journal of management in engineering**. v. 16, n. 2, p. 84-92, 2000.

CHESTER, M.; HENDRICKSON, C. Cost impacts, scheduling impacts, and the claims process during construction. **Journal of construction engineering and management**. v.131, n. 1, p. 102-107, 2005.

CHEUNG, F.; KUEN, J.; SKITMORE, M.. Multi-criteria evaluation model for the selection of architectural consultants. **Construction management and economics**. v.20, p. 569–580, 2002.

CHEUNG, S.O. et. al. Behavioral aspects in construction partnering. **International journal of project management**. v. 21, n. 5, p. 333-343, 2003.

CIC – Construction Industry Council. **Selecting the team**. Strategic Forum for Construction, 2005.

CIOB. **Code of practice for project management for construction and development**. 3rd Edition. Oxford: Blackwell Publishing., 2002.

CLÍMACO, J.C.; DIAS, L.C. An approach to support negotiation processes with imprecise information multicriteria additive models. *In: Workshop on formal and informal information exchange in negotiations. Proceedings...* School of information technology and engineering, university of Ottawa, 2005.

COLSON, G. The OR's prize winner and the software ARGOS: how a multijudge and multicriteria ranking GDSS helps a jury to attribute a scientific award. **Computers & operations research**. v. 27, p. 741-755, 2000.

CROWLEY, L.; HANCHER, D. E. Evaluation of competitive bids. **Journal of construction engineering and management**. ASCE. v.121, n. 2, p. 238-245, 1995.

DAINTY, A.J.; BRISCOE, G.H.; MILLETT, S.J. Subcontractor perspectives on supply chain alliances. **Construction management and economics**. v. 19, p. 841-848, 2001.

DEY, P.K. Project risk management: a combined analytic hierarchy process and decision tree approach. **Cost engineering**. v. 44, n. 3, 2002.

DIAS, L.C.; CLÍMACO, J.N. Additive aggregation with variable interdependent parameters: the VIP Analysis software. **Journal of the operational research society**. v. 51, p. 1070-1082, 2000.

DIAS, L.C.; COSTA, J.P.; CLÍMACO, J.N. A parallel implementation of the PROMETHEE method. **European journal of operational research**. n. 104, p. 521-531, 1998.

DISSANAYAKA, S. M.; KUMARASWAMY, M. M. Reconstructing procurement systems and team relationships. **International journal of computer integrated design and construction**, v. 1, n.2, p. 10-19, 1999.

EASLEY, R.F.; VALACICH, J.S.; VENKATARAMANAN, M.A. Capturing group preferences in a multicriteria decision. **European journal of operational research**. v.125, p.73-83, 2000.

EDWARDS, P.J.; BOWEN, P.A. Risk and risk management in construction: a review and future directions for research. **Engineering, construction and architectural management**. v. 5, n. 4, p. 339-349, 1998.

EGAN, J. **Accelerating change**. London: Rethinking construction, 2002.

_____. **The report of the construction industry task force**. London: Rethinking Construction, Department of the Environment Transport and the Regions, 1998.

ELAZOUNI, A. M. ; METWALLY, F. G. D-SUB: Decision support system for subcontracting construction works. **Journal of construction engineering and management**. v. 126, n. 3, p. 191-200, 2000.

ELIAS, S. E. G. Value engineering, a powerful productivity tool. **Computers and industrial engineering**. v. 35, n. 3-4, p. 381-393.

EVBUOMWAN, N.F.O.; ANUMBA, C. J. An integrated framework for concurrent life-cycle design and construction. **Advances in engineering software**. v. 29, n. 7-9, p. 587-97, 1998.

FEWINGS, P. **Construction project management**: an integrated approach. Taylor & Francis, 2005.

FIGUEIRA, J.; ROY, B. Determining the weights of the criteria in the ELECTRE type methods with a Revised Simo's Procedure. **European journal of operational research**. n.139, p. 317-326, 2002.

FLEMING, Q. W.; KOPPELMAN, J. M. The essence of evolution of earned value. **Cost engineering**. v. 36, n. 11, 1994.

FONG, S. W.; CHOI, S. K. Y. Final contractor selection using the analytical hierarchy process. **Construction management and economics**. v.18, n.5, p.547-57, 2000.

FORMOSO, C.T. et. al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS,1999.

FRANCISCO, B.C.; HADDAD, A.N. Gestão de contratos na construção civil. **Vértices**. v. 4, n. 1, 2002.

FRANCO, L.A.; CUSHMAN, M.; ROSENHEAD, J. Project review and learning in the construction industry: Embedding a problem structuring method within a partnership context. **European journal of operational research**. v.152, p.586-601, 2004.

GAITHER, N.; FRAZIER,G. **Administração de produção e operações**. Pioneira, 2001.

GAO, Z.; SMITH, G.; MINCHIN, E. Budget and Schedule Success for Small Capital-Facility Projects. **Journal of management in engineering**. v.18, n.4, p.186-193, 2002.

GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos**: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZÁLEZ, M. Os contratos de empreitada e de incorporação imobiliária – uma exposição das principais características *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: qualidade no processo construtivo, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC/ANTAC. v.2, p.483 - 90, 1998.

GRILO, L.M.; MELHADO, S.B. Novas formas de contratação e organização dos empreendimentos no segmento de construção de edifícios para terceiros. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: cooperação & responsabilidade social, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais (CD-ROM)**. Foz do Iguaçu, 7 a 10 de maio de 2002.

HANNEGHAN, M.; MERABTI, M.; COLQUHOUN, G. A viewpoint analysis reference model for Concurrent Engineering. **Computers in industry**. v. 41, p. 35-49, 2000.

HATUSH, Z.; SKITMORE, M. Contractor selection using multicriteria utility theory: an additive model. **Building and environment**. v. 33, n. 2, p. 105-115, 1998.

HAVILAND, D. **You and your architect**. 2000. American Institute of Architects. Disponível em: <<http://www.aiapvc.org/yourarch.htm>>. Acesso em: 15 set. 2005.

HENRIOD E, E.; LANTERAN, J. M. **Trend in contracting practice for civil works**: task force on innovative practice. Washington, D. C :World Bank, 1988.

HERBSMAN, Z.; ELLIS, R. Multiparameter bidding system - innovation in contract-administration. **Journal of construction engineering and management**. v.118, n. 1, p. 142-150, 1992.

HINZE, J.; TRACY, A. The contractor-subcontractor relationship: The subcontractor's view. **Journal of construction engineering and management**. v. 120, n.2, p. 274–287, 1994.

HO, O.S. Enhancing construction technology through strategic partnering: a contractor's perspective. *In*: SYMPOSIUM ON QUALITY HOUSING: PARTNERING SYMPOSIUM, 2000, Hong Kong. **Anais eletrônicos...** Hong Kong. Disponível em: <<http://www.info.gov.hk/hd/eng/events/conf00/day1.htm>> Data de acesso: 05 fev. 2006.

HOLT, G.D. Which contractor selection methodology? **International journal of project management**. v. 16, n. 3, p. 153–164, 1998.

HOLT, G.D.; OLOMOLAIYE, P.O.; HARRIS, F.C. A review of contractor selection practice in the U.K. construction industry. **Building and environment**. v. 30, n. 4, p. 553-561, 1995.

HOLT, G.D.; OLOMOLAIYE, P.O.; HARRIS, F.C. A conceptual alternative to current tendering practice. **Building research and information**. v. 21, n. 3, p. 167-172, 1993.

_____. Evaluating performance potential in the selection of construction contractors. **Engineering construction and architectural management**. v. 1, n. 1, p. 29-50, 1994a.

_____. Incorporating project specific criteria and client utility into the evaluation of construction tenderers. **Building research and information**. v. 22, n. 4, p. 214-21, 1994b.

HSIEH, T.Y.; LU, S.T.; TZENG, G.H. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. **International journal of project magement**. v.22, n.7, p. 573-584, 2004.

HUMPHREYS, P.; GARRICK, J. The evolution of group decision support systems to enable collaborative authoring of outcomes. **The journal of general evolution**. v. 62, n. 3, p. 193-222, 2006.

JAAFARI, A.; SCHUB, A. Surviving failures - lessons from field-study. **Journal of construction engineering and management**. v. 116, n. 1, p. 68-86, 1990.

JANNADIA, M.O. et. al. Contractual methods for dispute avoidance and resolution (DAR). **International journal of project management**. v.18, n. 6, p. 41-9, 2000.

JELASSI. T.; KERSTEN. G.; ZIONT. S. An introduction to group decision and negotiation support. *In*: BANA ; COSTA. (Ed.). **Readings in multiple criteria decision aid**. Berlin: Springer-Verlag, 1990. p. 537-568.

JIMÉNEZ, M.; POLASEK, W. E-democracy and knowledge. A multicriteria framework for the new democratic era. **Journal multicriteria decision analysis**, v.12, p.163-176, 2003.

KAMARA, J.; ANUMBA, C.; EVBUONWAN, N. Assessing the suitability of current briefing practices in construction within a concurrent engineering framework. **International journal of project management**. v.19, p. 337-351, 2001.

KASTURI, S.; GRANSBER, G.D. Time management - a design-build builder's perspective. **Cost engineering**. v. 44, n. 9, 2002.

KEENEY RL. RAIFFA H. **Decisions with multiple objective**: preference and value tradeoffs. New York: Wiley. 1976.

KERN. A.P.; FORMOSO. C.T. A utilização de “curvas de agregação de recursos” como ferramenta de integração dos diferentes setores de uma empresa de construção civil na gestão

de custos. *In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. 22. 2002. Curitiba. **Anais**. Curitiba: ABEPRO. 2002.

KERZNER, H. **Applied project management: best practices on implementation**. New York: John Wiley & Sons , 2000.

KEYSER, W. D.; PEETERS, P. A note on use of PROMETHEE multicriteria methods. **European journal of operational research**. n. 89, p. 457-461, 1998.

KHALFAN, M.M.A. et. al. Readiness Assessment of the construction supply chain for concurrent engineering. **European journal of purchasing & supply management**. v.7, p. 141-153, 2001.

KHALFAN, M.M.A.; ANUMBA, J.A. Implementation of Concurrent Engineering in Construction – Readiness Assessment. *In: CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY CONFERENCE*, v.1, p.544-555, 2000, Iceland. **Proceedings... CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY CONFERENCE**, 2000.

KONG, W. K.; CHEUNG, S. M. A multi-attribute tender evaluation model. *In Proceedings of CIB W89*, Beijing, 21–24 October. 1996.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V. Towards lean design management. *In: 5TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC-5) Proceedings...* Gold Coast, Queensland, Austrália, 1997. p. 1-12.

KUMARASWAMY et. al. Towards an integrated management support system for large clients. **ITcon**. v.11, p. 197-210, 2006.

KUMARASWAMY, M. M. A computerised construction project management evaluation system. **Advances in engineering software**. v.25, n. 2-3, p. 197 – 206, 1996.

KUMARASWAMY, M.M.; DISSANAYAKA, S.M. Linking procurement systems to project priorities. **Building research & information**. Taylor & Francis, v.26, n.4, p.223-238, 1998.

KUMARASWAMY, M.; MATHEWS, J.D. Improved subcontractor selection employing partnering principles. **Journal of management in engineering**. v. 16, n. 3, p. 47-57, 2000.

LARSON, E. Project partnering - results of study of 280 construction projects. **Journal of management in engineering**., v. 11, n. 2, p.30-35, 1995.

LATHAM, M. **Constructing the team**. London: HMSO, 1994.

LAUFER, A. A macro view of the project planning process. **Construction management and economics**. London, UK, v. 10, p. 31-43, 1992.

LAUFER, A.; HOWELL, G. A. Construction Planning: revising the paradigm. **Project management journal**. 1993.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Competence and timing dilemma in construction planning. **Construction management and economics**. London, UK, v.6, n.5, p.339-355, 1988.

LAZAR, F.D. Project partnering: improving the likelihood of win/win outcomes. **Journal of Management in Engineering**. v. 16, n.2, p. 71-83, 2000.

LEACH, L. Schedule and cost buffer sizing: how to account for the bias between project performance and your model. **Project management journal**. v. 34, n. 2, p. 34-47, 2003.

LI, H.; CHENG, E.; LOVE, P. Partnering research in construction. **Engineering, construction and architectural management**. v. 7, n. 1, p. 76-92, 2000.

LIMMER, C. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1997.

LO, W. et. al. Contractor selection process for Taipei mass rapid transit system. **Journal of construction engineering and management**, v. 14, n. 3, p. 57-65, 1998.

LOOSEMORE, M. et. al. **Risk management in projects**. 2nd ed. London: Taylor & Francis, 2006.

LOVE, P.E.D; GUNASEKARAN, A. Concurrent engineering in the construction industry. **Concurrent engineering: research & applications**. v. 5, n. 2, p.155-62, 1997.

_____. Concurrent engineering: a strategy for procuring construction projects. **International Journal of Project Management**. v. 16, n. 6, p. 375-383, 1998.

MACHARIS. C.; BRANS. J.P. The GDSS PROMETHEE procedure. **Journal of decision systems**. v.7. p. 283-307. 1998.

MAHDI, I. M. et. al. A multi-criteria approach to contractor selection. **Engineering construction and architectural management**. v. 9, n. 1, p. 29-37, 2002.

MARESCHAL, B; BRANS, J.P. Geometrical representation for MCDM, the GAIA procedure. **European journal of operational research**, v. 34, p. 69-77, 1988.

MATSATSINIS, N.F.; GRIGOROUDIS, E.; SAMARAS, A. Aggregation and disaggregation of preferences for collective decision-making. **Group decision and negotiation**. v. 14, n. 3, p. 217-232, 2005.

MATSATSINIS, N.F.; SAMARAS, A. MCDA and preference disaggregation in group decision support systems. **European journal of operational research**. v.130, p. 414-429, 2001.

MEIRELLES, H.L. **Licitação e contrato administrativo**. 14 ed. São Paulo: Malheiros, 2006.

MERNA, A.; SMITH, N. J. Bid evaluation for UK public-sector construction contracts. *In Proceedings* of the Institution of Civil Engineers part 1 - design and construction. v.88, p.91-105, Feb, 1990.

MESEGUER, A. G. **Controle e garantia da qualidade na construção**. São Paulo: Sinduscon – SP/ Projeto/PW, 1991.

MEYER, A.D.; LOCH, C.H.; PICH, M.T. Managing project uncertainty: from variation to chaos. **IEE engineering management review**. p.91-98, 2002.

MIRANDA, C.M.G. **Modelagem multicritério em gerenciamento de projetos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

MIRANDA, C.M.G.; ALMEIDA, A.T.. Gestão de empreendimentos de construção civil com avaliação multicritério. In: DUMKE, D.; SICSÚ, A. (Org.). **Qualidade e inovação em serviços**: contribuições da engenharia de produção. Recife: Universitária. 2003. p.23-43.

MIRANDA, C.M.; ALMEIDA, A.T; SANTOS, R.B. Avaliação Multicritério no Planejamento de Empreendimentos. In: XXXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO EM PESQUISA OPERACIONAL. 33. 2001. Campos do Jordão. **Anais**. Campos do Jordão: SOBRAPO. 2001.

MOLENAAR, K.; ZIMRING, C.; AUGENBROE, G. **A guide to project delivery for federal buildings**. 1998. Georgia Institute of Technology. Disponível em: <<http://cem.ce.gatech.edu/GSA/>>. Acesso em: 12/09/2005.

MUSETTI, M. A. Planejamento e controle de projetos. *In: Gerenciamento na construção civil*. São Carlos: EES/USP, 1998.

MUSTAFA, M. A.; RYAN, T. C. Decision support for bid evaluation. **Project management journal**. n. 8, v. 4, p. 230–235, 1990.

NG, S.T.; CHOW, L. Framework for evaluating the performance of engineering consultants. **Journal of professional issues in engineering education and practice**. v.130, n.4, p. 280-288, 2004.

NG, S.T.; SKITMORE, R.M. Client and Consultant perspectives of prequalification criteria. **Building and environment**. v. 34, n. 5, p. 607-621, 1999.

OFORI, G.; GANG, G.; BRIFFETT, C. Implementing environmental management systems in construction: lessons from quality systems. **Building and environment**. v. 37, p.1397-1407, 2002.

OLSON, D. L. **Decision aids for election problems**. Springer, 1996.

ORZENYO, M. Choosing the "best" multiple criteria decision-making method. **IFOR**. Ottawa, v. 20, n. 2, p. 159-173. May 1992.

PACKHAM, G.; THOMAS, B.; MILLER, C. Partnering in the house building sector: a subcontractor's view. **International journal of project management**. v. 21, p. 327-332, 2003.

PALANEESWARAN, E.; KUMARASWAMY, M. Web-Based advisory decision support system for designer-builder prequalification. **Journal of computing in civil engineering**. v. 19, n. 1, p. 69-82, 2005.

_____. Recent advances and proposed improvements in contractor prequalification methodologies. **Building and environment**. v. 36, p. 73-87, 2001.

PALANEESWARAN, E.; KUMARASWAMY, M.; NG, T. Targeting optimum value in public sector projects through "best value" – focused contractor selection. **Engineering, construction and architectural management**. v. 10, n. 6, p. 418-431, 2003.

PEREIRA, G.P. **O mercado da construção civil para obras públicas como instrumento de auditoria: uma abordagem probabilística**. Recife, 2003. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Engenharia de Produção.

PING TSERNG, H. ; LIN, P. H. An accelerated subcontracting and procuring model for construction projects. **Automation in construction**. v.1, n. 11, p. 105-125, 2002.

PINTO, J. Project Management 2002. **IEEE engineering management review**, p 22-37, mar/apr 2002.

PMI - PROJECT Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge - PMBOK Guide**, Pennsylvania, 2004.

_____. **Construction Extension to a Guide to the project management body of knowledge - PMBOK Guide – 2000 edition**, Pennsylvania, 2003.

PONGPENG, J.; LISTON, J. Contractor ability criteria: a view from the Thai construction industry. **Construction management and economics**. v. 21, p. 267-282, 2003.

POTTER, K.; SANVIDO, V. Implementing a design-build prequalification system. **Journal of management engineering**. v.3, n. 11, p. 30-34, 1995.

RAGSDALE, C.T. **Spreadsheet modeling and decision analysis**. 3rd. ed. Cincinnati South-Western, 2001.

RAHMAN, M. M.; KUMARASWAMY, M.M. Relational selection for collaborative working arrangements. **Journal of construction engineering and management**. v.131, n.10, p.1087-1098, 2005.

_____. Joint risk management through transactionally efficient relational contracting. **Construction management and economics**. v. 20, p. 45–54, 2002.

RAHMAN, M. M.; PALANEESWARAN, E.; KUMARASWAMY, M. M. Applying transaction costing and relational contracting principles to improved risk management and contractor selection. *In Proceedings* of the International Conference on Project Cost Management, Beijing, p. 171–81, 2001.

RIGGS, J.L.; BROWN, S.B.; TRUEBLOOD, R. Integration of technical, cost, and schedule risks in project management. **Computers & operations research**. v. 21, n. 5, 1994.

ROGERS, M. Using ELECTRE III to aid the choice of housing construction process within structural engineering. **Construction management and economics**. London, v. 18, n.3 p.333, 2000.

ROSENHEAD, J. Past, present and future of problem structuring methods. **Journal of the operational research society**. v. 57, p. 759-765, 2006.

ROSENHEAD, J.; MINGERS, J. (eds.). **Rational analysis for a problematic world revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict**. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2004.

ROSTALDAS, A. Planning and control of concurrent engineering projects. **International journal of production economics**. v.38, p.3-13, 1995.

ROY, B. **Mulcriteria methodology for decision aiding**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1996.

_____. **Méthodologie multicritère d'aide à la décision**. Paris, 1985 .

_____. A conceptual framework for a prescriptive theory of decision aid. **Studies of the management sciences**. v. 6, p. 179-210, 1977.

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

SHEN. L.; LU. W.; YAM. M. Contractor key competitiveness indicators: a china study. **Journal of construction engineering and management**. v. 132, n. 4, p. 416-424, 2006.

SINGH, D.; TIONG, R.L. A fuzzy decision framework or contractor selection. **Journal of construction engineering and management**. v. 131, n. 1, p. 62-70, 2005.

SLACK, N. et. al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1995.

SMITH, R. C. Estimating and tendering for building work. **Longman scientific and technical**, UK, 1991.

TOPCU, Y.I. A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey. **Building and environment**. v. 39, p. 469-481, 2004.

SZAJUBOK, N.K.; ALENCAR, L.H.; ALMEIDA, A.T.. Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério. **Revista Produção**, v. 16, n. 02, 2006.

VALERIANO, D. L. **Gerenciamento estratégico e administração por projetos**. São Paulo: Makron, 2001.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de projetos**. Rio de Janeiro: Brasport, 6.ed., 2005.

VARGAS, C. L. S. **Desenvolvimento de modelos físicos reduzidos como simuladores para a aplicação de conceitos de produtividade, perdas, programação e controle de obras de construção civil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. Bruxelles: Wiley,1992

WHITNEY, J. **The trust factor, liberating profits and restoring corporate vitality**. UK: McGraw Hill, 1999.

WINTER, M. Problem structuring in project management: an application of soft systems methodology (SSM). **Journal of the operational research society**. v. 57, p. 802-812, 2006.

WONG, C.H. Contractor performance prediction model for the United Kingdom construction contractor: study of logistic regression approach. **Journal of construction engineering and management**. v.130, n. 5. p. 691-698, 2004.

WOOD, G.; ELLIS, R. Main contractor experiences of partnering relationships on UK construction projects. **Construction management and economics**. v. 23, p. 317–325, 2005.

YASAMIS. F.; ARDITI. D.; MOHAMMADI. J. Assessing contractor quality performance. **Construction management and economics**. v. 20, p. 211-223, 2002.

YOON, K. P.; HWANG, C. L. **Multiple attribute decision-making—an introduction**. Sage, Thousand Oaks, Calif, 1995.

YOUNG, H. P. **Negotiation analysis**. Michigan: The University of Michigan Press, 1991.

ZAGHLOUL, R.; HARTMAN, F. Construction contracts: the cost of mistrust. **International journal of project management**. v. 21, p. 419–424, 2003.

ZARFAR, Z.; RASMUSSEN, D. Baseline Schedule Approval. **Cost engineering**. v. 34, n. 8, 2001.

ZAVADSKAS, E.; BEJDER, E.; KAKLAUSKAS, A. Raising the efficiency of the building lifetime with special emphasis on maintenance. **Facilities**, v. 16, n. 11, p. 334, 1998.

ZAVADSKAS. E.; VILUTIENE. T. A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I- model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria. **Building and environment**. v. 41, p. 621–632, 2006.

ZIMMERMAN, L.W.; HART, G.C. **Value engineering, a practical approach for owners, designers and contractors**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982.

ANEXO I

Modelo de questionário proposto para avaliação de empresas projetistas

A seguir, são propostas nove questões a serem respondidas por membros da empresa projetista durante o processo de seleção. Em cada questão são apresentadas três afirmações, que devem ser avaliadas de forma independente, uma da outra. Cada uma representa um critério diferente: cultura, qualidade e *design*, equivalentes aos critérios de mensuração subjetiva, conforme definido na estruturação do problema típico, no capítulo 4. Pontuações (variando de 0 a 10) são atribuídas a cada afirmação, sendo dado o maior valor àquela que exprime uma maior concordância da empresa.

Questão 1	Como sua organização se comporta diante de novos conceitos?	Avaliação
Critério 1	Procurando por fornecedores e subcontratados que introduzam novas idéias e conceitos.	
Critério 2	Uma vez que a qualidade não seja comprometida, novas idéias podem ser consideradas.	
Critério 3	Procurando trabalhar ativamente com a equipe do projeto, de forma a melhorar a qualidade do produto acabado.	

Questão 2	A aplicação de procedimentos inovadores nos projetos e nos métodos de construção é apropriada para esse empreendimento?	Avaliação
Critério 1	Sim. O empreendimento forneceria uma ótima oportunidade para usar novas idéias e conceitos.	
Critério 2	Sim, inclusive a inovação deve ser incentivada para que haja melhoria na qualidade do produto.	
Critério 3	Não. O conhecimento das condições ambientais locais pode ser mais importante do que a aplicação de procedimentos inovadores.	

Questão 3	A construtibilidade do empreendimento pode ser melhorada pela participação das empresas subcontratadas durante a fase de projetos?	Avaliação
Critério 1	É difícil perceber alguma vantagem, uma vez que o trabalho com uma subcontratada na fase de projetos seria difícil de se realizar.	
Critério 2	Não. Construtibilidade está intimamente relacionada à qualidade do produto acabado, que pode ser melhor obtida pelo controle rígido de subcontratadas no canteiro.	
Critério 3	Pouca vantagem pode ser vista com a participação de empresas subcontratadas, pois construtibilidade depende diretamente do engajamento de bons projetistas.	

Questão 4	Que dificuldades você acredita que possam impedir as construtoras de participarem ativamente do processo de projeto?	Avaliação
Critério 1	Fatores culturais fazem com que essa participação seja difícil de ser obtida.	
Critério 2	Se a construtora age em função de seu interesse próprio, fica incapaz de adicionar valor ao projeto.	
Critério 3	A falta de conhecimento sobre projetos.	

Questão 5	Quão relevante é, em empreendimentos dessa natureza, o envolvimento entre cliente, projetistas, construtora e subcontratadas na etapa de projeto?	Avaliação
Critério 1	Pouco relevante, pois há dificuldades inerentes à obtenção desse tipo de envolvimento, o que limita seu valor.	
Critério 2	Moderadamente relevante, sendo mais importante se concentrar no gerenciamento do empreendimento a fim de obter a qualidade do produto.	
Critério 3	É relevante, pela possibilidade de aprimoramento do projeto, possibilitando a redução de atividades que não adicionam valor.	

Questão 6	Como um cliente pode garantir a qualidade por toda a vida útil de um empreendimento?	Avaliação
Critério 1	Assegurando que haverá recursos suficientes para que uma manutenção futura seja realizada.	
Critério 2	Atendendo aos prazos e especificações estipulados pelos construtores e projetistas para a manutenção do empreendimento.	
Critério 3	Assegurando que essa necessidade seja bem entendida pelos projetistas e construtores.	

Questão 7	Que medidas poderiam ser adotadas para assegurar que o empreendimento seja finalizado no prazo estipulado?	Avaliação
Critério 1	Interação dos envolvidos no empreendimento com os projetistas, sugerindo mudanças no projeto, de forma a diminuir os tempos de construção.	
Critério 2	Acompanhamento do empreendimento, buscando atingir a qualidade do empreendimento dentro do prazo determinado.	
Critério 3	Ampliação do tempo destinado à elaboração de projetos, de forma a permitir que o empreendimento seja construído no menor prazo possível.	

Questão 8	Que medidas podem ser adotadas durante a elaboração do anteprojeto para assegurar a proteção do meio ambiente?	Avaliação
Critério 1	Estudar o impacto ambiental durante a elaboração do anteprojeto, buscando assegurar a proteção do meio ambiente durante toda a vida útil do empreendimento e não somente durante a construção.	
Critério 2	A construtora tem a responsabilidade de assegurar que a proteção ambiental será viabilizada durante a execução do projeto.	
Critério 3	Envolvimento de toda a equipe do projeto de forma a assegurar a proteção do meio ambiente durante a elaboração do anteprojeto.	

Questão 9	Como uma empresa de construção pode contribuir para a aceitação pública do empreendimento?	Avaliação
Critério 1	Por promoção ativa do empreendimento na área.	
Critério 2	Adotando métodos de construção que minimizem inconveniências públicas.	
Critério 3	Procurando, com os projetistas, levantar alguma necessidade complementar para realização do empreendimento, como forma de minimizar transtornos ocorridos pela sua construção.	

ANEXO II**Modelo de questionário proposto para avaliação do fornecedor por clientes passados**

1 – Durante quantos anos você trabalhou com essa empresa?	<1	1-2	2-3	3-4	>5
2 – Em quantos projetos?	1	1-2	2-3	3-4	>5
3 – Faça uma avaliação geral sobre a qualidade do trabalho da empresa.	Muito Baixa	Baixa	Regular	Boa	Muito boa
4 – Faça uma avaliação sobre a eficiência do gerenciamento de contrato e supervisão do canteiro.	Muito Baixa	Baixa	Regular	Boa	Muito boa
5 – No caso de atrasos, a empresa procurou encontrar soluções em conjunto com o cliente de forma a propiciar benefícios mútuos?	Muito Baixa	Baixa	Regular	Boa	Muito boa
6 – Avalie o nível de preparo da empresa no que se refere a fazer sugestões sobre o projeto de forma a compartilhar benefícios.	Muito Baixa	Baixa	Regular	Boa	Muito boa
7 – Como era o relacionamento de trabalho entre você e a empresa?	Muito ruim	Ruim	Regular	Bom	Muito bom
8 – Indique sua propensão a trabalhar novamente com essa empresa.	Muito Baixa	Baixa	Regular	Boa	Muito boa
Descreva o escopo do(s) projeto(s) em que vocês trabalharam juntos:					
Comentários adicionais:					

ANEXO III**Planilha de Quantidades**

Exemplo de Planilha de Quantidades, fornecida ao fornecedor para submissão de proposta de custo.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UND	Quant,
			Estimadas
1.0	Serviços Preliminares		
1.1	Mobilização e Desmobilização	Vb	1,00
1.2	Locação da Obra	Vb	1,00
1.3	Controle tecnológico	vb	1,00
2.0	Fundações		
2.1	Escavação mecânica com remoção	m ³	600,00
2.2	Reaterro Compactado	m ³	4.700,00
2.3	Concreto magro e=10cm	m ³	50,00
2.4	Assentamento Aço CA50/CA60	Kg	106.000,00
2.5	Formas Planas	m ²	1.950,00
2.6	Concreto estrutural Fck=25 Mpa	m ³	770,00
2.7	Piso de Concreto Simples e=20cm FCK=25MPa	m ²	1.500,00
2.8	Nichos chumbadores 0,30 x 0,30 x 1,20m	UND	85,00
2.9	Gelo p/ concreto	Kg	16.400,00
2.10	Junta de dilatação com isopor e=25mm	m ²	50,00
3	Superestrutura		
3.1	Formas de madeirit plastificado	m ²	10.120,00
3.3	Assentamento Aço CA50/CA60	Kg	240.000,00
3.4	Concreto Estrutural FCK=25 Mpa	m ³	1.990,00
3.5	Assentamento Insert Metálico	Kg	8.900,00
3.6	Cimbramentos	m ³	25.410,00
3.7	Cura úmida da laje com lona de feltro	m ²	1.840,00
3.8	Alvenaria em bloco de cimento	m ²	650,00
4	Serviços de Limpeza		
4.1	Limpeza Permanente da Obra	Vb	1,00
4.2	Tapume Madeirit 15mm pintado	m	400,00