

CÁSSIA ANDRÉA RUOTOLO MORANO

**ANÁLISE DE RISCO NA ESTIMATIVA DE CUSTO DE OBRAS DE ESTRUTURAS
METÁLICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de Concentração: Tecnologia da Construção.

Orientador: Prof. Miguel Luiz Ribeiro Ferreira, D. Sc.

**NITERÓI
2013**

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e Instituto de Computação da UFF

M829 Morano, Cássia Andréa Ruotolo

Análise de risco na estimativa de custo de obras de estruturas metálicas / Cássia Andréa Ruotolo Morano. – Niterói, RJ : [s.n.], 2013.

295 p.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, 2013.

Orientador: Miguel Luiz Ribeiro Ferreira.

1. Avaliação de risco. 2. Estimativa de custo. 3. Custo de projeto. 4. Estrutura metálica. 5. Tecnologia da construção. I. Título.

CDD 658.155

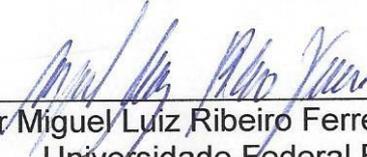
CÁSSIA ANDRÉA RUOTOLO MORANO

ANÁLISE DE RISCO NA ESTIMATIVA DE CUSTO DE OBRAS DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de Concentração: Tecnologia da Construção.

Aprovada em 17 de Outubro de 2013.

BANCA EXAMINADORA



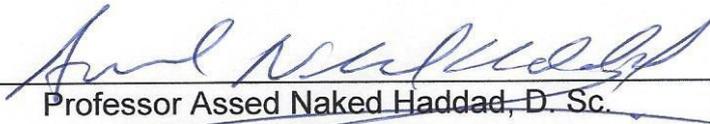
Professor Miguel Luiz Ribeiro Ferreira, D. Sc., Orientador.
Universidade Federal Fluminense



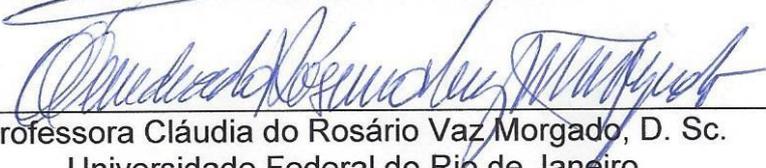
Professor José Luiz Ferreira Martins, D. Sc.
Universidade Federal Fluminense



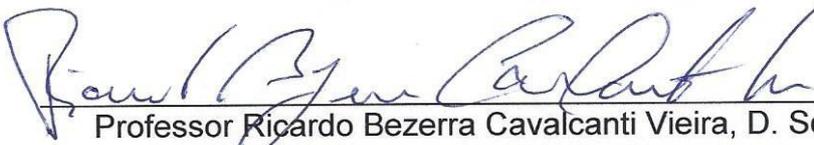
Professor Helder Gomes Costa, D. Sc.
Universidade Federal Fluminense



Professor Assed Naked Haddad, D. Sc.
Universidade Federal Fluminense



Professora Cláudia do Rosário Vaz Morgado, D. Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro



Professor Ricardo Bezerra Cavalcanti Vieira, D. Sc.
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

NITERÓI
2013

DEDICATÓRIA

Às duas pessoas que foram o início de tudo, os maiores exemplos de dignidade e alegria que alguém pode ter como referência e que tive a benção Divina e o privilégio de tê-los como pais. Marco Antonio de Vasconcellos Morano (*in memoriam*) uma das pessoas mais incríveis e de bem com a vida que tive a honra de conviver por um pouco mais de trinta e nove anos, e que exemplificou em vida o que vem a ser felicidade, pois, todos os dias quando acordava ele dizia, sorrindo: *“Não admito que ninguém acorde de mau humor ou triste, pois sou extremamente feliz por Deus me dar a oportunidade de mais um dia de vida e me permitir acordar e poder tomar o café da manhã com vocês”*; e a minha mãe Mirian Ruotolo Morano. Juntos me mostraram a importância de Ser Humano, a amar cada minuto da vida, ter alegria no coração, vibrar positivamente seja em qual situação for, de lutar com dignidade, de respeitar quem quer que seja em qualquer faixa etária e classe social, de ter Fé e Esperança, e acreditar em nossos sonhos.

Posso dizer, com muito Orgulho e Honra, que Deus me deu o maior presente quando permitiu que eu fosse filha de vocês.

Muito Obrigada, Meus Amores, por Tudo!

À minha querida mãe de coração: Tia Dirce Affonso Ferreira, que nesses últimos sete anos tem sido o meu anjo de guarda, ajudando-me muito com seu carinho, calma, equilíbrio e sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro, Doutor Miguel Luiz Ribeiro Ferreira meus mais profundos sentimentos de gratidão, respeito e admiração. Nesses mais de doze anos de aprendizado e parceria em inúmeros projetos tive o privilégio de conviver com uma pessoa de conduta catedrática e profissional ilibada e de aprender a grande lição do que vem a ser lisura, probidade e respeito em um Homem. Muito Obrigada por sua infinita paciência e orientação na condução desta tese, por acreditar em mim, me ajudar de modo incansável como coordenador, professor, orientador, engenheiro e, acima de tudo, Grande Amigo, sendo parte fundamental e decisiva desta grande Vitória.

À Enfermeira, Doutora Simone Cruz Machado Ferreira pelas oportunas sugestões de melhoria na revisão de tão extenso texto. Por todo o seu incentivo, ajuda e torcida por esta grande conquista. Nos muitos momentos de recaída e desânimo esta Querida Amiga e Irmã olhava com firmeza e determinação nos meus olhos renovando as minhas esperanças com os seguintes dizeres: *“Você vai acabar esta tese. Eu tenho certeza...”*.

Ao Engenheiro, Mestre Ielson Junquillo Freire a minha sincera admiração, deferência e reconhecimento. Este grande profissional foi de imprescindível importância na intermediação do fornecimento dos dados que tornaram possível a concretização deste sonho. Muito Obrigada Meu Amigo pelo privilégio de poder partilhar da riqueza de seu amplo conhecimento e pelos milhares de e-mails trocados, em que prontamente tirava as minhas dúvidas e incansavelmente revisava os meus textos, pelas inúmeras idas e vindas à UFF com enorme arsenal de documentos e informações.

Ao Engenheiro, Doutor José Luiz Ferreira Martins a minha sincera gratidão e respeito. Muito Obrigada pela grande paciência em revisar um texto tão extenso, pelas sugestões de melhoria de grande pertinência, pela colaboração e ensinamentos na área de soldagem, além do privilégio da sua participação na banca de avaliação.

Ao Jornalista, Doutor Jorge Luís Moutinho Lima Muito Obrigada por sua preciosa participação e competência na revisão do texto. Minha gratidão Meu Amigo e Irmão de Fé pela realização de um trabalho tão importante de revisão desta tese e por todo apoio, pelas palavras carinhosas e amigas, além do incentivo nos momentos difíceis e de desânimo.

À Arquiteta, Doutora Luciana Nemer Diniz, minha querida amiga e grande incentivadora para que eu ingressasse no mestrado, resultando na conclusão desse doutorado. Uma pessoa de persistência e obstinação ímpar que em muitos momentos difíceis foi o exemplo que me motivou a seguir em frente.

Ao Doutor Helder Gomes Costa que acompanha a minha vida acadêmica desde o mestrado, eu agradeço e me sinto honrada por ter aceitado compor a banca de avaliação. Muito obrigada por contribuir com a sua grande bagagem de conhecimento para engrandecer este trabalho.

Ao Doutor Assed Naked Haddad que igualmente acompanha a minha vida acadêmica desde o mestrado, eu agradeço e sinto-me honrada por ter aceitado compor a banca de avaliação. Muito obrigada por contribuir com a riqueza do seu conhecimento para o aprimoramento deste trabalho.

À Doutora Cláudia do Rosário Vaz Morgado, meu sincero agradecimento por prontamente ter aceitado compor a banca de avaliação, e com a sua experiência e conhecimento, contribuir para a melhoria deste trabalho.

Ao Doutor Ricardo Bezerra Cavalcanti Vieira, muito obrigada por ter aceitado participar da banca de avaliação, e com o seu saber, auxiliar no enriquecimento deste trabalho.

À Engenheira, Mestre Claudia Garrido, por seu incentivo e seus oportunos questionamentos e observações no enriquecimento e melhoria deste trabalho.

A Empresa FORRM Industrial Ltda., representada na pessoa do Engenheiro Edelson Xavier de Albuquerque, muito obrigada a todos que direta ou indiretamente contribuíram na disponibilização e autorização dos dados que viabilizaram a realização deste trabalho.

À todos os Amigos e Colegas do Laboratório de Montagem Industrial e Soldagem (LAMIS) e do Mestrado Profissional de Montagem Industrial que tiveram extrema paciência comigo nos momentos de grande estresse. Muito obrigada pelo incentivo e vibrações positivas ao meu sucesso.

À Coordenação (Doutor Carlos Alberto Pereira Soares e Doutor Orlando Celso Longo), secretaria (Clarice, Ieda, Leonardo e Sueli), funcionários (Paulão e Cassinha) e todos os professores do Programa de Pós Graduação de Engenharia Civil, que carinhosamente contribuíram direta ou indiretamente no desenvolvimento desta tese. Muito obrigada por todo auxílio, colaboração e incentivo dispensado.

Finalmente, deixo registrado que uma Tese de Doutorado embora seja um trabalho de maturação do conhecimento, exigindo inúmeras horas de solitária dedicação por parte do doutorando, apresenta um grande paradoxo, pois não é desenvolvido apenas por ele, mas há, também, a participação no decorrer da construção da tese de um conjunto de mentes que somam e agregam um valor imenso na união deste conhecimento.

Diante de tantos agradecimentos e outros que deveriam ser colocados e que estenderia ainda mais este texto, existe um enorme número de pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram e ajudaram muito para a conquista desta

GRANDE VITÓRIA e, se assim não fosse, este trabalho jamais seria desenvolvido. Minha eterna gratidão e carinho por todo apoio, incentivo e vibrações positivas.

Talvez poucas pessoas consigam entender e alcançar o significado da conclusão desta Tese para a autora que aqui escreve. Desde o início deste trabalho em março de 2004 foram muitas dificuldades, renúncias e dor por perder pessoas muito queridas e amadas. Houve momentos de sacrifício, desânimo e descrença, portas se fechando na aquisição dos dados, mas posso dizer que mesmo sendo esta a terceira reestruturação desta Tese, a chama da Perseverança, Esperança e Fé nunca se extinguiram totalmente e esteve sempre alimentada pelo meu Orientador, que não desistiu de acreditar em mim e pela certeza de que nos momentos mais críticos, eu estava sendo amparada pelas Mãos do Pai Maior e pela Espiritualidade.

“O JUSTO - O justo é aquele que pensa com a cabeça do outro. Vê o mundo com os olhos de todos. Sua visão nunca é própria, sua perspectiva de mundo é coletiva. A particularidade de sua vida é sempre pequena. É norteador pelo coletivo e o obedece. Suas decisões são firmes, porém serenas. Sua iluminação reside na Fé Divina. Seu ofício é a obra da moral do Criador. Seu compromisso é a evolução do ser humano. Bem vindo seja!”. (Miguel Luiz Ribeiro Ferreira/ Demétrius 08/01/2005).

*“...o risco é uma opção, e não um destino.
É das ações que ousamos tomar, que
dependem o nosso grau de liberdade de
opção”. (Peter L. Bernstein, 1997, p.8)*

*“A incerteza inevitável do futuro sempre
nos impedirá de banir totalmente o
destino de nossas esperanças e temores.”
(Peter L. Bernstein, 1997, p. 71).*

RESUMO

A Indústria da Construção tem passado por vários processos de mudança em relação à competitividade no ambiente empresarial, onde o produto gerado além de ser único, apresenta características multidisciplinares complexas e que envolvem “*expertise*” de vários profissionais. Da mesma forma, a velocidade com que vem ocorrendo as mudanças tecnológicas em advento à rapidez ao acesso de informações em nível global, contribuíram para que houvesse o aprimoramento e a revisão dos conceitos das empresas deste setor em relação ao gerenciamento dos seus empreendimentos. Estas empresas passam a ter que tomar decisões a fim de gerenciar e administrar as incertezas e os riscos que envolvem seus empreendimentos, sendo exigida dos gestores a adoção de instrumentos cada vez mais eficazes e flexíveis na tomada de decisão, que auxiliem de maneira simples e eficaz o tratamento de problemas complexos, sem que o investimento em tempo e custo seja alto e que acima de tudo façam com que se cumpram os objetivos de sucesso estabelecidos no projeto. Neste contexto, grandes empresas da área de fabricação de estruturas metálicas têm investido em equipamentos de última geração, em tecnologia de processos e engenharia, além de um intenso programa de formação e aperfeiçoamento da mão de obra, a fim de atender à demanda deste mercado de projetos e preparar-se para conquistar e participar dos programas de investimento em infraestrutura pública. Como estes projetos envolvem eventos de alto risco e inúmeras incertezas, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia de avaliação de risco na estimativa do custo de um empreendimento de construção e montagem de estrutura metálica, sob o ponto de vista da contratada. Esta tese será dividida em duas etapas: na primeira etapa os dados serão levantados através da revisão bibliográfica para a construção do referencial teórico, da aplicação do questionário e da análise documental do estudo de caso único. Com base nos resultados obtidos serão listados os fatores de risco mais comuns observados em cada uma das fases de um projeto de construção e montagem. Na segunda etapa será proposto e aplicado um modelo de análise de risco utilizando as seguintes técnicas: Simulação de Monte Carlo e, posteriormente, a Análise de Sensibilidade.

Palavras-chave: Análise de Risco, Custo do Projeto, Estrutura Metálica, Construção e Montagem.

ABSTRACT

The construction industry has gone through various processes of change in relation to competitiveness in the business environment, where the product generated in addition to being unique, complex and multidisciplinary presents characteristics that involve the expertise of many professionals. Likewise, the speed at which technological change has occurred in the advent of faster access to information globally, has contributed to the improvement and revision of concepts of the companies in this sector in relation to the management of their enterprises. These companies now have to make decisions to manage and administer the uncertainties and risks involved in their projects, and required the adoption of management tools more effective and flexible decision-making, facilitating a simple and effective way treatment of complex problems, without the investment in time and cost is high and that above all to do that successfully meet the goals established in the project. In this context, large firms in the area of manufacturing of Steel Structures have invested in the latest equipment, technology and process engineering, as well as an intensive program of training and improvement of labor, in order to meet the demands of this market project and prepare to win and participate in programs of investment in public infrastructure. Since these projects involve high-risk events and numerous uncertainties, the objective is to develop a methodology for risk assessment in estimating the cost of a building project structure and assembly wire from the point of view of the contractor.

The thesis was developed in two stages: the first step the data was collected through literature review for the construction of theoretical framework, the questionnaire and document analysis of a single case study. Based on the results obtained in the first step is proposed to list the risk events more common observed in each one of the stages of the Industrial construction and fabrication project. In the second stage to propose and to apply a model risk analysis using the following techniques: Monte Carlo Simulation and then the Sensitivity Analysis.

Keywords: Risk Analysis, Project Cost, Steel Structure, Assembly and Construction.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA, p. 3

AGRADECIMENTOS, p. 4

EPIÍGRAFE, p. 7

RESUMO, p. 8

ABSTRACT, p. 9

SUMÁRIO, p. 10

LISTA DE FIGURAS, p. 16

LISTA DE QUADROS, p. 19

LISTA DE TABELAS, p. 21

LISTA DE SIGLAS, p. 22

1 INTRODUÇÃO, p. 24

1.1 APRESENTAÇÃO, p. 24

1.2 JUSTIFICATIVA, p. 28

1.3 RELEVÂNCIA, p. 30

1.4 OBJETO DA PESQUISA, p. 32

1.5 OBJETIVO DA PESQUISA, p. 33

1.6 ESTRUTURA DA TESE, p. 34

2 REFERENCIAL TEÓRICO: GERENCIAMENTO DE RISCO EM EMPREENDIMENTOS, p. 36

2.1	METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS,	p. 36
2.2	RISCO EM EMPREENDIMENTOS,	p. 38
2.2.1	Definição de risco,	p. 38
2.2.2	Definição de incerteza,	p. 39
2.2.3	Riscos em empreendimentos,	p. 41
2.2.4	Atitudes, tomada de decisão, e exposição face ao risco,	p. 44
2.2.5	Teoria da utilidade e as atitudes face ao risco,	p. 45
2.3	MODELOS DE GERENCIAMENTO DE RISCO,	p. 48
2.4	TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO,	p. 53
2.4.1	Técnicas de identificação de risco,	p. 53
2.4.2	Análise de risco em empreendimentos,	p. 56
2.5	ANÁLISE DE RISCO UTILIZANDO AS TÉCNICAS QUANTITATIVAS APLICADAS EM PROJETOS,	p. 60
2.5.1	Análise ou Teste de Sensibilidade,	p. 60
2.5.2	Análise de Probabilidade,	p. 65
2.5.3	Simulação de Monte Carlo,	p. 68
3	REFERENCIAL TEÓRICO: ESTRUTURA METÁLICA,	p. 77
3.1	INTRODUÇÃO,	p. 77
3.2	ESTRUTURA METÁLICA,	p. 78
3.2.1	Recursos físicos para a montagem,	p. 79
3.2.1.1	Mão de obra,	p. 80
3.2.1.2	Equipamentos,	p. 80
3.2.1.3	Materiais,	p. 82
3.2.2	Fabricação em campo da estrutura metálica,	p. 84
3.2.3	Montagem de Estrutura Metálica,	p.94
3.2.4	Comissionamento,	p. 96
3.3	PRODUTIVIDADE – DEFINIÇÕES,	p. 100
3.4	MÉTRICAS E INDICADORES DE PRODUTIVIDADE,	p. 105
3.5	GERENCIAMENTO DE CUSTO EM PROJETO,	p. 110
3.6	PREÇO EM PROJETOS,	p. 118
3.6.1	Proposta Comercial,	p. 118
3.6.2	Proposta Técnica,	p. 123
3.6.3	Qualificações,	p. 123

3.7 CONTRATOS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO E MONTAGEM INDUSTRIAL, p. 124

3.7.1 Contratos “TURNKEY”, p. 124

3.7.2 Contratos “EPC”, p. 125

3.7.3 Contratos a preço fixo (serviços, material e mão de obra) por valor global e por valor unitário, p. 127

3.7.4 Contrato por empreitada parcial ou integral, p. 129

3.7.5 Contratos por administração, p. 131

3.7.6 Contratos por aliança e máximo garantido divisão do economizado, p. 132

4 METODOLOGIA DA PESQUISA, p. 133

4.1 CONSTRUÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA, p. 133

4.2 CONSTRUÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO, p. 134

4.3 RESULTADO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, p. 136

4.4 REALIZAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO, p. 137

4.4.1 Estruturação da pesquisa de campo, p. 137

4.4.2 FASE 01 (Diagnóstico), p. 139

4.4.2.1 Adequação e objetivos da pesquisa, p. 139

4.4.2.2 Métodos de pesquisa, p. 140

4.4.2.3 Critérios de seleção da amostra, p. 141

4.4.2.4 Seleção da amostra do estudo de caso único, p. 143

4.4.2.5 Critérios para elaboração do questionário, p. 144

4.4.2.6 Elaboração do questionário, p. 145

4.4.2.7 Procedimento de campo, p. 145

4.4.2.8 Tratamento dos dados, p. 145

4.4.3 Metodologia de Análise de Risco em Obras de Estruturas Metálicas (FASE 02 – Experimento), p. 146

5 ESTUDO DE CASO ÚNICO, p. 151

5.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO ÚNICO, p. 151

5.2 DADOS DO CENTRO DIAGNÓSTICO E TORRE PARA ELEVADORES – FASES DO PROJETO, p. 152

5.3 DEFINIÇÃO DAS RESPONSABILIDADES DA CONTRATANTE E DA CONTRATADA EM CADA UMA DAS FASES DO EMPREENDIMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA, p. 165

5.4 EVENTOS DE RISCO OCORRIDOS EM CADA UMA DAS FASES DO EMPREENDIMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA, p. 168

5.4.1 Eventos de Risco - Projeto Básico e Detalhado, p. 168

5.4.2 Eventos de Risco - Suprimento, p. 169

5.4.3 Eventos de Risco - Construção e Montagem, p. 170

5.5 RISCOS EXTERNOS, p. 171

6. PROPOSTA DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO EM PROJETOS DE ESTRUTURA METÁLICA, p. 174

6.1 INTRODUÇÃO, p. 174

6.2 DEFINIÇÃO DE MODELO, p. 175

6.3 DIRETRIZES GERAIS PARA UM MODELO DE ANÁLISE DE RISCO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM, p. 176

6.4 FATORES DE RISCO NAS FASES DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM, p. 178

6.4.1 Fatores de risco da fase do projeto básico de engenharia, p. 179

6.4.2 Fatores de risco da fase do projeto detalhado de engenharia, p. 181

6.4.3 Fatores de risco da fase de suprimento, p. 183

6.4.4 Fatores de risco da fase de construção e montagem, p. 186

6.4.5 Fatores de risco da fase de comissionamento, p. 189

6.4.6 Fatores de risco externos do projeto de construção e montagem, p. 191

6.5 NATUREZA E RESPONSABILIDADE DOS FATORES DE RISCO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM, p. 192

6.5.1 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contrato “TURNKEY”, p. 193

6.5.2 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contrato “EPC”, p. 195

6.5.3 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contratos a preço fixo (serviço, material e mão de obra) por valor global e por valor unitário, p. 196

6.5.4 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contratos a preço fixo por empreitada parcial (estudo de caso), p. 198

6.6 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM, p. 200

6.6.1 Custo da Fase do Projeto de Engenharia, p. 201

6.6.2 Custo da Fase de Suprimento, p. 206

6.6.3 Custo da Fase de Construção e Montagem, p. 209

6.6.4 Custo da Fase de Comissionamento, p. 213

6.6.5 Custos Extras, p. 215

6.7 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATOS “TURNKEY”, p. 216

6.8 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATOS “EPC”. p. 217

6.9 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATOS À PREÇO FIXO (BENS, MATERIAIS E MÃO DE OBRA) POR VALOR GLOBAL E POR VALOR UNITÁRIO, p. 218

6.10 PROPOSTA DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO DO ESTUDO DE CASO SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATO A PREÇO FIXO POR EMPREITADA PARCIAL, p. 219

7 ADEQUAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO AO ESTUDO DE CASO, p. 221

7.1 AVALIANDO E QUANTIFICANDO O RISCO, p. 221

7.2 ESTUDO DE CASO – LEVANTAMENTO DAS VARIÁVEIS DE CUSTO DO PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA, p. 223

7.2.1 Levantamento dos dados gerais, p. 223

7.2.2 Levantamento dos dados da mão de obra direta e mão de obra indireta, p. 224

7.2.3 Levantamento do índice de produtividade, p. 225

7.2.4 Levantamento dos dados de materiais e equipamentos, p. 226

7.2.5 Levantamento dos custos extras, p. 227

7.3 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO NA ESTIMATIVA DO CUSTO EM PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA, p. 227

7.3.1 Apresentação da planilha de comandos @RISK, p. 229

7.3.2 Rodando o modelo de análise de risco no @RISK, p. 230

7.3.2.1 Ajuste de Distribuição, p. 230

7.3.2.2 Ajuste da configuração da simulação dos dados, p. 232

7.3.2.3 Resultado da simulação dos dados do modelo de análise de risco da estimativa de custo da obra de estrutura metálica, p. 234

7.3.3 Análise da aplicação do modelo de análise de risco e dos resultados, p. 250

8 CONCLUSÃO, p. 254

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS, p. 257

10 APÊNDICES, p. 268

10.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA p. 269

10.2 QUESTIONÁRIO, p. 280

10.3 AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DOS DADOS, p. 288

10.4 SUMÁRIO DOS RESULTADOS DE CONVERGÊNCIA PARA SIMULAÇÃO DE 1000; 5000; 10000; 20000; 30000 E 35000 ITERAÇÕES, p. 290

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 2.1 Inter-relacionamento entre as Fases do Projeto, f. 37
- Fig. 2.2 Curvas de Utilidade, f. 46
- Fig. 2.3 Detalhamento do Processo de Gestão de Risco, f. 52
- Fig. 2.4 Modelo de Estrutura Analítica de Risco, f. 55
- Fig. 2.5 Modelo de Estrutura Analítica Hierárquica de Risco, f. 56
- Fig. 2.6 Avaliação e Quantificação de Riscos, f. 58
- Fig. 2.7 Matriz de Probabilidade X Impacto, f. 59
- Fig. 2.8 Exemplo do Diagrama de Aranha, f. 64
- Fig. 2.9 Curva de Frequência Acumulada e Histograma do Prazo, f. 75
- Fig. 3.1 Exemplo da Estrutura Analítica do Projeto de Montagem de Estruturas Metálicas, f. 116
- Fig. 4.1 Estruturação do Desenvolvimento da Pesquisa, f. 139
- Fig. 4.2 Estrutura Analítica Hierárquica de Risco do Estudo de Caso Único, f. 149
- Fig. 5.1 Estrutura Metálica do Centro de Diagnósticos, f. 153
- Fig. 5.2 Estrutura Metálica do Centro de Diagnósticos, f. 154
- Fig. 5.3 Vista frontal dos pilares e vigas em estrutura metálica do Centro de Diagnósticos, f. 155
- Fig. 5.4 Vista das ligações dos pilares e vigas em estrutura metálica do Centro de Diagnósticos, f. 157
- Fig. 5.5 Vista do içamento da peça estrutural do Centro de Diagnósticos, f. 158
- Fig. 5.6 Tirfor utilizado no içamento das peças estruturais, f. 159

- Fig. 5.7 Detalhe da soldagem do olhal na viga V6, f. 160
- Fig. 5.8 Vista da viga V6 sendo transportada horizontalmente para os seus apoios, f. 160
- Fig. 5.9 Vista de um tirfor utilizado no içamento das peças estruturais, f. 161
- Fig. 5.10 Vista do detalhe da distribuição dos cabos de aço em uma das extremidades da viga V9, f. 162
- Fig. 5.11 Vista aérea da estrutura metálica do 5º pavimento do Centro de Diagnósticos, f. 163
- Fig. 5.12 Finalização da obra do Centro de Diagnósticos e Torre de Elevadores, com caixa de Elevadores, f. 163
- Fig. 5.13 Estatística dos dias de afastamento do trabalho x função, f. 170
- Fig. 6.1 Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem, f. 194
- Fig. 6.2 Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem, f. 195
- Fig. 6.3 Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem, f. 196
- Fig. 6.4 Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem, f. 197
- Fig. 6.5 Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem, f. 197
- Fig. 6.6 Responsabilidade da contratante/contratada em relação à fase de construção e montagem, f. 227
- Fig. 7.1 Planilha do Excel já integrada ao programa @RISK, f. 230
- Fig. 7.2 Ajuste de Distribuição de Dados, f. 231
- Fig. 7.3 Configuração da Simulação de Monte Carlo, f. 232
- Fig. 7.4 FPA do Custo do Hh da MOD, f. 236
- Fig. 7.5 FPA do Índice de Produtividade, f. 236
- Fig. 7.6 FPA do Custo Total da MOD, f. 238
- Fig. 7.7 Gráfico de Radar do Hh MOD e do Índice de Produtividade x Custo total da MOD, f. 239
- Fig. 7.8 FPA do custo do Hh da MOI, f.241

- Fig. 7.9 FPA do custo total da MOI, f. 241
- Fig. 7.10 Gráfico de Radar do custo total da MOI x custo total da obra de CM, f. 242
- Fig. 7.11 FPA do Preço Total de Equipamentos e Materiais, f. 243
- Fig. 7.12 Gráfico de Radar do Preço de Equipamentos e Materiais x custo total da obra de CM, f. 243
- Fig. 7.13 FPA do Custo Extra (%), f. 244
- Fig. 7.14 Gráfico de Radar do Custo Extra x custo total da obra de CM, f. 244
- Fig. 7.15 FPA do custo total da obra de CM, f. 246
- Fig. 7.16 Gráfico de radar do custo total da obra de CM, f. 246
- Fig. 7.17 FPA do custo da obra de CM/kg, f. 247
- Fig. 7.18 Gráfico de radar do custo da obra de CM/kg, f. 248
- Fig. 7.19 Gráfico de tornado do custo da obra de CM/kg, f. 248
- Fig. 7.20 FPA do custo da obra/ kg considerando o preço de venda praticado pela FORRM, f. 249

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Situação/ Cenários da Análise de Sensibilidade, f. 62
Quadro 4.1	Palavras chave utilizadas na pesquisa bibliográfica, f. 135
Quadro 5.1	Levantamento dos quantitativos da estrutura metálica, f. 164
Quadro 5.2	Alocação dos Riscos em Projetos de Construção Internacionais, f. 166
Quadro 5.3	Responsabilidades da Contratante/Contratada em cada uma das fases do projeto de estrutura metálica em aço, f. 168
Quadro 5.4	Estatística de afastamento do trabalho em total de horas, f. 171
Quadro 5.5	Fontes externas de risco do estudo de caso, f. 172
Quadro 5.6	Fontes internas de risco do estudo de caso, f. 173
Quadro 6.1	Eventos de Risco do Projeto Básico de Engenharia, f. 180
Quadro 6.2	Eventos de Risco do Projeto Detalhado de Engenharia, f. 182
Quadro 6.3	Eventos de Risco da Fase de Suprimento, f. 184
Quadro 6.4	Eventos de Risco da Fase de Construção e Montagem, f. 187
Quadro 6.5	Eventos de Risco da Fase de Comissionamento, f. 190
Quadro 6.6	Eventos de Risco Externo Comuns do Projeto de Construção e Montagem, f. 192
Quadro 7.1	Custo médio do R\$/Hh da mão de obra direta e indireta, f. 225
Quadro 7.2	Levantamento do Índice de Produtividade, f. 226
Quadro 7.3	Dados da MOD e MOI que serão simulados após tratamento estatístico, f. 228
Quadro 7.4	Dados do preço equipamentos, preço materiais e custos extras que serão simulados após tratamento estatístico, f. 229
Quadro 7.5	Resultado da FPA do custo do Hh da MOD, IP e custo total da MOD, f. 237
Quadro 7.6	Resultado da FPA do custo do Hh da MOI. Custo total de equipamento e material, e custo extra, f. 240
Quadro 7.7	Resultado da FPA do custo total da obra de CM e do custo da obra/kg, f. 245

Quadro 10.1.1	Resultado da Pesquisa bibliográfica, f. 269
Quadro 10.1.2	Resultado da Pesquisa bibliográfica, f. 270
Quadro 10.1.3	Resultado da Pesquisa bibliográfica, f. 271
Quadro 10.1.4	Resultado da Pesquisa bibliográfica, f. 272
Quadro 10.1.5	Levantamento da Pesquisa Bibliográfica, f. 274
Quadro 10.1.6	Levantamento da Pesquisa Bibliográfica, f. 275
Quadro 10.1.7	Levantamento da Pesquisa Bibliográfica, f. 276
Quadro 10.1.8	Levantamento da Pesquisa Bibliográfica, f. 277
Quadro 10.1.9	Levantamento da Pesquisa Bibliográfica, f. 278
Quadro 10.1.10	Levantamento da Pesquisa Bibliográfica, f. 279
Quadro 10.4.1	Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 1.000 iterações, f. 290
Quadro 10.4.2	Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 5.000 iterações, f. 291
Quadro 10.4.3	Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 10.000 iterações, f. 292
Quadro 10.4.4	Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 20.000 iterações, f. 293
Quadro 10.4.5	Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 30.000 iterações, f. 294
Quadro 10.4.6	Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 35.000 iterações, f. 295

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Características dos Principais Processos de Soldagem, f. 93

TABELA 5.1 – Dados Gerais e Específicos das Obras em Estrutura Metálica em Aço,
f. 164

LISTA DE SIGLAS

ABCEN	Associação Brasileira da Construção Metálica
ABEMI	Associação Brasileira de Engenharia Industrial
ABNT/NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	Análise Hierárquica de Processo
AMD	Apoio Multicritério a Decisão
AS/NZS	Standards Australia/ New Zealand Standard
ASTM	American Society for Testing Materials
BSI	British Standard Institute
CII	Construction Industry Institute
COMPERJ	Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DIN	Deutsches Institut für Normung
EAHR	Estrutura Analítica Hierárquica de Risco
EPC	Engineering, Procurement and Construction
EPC	Equipamento de Proteção Coletivo
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEED	Front End Engineering Design
FGV	Fundação Getúlio Vargas
HRBS	Hierarchical Risk Breakdown Structure
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBMEC	Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais
INCC	Índice Nacional do Custo da Construção
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	International Organization for Standardization
LM	Lista de Materiais

MOA	Mão de Obra de Apoio
MOD	Mão de Obra Direta
MOI	Mão de Obra Indireta
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PMI	Project Management Institute
PROMINP	Programa de Mobilização Nacional de Petróleo e Gás Natural
QSMS	Gestão Integrada de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente e Saúde.
RCM	Revista Construção Metálica
RPM	Risk Management Process
RSB	Risk Breakdown Structure
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção
VME	Valor Monetário Esperado

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Atualmente, no Brasil, a indústria da construção, tanto nos segmentos da construção civil como no de montagem industrial, vislumbra um mercado em grande ascensão e crescimento em relação às demandas de empreendimentos de médio e longo porte advindas do setor público e do setor privado. Estes segmentos têm passado por vários processos de revisão em seus conceitos e adequação em relação à competição do ambiente empresarial, uma vez que os produtos por eles gerados apresentam características multidisciplinares e tecnológicas complexas, envolvendo a “*expertise*” de vários profissionais, sendo exigidos pelo mercado resultados com desempenho cada vez mais rápido e eficaz.

Alterações tecnológicas, que antes levavam décadas para serem implantadas, hoje são desenvolvidas em questão de horas. A velocidade com que vêm ocorrendo essas mudanças tecnológicas, sua crescente complexidade e as inovações delas advindas, além do rápido acesso à multiplicidade de informações verificada na atualidade, são fatores que propiciam o aprimoramento e a revisão dos conceitos das empresas voltadas para a indústria da construção em relação ao gerenciamento dos seus projetos.

De acordo com TNTYRE, “*o tempo não espera ninguém, e em nenhum outro lugar isso é tão real quanto no gerenciamento de projetos*” (apud VARGAS, 2005, p. 3.).

Segundo MOTA (2005), em geral a indústria da construção apresenta projetos cujas características básicas se constituem na alta complexidade, na unicidade e nas incertezas. Essas incertezas estão presentes principalmente no prazo e no custo estimado do projeto. Entretanto, outra característica a ser considerada é a complexidade multidisciplinar dos envolvidos no projeto, pois é preciso programar e gerenciar suas inúmeras atividades, com um contingente humano heterogêneo e diferentes capacidades. Da mesma forma, a autora menciona serem comuns as diferenças entre o planejado e o efetivamente executado, devendo ser consideradas as influências externas que acabam por ocasionar imprevistos ao projeto e a seus objetivos estabelecidos.

Outro fator que impulsiona o gerenciamento de projetos é o crescimento da competitividade, pois aquele que for mais rápido e competente conseguirá melhores resultados (VARGAS, 2005).

Esse autor menciona ainda que diante da pressão num contexto de mudanças, complexidades tecnológicas e multidisciplinaridade de competências, é preciso que as empresas apresentem resultados cada vez melhores em relação à qualidade e com menos custo e prazo na finalização de um projeto (ibid., 2005).

O gerenciamento de projetos consiste na alocação de pessoas com a aplicação de técnicas e combinação de sistemas necessários à administração dos recursos indispensáveis para que os objetivos do projeto estabelecidos inicialmente sejam atingidos com sucesso (DINSMORE, 1992). Nesse contexto, KERZNER (2002) diz que a partir de 1996 as empresas do Primeiro Mundo perceberam a necessidade de introduzir o gerenciamento de risco no planejamento e gestão de projetos, cujo objetivo é o de identificar, avaliar, gerenciar e controlar os riscos que sejam adversos às metas estabelecidas no projeto. Segundo esse autor, à medida que as empresas promovem a melhoria contínua na gestão de projetos, há o aumento de trabalho. Consequentemente, essas empresas recebem inúmeros contratos que irão condicioná-las a inúmeros compromissos.

Se antes a responsabilidade resumia-se à entrega do produto no prazo estabelecido, agora essas empresas passam a responder muitas vezes não somente pelo projeto, mas também pela instalação, pelo lançamento e até mesmo

por um atendimento contínuo ao cliente, ou seja: houve o aumento da responsabilidade, das incertezas e dos riscos em relação aos projetos por elas gerenciados. Desse modo, as empresas passam a ter que tomar decisões a fim de administrar essas incertezas e riscos num mercado cada vez mais exigente e competitivo. Assim, segundo COSTA (2005), é exigida dos gestores a adoção de instrumentos cada vez mais eficazes e flexíveis na tomada de decisão, que auxiliem de maneira simples e eficaz o tratamento de problemas complexos sem que o investimento em tempo e custo seja alto e que contribuam para que os objetivos estabelecidos inicialmente no projeto estejam conforme o planejado.

Entretanto, a indústria da construção tem apresentado um déficit em relação ao gerenciamento de risco de seus projetos que causa grandes falhas em relação ao prazo, custo e qualidade (DEY & OGUNLANA, 2004).

A implantação das práticas de gerenciamento de risco em empreendimentos da indústria da construção, se comparada com a da indústria petroquímica, de tecnologia da informação, de defesa e aeroespacial, continua lenta; mas tais práticas passaram a ser incorporadas nesses últimos anos no escopo da gestão de projetos (MARTINS, 2006; DEY & OGUNLANA, 2004; CHAPMAN, 1998).

No entanto, houve o reaquecimento da área de Construção e Montagem Industrial, que assume grande relevância no setor dos serviços de engenharia (FERREIRA, 2007). Assim, segundo FERNANDES (2005), este setor apresenta um expressivo efetivo empregando gerente de projetos, engenheiros, técnicos e mão de obra especializada em geral, presentes nos mais diversos setores da indústria: siderurgia, petróleo, petroquímica, gás, telecomunicações, mineração, energia elétrica, energia atômica, fabricação e montagem de estruturas de edifícios em geral.

Adicionalmente, houve o crescimento dos empreendimentos no segmento da construção industrial no Brasil, com a descoberta de novas reservas provadas de petróleo e gás natural. Em novembro de 2007, a Petrobras localizou uma nova reserva de gás e petróleo na Bacia de Santos, o Poço de Tupi, e houve a descoberta do pré-sal, intensificando desse modo a solicitação de projetos nessa área (JUNIOR, 2007).

É importante ressaltar que o mercado da área de Construção Civil está em ascensão devido à demanda dos programas habitacionais do governo, tais como Minha Casa, Minha Vida, Vila Dignidade, Cidade Melhor, Água e Luz para Todos, Transporte e Energia, inclusos no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC).

No 4º Relatório Nacional de Acompanhamento dos Objetivos e Desenvolvimento do Milênio ocorrido em março de 2010, o Ministério das Cidades apresentou um relatório com um déficit habitacional em torno de 5,8 milhões de moradias (CONSTRUÇÃO METÁLICA, v. 97, 2010). Entretanto, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o déficit habitacional estaria em torno de 7,2 milhões de moradias. Além desta grande demanda, é necessário salientar todas as demais grandes obras que estão envolvendo a Copa de 2014, os Jogos Olímpicos de 2016, o Trem Bala, entre outras (ibid., v. 97, 2010).

Assim, os projetos desse porte, além de serem multidisciplinares, apresentam um grau de complexidade, riscos e incertezas que requer um gerenciamento no decorrer de todo o seu ciclo de vida, a fim de que os objetivos propostos no seu planejamento sejam cumpridos. VARGAS (2005) menciona que o foco desse gerenciamento baseia-se em atender às prioridades e aos objetivos do projeto em eventos caracterizados pela novidade, dinâmica ambiental e complexidade.

Segundo o levantamento bibliográfico de MORANO (2003), verificou-se que a utilização das técnicas de análise de risco na implantação de projetos de construção é aplicada ainda de forma incipiente na indústria da construção brasileira, nos seus mais variados ramos. Entretanto, observa-se que no Brasil existe um grande aumento do interesse sobre o gerenciamento de riscos em projetos e no domínio do conhecimento sobre a utilização das técnicas de análise de riscos em particular. Isso ocorre devido à difusão da metodologia para gerenciamento de projetos proposta pelo “*Project Management Institute*” (PMI), que estabelece como um de seus subprocessos o processo de gerenciamento de riscos, sendo que a aplicação das técnicas de análise de risco é uma das suas principais ferramentas. Neste contexto, verifica-se que empresas de grande porte da indústria da construção, tais como Petrobras, Eletrobrás, Construtora Andrade Gutierrez, Promon e Odebrecht, entre outras, no gerenciamento de seus projetos vêm desenvolvendo o

gerenciamento de risco. Contudo, tais empresas estão em fase inicial em relação à aplicabilidade das técnicas de análise e avaliação de riscos além da proposta de uma metodologia que sirva como ferramenta de auxílio na tomada de decisão. (Ibid., 3003).

1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com CLELAND (apud VARGAS, 2005, p. 3) “*o gerenciamento de projetos será utilizado para gerenciar as mudanças em todas as infraestruturas sociais em todos os países, desenvolvidos ou não*”, além de propiciar o crescimento da competitividade e servir como administrador das complexas e velozes mudanças tecnológicas. Seguindo essa dinâmica, o gerenciamento de risco constitui-se em um dos processos da gestão de projetos e possibilita melhor compreensão do empreendimento, envolvendo toda a equipe, a fim de identificar os potenciais eventos de risco desse projeto e responder a eles, transformando-os em oportunidades dentro de um espectro de incertezas. Nesse sentido, verifica-se por meio do levantamento bibliográfico que o gerenciamento de risco na indústria da construção nacional está em fase inicial e que são necessários estudos, não somente para disseminar o conhecimento teórico e aplicativo das técnicas de análise de risco, mas também de modo a contribuir para que o gerenciamento de riscos em empreendimentos de uma forma geral, e, principalmente nos empreendimentos de grande porte e alta complexidade, atinjam graus de desempenho e certeza cada vez maiores, transformando as incertezas em oportunidades.

Da mesma forma, estimar o custo de um projeto e fazer com que seja executado dentro do orçamento inicialmente estabelecido constitui-se um grande desafio, envolvendo inúmeros riscos que deverão ser administrados durante todo o ciclo de vida desse projeto até a sua finalização.

De acordo com FERNANDES (2005, p. 283), “*o confronto entre os custos orçados e os contabilizados constitui o fundamento básico do controle de custo*” em um projeto. O autor acrescenta que essa contabilização dos custos irá fornecer informações fundamentais para o estabelecimento, o controle e a atualização dos índices de custo e produtividade, gerando maior confiabilidade e rapidez na

realização de orçamentos futuros e aumento da competitividade junto às empresas concorrentes.

Da mesma forma, o planejamento em uma obra de construção e montagem dá origem ao orçamento itemizado e distribuído ao longo de um determinado tempo, o que nesse tipo de projeto irá contribuir para atender a três objetivos: conhecer os recursos necessários para a construção e execução da montagem; fornecer informações para o cálculo do preço de venda a ser apresentado em uma proposta comercial para o cliente; facilitar o controle físico financeiro da obra por meio da comparação entre o previsto e o realizado. (PINHO, 2005). O autor menciona ainda que o engenheiro responsável pela construção e montagem costuma gerenciar o impossível, pois ele tem duas certezas: a primeira é que o planejamento e o orçamento não serão cumpridos à risca; a segunda é que sem eles sua tarefa seria destinada ao fracasso. *“Os orçamentos das obras de montagem são o reflexo da atividade em si: possui riscos e incertezas o suficiente para que alguém se arrisque a executá-la sem planejamento”* (Ibid., 2005, p. 122). Desse modo, identificar, avaliar e monitorar os riscos que envolvem os custos de um projeto de construção e montagem contribuirá para que os objetivos de sucesso do projeto sejam atingidos o mais próximo possível do planejado e do orçado.

FERNANDES (2005) constatou que na área da Indústria de Construção e Montagem há grande carência de literatura técnica em relação tanto à literatura nacional como à estrangeira. Constatou-se que são as empresas que desenvolvem documentação própria a respeito, porém não a divulgam, pois na maioria das vezes utilizam essas informações para estabelecerem o preço de seus projetos. Essa carência aumenta quando se buscam informações em relação a metodologias de avaliação de risco de seus empreendimentos, principalmente em relação aos custos.

Conforme mencionado anteriormente, o setor da indústria da construção nos segmentos da Construção Civil e Montagem Industrial vêm sendo mobilizado devido à crescente demanda por empreendimentos de médio e grande porte. Isso se deve não somente aos programas habitacionais do governo para a aceleração do crescimento do país, da perspectiva da Copa de 2014 e dos jogos Olímpicos de 2016, mas também à expansão da indústria – principalmente dos setores de

mineração, siderurgia e petroquímica – e aos investimentos no setor de Óleo & Gás, que se intensificaram com as descobertas das jazidas do pré-sal.

Diante dessa grande demanda e do crescimento na área da Indústria da Construção, na qual os projetos apresentam complexidade e multidisciplinaridade, além dos riscos e incertezas recorrentes, e em que inúmeras decisões têm que ser tomadas para administrar esses eventos, o presente trabalho objetiva desenvolver uma metodologia de análise de risco para avaliar a estimativa de custo da construção e montagem de uma obra de estrutura metálica em aço.

1.3 RELEVÂNCIA

Com o aquecimento desse mercado promissor, alguns dos principais fabricantes de estruturas metálicas do país – Metasa, Medabil, Brafer, Codeme e ICEC, entre eles – vêm investindo, nos últimos cinco anos, em equipamentos de última geração, tecnologia de processos e engenharia, além de um intenso programa de formação e aperfeiçoamento da mão de obra. Investimentos que, em alguns casos, representaram a duplicação da capacidade de produção. Outros fabricantes de médio e pequeno porte, seguindo essa tendência, também se dedicaram a modernizar suas linhas de produção, ampliando assim a capacidade do setor como um todo. E isso inclui as demais indústrias que integram a cadeia de fornecimento do aço: fabricantes de coberturas, fechamentos internos e externos, parafusos e outros elementos de fixação, galvanizadores, fabricantes de tintas e materiais de proteção, para destacar algumas (CONSTRUÇÃO METÁLICA, v. 102, 2011). De acordo com estimativas da Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM), o segmento brasileiro da construção em aço movimentou em 2010 aproximadamente 1,8 milhão de toneladas de aço e gerou 92.800 empregos diretos: 51.400 na fabricação de estruturas, 35.000 na montagem, 2.100 no setor de galvanização e 4.300 no de coberturas. O setor siderúrgico também vem se mexendo para acompanhar e garantir o fornecimento do aço de que o país vai precisar. Em 2010, a produção brasileira de aço bruto foi estimada pelo Instituto Aço Brasil em 32,8 milhões de toneladas, um crescimento de 23,8% em relação a 2009. As vendas internas apresentaram crescimento de 30,4%, também em relação a 2009. As exportações de produtos siderúrgicos nesse período foram da ordem de 8,7 milhões de toneladas e 5,5 bilhões de dólares, apenas 1% a mais que 2009. O

Instituto Aço Brasil estimou para 2011 um consumo de pelo menos 28,3 milhões de toneladas, 6% a mais do que 2010 (CONSTRUÇÃO METÁLICA, v. 102, 2011).

Assim sendo, o investimento que vem sendo realizado nessa área da construção metálica tem como objetivo, o preparo para conquistar programas de investimento em infraestrutura pública e participar deles. Além disso, houve a retomada dos investimentos de diversos segmentos do setor privado, cuja demanda tem aumentado gradualmente após a crise de 2008, gerando dessa forma uma grande concentração de obras que terão de ser realizadas ao mesmo tempo e que demandam um prazo rígido de execução e conclusão (ibid., v. 102, 2011).

Nesse contexto, os projetos executados em construção metálica em quaisquer segmentos da indústria da construção apresentam algumas vantagens pelas suas características de rapidez e racionalidade, que se traduzem em prazos menores de execução. No entanto, essa grande demanda de obras irá requerer um forte gerenciamento não somente devido à complexidade, à tecnologia e à multidisciplinaridade desses empreendimentos, mas também em relação aos riscos internos e externos que estarão presentes durante todo o ciclo de vida desses projetos, ou seja: o gerenciamento de risco pode ser uma ferramenta de grande auxílio para que os objetivos estabelecidos inicialmente sejam atingidos com sucesso, e para que isso ocorra o mercado necessitará de uma grande demanda de gestores capazes de gerir os riscos e incertezas desses empreendimentos.

O gerenciamento de risco tem apresentado grande relevância na atualidade, em razão da ação da Petrobras, que vem realizando um trabalho junto às empresas do ramo de construção e montagem das quais é cliente, a fim de que elas adotem o modelo do “*Project Management Institute*” (PMI), que prevê o processo de gerenciamento de risco em seus empreendimentos. Observa-se que outras grandes empresas contratantes, tais como as empresas de geração de energia e telecomunicações, têm apresentado a mesma tendência (MORANO, 2003).

Verifica-se ainda que esse assunto apresenta interesse multidisciplinar articulando pesquisadores vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, ao Departamento de Engenharia Mecânica, ao Departamento de Engenharia de Produção e ao Departamento de Engenharia Química, podendo em

futuro próximo agregar ainda outros segmentos vinculados ao Instituto de Matemática e ao Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (UFF).

Assim, em face do aquecimento da indústria da construção e do setor siderúrgico; do investimento dos fabricantes de estrutura; da perspectiva de forte demanda e investimento em projetos de construção; do investimento em capacitação profissional por parte do governo com a criação do PROMINP¹ em 2003; da Petrobras no volume das encomendas de empreendimentos nessa área; das empresas Epcistas que irão atuar nesse mercado; da demanda de profissionais gestores de risco em empreendimentos da indústria da construção, da linha de pesquisa “gerenciamento de risco” que vem para agregar o conhecimento multidisciplinar das várias áreas da engenharia, verifica-se que esse assunto está em crescente processo de pesquisa e desenvolvimento e se apresenta como uma ferramenta de grande auxílio no planejamento, orçamentação, desenvolvimento e conclusão desses projetos.

Finalmente, espera-se que os resultados desta tese contribuam para que o gerenciamento de risco em projetos seja amplamente aplicado em todas as áreas da indústria da construção e que a metodologia de análise de risco proposta possa ser estendida e adequada a outros tipos de empreendimentos. Da mesma forma, essa metodologia ser aplicada na estimativa do custo de uma obra a fim de contribuir para uma maior precisão na elaboração do cálculo do custo inicial em comparação ao custo final dessa obra.

1.4 OBJETO DA PESQUISA

O objeto da pesquisa é analisar os riscos em relação ao custo de projetos da indústria da construção de um modo geral. Assim sendo, os objetivos intermediários dessa pesquisa constituem-se em:

¹ PROMINP – Programa de Mobilização Nacional da Indústria de Petróleo e Gás Natural, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, cujo objetivo é maximizar a participação da indústria nacional de bens e serviços com a implantação de projetos de petróleo e gás natural no Brasil e no exterior (PROMINP, 2009).

- Identificar os fatores de riscos interno e externo que envolvem cada uma das fases de um empreendimento da indústria da construção;
- Verificar as modalidades contratuais usualmente utilizadas nos projetos desse segmento;
- Verificar as técnicas de análise de risco, aplicáveis aos projetos de construção, com foco específico em empreendimentos de estrutura metálica;
- Verificar as variáveis que envolvem o custo de um empreendimento;
- Verificar como é realizada a estimativa de custo nos projetos de construção.

1.5 OBJETIVO DA PESQUISA

O objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo de avaliação de risco especificamente em uma obra de construção e montagem de estrutura metálica, para analisar o risco da contratada ao estimar o custo dessa obra. Assim, busca-se o estabelecimento de quais são os riscos que envolvem empreendimentos dessa natureza, esperando responder à seguinte pergunta:

“Como a contratada pode avaliar o risco na estimativa do custo de um empreendimento de construção e montagem de estruturas metálicas?”

Um dos grandes desafios em um empreendimento é conseguir que o custo final seja igual ou próximo ao inicialmente estimado, ou, fique dentro de uma margem pré-estabelecida. Assim sendo, ao estimar o custo de uma obra, saber o quanto de risco se pode correr na determinação desse valor, irá auxiliar para: determinar se o projeto deve ou não ser aceito, contribuir para que a estimativa do montante inicial do custo da obra esteja próxima do efetivamente gasto, permitir um controle maior dos custos da obra, evitar que o custo seja subestimado e venha a trazer prejuízos ao projeto ou que seja superestimado e impeça a sua execução ou o ganho em uma concorrência por exemplo.

Ao se elaborar a estimativa do custo do empreendimento devem ser levados em conta os fatores de riscos interno e externo, o tipo de contrato e a responsabilidade que cabe a cada um dos envolvidos (contratante e contratada).

A seguir, serão descritos de forma sintetizada a sequência e o escopo de cada capítulo que compõe o presente trabalho.

1.6 ESTRUTURA DA TESE

Capítulo 2 – Revisão da literatura de Gerenciamento de Risco em Empreendimentos, sendo abordados os seguintes assuntos: as principais metodologias de gerenciamento de projeto; a definição de risco e incertezas em empreendimentos; as atitudes e decisão em face da exposição ao risco; a teoria da utilidade; a definição e os principais modelos de gerenciamento de risco em projetos; estrutura analítica de risco em projeto; as técnicas e ferramentas de identificação e análise de risco, em especial a Simulação de Monte Carlo e a Análise de Sensibilidade.

Capítulo 3 – O conceito teórico da literatura de apoio para a compreensão e a conceituação do tema proposto no projeto de tese. Nesse sentido, a bibliografia levantada serve de base para a fundamentação da escolha e do desenvolvimento do assunto proposto. Assim, são discutidos neste capítulo: recursos físicos para a construção e montagem de estruturas metálicas; produtividade; indicadores de produtividade; custo em projetos, preço em projeto e a estrutura analítica de projeto em estruturas metálicas; modalidades contratuais praticadas no segmento de construção e montagem.

Capítulo 4 – Metodologia da Pesquisa: exposição do desenvolvimento da construção do projeto de pesquisa, do levantamento da literatura para a revisão bibliográfica e construção do referencial teórico. Aferição dos resultados parciais obtidos na pesquisa bibliográfica, bem como a organização desses resultados. Após a conclusão desta etapa, o trabalho está dividido em duas Fases: Fase 01 (Diagnóstico) – consiste no desenvolvimento do estudo de caso único com o objetivo de diagnosticar os principais eventos de risco do ponto de vista da contratada em relação à estimativa do custo de construção e montagem de um projeto de estrutura metálica em aço. Os dados foram levantados por meio da elaboração e aplicação de questionário e análise documental. Fase 02 (Experimento) – com base no diagnóstico obtido na Fase 01, será proposto um modelo de análise de risco em projetos de construção e montagem em estrutura metálica na estimativa do custo do

empreendimento. Para desenvolvermos esta proposta, utilizaremos como ferramenta principal o *software @RISK Industrial version 6.0* da Palisade Corporation (PALISADE, 2013).

Capítulo 5 – Pesquisa de campo – detalhamento e descrição do Estudo de Caso Único.

Capítulo 6 – Proposta da Metodologia de Análise de Risco em Projetos de Estrutura Metálica – Definição de Modelo; diretrizes gerais para um modelo de análise de risco em projetos de construção e montagem; fatores de riscos nas fases de projetos de construção e montagem; natureza e responsabilidade dos fatores de risco por modalidade contratual e desenvolvimento do modelo de acordo com o tipo de contrato.

Capítulo 7 – Adequação e Aplicação do Modelo de Análise de Risco ao Estudo de Caso.

Capítulo 8 – Conclusões finais e sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO: GERENCIAMENTO DE RISCO EM EMPREENDIMENTOS

2.1 METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

De acordo com KERZNER (2002, p. 17) o gerenciamento de projetos pode ser definido como o “planejamento, programação e controle de uma série de tarefas integradas de forma a atingir seus objetivos com êxito, para benefício dos participantes do projeto”. Da mesma forma, o PMBOK-PMI (2008, p.8) define o gerenciamento de projetos como sendo a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos. VARGAS (2005) acrescenta que este conjunto de fatores se destina ao controle e monitoramento de eventos não repetitivos, complexos e únicos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados. Neste sentido, é necessário ser definido com clareza o que é um projeto. Assim sendo:

“um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade”.
(ibid., 2005, p.7)

Ou ainda, pode ser é um processo único, consistindo de um conjunto de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo estabelecido conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos. (AS/NZS ISO 8402/1994).

Por outro lado um projeto pode ser dividido em um conjunto de fases de desenvolvimento que é conhecido como ciclo de vida. Assim sendo, de acordo com VARGAS (2005) o ciclo de vida do projeto apresenta cinco fases principais que consistem em:

- Fase de Iniciação do Projeto – reconhecer o início de um projeto ou fase correspondente com o comprometimento da sua execução;
- Fase de Planejamento do Projeto – promover o planejamento para que os objetivos estabelecidos no projeto sejam atingidos;
- Fase de Execução do Projeto – promover a coordenação da equipe, pessoas envolvidas com o projeto e demais recursos para a realização do planejamento;
- Fase de Monitoramento e Controle do Projeto – assegurar que os objetivos estabelecidos do projeto estejam sendo atendidos, através da avaliação, do monitoramento e das ações de correção quando requeridas;
- Fase de Encerramento do Projeto – Formalização da aceitação projeto ou fase correspondente de modo organizado.

A Figura 2.1 mostra o inter-relacionamento entre as fases do ciclo de vida do projeto.

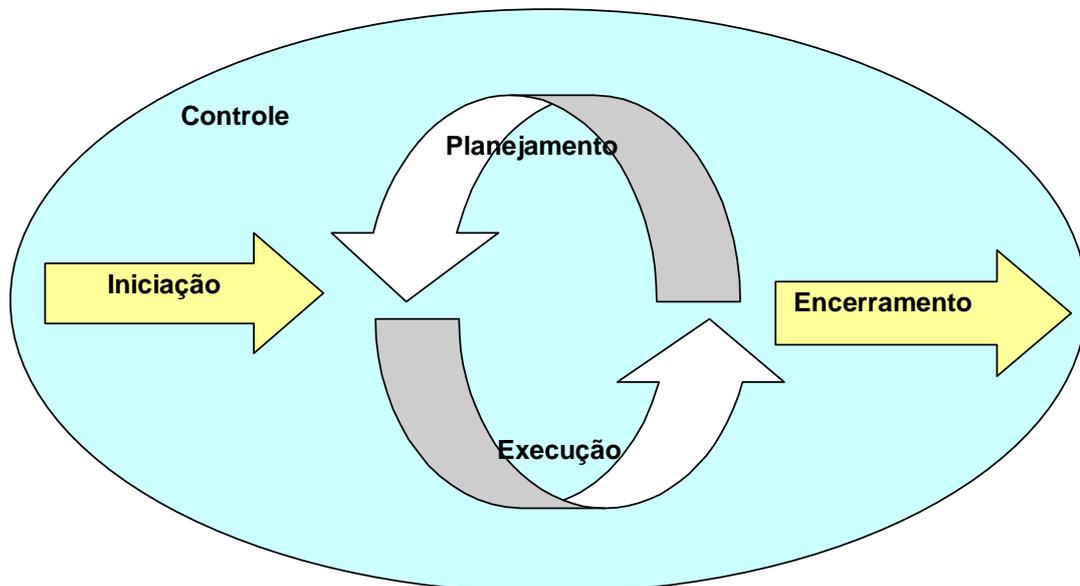


Figura 2.1 – Inter-relacionamento entre as fases do projeto.

Fonte: (PMBOK-PMI, 2004 apud VARGAS, 2005, p. 34).

Da mesma forma, verificam-se na literatura duas principais metodologias de gerenciamento de projetos:

- Tradicional – que considera as ações de gerenciamento do projeto durante o ciclo de vida do projeto. (VALERIANO, 1998)

- Contemporâneo – que considera as ações do gerenciamento de projeto enfocando o ciclo de vida do projeto e o processo de gestão de projeto. Neste caso o processo de gestão de projeto é considerado como sendo um conjunto de sub-processos inter-relacionados entre si (gerenciamento de integração, escopo, tempo, custo, qualidade, recursos humanos, comunicação, risco e aquisições do projeto). Nos modelos de gestão propostos por KERZNER (1998) e PMBOK-PMI (2008), adotam esta metodologia.

O PMBOK-PMI (2008) descreve que o gerenciamento de projeto deve contemplar a fase de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento e incluir:

- Identificação dos requisitos do projeto;
- Adaptação as diferentes necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas de acordo com o andamento do que foi planejado e efetivamente realizado no projeto;
- Equilibrar as restrições conflitantes do projeto que incluem o escopo; cronograma, custo, qualidade, recursos e risco, porém não se limitando somente a estes itens.

No contexto do gerenciamento de projetos a metodologia adotada será a contemporânea, que integra o gerenciamento de risco como um dos seus sub processos.

2.2 RISCO EM EMPREENDIMENTOS

2.2.1 Definição de risco

A palavra “risco” é derivada do italiano antigo “*riscare*”, que por sua vez deriva do baixo-latim “*risicu, riscu*” que significa “ousar”. (BERNSTEIN 1997)

Risco é a possibilidade de acontecer algo que trará um impacto nos objetivos. Igualmente pode ser definido como a combinação da probabilidade de um evento e de suas consequências, podendo ser utilizado quando há pelo menos uma possibilidade de resultado negativo, ou quanto existe a possibilidade de desvio em

relação ao evento ou resultado esperado (negativo ou positivo). Da mesma forma, o risco pode ser mensurado pela combinação das consequências de um evento e a sua probabilidade (FANTAZZINI, 2004).

KERZNER (2011) descreve a classificação dos riscos do seguinte modo:

- Risco de Negócio – que oferecem oportunidades de lucro ou prejuízo;
- Risco Segurável – que “nos fornece apenas uma chance para uma perda” (ibid., 2011, p. 466). No Risco Segurável há a inclusão dos seguintes elementos: Danos diretos à propriedade; Perda de Consequência Indireta; Responsabilidade Legal e Danos Pessoais.

Na definição de risco em empreendimentos, verificam-se na literatura duas tendências básicas: a primeira define risco como sendo a probabilidade de ocorrência de um evento com resultado indesejável ao objetivo previsto no projeto. A segunda estabelece que o risco é a exposição econômica de ganho ou perda, quando há variações no processo de construção, resultando em incertezas que poderão influenciar de maneira contrária no orçamento, no prazo e na qualidade do projeto. Neste sentido, autores como (BIRCH apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p. 32); (BUFAIED apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p. 31); (KERZNER, 1998); (LAPPONI, 2000); (MASON & MOAVENZADEH apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p. 31); (PRITCHARD, 1997); (RAFTERY, 1994); (VALERIANO, 2001); (WIDEMAN, 1992); (VISSER & JOUBERT, 2008); (KERZNER, 2011) consideram como risco a probabilidade de ocorrência um evento indesejável onde o resultado real desvia-se do previsto ou estimado. Neste caso, os autores consideram apenas as perdas. Por outro lado, (CHAPMAN apud RAFTERY, 1994, p.6); (JAAFARI, 2001); (PMBOK-PMI, 2008); (PORTER, HEALEY, PERRY, HAYES apud AKINTOYE & MACLEOD, 1997, p.31); (PERMINOVA et. al., 2007); (ZHAO & LI, 2010) (ZOU et. al., 2007) definem como risco em projetos a exposição de um evento ou condições incertos que poderão resultar em ganho ou perda no objetivo do empreendimento.

2.2.2 Definição de incerteza

De acordo com PERMINOVA et. al. (2007) os riscos do projeto são oriundos da incerteza presente de diferentes formas em todos os projetos. Do ponto de vista

gerencial a incerteza é definida como um elemento importante de orientação do desempenho do gerenciamento de risco no projeto. A incerteza do projeto corresponde ao desconhecimento da probabilidade da ocorrência de determinado evento de risco. Da mesma forma, a teoria da decisão define incerteza como “*uma condição do ambiente do decisor de tal forma que se torna impossível avaliar qualquer probabilidade que seja dos possíveis resultados de um determinado evento.*” (ibid. 2007, p.3).

Segundo FLANAGAN & NORMAN (1993); RAFTERY (1994); KERZNER (1998) E JAAFARI (2001); (KERZNER, 2011), a incerteza caracteriza-se como um evento ou atividade em particular desviar-se do inicialmente previsto. Deste modo, para estes autores a incerteza não poder ser quantificável e nem determinada probabilisticamente. A análise da incerteza é feita de modo qualitativo. Entretanto, existe outra corrente de autores que coloca que a probabilidade de ocorrência da incerteza pode ser quantificada através da observação dessas ocorrências ou do número de falhas ou da magnitude das perdas financeiras num determinado período de tempo, e, que o impacto gerado igualmente pode ser mensurado. (CHAPMAN & WARD, 2000) E (APELAND, AVEN & NILSEN, 2002).

Por outro lado, GALESNE et. al. (1999) mostra que de acordo com o conceito de risco e incerteza estabelecido no “*Critério de Knight*” existe uma distinção ambígua entre o risco e a incerteza, pois o risco neste critério é definido como uma situação que pode ser determinada através da distribuição de probabilidade objetiva (base de dados históricos) e a incerteza não pode ser determinada por nenhuma probabilidade objetiva e sim, somente através da probabilidade subjetiva (obtida com base no julgamento de especialistas). Desta forma, o autor afirma que, embora em um primeiro momento não se consiga analisar um projeto por nenhuma distribuição de probabilidade, em uma análise posterior e com o auxílio de um especialista se consegue associar uma distribuição de probabilidade aos resultados possíveis desse projeto. Assim sendo, verifica-se que a situação inicial de incerteza do projeto, passou a ser de risco nesta segunda análise. Neste sentido, verifica-se que “a distinção de “*Knight*” entre risco e incerteza não se distingue senão entre diferentes graus de conhecimento do fenômeno estudado”, podendo desta forma conduzir alguns autores a considerar risco e incerteza como

sinônimos. (ibid., 1999, p. 137) Todavia, o autor mostra que essa ambiguidade desaparece se considerar como hipótese que o “*Critério de Knight*” venha a se distinguir em dois níveis da incerteza associada ao projeto de investimento: Um nível considerado mais elevado e caracterizado como futuro indeterminado, correspondendo a um futuro incerto não passível de distribuição de probabilidades e o outro considerado menor, caracterizando-se como futuro determinável probabilisticamente, correspondendo a um futuro incerto, porém passível de uma associação com uma distribuição de probabilidades. Assim, os riscos de um projeto de investimento estão relacionados, por um lado, à incerteza dos resultados associados ao projeto e, por outro, ao fato de os resultados obtidos serem indesejados ao previsto.

2.2.3 Riscos em empreendimentos

As fontes de risco em empreendimentos classificam-se em fontes externas e internas.

As fontes externas de risco subdividem-se em previsíveis e imprevisíveis, entretanto quando ocorrem são caracterizadas como incontrolláveis. Da mesma forma, as fontes internas de risco caracterizam-se como sendo previsíveis e controláveis.

De acordo com o estabelecido por HULLET (apud WIDEMAN, 1992) as fontes internas de risco no empreendimento são subdivididas em:

- Riscos não técnicos – gerenciamento, planejamento, custo, fluxo de caixa e potencial de perda.
- Riscos Técnicos – mudanças tecnológicas; desempenho; riscos específicos em relação ao tipo de tecnologia estabelecida no projeto; a elaboração das plantas do projeto; complexidade e mudança de tamanho do projeto.

Para PRITCHARD (1997), o envolvimento em um novo projeto constitui-se em uma fonte interna de risco técnico.

- Riscos Legais – Licenças; documentação correta; dificuldades contratuais (no entendimento, interpretação, tipo de estratégia contratual inadequada e falhas contratuais); processos judiciais (externo e interno).

De uma forma geral autores como FLANAGAN & NORMAN (1993); RAFTERY (1994); KERZNER (1998); PRITCHARD (1997); WIDEMAN (1992); CHAPMAN, R. J. (2001); PMBOK-PMI (2008), VALERIANO (2001), ZO et. al. (2007), VISSER & JOUBERT (2008); ZHAO & LI (2010) e (KERZNER, 2011) estabelecem as seguintes fontes internas de risco:

- As falhas na estrutura do projeto (básico e detalhado) e na especificação em relação ao tempo de construção do projeto;
- As falhas no detalhamento do planejamento ou na aprovação de regras ou regulamentos da construção, dentro do tempo programado;
- Mudanças da equipe de trabalho; falta de comunicação dos seus membros; incompatibilidade entre os profissionais da organização; falta de consultores adequados ao quadro de funcionários; alocação de recursos inadequada; diferenças culturais entre os consultores e falta de comunicação das decisões dos consultores à equipe;
- Perda de funcionários qualificados;
- Greve dos trabalhadores;
- Imprevistos em razão da alta dos preços de material e mão de obra, de acidentes de trabalho (causando prejuízos físicos), planos de saúde e de benefícios;
- Tipo de contrato e reivindicações de aditivos contratuais (Falhas contratuais);
- Falhas da contratante e do cliente;
- Falhas no orçamento, previsão, estimativa e proposta do empreendimento;
- Falhas devido à falta de padronização técnica para atender a qualidade, a função e aos propósitos do projeto, a segurança e a preservação do meio ambiente;
- Falhas associadas na manutenção dos sistemas e processos, que foram e estão sendo desenvolvidos e que podem afetar o projeto;
- O tamanho, a complexidade e o tipo de empreendimento;

- A apresentação de inovações no projeto, domínio do estado da arte e mudança tecnológicas;
- A velocidade e produtividade no desenvolvimento do projeto e da construção;
- A logística e infraestrutura do canteiro e armazenamento de materiais;

Pode-se observar que as fontes internas de risco em um empreendimento, são basicamente: falha ou ausência de uma adequada avaliação preliminar e posteriormente detalhada do projeto; falta de planejamento; falhas nos cronogramas de prazo e orçamentos de custo, deficiências em relação à compra e estoque de material e aquisição de mão de obra; ineficiência da organização e sua equipe de trabalho devido à falta de comunicação interna; falta de domínio tecnológico e especialização; e falha na regularização legal das documentações pertinentes ao projeto. (MORANO, 2003).

No caso das fontes de risco externas autores como FLANAGAN & NORMAN (1993); RAFTERY (1994); KERZNER (1998); PRITCHARD (1997); WIDEMAN (1992); CHAPMAN, R. J. (2001); PMBOK-PMI (2004), VALERIANO (2001), ZO et. al. (2007), VISSER & JOUBERT (2008); ZHAO & LI (2010) e (KERZNER, 2011) as subdividem do seguinte modo:

1. Fontes de risco externos imprevisíveis e incontrolláveis:

- Fontes reguladoras – no caso de uma intervenção governamental imprevista que poderá influir na provisão de matéria prima; questões ambientais; padrão de projeto e de produção; situação local; produtos ou serviços de venda ou exportação; capital;
- Fontes de perigos naturais – resultantes dos elementos naturais, tais como: localização; tempestade; inundações terremotos, entre outros;
- Fontes de eventos postulados – resultantes de intenção deliberada vandalismo; sabotagem;
- Fontes de efeitos indiretos – ocorrem de acordo com o resultado do projeto que poderá gerar impactos ambientais e sociais.

- Fontes complementares – seriam as falhas para a finalização do projeto tais como: falha no suporte da infraestrutura; falhas no projeto, execução ou obrigação do preenchimento contratual para falência ou curadoria, etc.

2. Fontes de risco externos previsíveis e incontroláveis

- Fontes de riscos de mercado – avaliação e custo da matéria prima; demanda, incluindo comprador/rejeição do usuário; economia; competitividade, valor final de mercado; disposição do mercado comprador para aquisição do bem;
- Fonte de riscos operacionais (depois de concluído o projeto) – manutenção necessária; segurança; atendimento da finalidade estabelecida inicialmente.
- Escassez de mão de obra, material e o custo e avaliação das matérias prima;
- Demais fontes - impactos ambientais e sociais; inflação; impostos; mudança de moeda; eventos adversos na economia e política, ocasionando perdas financeiras; aumento da competitividade; mudanças ou diminuição da demanda;

De forma sintetizada verifica-se que as principais fontes de risco externo em empreendimentos abordadas são: a instabilidade político e sócio – econômica; condições climáticas e ecológicas; ausência ou desconhecimento tecnológico e disponibilidade de matéria-prima e da mão de obra.

2.2.4 Atitudes, tomada de decisão, e exposição face ao risco

Os riscos e incertezas que envolvem os empreendimentos são inúmeros apresentando situações e eventos de complexidade e importância diferentes, onde as atitudes e decisões tomadas irão repercutir de forma positiva ou negativa aos objetivos estabelecidos nestes empreendimentos. Assim sendo, as atitudes tomadas em face de exposição ao risco irão depender não somente do risco em si e suas prováveis consequências, mas da postura do indivíduo que for analisá-lo e tiver o poder de decisão. Entretanto, de acordo com RAFTERY (1994) e FLANAGAN &

NORMAN (1993) e KERZNER, (2011), as atitudes tomadas face ao risco variam de indivíduo para indivíduo, sendo classificadas como:

- Atitude de Aversão em relação ao risco - cuja preferência é não arriscar diante do risco;
- Atitude Neutra em relação ao risco - prevalecendo a indiferença no momento de arriscar;
- Atitude Ousada em relação ao risco – que opta por arriscar e assumir uma situação de risco.

Para alguns autores como RAFTERY (1994) e FLANAGAN & NORMAN (1993) existem metodologias para verificar a influência dos aspectos psicológicos nas atitudes face aos riscos em projetos. Estas metodologias foram conceituadas pelos autores como "Heurísticas", e consiste no processo de encaminhar o indivíduo a descobrir a verdade por si mesmo e verificar a influência do seu comportamento face ao risco. Na literatura consultada, verificaram-se as seguintes heurísticas: Regra do Polegar; Heurística da Representatividade; Heurística da Disponibilidade; Heurística do Ajustamento e Ancoragem².

2.2.5 Teoria da utilidade e as atitudes face ao risco

De acordo com BERNSTEIN, (1997, p. 103) o conceito de utilidade foi experimentado pela primeira vez no século XVIII onde Bernoulli define que “a utilidade... depende das circunstâncias específicas de quem faz estimativa... Não há razão para supor que... os riscos estimados por cada indivíduo devam ser considerados de mesmo valor”, sendo que os tomadores de decisão passam a maximizar a utilidade esperada (proveito ou satisfação), em vez do valor esperado.

A Teoria da Utilidade oferece um modelo para entender que “o valor de um projeto de investimento não está ligado ao conjunto de suas rentabilidades possíveis, mas ao conjunto dos níveis de utilidade que lhe são associados”. (GALESNE, et. al., 1999, p.176). Deste modo este comportamento, explica a preferência de alguns decisores em optarem por resultados muitas vezes menores.

² Nota da autora: Para maiores detalhes consultar Morano (2003).

Esta teoria sugere que em vez da maximização do valor monetário esperado, as pessoas maximizem a utilidade do próprio valor monetário obtido.

Segundo BERNSTEIN (1997, p. 110) *“a teoria da utilidade requer que uma pessoa racional seja capaz de medir a utilidade sob todas as circunstâncias e de fazer opções e tomar decisões de acordo com ela...”*.

Neste caso o conceito de utilidade expressa o grau de satisfação de um indivíduo em relação a um determinado resultado. RAFTERY (1994). A Figura 2.2 mostra o gráfico das curvas de utilidade, que representam a função utilidade.

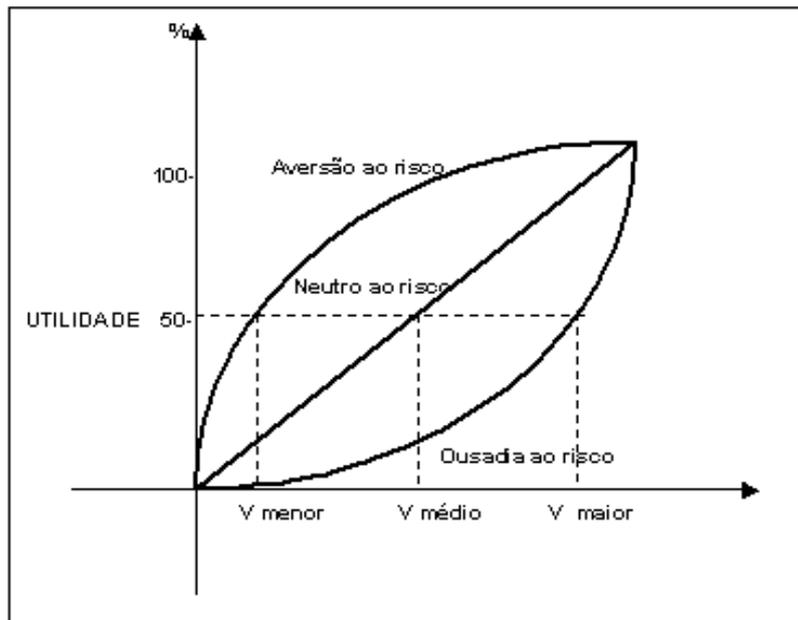


Figura 2.2: Curvas de Utilidade.
Fonte: (RAFTERY 1994, p.63).

Verifica-se na Figura 2.2 que o eixo das ordenadas representa a escala de valores de utilidade e o eixo das abscissas representa os valores dos resultados esperados. De acordo com FLANAGAN & NORMAN (1993 apud MORANO 2003, p. 66) o valor da utilidade esperada pode ser definido como sendo:

"... uma medida do valor individual implícito ou preferido para cada diretriz de risco. Esta medida é representada por um valor numérico associado de forma ordenada com cada ganho ou perda monetária, a fim de indicar a utilidade deste valor monetário na tomada de decisão. A utilidade medida pode ser determinada para os resultados que não tenham o valor monetário".

Neste sentido, SLOVIC (2000) coloca que em 1738, Bernoulli definiu a noção de utilidade ou “melhor escolha” como a maximização da utilidade esperada na tomada de decisão. Assim sendo a utilidade esperada foi definida da seguinte forma:

$$EU(A) = \sum_{i=1}^n P(E_i) U(X_i), \text{ onde:} \quad (2.2)$$

$EU(A)$ – representa a utilidade esperada do resultado das ações que tem consequências X_1, X_2, \dots, X_n , dependendo dos eventos E_1, E_2, \dots, E_n ;

$P(E_i)$ – representa a probabilidade de ocorrência dos resultados dessas ações;

$U(X_i)$ – representa o valor subjetivo ou utilidade desses resultados.

Assumindo-se como exemplo que a estratégia A tenha um resultado X_1 com probabilidade $P(E_1)$, e um resultado X_2 com probabilidade $P(E_2) = 1 - P(E_1)$. Se for definida a utilidade de X_1 como $U(X_1)$ e a utilidade de X_2 como $U(X_2)$, o valor da utilidade esperada (UE) será:

$$UE = P(E_1) \times U(X_1) + [1 - P(E_1)] \times U(X_2) \quad (2.3)$$

Na tomada de decisão, deve-se atribuir o valor de utilidade a todos os resultados possíveis, pois a atitude tomada na escolha da decisão mudará de acordo com os riscos envolvidos. Deste modo, a relação entre o retorno esperado e a escolha será expressa pela função utilidade, onde para os valores de utilidade serão atribuídos os possíveis resultados. Esta relação entre o retorno do valor esperado e a sua escolha é expressa pela função utilidade. (FLANAGAN & NORMAN 1993 apud MORANO 2003).

A representação gráfica da função utilidade mostra que o indivíduo pode adotar diferentes comportamentos face ao risco no momento de decisão, dependendo das circunstâncias às quais esteja envolvido e da sua postura em assumi-lo. Assim sendo, mesmo que a ocorrência de um evento tenha igual probabilidade de acontecer, o grau de satisfação com o resultado assumido, dependerá da utilidade esperada requerida. (RAFTERY 1994).

Os resultados fornecidos pela análise de risco devem ser interpretados por cada indivíduo de forma independente, ou seja, resultados iguais analisados por indivíduos diferentes poderão ser interpretados de modo diferente levando inclusive a diferentes decisões. Isto significa que os indivíduos possuem preferências diferentes com relação as suas escolhas, tempo e risco. Por exemplo, em uma determinada análise o indivíduo poderá achar que a chance de um resultado desfavorável prepondera sobre as chances de um resultado favorável. Outro indivíduo diante da mesma análise e menos avesso ao risco poderá chegar a uma decisão oposta. (PALISADE, 2010)

Neste caso, a Teoria da Utilidade irá fornecer um modelo que estabelece a relação do grau de satisfação do decisor com o valor esperado de um determinado evento, podendo o mesmo ter uma postura ousada, neutra ou avessa ao risco.

De acordo com KERZNER (2011) a utilidade está representada na quantidade de satisfação que o indivíduo recebe com uma recompensa, sendo que as posturas assumidas representam o grau de tolerância ao risco da pessoa que estiver gerenciando o projeto, levando em conta os arranjos contratuais e as partes envolvidas.

2.3 MODELOS DE GERENCIAMENTO DE RISCO

O gerenciamento de risco consiste na identificação, análise, respostas, monitoramento e controle, e planejamento dos riscos em um projeto, sendo que o seu principal objetivo aumentar a probabilidade e o impacto de eventos positivos e minimizar a probabilidade e o impacto dos eventos adversos ao projeto. (PMBOK-PMI, 2008). Assim sendo, os processos de gerenciamento de riscos do projeto se desdobram nos seguintes processos:

- Planejamento do gerenciamento de risco – consiste na decisão de como tratar, planejar e executar as atividades de gerenciamento de risco em projetos;
- Identificação de riscos – consiste em identificar os riscos potenciais do projeto e documentar as suas características;

- Análise qualitativa de riscos – é a avaliação e combinação da probabilidade de ocorrência do risco e o impacto causado, promovendo a priorização dos riscos levantados para análise e posterior ação a ser tomada;
- Análise qualitativa de riscos – consiste na avaliação estatística dos riscos identificados no projeto;
- Planejamento de respostas aos riscos – consiste no desenvolvimento de ações ou escolha de opções para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças do projeto;
- Monitoramento e controle de riscos – consiste no acompanhamento dos riscos identificados, monitorando os riscos residuais (risco remanescente após a implantação do tratamento de riscos); na identificação de novos riscos, planos de execução em relação às respostas aos riscos e avaliação da eficiência de sua aplicação durante todo o ciclo de vida do projeto.

De acordo com KERZNER (2011) o processo de gerenciamento de risco deve ser elaborado para ir além da identificação dos riscos potenciais.

“Um projeto, por definição, é um esforço temporário utilizado para criar algo que não fizemos anteriormente e que não vamos fazer novamente no futuro. Em virtude dessa singularidade, desenvolvemos uma atitude de “convivência” em relação aos riscos e atribuímos como parte do trabalho.” (ibid., 2011, p. 456).

Assim, sendo o Autor coloca que o processo de gerenciamento de risco:

...“deverá identificar uma atividade formal de planejamento, uma análise para estimar a probabilidade e prever o impacto de riscos identificados no projeto, uma estratégia de respostas aos riscos para aqueles selecionados, e a capacidade de monitorar e controlar o progresso de redução desses riscos selecionados ao nível desejado.” (KERZNER 2011, p. 456).

Para MOTA (2005) o processo de gerenciamento de risco em empreendimentos (RMP – “*Risk Management Process*”) apresenta dois conceitos diferentes em relação aos planos do projeto:

- Plano de Base: analisa como o projeto deverá ser executado, sendo incorporadas respostas proativas às incertezas identificadas no planejamento proativo, estabelecendo uma diretriz para as etapas de preparação, execução e controle do empreendimento.

- Plano de Contingência: analisam as respostas às ameaças e oportunidades, associado ao plano de base, incorporando respostas reativas as incertezas identificadas no planejamento proativo. Deste modo, no plano de contingência têm-se as respostas das ameaças e oportunidades dos riscos identificados no plano de base. (MOTA. 2005).

WIDEMAN (1992, p. II-3), define gerenciamento de risco em projetos da seguinte forma: *“Gerenciamento de risco em projetos é a arte e a ciência de identificar, avaliar e responder aos riscos do projeto durante todo o seu ciclo de vida, atendendo aos seus interesses e objetivos”*.

Neste sentido, VARGAS (2005) menciona que o gerenciamento de risco proporciona a oportunidade de conhecer melhor a natureza do projeto, envolvendo os membros da equipe de modo a identificar e responder as potenciais forças e riscos do projeto, os quais em geral estão associados ao prazo, custo e a qualidade. Portanto, segundo o autor, *“a sobrevivência de qualquer empreendimento, atualmente, está intimamente vinculada ao conceito de aproveitar uma oportunidade, dentro de um espectro de incertezas”*. (ibid., 2005, p.93). Da mesma forma, *“o gerenciamento de risco é uma forma organizada de identificar e medir os riscos e desenvolver, selecionar e gerenciar as opções para seu controle”*. (KERZNER, 2002, p. 196). Entretanto, FEWINGS (2005 apud. ALENCAR, 2006) menciona que a partir do momento em que o risco é identificado e analisado, deixa de ser um risco e para tornar-se um problema de gerenciamento que precisará ser analisado, ou seja, uma resposta precisará ser dada no sentido de aceitação, mitigação, redução ou transferência. Assim, faz-se necessário o planejamento, monitoramento e controle dos riscos que foram identificados e analisados. Desta forma, ALENCAR & SCHMITZ (2009) colocam que para tratar estes riscos são necessárias as seguintes ações:

Elaboração dos *“Planos de Contenção”* que constituem em ações cujo objetivo é reduzir as probabilidades de um ou mais fatores de risco vir a assumir valores que venham prejudicar as chances de sucesso de um determinado projeto;

Elaboração dos “*Planos de Contingência*” que constituem em ações cujo objetivo é reduzir os impactos de um ou mais fatores de risco que possam assumir valores que venham prejudicar as chances de sucesso de um determinado projeto.

De acordo com a pesquisa elaborada por MORANO (2003), verificou-se que as principais metodologias de gerenciamento de risco encontradas na literatura apresentavam uma concepção estrutural similar, ou seja, de uma forma geral as etapas resumem-se em identificação, avaliação, implantação de ações de prevenção e controle das ações de prevenção. Entretanto, entre as metodologias de gerenciamento de risco abordadas, se destaca o modelo do CONSERV que apresentou um modelo qualitativo em detrimento as demais metodologias que trabalham com métodos quantitativos de análise.

ZHAO e DUAN (2008 apud. EUROPEAN COMMISSION, 2010, p. 32) propõe um Modelo de Gerenciamento de Risco Integrado que está subdividido em nove etapas descritas a seguir:

Etapa 1 - Identificação dos problemas e do conjunto do contexto;

Etapa 2 - Avaliação das áreas estratégicas de risco;

Etapa 3 - Medição da probabilidade e do Impacto

Etapa 4 - Ordenação e Priorização dos riscos;

Etapa 5 - Os resultados requeridos do conjunto;

Etapa 6 - Desenvolvimento das alternativas ou preferências;

Etapa 7 - Seleção da estratégia;

Etapa 8 - Implementação da estratégia;

Etapa 9 - Monitoramento, Avaliação e Ajustes.

Na Figura 2.3, o modelo de gestão de riscos estabelecido pela norma AS/NZS 4360:2004, subdivide-se nas seguintes etapas: Planejamento (estabelecimento dos contextos); identificação dos riscos; análise dos riscos; avaliação dos riscos e tratamento dos riscos.

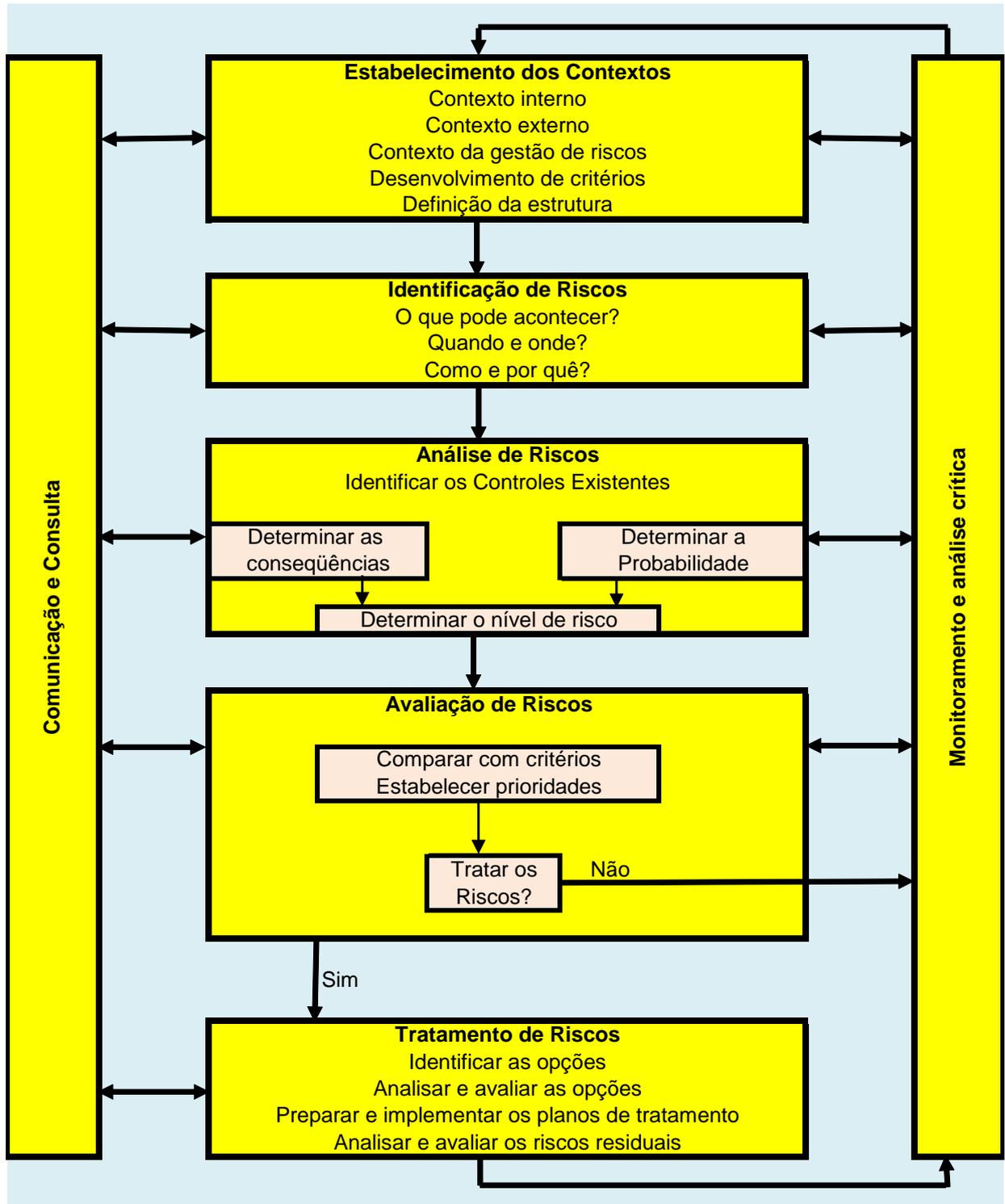


Figura 2.3 - Detalhamento do Processo de Gestão de Risco.
Fonte: Adaptação da autora da Norma AS/NZS 4360:2004 (FANTAZZINI, 2004, p. 17).

A fase do estabelecimento do contexto existe a preocupação em entender a relação da organização e o seu ambiente externo (o ambiente empresarial, social, regulamentar, cultural, competitivo, financeiro, político; as partes externas

envolvidas; os pontos fortes e fracos, as oportunidades e ameaças da organização, entre outros); entender o contexto interno, ou seja, antes da implantação de uma atividade de gestão de risco, em qualquer nível, é necessário compreender a organização (cultura, estrutura, potencial em termos de recursos), tais como: pessoas, sistemas, processos, capital; objetivos e metas, além das estratégias para alcançá-los.

A partir do momento em que o contexto externo e interno foi delineado e entendido, deve ser estabelecido o contexto de gestão de risco, delineando-se o escopo e os limites em que o mesmo será aplicado. Após esta fase, serão escolhidos os critérios em relação às quais riscos serão avaliados e que nas fases subsequentes de identificação e avaliação de riscos poderão ser aprimorados.

Finalmente, para fechar o ciclo do estabelecimento dos contextos desta primeira etapa do processo de gestão de risco, tem-se a definição da estrutura que consiste em subdividir a atividade, processo, projeto ou mudança em um conjunto de elementos ou etapas, a fim de fornecer uma estrutura lógica que ajude a garantir que os riscos significativos não sejam negligenciados. (FANTAZZINI, 2004)

As fases subsequentes de identificação, análise, avaliação e tratamento de riscos são similares aos demais modelos de gerenciamento de risco descritos na literatura. (MORANO & FERREIRA, 2003).

A seguir são descritas as técnicas de identificação e de análise de risco que fazem parte de uma das etapas do ciclo de gerenciamento de risco.

2.4 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE RISCO

2.4.1 Técnicas de identificação de risco

As técnicas de Identificação de risco são ferramentas de auxílio para identificar as fontes potenciais de risco do projeto e documentar as suas características (PMBOK-PMI, 2008). Entretanto, a identificação de risco deve estar em todo processo de análise e gerenciamento de risco do projeto. (CHAPMAN, R. J. 1998).

De acordo com o autor (apud MORANO, 2003 p. 50), a identificação dos riscos pode ser dividida em três categorias:

“A identificação de risco, conduzido somente pelo analista de riscos baseando-se apenas em sua experiência, conhecimento e habilidade, sendo que este especialista levará em conta a revisão do ciclo de vida do projeto e os dados históricos da organização”;

“A identificação de risco, conduzida através da entrevista do analista de riscos com um ou mais membros da equipe de projeto, analisando também os dados históricos e o ciclo de vida do projeto, e baseando-se no conhecimento e experiência dos profissionais que forem entrevistados”;

“A identificação de risco, onde o analista de riscos lidera um ou mais grupos de trabalho, adotando as seguintes técnicas: “Brainstorming” (Tempestade de Ideias); Técnica do Grupo Nominal; Técnica Delphi; Sinética; Construção de Cenários”.

De acordo com os estudos de MORANO (2003) e MORANO, MARTINS & FERREIRA, (2006) foram identificadas as seguintes técnicas de identificação de risco: Grupo Nominal, “*Brainstorming*”, “*Brainstorming*” Eletrônico, Delphi, Sinética, Entrevista/Julgamento de Especialistas, Identificação de Causa, Análise “*SWOT*”, “*Checklist*”, Diagrama de Causa e Efeito, Fluxograma, Diagrama de Influência, “*Pondering*”, Abordagem baseada em Caso – “*Case Based Approach*” e Criação de Cenário. Entretanto, para descrição e aplicação dessas técnicas não se constituem no objetivo desse trabalho, assim sendo, para informações mais detalhadas, consultar os trabalhos acima citados.

No estudo realizado por MARTINS (2010) foram acrescentadas mais duas técnicas de identificação de risco: “*Structure*” “*What IF*” “*SWIFT*” (“O que” e “Se” estruturado) e Análise de Impacto no Negócio, porém para melhor entendimento deste assunto ver o trabalho da autora citada.

O “*RSB – Risk Breakdown Structure*” ou Estrutura Analítica do Risco se constitui em outra ferramenta de auxílio não somente na identificação dos riscos, como também na classificação dos riscos. Esta classificação servirá de base para uma posterior ordenação e priorização dos riscos.

Na Figura 2.4 é apresentado o modelo de RSB proposto pelo PMBOK-PMI (2008, p.23).

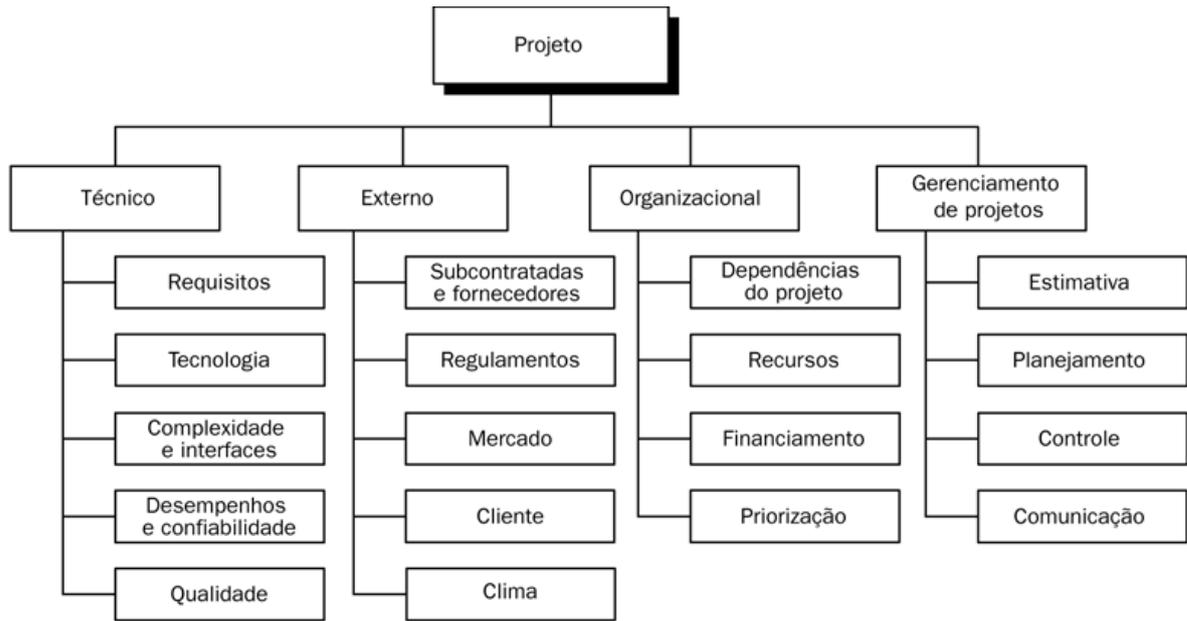


Figura 2.4: Modelo de Estrutura Analítica de Risco.
Fonte: Adaptação da autora do PMBOK-PMI, 2008, p.231.

A estrutura Analítica de Risco (EAR) lista as categorias e subcategorias dos riscos que podem ocorrer em um projeto. Projetos e organizações diferentes irão requerer EARs diferentes. Esta estrutura que apresenta de uma forma geral as possíveis fontes de risco existentes em um projeto, auxilia muito a equipe envolvida no gerenciamento de risco a identificar em cada uma destas fontes os riscos que poderão surgir no projeto. (PMBOK-PMI, 2008).

De acordo com TAH & CARR (2000 apud. VISSER & JOUBERT, 2008) o passo mais importante na classificação dos riscos e justamente agrupar e estruturar os diversos riscos que podem afetar o projeto de construção. Assim, os autores classificam os seus riscos de acordo com as fontes de origem, sendo que eles serão alocados conforme a responsabilidades de cada parte envolvida neste processo (contratante, contratada e cliente). Para esta classificação os autores propõem a utilização da “*HRBS - Hierarchical Risk Breakdown Structure*” ou Estrutura Analítica Hierárquica de Risco, que irá classificar o risco de acordo com sua origem e impacto no projeto. Entretanto, esta estrutura não avalia qualitativamente os efeitos dos riscos identificados no projeto. Para a análise qualitativa destes riscos poderão ser utilizados, por exemplo, a matriz de probabilidade x impacto, o sistema de pontuação proposto no Guia do PMI, que multiplica a probabilidade x impacto. A ordenação ou

priorização dos riscos é feita com os riscos de maior pontuação até os riscos de menor pontuação.

Na Figura 2.5 é apresentado o modelo Estrutura Analítica Hierárquica de Risco.

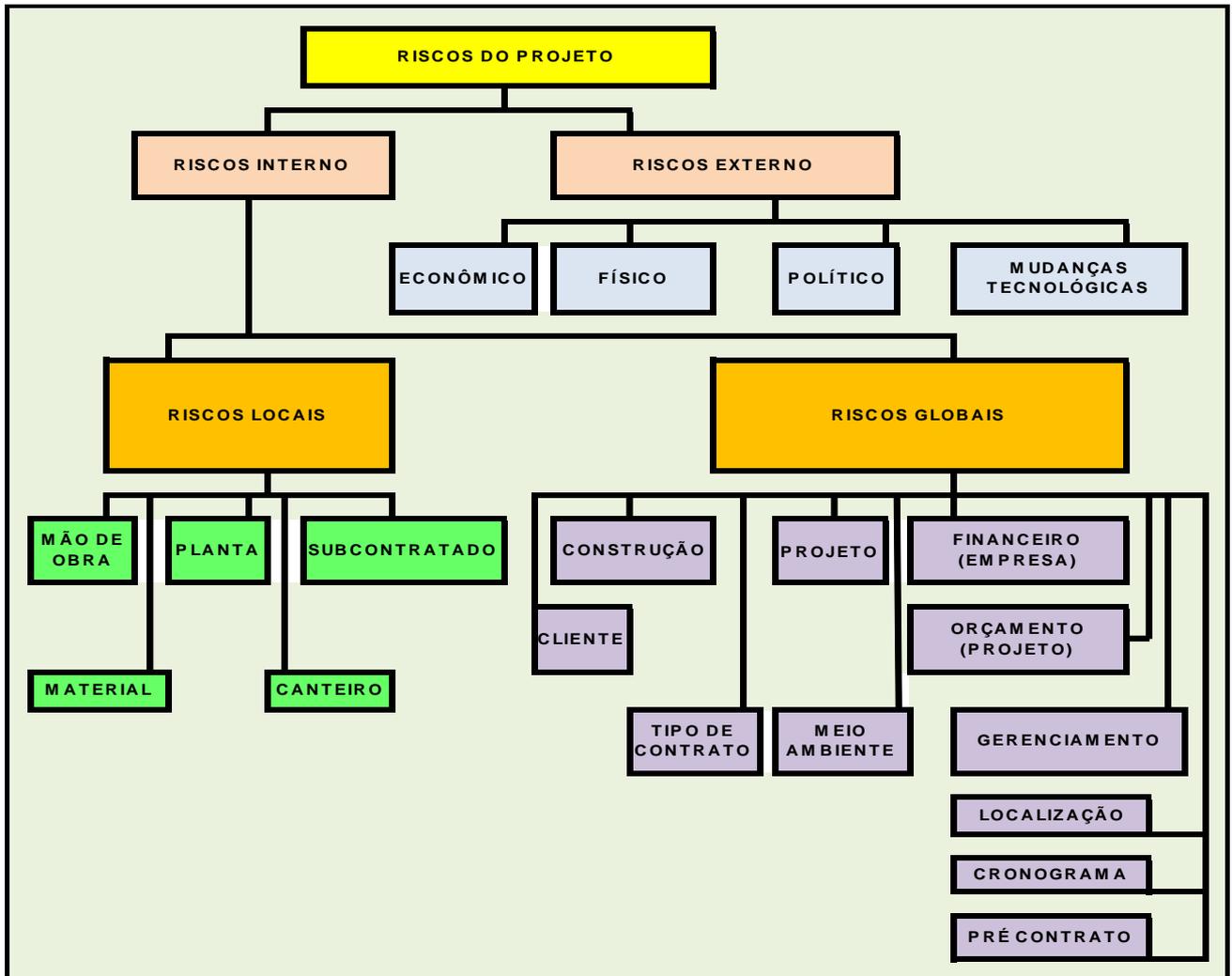


Figura 2.5: Modelo de Estrutura Analítica Hierárquica de Risco.
 Fonte: Adaptação da autora (TAH & CARR, 2001, p.838).

2.4.2 Análise de risco em empreendimentos

Para que a análise de risco ocorra, devem ser verificados os seguintes fatores:

- Qualidade e o grau de profundidade de informação desejado;
- Acessibilidade ou disponibilidade das informações;

- Custo da análise;
- O prazo disponível antes das tomadas de decisão e das ações;
- Capacitação e disponibilidade humana para assistir o processo.

FLANAGAN & NORMAN (1993) acrescenta ainda que no processo de análise de risco devam ser considerados:

- Todas as opiniões geradas durante a análise de risco;
- As atitudes tomadas nas decisões face ao risco;
- Verificação de quais os riscos que devem ser identificados, controlados e quais serão os prováveis impactos, caso ocorram;
- Analisar os riscos de modo qualitativo e quantitativo;
- Interpretar os resultados da análise e desenvolver as estratégias de acordo com o tipo de risco;
- Decidir quais os riscos que devem ser retidos, transferidos ou evitados.

No caso do retorno sobre o investimento em empreendimentos os riscos a serem analisados correspondem ao conjunto de atividades, que abrangem a previsão dos recursos financeiros disponibilizados inicialmente para um determinado empreendimento, a partir de algumas informações sobre as quais se pode ter algum grau de certeza. Dentre estas informações destaca-se: as projeções do mercado, as taxas, o custo bruto dos materiais, os impostos trabalhistas e as condições econômicas. (KERZNER, 1998).

De acordo com KIRCHSTEIGER (1999), as técnicas de análise de risco, podem ser divididas em método determinístico e método probabilístico. O Método Determinístico consiste na análise dos dados de forma qualitativa e da ausência da probabilidade para avaliar os riscos. De acordo com esta metodologia os riscos são classificados por sua frequência e severidade. O Método Probabilístico é caracterizado pela utilização da probabilidade, através da estimativa da ocorrência de um evento contrário ao planejado.

Da mesma forma, TIXIER et. al. (2002) estabelecem que o Método Determinístico considera a quantificação da consequência do risco em relação às pessoas, ao meio físico e aos equipamentos. Entretanto, o Método Probabilístico

baseia-se na mensuração da probabilidade ou frequência de uma situação de risco. Cabem ressaltar ainda, que existem técnicas de análise de risco que irão combinar estes dois métodos. Assim, pode-se afirmar que em geral as técnicas de análise de risco qualitativas são também denominadas de determinísticas e as quantitativas são denominadas de probabilísticas.

Segundo VARGAS (2005) o risco deve ser avaliado em dois aspectos: na probabilidade de ocorrência e na gravidade das consequências. Quando se multiplica a probabilidade de um determinado risco ocorrer por sua gravidade, o valor resultante, em geral expressa o prejuízo financeiro. Assim sendo, de acordo com o autor tem-se o conceito para a quantificação do risco denominado de Valor Monetário Esperado. Neste caso, os riscos prioritários a serem tratados serão os que apresentarem o maior valor esperado. Assim sendo, tem-se:

$$EMV = P \times G, \text{ onde:} \quad (2.4)$$

P = Probabilidade

G = Gravidade (valor monetário)

Na Figura 2.6 apresenta de forma esquemática a avaliação e quantificação de riscos, segundo o estabelecido por VARGAS (2005, p. 94).

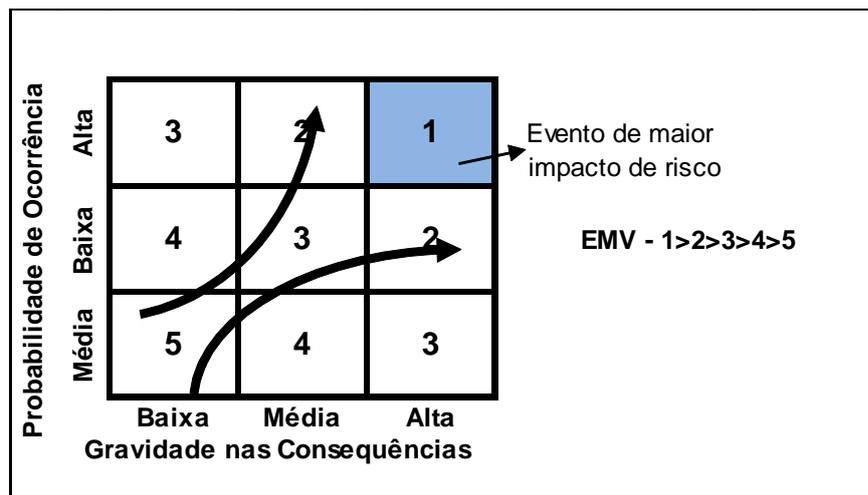


Figura 2.6: Avaliação e Quantificação de Riscos.
Fonte: Adaptação da autora (VARGAS, 2005, p.94).

A quantificação do risco poderá ainda ser expressa de forma simplificada pela Matriz de Probabilidade x Impacto. Conforme a Figura 2.7, verifica-se que ao se

multiplicar a probabilidade da ocorrência de um determinado risco por seu impacto, o resultado é o valor do risco. (VALERIANO, 2001). Desta forma, é estabelecida a priorização dos riscos potenciais em relação aos riscos de menor significância.

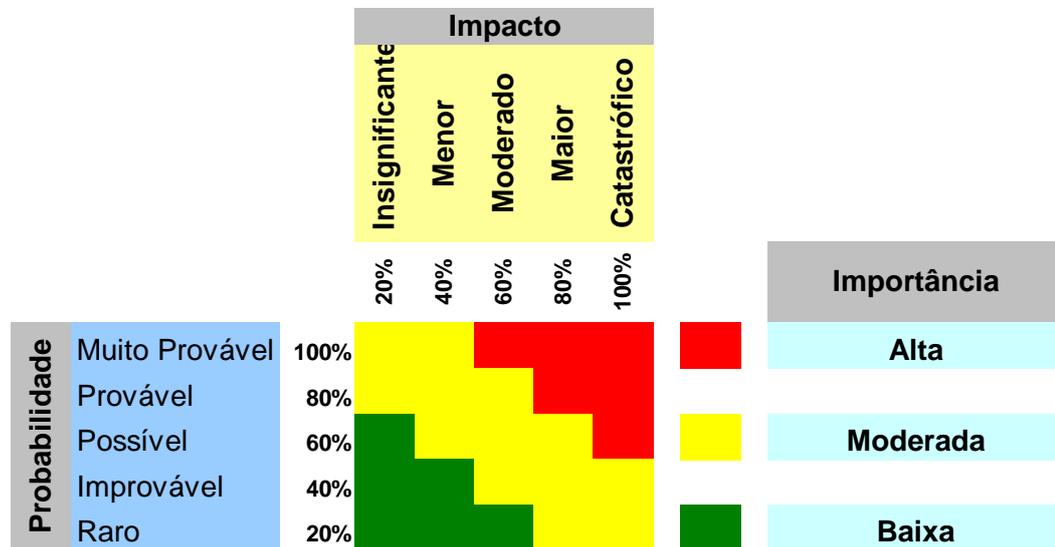


Figura 2.7: Matriz de Probabilidade X Impacto.
Fonte: Adaptação da autora da PETROBRÁS (2004, P.12).

A Matriz de Probabilidade x Impacto, a Matriz de Frequência x Severidade ou mesmo a multiplicação da probabilidade de um determinado risco ocorrer por sua gravidade, se constituem na quantificação do risco de forma qualitativa, onde os riscos classificados poderão ser priorizados e ordenados conforme o maior valor atribuído a ele.

A análise de risco em projetos pode ser aplicada nas seguintes áreas:

- Técnicas aplicadas no retorno sobre o investimento em projetos (RSI).
- Técnicas aplicadas na gestão de prazos (GP).
- Técnicas aplicadas na confiabilidade das instalações (CI). (MORANO, 2003).

Da mesma forma, de acordo com STAVRANIDIS & BHIMAVARAPU (2000), estas técnicas podem ser classificadas como sendo:

- Qualitativas – baseada na análise de uma probabilidade subjetiva, ou seja, conforme o conhecimento e experiência adquiridos daqueles que forem fazer a análise;
- Quantitativas – baseada na análise de uma probabilidade objetiva, através de dados históricos;
- Qualitativas e Quantitativas – baseada no conhecimento e experiência adquiridos e na análise quantitativa de dados obtidos.

2.5 ANÁLISE DE RISCO UTILIZANDO AS TÉCNICAS QUANTITATIVAS APLICADAS EM PROJETOS

São apresentadas a seguir de forma resumida as principais técnicas de análise de risco quantitativas aplicadas em projetos, e que serão utilizadas nessa tese.

2.5.1 Análise ou Teste de Sensibilidade

A análise de sensibilidade avalia a mudança de uma variável dentro do projeto analisando o resultado desta variação sobre o seu planejamento inicial. Neste caso, os riscos são refletidos através da definição do limite de variação possível de cada componente estimado originalmente, onde o resultado das escolhas destas variáveis irá incidir sobre o custo e o prazo. (WIDEMAN, 1992)

Esta técnica é aplicada para avaliar as mudanças nos valores das variáveis de risco do projeto, consideradas independentes, a fim de analisar os efeitos que estas alterações terão no seu custo. (MERNA & VON STORCH, 2000).

Da mesma forma, SOUZA (2004, p.8) menciona que a técnica de análise de sensibilidade é aplicada para *“quantificar as incertezas associadas, prever seus impactos nas variáveis chaves e entender como isto pode afeta os prazos e custos do projeto...”*.

Neste sentido, HWEE & TIONG (2002), descrevem que esta técnica permite avaliar o quanto a variação de uma determinada variável irá influenciar no resultado do projeto. Entretanto, cada variável em análise deve ser independente. Ao se analisa, por exemplo, as mudanças de uma determinada variável em relação ao custo do projeto, as outras variáveis devem ser consideradas constantes.

Por outro lado, FLANAGAN & NORMAN (1993) mencionam que esta técnica é utilizada para verificar o impacto das mudanças no valor de uma variável independente em relação ao projeto. O teste de sensibilidade não tem como objetivo quantificar os riscos e sim identificar os fatores que são sensíveis ao risco. O teste de sensibilidade corresponde ao desdobramento das seguintes técnicas:

- Análise “Break-even”³ que pode ser aplicada para avaliar as variáveis de investimento dos elementos-chave do projeto que poderá torná-lo atrativo ou não. Para exemplificar os autores propõe examinar no projeto a taxa de retorno por meio do fluxo de caixa e fluxo inicial de caixa, o custo financeiro, a taxa de inflação, a taxa de desconto, a fim de checar qual o impacto dessas possíveis variações sobre o projeto.
- Análise de Cenários que consiste em identificar os valores das variações dos elementos-chave do projeto criando os cenários com um planejamento otimista, um pessimista e o mais provável de ocorrer. O limite de variação dos possíveis resultados de cada cenário será representado e analisado de forma subjetiva.

Analogamente, JOVANOVIĆ (1999) descreve que a Análise Break-even é usada para avaliar problemas de investimentos em projetos em condições de incerteza, fixando-se entre os limites de lucro e prejuízo. Na realidade serão verificados e analisados os valores críticos ou mínimos das variáveis de investimento que poderão estar abaixo do valor de venda do projeto, estabelecendo-se medidas preventivas para evitar tal ocorrência. Entretanto, esta técnica deve ser utilizada somente para uma análise inicial do investimento do projeto na avaliação dos casos de incerteza. No caso do teste de sensibilidade o autor descreve o procedimento para analisar como as mudanças de determinados valores de entrada (renda, custos, valor de investimento) podem interferir nos resultados finais de modo adverso ao planejado inicialmente. Acrescenta-se ainda que o propósito básico desta técnica é compreender os impactos das mudanças dos diferentes parâmetros, e entender estas mudanças na avaliação do investimento do projeto. Em geral para a aplicação do teste de sensibilidade, utiliza-se dos dados obtidos em outras

³ Break-even – é um termo que significa equilibrando a receita com a despesa, sem lucro, sem prejuízo. (SIMÕES & HOUAISS, 2001).

técnicas de análise de risco (Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Método do Payback) para fazer a análise do investimento do projeto.

SILVA (2001) descreve o teste de sensibilidade como uma técnica que permite de forma controlada conduzir experimentos e investigações com o uso de um modelo de simulação. Através das várias rodadas de simulação, os vários cenários que forem gerados, poderão mostrar a existência de anomalias. O objetivo é avaliar os impactos associados através das alterações dos valores das variáveis de entrada e dos parâmetros do sistema. Estes impactos são determinados através da análise das variáveis de saída. Da mesma forma para as simulações será utilizado o Método de Monte Carlo para gerar os dados que serão avaliados no teste de sensibilidade.

MARSEGUERRA et. al. (2003) definem a análise de sensibilidade, como uma ferramenta utilizada para estudar o comportamento de um modelo, e averiguar o quanto os resultados deste modelo são dependentes de um ou mais parâmetros de entrada.

Na realidade a análise de sensibilidade é utilizada para identificar qual o impacto da mudança de uma única variável sob condição de risco no todo do projeto. (FLANAGAN & NORMAN, 1993).

Para analisar os resultados da aplicação desta técnica existem vários caminhos que podem ser computados utilizando-se uma “tabela de sensibilidade”. (ibid., 1993). Deste modo, esta tabela é construída de acordo com o exemplo do Quadro 2.1 a seguir:

Situação ou Variáveis	Opção mais Provável	Opção otimista	Opção pessimista
A			
B			
C			

Quadro 2.1: Situação/ Cenários da Análise de Sensibilidade”.
Fonte: Adaptação da autora (FLANAGAN & NORMAN, 1993, p. 146).

Entretanto, segundo os autores existe situação em que várias variáveis são escolhidas. Desta forma a representação gráfica dos resultados se apresenta como

a forma mais adequada para rapidamente indicar as variáveis mais sensíveis ou críticas.

PERRY & HAYES apud. (FLANAGAN & NORMAN, 1993), sugerem a representação gráfica da análise de sensibilidade através da construção do “diagrama da aranha”.

O diagrama da aranha é um modo de se analisar os resultados do teste de sensibilidade. Assim sendo, para o desenvolvimento desta técnica FLANAGAN & NORMAN (1993) descrevem as seguintes etapas:

1. Calcular o custo esperado total ciclo de vida do projeto utilizando o valor esperado;
2. Identificar as variáveis de risco do ciclo de vida do projeto utilizando a técnica da árvore de decisão.
3. Selecionar as variáveis de risco, onde cada variável (independente) será denominada de parâmetro 1, 2, 3... e será recalculado o custo total do ciclo de vida do projeto utilizando diferentes hipóteses com o valor da variação de cada um dos parâmetros. O projeto escolhido é recalculado assumindo que as mudanças do parâmetro de custo possam ser de 1%, 2% e assim por diante.
4. Desenhar os resultados do custo total do ciclo de vida do projeto no diagrama da aranha interpolando os valores. Gerar uma linha com o parâmetro 1
5. Repetir as etapas 3 e 4 com as outras variáveis de risco identificadas e desenhar a linha no gráfico da aranha para cada parâmetro.

No diagrama da aranha, cada linha do parâmetro corresponde a uma variável e a variação de cada parâmetro indica o impacto no custo total do ciclo de vida do projeto. Esta variação corresponde o valor atribuído ao parâmetro em análise de acordo com a taxa definida. (ibid. 1993). Assim, a Figura 2.11 apresenta um modelo do diagrama da aranha, também conhecido como gráfico de radar. Cada projeto corresponde a um parâmetro que neste exemplo indica o percentual realizado de cada projeto.

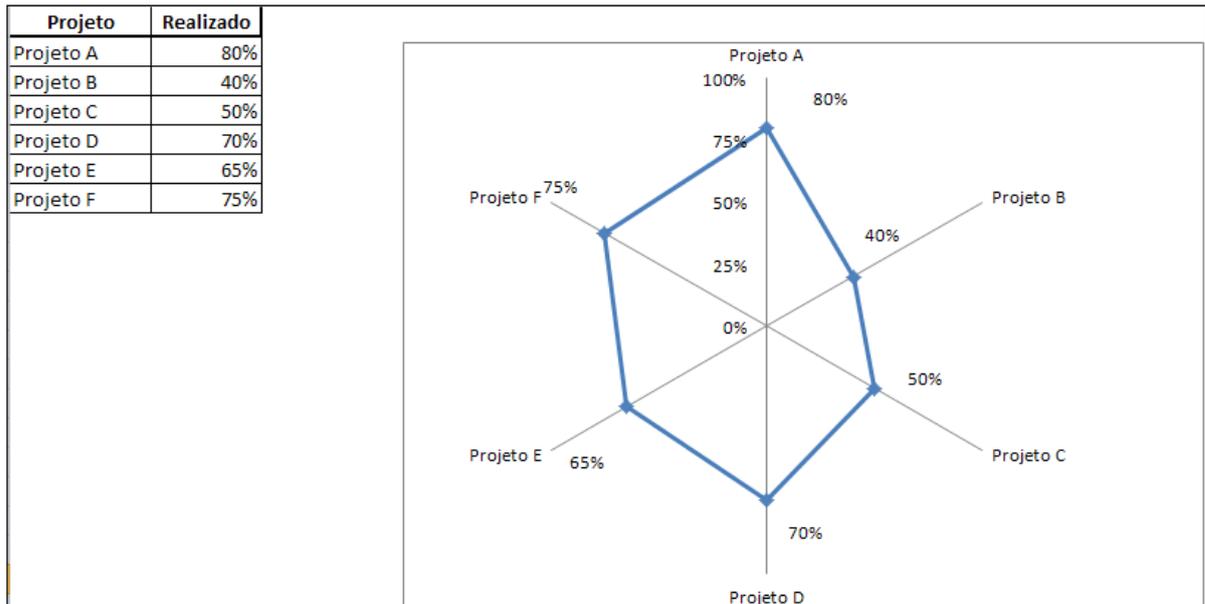


Figura 2.8: Exemplo do Diagrama de Aranha.
Fonte: EXCEL 2007, (2012).

A técnica de análise de sensibilidade é utilizada com outras de técnicas de análise de risco de forma complementar. Assim, busca-se através desta técnica avaliar o grau de sensibilidade das mudanças ocorridas nas variáveis de prazo e custo e os seus efeitos sobre o custo total do projeto. (ibid. 1993).

Por outro lado, WIDEMAN, (1992), FLANAGAN & NORMAN (1993), MERNA & STORCH (2000), ressaltam que a principal limitação da análise de sensibilidade é a de não indicar a probabilidade possível da ocorrência de variação dos parâmetros escolhidos na modificação da variável em análise e de considerar cada variável como sendo independente. Entretanto, FLANAGAN & NORMAN (1993) destacam como vantagem que a análise de sensibilidade mostra fortemente a ordenação das variáveis em análise de acordo com o grau maior ou menor de risco, identificando o ponto ou variável onde uma determinada variação no valor esperado muda os parâmetros de custo do projeto. Como exemplo, os autores descrevem que se no custo total previsto em um projeto existir a expectativa do mesmo ser excedido em 10%, através da análise de sensibilidade poderão ser identificadas as variáveis que são arriscadas ao custo de acordo com o grau de relevância e o tomador de decisão poderá fazer ajustes neste projeto a fim de diminuir os riscos em relação ao custo.

2.5.2 Análise de Probabilidade

Probabilidade “é a possibilidade ou a chance de que um evento em particular venha a ocorrer”. (LEVINE, BERENSON & STEPHAN, 2000, p.168).

Da mesma forma, STAMATELATOS et. al. (2002) mencionam que a teoria da probabilidade consiste em que a probabilidade da ocorrência de um evento A satisfaça o seguinte axioma:

$$0 < P(A) < 1$$

- Para $P = 1$ corresponde à probabilidade de ocorrência do evento = 100%
- Para $P = 0$ corresponde à probabilidade de ocorrência do evento = 0%
- $P(q) = 1$ corresponde à probabilidade de sucesso
- $P(p) = 0$ corresponde à probabilidade de fracasso, então:

$$P(p) = 1 - P(q) \text{ corresponde à probabilidade de fracasso.}$$

Os autores mencionam que existem várias interpretações da probabilidade. Entretanto, destacam como principais as seguintes:

- O limite de frequência relativa – supondo a repetição de um número n de vezes de um experimento nas mesmas condições e com a mesma probabilidade de sucesso ao qual um evento A seja o possível resultado. Se A ocorrer k vezes, então a frequência relativa é k/n . Então a probabilidade de A será dada por:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} k/n \equiv P(A)$$

- Grau de confiabilidade – significa que um determinado evento A será mais ou menos provável de ocorrer do que um determinado evento B . Se, por exemplo, um evento A tem 0,6 de probabilidade de ocorrer, isto significa que A tem maior probabilidade de ocorrer do que um evento B com probabilidade menor do que A .

Existem algumas regras em probabilidade que não devem ser ignoradas, as quais são: (PRITCHARD, 1997).

- A soma das probabilidades de todos os eventos possíveis deve ser igual a um;
- A probabilidade de um evento $P(A)$ deve ser um número ≥ 0 e ≤ 1 , ou seja, $(0 \leq P(A) \leq 1)$;
- A probabilidade da ocorrência de dois eventos simultaneamente será igual ao produto da probabilidade de um evento pela probabilidade do outro evento dado que o primeiro evento tenha ocorrido, ou seja, $(P(A) \times P(B/A))$;
- Se dois eventos são independentes a probabilidade da ocorrência simultânea destes dois eventos corresponde ao produto destes eventos, ou seja, $P(A) \times P(B)$.

Por outro lado, esta técnica permite avaliar uma determinada amostra a partir de parâmetros estatísticos, tais como: média, mediana, intervalo de classe, moda, variância e o desvio padrão. Da mesma forma, estes parâmetros irão auxiliar na determinação do tipo de distribuição de probabilidade que melhor represente a amostra em análise. Esta distribuição irá descrever os números que aparecem com maior frequência ou alta probabilidade e os números que aparecem com menor frequência ou baixa probabilidade. (ibid. 1997).

Segundo WIDEMAN (1992) através da análise de probabilidade será especificado o tipo de distribuição de probabilidade de acordo com cada variável em análise, considerando situações onde uma ou todas as variáveis podem ser escolhidas ao mesmo tempo. Entretanto, torna-se difícil definir a probabilidade de ocorrência de uma variável específica. Deste modo, estas variáveis devem ser agrupadas e divididas em intervalos a fim de se verificar o tipo de distribuição de probabilidade. No caso de falta de dados, o autor sugere utilizar a distribuição triangular, trapezoidal e a retangular.

RAFTERY (1994) descreve que para estimar a probabilidade de uma determinada variável, deve-se utilizar a simulação de programas de computador, a fim de se obter o tipo de distribuição de probabilidade. Entretanto o autor menciona que de acordo com sua experiência em projetos, as distribuições mais utilizadas

para análise de custos e orçamentos são: Triangular, Uniforme, Trapezoidal, Retangular e Discreta.

Na definição de WINKLER (1996), a probabilidade da ocorrência de um determinado evento será igual ao número de vezes de ocorrência deste evento dividido pelo número total dos possíveis resultados. Todavia, segundo o autor nem sempre é possível medir a probabilidade de um evento através deste conceito, devido à necessidade de um grande número de dados. Contudo, pode-se obter uma interpretação subjetiva desta probabilidade utilizando o conceito do grau de confiabilidade, ou seja, consiste na comparação da ocorrência de probabilidade entre dois eventos.

MARTZ & PICARD (1998) descrevem que esta metodologia é utilizada para estimar a frequência e a consequência de um determinado evento.

De acordo com a literatura pesquisada a técnica de análise de probabilidade considera as seguintes etapas para a sua aplicação:

- Análise dos dados históricos ou dados confiáveis para a posterior construção do histograma de frequência;
- Escolha da curva de distribuição com base na análise da amostra;
- Análise da probabilidade.

Entretanto, WIDEMAN (1992), RAFTERY (1994), PRITCHARD (1997), WILLIAMS (1996), KERZNER (1998), LAU et. al. (2000), GREY (1995), mencionam que a dificuldade desta técnica consiste no tamanho da amostra, no grau de confiabilidade e na utilização de variáveis subjetivas. Todavia os autores mencionam que as distribuições mais utilizadas para análise de custos em projetos são: a Uniforme, a triangular, a trapezoidal, discreta e a retangular. Da mesma forma é sugerida a utilização destas distribuições nos casos em que o número de amostras serem limitados.

A técnica de análise de probabilidade apresenta os procedimentos para sua aplicação, semelhantes ao método de Monte Carlo que está descrito a seguir, porém a diferença básica entre estas duas técnicas está no fato da primeira analisar dados reais enquanto que a segunda irá analisar dados gerados aleatoriamente a partir de

uma pequena amostra inicial. Todavia, a grande dificuldade na utilização desta técnica é a disponibilidade de dados para a obtenção de uma amostra com significância estatística adequada.

2.5.3 Simulação de Monte Carlo

A *“simulação é a arte e ciência de criar um modelo que se comporta da mesma maneira que se comporta um sistema real. O modelo é usado para determinar como o sistema atua para os diferentes parâmetros de entradas”*. Assim, a simulação serve para criar parâmetros em relação à incerteza que podem ser representados por uma determinada distribuição de probabilidade. (FLANAGAN & NORMAN, 1993, p. 101). Cada simulação é efetuada pela substituição da variável que está sendo analisada por um número aleatório. Deste modo, um número N de simulações possibilitará traçar a função de densidade de probabilidade que melhor caracterizará esta variável.

Segundo SHIMIZU apud. (LIMMER, 1997) uma simulação é essencialmente um trabalho com analogias procurando imitar a realidade através de modelos, que podem ou não manter as características físicas e lógicas do sistema real imitado. No caso específico do Método de Monte Carlo, o autor estabelece que este método gera artificialmente a probabilidade da ocorrência de um determinado evento a partir de uma lei de distribuição preestabelecida. A função que gera os números aleatórios entre 0 e 1 é denominada de RANDOM e a função utilizada para iniciar cada simulação é chamada de RANDOMIZE. De acordo com o autor, *“os números aleatórios vão corresponder a valores de uma função de densidade de probabilidade de forma previamente definida e cuja característica se quer determinar através da simulação”*. A forma da pdf – função densidade de probabilidade a ser definida na determinação do risco em projetos é importante, sendo que poderá ser uma variável aleatória discreta ou contínua.

O Método de Monte Carlo é definido por KERZNER (1998) como a criação de uma série de números aleatórios entre 0 e 1, transformando estes números em informações úteis que refletem a quantificação dos riscos potenciais de uma situação real.

Quando uma simulação é iniciada, a sua planilha é calculada sucessivamente, sendo que cada recálculo corresponde a uma iteração. Cada iteração se constitui em um conjunto de novos possíveis valores amostrados de cada distribuição de “*inputs*” ou células de entrada. Deste modo, em cada iteração a planilha é recalculada com um novo conjunto de dados amostrais e um possível novo resultado é gerado para as suas células de saída ou “*outputs*”. À medida que a simulação progride, novos possíveis resultados são gerados de cada iteração. (PALISADE, 2013).

De acordo com vários autores citados em MORANO (2003), observa-se que a utilização deste método para a análise de riscos em projetos, obedece às etapas enunciadas a seguir, as quais serão discutidas subsequentemente:

1. Agrupamento dos dados coletados em uma tabela com intervalos de classe, a partir dos quais será construído um histograma de frequência;
2. Escolher uma distribuição cuja pdf é uma variável aleatória contínua que represente melhor os dados amostrais organizados de acordo com a etapa 1;
3. Após a implementação das etapas 1 e 2 executar as **N** iterações utilizando a função RANDOM com base na distribuição definida em 2, considerando os intervalos de classe estabelecidos em 1;
4. Avaliar se o número de iterações realizadas é satisfatório, sendo que caso contrário à etapa 3 deverá ser repetida até que o número considerado ideal de iterações seja alcançado;
5. Com base nas iterações obtidas na etapa 4, obter a curva função densidade de probabilidade acumulada a partir da qual as análises serão realizadas.

Na elaboração da etapa 1, na qual é mencionada a construção da distribuição de frequência e do histograma confeccionados a partir dos dados amostrais, existem duas questões que surgem devido à divergência de opiniões entre os autores estudados:

- Quantos elementos devem ser considerados no intervalo de classe?
- Qual é a amplitude destes intervalos de classe?

Pode-se constatar na literatura pesquisada que se trata de questões divergentes e pouco esclarecidas. Em estatística, a definição do número de intervalos de classes para construção de distribuições e histogramas de frequência não obedece a um padrão unitário. Por exemplo, LEVINE, BERENSON & STEPHAN (2000) estabelecem que o cálculo do número de classes irá depender do número de observações dos dados. Entretanto, os autores propõem que a distribuição de frequência seja dividida entre 5 a 15 classes. Por outro lado, HANSEM & GHARE apud (DE SOUZA 2002), sugerem que o número ideal de intervalos deverá se situar entre 10 a 20. Todavia, os autores admitem que possam ocorrer intervalos de classe com um número mínimo de 7 e máximo de 30. FONSECA & MARTINS (1987) e CRESPO (1996), colocam que não existe uma fórmula exata para o cálculo do número de classes, entretanto, os autores sugerem a utilização da “Regra de Sturges” através da fórmula definida abaixo.

$$K \cong 1 + 3,22 \log n, \text{ onde:} \quad (2.6)$$

$K \cong$ número de classes

$N \cong$ número da amostra

Entretanto, observa-se que este ponto não é objeto de uma maior atenção por parte dos autores que consideram a utilização do Método de Monte Carlo para análise de riscos em projetos. Deste modo, nota-se que esta é uma das questões que devem ser melhor aprofundadas, pois a elaboração da distribuição de frequência terá influência nos resultados obtidos após a realização da simulação. Ressalta-se que apenas FLANAGAN & NORMAN (1993), fazem algum tipo de abordagem sobre o assunto, ou seja, recomendam que o número de intervalos de classes a ser utilizado deverá ser aproximadamente igual ao número de graus de liberdade mais três, quando da realização do teste “Qui-Quadrado”, após a simulação.

Na etapa 2 da aplicação do Método de Monte Carlo é preciso escolher o tipo de distribuição de probabilidade. Entretanto, de acordo com alguns dos autores, a escolha da distribuição mais adequada para realização da simulação deve ser baseada na análise estatística da amostra. Por outro lado, outro grupo de autores propõe a utilização de alguns tipos específicos de distribuição. Entre aqueles que se

situam na primeira condição caso podem ser citados: RAFTERY (1994); KERZNER (1998); WIDEMAN (1992); CASTILLO et. al. (1999); AKINTOYE & MACLEOD (1997); MITCHELL & GELLES (2002); e GROENENDAAL & KLEIJNEN (1997).

Entre os autores que sugerem a utilização de alguns tipos de distribuição, LIMMER (1997) e BRUNI, FAMA & SIQUEIRA (1998), afirmam que a distribuição Normal é a mais utilizada, podendo esta ser desviada à esquerda ou à direita ou apresentar a forma simétrica em relação ao seu eixo central. Quando desviada tem-se uma distribuição do tipo beta. LIMMER (1997) menciona ainda a utilização de outros tipos de distribuição tais como: Uniforme e Triangular, sendo que para GREY (1995) esta última é considerada a ideal por assumir valores máximo, mínimo e o mais provável. Da mesma forma GOODPASTURE (1999), considera que as distribuições mais utilizadas são a Triangular e a Beta. Além dessas, PRITCHARD (1997) acrescenta a distribuição Uniforme como as três mais usuais.

FERSON & GINZBURG (1996), estabelecem que a escolha de uma distribuição deve-se constituir a partir do momento em que exista um conhecimento individual sobre os parâmetros. De acordo com os autores, deve-se assumir o “Princípio de Laplace” o qual estabelece que na ausência de informações específicas sobre cada parâmetro deve-se adotar o modelo da distribuição uniforme. Ainda segundo os autores o problema não está em se assumir determinado tipo de distribuição e sim no porquê de se assumir uma forma em particular destas distribuições.

No “*site*” da “*Risk Analysis Overview*” (2002), o tipo de distribuição estabelecido baseia-se nas condições que cercam as variáveis em análise. Entretanto, sugerem a utilização das seguintes distribuições: Normal; Triangular, Uniforme e Lognormal.

FLANAGAN & NORMAN (1993) mencionam que as distribuições podem ser contínuas, assumindo quaisquer valores dentro de um determinado intervalo ou onde os valores considerados serão específicos. Os autores afirmam que os tipos mais comuns de distribuições de probabilidade utilizados são: Uniforme; Triangular; Normal; Poisson; Binomial; Lognormal; Exponencial; Geométrica; Hipergeométrica;

Beta e Weibull, e, acrescentam ainda, que as distribuições devem apresentar as seguintes características:

- A distribuição deve ser facilmente identificável a fim de que um limite de dados seja estabelecido;
- A distribuição deve ser facilmente atualizada quando os dados adicionais forem introduzidos para análise;
- A distribuição de probabilidade deve ser flexível e capaz de assumir uma ampla variedade de formas. Como exemplo, pode-se citar a distribuição Weibull de 2 ou 3 parâmetros, muito utilizadas em testes de vida por De Souza a partir de 1999.

Levando-se em conta as diretrizes estabelecidas acima, FLANAGAN & NORMAN (1993) se posicionam no sentido da adoção da curva beta como sendo a distribuição ideal para aplicação do Método de Monte Carlo em análise de riscos em projetos, pois, poderá apresentar uma maior flexibilidade de formas. Entretanto, no trabalho de Martins (2011), a distribuição que se destacou foi a Weibull.

FERREIRA (2001) destaca ainda que a escolha da distribuição deverá considerar os diferentes aspectos relacionados ao gerenciamento de projetos. As sugestões dos modelos de curva listados acima serão adequadas às situações específicas nas quais se estiver aplicando o Método de Monte Carlo, a saber: estimativas de prazos em projetos de construção, custo da construção por m², Homens-hora por m², Valor Presente Líquido, Custo dos Serviços de Elétrica, Custos de Fundações, entre outras. Ao encontro desta afirmativa FLANAGAN & NORMAN (1993) apontam as amostras correspondentes aos custos de diferentes serviços de construção (serviços de elétrica e mecânica, fundações, superestrutura, acabamento interno, acabamento externo, trabalhos preliminares, entre outros).

Finalmente, observa-se que a escolha da distribuição, a qual é um dos pontos chave na utilização do Método de Monte Carlo, constitui-se também numa das maiores dificuldades na utilização eficaz deste método. Neste sentido, a disponibilidade de dados confiáveis é fundamental para o sucesso da implementação desta metodologia, bem como a experiência e o conhecimento profissional. Considera-se, principalmente, no que diz respeito aos projetos de

construção, a condução de uma grande quantidade de experimentos a partir de situações reais, abrangendo as diferentes atividades envolvidas no processo de gerenciamento de empreendimentos, as quais poderão melhorar, consideravelmente, os resultados obtidos com a utilização do método. Entre estas atividades podem-se exemplificar as seguintes: custo dos serviços de elétrica, custo por m² da construção, produtividade de montagem de tubulações (Homens-hora/tonelada), Homens-hora/m² construído.

As etapas 3 e 4 constituem-se na implementação das etapas 1 e 2 e no estabelecimento do número adequado de iterações, que de acordo com a literatura pesquisada, apresenta outro ponto polêmico na aplicação do Método de Monte Carlo. Assim, WIDEMAN (1992) estabelece que o número de iterações irá depender do número de variáveis e do grau de confiança requerido na análise; contudo o autor sugere a adoção de um número entre 100 e 1000 iterações. Por outro lado, BRUNI, FAMÁ & SIQUEIRA (1998), adotam 200 e 1000 iterações. LIMMER (1997) sugere que esta variação deverá se situar entre 50 e 1000 iterações, enquanto que GREY (1995) propõe a utilização de um número mínimo de 300 iterações. Finalmente, FLANAGAN & NORMAN (1993) afirmam que este número poderá ser em torno de 50, 100 ou 200 iterações. Entretanto, os autores alertam para a necessidade da verificação de que o número de iterações adotado seja suficiente para representar a distribuição de probabilidade das variáveis aleatórias geradas. Para tanto, os autores sugerem a realização do teste Qui-Quadrado cujo objetivo é verificar o grau de aderência dos dados amostrais utilizados em relação ao modelo de distribuição obtido após a realização das simulações.

Adicionalmente, FONSECA & MARTINS (1987) descrevem que quando o teste Qui-Quadrado é utilizado para comprovar a concordância entre valores observados e esperados para certo fenômeno, denomina-se teste de adequação do ajustamento.

Por outro lado, se o teste Qui-Quadrado for utilizado para validar hipóteses referentes à forma da distribuição da população, será então denominado como teste de aderência. Nesse caso, admiti-se que a distribuição da variável em estudo está descrita por determinado modelo teórico de probabilidade e verifica-se o grau de aderência dos dados amostrais ao modelo estabelecido.

No caso do Método de Monte Carlo aplica-se o teste Qui-Quadrado para verificar o grau de aderência da distribuição de probabilidade escolhida com o modelo de distribuição teórico, sendo denominado como teste de aderência. No caso do número de iterações, o método Qui-Quadrado é aplicado para verificar se o número de valores que foram gerados aleatoriamente é suficiente para representar a curva de distribuição estabelecida, sendo denominado deste modo como teste de adequação de ajustamento.

A etapa 5 finaliza o método, com a construção do gráfico de função densidade acumulada e do histograma, e a posterior análise dos dados. Assim, de acordo com WIDEMAN (1992), FLANAGAN & NORMAN (1993), GREY (1995), BRUNI et. al. (1998), LIMMER (1997), RAFTERY (1994), KERZNER (1998), entre outros, descrevem que após a simulação deve-se elaborar o histograma e o gráfico de frequência acumulada para análise dos resultados obtidos, examinando a forma resultante da distribuição e da curva de frequência acumulada. A análise do histograma permitirá a observação dos seus pontos notáveis, como por exemplo, o intervalo com maior frequência de ocorrências. Por outro lado, o gráfico da curva de função de distribuição de probabilidade acumulada permitirá a avaliação imediata da probabilidade de ocorrência de uma determinada variável. Alerta-se que as curvas obtidas deverão ser ajustadas utilizando-se o teste Qui-Quadrado, como mencionam FLANAGAN & NORMAN (1993) e outros autores. Este ajuste tem a finalidade de verificar a aderência dos dados à curva escolhida após simulação.

Para ilustrar o que foi descrito acima, adaptou-se o exemplo hipotético do demonstrado por FLANAGAN & NORMAN (1993) a fim de uma melhor compreensão destes gráficos. Supondo que se esteja analisando o custo total de uma determinada obra. Aplicou-se 100 simulações para esta análise. De acordo com a Figura 2.9, verifica-se que as 50 simulações realizadas em 100, correspondem a uma probabilidade de 50% enquanto que as 80 simulações em 100 correspondem a uma probabilidade de 80%. Desta forma, através dos resultados obtidos no gráfico a seguir, podemos constatar que há 50% de probabilidade custo estimado do projeto ser menor do que R\$ 17 milhões e 80% do custo ser menor do que R\$ 18 milhões.

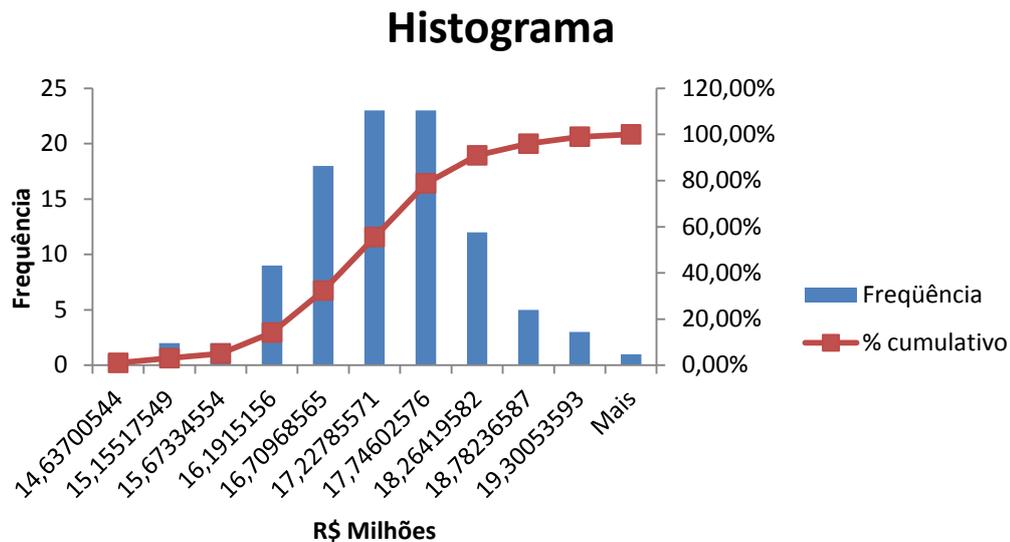


Figura 2.9 – Curva de Frequência Acumulada e Histograma do prazo.
Fonte: Adaptação da autora (FLANAGAN & NORMAN, 1993).

Por outro lado, o histograma apresentado na Figura 2.13 é utilizado como complementação do gráfico de frequência acumulada, uma vez que indica o intervalo do custo da obra mais provável dentro da proposta de custo estabelecida. No eixo vertical tem-se o percentual de frequência e no eixo horizontal o custo dividido por intervalos de classe. Deste modo, os custos da obra mais prováveis estão compreendidos num intervalo entre R\$ 17,2 milhões e 17,7 milhões. Comparando os dois gráficos sobrepostos, em relação à curva de frequência acumulada, existe cerca de 55% de probabilidade do custo ser menor ou igual a R\$ 17,2 milhões, enquanto que existe cerca de 80% de probabilidade do custo ser menor ou igual a R\$ 17,7 milhões.

No caso da aplicação desta técnica para representar o custo do projeto, GREY (1995) adotou como exemplo as seguintes etapas:

1. Seleção de uma amostra de 20 itens do projeto, assumindo que todos possuem custos incertos;
2. Geração aleatória de um valor específico para cada componente de custo dentro do limite estimado de cada um dos três valores, o máximo, o mínimo e o provável, assumindo que a distribuição é a triangular;
3. Consideração mínima de 300 iterações, sendo adotado para o presente exemplo 1000 iterações;

4. Comparação dos resultados gerados com os possíveis resultados do projeto;
5. Representação do gráfico de frequência acumulada e o histograma.

Neste trabalho para a proposta da metodologia serão utilizadas duas técnicas de análise de risco: a Simulação de Monte Carlo e o Teste de Sensibilidade.

De acordo com KERZNER (2011) quando realizamos um modelo de simulação probabilístico deve ser considerada a análise posterior dos resultados utilizando-se o Teste de Sensibilidade ou Análise de Cenários. No caso da análise de risco em relação aos custos, a análise de sensibilidade irá identificar quais as variáveis (desde que independentes) afetam mais os custos do projeto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO: ESTRUTURA METÁLICA

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui competência na construção metálica em todas as áreas, que abrangem: estudos, projetos de arquitetura, projetos de engenharia, fornecimento de componentes, fabricação e montagem, produção de componentes complementares das edificações e manutenção, segundo os especialistas do setor. (CARDOSO, 2011).

De acordo com LUCCHINI (2009), o Brasil é o primeiro produtor mundial de Minério de Ferro e o oitavo produtor mundial de aço. Além disso, a demanda de projetos em estrutura metálica vem reforçando o crescimento deste setor.

A Usiminas Mecânica, por exemplo, que se constitui em uma empresa de bens de capital e serviços do grupo Usiminas, iniciou em 2011 cinco novos contratos que totalizam o montante de R\$ 286 milhões com a previsão de projetos nas áreas de siderurgia, energia eólica, infraestrutura e equipamentos industriais. O principal deles foi o edifício do novo laminador da Gerdau Açominas. A empresa foi responsável pelo projeto básico, cálculo estrutural, fabricação das estruturas, jateamento e pintura, transporte e montagem, colocação das telhas e sistema de iluminação, e teve a CODEME Engenharia S.A. como sócia no empreendimento. O edifício industrial ocupa cerca de 110 mil metros quadrados de área coberta, e a conclusão deste edifício foi prevista para o segundo semestre de 2012. Outro importante contrato prevê o fornecimento de “*blanks*” (peças de aço cortadas conforme a necessidade do cliente) à Gestamp Wind Steel Pernambuco S.A. (CARDOSO, 2011). Da mesma forma, também venceu licitação para a construção e seis esferas de aço para o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro

(COMPERJ), empreendimento da Petrobras que ainda está em fase de construção. Outro contrato recentemente assinado pela Usiminas Mecânica foi com a Vale S.A. A empresa vai participar da primeira fase da duplicação da Estrada de Ferro Carajás, que a mineradora mantém no Pará. Neste contrato foi previsto o fornecimento e fabricação, transporte e montagem de seis pontes a partir do primeiro trimestre de 2011. Também direcionado ao Complexo de Suape, a Usiminas Mecânica vai fornecer as estruturas metálicas para uma planta de fios de poliéster para indústria têxtil e de polímero termoplástico (PET) para produção de embalagens, garrafas e malhas especiais. A empresa, que também terá a Codeme como parceira, será responsável pelo detalhamento do projeto, fabricação, jateamento e pintura e o transporte das estruturas para a Construtora Norberto Odebrecht, responsável final pela obra. (CARDOSO, 2011).

Assim sendo, verifica-se que os novos negócios estão alinhados com a estratégia destas empresas de atuarem em segmentos de grande potencial de crescimento nos próximos anos.

Neste capítulo são discutidos alguns conceitos sobre: estrutura metálica; os recursos físicos requeridos para a montagem da estrutura, a fabricação e montagem da estrutura metálica, produtividade, indicadores de produtividade e custo em projetos.

3.2 ESTRUTURA METÁLICA

Os projetos de construção metálica são subdivididos em várias fases, sendo que cada uma delas envolve inúmeras atividades que se interligam e muitas vezes são dependentes. Deste modo, é fundamental que haja um planejamento previamente elaborado a fim de que o projeto seja finalizado dentro dos parâmetros estabelecidos de prazo, custo e qualidade. (PINHO, 2005).

Segundo LUCCHINI (2009) um projeto de estrutura metálica pode ser dividido nas seguintes fases:

Anteprojeto – executado por arquitetos, projetistas ou engenheiros de acordo com o programa da obra a ser concebida. Nesta fase deverá ser levantada a infraestrutura necessária para a realização da obra e elaborado o memorial

descritivo do projeto, levando-se em conta o tipo de aço que será utilizado na estrutura, bem como a verificação de uma possível padronização das peças, pois sendo o processo industrializado, esta padronização customizará este processo. Da mesma forma, decidir se a estrutura será aparente ou revestida, para posterior verificação da necessidade de proteção contra o fogo e corrosão (DIAS, 1998 apud. LUCCHINI, 2009).

Projeto Básico – corresponde a concepção estrutural, onde devem ser definidos os carregamentos; descrição dos tipos de perfis a serem utilizados com as respectivas medidas e as características das seções transversais; a caracterização das ligações que irão compor a estrutura como um todo; o cálculo dos esforços nas seções transversais e em todos os pontos considerados importantes na estrutura; o dimensionamento e o plano de cargas das fundações e a estimativa aproximada do consumo de aço.

Fabricação da estrutura – verificação do transporte e manuseio das peças dentro e fora do campo fabril; conhecimento do processo de fabricação e como serão executados, por exemplo, os processos de furação, solda, galvanização, entre outros; conhecimento da organização da fábrica de estruturas, dos equipamentos disponíveis, bem como suas funções, capacidades e limitações.

Projeto - são elaborados desenhos conforme o nível desejado de projeto com a representação das definições estruturais, em escritórios de engenharia ou arquitetura especializados em estruturas metálicas.

De uma forma geral as atividades fundamentalmente ligadas ao projeto são: a concepção e execução dos desenhos básicos, o cálculo estrutural, execução dos desenhos para fabricação (detalhamento), listagem dos materiais, o roteiro de inspeção e os desenhos de montagem. (LOPES, 2001)

3.2.1 Recursos físicos para a montagem

Os serviços de construção e montagem utilizam três meios de produção ou recursos físicos: mão de obra; equipamentos e materiais.

3.2.1.1 Mão de obra

Em geral no caso da mão de obra sua classificação consiste em mão de obra direta (MOD) que abrange os profissionais qualificados num determinado ofício (soldadores, eletricitas, encanadores, entre outros) e não qualificados (ajudantes, serventes) e a mão de obra indireta (MOI) que abrange os profissionais das áreas de planejamento, administração, segurança, suprimentos, supervisão e gerenciamento da obra (engenheiros, supervisores técnicos, auxiliares técnicos, aprovacionadores, administrativos, técnicos de segurança, apontadores, vigias, entre outros), entretanto, existe um tipo de mão de obra complementar denominada de mão de obra de apoio (MOA) que complementa as atividades da obra com serviços necessários à operação. (Topografia, operação de equipamentos, transporte, construção civil, levantamento de cargas, entre outros) (FERNANDES, 2005).

Para fins de padronização de entendimento será adotada a definição de mão de obra estabelecida no projeto de pesquisa denominado E&P 27.5 – Métricas de Desempenho da Indústria realizado no período de março/2008 a setembro de 2010, que teve a participação da indústria EPC - “*Engineering, Procurement and Construction*”, Petrobras, CII – “*Construction Industry Institute*” e da UFF.

“MOD – Mão de obra direta – Para a Indústria EPC entende-se como H.h. Direto, toda a mão de obra envolvida na realização dos serviços, até o nível de encarregado. No caso dos estaleiros, entende-se com H.h. Direto, toda a mão de obra envolvida na realização dos serviços desde o 1º nível supervisão (contra mestre e/ou mestre) até o nível de encarregado, inclusive. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p.56).

MOI – Mão de obra indireta – Entende-se como H.h. indireto todo H.h. de gerenciamento da produção, administração em geral, controle e distribuição de materiais, toda a mão de obra de QSMS (gestão integrada de qualidade, segurança, meio-ambiente e saúde), movimentação e levantamento de cargas, montagem e desmontagem de andaimes e H.h. de Gerenciamento e Controle da Qualidade. No caso das empresas de construção e montagem, compreende o nível mais alto a ser considerado, ou seja, o gerente geral da obra”. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p.57).

3.2.1.2 Equipamentos

De acordo com BELLEI, (2006 apud. LUCCHINI, 2009) o projetista de estrutura deverá ter pelo menos a noção da utilização e das limitações mais frequentes dos equipamentos de montagem, bem como estar informado quanto ao gabarito de transporte, a fim de poder determinar com segurança, a largura, o comprimento e o peso máximo das peças que serão fabricadas. Da mesma forma,

ao engenheiro cabe a responsabilidade da definição do sistema de montagem e da escolha dos equipamentos mais adequados para a obra, a fim de que sejam apresentadas soluções viáveis em relação ao custo, prazo, qualidade e dos limites de segurança requeridos.

Os equipamentos apresentam uma subdivisão em três grupos:

Equipamentos de Aluguel – aqueles em que apresentam maior valor relativo e são atribuídos o valor do aluguel (hora, dia ou mês), para efeito de apropriação de custos e depreciação, mesmo sendo de propriedade da montadora ou de terceiros. (caminhões, guias, guindastes, máquinas de solda, entre outros). A ABEMI – Associação Brasileira de Engenharia Industrial atualiza e publica anualmente uma Tabela de Valores para Remuneração de Equipamentos de Construção e Montagem.

Ferramentas – existem as ferramentas de uso geral e as individuais. As ferramentas individuais que costumam ser de propriedade da montadora e apresentam baixo valor relativo, porém costumam ter os seus custos estimados, para fins de orçamento e apropriação, por meio de taxa percentual, que incide sobre os custos dos salários da MOD. Cada profissional deverá dispor de uma caixa de ferramenta individual própria, específica a sua atividade (mecânico, encanador, eletricista, entre outros). Em relação às ferramentas de uso geral, as mesmas serão guardadas em um depósito nas ferramentarias, onde podem ser retiradas mediante controle. (FERNANDES, 2005).

Equipamentos de Proteção: se subdividem em equipamentos de proteção individuais (EPIs) e equipamentos de proteção coletivos (EPCs).

Os EPIs são utilizados para garantir a segurança e integridade individual do funcionário na execução de suas atividades, podendo considerar os uniformes de trabalho como EPIs. (óculos, capacetes, botas, luvas, entre outros).

Os EPCs destinam-se a proteção de um grupo de pessoas que estejam executando determinada atividade e da coletividade em geral. (detectores de emissões de gases tóxicos, explosivos, radiações, entre outros).

Todos estes equipamentos deverão atender as exigências normativas de segurança do trabalho e os seus custos serão avaliados por meio de taxas sobre os salários da MOD. (FERNANDES, 2005).

3.2.1.3 Materiais

Segundo FERNANDES (2005) os materiais são subdivididos em: materiais permanentes ou de aplicação, materiais de consumo ou consumíveis e materiais auxiliares.

Materiais permanentes são definitivamente incorporados à obra e que costumam ser relacionados em uma lista de materiais (LMs), chapas, tubos, eletrodutos, cabos elétricos, entre outros, e podem ser fabricado com vários tipos de aço. O aço estrutural que está presente na maioria das construções metálicas, apresenta resistência mecânica e composição química definida, além de boa soldabilidade e fácil corte; o aço carbono é o mais utilizado em estruturas podendo conter o teor de carbono entre baixo até moderado. Este tipo de aço apresenta boa soldabilidade e atende aos padrões normativos americano e alemão estabelecidos pelas normas ASTM – “*American Society for Testing Materials*” e DIN – “*Deutsches Institut für Normung*”. Aço de baixa liga é o aço carbono acrescido de elementos de liga que melhoram as propriedades mecânicas do aço e também apresentam boa soldabilidade e atendem aos padrões normativos estabelecidos pela ASTM e DIN; aços com tratamento térmico são empregados na fabricação de barras de aço para protensão e parafusos de alta resistência e as especificações normativas é dada pela ASTM A 490. (LUCCHINI, 2009).

Segundo GUARNIER & ARAUJO (2010) o uso do aço como material estrutural apresenta vantagens em relação aos outros materiais, tais como:

“... ganhos de vão, diminuição da seção transversal do elemento estrutural, alta resistência em relação ao peso próprio, alto módulo de elasticidade, resistência à tração, homogeneidade do produto, diminuição do peso da estrutura com alívio das cargas de base (fundações), tempo ganho no cronograma da obra, precisão de execução etc. Essas vantagens são amplamente obtidas quando a opção pela estrutura metálica já é feita desde o início do processo de projeto. A falta de planejamento inicial do uso do aço como material estrutural leva a problemas que seriam facilmente solucionados no processo de projeto. Patologias da edificação seriam evitadas se houvesse o cuidado, por parte dos projetistas de pensar (e detalhar) cada ligação entre os elementos estruturais, cada interface entre

os diferentes materiais, etc. O detalhamento adequado do projeto propiciaria menor chance de erros, com maior qualidade e maior velocidade na execução, o que representaria lucro aos investidores do setor”. (GUARNIER & ARAÚJO, 2010, p.33)

Adicionalmente BELLEI (2006 apud. LUCCHINI, 2009) enumera as vantagens do uso do aço na construção civil:

- A praticidade e simplicidade da estrutura metálica otimizam a utilização dos insumos e da mão de obra;
- Apresenta uma redução nos prazos de execução, pois se pode trabalhar ao mesmo tempo na fundação e na fabricação das estruturas;
- Fácil adaptação a outros materiais, podendo ser utilizada também como cobertura, no fechamento de vãos e acabamento da obra;
- As estruturas metálicas apresentam um percentual acima de 90% para a reciclagem;
- A construção em estrutura metálica evita o depósito desnecessário de materiais de construção e entulho, permitindo a otimização do canteiro de obras;
- Um projeto de estrutura metálica bem planejado, com todos os detalhes e as ligações das peças dentro das sequências de fabricação e montagem, antes do início da construção, irá evitar retrabalho e desperdício em mão de obra, material, custo e prazo.

Os materiais de consumo ou consumíveis caracterizam-se por serem dissipados com a sua utilização (gases industriais, óleos, graxas, materiais de limpeza, entre outros). Em geral não costumam ser relacionados em uma lista de materiais (LMs), e, por serem de baixo custo, a estimativa do seu custo é calculada através da estimativa de taxas sobre os salários da MOD, entretanto, alguns destes materiais consumíveis, por terem um alto custo, podem ser considerados separadamente, como no caso dos eletrodos e dos gases especiais utilizados no processo de soldagem.

Materiais Auxiliares – destinam-se a auxiliar as atividades de montagem, como por exemplo, andaimes, escadas, plataformas de trabalho entre outras. Em

geral, são provisórias e ao final do cumprimento de sua finalidade são descartados. (FERNANDES, 2005).

PINHO (2005) ainda acrescenta a seguinte subdivisão:

Canteiros de Obras – que abrangem os escritórios, refeitórios, alojamentos, sanitários, barracões, transformadores, contêineres, ferramentaria, almoxarifado, guarita, telefones, móveis, materiais de expediente, cercas, tapumes, entre outros.

Veículos – automóveis, ambulância, caminhonetes, caminhão carroceria, entre outros.

Entretanto, o canteiro de obras também serve para a estocagem das peças fabricadas, sendo fundamental para que o serviço de montagem mantenha a continuidade. No canteiro se acumulam grandes quantidades de peças, antes mesmo da montagem e cabe ao montador dentro do possível manter este estoque em pontos estratégicos e próximos do local da montagem, a fim de minimizar o manuseio, realocações desnecessárias e até mesmo o dano ou deformações das peças. (LUCCHINI, 2009).

3.2.2 Fabricação em campo da estrutura metálica

O processo de fabricação da estrutura bem como o seu detalhamento está diretamente relacionado à escolha da solução estrutural. O detalhamento ocorre após a especificação de toda a estrutura por engenheiro calculista que definirá além das dimensões dos perfis, o tipo de ligação, estabilização da estrutura, posicionamento e dimensionamento de enrijecedores e elementos de contraventamento, entre outros. As ligações entre elementos estruturais são os principais itens a serem detalhados em um projeto de estrutura metálica. *“O sistema estrutural, o lançamento da estrutura e o sistema de estabilização adotado irão determinar, além da geometria das peças e da escolha dos materiais, as ligações entre os diversos elementos estruturais”.* (GUARNIER & ARAUJO, 2010, p. 34)

O detalhamento de fabricação se inicia pela definição dos conjuntos e subconjuntos de peças, sendo que a estrutura é dividida em pequenos grupos de peças em função do diagrama de montagem. É desejável que a estrutura saia

montada de fábrica com o máximo de peças possíveis, porém existe limitação dos grupos de peças, em suas dimensões e peso, devido ao espaço disponível e o equipamento para o transporte. Após a definição do conjunto de peças se inicia o detalhamento de cada peça componente, ou seja, desenha-se cada peça com todas suas informações, suas dimensões, possíveis cortes, furos, arestas, soldas, entre outras. *“Cada formato conterá apenas o detalhamento de uma peça, o chamado croqui de fabricação, que consiste em um desenho limpo, objetivo e preciso, apresentando apenas as informações necessárias para a fabricação da peça”*, pois o excesso de informação no desenho pode comprometer a sua compreensão e ocasionar erros que terão como consequência, prejuízo com a perda da peça. Deste modo, é fundamental que haja a padronização de desenhos e símbolos utilizados num projeto, facilitando a compreensão e aumentando a produtividade. (ibid., 2010, p. 34).

“Segundo HAYWARD E WEARE (2002), usualmente, cada elemento estrutural ou conjunto é mostrado para fabricação na forma como será entregue no canteiro de obras. É comum ocorrer confusão e até erros causados durante o processo de produção, pela representação inadequada ou ausente ou, ainda, pelo desconhecimento de conceitos básicos de detalhamento. Notam-se, em visitas de campo, que cada fabricante apresenta sua própria metodologia de representação dos detalhes, seus próprios procedimentos para a realização desses desenhos. Por esta razão, na maioria das vezes o detalhamento é feito pelo próprio fabricante (equipe técnica própria).” (apud. GUARNIER & ARAUJO, 2010, p. 34).

Atualmente, com a grande demanda do mercado de estruturas metálicas, existe um processo de terceirização destes serviços, para os quais são fornecidos guias de procedimento de detalhamento, a fim de evitar perda de tempo na fábrica com alterações e adaptações. Entretanto, cabe ressaltar que cada empresa fabricante da estrutura apresenta guias de procedimentos para o detalhamento de fabricação diferentes, o que gera dificuldades em recrutar mão de obra e aumento de prazo desnecessário, uma vez que o profissional (nem sempre com experiência) terá que consultar diferentes guias de procedimentos para realização dos desenhos de detalhamento.

Segundo LUCCHINI (2009) o processo de fabricação de estrutura metálica pode ser dividido em:

Desenhos de Fabricação – após a fase de planejamento e com o projeto básico em mãos, inicia-se o detalhamento das peças e suas ligações. Todo desenho deverá ser verificado por um projetista antes de ser enviado para aprovação ou fabricação. Nesta fase toda peça receberá uma determinada marca, que vai aparecer também no diagrama de montagem, a fim de auxiliar na identificação da peça na montagem final. (DIAS, 1998 apud. LUCCHINI, 2009). O desenho de fabricação, também chamado de desenho de detalhe deverá conter todas as informações para a fabricação da peça, entre elas, a locação das peças, tipo e diâmetro dos parafusos e soldas, a fim de facilitar a compreensão do operário. Com a utilização de softwares para a realização destes desenhos houve a otimização e auxílio no trabalho do desenhista e calculista.

Diagramas de Montagem – são as marcas que cada peça terá a fim de mostrar a posição das peças e as partes individuais da estrutura, facilitando o transporte e auxiliando na montagem.

Além desta divisão, LUCCHINI (2009) menciona que as etapas de fabricação sofrem variações entre os fabricantes, porém são subdivididas nas seguintes etapas principais deste processo:

Suprimento – o setor de suprimento de fabricação e montagem, mediante dados estatísticos, de mercado, demanda, mantém um estoque mínimo de matérias considerados padrão; faz-se a listagem dos materiais preliminares de acordo com os desenhos do projeto, a fim de ser providenciada a quantidade de materiais necessários com antecedência, quer seja no estoque ou junto aos fornecedores; são providenciadas as listas de perfis para que no momento da fabricação ou aquisição antecipada destes, não ocorra atraso na fabricação das peças estruturais; inspeção em todos os materiais recebidos para verificação em relação ao atendimento das normas vigentes quanto à qualidade e tolerâncias; os materiais recebidos das usinas deverão ter os seus respectivos certificados. (BELLEI, 2006 apud. LUCCHINI, 2009).

Entretanto, cabe aqui um adendo em relação ao suprimento, pois de acordo com MANFREDINI, (2005) o suprimento corresponde a uma fase dentro do ciclo de vida do projeto e apresenta uma amplitude muito maior, pois compreende todas as atividades relacionadas com o atendimento das necessidades das obras quanto a

materiais, equipamentos, bens e serviços, sendo divididas de acordo com as seguintes etapas:

- Planejamento e programação: compreende no levantamento de todas as necessidades da obra, quanto a materiais, equipamentos e serviços, bem como a elaboração do cronograma físico-financeiro.
- Publicação de Editais: nesta etapa se elabora e publica os editais, envolvendo o preparo da documentação básica de concorrência e as rotinas a serem estabelecidas com o proprietário ou de órgãos financiadores.
- Execução: nesta etapa, o processo de licitação abrange a realização do processo de acordo com as regras do jogo.
- Análise e julgamento das propostas concorrentes: envolve a análise das propostas sobre os aspectos técnicos comercial, com um relatório de julgamento, contendo parecer fundamentado e conclusivo.
- Contratação: nesta etapa é feita a contratação, através do contrato discutido e firmado entre as partes.
- Gestão dos contratos firmados: envolvem atividades de controle e coordenação, acompanhamento do cronograma contratual, fiscalização da obra, liberações de pagamento e emissão de termos aditivos. (MANFREDINI, 2005).

De um modo geral a fase de suprimento abrange os seguintes processos:

Processo 1 – Planejamento: inicia-se com o planejamento das compras e aquisições e o planejamento das contratações.

Processo 2 – Execução: Aquisição/ Contratação: planejamento das solicitações de aquisição, solicitação de resposta aos fornecedores e a seleção dos fornecedores. Da mesma forma, nesta etapa procede-se a análise técnica das propostas a fim de verificar a qualificação técnica dos fornecedores. Além disso, os fornecedores também serão submetidos à qualificação comercial que serão analisados pelo departamento de suprimentos. Em ambos os casos será emitido um parecer de qualificação técnica e outro comercial para todos os fornecedores que atenderam os requisitos de qualificação ou não.

Processo 3 – Monitoramento e Controle: Administração dos Contratos entre o comprador e o fornecedor, inspeção, diligenciamento, dentre outros.

Processo 4 – Encerramento dos Contratos, onde os resultados gerados correspondem à aceitação da entrega, ao arquivamento do contrato e a documentação das lições aprendidas a fim de que possam ser utilizadas no processo de melhoria no planejamento e a implantação de novos contratos (HADDAD, 2007).

O autor ressalta a necessidade de se analisar alguns pontos considerados importantes no suprimento, tais como:

- Análise “*make or buy*” (fazer ou comprar);
- Análise tributária: crédito, débito, isenção e diferenças de impostos;
- Legislação;
- Análise do Custo Total: que englobam a localização do fornecedor, transporte, garantia, assistência técnica, peças de reposição, comissionamento, testes, dentre outros;
- Logística de Transporte;
- Conhecimento do comércio eletrônico e
- Importação. (HADDAD, 2007, p.54)

Após a descrição sucinta da fase de suprimento dentro do processo de fabricação, construção e montagem, dando continuidade a subdivisão das etapas de fabricação proposta por LUCCHINI (2009) tem-se:

Preparação – informações com as definições para oficina sobre onde, quando, como e o responsável para processar a fabricação da estrutura em suas etapas denominada de ordem de fabricação; fichas de controle que consiste no arquivo que informa a posição de cada elemento estrutural no fluxograma de fabricação; gabaritos e croquis que correspondem a desenhos em escala natural ou sem escalas para facilitar a execução das operações e garantir a qualidade; planejamento que será executado por equipes com experiência a fim de determinar os melhores procedimentos de fabricação dos elementos estruturais e que acompanham o processo e caso necessário possam fazer as devidas correções neste processo em tempo hábil.

Desempeno e Aplainamento – Nem sempre os materiais enviados das usinas estão aptos a serem utilizados na fabricação de peças estruturais, assim, quando alguns apresentam deformidades aquém do tolerado, este material, antes de

ser utilizado, terá que passar por um aquecimento controlado, desempenho mecânico ou aplainamento. (LUCCHINI, 2009).

Dobramento, Calandragem e Pré-deformação – o dobramento das peças pode ser a frio ou a quente. Nos materiais de dobramento a frio deverá ser considerada a resistência do material ao dobramento, seção reta do material, ângulo e raio de dobramento. No dobramento a calor, a temperatura não deverá ultrapassar os valores fornecidos pelos fabricantes ou norma técnicas vigentes; Na calandragem (alisamento) deverão ser consideradas as mesmas recomendações estabelecidas do dobramento; pré-deformação consiste na realização de uma operação com o objetivo de evitar a deformação provocada pelo aquecimento imposto à peça.

Cortes – são executados a calor ou mecânico. No caso do corte a calor pode ser utilizado à chama OXI-GLP ou oxiacetileno que cortam somente materiais como: o ferro, o aço-carbono com até 0,7% de carbono e aços de liga nobre, além do corte a calor com: eletro de carvão ou eletrodo de chanfro. O corte mecânico pode ser executado com: tesouras utilizadas em cortes de chapas de pequenas espessuras (calhas, tubos de descida, rufos, entre outros); tesouras guilhotina utilizadas em cortes de chapas e perfis pequenos com até 12,5 mm de espessura e serras utilizadas em cortes de perfis em geral.

Usinagem – é um processo de fabricação utilizado somente quando é exigido um contato perfeito entre as peças como, por exemplo, as bases de colunas, ligações a momento soldadas, enrijecimento de ligações, entre outros, pois se trata de um processo caro. (LUCCHINI, 2009).

Furação – no caso das peças com ligações aparafusadas, as especificações técnicas são determinadas pela NBR 8800 (Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios). As furações podem ser feitas com broca ou puncionada, porém neste caso, deverá ser verificada a relação entre a capacidade do equipamento, espessura da chapa, diâmetro do furo e folga entre a punção e matriz. No caso de furação para chumbadores de bases de coluna, além dos dois tipos de furação especificados, pode utilizar o corte por meio de OXI-GLP ou oxiacetileno. (LUCCHINI, 2009).

Montagem e Pré Montagem de Oficina – deverá ser executada dentro das dimensões e especificações estabelecidas no desenho de fabricação e de acordo com a tolerância prevista e normas vigentes. A pré-montagem é realizada na oficina com o objetivo de auxiliar a precisão da montagem em campo, verificando o posicionamento correto de partes ou de um conjunto de peças, contraflechas, entre outros.

Alargamento do Conjunto – durante a fabricação é realizado o alargamento do conjunto que assegura a coincidência dos furos em ligações, com o objetivo de haver maior rendimento na montagem em campo, sendo utilizadas em: estruturas de pontes ferroviárias e rodoviárias, silos com chapas de desgaste, estruturas espaciais de grande porte, entre outros.

Parafusagem – feita com chaves manuais ou de impacto, sendo que a maioria das conexões, os parafusos utilizados são ASTM A 307. No caso dos parafusos de alta resistência são ASTM A 325 e A 490. (BELLEI, 2006 apud. LUCCHINI, 2009).

Soldagem – todos os soldadores devem ser qualificados de acordo com as normas vigentes e o fabricante deve fornecer os procedimentos de soldagem indicando os seguintes dados: processo de soldagem (manual – eletrodo revestido, arco submerso, entre outros); tipo de junta e sua configuração; especificação e espessura do material base; especificação e classe do material de deposição; temperatura de pré-aquecimento (mínima); temperatura entre passes (máxima); número aproximado de passes; parâmetros de soldagem (voltagem, amperagem, velocidade); controle de material de solda. (BELLEI, 2006 apud. LUCCHINI, 2009).

Contraflexas em vigas e treliças na oficina – podem ser executadas do seguinte modo: na preparação executando o corte na alma com a curvatura desejada; aplicação de calor na alma antes da fabricação do perfil; na pré-montagem executando a montagem com a curvatura desejada e em vigas laminadas aplicando esforços mecânicos ou calor localizado utilizando calandras, prensas, macacos ou maçaricos.

Controle da Qualidade – serão inspecionados os seguintes itens: aço – composição química, resistência mecânica e tolerâncias dimensionais (certificação

fornecida pelas usinas); perfis soldados e das estruturas – tolerâncias dimensionais conforme os padrões especificados ou variações mediante acordo; solda realizada – exame visual, dimensão do cordão da solda, líquido penetrante, Raios-X ou Gama, Ultrassom e Magnaflux (partícula magnética).

Limpeza dos Perfis – poderá ser feita com a utilização de solventes isentos de óleo e aplicado a superfície com panos; por desagregação natural deixando a estrutura exposta às intempéries num determinado período até a formação abundante de ferrugem sob a casca de laminação; limpeza manual com raspadeiras, escovas manuais ou mecânicas, lixadeiras, pistolas de agulhas, entre outros; limpeza mecânica; limpeza com chamas sendo aplicada uma chama de maçarico na superfície metálica. Com a diferença de dilatação, há a desagregação da casca de laminação, finalizando a limpeza com uma escova mecânica; limpeza a jato abrasivo (areia ou granalha) utilizado na preparação das superfícies para pintura. Utilizam equipamentos de jato, composto por um reservatório abrasivo, acoplado a uma tubulação de ar comprimido e um tubo flexível com um bico na extremidade para a projeção do abrasivo na estrutura metálica;

Decapagem – são utilizados processos mecânicos e químicos (emprego de material ácido), onde o material é submetido a uma sucessão de banhos em tanques ou cubas apropriados, contendo o ácido apropriado, havendo a seguinte sequência de operações: desengraxamento, decapagem e neutralização. (BELLEI, 2006 apud. LUCCHINI, 2009).

Proteção – pintura com a aplicação de uma ou duas demãos de tinta de fundo, após a limpeza, em toda a estrutura de aço em seguida mais duas demãos de tinta de acabamento, a fim de protegê-la da corrosão causada pela exposição ao meio ambiente; Galvanização ou zincagem quando se deseja um revestimento de grande resistência a corrosão, em função das propriedades de proteção catódica do zinco, sendo que a duração da proteção dependerá da espessura da camada de zinco depositada.

Desde o planejamento até a entrega final da estrutura metálica, todas as etapas acima descritas que formam este conjunto na fabricação destas peças estruturais apresentam o seu grau importância. Entretanto, será destacada de forma

sintetizada, a etapa da soldagem e os seus processos, porque além de ser uma importante etapa da fabricação de estruturas, também é na fase da montagem das estruturas.

Os processos de soldagem *“são de extrema importância na ligação metálica entre partes, formando componentes e conjuntos de pequena e grande monta utilizados na indústria de construção e montagem em geral”*. (MARTINS, 2011, p.34). Além disso, grande parte das estruturas fabricadas são em aço carbono, o que faz com que este material seja responsável em relação aos processos de soldagem utilizados na ligação das peças estruturais e pelo custo benefício.

A indústria da construção em geral utiliza os seguintes processos de soldagem: o arco elétrico por eletrodo revestido (SMAW), TIG (GMAW), MIG/MAG (GTAW), arco submerso (SAW) e arame tubular (FCAW). Alguns destes processos são manuais e outros são automatizados e existem ainda processos mais aprimorados que utilizam a robótica como equipamento auxiliar. (MARTINS, 2011). Entretanto, cabe informar que para maiores detalhes de cada um destes processos, consultar o trabalho de MARTINS (2011) que indica uma ampla literatura sobre este assunto.

A Tabela 3.1 informa as características dos principais processos de soldagem.

Tabela 3.1 – Características dos Principais Processos de Soldagem.

Processo Considerações	Eletrodo revestido (SMAW)	Arco Submerso (SAW)	TIG (GTAW)	MIG/MAG (GMAW)	Arame Tubular (FCAW)
Tipo de operação	Manual	Semi-automática e Automática	Manual ou automática	Semi-automática e automática	Semi-automática.
Custo relativo do equipamento	1	10	Manual= 1.5 Automática= 10	10	10
Equipamento	Gerador, transformador, retificador	Gerador, transformador, retificador, silo de fluxo, alimentador de arame	Retificador, gerador, transformador, pistola, cilindros de gases, equipamento de deslocamento automático.	Retificador, gerador, pistola, cilindro de gás, unidade de alimentação de arame, unidade de deslocamento automático.	Retificador, gerador, pistola, cilindro de gás, unidade de alimentação de arame, unidade de deslocamento automático.
Consumíveis	Eletrodos de 1 a 6 mm Revestimentos de 1 a 5 mm de espessura	Arame, fita e fluxo	Varetas e gases	Arame: 0.5 a 1.6 mm de diâmetro Gases: argônio, hélio, CO ₂ e misturas de Ar+CO ₂	Arame tubular de até 2.4 mm de diâmetro com fluxo no interior. Gases: CO ₂ e misturas com CO ₂
Taxa de deposição (kg/h)	1 a 5	Arame= 6 a 15 Fita= 8 a 20	0.2 a 1.3	1 a 15	1 a 15
Espessuras soldadas (mm)	De 2 a 200	De 5 a 200	De 0.1 a 50	Curto-circuito ≥ 0.5 Pulver. Axial ≥ 6	Curto-circuito ≥ 0.5 Pulver. Axial ≥ 6
Posições	Todas	Plana e horizontal	Todas	Todas sob condição	Todas
Tipos de junta	Todas	De topo e em por	Todas	Todas	Todas
Aplicações típicas	Soldagem da maioria dos metais e ligas	Soldagem de aços carbono e de baixa liga	Soldagem do 1 ^o passe de tubulações de aço liga, inox e ligas de níquel. Soldagem em ligas de Alumínio Titânio e Níquel	Soldagem de estruturas metálicas, tubulações e internos de vasos de pressão.	Aços carbono e de baixa liga e aços inoxidáveis.
Vantagens	Versatilidade; operações em locais de difícil acesso.	Taxa de deposição elevada, bom acabamento	Produz soldas de melhor qualidade,	Alta taxa de deposição, baixo teor de hidrogênio combinado com alta energia	Alta taxa de deposição, alto rendimento e produtividade, qualidade da solda e versatilidade, facilidade de operação em campo
Desvantagens	Lento devido à baixa taxa de deposição e necessidade de remoção de escoria	Requer ajuste preciso das peças, posição das peças, a tenacidade ao entalhe pode ser baixa	Baixa taxa de deposição, requer soldadores muito bem treinados	Limitado a posição plana, exceto na transferência por curto-circuito ou por arco pulsante. Risco de ocorrência de falta de fusão.	Limitado a posição plana, exceto na transferência por curto-circuito ou por arco pulsante. Risco de ocorrência de falta de fusão.
Segurança	Emissão de radiação ultravioleta, risco de choque elétrico, queimaduras e projeções de gases	Poucos problemas, pois o arco é encoberto pelo fluxo	Emissão intensa de radiação ultravioleta	Grande emissão de radiação ultravioleta e projeções metálicas.	Grande emissão de radiação ultravioleta e projeções metálicas.

Fonte: FORTES 2003, 2004 e 2005 apud. MARTINS, 2011, p. 95.

3.2.3 Montagem de Estrutura Metálica

De acordo com FERNANDES (2005) a montagem de uma estrutura metálica se constitui na fase final de obra, sendo considerada uma das fases mais importantes, pois representa cerca de 30% do custo do empreendimento e se não for projetada e montada perfeitamente, poderá causar sérios transtornos e desabar. O planejamento deverá ser detalhado e cuidadoso, a fim de que se obtenham as melhores condições de segurança e eficiência em um prazo e custo menores e caberá a montadora a escolhas dos equipamentos que irá utilizar.

As estruturas metálicas são classificadas com base na relação entre seu peso e a área externa (P/A) em: pesadas ($P/A > 70 \text{ kg/ m}^2$), médias (P/A entre 40 e 70 kg/ m^2) e leves ($P/A < 40 \text{ kg/ m}^2$). (idem, 2005).

Segundo LUCCHINI (2009) a montagem das estruturas metálicas deve considerar os seguintes itens:

Planejamento – definição do processo de montagem, dos equipamentos que serão utilizados, o acesso à obra, as condições topográficas, locais, custo e o prazo de execução;

Estabilidade lateral – no içamento das peças estruturais (pilares, vigas, treliças, entre outros) deve ser verificada a instabilidade destas peças e a necessidade de acréscimo de reforços, escoramento ou contraventamento provisório durante a movimentação;

Ligações em Campo – que podem ser feitas através de solda ou com parafusos;

Tensões de Montagem – devem ser levadas em consideração as tensões admissíveis de fabricação e de montagem, pois introduzem esforços secundários à estrutura. As peças que servem de apoio dos equipamentos deverão ser consideradas no cálculo estrutural.

Estocagem no canteiro de obras – as peças estocadas no canteiro devem ser colocadas em pontos estratégicos, próximos ao local da montagem, a fim de

evitar o manuseio ou realocações desnecessárias. (BELLEI, 2006 apud. LUCCHINI, 2009).

PINHO (2005) destaca ainda que o ideal seria que as atividades de montagem pudessem ser regulares, onde através da observação e anotações formassem um banco de dados confiável em relação ao desempenho das obras realizadas, porém existem níveis de experiência diferentes na mão de obra utilizada na construção e montagem, bem como ocasiões de improdutividade em relação, por exemplo, aos períodos de chuva em que os operários ficam parados, ou às vezes a espera da finalização de uma atividade para que um profissional específico possa atuar (soldador), fazendo com que o mesmo permaneça ocioso a espera da finalização da tarefa.

No caso da montagem de estruturas em edifício, PINHO (2005) apresenta a seguinte sequência no desenvolvimento da montagem:

- Montagem de algumas colunas do núcleo de contraventamento;
- Montagem das vigas principais que interligam as colunas umas às outras;
- Montagem das vigas secundárias que se apoiam as principais;
- Verificação do prumo, alinhamento e esquadro;
- Torqueamento das ligações parafusadas;
- Soldagem das ligações soldadas;
- Continuidade da montagem a partir deste núcleo.

O autor ressalta ainda, a importância da elaboração do planejamento da montagem de um edifício, devendo ser levado em consideração à compatibilidade do peso das peças que são içadas com a capacidade dos equipamentos disponíveis e a localização destes no canteiro de obras. Este tipo de planejamento é denominado de Plano de “*Rigging*”, que detalha o procedimento da movimentação vertical das peças desde o local da armazenagem até a sua posição final na estrutura.

Para a elaboração do Plano de “*Rigging*” são necessárias as seguintes informações:

- Planta de situação do canteiro de obras e locação das fundações;

- Projeto estrutural com as dimensões e especificações das peças;
 - Listas de materiais com o peso das peças estruturais;
 - Acesso para a peça e o equipamento;
 - Sequência de montagem;
 - Pré-dimensionamento do equipamento com as tabelas de cargas.
- (PINHO, 2005).

3.2.4 Comissionamento

De acordo com GANDRA (2011) além da literatura sobre comissionamento ser escassa o termo “comissionamento” pode ser definido de maneiras diferentes e apresenta diversas formas de interpretação inclusive havendo divergências sobre a sua definição em relação a ser uma fase do projeto, um processo de gestão de projetos, uma área de conhecimento, dentre outras.

Segundo SCOTTMADDEN (2009, apud. GANDRA, 2011), o comissionamento é entendido como uma fase do ciclo de vida do projeto, onde ocorre: a certificação, os testes de operacionalidade dos equipamentos, a partida, a certificação da estabilidade da eficiência operacional, e a manutenção das entregas dos documentos do empreendimento. Entretanto, GANDRA (2011) descreve que esta definição é pouco abrangente uma vez que o comissionamento pode estar presente em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento, sendo que, quanto mais cedo for iniciado, melhor será o êxito da entrega final estar de acordo com os objetivos estabelecidos e ser aceita pela contratante/cliente.

Ainda segundo o autor (ibid. 2011, p.3) na visão tradicional o comissionamento é considerado como uma fase do ciclo de vida do empreendimento representando um conjunto de atividades executadas nas fases finais de construção e montagem, entretanto, atualmente verifica-se que ele não ocorre apenas nas fases finais do projeto e vem sendo implantado nas fases iniciais, *“o que tem mostrado que o sucesso dos projetos tem correlação positiva com a antecipação das atividades preventivas”* (implantação do comissionamento), *“uma vez que os custos de prevenção são menores que os custos de correção”*.

Assim, o comissionamento se constitui em um conjunto de procedimentos a fim de assegurar que os componentes e sistemas de uma edificação ou unidade industrial sejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais estabelecidos pelo contratante/cliente. No sentido mais amplo, as atividades que compõe o comissionamento são aplicáveis a todas as fases do projeto, desde o projeto de engenharia (básico e detalhado), o suprimento e o diligenciamento até a construção e montagem. (NASCIMENTO, 2012).

“O processo de comissionamento consiste na aplicação integrada de um conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar cada componente físico do empreendimento, desde os individuais, como peças, instrumentos e equipamentos, até os mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas” (BRANDÃO apud. NASCIMENTO, 2012, p.1).

O objetivo principal é assegurar a transferência da unidade civil ou industrial da contratada à contratante/cliente de forma ordenada e segura, garantindo a operacionalidade do empreendimento em relação ao desempenho, confiabilidade e rastreabilidade das informações, sendo que um comissionamento que apresenta planejamento e é executado de forma estruturada e eficaz irá contribuir e auxiliar para que dos requisitos de prazo, custo, segurança e qualidade estabelecidos no empreendimento sejam atendidos de acordo com os objetivos estabelecidos entre as partes envolvidas. (WIKIPEDIA, 2013)

O comissionamento constitui na verificação e testes de funcionamento de todo conjunto de sistemas e subsistemas que incorporam uma instalação industrial na fase de construção e montagem sendo que de acordo com FERREIRA, MORANO & FREIRE (2010, p. 54) *“abrangem todas as etapas de comissionamento: preservação, conservação e pré-operação”*. Entretanto, NEVES (apud. NASCIMENTO, 2012) ressalta que o processo de comissionamento não se constitui somente com o TAB (testes, ajuste e balanceamento). Para o autor, o TAB é uma fase importante do comissionamento com foco específico no desempenho das instalações, porém abrange de modo superficial fases importantes como a verificação de projetos, instalações e operação de sistemas.

A PETROBRAS designa o comissionamento como pré-operação e consiste: “na verificação e teste executados a partir do funcionamento “a quente” e energização de cada sistema ou subsistema, após a finalização dos serviços de condicionamento⁴ e antes da partida, bem como os trabalhos de recomposição de SOP (Sistema Operacional)”. (COSTA, 2012, p.69)

Adicionalmente, de acordo com a Norma ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – Guideline 0-2005* apud. PINHEIRO, 2012).

“o comissionamento trata-se de um processo de controle da qualidade com foco na otimização da entrega de um projeto. O processo tem por objetivo verificar e documentar que a instalação e todos os seus sistemas e conjuntos são planejados, projetados, instalados, testados, operados e atender os Requisitos de Projeto do Contratante”. (*OPR – Owner’s Project Requirements*).

PEREIRA (apud. NASCIMENTO, 2012) destaca que o comissionamento se constitui em uma importante ferramenta da qualidade e que quando utilizada de forma correta apresenta um retorno econômico positivo por poder solucionar ou corrigir problemas em andamento da obra e evitar retrabalho que afetam o custo e o cronograma de instalação.

RODRIGUES (apud. NASCIMENTO, 2012, p. 2-4) cita o exemplo de comissionamento adotado por sua empresa para sistemas de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado).

“Atividades desenvolvidas pelo Time de Comissionamento: Elaboração do Plano de Comissionamento; Elaboração dos Protocolos de Comissionamento dos Subsistemas de HVAC (*heating, ventilating air conditioning*) e Elaboração dos Planos de Teste seguintes”.

“Testes de Aceitação em Fábrica: Testes de Aceitação em Fábrica de condicionadores de ar; Testes de Aceitação em Fábrica de Ventiladores; Testes de Aceitação em Fábrica de Desumidificadores Químicos; Testes de

⁴ Condicionamento – “atividades de verificação e testes sem carga (a frio), com objetivo de se obter a condição “pronto para energizar/atuar”, compreendendo as atividades de preservação, verificação de funcionalidade e preparação para funcionamento, com a finalidade de abreviar o tempo de pré-operação e partida da instalação. Em geral, nesta fase de condicionamento não haverá energização, utilização de vapor e hidrocarbonetos. Casos específicos deverão ser analisados. As atividades de preservação têm como objetivo manter as características do equipamento, material ou instrumento ao longo do período em que permaneça armazenado ou montado. As atividades de verificação de funcionalidade têm como objetivo avaliar /aferir /atestar a conformidade física dos equipamentos, instrumentos e interligações em relação às especificações técnicas de projeto e requisitos de Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde”. (COSTA, 2012, p.22).

Aceitação em Fábrica de painéis elétricos; Testes de Aceitação em Fábrica de painéis de controle”.

“Testes Estáticos: Teste de vazamento de dutos; Teste de vazamento em gabinetes de equipamentos; Inspeção de instalação de Equipamentos (condicionadores de ar, Ventiladores, Desumidificadores, painéis elétricos e de controle); Inspeção de Instalação de componentes da rede de dutos; Inspeção de instalação de componentes da rede de água gelada e água quente; Inspeção de instalação de componentes da rede de vapor; Ensaio de interligação entre painéis elétricos e motores e intertravamentos; Ensaio de interligação entre painéis de controle e periféricos; Ensaio de isolamento de cabos elétricos; Ensaio de campo para instrumentos e dispositivos analógicos; Ensaio de campo para instrumentos e dispositivos digitais; Ensaio de verificação de calibração de instrumentos; Ensaio e ajuste do ponto de atuação de pressostatos, termostatos e fluxostatos”.

“Testes Dinâmicos: Teste, Ajuste e Balanceamento da rede de água gelada e água quente; Teste, Ajuste e Balanceamento da distribuição de ar condicionado e ventilação; Ensaio para detecção de pontos de vazamento em sistema de filtragem Instalado (filtros absolutos em equipamentos e terminais)”:

- Ajuste da cascata de pressões entre salas;
- Ensaio de número de movimentações de ar (número de trocas);
- Ensaio de uniformidade de velocidades em fluxos unidirecionais;
- Ensaio de fumaça para visualização do fluxo.

“Testes de Desempenho: Ensaio de temperatura e umidade relativa dos ambientes; Ensaio de iluminância em ambientes; Ensaio de Contagem de partículas para classificação; Ensaio de Tempo de Recuperação; Ensaio de desempenho funcional do sistema de automação e controle”.

“Além disso, o autor cita a execução dos ensaios conforme descrito nos Planos de Teste; elaboração dos relatórios dos Planos de teste; elaboração dos relatórios dos Protocolos de Comissionamento e elaboração do relatório de fechamento de comissionamento”.

Após a fase do comissionamento temos a fase do “*start up*” e a operação assistida que compreende em:

“*Start up*” ou “Partida” – corresponde a fase subsequente à pré-operação (Fase de comissionamento) das instalações. “*Caracterizada pela introdução gradativa de carga, acompanhada dos necessários ajustes e regulagens, de modo a atingir condições estáveis de operação que permitam a especificação de produtos*”. (COSTA, 2012, p.63).

Operação Assistida ou Assistência à Operação – corresponde a fase subsequente à partida (*start up*) das instalações. Caracterizada pela operação estável da unidade acompanhada dos necessários ajustes finos e regulagens, de modo a atingir as condições otimizadas de operação. O término do empreendimento é ao final desta fase. (COSTA, 2012, p.10).

3.3 PRODUTIVIDADE – DEFINIÇÕES

A produtividade está extremamente relacionada ao cumprimento de prazo, custo e qualidade do projeto, posto que uma produtividade baixa irá interferir diretamente nestas variáveis. Deste modo, é necessário aperfeiçoar estas variáveis de entrada para que os resultados de saída atendam com sucesso aos objetivos estabelecidos no empreendimento, por todas as partes envolvidas. Além disso, outra questão que envolve a produtividade é procurar a melhoria no desempenho buscando absorver e aperfeiçoar as melhores práticas construtivas da indústria.

Muitos autores associam produtividade ao trabalho ou ao capital gasto, porém, ADRIAN (2004) descreve que existem inúmeros caminhos para associá-la e promover o seu crescimento dentro da indústria, ou seja: melhorar a combinação entre equipamentos e trabalho; utilizar equipamento e ferramentas mais eficientes; aperfeiçoar e melhorar o uso dos materiais; melhorar o gerenciamento da produção; empregar um grande esforço no trabalho; aperfeiçoar a força de trabalho através de treinamentos; conseguir conter uma adversidade ambiental, entre outros.

Da mesma forma, PAGE & NATION (1967) destaca que existem algumas variáveis de produção que irão interferir diretamente na produtividade, ou seja:

- Contexto Econômico (Tendências de Mercado, Volume da Construção e Situação de Empregos);
- Supervisão do Empreendimento (Experiência, Disponibilidade, Pagamento);
- Relações Trabalhistas (Experiência, Disponibilidade, Pagamento);
- Condições do Trabalho (Escopo do Trabalho, Condições do Local, Compra de Material, Operações Manuais e Automáticas);
- Equipamentos (Disponibilidade, Condições de uso, Manutenção e Reparo);
- Clima (Chuva, Umidade, Temperatura).

Adicionalmente o PROMINP (ABAST-2 2002 apud. GIOIA & SILVA 2007) acrescenta os seguintes fatores que influenciam na produtividade:

- Grau de Automação do Processo;

- Percentual de Pré-fabricação: a produtividade obtida em uma oficina de pré-fabricação é muito maior que a obtida em canteiro de obra. Por exemplo, uma solda realizada no campo envolve quatro vezes mais homens-hora do que uma solda realizada em “*pipe-shop*”⁵;
- Grau de Planejamento do Empreendimento;
- Qualidade dos Materiais que chegam aos canteiros de obras;
- Qualidade e Disponibilidade de Máquinas e Equipamentos.

Conceitualmente verifica-se que a maioria dos autores descreve a produtividade como sendo a “relação entre os recursos aplicados na entrada de um sistema de produção e as respectivas saídas de bens e serviços” (LOPES, 2001, p. 25), ou que a produtividade corresponde à utilização eficiente dos recursos de entrada resultando em bons serviços e produção na saída. (CHANG, GEORGY & ZHANG, 2001).

De acordo com SINK (1985 apud. LOPES, 2001) o conceito de produtividade é definido como sendo a razão entre o resultado da saída e o que é consumido na entrada desse sistema, ou seja:

$$\text{Produtividade} = \text{Saída} / \text{Entrada.} \quad (3.1)$$

A produtividade também pode ser descrita como a relação entre o resultado obtido pelo esforço aplicado, ou seja:

$$\text{Produtividade} = \text{Resultado obtido} / \text{esforço aplicado} \quad (3.2)$$

Igualmente a produtividade pode ser definida como a relação entre as saídas geradas em um sistema e os insumos necessários para a produção dessas saídas, ou seja, promove a comparação entre as entradas e saídas de um sistema de fabricação. (TAVARES, 2000). O autor acrescenta que em termos de taxa, a produtividade pode ser obtida do seguinte modo:

$$\text{Produtividade} = \text{Soma das saídas} / \text{Soma das entradas} \quad (3.3)$$

⁵ “*Pipe shop*” – são oficinas de pré-fabricação, onde se preparam estruturas metálicas, com solda, esmeril, maçaricos (PROMINP, 2004).

Entretanto, na definição de DEVESCOVI e TOLEDO (1989 apud. TAVARES 2000) a produtividade corresponde na “relação entre resultados e recursos aplicados”, porém TAVARES (2000) pondera que a visão desses autores é limitada, uma vez que não considera a eficiência na utilização desses recursos. Segundo o autor, nos manuais de engenharia industrial a produtividade pode ser o resultado da redução da quantidade de entradas necessárias para a produção de um dado volume de saídas, como por exemplo, o aumento da quantidade produzida a partir de um mesmo volume de entradas, ou ainda da ligação desses dois fatores. “É a combinação da eficácia e da eficiência, ou seja, o alcance de resultados com a melhor utilização possível dos recursos.” (TAVARES, 2000, p.11). “A eficiência é fazer o certo, a eficácia é fazer o que deve ser feito e o produtivo é fazer certo o que deve ser feito”. (DRUCKER, 1980 apud. LOPES 2001).

SIEGEL (1980 apud TAVARES 2000) considera o conceito de produtividade unindo os insumos e a produção, sendo que os transforma em três definições:

1. Produtividade Total dos Fatores – Relaciona uma determinada medida de produção com dois insumos combinados: capital e trabalho.
2. Produtividade Múltipla dos Fatores – Designa uma determinada medida de produção com todos os fatores de produção: capital, trabalho, matéria-prima, energia, etc.
3. Produtividade Parcial – Relaciona uma determinada medida de produção com algum fator específico, tomado isoladamente.

O autor destaca ainda a Produtividade Técnica que constitui na relação entre a quantidade de fatores utilizados e a saída física dos produtos, e, a Produtividade Econômica que apresenta um caráter operacional, focado na capitalização dos recursos e nos resultados.

Existem algumas proposições para a melhoria e aumento da Produtividade no setor industrial, sendo que o PROMINP (2004) apresenta as seguintes sugestões:

- Qualificação de mão de obra;
- Atuação dos processos com foco na produtividade;

- Adoção de máquinas e equipamentos similares aos utilizados nos canteiros de obra dos EUA e Europa.

Outro fator que irá influenciar na produtividade é a verificação de como o desempenho é medido, e a produtividade é estimada nas várias unidades e níveis da hierarquia organizacional. Assim sendo, TAVARES (2000) apresenta alguns indicativos retirados da literatura, da experiência profissional e de pesquisa apresentados a seguir:

- Um sistema de medição de produtividade e de desempenho da organização deverá ser projetado para auxiliar e complementar os objetivos estabelecidos por esta organização;
- Um sistema de medição de desempenho deverá refletir as diferentes perspectivas de planejamento que caracterizam os níveis operacionais, intermediários e executivos da organização, sendo amplamente disseminado em todo o seu ambiente;
- Medidas específicas de produtividade e desempenho, dificilmente permanecem úteis com a passagem do tempo em vista das mudanças internas da organização e de seu meio operacional;
- Medidas tradicionais de desempenho e produtividade podem não ser confiáveis em fornecer toda a informação necessária para modelar as relações entre os níveis hierárquicos ou mesmo para visualizar integralmente o desempenho organizacional;
- O sistema de medição deverá ser padronizado de tal modo que permita comparações entre unidades e também para se referenciar outras organizações;
- O sistema de medição deverá acompanhar tendências;
- O sistema de medição deverá ser compreensivo de tal modo que assegure um desempenho balanceado;
- Deverá ser aceito por todos;
- Deverá medir aquilo que se supõe medir, ou seja, apresentar validade;
- Deverá refletir o conteúdo real da atividade medida e não ser tendencioso;
- Deverá sofrer modificação apenas quando necessário;

- Deverá retornar o mesmo valor quando consultados por pessoas diferentes, ou seja, tem que haver a verificação e confiabilidade dos valores aferidos.

Segundo ADRIAN (2004), a necessidade de aumento de produtividade na indústria da construção é muito grande, todavia menciona que o crescimento anual tem sido muito baixo destacando que existem características únicas da indústria que contribuem para isso, como por exemplo: a imprevisibilidade do tempo, o fato do empreendimento ser único e apresentar aspectos específicos com relação ao projeto e a construção, entre outros fatores.

A seguir o autor apresenta alguns fatores relacionados com a indústria, com o trabalho e o gerenciamento que influenciam e impactam na produtividade da indústria da construção, ou seja:

- Fatores relacionados com a indústria que podem influenciar negativamente a produtividade: a singularidade do projeto; o local ou canteiro em que o projeto será construído; as adversidades meteorológicas e sazonalidade climática; dependência da economia; regras restritas de construção; porte da empresa (pequena, média ou grande porte); ações governamentais e legislação ambiental.
- Fatores relacionados diretamente ao trabalho que podem impactar na produtividade: o alto percentual de custo do trabalho; a variação de produtividade no trabalho; demandas de fornecimento característicos da indústria; dificuldades em aprender um determinado trabalho; falta de treinamento adequado a função; risco de acidentes aos trabalhadores; regras únicas de trabalho; ausência de motivação para o trabalhador.
- Fatores relacionados com o gerenciamento que podem influenciar negativamente a produtividade: sistemas de controle e custo deficientes; planejamento do projeto ineficaz; fazer um prognóstico equivocado da produtividade; planejamento da medição insatisfatório.

No caso da indústria da construção e montagem os fatores acima descritos que interferem na produtividade, podem ser transformados em oportunidades e revertidos em benefício, quando aplicado o “*Benchmarking*” para o levantamento das

melhores práticas com o objetivo de melhorar o desempenho, aumentando a produtividade e competitividade das empresas desse setor.

“*Benchmarking*” é um processo sistemático e contínuo de avaliação dos produtos, serviços e processos de trabalho das organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas com a finalidade de comparar desempenhos e identificar oportunidades de melhoria na organização que está realizando (ou monitorando) o “*Benchmarking*”. Pode ser ainda definido como a busca das melhores práticas na indústria que conduzem ao desempenho superior. É visto como um processo positivo e pró-ativo por meio do qual uma empresa examina como outra realiza uma função específica a fim de melhorar como realizar a mesma ou uma função semelhante. O processo de comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas é chamado de “*Benchmarking*”, e as cargas usadas são chamadas de “*benchmark*”. (CII, 2007).

3.4 MÉTRICAS E INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

A métrica pode ser definida como padrões para a quantificação de um determinado serviço utilizado para aferição de resultados.

De acordo com FIGUEIREDO (2004) o princípio básico de gestão coloca que somente se pode gerir com eficácia aquilo que se pode medir.

Para se conseguir melhores índices de produtividade é necessário que se saiba o que medir quais os indicadores de produtividade a serem medidos e o que pode ser melhorado a partir dos resultados obtidos.

Segundo FRANCISCHINI (1997 apud. LOPES 2001, p. 23 e 24) “Os indicadores de produtividade são informações de entrada tanto para a atividade de planejamento como para a de controle”, sendo que, KENDALL E BUCKLAND (1971 apud. LOPES 2001, p. 22) define um indicador como um quantificador que irá mostrar através da sua variação, as alterações no tempo ou no espaço de uma grandeza não passível de avaliação ou de observação prática direta.

“A utilização de indicadores de produtividade pressupõe que se tenham funções de apontamento, de estimação e de avaliação projetadas com a finalidade de obter os dados de campo e transformá-los em indicadores

(estimação) e de avaliá-los para posterior utilização no Planejamento e para a atividade de Controle.” (FRANCISCHINI, 1997 apud. LOPES 2001, p. 24).

No modelo proposto por KENDRICK & CREAMER (apud. LOPES, 2001, p. 33) são apresentados três tipos de indicadores de produtividade:

$$1. \text{ Indicador de produtividade total} = \frac{\text{total de saídas no período}}{\text{total das entradas no período}} \quad (3.4)$$

$$2. \text{ Indicador de produtividade fatorial total} = \frac{\text{saídas líquidas}}{\text{entradas totais do fator}}, \quad (3.5)$$

$$\text{Saídas Líquidas} = \text{saídas} - \text{serviços e produtos intermediários}. \quad (3.6)$$

Fator de entrada total = total de homem hora no período (considera o salário hora médio + todos os encargos e benefícios) + capital total empregado (considera as taxas de retorno do período e depreciação como serviço de intermediário)

3. Indicadores parciais de produtividade que considera:

Produtividade da mão de obra =

$$\frac{\text{saídas com preços do período base}}{\text{Custo da mão de obra com preços do período base}} \quad (3.7)$$

Produtividade do capital =

$$\frac{\text{saídas com preços do período base}}{\text{Custo de capital com preços do período base}} \quad (3.8)$$

Produtividade do material =

$$\frac{\text{saídas com preços do período base}}{\text{Custo de material com preços do período base}} \quad (3.9)$$

Entretanto CRAIG & HARRIS (apud. LOPES, 2001) salienta que uma avaliação de produtividade parcial pode levar a conclusões distorcidas, ou seja, se em uma determinada atividade houve um aumento na produtividade da mão de obra devido à melhora da qualidade da matéria prima que gerou um custo extra que não trouxe compensação econômica na redução de homem hora, na realidade não houve um aumento na produtividade da mão de obra uma vez que não houve um ganho global.

SUMANTH (1981, apud. LOPES 2001, p.24) descreve alguns exemplos de indicadores de produtividade utilizados normalmente na área de engenharia de projetos:

- Número de desenhos/ horas de desenhista
- Custo/ desenho
- Custo de engenharia/ custo total de projeto
- Alterações/ desenho
- Horas planejadas/horas realizadas
- Gastos de engenharia/vendas
- Custo previsto/ custo realizado
- Horas padrão/ horas consumidas
- Realização/ desempenho planejado
- Projetos/ despesas
- Custo total de homem hora/ custo total do produto
- Porcentagem completada no prazo

No caso dos indicadores de construção e montagem PINHO (2005) menciona que a quantificação da mão de obra pode ser aferida para cada atividade expressa em Homem x Hora (Hh) que numericamente corresponde ao consumo total de horas trabalhadas por todos os operários envolvidos na execução das atividades. A duração da atividade dependerá do número de recursos alocados para a sua realização. Por exemplo, se para completarmos uma atividade com duração de 10 dias precisamos de dois operários, ao dobrarmos o número de operários, a duração dessa atividade cairá pela metade, ou seja, ela será completada em 5 dias. Ao se modificar os recursos alocados, a duração da atividade também será modificada.

Segundo o autor a partir de dados históricos e do banco de dados da empresa, determinam-se quantos Hh serão necessários para cada atividade, sendo que a melhor maneira de se aferir a produção da equipe será conferindo a quantidade de estruturas montadas num período de tempo. A quantidade de estruturas montadas por esta equipe básica durante um período de tempo pode ser expressa numericamente em toneladas. Neste caso, o consumo de horas de toda a equipe é dividido pela quantidade de estrutura montada tendo como resultado a

quantidade de Hh consumida por tonelada. Este consumo relativo de Hh/t é denominado de produtividade. Entretanto, esta produtividade irá variar de acordo com o tipo de estrutura, condições locais, tipo de equipamento, entre outros, porém, quanto maior for o consumo de Hh por cada tonelada de estrutura montada, menor será a produtividade e maiores serão os custos relativos de mão de obra, contudo não se pode afirmar que os custos totais serão maiores ou não, pois dependem de outros fatores.

Durante a montagem de um galpão, por exemplo, no início dos serviços a produtividade é relativamente grande, pois as colunas são montadas nesta fase, porém estas peças estão entre as mais pesadas e o consumo de Hh será dividido por um grande peso de estrutura. Entretanto, na montagem final estarão sendo montadas as terças da cobertura que são peças muito leves, resultado em um maior consumo de Hh por tonelada. Assim, verifica-se que em uma mesma obra a produtividade varia entre as várias atividades. Deste modo, a adoção de um Hh/t médio para toda a obra é adequado para se estimar a duração total, porém resulta em distorções no cálculo de cada atividade distinta. Portanto, o mais correto será a adoção de uma produtividade para cada atividade ou tipo de peça. (idem, 2005).

Em recente trabalho realizado por FERREIRA, MORANO & FREIRE (2010) entre 2008 e 2010 em parceria com a Petrobras, a Indústria EPC Nacional, a UFF e o CII foram propostos as seguintes as métricas de produtividade em relação à fabricação e montagem de estruturas metálicas:

Métricas de Estruturas Metálicas

$$\text{Total de estrutura em aço} = \frac{\text{Total de horas diretas trabalhadas em Estruturas de aço (+horas de retrabalho)}}{\text{Quantidade instalada (t)}} \quad (3.10)$$

Pré-Fabricação de Estruturas

$$\text{Pré-fabricação de estrutura} = \frac{\text{Horas reais trabalhadas em pré-fabricação de estruturas (+ horas de retrabalho)}}{\text{Quantidade total de estrutura pré-fabricada (t)}} \quad (3.11)$$

Instalação de Estruturas

Instalação de Estruturas em Aço = Horas reais diretas trabalhadas de

estrutura instalada (+ horas de retrabalho) /
Quantidade total de estrutura instalada (t) (3.12)

Neste trabalho, no cálculo do índice de produtividade será considerado o consumo de Hh por tonelada de estrutura metálica montada.

Outro fator que irá influenciar na aferição do índice de produtividade é a organização da produção. Na pesquisa realizada entre 2008 e 2009 para mapear o estado da arte da tecnologia da construção e montagem no cenário nacional (FERREIRA et. al., 2009), verificou-se que no trabalho de produção as equipes de montagem e soldagem são distintas e a supervisão das tarefas é independente. Há casos durante a montagem que a equipe de soldadores se mantém disponível para a realização de atividades específicas na instalação dos componentes. Para cada quatro montadores são disponibilizados um soldador no canteiro. Em geral para a configuração das equipes é verificado e estimado o volume de trabalho referente à fase de produção do empreendimento, estabelecendo-se a relação da quantidade de homem hora por tonelada montada.

De acordo com a pesquisa a estrutura da equipe de trabalho é composta de: Engenheiro/ gerente; Coordenador de Disciplina (estrutura metálica, tubulação, pintura, modularização, dentre outros); Supervisor; Mestre ou contra mestre ou encarregado.

Na média geral de acordo com a função se estabelecem os seguintes quantitativos:

- O coordenador gerente atua somente na disciplina específica. Ex. estrutura metálica;
- O supervisor gerencia cinco mestres, contra mestres ou encarregados;
- O mestre, contra mestre ou encarregado gerencia em torno de doze pessoas;
- Para cada montador é disponibilizado um ajudante;
- E para cada esmerilhador são disponibilizados dois soldadores.

Cabe ressaltar que a organização da equipe de produção está diretamente ligada ao tamanho, à complexidade a localização do empreendimento e a

viabilização de todos os recursos necessários (Mão de obra disponível e capacitada, materiais, equipamentos, financeiro, entre outros) para a sua execução. Da mesma forma, a medição da produtividade dessa equipe de produção e a aferição do índice de produtividade irão depender do desdobramento destas variáveis, além dos fatores externos que poderão influir na produtividade (intempéries, greves, acidentes de trabalho, entre outros).

3.5 GERENCIAMENTO DE CUSTO EM PROJETO

O objetivo do gerenciamento de custo é garantir que o projeto seja concluído dentro do orçamento estimado, ou seja, que o capital disponível garanta os recursos necessários para o desenvolvimento e conclusão do projeto. (VARGAS, 2005).

Segundo KERZNER (2011) o bom gerenciamento de custo envolve o controle de custos, entretanto, este controle não corresponde apenas ao monitoramento e o registro de dados dos custos, mas na análise dos dados a fim de que em tempo hábil possam ser tomadas as ações corretivas. Assim sendo, o gerenciamento de custo deve incluir:

- A estimativa dos custos;
- A contabilidade de custos;
- fluxo de caixa do projeto;
- fluxo de caixa da empresa;
- custeio de mão de obra direta;
- custeio da taxa de “*overhead*” (custo indireto) e
- Outras táticas, como incentivos, penalizações e participação de lucros.

(KERZNER, 2011, p. 391)

O autor (ibid. 2011, p.391) menciona ainda que o controle de custo corresponde a “*um subsistema do sistema de controle e gestão custo*”. Este sistema é subdividido em dois ciclos: o Ciclo do Planejamento composto pela Fase I denominada planejamento e controle e o Ciclo Operacional dividido em quatro fases denominado de custos e controle. (Fase II – Autorização e liberação do trabalho; Fase III – Coletas e relatórios dos dados de custos; Fase IV – Análise de Custos e Fase V – Relatórios:clientes e administração).

A Fase I (Planejamento e Controle) deverá incluir os seguintes itens:

- Planejamento e programação do trabalho;
- Identificação dos indicadores utilizados na medição;
- Estabelecer o custo da mão de obra direta;
- Estabelecer o custo da mão de obra indireta;
- Identificação da reserva de gerenciamento.

Ainda, em relação à medição dos custos, deverá:

- Medir os recursos consumidos;
- Medir o andamento do cronograma e as realizações efetivas;
- Comparar as medições com as projeções e o efetivo;
- Fornecer subsídios para o diagnóstico e replanejamento. (KERZNER. 2011).

De acordo com PMBOK-PMI (2008) o gerenciamento de custo inclui três processos, ou seja:

- Estimativa de custos – que corresponde ao processo de desenvolvimento da estimativa do custo dos recursos monetários necessários para a finalização das atividades de um projeto;
- Determinar o orçamento – processo de reunião da estimativa dos custos de todas as atividades do projeto ou pacotes de trabalho para o estabelecimento da linha de base de autorização dos custos;
- Controlar os custos – processo de monitoramento do andamento do projeto para a atualização do orçamento e gerenciamento das mudanças ocorridas na linha de base dos custos.

O processo de controle de custos engloba ainda:

- Acompanhamento na evolução dos custos do projeto;
- Levantamento e medição dos desvios em relação ao previsto na linha de base;
- Prevenção das mudanças nas linhas de base sem as devidas autorizações;

- Efetuar as mudanças e correções necessárias conforme o plano de gerenciamento de custos e
- Informação das mudanças formais às partes envolvidas no projeto. (VALERIANO, 2001).

Conforme mencionado anteriormente, o gerenciamento de custo é subdividido em três processos. Assim sendo, o primeiro processo que corresponde a estimativa de custos é desenvolvido do seguinte modo:

- Entradas que correspondem aos recursos necessários para o desenvolvimento das atividades (pessoal, equipamentos, material, serviços, entre outros.) e a duração das atividades (tempo na utilização de equipamentos, horas de serviço, entre outros). Incluem ainda, as taxas de custos dos recursos que irão indicar o custo por unidade de tempo, como por exemplo, o homem/ hora trabalhado, o custo por unidade de material (peso, área, comprimento, entre outros), além das taxas de inflação, manutenção, variações cambiais, seguros, impostos, recolhimentos, encargos trabalhistas, entre outros (VALERIANO, 2001);
- Recursos e Atividades – em geral utilizam-se as estimativas similares de projetos ou atividades anteriores, a composição dos custos e a modelagem paramétrica com base nos bens e serviços (materiais, equipamentos e mão de obra); (ibid., 2001).
- Saídas – resultado das estimativas de custos da atividade; detalhamento que dá suporte a estimativa de custo de cada atividade do projeto, mudanças solicitadas e plano de gerenciamento de custos contemplando as atualizações. (VARGAS,2005).

Igualmente, a orçamentação que corresponde a união do conjunto de custos estimados de cada atividade ou pacote de trabalho para o estabelecimento da linha de base do custo é composta por:

- Entradas – que contempla a declaração do escopo do projeto; estrutura analítica do projeto; as estimativas do custo do projeto; a estimativa paramétrica; detalhes das atividades do projeto, cronograma do projeto,

contrato, calendário dos recursos, plano de gerenciamento de custo; (ibid., 2005).

- Recursos e atividades – em geral utilizam-se as estimativas similares de projetos ou atividades anteriores, a composição dos custos e a modelagem paramétrica com base nos bens e serviços (materiais, equipamentos e mão de obra); (VALERIANO, 2001).
- Saídas - Linhas de base dos custos; verificação da necessidade de financiamento do projeto, mudanças solicitadas e plano de gerenciamento de custos contemplando as atualizações. (VARGAS,2005).

No processo de controle de custos o objetivo é o de controlar fatores que criem variações de custos, bem como controlar as possíveis mudanças no projeto e é composto por:

- Entradas – que apresenta a linha de base dos custos; a necessidade de financiamento do projeto, relatórios de desempenho; informações sobre o desempenho do trabalho, solicitações das mudanças aprovadas e o plano de gerenciamento de projetos;
- Recursos e atividades – correspondem ao sistema de controle de mudanças dos custos que aplica os procedimentos de mudança estabelecidos no plano de gerenciamento de custo (VALERIANO, 2001). Analisa a medição de desempenho, previsões do projeto, análise do desempenho do projeto, os softwares de gerenciamento do projeto e gerenciamento das variações; (VARGAS, 2005).
- Saídas - como resultado, teremos: a atualização das estimativas de custo e das linhas de base, medições de desempenho, previsão do término do projeto, mudanças solicitadas, ações corretivas recomendadas, atualizações nos ativos de processos organizacionais e plano de gerenciamento de projetos. (VARGAS,2005).

Segundo o Autor (ibid. 2005) existem alguns fatores que devem ser considerados no gerenciamento de custo:

- Projetos que são regidos por contratos deverá haver a diferenciação da estimativa de custos e da precificação de custos. A primeira corresponde

aos recursos necessários para a elaboração do projeto e a segunda corresponde a estratégia de negócio da organização;

- Toda estimativa de custo deverá apresentar uma memória de cálculo;
- Os bancos de dados comerciais podem ser utilizados na estimativa de recursos e custos, bem como os registros obtidos de projetos similares e anteriores;
- Mesmo com os custos não sendo recuperados, muitas empresas patrocinam seus projetos, pois o interesse muitas vezes consiste em atingir as metas em longo prazo.

Da mesma forma, deve ser elaborado um plano de gerenciamento de custos que consiste em um documento formal que descreve todos os procedimentos que serão utilizados no gerenciamento dos custos do projeto, que contempla os seguintes itens:

- Título do projeto;
- Dados da(s) pessoa(s) que elaborou (elaboraram) o documento;
- Descrição (em regras gerais) dos processos de gerenciamento de custo;
- Descrição das reservas gerenciais e da autonomia em sua utilização;
- Sistema de controle de mudanças de prazo;
- Frequência da avaliação do orçamento do projeto e das reservas gerenciais;
- Alocação financeira das mudanças no orçamento;
- Dados da(s) pessoa(s) responsável (eis) pelo plano;
- Frequência da atualização do plano de gerenciamento de custos;
- Assuntos não previstos no plano e que estão relacionados ao gerenciamento de custos;
- Registro das alterações no documento;
- Aprovações. (VARGAS, 2005).

Segundo PINHO (2005), no caso da estimativa do custo de projetos de estrutura metálica, para fins de orçamento e planejamento da obra devem ser definidos os seguintes itens: o processo de montagem, a especificação do equipamento principal de içamento, a sequência básica de progressão e a existência

ou não de pré-montagem, considerando ainda, os equipamentos disponíveis, o acesso à obra, as condições topográficas locais e o prazo execução da obra estabelecida pelo cliente. Além disso, deve-se procurar o equilíbrio entre o porte da obra e os equipamentos principais de içamento, devido a grande participação destes nos custos, sendo necessário levar em conta o tipo, as dimensões da estrutura, e as possíveis interferências com outras operações, as limitações de horários de carga e descarga, a influência dos fatores climáticos no acesso dos equipamentos. Estes dados devem ser obtidos através de uma visita ao local de montagem.

O autor acrescenta alguns exemplos de informações que devem ser verificadas no local de montagem:

- a. Espaço físico e disponibilidade de área para o canteiro e para a estocagem de peças;
- b. Condições de circulação de peças e equipamentos de montagem;
- c. Disponibilidade de energia elétrica e água potável;
- d. Edificações próximas;
- e. Interferências aéreas, subterrâneas e na superfície;
- f. Disponibilidade que materiais consumíveis no mercado local;
- g. Disponibilidade de equipamentos para locação;
- h. Para a escolha do processo de montagem também são necessárias informações sobre a estrutura, como por exemplo:
 1. Estrutura verticalizada ou horizontalizada;
 2. Colunas engastadas ou rotuladas nas bases;
 3. Estruturas aporticadas ou contraventadas;
 4. Ligações de campo soldadas ou parafusadas;
 5. Vigas e colunas de perfis de alma cheia ou treliçadas;
 6. Peça mais pesada;
 7. Peça mais longa;
 8. Maior momento de tombamento;
 9. Prazo exigido pelo cliente;
 10. Quantidade de peças e peso total.

Na Figura 3.1 é apresentado um exemplo de Estrutura Analítica do Projeto de Montagem de Estruturas Metálicas. Segundo VARGAS (2005) a EAP é

importante e serve de auxílio no processo de orçamentação do gerenciamento de custo.

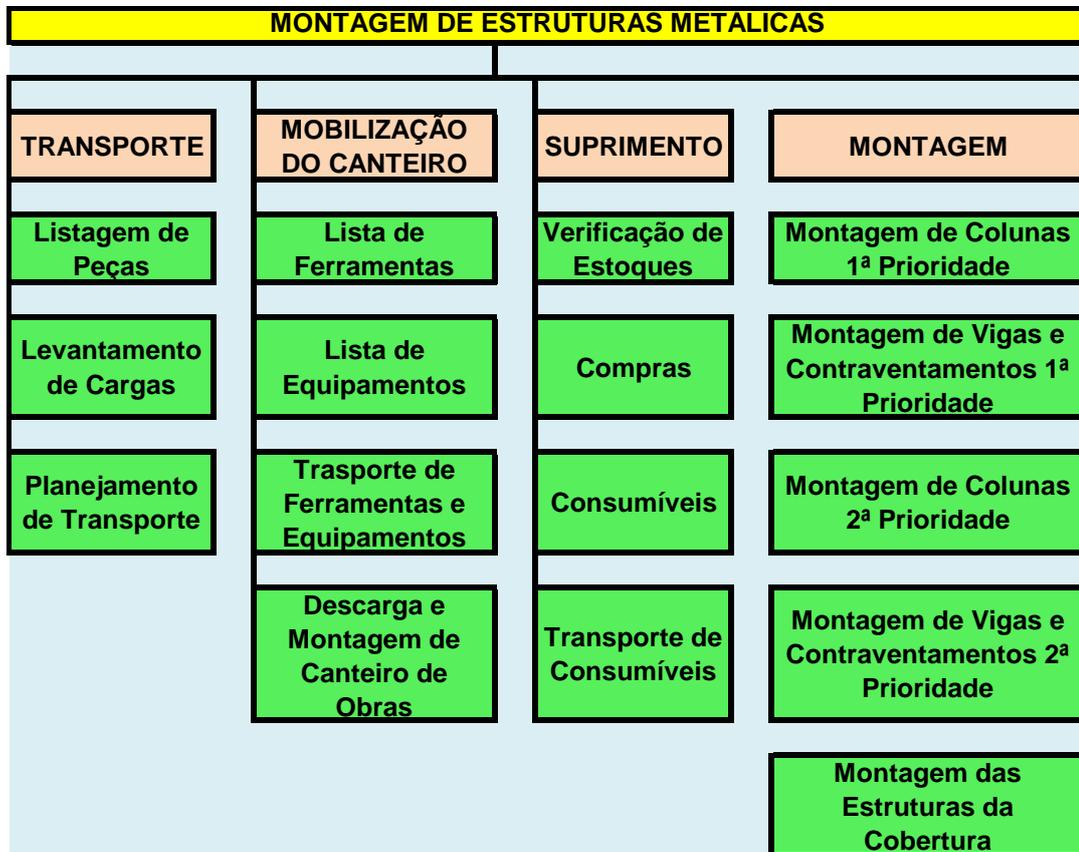


Figura 3.1: Exemplo da Estrutura Analítica do Projeto de Montagem de Estruturas Metálicas.

Fonte: Adaptado pela Autora (PINHO, 2005, p.124).

PINHO (2005) acrescenta que a EAP corresponde a estruturação das atividades e servirá de auxílio no planejamento da montagem. Cada atividade principal pode ser subdividida em atividades menores criando-se um segundo nível e assim desmembrando em outros níveis de acordo com o nível de detalhamento desejado. Após a definição de todas as tarefas em uma estrutura hierarquizada, o próximo passo é identificar a sequência em que estas tarefas serão executadas e os tipos de relação entre elas, ou seja:

- Atividade de Fim-Início – onde a atividade sucessora é iniciada com o término da atividade predecessora;
- Atividade de Início-Início – a data de início da atividade sucessora depende da data de início da atividade predecessora;

- Atividade Fim-Fim – A data de término da atividade sucessora depende da data de término da predecessora;
- Atividade Início-Fim – A final da atividade sucessora depende do início da atividade predecessora. (PINHO, 2005).

Outro fator importante é a duração das atividades (levando-se em consideração o cronograma estabelecido para o projeto), pois deste modo pode-se quantificar a mão de obra necessária para a execução da atividade, bem como os recursos que estarão disponíveis. (PINHO, 2005).

Finalmente, para a elaboração de um orçamento detalhado na montagem de estruturas, o Autor (ibid. 2005) divide o orçamento em três grupos de custo, propondo para cada um deles a seguinte listagem de itens:

- Grupo dos Custos de Recursos Humanos – correspondendo aos salários; encargos sociais; diárias e auxílios de custo; EPIs; uniformes; EPCs; autônomos, horas extras; refeições e vale transporte.
- Grupo dos Custos de Materiais – correspondendo aos materiais de consumo; aluguel de equipamentos; equipamentos auxiliares; reposição de ferramentas; manutenção de equipamentos; custos com operadores; Oxigênio, GLP, acetileno (consumíveis).
- Grupo dos Custos Diversos – correspondendo a construção do canteiro de obras; passagens e despesas com viagens; transporte de equipamentos; veículos; manutenção do canteiro de obras; despesas com mobilização e desmobilização; telefone; energia elétrica; água potável; subempreiteiras; alojamentos; materiais de expediente; CREA; taxas municipais; exames admissionais, demissionais; periódicos; combustíveis para veículos.

Adicionalmente, PINI (2012, p.16) acrescenta mais três tipos de custos que devem ser considerados na estimativa do custo do projeto, a saber:

- “Custos Presumíveis são custos que resultam de contingências de obra, em função das condicionantes de execução. Referem-se ao repertório de experiências do construtor, podendo ou não estar representados no orçamento (explicitamente nas composições de custos). Portanto, não são considerados em tabelas de custos de mercado padronizadas. A PINI recomenda, quando esses custos não forem explicitados, devem ser absorvidos por instrumentos contratuais de interação e gestão”.

- “Custos Imprevistos são contingências externas à obra acima da capacidade de previsão das partes contratantes (eventos climáticos, chuvas anormais, Estado de Sítio, greves, inflação fora do controle, distorções econômicas de segmentos de mercado). Deve-se buscar o novo equilíbrio contratual, caso não sejam absorvidos pelos instrumentos contratuais de interação e gestão, quando ocorrerem”.
- “Custos Omissos são custos definidos em obrigações e responsabilidades contratuais que, por falha de omissão do construtor, não foram anotados no orçamento. Nessa situação, desde que garantido o princípio de transparência nas relações contratuais, essa omissão é objeto de ajuste, para manter o equilíbrio contratual. Quando a omissão ocorrer por falha da planilha orçamentária do contratante, o construtor tem a prerrogativa de ratear os custos omissos nos itens de custo do seu orçamento”.

3.6 PREÇO EM PROJETOS

A obtenção do preço de venda da obra é resultante do orçamento de custo e da solução técnica de montagem, cujo objetivo é apresentar uma proposta a contratante visando à contratação da obra. A formação desse preço engloba os custos apurados no orçamento, impostos incidentes, despesas administrativas e o lucro da contratada. (PINHO, 2005)

De acordo com o autor (ibid. 2005) a proposta pode ser dividida em proposta comercial em que são apresentados pelo proponente o preço dos serviços, e a proposta técnica, cujo objetivo é informar as especificações dos produtos e serviços oferecidos.

3.6.1 Proposta Comercial

Está proposta apresenta o preço de venda da obra que é formado pelo orçamento de custo e pelo BDI – Benefícios de Despesas Indiretas.

De acordo com PINI (2012, p. 33) o BDI é definido como:

“... um atributo singular e condicionado do construtor, para satisfazer às suas necessidades organizacionais, às exigências de habilitação do contratante e à compulsoriedade da política tributária e fiscal do Governo. O BDI é vinculado a um dimensionamento da obra. Qualquer alteração nas obrigações e responsabilidades contratuais, destacando-se prazos, valores no orçamento e quantitativos impactam o BDI”.

E se subdivide em:

- Lucro – se constitui na remuneração a contratada, como pessoa jurídica, obterá com a execução da obra, servindo para o crescimento da empresa e remuneração do capital investido por seus colaboradores e acionistas;
- Despesas administrativas – são os custos indiretos decorrentes do funcionamento da empresa, ou seja, os custos fixos mensais que não estão diretamente envolvidos com a obra, independentes da produção ou não. Dentre estes custos tem-se: salários do pessoal do escritório; encargos sociais; encargos financeiros; tarifas bancárias; retirada dos sócios e remuneração da diretoria; honorários diversos; materiais de limpeza, expediente, manutenção; aluguéis de imóveis; despesas com veículos; eventos, feiras e propagandas; despesas de viagens, despesas na elaboração de propostas e de vendas; empresas terceirizadas, despesas com vale transporte, refeições, planos de saúde, exames admissionais do pessoal da administração, impostos. (PINHO, 2005).

Ainda, segundo o autor (2005) a apropriação das despesas administrativas no preço de venda da obra pode ser realizada de dois modos:

- Considerar um percentual dentro do preço de venda dos serviços;
- Ter o reembolso das despesas administrativas por fora dos custos de comercialização, como verba prevista de um rateio previamente definido.

A PETROBRAS (2011) subdivide o BDI em:

- Administração Central – que se constituem nos custos da sede da empresa; custos de propriedade; custos do pessoal da sede e custos de manutenção e custeio da sede;
- Contingência - montante destinado a cobrir imprecisões na definição das informações necessárias para a estimativa;
- Lucro – um percentual (%) variável em função do valor total do contrato; estimado com base nas condições de mercado;
- Custos Financeiros – custos decorrentes da:

“Remuneração do capital utilizado pela contratada para o cumprimento de compromissos não repostos, no tempo ou no valor, pelo Cliente”. “Ex: Despesas antecipadas em relação aos recebimentos do Cliente; defasagens de custos em relação aos prazos de reajustes dos preços.

Sendo estes custos incorporados às propostas, devem ser avaliadas as condições contratuais, como o impacto do critério de medição no preço final proposto. (PETROBRAS, 2011, p. 14)”.

- Impostos e Tributos – ISS (Imposto sobre Serviços), PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social), para serviços. Além do IPI (Imposto sobre Produto Industrializado) e ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços).

A PINI (2012, p. 27) estrutura a subdivisão do BDI do seguinte modo:

“Conjuntura Tributária - que se compõe de Impostos e Taxas. Tem como características a compulsoriedade e sujeição a mudanças, com origem na legislação e acordos institucionais. É uma prerrogativa de governo, portanto absolutamente fora do âmbito das atribuições do construtor. É representada por parâmetros designativos de taxas e impostos gerais e específicos (PIS, COFINS, ISS e outros). O recolhimento é obrigatório, sob pena de irregularidade por sonegação fiscal”.

“Competitividade Empresarial - que constitui ao lucro ou resultado bruto esperado pelo construtor. Tem como característica a individualidade da organização e dimensão concorrencial, com forte influência do porte empresarial (posicionamento de mercado) e segmento de atuação (tipologia de obras). É uma prerrogativa do construtor. Têm como referência as oportunidades de oferta de obras do mercado, expectativa de remuneração pelo esforço específico na obra e o custo de oportunidade do capital. É representada por parâmetro designativo da taxa de lucro bruto”.

“Gestão Centralizada compõe-se da Administração Central. Tem como características a individualidade da organização, a dimensão concorrencial, que carrega forte influência do porte empresarial (posicionamento de mercado), segmento de atuação (tipologia de obras) e regulação, pelo critério de seleção dos termos de licitação. É uma prerrogativa do construtor. Refere-se aos fatores de vitalidade da gestão, capacidade de assumir riscos, efetividade comercial (componente típica da organização empresarial, que se traduz, como impressão digital do construtor). É representada por parâmetro designativo da taxa de Administração Central. O construtor detém alto grau de liberdade, para fixar e alocar a taxa, sendo possível exercer sua prerrogativa de redução, abaixo das referências de mercado”.

“Exigências de Contrato compreendem: Seguros e Garantias, Despesas Financeiras e Contingências de Contrato, que são fatores de habilitação do contratante”.

- “Seguros e Garantias têm como característica a individualidade da obra. A proteção do investimento é dada por um prêmio, fixado pela conjuntura econômico-financeira. É uma prerrogativa do contratante. Têm como referência o porte da empresa, tipologia e valor da obra, prazo, obrigações e responsabilidades do contrato. Os termos contratuais devem ser explícitos, quanto às definições”.
- “Despesas Financeiras têm como características a individualidade, proteção do investimento (fixada pela conjuntura econômico-financeira), dimensão concorrencial (posicionamento de mercado) e segmento de atuação (tipologia de obras). É decorrência da necessidade de capital de giro do construtor ou do padrão operacional do contratante (fluxo de caixa) e dos critérios dos termos de licitação (condições de pagamento). Tem

como referência a forma de pagamento, juros de mercado, fluxo de caixa, alteração de prazos e inflação. São representadas por taxas de mercado”.

- “Contingências de Contrato têm como características a individualidade, são atribuídas inicialmente como responsabilidades pressupostas do construtor e adicionalmente são atribuídas ao padrão operacional do contratante e estão definidas nos critérios dos termos da licitação. É uma prerrogativa do contratante. Têm como referência a legislação (socioambiental, código civil e código de defesa do consumidor) e obrigações e responsabilidades do contrato. Têm como parâmetro os termos contratuais, que devem ser explícitos, quanto a essas contingências”.

A taxa de BDI é vinculada ao tipo de obra o qual é aplicado os percentuais referentes às despesas indiretas e ao lucro, sendo um atributo singular e condicionado do construtor (PINI, 2012). Entretanto, como parâmetro de ordem de grandeza, o Instituto de Engenharia considerou em dois exemplos de simulação, na composição do BDI, uma taxa final em torno de 38,99%, em que foram incluídos os custos percentuais da administração central, taxa de risco, despesas financeiras, tributos e impostos, taxa de comercialização e o lucro. (IE - NT – Nº 01/2011).

De acordo com DUTRA e TAVARES (2012, sl 74), “*é normal o acréscimo de um fator para a remuneração de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), cujos componentes não são uniformes*”. Haverá variação deste fator ou taxa entre as empresas, em função do tipo de obra e do contrato que está sendo estimado, dividindo os componentes mínimos em:

- Os incidentes sobre os serviços - Administração Central (AC) “*overhead*” na faixa de 5% a 8%; contingências – na faixa de 2% e lucro bruto na faixa de 8% a 12%, totalizando uma taxa média em torno de 20%. Se for considerada a taxa mínima dos tributos incidentes, tem-se um acréscimo na faixa de 9%, totalizando 29 %.
- Os incidentes sobre a fatura – ISS (alíquota variável em função do local da obra) e despesas financeiras sobre duplicatas. A média considerada em torno de 8%.

Aplicando-se os percentuais das taxas admitidas por DUTRA e TAVARES (2012) tem-se a taxa total de BDI em torno de 37%.

Ainda segundo os autores (2012) a estimativa de custos é dividida em dois tipos: uma para serviços e outra para bens (suprimento), os quais são praticados

BDIs diferentes, ou seja, no BDI de serviços incide os custos da administração geral, contingências, impostos (ISS) e lucro bruto, no BDI de Bens incidem os impostos e despesas financeiras com duplicatas.

Na estruturação e formação de preço devem considerar os seguintes custos:

- Custos de Mão de Obra Direta, que consiste em: salários (Homem-hora) ajudante, armador, caldeireiro, encanador, encarregados e mestres; periculosidade; insalubridade e outros requisitos legais; horas extras; encargos sociais com rotatividade;
- Custos de Mão de Obra Indireta, que consiste em: salários (homem-hora e mensalistas) MOI horista – técnicos e supervisores de campo e MOI mensalista – supervisores, engenheiros, equipes de projeto e gerência de obra; periculosidade; adicional de transferência; insalubridade e outros requisitos legais; horas extras; encargos sociais com rotatividade;
- Despesas com Pessoal que consiste em: alimentação (café da manhã, almoço, lanche e jantar); despesas de SMS; exames ocupacionais, assistência médica e odontológica; EPI; treinamentos, etc.; transporte de pessoal;
- Materiais e Equipamentos de Montagem que consiste em: materiais de consumo e acessórios (gases, eletrodos, materiais de isolamento, acessórios elétricos, materiais aplicados na construção civil, dentre outros); ferramentais e equipamentos de montagem; caminhões, guindastes, tratores, betoneiras, máquinas de solda, compressores, etc.;
- BDI – Benefícios e Despesas Indiretas, que consiste em: Administração Central (Overhead); contingências; seguros; lucro; custos financeiros; impostos (ISS, PIS, COFINS – para serviços e ICMS, IPI, PIS, COFINS – para fornecimento de bens).
- Custos de Permanência - Ocorrem sempre que houver extensão do prazo contratual ou devido a aumento de escopo inicialmente contratado, e englobam: custos de Mão de Obra Direta (massa salarial); custos de Mão de Obra Indireta (massa salarial); demais despesas com pessoal; materiais e equipamentos de montagem;

- Outros Custos – Instalações de canteiros, oficinas, almoxarifados, áreas diversas, redes elétricas, hidráulicas e sanitárias; despesas gerais; hospedagens, passagens, material de escritório, aluguéis, etc.; despesas com suprimento de materiais e equipamentos; despesas com subempreiteiros. (DUTRA e TAVARES, 2012).

Desta forma, *“o valor de venda ou de contrato será igual ao total dos custos diretos e despesas indiretas, mais o lucro”*. Como BDI é composto pelas despesas indiretas e o lucro L, o valor de venda será o total dos custos direto mais o BDI que é *“uma taxa que deve ser acrescida ao custo direto, para que se tenha o valor do contrato ou preço de venda”*. (PINI, 2012, p.33).

3.6.2 Proposta Técnica

Neste documento a contratada apresentará as características técnicas da obra:

- Lista dos equipamentos a serem utilizados;
- Histograma dos equipamentos;
- Histograma de mão de obra;
- *“Lay-out”* do canteiro de obras;
- Cronograma físico financeiro das fases da obra;
- Memorial descritivo do processo construtivo;
- Organograma do canteiro de obras;
- Currículos dos profissionais alocados no organograma;
- Certificado de visita técnica. (PINHO, 2005).

3.6.3 Qualificações

Com o objetivo de precaução em relação a problemas futuros que possam ocorrer na obra, em geral são exigidas uma série de qualificações prévias da contratada, podendo ser classificadas em:

- Qualificação Fiscal – formada por certidões negativas de débito junto às fazendas, Federal, Estadual e Municipal, onde a contratada informa estar em dia com o pagamento dos impostos, tais como: ISSQN (Imposto sobre

serviço de qualquer natureza), ICMS, PIS. E contribuições como: COFINS, INSS (Instituto Nacional de Seguro Social) e FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço). Incluem-se também nesta qualificação, os balancetes e demonstrativos financeiros da empresa;

- Qualificação Jurídica – formada pelas provas de inscrição da empresa junto à prefeitura, ao Estado e ao CNPJ (Ministério da Fazenda); alvará de funcionamento, inscrição no CREA (Conselho de Engenharia e Agronomia);
- Qualificação Técnica – formada da comprovação do acervo técnico registrado no CREA; de execução de serviços similares aos que estão sendo contratados; provar possuir no quadro de funcionários, profissionais habilitados e com acervo técnico compatível com o objeto contratado. (PINHO, 2005)

Segundo o autor, (ibid. 2005) essas qualificações são exigidas em concorrência pública, entretanto, é crescente o número de empreendedores privados que veem exigindo esta documentação. Em geral a proposta comercial e técnica são analisadas somente após a fase de qualificação ser plenamente atendida.

3.7 CONTRATOS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO E MONTAGEM INDUSTRIAL

A seguir será descrito algumas modalidades contratuais usualmente aplicadas nos empreendimentos da indústria de construção e montagem. Entretanto, o intuito é apenas informar o leitor de um modo geral e resumido dos tipos de contratos praticados neste setor, sem nos ater a uma discussão mais aprofundada.

Para maiores detalhes consultar os autores consagrados da área.

3.7.1 Contratos “TURNKEY”

De acordo com FERREIRA (2004) o contrato “Turnkey” é considerado como um contrato a preço fixo, sendo que toda responsabilidade do projeto até a entrega final da obra está depositada na contratada, onde a contratante terá controle e participação reduzidos no empreendimento. O objetivo desta modalidade contratual é que a contratante receba o empreendimento pronto para a operação de equipamentos e desempenho operacional da instalação. Entretanto, dada a

complexidade das obras de construção e montagem industrial, mesmo cabendo toda a responsabilidade à contratada, é comum neste tipo de contrato a parte contratante assumir a responsabilidade do fornecimento dos equipamentos de grande porte, como por exemplo: turbinas, compressores, dentre outros, nos empreendimentos de construção e montagem industrial, dividindo desde modo na fase de suprimento à responsabilidade com a parte contratada.

Da mesma forma, ainda segundo o autor (2004) quando um projeto de modalidade contratual “*Turnkey*” se estende a fase de comissionamento apresenta a vantagem em relação à resolução dos problemas que surgem nas interfaces associadas que englobam um projeto multidisciplinar, pois podem ser solucionados pelo pessoal treinado da contratada que detém a responsabilidade geral do contrato.

Podem ser encontradas na literatura outras denominações para o contrato “*Turnkey*” tais como: “*Lump-sum*” e “*Design-Build*”. (FERREIRA, 2001)

Apesar do contrato “*Turnkey*” tradicional delegar as responsabilidades de todas as fases do projeto à contratada principal diminuindo as obrigações e influência da contratante/cliente no projeto, em muitas situações as responsabilidades são divididas como é o caso da fase de suprimento. (FERREIRA, 2001).

3.7.2 Contratos EPC

Neste tipo de arranjo contratual a contratante fornece o projeto básico e a contratada principal fornece o projeto detalhado, suprimento e construção e montagem da obra, ou seja, os riscos do custo do projeto básico e do “*FEED*” são da contratante e os riscos dos custos das demais fases da obra são da contratada.

Em projetos cuja modalidade contratual seja EPC é comum haver entre a fase do projeto básico e a fase do projeto detalhado o que se denomina de “*FEED*” que corresponde ao pré-detalhamento do projeto básico e que são de responsabilidade da contratante.

O “*FEED - Front End Engineering Design*” - envolve um processo de desenvolvimento de informações estratégicas suficientes para que os contratantes possam abordar o risco e decidir se injetam mais recursos para maximizar as chances de obter sucesso no empreendimento. FEED inclui: selecionar e reunir a equipe do empreendimento, selecionar a tecnologia,

escolher o local do empreendimento, desenvolver o escopo do empreendimento e desenvolver alternativas para o empreendimento. FEED é considerado quase sinônimo de: carregamento inicial do projeto, planejamento pré-empreendimento, análise de viabilidade e planejamento conceitual. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p. 55).

Este pré-detalhamento do projeto básico ocorre devido à complexidade e multidisciplinaridade dos empreendimentos de construção e montagem industrial a fim de que os riscos para ambas as partes sejam minimizados e que os objetivos estabelecidos no projeto sejam alcançados com êxito.

A PETROBRAS considera pré-detalhamento como FEED e define como uma *“atividade que visa gerar uma melhor definição de quantitativos com base no projeto básico consolidado, auxiliando a obtenção de uma melhor estimativa de custos do empreendimento”*. (COSTA, 2012, p.69).

DUTRA e TAVARES (2012) descrevem que o FEED *“corresponde a um levantamento, verificação e definição de um conjunto de informações, oriundas de um projeto básico, que viabilizem a aquisição de bens e serviços para o projeto de detalhamento, suprimento, construção e montagem, do empreendimento a ser implementado”*.

Apesar do contrato EPC tradicional estabelecer que a parte contratante assumira a responsabilidade do projeto básico e o pré-detalhamento do projeto e a contratada assumira as demais fases do projeto, dependendo da complexidade do empreendimento pode ser acordado entre as partes diferentes arranjos contratuais, como por exemplo, a divisão da responsabilidade entre contratante/ contratada na fase de suprimento, onde a contratada assume a aquisição dos equipamentos de grande porte nos empreendimentos de construção e montagem industrial. (FERREIRA, 2001).

Após a fase de construção e montagem a fase subsequente de comissionamento pode ser assumida de diferentes formas entre as partes envolvidas, ou seja: a responsabilidade pode ficar a cargo somente da contratante, a cargo da contratada ou ser dividida por ambas as partes dependendo acordo contratual estabelecido entre elas.

Cabe ressaltar que semelhante ao contrato “Turnkey”, a modalidade contratual EPC tradicional reduz significativamente o envolvimento da contratante no gerenciamento do empreendimento o que pode ocasionar um aumento maior do que o estimado no custo do projeto, uma vez que a contratada irá absorver a maior parte dos riscos do projeto. Da mesma forma, a qualidade do projeto e a operacionalidade e desempenho das instalações podem apresentar resultados contrários ou insatisfatórios ao estabelecido pela contratante decorrente à sua pouca atuação e controle do projeto.

De acordo com FERREIRA (2004, p.45) tanto na modalidade contratual “Turnkey” como na EPC a contratante/cliente delega às empresas de engenharia (contratada) a responsabilidade de implantar e desenvolver os empreendimentos com o objetivo principal de focarem apenas nos negócios e por ter um envolvimento reduzido a contratante teria a perspectiva de reduzir os custos, porém deve ser considerado que *“a participação da contratante é fundamental para o sucesso do empreendimento, principalmente no que diz respeito à qualidade final da instalação”*. Deste modo, a argumentação colocada do por que da adoção destas modalidades contratuais é discutível e deve levar em conta os seguintes fatores: complexidade da obra; dimensões da obra; a grandeza dos recursos previstos; a aptidão de gerenciamento da contratante e disponibilidade de empresas capacitadas na execução das obras.

3.7.3 Contratos a preço fixo (serviços, material e mão de obra) por valor global e por valor unitário

Segundo CLELAND e KERZNER (1995 apud. FERREIRA, 2004, p.31), os contratos a preço fixo geralmente fornecem *“um preço fixo, ou sob condições apropriadas, ou a um preço reajustável, os suprimentos ou serviços que estão sendo procurados”*.

Existem diferentes arranjos contratuais para o contrato a preço fixo, porém, o mais importante é chamado de preço fixo firmado, sendo conhecido em inglês como *“lump-sum contracts”*. (FERREIRA, 2004, p.31).

No contrato de preço fixo firmado, o contratado se compromete a concluir a montagem dentro de um prazo e custo definidos na assinatura do contrato, porém,

segundo FERREIRA (2004), dentro deste tipo de contrato existem diferentes formas de obrigações contratuais que podem ser estabelecidas entre as partes, como por exemplo: a contratante ser responsável pelo fornecimento da infraestrutura do canteiro, do suprimento de todos os equipamentos e dos principais materiais da construção. Além disso, outro fator importante é que o escopo do serviço e as facilidades estejam definidos com clareza, pois no caso de aumento ou mudança no escopo pela contratante, a contratada poderá pleitear o pagamento dos custos extras.

Em linhas gerais o contrato a preço fixo fornece um preço fixo ou um preço reajustável ou com base no acordo estabelecido entre os envolvidos para a aquisição dos serviços, materiais e mão de obra que estão sendo requeridos. (FERREIRA, 2004). Da mesma forma, esta modalidade Contratual por Preço Fixo pode ser realizada por Valor Global ou por Valor Unitário. No caso do Contrato a Preço Fixo por Valor Global a medição para o pagamento é realizada de acordo com o avanço físico da obra ou o percentual realizado em relação ao total da obra.

Já o Contrato a Preço Fixo por Valor Unitário a medição para o pagamento é realizado por item ou quantidade de unidade acabada, como por exemplo: preço por m² de alvenaria de tijolos construída, preço por m² de revestimento (piso/ azulejo), preço por kg ou tonelada de estrutura metálica montada, dentre outros. A diferença entre eles está justamente na forma de medição de serviço para o pagamento.

Nestas duas modalidades de contrato a preço fixo por valor global ou preço fixo por valor unitário existem vantagens e desvantagens, indicadas a seguir:

Vantagens: no Contrato a Preço Fixo por Valor Global a medição do pagamento é simples e será aferida de acordo com o avanço físico da obra; motiva a contratada a executar o serviço mais rapidamente, uma vez que ela será paga de acordo com a sua produção; requer uma equipe menor para a fiscalização; a análise da proposta é mais simples, pois o valor é global; há minimização do acompanhamento físico e financeiro do contrato uma vez que a contratada fica com o planejamento das atividades.

No Contrato a Preço Fixo por Valor Unitário não é necessário que o projeto executivo e o levantamento de materiais estejam concluídos e entregues na obra

para ser feita a contratação, ganhando-se assim, mais tempo, pois se pode contratar mais cedo; a contratada é motivada a fornecer bens e serviços e executar o serviço mais rápido, uma vez que ela será paga de acordo com os serviços executados; o acerto de novos preços unitários é mais simples por haver referências de outros bens e serviços apresentados na licitação; serão pagas apenas as quantidades efetivamente realizadas (custo real); alterações do projeto não ocasionarão problemas uma vez que os preços são acordados contratualmente. (MENDES, 2000 apud FERREIRA, 2004).

Desvantagens: no Contrato a Preço Fixo por Valor Global o projeto tem de estar pronto com clareza nas suas especificações; não poderão ocorrer atrasos na entrega de equipamentos e materiais; em razão dos dois primeiros itens, a contratação poderá ser adiada em relação ao planejamento físico inicial; alterações no escopo do projeto exigirão correções de preços, caso a documentação do projeto bem como os prazos de entrega de equipamentos e materiais esteja definido; o preço da proposta poderá aumentar uma vez que a contratada tem o risco adicional de ficar com os equipamentos e o pessoal parados.

No Contrato a Preço Fixo por Valor Unitário a medição mais trabalhosa no levantamento dos quantitativos por serem itens unitários; necessidade de uma equipe de fiscalização maior; necessidade de negociação de preço para os serviços que não constam na planilha; risco de ultrapassar a verba do contrato, uma vez que as quantidades na planilha são estimadas, pois o projeto executivo não está totalmente concluído (SILVA, 2000 apud. FERREIRA, 2004).

Ainda segundo o autor (ibid. 2001), em projetos de montagem de instalações industriais a fase de comissionamento costuma ficar de fora neste tipo de arranjo contratual.

3.7.4 Contrato por empreitada parcial ou integral

Segundo MIRANDA (2012) no contrato por empreitada *“uma das partes se obriga a executar uma obra, pessoalmente ou por outra pessoa, mediante pagamento de um preço pela parte contratante, que se torna proprietária da obra”*. A empreitada poderá contemplar o fornecimento de material e mão de obra ou somente mão de obra.

De acordo com o Código Civil (artigo 603), em relação à execução da obra o contrato por empreitada pode ser:

- Integral – a execução do empreendimento é contratada em sua totalidade.
- Parcial – a contratação da execução do empreendimento é parcial (MIRANDA, 2012).

Essa autora esclarece que em relação ao preço acordado entre as partes o contrato por empreitada pode ser:

- Empreitada a preço fixo ou integral – é estipulado o preço da obra toda, sem considerar a divisão da atividade;
- Empreitada “*ad mensuram*” (por medida) ou parcial – o preço fixado será determinado pela atividade realizada, ou seja, a remuneração será proporcional ao trabalho executado em cada parte do total da obra;
- Empreitada por preço reajustável – permite a alteração do preço quando houver variação de valores dos materiais e da mão de obra;
- Empreitada por preço máximo – o valor é limitado e o empreiteiro não pode ultrapassar o preço estimado;
- Empreitada a preço de custo – o empreiteiro realiza o trabalho mediante um preço preestabelecido e é responsável pelo fornecimento de mão de obra e materiais. (MIRANDA, 2012).

A Lei 8666 define e estabelece os seguintes regimes de contratação:

- “Empreitada por preço global - quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo e total”;
- “Empreitada por preço unitário - quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo de unidades determinadas”; (BRASIL. Lei 8.666, 1993, p. 3).

Entretanto, de acordo com FERREIRA (2001) o contrato por empreitada corresponde a um tipo de arranjo contratual do contrato a preço fixo. O contrato por empreitada parcial está relacionado ao fato da contratante fornecer o projeto básico e detalhado do empreendimento e a contratada executar a obra fornecendo serviços e mão de obra, sendo que, o contrato poderá ser por preço fixo por valor global em que a medição para o pagamento será de acordo com o avanço físico da obra ou por preço fixo por valor unitário em que a medição para o pagamento será de acordo

com o serviço executado. É importante destacar que independentemente da escolha de uma ou outra modalidade contratual, ela poderá ser concebida por diferentes arranjos, isto é, uma parte poderá fornecer material e mão de obra ou somente mão de obra.

Cabe ressaltar ainda que a indústria da construção de maneira geral reconhece a importância de se definir com clareza nos contratos de construção, as responsabilidades e a alocação dos riscos que envolvem cada projeto, principalmente os multidisciplinares. Assim, as responsabilidades contratuais das partes acordadas em um contrato, procuram distribuir os riscos existentes no empreendimento de forma equitativa. CHAROENNGAM & YET (1998).

3.7.5 Contratos por administração

Segundo FERREIRA (2004) os contratos por administração apresentam três variações principais:

- Contratos por administração mais uma taxa fixa: nesta modalidade, a contratante reembolsa o empreiteiro pelos custos do contrato mais uma taxa fixa independente do valor do custo total;
- Contratos por administração mais uma taxa percentual: neste caso a contratante reembolsa o empreiteiro pelos custos por ele justificados relativos ao contrato mais um percentual fixado acima desses custos;
- Contratos por administração mais uma taxa de incentivo: a contratada é reembolsada pelos custos da obra por ele justificado e receberá uma taxa de incentivo que irá variar para mais ou menos, dentro de limites estabelecidos e acordados entre as partes antes do início do empreendimento.

Entretanto, FERREIRA (2004) descreve que a utilização da modalidade contratual por administração nos empreendimentos de construção e montagem industrial ao longo dos anos sofreu uma diminuição enquanto que as modalidades “Turnkey” e “EPC” tiveram um crescimento neste setor.

3.7.6 Contratos por aliança e máximo garantido divisão do economizado

A Indústria britânica de petróleo com o objetivo de reduzir os custos na construção de suas plataformas marítimas do Reino Unido, que eram muito mais caras do que em outros lugares, desenvolveu um programa denominado CRINE (*Cost Reduction Initiative for a New Era*). Dentre os objetivos principais desse programa um deles foi a adoção do arranjo contratual chamada de Contrato de Aliança. Esta modalidade consiste na contratação de um empreiteiro principal na forma de um contrato a preço fixo, sendo que este terá a responsabilidade de contratar os demais subempreiteiros e demais fornecedores, podendo utilizar todas as formas contratuais existentes. (FERREIRA, 2004).

Na fase da contratação estabelece-se um preço teto. Caso no final da obra seja excedido este valor, os custos excedentes serão assumidos tanto pela contratante quanto pela contratada, com base em fórmula acordada contratualmente por ambas as partes. Por outro lado, se o custo inferior ao teto estabelecido, os resultados também serão divididos entre as duas partes. O objetivo principal deste arranjo contratual é que a contratada principal assuma a responsabilidade e os riscos financeiros de modo compartilhado com a contratante. (ibid. 2004).

Em relação à modalidade contratual do Máximo Garantido Divisão do Economizado, esta segundo FERREIRA (2004), incorpora algumas características dos contratos a preço fixo e dos contratos por administração.

Nesse tipo de contrato, o empreiteiro é pago a uma taxa fixa, que é o seu lucro, e é reembolsado pelos custos reais de engenharia, materiais, trabalho de construção e outros custos decorrentes do empreendimento; entretanto, somente até um teto caracterizado como o "máximo garantido". O que for economizado abaixo desse teto é dividido entre a contratante e contratada, sendo que o empreiteiro assume a responsabilidade por qualquer ultrapassagem do "máximo garantido". (KERZNER, 1995 apud. FERREIRA, 2004, p.65).

Segundo o autor essa modalidade contratual combina as vantagens de desvantagens do contrato a preço fixo e do por administração e consiste na melhor forma de negociação em um contrato, pois estabelece um preço Máximo, no menor prazo possível e protege a contratante de custos excessivos. (ibid., 1995 apud. FERREIRA, 2004).

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 CONSTRUÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

De acordo com CERVO & BERVIAN (2002), a pesquisa científica constitui-se em uma atividade direcionada para a solução de problemas, onde através da formulação de perguntas pretende-se buscar as respostas por meio de processos do método científico. Da mesma forma, o planejamento e desenvolvimento criterioso da condução do trabalho irão contribuir para a sua credibilidade junto à comunidade científica, além de servir de fundamentação para a construção de novas hipóteses que venham a surgir e servir de base para a realização de futuras pesquisas. Em consonância a esta afirmativa, RUIZ (1986) coloca que a pesquisa científica deve ser a realização real de uma rigorosa investigação desenvolvida de acordo com as normas metodológicas consagradas pela ciência. Assim sendo, SEVERIANO (2002, p.144) menciona que a abordagem de determinada problemática através de um rigoroso trabalho de pesquisa e reflexão, deve estar apoiada numa fundamentação teórica e que *“as tarefas de estudo, de pesquisa e elaboração, solicitadas nos cursos de pós-graduação, constituindo formas por excelência de trabalhos científicos, geram exigências maiores de disciplina, de rigor, de seriedade, de metodocidade e de sistematização de procedimentos”*.

Neste sentido, a primeira etapa para o desenvolvimento desta tese consiste no levantamento do referencial teórico para a busca e compreensão das informações sobre o tema proposto e a verificação dos estudos existentes sobre o assunto em questão. A partir da construção do referencial teórico o trabalho é dividido em duas fases:

- FASE 1 (Diagnóstico) -. Realização da pesquisa exploratória, utilizando o método de estudo de caso único com o objetivo de verificar as fases que compõem um empreendimento deste tipo e diagnosticar os principais fatores de risco na estimativa de custo de projetos de construção em estrutura metálica.
- FASE 2 (Experimento) - A partir dos dados colhidos na FASE 01 é realizada a pesquisa experimental, a qual com base nos resultados da revisão bibliográfica e da análise do estudo de caso único será proposto um modelo de análise de risco em projetos de construção em estrutura metálica com foco na estimativa do custo do empreendimento da contratada.

Para o desenvolvimento do modelo será utilizado como ferramenta principal o “software @RISK” versão 6.0 da Palisade Corporation que é muito utilizado no processo de simulação dos dados. O @RISK é um “software” que permite a modelagem avançada de dados e analisar os riscos utilizando as planilhas do “Microsoft EXCEL 2007”.

A seguir apresentaremos a construção de todos os procedimentos adotados no desenvolvimento dos processos do método de pesquisa adotado.

4.2 CONSTRUÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo CRUZ & RIBEIRO (2004, p. 84), o referencial teórico “representa a base teórica que vai fundamentar a reflexão e a argumentação do pesquisador” constituindo-se no levantamento dos textos de apoio que servirão para auxiliar na compreensão do assunto em estudo e embasar a justificativa da escolha e a relevância do objeto e objetivo da pesquisa. Deste modo, a pesquisa literária foi dividida em duas partes. A primeira constitui-se no levantamento bibliográfico para a construção do conhecimento referente aos textos de apoio para a compreensão sobre o tema proposto e a segunda parte constitui-se na revisão bibliográfica para verificar o “estado da arte” de Gerenciamento de Projetos, Análise de Risco, Simulação de Monte Carlo, Análise de Sensibilidade, Custo em Projetos, Construção e Montagem, Projetos de Estrutura Metálica, Tipos de Contratos e Produtividade O período de abrangência considerado nesta pesquisa foi de 1992 até 2012, com

exceção das literaturas consideradas clássicas que desconsidera a delimitação de período, pois representam obras de autores consagrados no meio científico. A base literária constitui-se em livros, artigos, revistas, jornais, periódicos, sites, leis e decretos, normas técnicas, monografias, dissertações, teses, relatórios diários de obra e demais documentos.

Para a construção e execução destas duas etapas foram consultadas as seguintes fontes de pesquisa: o banco de teses da Capes; banco de dados da Capes Periódicos; Biblioteca Digital Brasileira; “*Science Direct*”; “*ISI Web of Science*”; UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas; USP – Universidade São Paulo; PUC-RIO, Universidade Federal de Santa Catarina; UFRS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul; UFF – Universidade Federal Fluminense; UFRJ/COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, e demais universidades do setor público e privado; BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social; PETROBRÁS; ANP - Agência Nacional de Petróleo; FGV – Fundação Getúlio Vargas; PROMINP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gas Natural; IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística entre outras instituições. No levantamento da pesquisa bibliográfica apresentado no Quadro 4.1 foram colocadas as seguintes palavras chave em idioma português e inglês:

TESE DE DOUTORADO	
Palavras-chaves	key words
projeto (empreendimento)	project
construção	construction
montagem	assembly
estrutura metálica	metallic structure
estrutura em aço	steel structure
análise de risco	risk analysis
gerenciamento de risco	risk management
técnicas de análise de risco	risk analysis techniques
análise de sensibilidade	Sensitivity Analysis
teste de sensibilidade	Sensitivity Test
simulação de monte carlo	Monte Carlo Simulation
custo	cost
desempenho	practice
produtividade	productivity
medição	measuremet

Quadro 4.1: Palavras chave utilizadas na pesquisa bibliográfica.
Fonte: Elaboração da autora, 2011.

Da mesma forma, foram realizadas várias “combinações booleanas” (*AND*) e ordenação entre todas estas palavras chave a fim de se obter a filtragem e o foco das informações. Cabe ressaltar que por ocasião do levantamento bibliográfico realizado por (MORANO, 2003), constatou-se que cerca de 95% da literatura pesquisada na área de gerenciamento de risco em projetos era estrangeira, e que ao se acessar o banco de dados com as palavras-chave em português, se obteve um resultado pouco significativo em relação a trabalhos na área de análise de risco em projetos e construção, sendo que quando a pesquisa foi focada em projetos de estrutura metálica, até o final de setembro de 2011 não foi obtida nenhuma literatura nacional sobre este assunto.

Entretanto, houve a atualização bibliográfica em fevereiro de 2012 e constatou-se que o número de informações continua pequeno, sendo que os trabalhos relacionados com foco na análise de risco em projetos de construção metálica, e, de uma maneira geral, o assunto de riscos em empreendimentos se encontram em desenvolvimento. Assim sendo, no Apêndice 10.1 é apresentado o resultado da pesquisa bibliográfica tendo o objetivo servir de fonte de consulta a fim de demonstrar a combinação das palavras chave utilizada e como foi realizado o levantamento da literatura, bem como os resultados gerados.

Verifica-se que o assunto risco em empreendimentos tem um amplo campo a ser pesquisado e desenvolvido e quando a pesquisa foi restringida a buscar informações de análise de risco com o foco no custo de estrutura metálica, estrutura em aço, construção e montagem, o resultado em muitas das combinações das palavras chave foi nulo e na maioria dos casos menor que 1%.

4.3 RESULTADO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com os critérios de busca estabelecidos no item anterior, foram catalogadas cerca de 560 bibliografias: teses, dissertações, livros, monografias, revistas, apresentações de slide, relatórios técnicos, normas técnicas, documentos, dentre outros. Cerca de 80 bibliografias são na área de construção e montagem, estrutura metálica, estrutura em aço produtividade e indicadores de produtividade, projetos de construção e montagem; custos em projetos, comissionamento, orçamento em projetos de construção. As 480 bibliografias restantes se dividem em:

análise de risco em projetos, gerenciamento de risco, técnica de identificação de risco, técnicas de análise de risco, análise de investimentos, análise de decisão, incerteza, gerenciamento de projetos, técnicas de análise de investimento e metodologia da pesquisa.

A seguir estão relacionados os sites em que foram levantadas as literaturas acima especificadas:

- Banco de Teses da CAPES – www.capes.gov/servicos/banco-de-teses
- Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações – <http://bdtd.ibict.br>
- CAPES – www.periodicos.capes.gov.br
- [CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico](http://www.cnpq.br) – www.cnpq.br
- [FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo](http://www.fapesp.br) – www.fapesp.br
- [FGV - Fundação Getúlio Vargas](http://www.fgv.br) - www.fgv.br
- [FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos](http://www.finep.gov.br) – www.finep.gov.br
- [Fundação IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística](http://www.ibge.gov.br) – www.ibge.gov.br
- IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - <http://www.ibp.org.br/main.asp>
- PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A – www.petrobras.com.br
- PUC-RIO – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – www.puc.rio.br
- “SCIENCE DIRECT” – www.sciencedirect.com
- UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas - www.unicamp.br
- USP - Universidade de São Paulo – www.usp.br

Da literatura cadastrada, em torno de 133 bibliografias foram citadas nesse texto.

4.4 REALIZAÇÃO DA PESQUISA DE CAMPO

4.4.1 Estruturação da pesquisa de campo

O trabalho foi dividido em duas FASES: FASE 01 (Diagnóstico) e FASE 02 (Experimento).

A pesquisa da FASE 01 (Diagnóstico) se subdivide nos seguintes passos:

PASSO 1 - Construção do referencial teórico através da pesquisa bibliográfica, pois se busca a compreensão das características gerais de um projeto de estrutura metálica em aço e verificar as fases relacionadas à implantação e construção deste empreendimento;

PASSO 2 – Verificação das fases que compõem um projeto de estrutura metálica em aço;

PASSO 3 - Desenvolvimento do método de estudo de caso único com a elaboração e aplicação do questionário, análise documental, a fim de diagnosticar os fatores de risco em relação à estimativa de custo do projeto de construção sob o ponto de vista da contratada. Neste sentido, se investiga o “estado da arte” da análise de risco da estimativa do custo de um projeto de estrutura metálica em aço, sendo que a pergunta norteadora deste trabalho se constitui em:

“Como pode ser analisado o risco da contratada na estimativa do custo em um empreendimento de montagem de estruturas metálicas?”

A pesquisa da FASE 02 (Experimento) – A partir do diagnóstico obtido no estudo de caso único e com base na revisão bibliográfica será proposto um modelo de análise de risco em projetos de construção com foco na estimativa do custo do empreendimento. Para o desenvolvimento desta metodologia será utilizado o “software @RISK” versão 6.0 para a análise e avaliação dos eventos de risco. (PALISADE, 2013).

De forma esquemática na Figura 4.1 são apresentadas as etapas do desenvolvimento do projeto de pesquisa.



Figura 4.1: Estruturação do Desenvolvimento da Pesquisa.
Fonte: Adaptação da autora (FERREIRA, 1998, p.97).

4.4.2 FASE 01 (Diagnóstico)

No que diz respeito às questões relativas à adequação do método de pesquisa considerando-se os objetivos da FASE 01 (Diagnóstico), que trata do estabelecimento do levantamento dos riscos na estimativa dos custos de um projeto de estrutura metálica, foi realizada uma pesquisa exploratória através de um estudo de caso único para o levantamento dos dados.

4.4.2.1 Adequação e objetivos da pesquisa

A adequação entre o objeto e objetivo da pesquisa se inicia, com a identificação dos fatores de risco interno e externo em empreendimentos de construção e montagem, e a aplicação das técnicas de análise de risco, para propor um modelo de análise de risco a fim de avaliar os riscos da contratada ao estimar o

custo do empreendimento e cujo objetivo é verificar o risco do custo estimado pela contratada ser menor do que o custo real do projeto.

Uma vez que a questão norteadora da tese apresenta a indagação de “como”, o método de pesquisa escolhido deverá abordar o problema de forma exploratória, e, de acordo com YIN (2005) o método que se adéqua a esse tipo de pergunta é o Estudo de Caso. Contudo, como as variáveis envolvidas apresentam certo grau de subjetividade, faz-se necessário que as questões elaboradas para o levantamento dos dados dessa pesquisa sejam de tal forma que possibilitem um entendimento similar entre todos os entrevistados, a fim de viabilize a análise dos resultados.

4.4.2.2 Método de pesquisa

Segundo YIN (2005) um fator a ser considerado em relação ao método de pesquisa adotado consiste no tipo de questão que norteia a pesquisa, ou seja, questões que apresentam indagações de “como” e “por que”, podem levar o pesquisador a três tipos de pesquisa: Pesquisa Histórica, Pesquisa Experimental e Estudo de Caso.

No caso dessa tese o método de pesquisa adotado foi o de Estudo de Caso cujo objetivo é *“esclarecer um ou conjunto de decisões: o motivo pelo qual foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados.”* (SCHRAMM, 1971 apud. YIN, 2005 p. 31). Este tipo de pesquisa corresponde a uma investigação empírica que irá averiguar um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, principalmente quando os limites entre o contexto e o fenômeno não estão definidos com clareza. Neste caso, o pesquisador examina os eventos contemporâneos, porém não manipula os eventos relevantes, lidando com uma série de evidências: documentos, artefatos, entrevistas e observações. (ibid. 2005). Assim sendo, o método de estudo de caso corresponde a um tipo de pesquisa “cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Visa ao exame detalhado de um ambiente, de um simples sujeito ou de uma situação em particular.” (GODOY, 1995, p. 25).

Segundo YIN (2005) os projetos que adotam a pesquisa de estudo de caso apresentam duas diretrizes: Estudo de Caso entre projetos de caso único e Estudo de Caso entre projetos de casos múltiplos.

De acordo com o autor os projetos que realizam um estudo de caso único se constituem em projetos apropriados em várias circunstâncias e são justificáveis nas seguintes condições quando o caso representa: um teste crucial de uma teoria existente; Um caso raro ou extremo; Um caso representativo ou típico, ou quando o caso serve para um propósito; Um caso revelador e um caso longitudinal, ou seja, em um mesmo caso existe a possibilidade de estudar dois ou mais pontos diferentes no tempo. Pode-se ainda, serem acrescentadas subunidades de análises em um caso único, de forma que possa ser desenvolvido um projeto mais complexo ou incorporado. As *“subunidades podem frequentemente acrescentar oportunidades significativas a uma análise extensiva, realçando o valor das impressões em um caso único.”* (YIN. 2005, p.67).

Os projetos de caso múltiplos devem prever resultados similares, ou seja, a lógica de replicação literal, e não de amostragem, e produzir resultados contrastantes (replicação teórica), sendo que o pesquisador deve escolher cada caso cuidadosamente. Entretanto, o autor menciona que tais projetos de pesquisa são mais onerosos e consomem mais tempo para serem realizados. Apesar destes fatores, em um projeto de pesquisa é preferível escolher os de casos múltiplos a projetos de caso único, mesmo que o pesquisador faça um estudo de caso “de dois Casos”, pois existem os benefícios da replicação direta e teórica entre eles, porém nada impede do pesquisador optar por um único caso, desde que justifique a sua escolha e atente para os seus quatro fundamentos lógicos descritos anteriormente.

No presente trabalho adotou-se o Estudo de Caso Único, pois o objetivo é propor uma metodologia para a análise de risco na estimativa do custo em projeto de construção.

4.4.2.3 Critérios de seleção da amostra

Os critérios adotados para seleção da amostra são:

- Projeto de Montagem de Estrutura Metálica em aço;

- Empreendimentos finalizados em que o acesso aos dados seja disponibilizado;
- Empreendimentos em fase de finalização em que o acesso aos dados esteja disponível.

Com relação ao tamanho da amostra, foi adotado um estudo de caso único conforme o proposto por YIN (2005), devido aos seguintes pontos:

- Levantamento de dados para propor um experimento para a análise de risco em projetos de construção;
- Ser um caso típico, ou seja, Projeto de Estrutura Metálica;
- Servir para um propósito: elaboração de um modelo de análise de risco;
- Apresenta subunidades de análise.

A amostra foi escolhida de forma intencional o que caracteriza o estudo de caráter exploratório, pois se busca verificar os principais fatores de risco para propor um modelo de análise de risco na estimativa do custo de um Projeto de Estrutura Metálica sob o ponto de vista da contratada.

Outro fator que foi considerado em relação ao tamanho da amostra apresenta as seguintes limitações:

- Acesso aos dados históricos: que limitou o nosso Estudo de Caso para uma única amostra.
- Extrema dificuldade para as empresas disponibilizarem o acesso aos dados neste tipo de tema relacionado ao risco em projetos, principalmente porque estão sendo expostas as fraquezas do projeto e algo que saiu errado ou contrário aos objetivos estabelecidos no empreendimento, e que na maioria das vezes irá interferir na qualidade, no prazo e principalmente no custo do projeto. Assim sendo, cabe aqui um adendo a parte, posto que é importante registrar a grande dificuldade na aquisição dos dados para a realização desta tese. Por questões éticas os nomes das referidas empresas não serão citados.

Quando a primeira empresa foi contatada, todo o trabalho foi estruturado para a análise de risco em um empreendimento de termelétrica de ciclo

combinado sob a ótica da contratante, que na ocasião prontificou-se em ajudar com o fornecimento dos dados e mostrou interesse no desenvolvimento do tema proposto. Após dois anos no desenvolvimento deste trabalho e inúmeras reuniões com a referida empresa, a mesma não nos disponibilizou os dados, o que gerou grande prejuízo em relação ao prazo e todo material que já tinha sido desenvolvido. Nesta ocasião, a Fase 01 desta pesquisa já estava pronta e todo levantamento bibliográfico concluído. Deste modo, a fim de diminuir a perda foi contatada uma segunda empresa para analisar os riscos no mesmo tipo de empreendimento, entretanto, houve a reformulação de toda a estrutura do trabalho apesar do empreendimento em análise continuar sendo o mesmo, pois o foco da análise de risco passou a ser sob o ponto de vista da contratada. Igualmente ao ocorrido anteriormente, os dados que efetivamente eram necessários para o desenvolvimento deste trabalho também foram vetados por esta segunda empresa. Ambas alegaram que por problemas de confiabilidade interna e política da empresa, não mais poderiam fornecer os dados dos empreendimentos para que pudesse ser dada a continuidade na tese. Este fator demandou um período de quase cinco anos e um grande desgaste que resultou na perda de mais de cem páginas escritas e na modificação de toda a estrutura deste trabalho a fim de adequá-lo a uma terceira empresa que disponibilizou as informações necessárias para o desenvolvimento desta tese, porém o atual empreendimento em estudo é totalmente diferente do anterior, pois se trata de uma obra de estrutura metálica de ampliação de um hospital;

- Limitação de tempo para a finalização do presente trabalho.

4.4.2.4 Seleção da amostra do estudo de caso único

De acordo com as definições de Estudo de Caso Único abordado por YIN (2005) o critério da seleção da amostra teve como base as seguintes premissas:

1. Informantes mais acessíveis que o usual;
2. Quantidade de documentação acessível e não usual;
3. A definição da unidade de análise que neste caso é diagnosticar os eventos de risco na estimativa de custo em projetos de construção;

4. Quando o caso serve para um propósito, que neste trabalho se constitui no desenvolvimento da proposta de um modelo de análise de risco em projetos de construção com foco na estimativa do custo do empreendimento.

4.4.2.5 Critérios para elaboração do questionário

De acordo com FERREIRA (1998) a elaboração e aplicação do questionário constituem-se em um dos elementos principais deste tipo de pesquisa. Neste caso, “o questionário representa uma tática principal no aumento da confiabilidade da pesquisa de estudo de caso e é concebido para orientar o pesquisador na condução da investigação”. (YIN, 1994 apud FERREIRA, 1998, p. 102).

Por outro lado, no processo de desenvolvimento do questionário é importante ser definido qual o formato de perguntas mais adequado. Neste sentido, como se trata de uma investigação de natureza exploratória, em que se busca compreender e estabelecer as práticas que são utilizadas em relação ao objeto da pesquisa, é importante que seja permitido aos entrevistados discorrer sobre os temas abordados no questionário. Assim sendo, o questionário apresenta questões predominantemente abertas e está dividido em duas partes, sendo abordados os seguintes pontos:

1. Objetivo do Questionário;
2. Dados gerais e específicos do empreendimento de estrutura metálica;
3. Riscos do empreendimento: que impactaram cada uma das fases do empreendimento: projeto básico e detalhado; suprimento; construção e montagem. Verificação das incertezas ou riscos que comprometem o prazo, o custo e a operação do empreendimento;
4. Verificação dos riscos externos que podem influenciar de forma contrária aos objetivos estabelecidos no empreendimento (greves, variação cambial, mudanças na legislação; questões ambientais; questões políticas e econômicas; mercado; intempéries, entre outros).

4.4.2.6 - Elaboração do questionário

De acordo com os critérios abordados no item anterior, as questões apresentadas no questionário foram abertas, e enviadas por e-mail ao engenheiro responsável pela obra.

A primeira parte contempla o objetivo do questionário e os dados gerais e específicos do empreendimento de estrutura metálica em aço;

A segunda parte do questionário contempla:

1. Riscos do empreendimento: projeto básico e detalhado; suprimento; construção e montagem; inspeção. Verificação das incertezas ou riscos que comprometem o custo do projeto de construção e montagem;
2. Riscos da operação em relação ao custo operacional (mão de obra direta, mão de obra indireta, insumos e manutenção);
3. Verificação dos riscos externos que podem influenciar de forma contrária aos objetivos estabelecidos no empreendimento (variação cambial, mudanças na legislação; questões ambientais; questões políticas e econômicas; mercado; intempéries, entre outros).

4.4.2.7 - Procedimento de campo

Foi enviado o questionário via e-mail ao engenheiro que executou o empreendimento da amostra em análise, pois a obra se localiza em Recife/Pernambuco. Cabe ressaltar, que foram disponibilizados pela empresa fontes de dados complementares tais como: documentação, registros de arquivos, diários de obras, relatórios, manuais, plantas, entre outros.

4.4.2.8 - Tratamento dos dados

Para a realização da análise dos dados de campo, é utilizada a metodologia proposta por YIN (2005) que consiste no processo de triangulação dos dados que apresenta três princípios:

1. Utilização de várias fontes de evidência. No caso do presente trabalho são apresentadas três fontes de busca, ou seja: o levantamento bibliográfico, a pesquisa de campo e a análise documental.
2. Criação do banco de dados para o Estudo de Caso: apresentado com os dados levantados dos dois projetos de ampliação do Hospital Esperança em Pernambuco.
3. Manter o encadeamento das evidências, ou seja: proceder à análise e comparação entre as fontes de busca das informações desejadas, ou seja, o levantamento bibliográfico, a pesquisa de campo e a análise documental.

4.4.3 Metodologia de Análise de Risco em Estruturas Metálica (FASE 02 – Experimento)

Após o desenvolvimento da FASE 01 e mediante os resultados obtidos, passa-se para FASE 02 (Experimento) que consiste na realização do estudo de caso único com o objetivo de diagnosticar os principais eventos de risco no custo de um projeto em estrutura metálica sob o ponto de vista da contratada. Com o resultado deste levantamento e com base na revisão bibliográfica propor um modelo de análise de risco na estimativa de custo de projetos de estrutura metálica a fim de aferir qual o risco do custo do empreendimento para a contratada.

A análise de risco do custo da construção e montagem consiste em verificar a probabilidade do custo estimado do projeto pela contratada ser maior do que o custo real do projeto. Assim sendo, a proposta de análise de risco pode ser representada como:

“Risco do Custo da Construção e Montagem corresponde a Probabilidade do Custo Real do Projeto ser maior do que o Custo Estimado do projeto”.

Risco do Custo da Construção e Montagem = f (Riscos Externos, Riscos Internos). (4.1)

Assim, inicialmente o custo do empreendimento de estrutura metálica que corresponde ao somatório das fases que abrangem o ciclo de vida do projeto e pode ser expresso de uma forma geral do seguinte modo:

Custo Real do Empreendimento = [(Custo do Projeto de Engenharia+ Custo do Suprimento + Custo da Construção e Montagem + Custo de Comissionamento + Custos Extras)], ou:

$$CRE = [f(CPE) + f(CS) + f(CCM) + f(CC) + f(CE)] \quad (4.2)$$

CRE = CUSTO REAL DO EMPREENDIMENTO (R\$);

CPE = CUSTO DO PROJETO DE ENGENHARIA (R\$);

CS = CUSTO DO SUPRIMENTO (R\$);

CCM = CUSTO DA CONSTRUÇÃO E MONTAGEM (R\$);

CC = CUSTO DO COMISSIONAMENTO (R\$);

CE = CUSTOS EXTRAS (R\$).

Cada parcela que compõe o custo total do empreendimento será detalhada no Capítulo 6. Entretanto, é importante ressaltar que cada uma destas variáveis de custo que compõe o modelo geral do custo real do empreendimento apresenta riscos internos e externos, entretanto, os impactos que estes riscos podem causar no custo da obra dependerão do arranjo contratual estabelecido pelas partes envolvidas e as responsabilidades que cabem a cada um neste processo.

Conforme mencionado no Capítulo 2, os eventos de risco num projeto ocorrem devido a fatores externos e fatores internos.

No caso dos fatores externos os riscos que podem ocorrer são: condições climáticas atípicas das normais, ações governamentais, greves, inflação, mercado financeiro, ações da justiça, responsabilidades da contratante em função do tipo de contrato estabelecido entre as partes, gerenciamento da contratante, dentre outros.

Os fatores internos de risco que ocorrem durante as fases do empreendimento (projeto básico, projeto detalhado, suprimento, construção e montagem) estão condicionados à responsabilidade entre as partes envolvidas e são determinados em função do tipo de contrato. Assim sendo, para o desenvolvimento da metodologia de análise de risco na estimativa de custo de projetos é analisado no Estudo de Caso Único: a modalidade contratual e as responsabilidades que cabem a cada parte no empreendimento, a alocação e

identificação das possíveis fontes de riscos externas e internas para a contratada e para contratante.

O tipo de contrato estabelecido entre as partes no empreendimento em estudo foi em regime de empreitada parcial por preço fixo por valor unitário. Assim, a seguir é apresentado na Figura 4.2 o modelo de estrutura analítica hierárquica de risco proposto por (TAH & CARR, 2001), adaptado ao Estudo de Caso Único, onde num primeiro momento foram levantadas as possíveis fontes de risco do projeto, entretanto, a estrutura foi montada já considerando a responsabilidade de cada parte no contrato.

É importante informar que as fontes de dados para a construção da estrutura analítica hierárquica de risco têm como base a revisão bibliográfica e os documentos fornecidos pela empresa FORRM Industrial Ltda., que corresponde à contratada para a construção e montagem das estruturas metálicas no projeto de ampliação do Hospital Esperança (contratante) em Recife, Pernambuco.

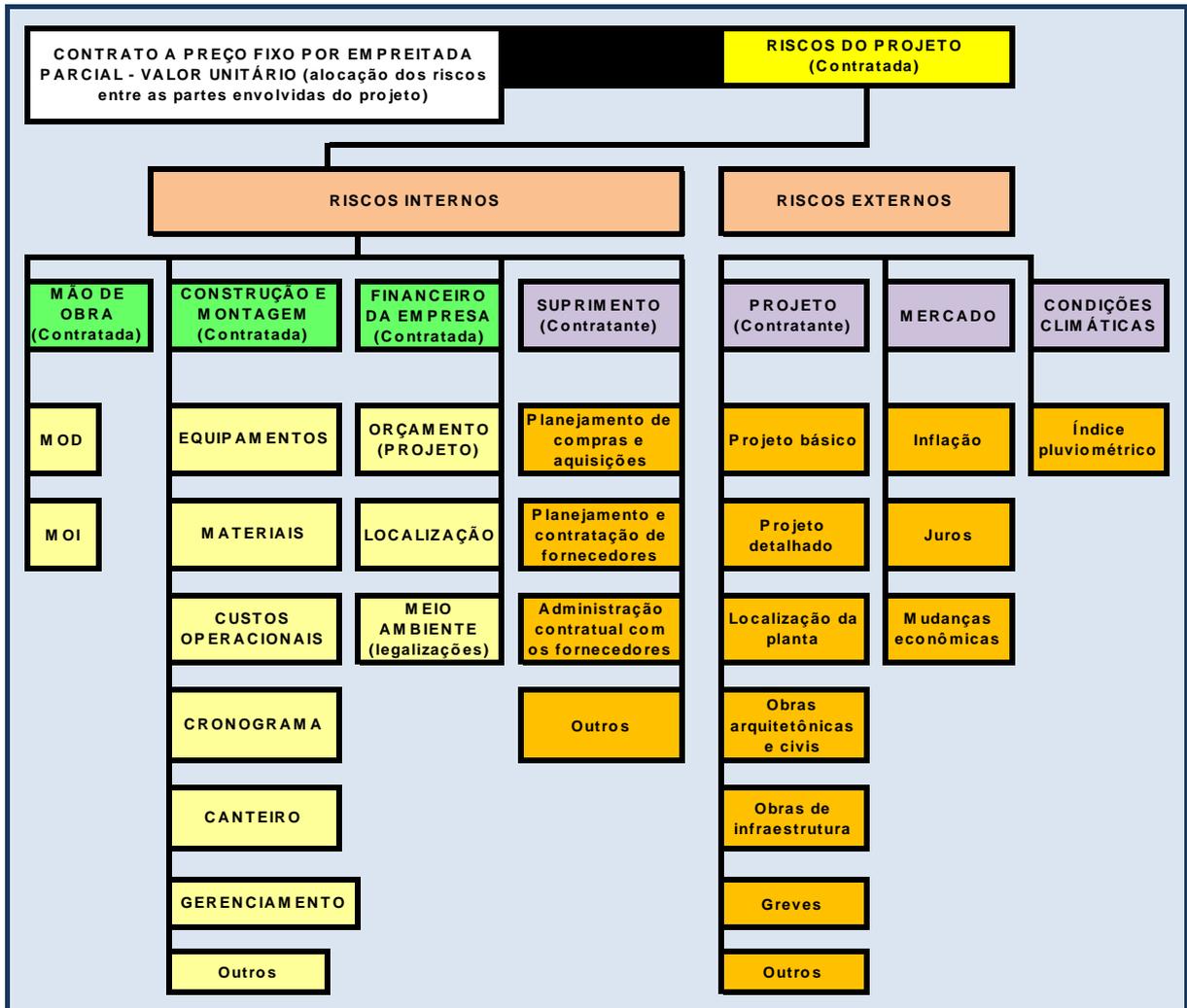


Figura 4.2: Estrutura Analítica Hierárquica de Risco do Estudo de Caso Único.

Fonte: Adaptação da autora (TAH & CARR, 2001).

A estrutura apresentada na Figura 4.2 auxilia na classificação dos riscos de acordo com as fontes de origem, mostrando onde eles estão alocados e a responsabilidade de cada parte envolvida neste processo (contratante e contratada).

Com base na construção da estrutura analítica hierárquica de risco do projeto são elaborados no Capítulo 5 dois quadros contendo os fatores externos e internos de risco que descreve onde está o impacto de cada evento de risco levantado no projeto.

Através do levantamento dos eventos externos e internos de risco é verificado onde cada impacto influencia o projeto (custo, produtividade, qualidade, prazo, entre outros).

A base de dados para composição de conjunto de variáveis do modelo proposto foram os documentos fornecidos pela FORRM Industrial Ltda., as séries históricas dos eventos (fases do projeto) e a variação anual dos índices (inflação, pluviometria, INCC) que foram levantados junto a vários órgãos, tais como: SINDUSCON, INMET, IBGE, FGV, dentre outros.

Para o cálculo da probabilidade de cada variável será utilizado o “*software @RISK*” que de acordo com cada conjunto de dados referente a cada uma delas irá definir o tipo de distribuição de probabilidade correspondente. Após esta definição é realizada a Simulação de Monte Carlo.

Após a simulação de cada variável será feito o Teste de Sensibilidade a fim de analisar as variáveis que apresentam maior impacto em relação aos custos do projeto, além da apresentação do Gráfico de Tornado que exhibe o “*ranking*”, ou seja, a classificação por ordem de prioridade das variáveis que mais influenciam no custo do projeto.

5 ESTUDO DE CASO ÚNICO

5.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO ÚNICO

Para proposta do modelo de análise de risco em projetos de estrutura metálica, são utilizadas duas obras, referentes à ampliação da unidade hospitalar do HESP (Hospital Esperança), localizado na Rua Antonio Gomes de Freitas, 265, Ilha do Leite, Recife, Pernambuco. As duas obras correspondem, respectivamente:

1) À estrutura metálica da Torre de Elevadores, com previsão da construção de 67 t de estrutura metálica em aço baixo carbono. Essa torre com capacidade para dois elevadores de transporte de pessoas será acoplada ao edifício do Hospital Esperança.

2) À ampliação de um Centro de Diagnósticos, onde inicialmente foi prevista a construção de 651 t de estrutura metálica em aço baixo carbono, para apoiar as lajes de concreto do terceiro pavimento, do quarto pavimento e o quinto pavimento correspondente à cobertura por sobre o edifício existente do Centro de Diagnósticos.

O peso inicial somado das duas obras foi estimado em 718 t.

É importante ressaltar que os fornecedores de materiais, peças e conjuntos são nacionais e atendem às recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), assim como os materiais a seguir listados estão de acordo com as normas técnicas indicadas:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| • Perfis laminados Usiminas | ASTM A 572 Grau 50 |
| • Chapas lisas | USI SAC300/ ASTM COR 420 |
| • Eletrodos | AWS 7018 Grau G |

- Perfis laminados comerciais ASTM A 36
- Barra mecânicas (redondas, quadradas e etc.) SAE 1020..
- Parafusos e porcas ASTM A 325.

A contratante dessas obras de ampliação da unidade hospitalar foi o Hospital Esperança Ltda.; e a contratada para fornecimento das estruturas metálicas foi a empresa FORRM Industrial Ltda., localizada na Rua Atalaia do Norte, 1685, Bairro de Prazeres, Município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco.

A modalidade contratual estabelecida entre as partes foi para fornecimento e montagem de 718.000 kg de estrutura metálica em regime de empreitada parcial a preço fixo (valor unitário), sendo que em princípio a contratante se responsabilizaria pelo fornecimento do projeto básico e detalhado, cabendo à contratada o fornecimento e a montagem das estruturas metálicas, compreendendo em: materiais, mão de obra simples e especializada, com seus encargos trabalhistas e previdenciários, bem como a aquisição dos equipamentos e máquinas que se fizerem necessários à execução da obra.

Desse modo, a contratante ficou responsável pelo fornecimento do projeto básico, detalhado; e a contratada se responsabilizou pelo fornecimento da mão de obra, materiais e serviço para a fabricação e montagem das estruturas metálicas (aquisição de materiais e construção e montagem), atendendo aos requisitos da Norma Brasileira (NBR) 8800.

5.2 DADOS DO CENTRO DIAGNÓSTICO E TORRE PARA ELEVADORES – FASES DO PROJETO

O projeto compreende duas obras distintas: uma consiste em uma torre metálica a ser acoplada ao edifício onde funciona o Hospital Esperança, com a finalidade de abrigar dois elevadores de passageiros; e outra em estrutura metálica onde funcionará o Centro de Diagnósticos.

A construção da Torre de Elevadores foi em estrutura metálica projetada para abrigar dois elevadores de doze paradas, sendo um com capacidade para vinte passageiros e outro com capacidade para vinte e seis passageiros.

A Figura 5.1 ilustra a estrutura metálica do Centro de Diagnósticos que corresponde à ampliação da área do Hospital Esperança e à direita está a estrutura da Torre de Elevadores que será acoplada ao edifício do hospital



Figura 5.1: Estrutura metálica do Centro de Diagnósticos. À direita, a estrutura para a construção da Torre de Elevadores. Fonte: FORRM Industrial Ltda. (setembro/2010).

De acordo com os documentos fornecidos pela empresa FORRM Industrial Ltda., o projeto do Centro de Diagnósticos passou por quatro fases de modificações até a adoção dos valores descritos na Fase 04. A seguir serão descritas cada uma das fases de modificações ocorridas no projeto:

Fase 01 – O Centro de Diagnósticos apresenta uma área existente de 1.437,95 m², que corresponde ao galpão pré-moldado (em estrutura de postes CAVAN⁶), além de um mezanino metálico construído no primeiro piso com área de 840,58 m² e pé direito duplo no *hall* de entrada da Rua Francisco Alves. No segundo piso foi construído outro mezanino em estrutura metálica com área de 1.182,12 m²,

⁶ Postes CAVAN – marca de postes estruturais metálicos, entre outros produtos. (<http://www.cavan.pt/PT/produtos_pt_all.htm>, acesso em: 12/12/2012).

tendo uma elevação entre a cobertura e o piso de 60 cm para a viabilização do uso de equipamentos de refrigeração. Desse modo, a área total do térreo + 1º pavimento contabilizada para o uso é de: $1.437,95 \text{ m}^2 + 840,58 \text{ m}^2 = 2.278,53 \text{ m}^2$.

A Figura 5.2 ilustra a estrutura metálica do Centro de Diagnósticos correspondente ao térreo, ao 1º pavimento e ao mezanino metálico.

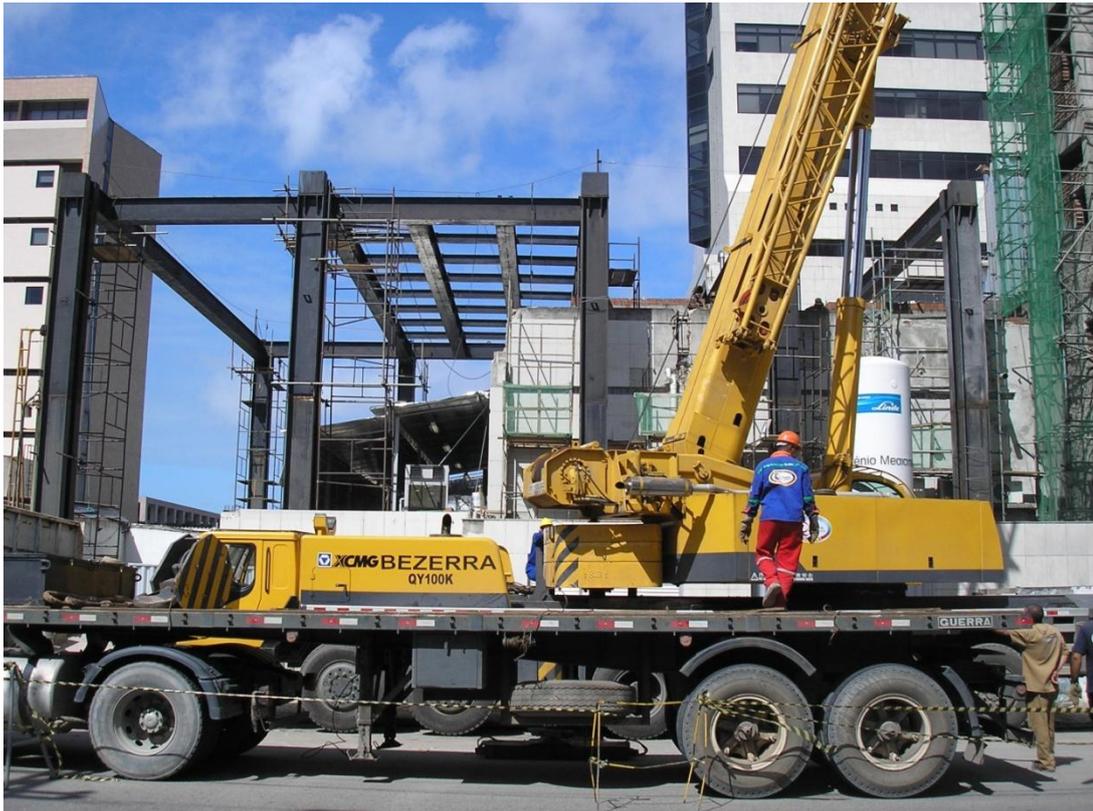


Figura 5.2: Estrutura metálica do Centro de Diagnósticos.
Fonte: FORRM Industrial Ltda. (setembro/2010).

Fase 02 – O projeto do Centro de Diagnósticos foi aprovado pela Prefeitura de Recife, constando de uma área existente de $1.437,95 \text{ m}^2$ e uma área a construir (acréscimo) de $4.885,03 \text{ m}^2$, num total de $6.322,98 \text{ m}^2$ de área construída com a seguinte ocupação:

Térreo – constará de: área de imagem, exames, estacionamento, lixo, gás, compactador, rampa de acesso (veículos e pedestres);

1º pavimento – constará de: dezoito consultórios, banheiros feminino e masculino, circulação, *hall* de elevador e escada;

2º e 3º pavimentos – constarão de: dezoito consultórios, banheiros feminino e masculino, circulação, *hall* de elevador, escada, com acréscimo de áreas de apoio/serviço e escada metálica externa para rota de bombeiro;

4º pavimento – constará de: área de estacionamento com 64 vagas, uma rampa de interligação da garagem do quarto piso (G4) com o Hospital Esperança.

Esse prédio terá dois elevadores com acesso aos cinco pavimentos (térreo, 1º, 2º, 3º e 4º) com capacidade para 14 passageiros cada.



Figura 5.3: Vista frontal dos pilares e vigas em estrutura metálica do Centro de Diagnósticos.

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (setembro/2010).

Fase 03 – Em posterior decisão e com base no grupo de assessoria da Prefeitura de Recife e da Diretoria do Hospital Esperança, o projeto de infra e superestrutura do Centro de Diagnósticos foi desenvolvido para atender à construção de um edifício até oito pavimentos, porém ficou acordado que a execução seria até o 5º pavimento e que receberia uma cobertura metálica.

A seguir é descrita a ocupação das áreas de cada pavimento.

Pavimento térreo – constará de: subestação com capacidade de 3000 KVA; uma segunda caixa de escada até o 5º pavimento com caixa-d'água superior; casa de gás; lixo comum e patológico; acesso para carga e descarga; áreas técnicas para ressonância magnética e tomografia computadorizada; aparelho digital de raios X; posto de enfermagem; área para exames laboratoriais; banheiros; recepção principal; salas de ultrassom; vestiários; faturamento; coleta; corredores e áreas de emergência, além da caixa de elevador e escada da Rua Francisco Alves, com área total de 1.706,98 m².

1º pavimento – constará de: almoxarifado; nutrição; banheiro feminino e masculino; área para alimentação parenteral; financeira; contas a pagar; farmácia; auditorias (interna e externa); copa; corredores de acesso/circulação; *hall* social dos elevadores e escadas, além de área destinada aos grupos gestores, com área total de 1.138,93 m².

2º pavimento – constará de: 14 apartamentos voltados para a Rua Francisco Alves e 13 apartamentos voltados para o Hospital Esperança, que poderão funcionar como enfermarias, sendo todos equipados com banheiros; área para arsenal; espera; internação; copa; serviço; utilidades; postos de enfermagem; prescrição médica; banheiro feminino, masculino e de serviço; depósito; rouparia; circulação do *hall* social, elevadores e escada, com área total de 1.297,72 m².

3º pavimento – constará de: Unidade de Terapia Intensiva (UTI) cardiológica com capacidade para 15 leitos, com postos de enfermagem; utilidades; arsenal; repouso para enfermeiros (as), médicos (as); banheiros feminino e masculino; copa; UTI pediátrica com capacidade para dez leitos e estrutura semelhante à cardiologia; 11 apartamentos com banheiros; rouparia; copa; circulação; *hall* social; elevadores e escada; espera, com área total de 1.329,00 m².

4º pavimento – constará de: 29 apartamentos com banheiro; arsenal; postos de enfermagem; espera; copa; serviços; utilidades; banheiros feminino e masculino e de serviço; depósito; rouparia; circulação; *hall* social; elevadores e escada, com área total de 1.400,17 m².

5º pavimento – constará do mesmo programa do 4º pavimento, com área total de 1.400,17 m².

O acabamento das fachadas será com esquadrias, pele de vidro e o piso em porcelanato.

A cobertura constará de estrutura metálica com telhas de alumínio termoacústicas, sem forro e com a execução das furações para esgoto e águas pluviais a fim de viabilizar a utilização e a conclusão do 4º pavimento.

A área total de construção da Fase 03 é de 8.272,97 m²



Figura 5.4: Vista das ligações dos pilares e vigas em estrutura metálica do Centro de Diagnósticos.

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (setembro/2010).

Fase 04 – Idêntica à Fase 03, acrescida de área destinada ao sistema de água gelada (1000 TR = toneladas de refrigeração em linha e 325 TRs reserva), quatro torres de refrigeração, 18 bombas, instalações elétricas, com uma área no pavimento térreo de 148,43 m² e no 1º pavimento de 210,66 m², totalizando a área construída de 359,09 m².

A área total construída da Fase 03 acrescida da área total construída da Fase 04 corresponde a 8.632,06 m².

A Figura 5.5 ilustra o içamento da peça em estrutura metálica do Centro de Diagnósticos. As peças estruturais foram içadas no primeiro pavimento por meio de guindaste. Do lado direito, a construção em concreto armado está sendo preparada para receber a Torre de Elevadores de 14 passageiros do Centro de Diagnósticos.



Figura 5.5: Vista do içamento da peça estrutural do Centro de Diagnósticos.

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (setembro/2010).

Cabe ressaltar que muitas peças estruturais foram içadas por meio de trefor.

De acordo com a FORRM (2011) o trefor é um aparelho de tração e elevação com cabo passante que faz as mesmas funções de um cabrestante (máquina de cilindro ou tambor giratório), ou diferencial manual, em grandes variedades de aplicações. Baseia-se no princípio do arrasto do cabo. Em vez de se enrolar em um tambor como nos diferenciais, ou cabrestante clássico, é arrastado de maneira retilínea por duas maxilas da mesma forma que duas mãos puxam uma corda.

O mecanismo é autobloqueante. O esforço é transmitido às alavancas de manobra (marcha à frente ou marcha atrás) por meio de uma alavanca telescópica extraível, sendo previsto um sistema de amarração: gancho ou cavilha de

amarração, segundo o modelo que pode ser fixado rapidamente em qualquer ponto que tenha resistência suficiente. A Figura 5.6 ilustra o trefor.



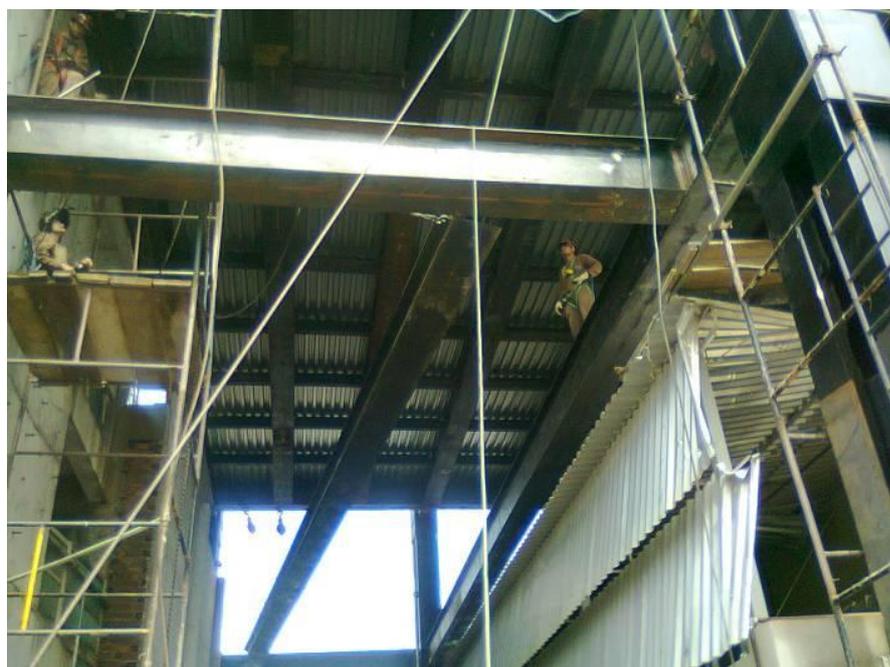
**Figura 5.6: Trefor utilizado no içamento das peças estruturais.
Fonte: FORRM Industrial Ltda. (janeiro/2011).**

Antes da colocação dos trefors foram soldados nas peças estruturais olhais (pegas), em pontos predefinidos, com base no centro de gravidade das peças, por onde passarão os cabos de aço para içamento delas. Na soldagem dos olhais de içamento, empregaram-se as mesmas EPS (Especificações de Procedimento de Soldagem) utilizadas na soldagem das vigas e pilares e foram dimensionados em atendimento as normas e critérios previamente estabelecidos.

A Figura 5.7 ilustra o detalhe da soldagem do olhal para o levantamento da viga lateral V6 na implantação da estrutura metálica do complemento do 2º pavimento do Centro de Diagnósticos.



**Figura 5.7: Detalhe da soldagem do olhal na viga V6.
Fonte: FORRM Industrial Ltda. (janeiro/2011).**



**Figura 5.8: Vista da viga V6 sendo transportada horizontalmente para os seus apoios.
Fonte: FORRM Industrial Ltda. (janeiro/2011).**

No içamento de cada peça estrutural foram utilizados quatro tífors, sendo dois no içamento e dois na reserva de segurança. Os tífors que foram utilizados no

içamento das peças tinham suas capacidades de carga superiores ao peso da peça erguida.

A Figura 5.9 ilustra o detalhe da troca de posição de tirfor para movimentação horizontal da viga V9 na implantação da estrutura metálica do complemento do 2º pavimento do Centro de Diagnósticos.



**Figura 5.9: Vista de um tirfor utilizado no içamento das peças estruturais.
Fonte: FORRM Industrial Ltda. (janeiro/2011).**

A Figura 5.10 ilustra o detalhe da distribuição dos cabos de aço de 5/8” em uma das extremidades da viga V9 correspondente à estrutura metálica de complemento do Centro de Diagnósticos.



Figura 5.10: Vista do detalhe da distribuição dos cabos de aço em uma das extremidades da viga V9.

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (janeiro/2011).

A Figura 5.11 ilustra a vista aérea da estrutura metálica do 5º pavimento no trecho em que foram colocados os *inserts*.

Os *inserts* são peças fabricadas em aço baixo carbono, da mesma especificação das vigas (ASTM 572), as quais são fixadas às armações por meio de chumbadores e posteriormente grouteadas. Após grouteamto dos *inserts*, as vigas são engastadas a eles por meio de soldagem. Além de suportarem o peso próprio das vigas e dos carregamentos, cumprem a função de absorverem as tensões provenientes da dilatação térmica linear da estrutura metálica (viga), reduzindo o esforço sobre o concreto armado. (FORRM, 2011).

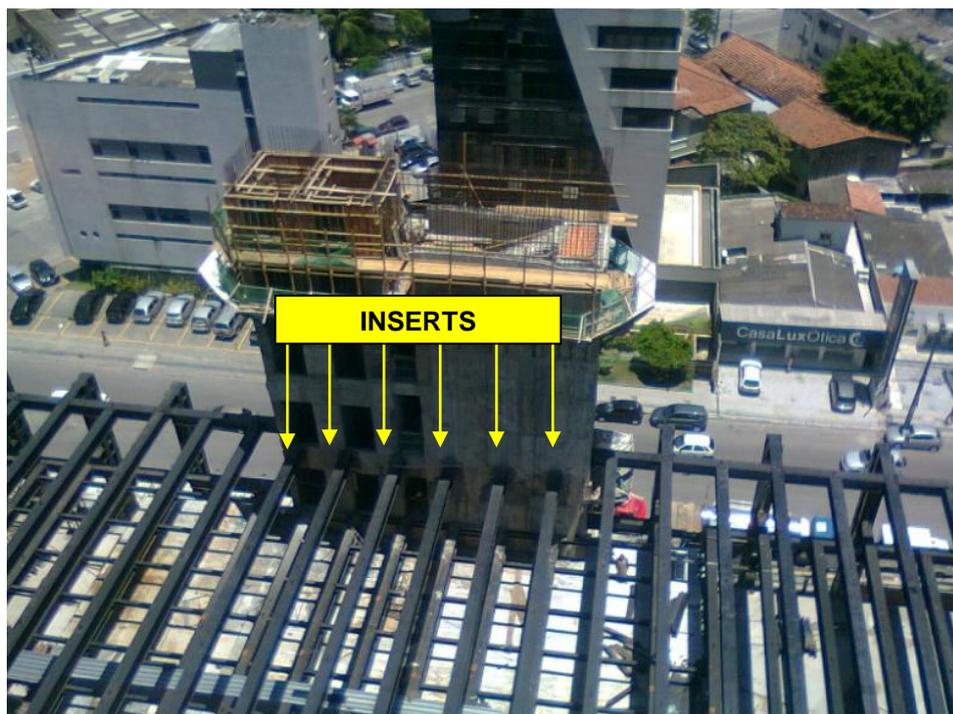


Figura 5.11: Vista aérea da estrutura metálica do 5º pavimento do Centro de Diagnósticos.

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (janeiro/2011).



Figura 5.12: Finalização da obra do Centro de Diagnósticos com a caixa de elevadores. Na parte superior à direita, a Torre de Elevadores anexa ao HESP.

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (fevereiro/2012).

Na tabela 5.1 constam os dados gerais e específicos do empreendimento de estrutura metálica que foram relacionados após a aplicação do questionário na empresa FORRM Industrial Ltda.

TABELA 5.1: DADOS GERAIS E ESPECÍFICOS DAS OBRAS EM ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO

Localização das obras	Recife (PE)
Área física de execução prevista inicialmente	4.885,03 m ²
Área física de execução real	8.632,06 m ²
Peso de estrutura metálica estimada no projeto	718 t
Peso de estrutura metálica real do projeto	1.375,952 t
Custo total do empreendimento (sem os equipamentos médicos)	R\$ 50.000.000,00
Preço inicial da estrutura metálica	R\$ 5.205.500,00
Preço final da estrutura metálica	R\$ 14.089.421,51
Prazo previsto de execução da estrutura metálica	180 dias úteis.
Prazo realizado de execução da estrutura metálica	1398 dias corridos

Fonte: FORRM Industrial Ltda. (junho/2012).

No contrato firmado entre as partes foi previsto que a contratada forneceria e montaria o equivalente a 718 t de estrutura metálica. Após as mudanças e acréscimos no projeto, de acordo com os documentos fornecidos é apresentado no Quadro 5.1 o levantamento, atualizado em fevereiro de 2012, do quantitativo de estrutura metálica montada no empreendimento.

Local da Montagem	Peso KG
Torre dos Elevadores	110.536,87
Interligações 1º Pav	1.520,43
Interligações 2º Pav	1.650,83
Interligações 3º Pav	1.889,84
Interligações 4º Pav	2.020,28
Interligações 5º Pav	2.165,63
Interligações 6º Pav	2.165,63
Coberta das Interligações	1.320,42
Centro de Diagnóstico	1.129.839,49
Casa de Máquinas	13.983,15
Ampliação de Plataforma	5.407,08
Coberta do 5º Pavimento	103.452,72
Total dos Pesos :	1.375.952,37

Quadro 5.1 Levantamento dos quantitativos da estrutura metálica.
Fonte: FORRM Industrial Ltda., (fevereiro/2012).

5.3 DEFINIÇÃO DAS RESPONSABILIDADES DA CONTRATANTE E DA CONTRATADA EM CADA UMA DAS FASES DO EMPREENDIMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA

Na pesquisa realizada por ZHAO & LI (2010), os autores verificaram que o processo de alocação dos riscos em projetos de construção contribui não somente para a distribuição dos riscos, mas também para definir as responsabilidades de cada participante no projeto, além de auxiliar na etapa posterior de identificação e classificação dos riscos. Da mesma forma, existe uma relação entre os riscos imputados à contratante, ao contratado, ao subcontratado e os riscos em relação ao governo, sendo que os riscos de cada um destes grupos apresentam a convergência de riscos comuns em relação a custo, prazo e qualidade.

Os autores fizeram uma pesquisa a fim de verificar como os riscos são alocados nos projetos de construção internacional e as responsabilidades das partes envolvidas.

O Quadro 5.2 trata dos riscos de projetos de construção levantados em nível internacional. Verifica-se que com exceção dos riscos identificados como 4, 5, 25 e 29, os demais são todos pertinentes para serem tratados somente em nível nacional. Cabe a ressalva de que muitas empresas internacionais atuam em território nacional, o que incluiria os quatro riscos relacionados às questões internacionais.

Observa-se ainda que os riscos levantados por ZHAO & LI (2010) são comuns na opinião de muitos autores tais como: Chapman, Wald, Kerzner, Pritchard e Wideman, entre outros, e que estão relacionados no Capítulo 2 (revisão bibliográfica) e são classificados como riscos internos e externos.

ID	RISCOS	PARTICIPANTES			
		Contratante	Contratado	Subcontratado	Governo
1	Listagem de exigências	X			
2	Expectativa de alta qualidade na construção dos projetos	X			
3	Variações	X	X	X	
4	Cultura e nível social diferente entre países ou regiões	X	X	X	X
5	Ausência em experiência similar entre países ou regiões	X	X	X	
6	Insuficiência financeira	X	X		
7	Ausência de um plano para respostas emergenciais	X	X	X	X
8	Conflitos de documentos	X		X	
9	Acordo no planejamento de construção ineficaz		X	X	
10	Ausência de coordenação entre os participantes		X		
11	Ausência de profissionais capacitados		X	X	
12	Insuficiência de profissionais e gerentes		X		
13	Habilidade de gerenciamento fraca		X	X	
14	Resultados de segurança e confiabilidade		X		
15	Condições ambientais fracas		X		
16	Baixa produtividade dos trabalhadores e equipamentos		X	X	
17	Recursos indisponíveis		X	X	
18	Erro de escopo do projeto		X	X	
19	Informações inadequadas e inexatas		X		
20	Acidentes		X	X	
21	Corrupção e suborno		X	X	
22	Roubo de materiais e equipamentos		X		
23	Aprovações do governo sob exigências excessivas				X
24	Burocracia do governo				X
25	Relações internacionais fracas				X
26	Instabilidade política				X
27	Mudanças súbitas nas leis e nos regulamentos do governo				X
28	Condições de mercado ruins				X
29	Sistema social prematuro para construções internacionais				X
30	Intervenção imprópria				X

Quadro 5.2: Alocação dos riscos em projetos de construção internacionais.

Fonte: Adaptado pela autora, com base em ZHAO & LI (2010, p. 3-4).

De acordo com a pesquisa dos autores, têm-se num primeiro momento condições de alocar os riscos atribuindo a responsabilidade que cabe a cada parte envolvida para depois identificá-los e analisá-los.

No estudo de caso único em análise, um dos itens abordados no questionário foi a definição das responsabilidades da contratante/contratada em cada uma das fases que compõem o projeto de estrutura metálica em aço. Uma vez que a proposta de metodologia é analisar o risco na estimativa do custo do projeto do ponto de vista da contratada, outro fator importante para essa alocação dos riscos é a modalidade contratual entre as partes, posto que embora existam riscos comuns, haverá riscos específicos para cada parte e a verificação do ponto de vista em que está sendo feito o gerenciamento de risco, se do lado da contratante ou do lado da contratada.

No presente estudo de caso, a modalidade contratual praticada é a de empreitada parcial e preço fixo por valor unitário, sendo que conforme descrito anteriormente é de responsabilidade da contratada o fornecimento de serviços, materiais e mão de obra na fabricação e montagem das estruturas metálicas.

Na análise dos documentos e do questionário constatou-se que: o projeto básico e detalhado ficou sob-responsabilidade da contratante (Hospital Esperança); não houve pré-detalhamento do projeto básico denominado de “FEED”, entretanto, o detalhamento do projeto, sob-responsabilidade da contratante, ocorreu com a obra em andamento. O fornecimento das aquisições de materiais ficou sob-responsabilidade da contratada.

Além da aquisição, a contratada se responsabilizou pela fabricação e montagem das estruturas metálicas em aço de baixo carbono num total inicial de 718 t. Entretanto, houve modificações no escopo do projeto com um acréscimo de 657,952 t de estrutura metálica passando para um total de 1.375,952 t a serem fabricadas e montadas.

No Quadro 5.3 são apresentadas de forma resumida as responsabilidades de cada uma das partes (contratante/contratada) no ciclo de vida do projeto.

FASES DO PROJETOS	CLIENTE CONTRATANTE	EMPRESA CONTRATADA	CONTRATANTE/ CONTRATADA	OBS
Projeto Básico	X			
Projeto Detalhado	X			o projeto detalhado foi feito depois da obra iniciada
Suprimento		X		
Construção e Montagem		X		estruturação e desenvolvimento da montagem
Outros	nada a declarar			

QUADRO 5.3: Responsabilidades da contratante/contratada em cada uma das fases do projeto de estrutura metálica em aço.

Fonte: Adaptado pela autora, (2012).

5.4 EVENTOS DE RISCO OCORRIDOS EM CADA UMA DAS FASES DO EMPREENDIMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA

Nesta obra não houve a implantação de nenhuma metodologia de gerenciamento de risco ou análise de risco, porém foram relacionados os eventos que impactaram cada uma das fases do empreendimento: projeto básico e detalhado; suprimento; construção e montagem, além da verificação das incertezas ou riscos que comprometem o prazo, o custo e a operação do empreendimento. Do mesmo modo, foram verificados os riscos externos que influenciaram de forma contrária aos objetivos estabelecidos no empreendimento, tais como: greves, variação cambial, mudanças na legislação; questões ambientais; questões políticas e econômicas; mercado; intempéries, entre outros.

5.4.1 Eventos de Risco - Projeto Básico e Detalhado

Tanto o projeto básico como o detalhado ficou sob a responsabilidade da contratante. Entretanto, houve a mudança no escopo do projeto, pois inicialmente estava previsto que a contratada faria a construção e a montagem de 718 t de estrutura metálica num prazo previsto de 180 dias úteis e foram acrescentadas 657,952 t de estrutura metálica passando para um total de 1.375,952 t. Considerando a data de início da obra em 21 de agosto de 2008 e a data de término em 18 de junho de 2012, houve aumento de prazo para 1.398 dias corridos. Porém, durante a vigência da obra, houve quatro paralisações, que totalizaram nesse novo prazo 458 dias de obra parada.

A primeira paralisação ocorreu entre 21/08/2008 e 14/01/2009 em decorrência de novas definições da contratante, atraso na entrega do projeto detalhado, que foi feito com a obra já iniciada, aumento no escopo do projeto e espera da contratada no recebimento dos novos projetos, totalizando um período de 147 dias de paralisação.

A segunda paralisação foi entre 01/03/2009 e 09/09/2009 em razão da compra do terreno localizado no fundo do Hospital Esperança pela contratante, que ocasionou novas mudanças no escopo do projeto e espera da contratada no recebimento dos novos projetos, totalizando um período de 193 dias.

A terceira paralisação ocorreu entre 28/03/2010 e 01/07/2010 em decorrência da revisão e da adequação dos cálculos estruturais às novas condições do projeto, totalizando um período de 96 dias.

A quarta paralisação da obra foi entre 01/10/2010 e 22/10/2010 causada por uma denúncia realizada ao Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), em razão do não cumprimento dos requisitos da NR-18 (Norma Regulamentadora das Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) pelas contratadas (mecânica, elétrica, civil, dentre outras) que está previsto em cláusula contratual estabelecida pelas partes, totalizando um período de 22 dias de paralisação.

5.4.2 Eventos de Risco - Suprimento

Embora a aquisição de suprimentos tenha sido da contratada, a contratante (Hospital Esperança) antecipou a compra em sua totalidade com base na lista de materiais elaborada pela contratada, temeroso de uma possível “explosão” dos preços em face do grande volume de empreendimentos no país, principalmente no estado de Pernambuco.

Desta forma, com a antecipação de quase todos os materiais na obra não houve evento(s) de risco(s) em relação à aquisição de materiais que comprometesse(m) o prazo e o custo estimado da contratada.

5.4.3 Eventos de Risco - Construção e Montagem

A fase de construção e montagem ficou sob-responsabilidade da contratada. Foram relacionados os seguintes eventos de risco:

- Atraso na entrega do projeto básico;
- Atraso na entrega do projeto detalhado que foi feito após o início da obra;
- Mudanças no escopo do projeto;
- Informações conflitantes entre as contratadas;
- Ausência de planejamento e gestão de projeto;
- Falta de gerenciamento do projeto como um todo.
- Dias de afastamento da mão de obra direta por motivos legais, licenças médicas, acidentes de trabalho, entre outros.

Na figura 5.13 é apresentada a estatística dos dias de afastamento da mão de obra por função entre o período de abril/2010 a fevereiro/2012.

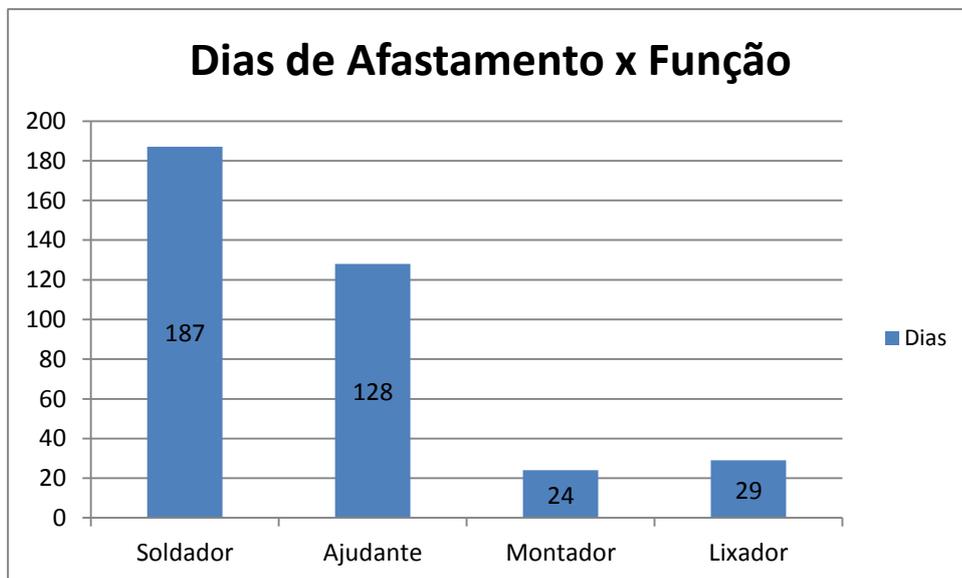


Figura 5.13: Estatística dos dias de afastamento do trabalho x função.
Fonte: FORRM Industrial Ltda., (2012).

No Quadro 5.4 é apresentado o número total de horas de afastamento da mão de obra no período de abril/2010 a fevereiro/2012.

Função	Afastamento da função em dias	Número de horas/dia de trabalho	Total
Soldador	187	8	1496
Ajudante	128	8	1024
Montador	24	8	192
Lixador	29	8	232
TOTAL FINAL EM HORAS DE AFASTAMENTO			2944

Quadro 5.4: Estatística de afastamento do trabalho em total de horas.
Fonte: FORRM Industrial Ltda., (2012).

5.5 RISCOS EXTERNOS

Os riscos externos ocorridos que influenciaram diretamente no prazo da obra, além do embargo da obra pelo MTE, foram os relacionados às condições climáticas, ou seja, os dias de chuva que provocaram a paralisação dos serviços e afetaram diretamente a produtividade da mão de obra da contratada e o aumento do prazo no cronograma do projeto.

Para o levantamento do índice pluviométrico utilizou-se a série histórica da região no período de execução do empreendimento com os dados do Instituto Agroecônômico de Pernambuco e a base de dados dos RDOs (Relatórios Diários de Obra) fornecidos pela FORRM Industrial Ltda.

De acordo com os dados do estudo de caso descritos neste capítulo, e levando-se em consideração as pesquisas realizadas por ALVES (apud. DINSMORE et. al., 2007, p.217) em relação aos eventos de risco em projetos industriais, por ZHAO & LI, (2010), sobre os eventos de risco em projetos de construção, por PAGE & NATION (1967) com referência aos eventos de risco na produtividade, por PINHO (2005) acerca dos eventos de risco em projetos de construção e montagem, além das fontes de risco internas e externas de projetos enumeradas por FLANAGAN & NORMAN (1993), RAFTERY (1994), KERZNER (1998, 2011), PRITCHARD (1997), WIDEMAN (1992), CHAPMAN, R. J. (2001), PMBOK-PMI (2008), VALERIANO (2001), ZOU, ZHANG & WANG (2007), VISSER & JOUBERT (2008), são apresentados nos Quadros 5.5 e Quadro 5.6 os principais riscos apurados na

construção da torre de elevadores e no Centro de Diagnósticos e os respectivos impactos nesse empreendimento.

FATORES DE RISCOS EXTERNOS (CONTRATADA)		
ID	Eventos de Risco	Impacto (extensão afetada)
1	Projeto Básico	
1.1	Planejamento inadequado nos prazos para fluxo de documentos	Produtividade, Prazo, Técnico
1.2	Ausência de planejamento	Produtividade, Prazo, Qualidade, Técnico
1.3	Atraso na entrega do projeto básico	Produtividade, Prazo, Qualidade, Técnico
1.4	Erro de escopo do projeto	Produtividade, Prazo, Qualidade, Técnico
1.5	Ausência de coordenação entre os participantes	Produtividade, Prazo, Qualidade, Técnico
1.6	Não levar em conta a possibilidade de um expansão do projeto	Prazo, Produtividade
2	Projeto Detalhado	
2.1	Atraso para entrega do projeto detalhado	Produtividade, Prazo, Qualidade, Técnico
2.2	Ações da Contratante: aumento de escopo do projeto	Prazo, Produtividade
2.3	Ausência de coordenação entre os participantes	Produtividade, Prazo
2.4	Informações inadequadas e inexatas	Produtividade, Prazo, Técnico
3	Inflação	Custo
4	Condições Climáticas	Produtividade
5	Ações legais: Paralisação do TEM por não cumprimento da NR-18	Produtividade, Prazo
6	Ações Trabalhistas	Custo
7	Greve de trabalhadores	Produtividade
8	Informações conflitantes entre as contratadas	Produtividade

Quadro 5.5: Fontes externas de risco do estudo de caso
Fonte: Elaboração da autora, (2012).

Cabe ressaltar que de acordo com o estabelecido entre as partes as fases do projeto básico e detalhado ficaram sob-responsabilidade da contratante. A fase de suprimento, que inicialmente foi de responsabilidade da contratada, passou a ser da contratante. Nesse caso os riscos dessas fases para a contratada são avaliados como externos.

FATORES DE RISCOS INTERNOS (CONTRATADA)		
ID	Eventos de Risco	Impacto (extensão afetada)
1	Construção e Montagem	
1.1	Atraso para entrega do projeto de execução	Custo, Produtividade, Prazo
1.2	Registros deficientes no decorrer do projeto	Prazo, Custo, Qualidade, Técnico, Produtividade
1.3	Ausência de planejamento e gestão de projetos	Prazo, Custo, Qualidade, Técnico, Produtividade
1.4	Espaço físico para estocagem das peças	Prazo, Custo, Qualidade, Técnico, Produtividade
1.5	Disponibilidade da área para canteiro de obras	Prazo, Custo, Qualidade, Técnico, Produtividade
1.6	Edificações próximas	Custo, Produtividade, Prazo, Técnico
1.7	Planejamento inadequado de recebimento, armazenamento, rastreabilidade, entrega de materiais na obra	Custo, Produtividade, Prazo
1.8	Equipamentos (Não disponíveis, em manutenção e reparo, ociosos, sem condições de uso)	Custo, Produtividade, Prazo
1.9	Equipamentos de Proteção Individual	Custo, Produtividade, Prazo
1.10	Equipamentos de Proteção Coletiva	Custo, Produtividade, Prazo
1.11	Condições de trabalho (do local, operações manuais e automáticas)	Custo, Produtividade, Prazo
1.12	Documentação do projeto entregue de forma não estruturada à equipe responsável no encerramento	Prazo, Custo, Qualidade, Técnico, Produtividade

Quadro 5.6: Fontes internas de risco do estudo de caso
Fonte: Elaboração da autora, (2012).

Na fase de construção e montagem sob-responsabilidade da contratada, se verifica que a maior parte dos eventos de risco irá impactar no custo e na produtividade e no prazo do projeto.

6 PROPOSTA DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO EM PROJETOS DE ESTRUTURA METÁLICA

6.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é dado segmento a FASE 02 do desenvolvimento deste trabalho, sendo que, com base nos resultados obtidos na FASE 01 é proposto o modelo geral de análise de risco de estimativa de custo em projetos de construção e montagem e depois um específico para uma obra de estrutura metálica sob o ponto vista da contratada, cuja modalidade contratual foi preço fixo por valor unitário no regime de empreitada parcial. Posteriormente, é aplicado o modelo proposto no estudo de caso descrito no Capítulo 5. Para tal procedimento será utilizado o “*software @RISK*” versão 6.0 da Palisade Corporation que auxiliará no processo de simulação, na modelagem dos dados e na análise dos riscos das variáveis do modelo que serão descritas nas planilhas do “*software*” da “*Microsoft EXCEL 2007*”.

Segundo SOUZA (2004) o surgimento destes programas em conjunto com processadores de alto desempenho, que rapidamente processam milhares de simulações e armazenam os resultados destas iterações, em uma velocidade alta minimizando o tempo e a um custo relativamente baixo, foram determinantes para viabilizar a aplicação da Simulação de Monte Carlo na modelagem de grande número de situações reais do dia-a-dia.

6.2 DEFINIÇÃO DE MODELO

De acordo com EVANS & OLSON (1998 apud. SOUZA, 2004) a construção de um modelo corresponde à representação ou abstração de uma ideia, objeto ou situação real. Para os autores existem modelos que são considerados prescritivos, ou seja, que são ordenados explicitamente, como por exemplo, a programação linear, e, modelos denominados descritivos, pois descrevem as relações e disponibilizam informações para avaliação, e são utilizados para explicar o comportamento dos sistemas, prever eventos futuros a partir das variáveis de entrada no planejamento e ajudar no processo decisório.

Ao se referir na construção de um modelo intenciona-se compreender e analisar determinados problemas e situações reais de modo completo e lógico. (PALISADE, 2010).

Para CASAROTTO & KOPPITKE (2000 apud. SOUZA, 2004) os modelos podem ser considerados como determinísticos, onde todas as informações são conhecidas ou assumidas como conhecidas, com certeza e, como modelos probabilísticos onde em geral as informações são descritas através das distribuições de probabilidade.

Acrescenta-se ainda que os modelos sejam denominados como discretos ou contínuos dependendo da variável do modelo ou de como estas variáveis podem mudar com o passar do tempo.

De acordo com ANDRADE (1998 apud. SOUZA, 2004, p. 53) *“o modelo permite manipulações que seriam inviáveis no sistema real por ele representado, devido ao custo ou à impossibilidade de realizá-las”*.

MOTTA & CALÔBA descreve que no modelo se busca *“o equilíbrio entre uma impossível reprodução completa da realidade e uma simplificação excessiva que venha a prejudicar a aplicabilidade, na prática, das respostas obtidas com o experimento do modelo”*. (2002 apud. SOUZA, 2004, p. 54).

6.3 DIRETRIZES GERAIS PARA UM MODELO DE ANÁLISE DE RISCO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

De acordo com ANDRADE (2000 apud. SOUZA, 2004) o primeiro passo para o desenvolvimento do modelo é identificar as variáveis do problema. O segundo passo é definir as relações entre as variáveis escolhidas e verificar as condições e restrições do sistema a fim de permitir que a estruturação do modelo represente o mais fidedignamente o mundo real.

Conforme descrito no Capítulo 4, o objetivo desta tese é propor e aplicar um modelo de avaliação de risco especificamente em um projeto de construção e montagem, a fim de analisar os riscos na estimativa do custo desse empreendimento do ponto de vista da contratada.

Segundo KERZNER (2011), o custo estimado corresponde ao custo que a contratada terá em condições normais de desempenho e servirá como base para medir o custo real da obra.

O custo real da obra corresponde ao somatório dos custos das seguintes fases do ciclo de vida do projeto⁷: projeto de engenharia (básico e detalhado); suprimentos; construção e montagem; comissionamento.

Da mesma forma, a análise de risco leva em conta o ciclo de vida do projeto, sendo que, no início do projeto o risco é alto devido à incerteza em relação ao futuro deste, mas à medida que as fases vão sendo desenvolvidas e concluídas o risco vai diminuindo até a finalização total do projeto, em contra partida os custos são inversamente proporcionais, ou seja, no início o custo é baixo e vai aumentando a medida do andamento da obra até a sua conclusão final. (KERZNER, 2011).

Assim sendo, a análise de risco da estimativa do custo do projeto de construção e montagem sob o ponto de vista da contratada pode ser analisado de duas formas:

⁷ Nota da autora: Para fins de padronização do entendimento a palavra projeto significa empreendimento. No caso da fase do “*design*” significa a fase do projeto de engenharia (básico e detalhado).

A primeira forma é utilizando o conceito de utilidade, ou seja, depende das circunstâncias de quem está fazendo a estimativa de custo, que de acordo com o conceito de utilidade não necessariamente corresponderá ao melhor valor do projeto, mas sim ao grau de satisfação em se obter um determinado resultado por parte de quem fez esta estimativa do custo. Assim sendo, o risco neste caso pode ser analisado em relação ao ganho pretendido ou grau de satisfação no estabelecimento de determinado objetivo, ou seja:

“Risco do Custo do Projeto para a contratada corresponde à probabilidade do Custo Real ser maior do Custo Estimado da Obra”. Entretanto, se um dos objetivos for a verificação do risco em relação ao valor do lucro mínimo estimado no projeto não ser atingido, isso não significa necessariamente que: caso o lucro seja inferior a margem estabelecida pela contratada, seja prejuízo, mas sim que o valor do lucro final do projeto foi menor do que valor do lucro que para ela seria considerado satisfatório.

Neste caso a utilidade estabelecida é em relação à margem de lucro do projeto. Se por exemplo, a contratante estimou o custo do projeto em R\$ 1 milhão, e previu um lucro de R\$ 200.000,00 e este foi de R\$ 150.000,00, isto significa que o empreendimento deu lucro, entretanto, não atingiu o grau de satisfação estabelecido pela contratante.

Num segundo momento avaliar o risco em relação à perda, ou seja:

“Risco do Custo do Projeto para a contratada corresponde à probabilidade do Custo Real ser maior do Custo Estimado da Obra”

Neste trabalho será utilizado o segundo conceito que é analisar o risco sob o ponto de vista da perda. Deste modo, segue a função risco representada abaixo:

$$RCP = f(RE + RI) \tag{6.1}$$

Onde:

RCP - Risco do Custo do Projeto;

RE - Riscos Externos

RI – Risco Interno

6.4 FATORES DE RISCO NAS FASES DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

De acordo com ALENCAR & SCHIMITZ (2009, p.18) o fator de risco é definido como: *“qualquer evento que possa prejudicar, total ou parcialmente, as chances do projeto, isto é, as chances do projeto realizar o que foi proposto dentro do prazo e fluxo de caixa que foram estabelecidos”*.

Deste modo, com base nos resultados obtidos na FASE 01 no levantamento e análise das referências bibliográficas, dos documentos e do estudo de caso, serão listados os fatores de risco mais comuns observados em cada uma das fases de um projeto de construção e montagem.

O objetivo é verificar a origem ou responsabilidade, e onde estes fatores podem impactar de forma contrária aos objetivos estabelecidos no projeto em relação ao custo, à produtividade, ao prazo, à qualidade e aos aspectos técnicos, sendo que, de acordo com sua natureza, diferenciá-los em eventos de riscos internos e externos.

A partir do momento em que os fatores de risco estiverem mapeados em cada uma das fases do projeto com os respectivos impactos distinguidos, eles servirão como uma referência de apoio na tomada de decisão em relação às ações de prevenção do risco, inclusive servirá também, como base na elaboração de cláusulas contratuais conforme o tipo de contrato acordado entre as partes. Por outro lado, auxiliarão na construção das séries históricas para a análise dados.

Da mesma forma, deve-se demonstrar que para cada modalidade contratual estabelecida os eventos de risco terão impacto, responsabilidade e classificação diferentes, ou seja, conforme o tipo de contrato e o arranjo estabelecido entre as partes, o que em um tipo de contrato pode ser classificado como um evento de risco interno para a contratada, em outra modalidade contratual poderá ser considerado como externo, por exemplo: se a contratante está responsável pelo suprimento da obra e ocorre um atraso na entrega de material será um risco interno para ela e poderá impactar no prazo e custo do projeto, entretanto, para a contratada este risco será externo, pois ela não terá controle sob o recebimento de materiais, porém este atraso poderá impactar na sua produtividade e no prazo. Igualmente, irá também

impactar no custo para a contratada, entretanto, uma vez que a responsabilidade sob o controle de entrega de materiais é da contratante (evento de risco interno), a contratada poderá pleitear estes custos adicionais, considerando este evento de risco (externo para ela) na elaboração das cláusulas contratuais.

A seguir serão detalhados os fatores de risco (internos e externos) verificados nos projetos de um modo geral, considerando as seguintes fases de um projeto de construção e montagem: projeto básico de engenharia; projeto detalhado de engenharia; suprimento; construção e montagem; e comissionamento, de acordo com resultados obtidos na FASE 01. Neste detalhamento são considerados: os resultados do levantamento do referencial teórico, da análise documental e dos dados de campo.

6.4.1 Fatores de risco da fase do projeto básico de engenharia

Os fatores de risco da fase do projeto básico de engenharia correspondem aos eventos que podem impactar o custo, a produtividade, o prazo, a qualidade e os aspectos técnicos de forma contrária aos objetivos estabelecidos e são classificados em eventos de riscos internos e externos.

A definição de projeto básico de engenharia está descrita no Capítulo 3. Assim sendo, a seguir são apresentados de um modo geral no Quadro 6.1 alguns eventos de risco na fase do projeto básico de engenharia e a dimensão afetada, ou seja, o impacto causado.

Eventos de Risco do Projeto Básico de Engenharia		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
1	Falha no estudo de viabilidade	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
2	Persuasão do menor preço (licitação competitiva)	Custo, Prazo
3	Falta de planejamento da equipe de projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
4	Falha de detalhamento do planejamento do projeto básico	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
5	Falha na aprovação de regras ou regulamentos da construção, dentro do prazo programado.	Prazo, Custo
6	Objetivos e metas do projeto básico estão obscuros	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
7	Prazo reduzido na definição dos objetivos e metas do projeto	Prazo, Qualidade, Técnico
8	Os objetivos do projeto não estão suficientemente bem documentados ou não foram bem pré detalhados.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
9	Os objetivos do projeto básico/ pré detalhamento não estão quantificados adequadamente.	Prazo, Custo, Produtividade
10	Falha de gerenciamento	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
11	Falha na estrutura do projeto e na especificação em relação ao tempo de construção do projeto	Prazo, Custo
12	Conflito de Documentos	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
13	Planejamento inadequado do cronograma de entrega de documentos	Prazo, Custo, Produtividade
14	Atraso da equipe na entrega do projeto básico	Prazo, Custo, Produtividade

Quadro 6.1: Eventos de Risco do Projeto de Básico de Engenharia.
Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Eventos de Risco do Projeto Básico de Engenharia (continuação)		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
15	Falha na elaboração de plantas	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
16	Alteração ou ampliação do escopo do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
17	Erro no escopo do projeto (ausência de um plano de gerenciamento do escopo do projeto)/ falha na elaboração do projeto/ especificações deficientes do projeto básico/ detalhado	Prazo, Custo, Produtividade
18	Falha da coordenação da equipe	Prazo, Custo, Produtividade
19	Perda de profissionais qualificados	Prazo, Custo, Produtividade
20	Mudanças da equipe de trabalho	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
21	Número insuficiente de profissionais na equipe.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
22	Habilidade de gerenciamento fraca	Prazo, Custo, Produtividade
23	Falta de comunicação da equipe	Produtividade
24	Baixo desempenho	Produtividade
25	Falha de equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
26	Roubo de materiais e equipamentos	Custo
27	Informações entre a equipe conflitantes e inexatas	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
28	Recursos indisponíveis	Prazo, Produtividade
29	Introdução de novas tecnologias (novos sistemas operacionais, softwares, dentre outros).	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
30	Falha no orçamento	Prazo, Custo, Produtividade
31	Ausência de um plano para respostas emergenciais do projeto básico	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
32	Arranjo Contratual (responsabilidade das partes)	Prazo, Custo, Produtividade
33	Intervenção imprópria do cliente	Prazo, Custo, Produtividade
34	Inflação	Custo
35	Instabilidade política e econômica	Prazo, Custo, Produtividade
36	Ações Legais	Prazo, Custo, Produtividade

Quadro 6.1: Eventos de Risco do Projeto de Básico de Engenharia.
Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

6.4.2 Fatores de risco da fase do projeto detalhado de engenharia

Os fatores de risco da fase do projeto detalhado de engenharia correspondem aos eventos que podem impactar o custo, a produtividade, o prazo, a qualidade e os aspectos técnicos de forma contrária aos objetivos estabelecidos e são classificados em eventos de riscos internos e externos.

A definição de projeto detalhado de engenharia está descrita no Capítulo 3. Assim sendo, a seguir são apresentados de um modo geral no Quadro 6.2 alguns eventos de risco na fase do projeto detalhado de engenharia e a dimensão afetada, ou seja, o impacto causado.

Eventos de Risco do Projeto Detalhado de Engenharia		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
1	Falha no planejamento do projeto detalhado	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
2	Falha na criação da Estrutura Analítica do Projeto	Prazo, Custo, Produtividade
3	Falta de planejamento da equipe de projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
4	Cronograma Físico financeiro mal definido ou excessivamente otimista	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
5	Falha na aprovação de regras ou regulamentos da construção, dentro do prazo programado.	Prazo, Custo
6	Objetivos e metas do projeto detalhado estão obscuros	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
7	Prazo reduzido na definição dos objetivos e metas do projeto detalhado	Prazo, Qualidade, Técnico
8	Os objetivos do projeto detalhado não estão suficientemente bem documentados ou não foram bem pré detalhados.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
9	Os objetivos do projeto detalhado não estão quantificados adequadamente.	Prazo, Custo, Produtividade
10	Falha de gerenciamento do projeto detalhado	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
11	Falha na estrutura do projeto e na especificação em relação ao tempo de construção do projeto	Prazo, Custo
12	Conflito de Documentos	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
13	Planejamento inadequado do cronograma de entrega de documentos	Prazo, Custo, Produtividade
14	Atraso da equipe na entrega do projeto detalhado	Prazo, Custo, Produtividade
15	Falha na elaboração de plantas do projeto detalhado	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
16	Alteração ou ampliação do escopo do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
17	Erro no escopo do projeto (ausência de um plano de gerenciamento do escopo do projeto)/ falha na elaboração do projeto/ especificações deficientes do projeto básico/ detalhado	Prazo, Custo, Produtividade
18	Erro do projeto básico e/ ou pré detalhamento	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico

Quadro 6.2: Eventos de Risco do Projeto de Detalhado de Engenharia.
Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Eventos de Risco do Projeto Detalhado de Engenharia (continuação)		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
19	Atraso na entrega do projeto básico e/ ou	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
20	Falha da coordenação da equipe	Prazo, Custo, Produtividade
21	Mudanças da equipe de trabalho	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
22	Perda de profissionais qualificados	Prazo, Custo, Produtividade
23	Número insuficiente de profissionais na equipe.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
24	Habilidade de gerenciamento fraca	Prazo, Custo, Produtividade
25	Falta de comunicação da equipe	Produtividade
26	Baixo desempenho	Produtividade
27	Falha de equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
28	Roubo de materiais e equipamentos	Custo
29	Informações entre a equipe conflitantes e inexatas	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
30	Recursos indisponíveis	Prazo, Produtividade
31	Introdução de novas tecnologias (novos sistemas operacionais, softwares, dentre outros).	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
32	Falha no orçamento	Prazo, Custo, Produtividade
33	Ausência de um plano para respostas emergenciais do projeto básico	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
34	Arranjo Contratual (responsabilidade das partes)	Prazo, Custo, Produtividade
35	Intervenção imprópria do cliente	Prazo, Custo, Produtividade
36	Inflação	Custo
37	Instabilidade política e econômica	Prazo, Custo, Produtividade
38	Ações Legais	Prazo, Custo, Produtividade

Quadro 6.2: Eventos de Risco do Projeto de Detalhado de Engenharia.
Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

6.4.3 Fatores de risco da fase de suprimento

Os fatores externos da fase de suprimento correspondem aos eventos que podem impactar o custo, a produtividade, o prazo, a qualidade e os aspectos técnicos de forma contrária aos objetivos estabelecidos e são classificados em eventos de riscos internos e externos.

Da mesma forma que a fase anterior, a definição de suprimento está descrita de forma detalhada no Capítulo 3.

A seguir são apresentados de um modo geral no Quadro 6.3 alguns eventos de risco na fase do suprimento e a dimensão afetada, ou seja, o impacto causado.

Eventos de Risco da Fase de Suprimento		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
1	Falha no planejamento da obra	Prazo, Custo, Produtividade
2	Falha de planejamento do escopo do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
3	Falha de planejamento do prazo do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
4	Falha de gerenciamento da obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
5	Falha de coordenação da equipe de gerenciamento da obra	Prazo, Custo, Produtividade
6	Perda de funcionários qualificados	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
7	Falha de planejamento das compras e aquisições do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
8	Planejamento inadequado do cronograma de entrega de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
9	Erro de obras civis	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
10	Localização da obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
11	Atraso na entrega do materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
12	Atrasos de repasse financeiro	Prazo, Custo, Produtividade
13	Espaço físico inadequado para o recebimento e deslocamento e armazenamento de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
14	Falha na previsão de espaço físico para estocagem de materiais	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
15	Condições inadequadas para circulação de materiais/ equipamentos e veículos automotores	Prazo, Produtividade, Técnico, Qualidade
16	Planejamento inadequado da logística de movimentação de materiais e equipamentos (plano rigg)	Prazo, Produtividade, Técnico, Qualidade
17	Falta ou falha da infraestrutura do canteiro de obras	Prazo, Custo, Produtividade
18	Falta de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
19	Alta no preço dos materiais/ equipamentos	Custo
20	Falha no controle de recebimento de materiais e equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
21	Falha na estocagem de materiais	Prazo, Custo, Produtividade
22	Falha de equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
23	Falha de inspeção de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
24	Falha de preservação de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
25	Informações conflitantes, inexatas, inadequadas entre a equipe de gerenciamento da obra	Prazo, Produtividade, Técnico, Qualidade
26	Falha de gerenciamento das aquisições do projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
27	Falha de gerenciamento dos recursos humanos do suprimento	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
28	Falha do planejamento das contratações	Prazo, Custo, Produtividade
29	Falha na contratação e mobilização da equipe do empreendimento	Prazo, Custo, Produtividade
30	Má administração dos contratos	Prazo, Custo, Produtividade
31	Falha da coordenação da equipe (má definição dos papéis e responsabilidades)	Prazo, Custo, Produtividade
32	Perda de funcionários qualificados	Custo, Qualidade, Técnico

Quadro 6.3: Eventos de Risco da Fase de Suprimento.

Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Eventos de Risco da Fase de Suprimento (continuação)		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
33	Níveis diferentes de qualificação local versus externa	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
34	Baixa produtividade	Prazo, Custo, Produtividade
35	Falha no controle e desenvolvimento do cronograma	Custo
36	Alteração/mudança do cronograma devido a alterações/mudanças de projeto	Prazo, Custo, Produtividade
37	Falha na definição e sequenciamento das atividades/ estimativa de duração das atividades	Prazo, Custo, Produtividade
38	Trabalho realizado por subcontratação não concluído dentro do prazo estabelecido.	Prazo, Custo, Produtividade
39	Planejamento inadequado de mobilização/desmobilização de recursos (bens e serviços)	Prazo, Custo, Produtividade
40	Demora no processo de aprovação das atividades	Custo
41	Falha na estimativa de custo do empreendimento	Custo
42	Falha na estimativa de recursos por atividade (Estrutura Analítica dos recursos)	Prazo, Custo, Produtividade
43	Soluções da obra fora do padrão, dos regulamentos de garantia da qualidade, inspeções e dos critérios de aceitação do cliente (não conformidades)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
44	Falha na seleção dos Fornecedores (qualificação técnica e comercial)	Prazo, Custo, Produtividade
45	Aquisição de fonte única de fornecedor	Prazo, Custo, Produtividade
46	Falha para julgar e equalizar as propostas dos fornecedores.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
47	Solicitação das respostas dos fornecedores (retorno demorado)	Prazo, Custo, Produtividade
48	Erros de contrato e acordos junto aos fornecedores	Prazo, Custo, Produtividade
49	Falha no monitoramento, controle e encerramento (administração dos contratos)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
50	Problemas com a Importação de materiais/equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
51	Análise tributária: crédito, débito, isenção e diferenças de impostos	Prazo, Custo, Produtividade
52	Roubo de materiais e equipamentos	Custo
53	Corrupção e suborno (favorecimento de fornecedores)	Custo

Quadro 6.3: Eventos de Risco da Fase de Suprimento.

Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Eventos de Risco da Fase de Suprimento (continuação)		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
54	Blecaute de energia	Prazo, Custo, Produtividade
55	Acidentes	Prazo, Custo, Produtividade
56	Ações Legais	Prazo, Custo, Produtividade
57	Arranjo Contratual (responsabilidade das partes)	Prazo, Custo, Produtividade
58	Reivindicações de Aditivos Contratuais	Prazo, Custo, Produtividade
59	Greve de trabalhadores	Prazo, Custo, Produtividade
60	Greve da Receita Federal	Prazo, Custo, Produtividade
61	Condições climáticas adversas	Prazo, Custo, Produtividade
62	Inflação	Custo
63	alta do dólar	Custo
64	Intervenção imprópria do cliente	Prazo, Custo, Produtividade
65	Instabilidade política e econômica	Prazo, Custo, Produtividade

Quadro 6.3: Eventos de Risco da Fase de Suprimento.

Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Conforme mencionado inicialmente os fatores de risco levantados em cada uma das fases do projeto são resultados obtidos na FASE 01 através da análise bibliográfica, documental e do estudo de caso. Assim sendo, será descrito a seguir o exemplo real, de alguns dos eventos de risco citados na fase de suprimento ocorrido na obra da Bahia Sul Celulose S/A, realizada em 1992. Em um dos relatórios elaborados pela contratada em relação as não conformidades ocorridas na montagem mecânica durante a implantação desta obra, constatou-se que: 18,10% da fase do projeto apresentou problema de não conformidade, ou seja, estava fora dos padrões de qualidade estabelecidos contratualmente pelas partes. Em relação às obras civis este percentual de erros foi de 6,27%. Na fase de suprimento entre recebimento e armazenagem houve respectivamente um percentual de 29,73% e 2.18%. No caso específico do recebimento o grande problema ocorreu em relação ao transporte dos materiais que chegavam avariados devido à localização da obra. Esta obra foi realizada no Sul da Bahia e os principais fornecedores estavam localizados na região sul e sudeste que distavam em média mil quilômetros para transportar os componentes da fábrica. Este se constituiu em um fator de risco que acabou tendo um impacto significativo na obra. (SANTOS & FERREIRA, et. al., 1992).

6.4.4 Fatores de risco da fase de construção e montagem

Os fatores externos da fase de construção e montagem correspondem aos eventos que podem impactar o custo, a produtividade, o prazo, a qualidade e os

aspectos técnicos de forma contrária aos objetivos estabelecidos e são classificados em riscos internos e externos. A definição de construção e montagem está descrita de forma detalhada no Capítulo 3. Assim sendo, a seguir são apresentados de um modo geral no Quadro 6.4 alguns eventos de risco na fase de construção e montagem e a dimensão afetada, ou seja, o impacto causado.

Eventos de Risco da Fase de Construção e Montagem		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
1	Falha do planejamento e na gestão de projeto de execução	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
2	Falha de Gerenciamento com atraso ao atendimento das demandas da obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
3	Falha no setor de aquisições e compras do projeto (suprimento)	Prazo, Custo, Produtividade
4	Erro de detalhamento do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
5	Erro no cronograma do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
6	Falta de controle do cronograma físico financeiro do projeto (planejado x realizado)	Prazo, Custo, Produtividade
7	Falha na definição e sequenciamento das atividades/ estimativa da duração da atividade	Prazo, Custo, Produtividade
8	Alteração ou aumento no escopo do projeto	Prazo, Custo, Produtividade
9	Introdução de novas tecnologias	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
10	Falha no gerenciamento da equipe da obra (má definição dos papéis e responsabilidades)	Prazo, Custo, Produtividade
11	Falha no dimensionamento da equipe do projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
12	Planejamento inadequado de mobilização/ desmobilização de recursos (bens e serviços)	Prazo, Custo, Produtividade
13	Falha no içamento das peças (plano <i>rigging</i>)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
14	Perda de funcionários qualificados	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
15	Conflito de projetos e informações na obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
16	Planejamento inadequado do cronograma de entrega de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
17	Planejamento inadequado do recebimento, armazenamento, rastreabilidade e entrega de materiais na obra	Prazo, Custo, Produtividade
18	Perda significativa de tempo na obra (ociosidade)	Prazo, Custo, Produtividade
19	Atraso na entrega do projeto de execução	Prazo, Custo, Produtividade
20	Registros do projeto deficientes no decorrer da obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
21	Medição errada do andamento da obra	Prazo, Custo, Produtividade
22	Atraso na entrega do materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
23	Equipamentos (não disponível, em manutenção e reparo, ociosos, ou sem condição de uso)	Prazo, Custo, Produtividade
24	Erro de Projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
25	Erros na construção civil	Prazo, Custo, Produtividade

Quadro 6.4: Eventos de Risco da Fase de Construção e Montagem.
Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Eventos de Risco da Fase de Construção e Montagem (continuação)		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
26	Falta de equipamento de proteção individual	Custo, Qualidade
27	Falta de equipamento de proteção coletiva	Custo, Qualidade
28	Custos adicionais com mão de obra/ aluguel de equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
29	Baixa produtividade de mão de obra	Prazo, Custo, Produtividade
30	Falha na construção e montagem (Retrabalho)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
31	Alta rotatividade da mão de obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
32	Informações conflitantes entre a equipe da obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
33	Roubo de materiais e equipamentos	Custo
34	Corrupção e suborno	Custo
35	Falta de materiais/ equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
36	Alta do preços de equipamentos/ materiais	Custo
37	Espaço físico inadequado para o recebimento, deslocamento e armazenamento de materiais/ equipamentos/ circulação de veículos automotores	Prazo, Custo, Produtividade
38	Requisitos de qualidade (não conformidade)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
39	Localização da obra	Prazo, Custo, Produtividade
40	Falhas ou falta de Infraestrutura do canteiro de obras	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
41	Condições de trabalho deficientes (operações manuais e automáticas)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
42	Falha de equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
43	Planejamento inadequado da logística de movimentação de materiais e equipamentos	Prazo, Custo, Produtividade
44	Planejamento inadequado de mobilização/ desmobilização de recursos (bens e serviços)	Prazo, Custo, Produtividade
45	Blecaute de energia	Prazo, Custo, Produtividade
46	Ociosidade (por motivos de racionamento/ controle nacional de energia)	Prazo, Custo, Produtividade
47	Acidentes	Prazo, Custo, Produtividade
48	Ações Legais	Prazo, Custo, Produtividade
49	Arranjo Contratual (responsabilidade das partes)	Prazo, Custo, Produtividade
50	Reivindicações de Aditivos Contratuais	Prazo, Custo, Produtividade
51	Embargo da Obra	Prazo, Custo, Produtividade
52	Greve dos trabalhadores	Prazo, Custo, Produtividade
53	Questões Ambientais	Prazo, Custo, Produtividade
54	Condições climáticas	Prazo, Custo, Produtividade
55	Inflação	Custo
56	alta do dólar	Custo
57	Intervenção imprópria do cliente	Produtividade
58	Instabilidade política e econômica	Prazo, Custo

Quadro 6.4: Eventos de Risco da Fase de Construção e Montagem.
Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Continuando com o exemplo real, de alguns dos eventos de risco ocorrido na obra da Bahia Sul Celulose S/A, no caso da fase de construção e montagem o percentual de não conformidades chegou a 43,45% que ocorreu devido a problemas

na fase de projeto e fabricação que provocou uma queda da produtividade, por provocar o retrabalho ou serviços adicionais. Assim como a alta rotatividade da mão de obra nos períodos de pico na obra em torno de 12,6 % ao mês que igualmente acabou interferindo de maneira negativa na produtividade e conseqüentemente prazo da obra. (SANTOS & FERREIRA, et. al.,1992).

Outro exemplo real foram os fatores de risco levantados no estudo de caso, sendo citados alguns deles a seguir:

- Ações da contratante com o aumento do escopo do projeto e que teve impacto na produtividade e prazo para a contratada;
- Atraso na entrega do projeto de execução sob-responsabilidade da contratante e que teve impacto na produtividade e prazo para a contratada;
- Equipamentos sob-responsabilidade da contratada (em reparo e manutenção, ociosos, sem condição de uso) com impacto no custo, prazo e produtividade;
- Ações legais com o embargo da obra pelo Ministério do Trabalho devido ao não cumprimento da NR-18 por parte das subcontratadas, ocasionando impacto no custo, prazo e produtividade.

6.4.5 Fatores de risco da fase de comissionamento

Os fatores externos da fase de comissionamento correspondem aos eventos que podem impactar o custo, a produtividade, o prazo, a qualidade e os aspectos técnicos de forma contrária aos objetivos estabelecidos e são classificados em riscos internos e externos.

Igualmente a fase anterior, a definição de comissionamento está descrita de forma detalhada no Capítulo 3.

A seguir são apresentados de um modo geral no Quadro 6.5 alguns eventos de risco na fase de comissionamento e a dimensão afetada, ou seja, o impacto causado.

Eventos de Risco da Fase de Comissionamento		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
1	Falha de planejamento da obra	Produtividade, Custo, Prazo
2	Falha no gerenciamento da equipe	Produtividade, Custo, Prazo
3	Perda de funcionários qualificados	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
4	Planejamento inadequado do cronograma de entrega de materiais/ equipamentos (testes de instalação e operação)	Produtividade, Custo, Prazo
5	Perda de informações desde o projeto até a operação	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
6	Erros de Projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
7	Erros das obras de engenharia civil	Produtividade, Custo, Prazo
8	Alterações/mudanças de projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
9	Complexidade da obra	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
10	Problemas em relação a tecnologia estabelecida	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
11	Falha da coordenação da equipe (má definição dos papéis e responsabilidades)	Produtividade, Custo, Prazo
12	Falta de sincronia entre os profissionais que forneceram as instalações e os profissionais que instalaram.	Produtividade, Custo, Prazo
13	Maior gasto de tempo com as não conformidades das instalações/ equipamentos.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
14	Mau desempenho das instalações/ equipamentos.	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
15	Níveis diferentes de qualificação local versus externa	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
16	Contratação do fornecimento de instalações/ equipamento junto com a equipe de testes, ajustes e balanceamento (TAB)	Produtividade, Custo, Prazo
17	Automação incompleta quando comparada à concepção do projeto	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
18	Erros de instalação e montagem (retrabalho)	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
19	Falha na definição e sequenciamento das atividades/ estimativa da duração da atividade	Produtividade, Custo, Prazo
20	Planejamento inadequado de mobilização/desmobilização de recursos (bens e serviços)	Produtividade, Custo, Prazo
21	Falha dos serviços complementares de assistência técnica	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
22	Soluções da obra fora do padrão, dos regulamentos de garantia da qualidade, inspeções e dos critérios de aceitação do cliente	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
23	Perda significativa de tempo	Produtividade, Custo, Prazo
24	Custos adicionais com mão de obra	Custo
25	Atrasos nos repasses financeiros	Produtividade, Custo, Prazo
26	Baixa produtividade de mão de obra	Produtividade, Custo, Prazo

Quadro 6.5: Eventos de Risco da Fase de Comissionamento.

Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

Eventos de Risco da Fase de Comissionamento (continuação)		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
27	Conflito de Documentos com informações insuficientes para os operadores	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
28	Corrupção e suborno	Custo
29	Falta de treinamento da equipe de operação	Produtividade, Custo, Prazo
30	Falha na construção e montagem (Retrabalho)	Produtividade, Custo, Prazo
31	Falha de equipamentos	Produtividade, Custo, Prazo
32	Falha na instalação	Prazo, Custo, Produtividade, Qualidade, Técnico
33	Falha das paradas de manutenção	Prazo, Custo, Produtividade
34	Ociosidade (por motivos de racionamento/ controle nacional de energia.	Prazo, Custo, Produtividade
35	Blecaute de energia	Prazo, Custo, Produtividade
36	Custo da energia (mercado)	Custo
37	Acidentes	Prazo, Custo, Produtividade
38	Ações Legais	Prazo, Custo, Produtividade
39	Arranjo Contratual (responsabilidade das partes)	Prazo, Custo, Produtividade
40	Reivindicações de Aditivos Contratuais	Prazo, Custo, Produtividade
41	Questões ambientais	Prazo, Custo, Produtividade
42	Greve	Prazo, Custo, Produtividade
43	Condições climáticas	Prazo, Custo, Produtividade
44	Inflação	Custo
45	alta do dólar	Custo
46	Intervenção imprópria do cliente	Prazo, Custo, Produtividade
47	Instabilidade política e econômica	Prazo, Custo

Quadro 6.5: Eventos de Risco da Fase de Comissionamento.

Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

6.4.6 Fatores de risco externos gerais do projeto de construção e montagem

A seguir é apresentado no Quadro 6.6 um resumo geral dos fatores de risco externos considerados para todas as fases de um projeto de construção e montagem.

Resumo Geral dos Eventos de Risco Externos do Projeto de Construção e Montagem		
ID	Evento	Impacto (dimensão Afetada)
1	Ações trabalhistas	Custo
2	Ações Judiciais (Embargo da Obra)	Custo
3	Atraso na Licença e/ou legalização da Obra	Prazo, Custo, Produtividade
4	Questões ambientais (legislação, legalização, impacto ambiental)	Prazo, Custo, Produtividade
5	Falhas no cumprimento da legislação de segurança do trabalho	Prazo, Custo, Produtividade
6	Acidentes	Prazo, Custo, Produtividade
7	Intervenção imprópria da contratante	Prazo, Custo, Produtividade
8	Arranjo Contratual (responsabilidade das partes)	Prazo, Custo, Produtividade
9	Falhas contratuais com os subempreiteiros	Prazo, Custo, Produtividade
10	Condições climáticas	Prazo, Custo, Produtividade
11	Inflação	Custo
12	Greve dos trabalhadores	Prazo, Custo, Produtividade
13	Sabotagem/ Vandalismo	Prazo, Custo, Produtividade
14	Alta do dólar	Custo
15	Problemas com importação de materiais/equipamentos	Custo, Prazo, Qualidade, Técnico
16	Problemas aduaneiros	Prazo, Custo, Produtividade
17	Impostos extras não previstos	Custo
18	Mudança de moeda	Custo
19	Blecaute de energia	Prazo, Custo, Produtividade
20	Custo da energia (mercado)	Custo
21	Instabilidade política e econômica	Custo
22	Mudança de mercado com alta dos preços e/ou escassez de material, equipamento e mão de obra	Custo

Quadro 6.6: Eventos de Risco Externo Comuns do Projeto de Construção e Montagem.

Fonte: Elaborado pela autora dos dados levantados na pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso, 2013.

6.5 NATUREZA E RESPONSABILIDADE DOS FATORES DE RISCO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

Alguns fatores devem ser considerados para o desenvolvimento do modelo de análise de risco na estimativa de custo de empreendimentos, tais como:

- O foco da análise de risco, ou seja: contratada/ contratante;
- A modalidade contratual;
- As responsabilidades que cabem a cada parte no empreendimento;
- A alocação e identificação das possíveis fontes de riscos externas e internas para a contratada e contratante.

A seguir, serão descritos a natureza e responsabilidade dos fatores de risco considerando os contratos a preço fixo, que são comumente utilizados em projetos de construção e montagem, conforme identificado por FERREIRA (2004), ou seja:

- “*Turnkey*”;
- EPC – “*Engineering, Procurement and Construction*”;
- Contrato a Preço Fixo por Valor Global;
- Contrato a Preço Fixo por Valor Unitário;

Além destes contratos, será analisada a modalidade contratual do Estudo de Caso, que foi estabelecida entre as partes, ou seja, Contrato em Regime de Empreitada Parcial a Preço Fixo por Valor Unitário.

É importante destacar que de acordo com o tipo de contrato e os diferentes arranjos acordados entre contratante e contratada a análise e o impacto do fator de risco é diferente, bem como a sua natureza e responsabilidade, ou seja, o que em um determinado tipo de contrato pode ser considerado como fator interno de risco para a contratante e externo para a contratada, em outra modalidade e arranjo contratual pode ocorrer o inverso. Da mesma forma, para a realização do levantamento de dados históricos, a fim de uma posterior análise da sua probabilidade de ocorrência e/ou impacto que possam causar ao projeto, somente será viável, se forem considerados em projetos de mesma natureza, tipo de contrato iguais, na mesma fase do projeto, com a definição do arranjo contratual e responsabilidade das partes envolvidas também iguais.

6.5.1 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contrato “TURNKEY”

Na Figura 6.1 está representada a responsabilidade da contratante/contratada em cada fase do projeto em relação à construção e montagem de um contrato “*Turnkey*” tradicional.

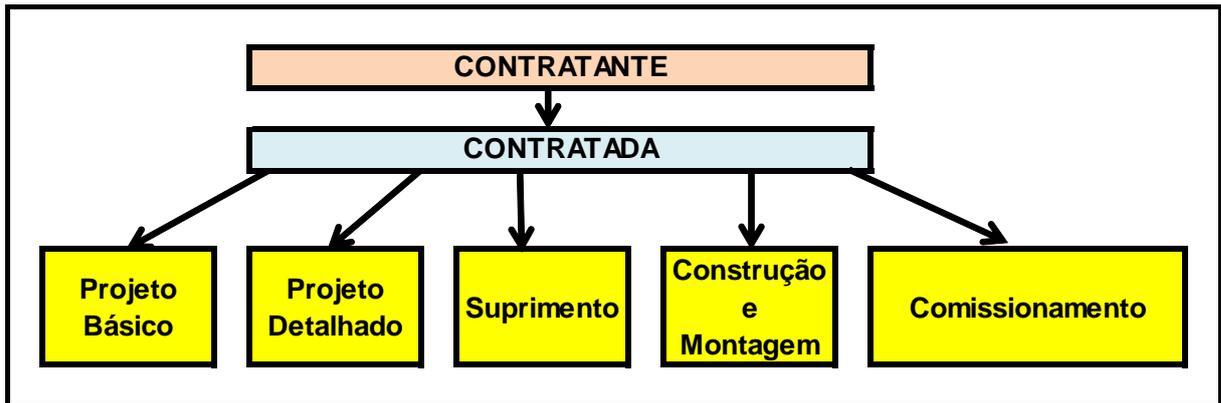


Figura 6.1: Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

Verifica-se na Figura 6.1 que conforme o arranjo contratual estabelecido a contratante delega a responsabilidade de todas as fases do projeto à contratada. Neste caso, todos os eventos de risco que ocorrem nestas fases são considerados de natureza interna para a contratada, à exceção dos riscos externos como, por exemplo: inflação, mercado, dentre outros.

Entretanto, segundo FERREIRA (2001) mesmo sendo um contrato tipo “*Turnkey*”, é comum ser dividida a responsabilidade na fase de suprimento entre contratante e contratada. Deste modo, os riscos mencionados no Quadro 6.2 da fase de suprimento, têm impactos diferentes, como por exemplo: se a aquisição de equipamentos de grande porte for de responsabilidade da contratante, as falhas ou problemas no planejamento das compras e aquisições dos equipamentos/ materiais, no planejamento das contratações de fornecedores, na solicitação de respostas e seleção dos fornecedores, serão considerado eventos de risco interno e acarretarão impacto em relação ao custo, prazo e técnica para contratante. Entretanto, para a contratada estes eventos de risco serão considerados externos uma vez que o controle desta aquisição não está com ela. O impacto para contratada será em relação à produtividade da mão de obra e prazo, porém o custo desta mão de obra parada será arcado pela contratante que absorveu a responsabilidade da aquisição destes equipamentos.

6.5.2 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contrato “EPC”

Na Figura 6.2 está representada a responsabilidade da contratante/contratada em cada fase do projeto num contrato “EPC”.

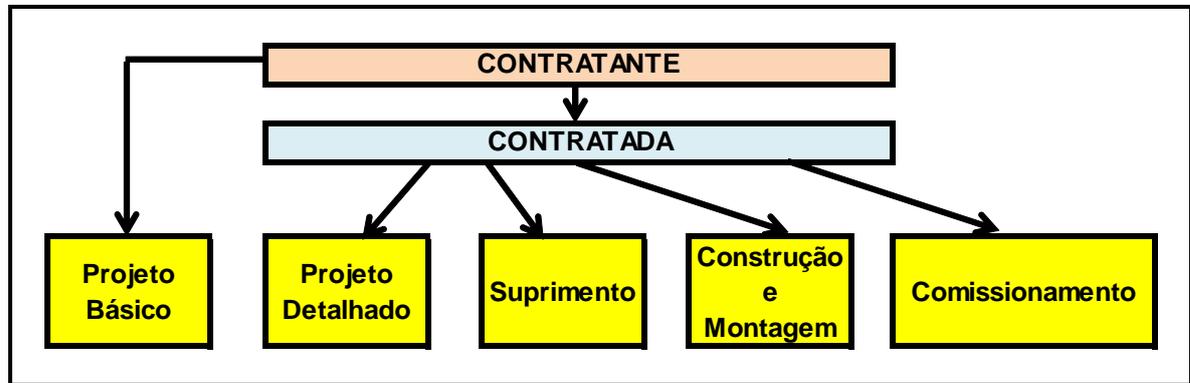


Figura 6.2: Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

Neste caso a contratante se responsabiliza pela fase do projeto básico e a contratada fica responsável por todas as demais fases obra. Diferentemente da modalidade contratual “Turnkey”, todos os eventos de risco na fase do projeto básico que respondem como internos para a contratada, no contrato EPC serão eventos de risco externo e fora do controle da contratada, pois a contratante é a responsável direta pela fase do projeto básico.

É importante ressaltar na fase de suprimento que embora seja de responsabilidade da contratada, em casos especiais pode ser dividida com a contratante, como por exemplo, na aquisição de equipamentos de grande porte. Da mesma forma, verifica-se que a Figura 6.2, não contempla a fase denominada de FEED para este arranjo contratual do exemplo em questão. Conforme mencionado no capítulo 3 o FEED é muito comum nesta modalidade contratual e se constitui em um pré-detalhamento do projeto básico, e geralmente é de responsabilidade da contratada. (FERREIRA, 2001)

A fase de comissionamento embora esteja na figura 6.2 sob responsabilidade da contratada, também pode ser acordado outro arranjo, ou seja, ser de responsabilidade somente da contratante, ou ser dividida entre ambas as partes.

Verifica-se na Figura 6.2 que conforme no arranjo contratual estabelecido, os eventos de risco que ocorrerem nas fases de suprimento, construção e montagem e comissionamento sob-responsabilidade da contratada são de natureza interna enquanto que as demais fases os eventos de risco serão de natureza externa para a contratada.

6.5.3 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contratos a preço fixo (serviço, material e mão de obra) por valor global e por valor unitário

Conforme mencionado no Capítulo 3, segundo FERREIRA (2001) nesta modalidade contratual não cabe a fase de comissionamento. Entretanto, neste tipo de contrato podem ser formulados vários arranjos contratuais conforme demonstrados nas figuras subsequentes.

Na Figura 6.3 está representada a responsabilidade da contratante/contratada em cada fase do projeto.

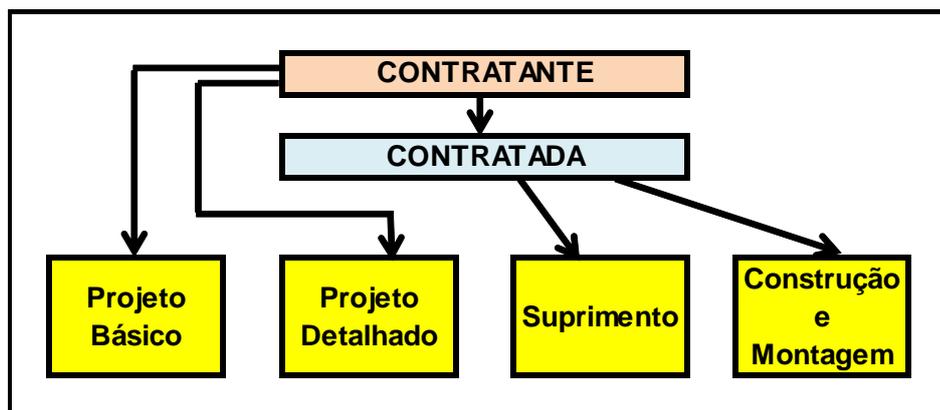


Figura 6.3: Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

De acordo com a estrutura apresentada na Figura 6.3 todos os eventos de riscos das fases do projeto básico e detalhado serão de natureza externa para a contratada uma vez que são de responsabilidade da contratante. Por outro lado, os eventos de riscos incidentes na fase de suprimento e construção e montagem serão de natureza interna para a contratada.

Outro arranjo contratual que pode ser praticado no contrato a Preço fixo é a contratante fornecer o projeto básico, o projeto detalhado. No caso da fase de

suprimento, a responsabilidade está dividida por ambas as partes, e, a fase de construção e montagem está sob responsabilidade da contratada. A Figura 6.4 representa a responsabilidade da contratante/contratada em cada fase do projeto.

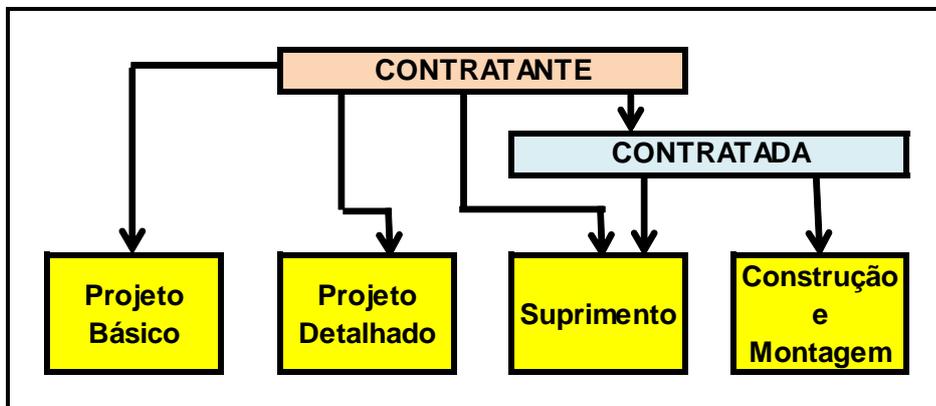


Figura 6.4: Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

Verifica-se na Figura 6.4 que conforme no arranjo contratual estabelecido, os eventos de risco que ocorrerem na fase de construção e montagem sob responsabilidade da contratada são de natureza interna. A fase de suprimento, por ser dividida com a contratada terão eventos que serão de natureza interna e externa. Nas demais fases os eventos de risco serão de natureza externa para a contratada.

Outro exemplo de contrato a preço fixo por valor global ou preço unitário pode ser observado na Figura 6.5 apresentada a seguir:

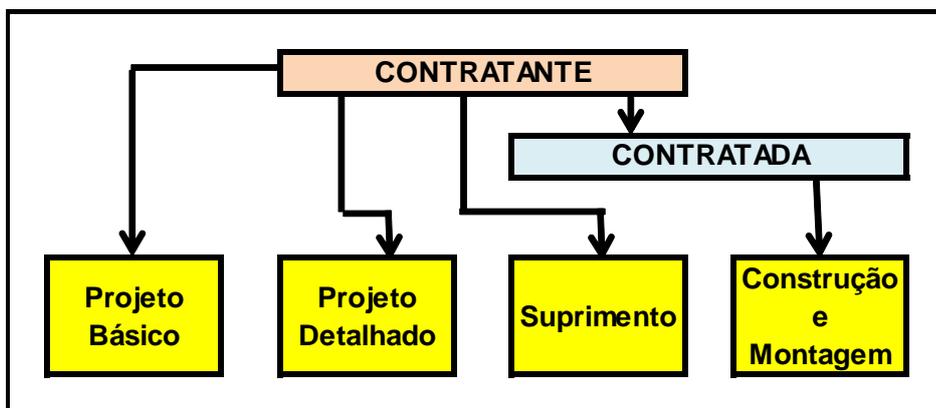


Figura 6.5: Responsabilidade da contratante/contratada em relação à obra de construção e montagem.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

Neste caso a contratada se responsabiliza somente pela fase da construção e montagem da obra, sendo as demais fases de responsabilidade da contratante. Os eventos de risco de natureza interna para a contratada serão aqueles da fase de construção e montagem. Nas demais fases, por serem de responsabilidade da contratante os eventos de risco serão considerados de natureza externa para a contratada.

6.5.4 Natureza e responsabilidade dos fatores de risco em contratos por empreitada parcial (estudo de caso)

Conforme mencionado anteriormente a modalidade contratual estabelecida no Estudo de Caso foi em Regime de Empreitada Parcial a Preço Fixo por Valor Unitário, sendo que a contratada se responsabiliza pelo fornecimento de materiais e montagem das estruturas metálicas, ou seja, somente pela fase de construção e montagem., fornecendo os equipamentos, materiais e mão de obra necessários para a execução desse serviço, e a contratante se responsabiliza pelo fornecimento do projeto de engenharia (básico e detalhado).

Desta forma na Figura 6.6 está representada a responsabilidade da contratante/contratada dentro da fase de construção e montagem.

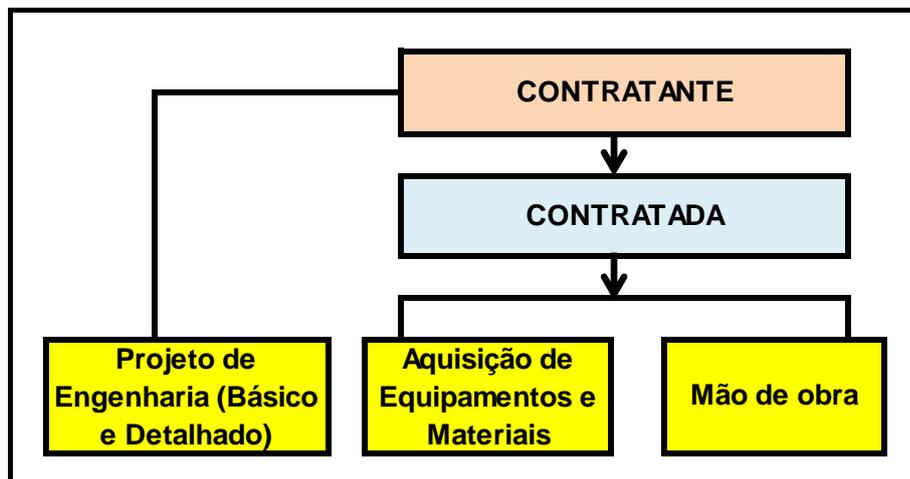


Figura 6.6: Responsabilidade da contratante/contratada em relação à fase de construção e montagem.

Fonte: Elaborado pela autora, 2013.

Fazendo uma analogia, a estrutura da Figura 6.6 é similar a da Figura 6.3, pois todos os eventos de riscos das fases do projeto básico e detalhado serão de natureza externa para a contratada uma vez que são de responsabilidade da

contratante. Por outro lado, os eventos de riscos incidentes na aquisição de equipamentos e materiais (suprimento) e mão de obra (construção e montagem) serão de natureza interna para a contratada, entretanto, é importante ressaltar que no universo total do empreendimento, a contratada é responsável somente para o serviço de construção e montagem das estruturas metálicas.

Os exemplos acima descritos podem ser estendidos aos demais tipos de contrato, porém, irão variar de acordo com o arranjo contratual e responsabilidade acordada entre as partes em cada tipo de contrato.

Após a análise da natureza e responsabilidade dos fatores de risco nos contratos: “Turnkey”, “EPC”, Contrato a preço fixo (serviço, material e mão de obra) por Valor Global ou por Preço Unitário, e Contrato por Empreitada Parcial observa-se que:

- Os fatores de risco podem ser calculados a partir da série histórica se empreendimentos forem iguais, forem identificados nas mesmas fases do projeto (básico, detalhado, suprimento, construção e montagem), que tenham o mesmo tipo de contrato, e com a definição das responsabilidades contratuais que cabem à contratante e contratada;
- Mesmo que os fatores de risco não entrem na equação do cálculo de custo do projeto, muitas vezes por falta de dados para esta análise (conforme descrito no item anterior), são eles que irão auxiliar na determinação do conjunto de dados que podemos adquirir na série histórica, pois mostram onde pode ocorrer o impacto em cada uma das fases do projeto;
- O levantamento dos fatores de risco que impactam o projeto serve como referência para a tomada de decisão em relação às ações de prevenção controle e monitoramento do risco;
- Os fatores de risco podem impactar o projeto de modo diferente em relação ao custo, prazo, produtividade, qualidade e aspectos técnicos, conforme do tipo de contrato e responsabilidade estabelecida entre as partes;

- Os fatores de risco também irão auxiliar na elaboração das cláusulas contratuais em relação às medidas preventivas dos mesmos e no estabelecimento de qual das partes assumirá a responsabilidade por eles.

Os mesmos critérios de análise pontuados acima podem ser estendidos aos demais tipos de contratos.

6.6 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

Serão detalhadas a seguir, as variáveis aleatórias que compõe cada uma das fases de um projeto de construção e montagem em relação ao custo.

Conforme descrito no início deste capítulo está sendo considerado nesta análise, o risco do custo real do projeto ser maior do que o custo estimado do mesmo, ou seja:

$$P(\text{Custo Real}) > (\text{Custo Estimado}) \quad (6.2)$$

Sendo que:

O custo do projeto de construção e montagem pode ser expresso de forma geral do seguinte modo:

Custo Real do Projeto = (Custo do Projeto de Engenharia+ Custo do Suprimento + Custo da Construção e Montagem + Custo de Comissionamento + Custos Extras), ou:

$$CRP = f[(CPE) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.3)$$

CRP = Custo Real do Projeto (R\$);

CPE = Custo do Projeto de Engenharia (R\$);

CS = Custo do Suprimento (R\$);

CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CC = Custo do Comissionamento (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

As parcelas que compõe a equação do modelo geral de custo se constituem em variáveis aleatórias e serão analisados separadamente em cada fase do projeto,

conforme detalhamento dos itens posteriores a seguir Cada uma dessas variáveis irá gerar uma distribuição de probabilidade. O somatório desse conjunto de distribuições resultará na distribuição de probabilidade do custo real do projeto.

Para o cálculo do custo de cada uma das fases do projeto haverá um conjunto de variáveis que englobam estes custos. Por exemplo, para o cálculo do custo do projeto de engenharia, teremos os custos do projeto básico de engenharia e do projeto detalhado de engenharia que por sua vez incorporaram os custos de mão de obra direta, mão de obra indireta e os custos extras. Assim sendo, será detalhada cada uma das parcelas do custo real do empreendimento sendo que alguns conceitos destas variáveis serão definidos mais adiante a fim de auxiliar o entendimento e padronização nos cálculos do custo real do projeto.

6.6.1 Custo da Fase do Projeto de Engenharia

A seguir é apresentada a definição das variáveis que compõe a fase do custo do projeto de engenharia.

MOD – Mão de obra direta. No cálculo do custo da mão de obra direta será considerada a nomenclatura proposta por FERREIRA, MORANO & FREIRE (2010) que especifica o Hh direto do projeto de engenharia como sendo toda equipe que atua no projeto de engenharia básico e detalhado. Assim sendo, a mão de obra direta compreende em: arquitetos, engenheiros, desenhistas, projetistas, calculista, estagiários.

IP – Índice de produtividade para diagnosticar o desempenho da mão de obra direta no projeto de engenharia.

MOI – Mão de obra indireta. Toda a equipe que não atuar no projeto de engenharia básico e detalhado será considerada mão de obra indireta para fins do cálculo do custo e incorpora: pessoal da administração, apoio operacional (*software*), serviços auxiliares, equipe de manutenção.

CE_{PE} – Custos extras do projeto de engenharia. Em relação ao projeto de engenharia os custos extras considerados são: infraestrutura de escritório (água, energia elétrica, gás, telefone, aluguel, dentre outros), legalização do projeto junto aos órgãos pertinentes (municipais, estaduais e/ou federais), materiais de consumo,

aquisição e/ou reposição de equipamentos “*hardware e software*”, manutenção de equipamentos e instalações, materiais de consumo em geral, fundo de reserva, dentre outros.

O custo da fase de projeto de engenharia pode ser expresso do seguinte modo:

CPE = Custo do Projeto de Engenharia = f(Custo do Projeto Básico de Engenharia + Custo do Projeto Detalhado de Engenharia + Custos Extras do Projeto de Engenharia), ou:

$$CPE = f(CPB_E + CPD_E + CE_{PE}) \quad (6.4)$$

Onde:

CPE = Custo do Projeto de Engenharia (R\$);

CPB_E = Custo do Projeto Básico de Engenharia (R\$);

CPD_E = Custo do Projeto Detalhado de Engenharia (R\$);

CE_{PE} = Custo Extra do Projeto de Engenharia (R\$)

Cada item desta equação é uma variável aleatória da função dos fatores internos e externos que impactam no resultado dos mesmos.

Para a variável de custo do projeto básico tem-se:

CPB_E = Custo do Projeto Básico de Engenharia = f (custo da mão de obra direta, índice de produtividade, custo da mão de obra indireta, custo extra do projeto de básico).

Para a variável de custo do projeto detalhado tem-se:

CPD_E = Custo do Projeto Detalhado de Engenharia = f (custo da mão de obra direta, índice de produtividade, custo da mão de obra indireta, custo extra do projeto de detalhado).

Para a variável de custo extra do projeto de engenharia tem-se:

CE_{PE} = Custo Extra do Projeto de Engenharia = f (custo extra do projeto básico, custo extra do projeto detalhado).

Assim sendo, o custo total da mão de obra direta pode ser expresso como:

$$\text{Custo total da MOD} = \text{Custo Hh da MOD (R\$/Hh)} \times \text{Índice de Produtividade (Hh/t)} \times \text{Quantidade total executada (t)} \quad (6.5)$$

Onde:

- Custo Hh da MOD (R\$/Hh) = Custo do homem hora da mão de obra direta da fase de projeto de engenharia é uma variável aleatória independente.

Levantamento dos dados através da série histórica (mercado, dissídio, sindicato, ações trabalhistas, valor gasto de mão de obra direta em projetos similares, dentre outros).

Os custos do Hh da MOD incluem: salário, encargos sociais e custos operacionais.

Os custos operacionais da MOD incluem: transporte, alimentação, EPIs, consumíveis, andaimes, máquinas e ferramentas.

- Índice de Produtividade (Hh/t) = variável aleatória para medição de desempenho da mão de obra direta.

Levantamento dos dados através da série histórica de projetos similares ou com a medição da quantidade direta de homem hora gasta por quantidade de desenhos finais aprovados em tonelada, ou seja:

$$IP = \text{Horas diretas de trabalho da engenharia em estruturas de aço (+ horas de retrabalho}^8) / \text{Quantidade IFC}^9 \text{ (t)} \quad (6.6)$$

⁸ Para fins de entendimento retrabalho será considerado como: *“trabalhos não conformes, de responsabilidade da contratada. Inclui todas as atividades de reparos, reconstrução, correção, restauração, diretamente relacionados aos requisitos da qualidade”*. Diferentemente de refazimento que *“são trabalhos relacionados com mudança de escopo, de responsabilidade da contratante. Inclui todas as atividades de reconstrução, correção, restauração e alterações, diretamente relacionados às mudanças de projeto”*. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p.58).

⁹ *“IFC – Drawing: Issued for Construction drawings”* - Desenhos finais aprovados e fornecidos para construção. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p.56).

A métrica sugerida para o cálculo do índice produtividade do projeto de engenharia foi baseada na proposta do Projeto E&P 27.5. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p.65):

- Quantidade total executada (t) – quantidade real realizada.

O custo total da mão de obra indireta da fase de projeto de engenharia pode ser expresso como:

$$\text{Custo total da MOI} = \text{Custo da MOI (R\$/mês)} \times \text{período de duração da fase do projeto de engenharia (mês)} \quad (6.7)$$

Onde:

- Custo da MOI (R\$/mês) = Custo do homem hora da mão de obra indireta é uma variável aleatória independente.

Levantamento dos dados através da série histórica (mercado, dissídio, sindicato, valor gasto de mão de obra indireta na fase de projetos de engenharia em projetos similares, dentre outros).

Para o cálculo da MOI será considerado o valor médio gasto por mês da equipe total que compõe a mão de obra indireta.

Os custos do Hh da MOI incluem: salário, encargos sociais e custo operacional.

Os custos operacionais da MOI incluem: transporte, alimentação, EPIs, consumíveis, andaimes, máquinas e ferramentas.

- Período de duração do projeto de engenharia (mês).

Levantamento dos dados através da série histórica de projetos similares na fase do projeto de engenharia ou do período real de duração gasto nessa fase.

Os custos extras do projeto de engenharia podem ser expressos como:

$$\text{Custo extra do Projeto de Engenharia} = \text{Custo extra do projeto básico (R\$)} + \text{custo extra do projeto detalhado (R\$)} \quad (6.8)$$

Onde:

- Custos extras do projeto básico (R\$) = Custos referentes à viabilização e infraestrutura necessária para o desenvolvimento do projeto básico.
Levantamento dos dados através da série histórica dos custos extras gastos em projetos similares.
- Custos extras do projeto detalhado (R\$) = Custos referentes à viabilização e infraestrutura necessária para o desenvolvimento do projeto detalhado.
Levantamento dos dados através da série histórica dos custos extras gastos em projetos similares.

Substituindo na equação, o custo para a fase do projeto básico de engenharia corresponde a:

$$CPB = [(CMOD_{PB} \times IP_{PB} \times QT_{EA}) + (CMOI_{PB} \times D_{PB}) + (CE_{PB})] \quad (6.9)$$

Onde:

- CPB = Custo do projeto básico (R\$);
 CMOD_{PB} = Custo da mão de obra direta do projeto básico (R\$/Hh);
 IP_{PB} = Índice de produtividade do projeto básico (Hh/t);
 QT_{EA} = Quantidade total de estrutura aprovada(t);
 CMOI_{PB} = Custo da mão de obra indireta do projeto básico (R\$/mês);
 D_{PB} = Duração do projeto básico (mês);
 CE_{PB} = Custo extra do projeto básico (R\$).

Substituindo na equação o custo para a fase do projeto detalhado de engenharia corresponde a:

$$CPD = [(CMOD_{PD} \times IP_{PD} \times QT_{EA}) + (CMOI_{PD} \times D_{PD}) + (CE_{PD})] \quad (6.10)$$

Onde:

- CPD = Custo do projeto detalhado (R\$);
 CMOD_{PD} = Custo da mão de obra direta do projeto detalhado (R\$/Hh);
 IP_{PD} = Índice de produtividade do projeto detalhado (Hh/t);
 QT_{EA} = Quantidade total de estrutura aprovada (t);
 CMOI_{PD} = Custo da mão de obra indireta do projeto detalhado (R\$/mês);
 D_{PD} = Duração do projeto detalhado (mês);

$CE_{PD} =$ Custo extra do projeto detalhado (R\$).

6.6.2 Custo da Fase de Suprimento

A seguir é apresentada a definição das variáveis que compõe o custo da fase de suprimento.

MOD – Mão de obra direta. A equipe responsável pela fase de suprimento “compreende todo pessoal envolvido no suprimento incluindo os inspetores de recebimento de materiais”. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p. 54)

IP – Índice de produtividade para diagnosticar o desempenho de ordem de compra¹⁰ na fase de suprimento.

MOI – Mão de obra indireta. Todo pessoal envolvido no suporte e gerenciamento do suprimento.

$CE_S =$ Os custos extras do suprimento correspondem a toda infraestrutura necessária para o recebimento, armazenamento, preservação, controle e inspeção dos materiais e equipamentos, fundo de reserva, dentre outros.

O custo da fase de suprimento pode ser expresso do seguinte modo:

$CS =$ Custo do Suprimento = f (Custo da mão de obra direta, índice de produtividade, mão de obra indireta, preço dos equipamentos, preço dos materiais, Custos Extras de suprimento)

O custo total da mão de obra direta pode ser expresso como:

Custo total da MOD = Custo Hh da MOD (R\$/Hh) x Índice de Produtividade (Hh/n^o de ordem de compra) x Quantidade total de ordem de compra (n^o) (6.11)

Onde:

- Custo Hh da MOD (R\$/Hh) = Custo do homem hora da mão de obra direta é uma variável aleatória independente.

¹⁰ Número de Ordem de Compra – Refere-se à quantidade total de ordens de compra emitidas pelo setor de suprimento. (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p. 57).

Levantamento dos dados através da série histórica (mercado, dissídio, sindicato, ações trabalhistas, valor gasto de mão de obra direta em projetos similares, dentre outros).

- Índice de Produtividade (Hh/n^o) = variável aleatória para medição de desempenho de suprimento.

Levantamento dos dados através da série histórica de projetos similares ou com a medição da quantidade horas de trabalho no suprimento pelo número de ordem de compra, ou seja:

$$IP = \frac{\text{Horas de trabalho de suprimento}}{\text{Número de ordem de compra}} \quad (6.12)$$

A métrica sugerida para o cálculo do desempenho da ordem de compra na fase de suprimento teve como base a proposta do Projeto E&P 27.5. (FERREIRA, MORANO & FREIRE. 2010, p.66):

- Quantidade total de ordem de compra (n^o) – quantidade real de ordem de compra realizada.

O custo total da mão de obra indireta da fase de suprimento pode ser expresso como:

$$\text{Custo total da MOI} = \text{Custo da MOI (R\$/mês)} \times \text{período de duração da fase de suprimento (mês)} \quad (6.13)$$

Onde:

- Custo da MOI (R\$/mês) = Custo do homem hora da mão de obra indireta é uma variável aleatória independente.

Levantamento dos dados através da série histórica (mercado, dissídio, sindicato, valor gasto de mão de obra indireta na fase de projetos de engenharia em projetos similares, dentre outros).

Para o cálculo da MOI será considerado o valor médio gasto por mês da equipe total que compõe a mão de obra indireta.

Os custos do Hh da MOI incluem: salário, encargos sociais e custo operacional.

Os custos operacionais da MOI incluem: transporte, alimentação, EPIs.

- Período de duração do projeto de engenharia (mês).
Levantamento dos dados através da série histórica de projetos similares na fase do projeto de engenharia ou do período real de duração gasto nessa fase.
- Preço dos Equipamentos (R\$) valor de mercado ou série histórica.
Para o cálculo do custo total de Equipamentos será considerado o valor de mercado ou série histórica dos gastos em projetos similares.
Como exemplos têm-se: estruturas metálicas, perfis metálicos, caldeiras, bombas, compressores, dentre outros.

O modelo do cálculo de custo nesta fase considera que as aquisições serão pagas pelo setor de suprimento, entretanto, é importante ressaltar que os equipamentos podem ser adquiridos na fase de construção e montagem. Do mesmo modo, a responsabilidade na aquisição dos equipamentos pode ser dividida entre contratante e contratada independentemente da modalidade contratual estabelecida. Isso se deve ao fato de que muitos equipamentos no segmento de construção e montagem industrial são considerados críticos, sendo que, de acordo com COSTA (2012) são classificados em:

Equipamentos críticos para operação, ou seja, são equipamentos essenciais para continuidade operacional da planta ou unidade industrial e pode ser definido como:

Equipamento ou instrumento passível de manutenção, inspeção e/ou calibração cuja falha possa impactar na qualidade dos produtos; ao meio ambiente; na segurança das instalações próprias e/ou de terceiros; na saúde e segurança da força de trabalho e/ou vizinhança; e em perdas de produção. Também são considerados equipamentos e instrumentos críticos os que são citados como sendo obrigatoriamente controlados em legislação (federal, estadual ou municipal), norma técnica citada em legislação ou requisito corporativo (diretrizes; normas internas, padrões, etc.). (COSTA, 2012, p.36).

Equipamentos críticos para o empreendimento, em função do *“prazo de entrega longo; dificuldades de transporte; processo de compra especial; ter importância fundamental para o desempenho da unidade; envolver nova tecnologia, etc”*. (COSTA, 2012, p.36).

- Preço dos Materiais (R\$) valor de mercado ou série histórica.

Para o cálculo do custo total de material de consumo será considerado o valor de mercado ou série histórica dos gastos em projetos similares.

Como exemplo tem-se: lonas, graxas, “*palletes*”, dentre outros.

- Custos extras da fase de suprimento (R\$) = Custos referentes à viabilização e infraestrutura necessária para o recebimento, aluguel de equipamentos, armazenamento, preservação, controle e inspeção dos materiais e equipamentos, fundo de reserva, dentre outros.

Levantamento dos dados através da série histórica dos custos extras gastos em projetos similares, preço de mercado.

Cada item da equação a seguir se constitui em uma variável aleatória independente.

Substituindo na equação o custo da fase de suprimento pode ser expresso do seguinte modo:

$$CS = [(CMOD_S \times IP_S \times QT_{OC}) + (CMOI_S \times D_S) + (PEquip + PMat) + CE_S] \quad (6.14)$$

Onde:

CS = Custo do Suprimento (R\$);

CMOD_S = Custo da mão de obra direta do suprimento (R\$/Hh);

IP_S = Índice de produtividade de suprimento (Hh/nº de ordem de compra);

CMOI_S = Custo da mão de obra indireta de suprimento (R\$/mês);

D_S = Duração da fase de suprimento (mês);

QT_{OC} = Quantidade total de ordem de compra (nº);

PEquip = Preço dos equipamentos (R\$);

PMat = Preço dos materiais (R\$);

CE_S = Custos extras de suprimentos (R\$).

6.6.3 Custo da Fase de Construção e Montagem

A seguir é apresentada a definição das variáveis que compõe o custo da fase de construção e montagem.

MOD – No cálculo do custo da mão de obra direta será considerada a nomenclatura proposta por FERREIRA, MORANO & FREIRE (2010, p.56) que *“especifica como Hh Direto, toda a mão de obra envolvida na realização dos serviços, até o nível de encarregado”*. Assim sendo, a mão de obra direta compreende em: encarregado, soldador, montador, maçariqueiro, lixador, pintor, ajudante.

IP – Índice de produtividade para diagnosticar a produtividade da mão de obra direta na fase de construção e montagem.

MOI – Toda a equipe que não atuar diretamente na construção e montagem será considerada mão de obra indireta para fins do cálculo do custo.

“Entende-se como mão de obra indireta todo Hh de gerenciamento da produção, administração em geral, controle e distribuição de materiais, toda a mão de obra de QSMS (gestão integrada de qualidade, segurança, meio-ambiente e saúde), movimentação e levantamento de cargas, montagem e desmontagem de andaimes e Hh de Gerenciamento e Controle da Qualidade. No caso das empresas de construção e montagem, compreende o nível mais alto a ser considerado, ou seja, o gerente geral da obra.” (FERREIRA, MORANO & FREIRE, 2010, p.57).

M – Materiais:

- Ferramentas necessárias na execução da construção e montagem, tais como: porta eletrodo, estufas, lixadeiras, cabos de solda, talhas titorfor, chaves manuais, conjunto oxiacetileno, dentre outros;
- Consumíveis: eletrodos de solda, eletrodos de grafite, discos de corte e de desbaste, bicos de corte, cilindros de oxigênio, GLP ou acetileno, tintas e solventes, equipamentos de proteção individual, equipamentos de proteção coletiva, dentre outros. (PINHO, 2005).

Equipamentos necessários para o desenvolvimento da obra: estruturas metálicas, perfis metálicos, caldeiras, bombas, compressores, dentre outros.

CE_{CM} – Custos extras de construção e montagem correspondem a toda infraestrutura necessária para a viabilização da construção e montagem das estruturas metálicas, tais como: canteiro de obras (barracões, contêineres, escritório, transformadores, refeitório, alojamento, banheiros e sanitários, ferramentaria, almoxarifado, guarita, cercas, tapumes, dentre outros); manutenção do canteiro de

obras; despesas com mobilização e desmobilização; subempreiteiras; veículos (automóveis, caminhonetes, caminhão carroceria, ambulância, etc.); passagens e despesas com viagens; materiais de expediente; CREA; taxas municipais; exames admissionais, demissionais, periódicos; combustíveis para os veículos, fundo de reserva, dentre outros.

O custo da fase de construção e montagem pode ser expresso do seguinte modo:

CCM = Custo da Construção e Montagem = f (mão de obra direta, índice de produtividade, mão de obra indireta, materiais, equipamentos, custos extras de construção e montagem).

Assim sendo, o custo total da mão de obra direta pode ser expresso como:

Custo total da MOD = Custo Hh da MOD (R\$/Hh) x índice de Produtividade (Hh/t) x Quantidade total instalada (t) (6.15)

Onde:

- Custo Hh da MOD (R\$/Hh) = Custo do homem hora da mão de obra direta é uma variável aleatória independente.

Levantamento dos dados através da série histórica (mercado, dissídio, sindicato, ações trabalhistas, valor gasto de mão de obra direta na fase de construção e montagem em projetos similares, dentre outros).

- Índice de Produtividade (Hh/t) = variável aleatória para medição de desempenho da mão de obra direta.

Levantamento dos dados através da série histórica de projetos similares ou com a medição da quantidade direta de homem hora gasta por quantidade de estrutura instalada em tonelada, ou seja:

IP_{CM} – No levantamento dos quantitativos para o cálculo do índice produtividade geral de construção e montagem foi adotada a métrica proposta no Projeto E&P 27.5 e descrita por FERREIRA, MORANO & FREIRE (2010, p.67).

$IP_{CM} = \text{Total de horas diretas trabalhadas em estruturas de aço (+horas de retrabalho)} / \text{Quantidade instalada (t)}$, ou:

$$IP = \frac{\text{Hh de MOD} + \text{h de retrabalho}}{\text{Quantidade de estrutura instalada (t)}} \quad (6.16)$$

O índice de produtividade de construção e montagem também pode ser medido da seguinte forma:= Total de Hh direto trabalhado na construção e montagem / peso total do empreendimento (t), ou:

$$IP = \frac{\text{Hh total de MOD}}{\text{Peso Total do empreendimento (t)}} \quad (6.17)$$

O custo total da mão de obra indireta pode ser expresso como:

$$\text{Custo total da MOI} = \text{Custo da MOI (R\$/mês)} \times \text{período de duração da fase de construção e montagem (mês)} \quad (6.18)$$

Onde:

- Custo da MOI (R\$/mês) = Custo do homem hora da mão de obra indireta é uma variável aleatória independente.
Levantamento dos dados através da série histórica (mercado, dissídio, sindicato, valor gasto de mão de obra indireta na fase de construção e montagem em projetos similares, dentre outros).
Para o cálculo da MOI será considerado o valor médio gasto por mês da equipe total que compõe a mão de obra indireta.
- Período de duração da construção e montagem (mês).
Levantamento dos dados através da série histórica de projetos similares na fase de construção e montagem ou do período real de duração gasto nessa fase.
- Materiais (R\$) – valor de mercado ou série histórica.
Para o cálculo do custo total de material de consumo será considerado o valor de mercado ou série histórica dos gastos em projetos similares.
- Equipamentos (R\$) - valor de mercado ou série histórica.
Para o cálculo do custo total de material de consumo será considerado o valor de mercado ou série histórica dos gastos em projetos similares.

- Custos extras da fase de construção e montagem (R\$) = Custos referentes à viabilização e infraestrutura necessária na fase de construção e montagem.

Levantamento dos dados através da série histórica dos custos extras gastos em projetos similares.

Substituindo na equação, o custo da fase de construção e montagem pode ser expresso do seguinte modo:

$$CCM = [(CMOD_{CM} \times IP_{CM} \times QTI) + (CMOI_{CM} \times D_{CM}) + CEq + CMat + CE_{CM}] \quad (6.19)$$

Onde:

CCM = Custo de construção e montagem (R\$);

CMOD_{CM} = Custo da mão de obra direta de construção e montagem (R\$/Hh);

IP_{CM} = Índice de produtividade de construção e montagem (Hh/t);

QTI = Quantidade total de estrutura instalada (t);

CMOI_{CM} = Custo da mão de obra indireta de construção e montagem (R\$/mês);

D_{CM} = Duração da fase de construção e montagem (mês);

CE_{Equip} = Custo dos equipamentos (R\$);

CMat = Custo dos materiais (R\$);

CE_{CM} = Custo extra de construção e montagem (R\$).

6.6.4 Custo na Fase de Comissionamento

De acordo com a pesquisa realizada sobre comissionamento e descrita no capítulo 3, além da literatura sobre este assunto ser restrita, existe ainda várias interpretações e entendimentos, pois segundo alguns autores, na visão tradicional, o comissionamento é entendido como uma fase dentro do ciclo de vida do projeto, porém existe outra visão compreendendo que o comissionamento deve estar presente em todas as fases do projeto, inclusive, quanto mais cedo for iniciado, mais garantias de sucesso terá o projeto em relação ao atendimento dos objetivos inicialmente estabelecidos. (GANDRA, 2011).

Para a estimativa dos custos da fase de comissionamento serão adotadas as considerações apresentadas na literatura específica dessa área.

De acordo com o WBDG (2012) os custos de comissionamento apresentam grandes variações e dependem de vários fatores, tais como: o tamanho da edificação; a complexidade; se o projeto do edifício é novo, de renovação ou modernização; o escopo de serviços de comissionamento prestado.

Ainda segundo o WBDG (2012), o custo de comissionamento varia entre 0,5% do custo total da construção para edifícios simples, tais como escritórios e 1,5% para os laboratórios complexos e instalações médicas.

Entretanto, o custo para comissionar um edifício existente (custo de funcionamento), pode variar entre 3,0% a 5,0% do custo total de funcionamento, sendo que, o orçamento de comissionamento de sistemas situa-se entre 2,0% a 4,0% do custo da construção de cada sistema que está sendo contratado. (WBDG, 2012).

A PECl (2002) apresenta como regra geral que o custo de comissionamento está em torno de 0,6% a 1,8% do custo total do projeto.

No trabalho realizado por RIBEIRO (2008) o percentual de custo do comissionamento apresenta as seguintes variações:

- Edificações novas - variam entre 0,5% a 1,5%;
- Subsistemas elétricos – variam entre 1,0% a 1,5% do custo do subsistema elétrico;
- AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado) e controle automático de sistemas – variam entre 1,5% a 2,5% do custo do subsistema mecânico.

Para o WBDG (2012), os principais fatores que impactam diretamente no desenvolvimento do orçamento de custo de comissionamento, podem ser atribuídos ao:

- Início do comissionamento (durante todo o ciclo de vida do projeto, na fase de construção ou na fase de pós-construção);

- A complexidade e ao número de sistemas a serem comissionados;
- Nível de detalhamento exigido durante o processo de comissionamento (inclusão de documentação, verificação e “*start-up*” de todos os equipamentos, testes de verificação, dentre outros);
- Entregas (documentos do projeto, número de revisões do projeto, plano de comissionamento, manual de revisão de O&M (Organização & Métodos), relatórios finais, dentre outros.);
- Alocação dos custos;
- Tipo de projeto e a sua complexidade.

Para fins de parâmetro de cálculo da estimativa do custo de comissionamento serão considerados os valores da literatura pesquisada:

Edifícios novos – o custo de comissionamento médio será em torno de 1% do valor do custo total da construção.

Edifícios existentes – o custo de comissionamento médio será em torno de 3% do custo da construção de cada sistema que está sendo contratado.

6.6.5 Custos Extras

É importante destacar que em cada um dos custos das fases anteriormente descritas foi computado os custos extras. Qualquer custo extra que não estiverem incorporados nestas fases deverá ser inserido no custo total da obra.

O custo extra do empreendimento corresponde ao somatório dos custos extras de cada uma das fases do projeto detalhados nos itens anteriores, além dos custos de infraestrutura mantidos durante todo o ciclo de vida do projeto, ou seja: construção de canteiro de obras, manutenção do canteiro de obras; passagens e despesas com viagens; transporte de equipamentos; veículo; telefonia; energia elétrica; água potável; gás; subempreiteiras; despesas com mobilização e desmobilização; exames admissionais, demissionais, periódicos; alojamentos; alimentação, aquisição e/ou reposição de equipamentos; manutenção de equipamentos e instalações; inspeção, materiais de consumo em geral, depreciação de equipamentos próprios, CREA, taxas municipais; fundo de reserva, dentre outros. (PINHO, 2005).

CE = Custos Extras = f (custos extras referentes à fase do projeto de engenharia (projeto básico e detalhado), fase de suprimento, fase de construção e montagem, custos de infraestrutura e manutenção, fundo de reserva).

$$CE = [f (CE_{PE}) + (CE_S) + (CE_{CM}) + (CE_{IM})] \quad (6.20)$$

Onde:

- CE = Custos extras do empreendimento (R\$);
 CE_{PE} = Custo extra do projeto de engenharia (R\$);
 CE_S = Custo extra do suprimento (R\$);
 CE_{CM} = Custo extra da construção e montagem (R\$);
 CE_{IM} = Custo extra de infraestrutura e manutenção (R\$).

A partir da equação (6.3) do modelo geral proposto, será adaptado o modelo de análise de risco considerando as seguintes modalidades contratuais: Contrato “Turnkey”; Contrato “EPC” e contrato a Preço Fixo por Valor Global e por Preço Unitário, sob o ponto de vista da contratada.

6.7 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATOS “TURNKEY”

Na Figura 6.1 que representa um tipo de arranjo do contrato “Turnkey” verifica-se que a contratante não se responsabiliza por nenhuma fase do projeto, tendo uma participação minoritária durante todo o ciclo de vida do projeto. Por sua vez a contratada fica responsável por todas as fases do empreendimento. Assim, a proposta do modelo de análise de risco da estimativa do custo deste empreendimento de construção e montagem em relação à contratada corresponde à equação (6.3) que engloba todas as fases do projeto e pode ser expressa do seguinte modo:

$$CRP = f[(CPE) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.3)$$

- CRP = Custo Real do Projeto (R\$);
 CPE = Custo do Projeto de Engenharia (R\$);
 CS = Custo do Suprimento (R\$);
 CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CC = Custo do Comissionamento (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

6.8 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATOS EPC

Na Figura 6.2 está representada a responsabilidade da contratante/contratada em cada fase do projeto num contrato EPC tradicional. Neste caso a contratante se responsabiliza apenas pela fase do projeto básico. A contratada fica responsável por todas as demais fases obra, De acordo com a estrutura apresentada na Figura 6.2 o modelo de análise de risco da estimativa do custo deste empreendimento de construção e montagem em relação à contratada, corresponde à proposta que desmembra a variável do custo do projeto de engenharia em duas partes (projeto básico e projeto detalhado), sendo que nesta fase as responsabilidades passam a ser divididas entre contratante (projeto básico) e a contratada (projeto detalhado).

Assim, a proposta do modelo de custo da obra para a contratada pode ser expressa na equação do seguinte modo:

$$CRP = f[(CPE) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.3)$$

$$CRP = f[(CPB) + (CPD) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.21)$$

$$CRP = f[(0) + (CPD) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.22)$$

CRP = Custo Real do Projeto (R\$);

CPB = Custo do Projeto Básico (R\$);

CPD = Custo do Projeto Detalhado (R\$);

CS = Custo do Suprimento (R\$);

CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CC = Custo do Comissionamento (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

6.9 PROPOSTA DO MODELO GERAL DE ANÁLISE DE RISCO DO CUSTO DE PROJETOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATOS À PREÇO FIXO (BENS, MATERIAIS E MÃO DE OBRA) POR VALOR GLOBAL E POR VALOR UNITÁRIO

Conforme já descrito nos capítulo 3, o contrato a preço fixo pode ser por valor global ou preço unitário, entretanto, neste tipo de contrato podem ser acordado entre as partes diferentes arranjos em relação às obrigações contratuais, sendo que a participação da contratante pode ser total, parcial ou nenhuma. Por exemplo, a contratante pode fornecer o projeto básico e detalhado e a contratada se responsabiliza pela fase de suprimento e construção e montagem da obra. Da mesma forma, a contratante pode se responsabilizar pelo fornecimento de toda a infraestrutura do canteiro de obras (água, energia elétrica, transporte, alimentação, dentre outros); pelo fornecimento parcial ou total dos suprimentos. (FERREIRA, 2001).

Tanto no exemplo da Figura 6.3 onde a fase de suprimento e construção e montagem são de total responsabilidade da contratada e na Figura 6.4 onde a contratada divide a responsabilidade da fase de suprimento com a contratante e assume totalmente a fase de construção e montagem, o modelo de análise de risco da estimativa do custo do empreendimento de construção e montagem, nestes dois casos em relação à contratada pode ser expresso na equação do seguinte modo:

$$CRP = f[(CPE) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.3)$$

$$CRP = f[(0) + (CS) + (CCM) + (0) + (CE)] \quad (6.23)$$

$$CRP = f[(CS) + (CCM) + (CE)] \quad (6.23)$$

CRP = Custo Real do Projeto (R\$);

CS = Custo do Suprimento (R\$);

CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

No caso da Figura 6.5 em que a contratada se responsabiliza somente pela fase da construção e montagem da obra e as demais fases são de responsabilidade da contratante, a proposta do modelo de análise de risco da estimativa do custo do

empreendimento de construção e montagem pode ser expresso na equação do seguinte modo:

$$CRP = f[(CPE) + (CS) + (CCM) + (CC) + (CE)] \quad (6.3)$$

$$CRP = f[(0) + (0) + (CCM) + (0) + (CE)] \quad (6.24)$$

$$CRP = f[(CCM) + (CE)] \quad (6.24)$$

CRP = Custo Real do Projeto (R\$);

CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

Todos os eventos de risco do projeto básico, projeto detalhado e fase de suprimento são de natureza interna para a contratante e de natureza externa para a contratada. Como a contratante é responsável pelo suprimento, caso haja uma falha, por exemplo, no atraso do fornecimento de algum material, haverá impacto na produtividade da obra, se constituindo em um risco externo para a contratada.

Os eventos de riscos incidentes na fase de construção e montagem da obra são de responsabilidade da contratada, portanto de natureza interna para ela.

6.10 PROPOSTA DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO DO ESTUDO DE CASO SOB A VIGÊNCIA DE CONTRATO A PREÇO FIXO POR EMPREITADA PARCIAL

No Estudo de Caso a responsabilidade estabelecida no Contrato foi em regime de Empreitada Parcial por preço fixo, sendo que a contratada ficou responsável pelo fornecimento e montagem de 1375,952 t de estruturas metálicas. Deste modo, de acordo com Figura 6.6, a proposta do modelo de análise de risco da estimativa do custo de construção e montagem das estruturas metálicas pode ser expressa na equação do seguinte modo:

$$CRCM = f[(CCM) + (CE)] \quad (6.25)$$

CRCM = Custo Real da Construção e Montagem (R\$);

CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

De acordo com a modalidade contratual estabelecida é importante acrescentar que o serviço contratado foi apenas o de construção e montagem de estruturas metálicas.

No Capítulo 7 será aplicado o modelo de análise de risco considerando a modalidade contratual do estudo de caso, ou seja:

Fornecimento e montagem de estrutura metálica em regime de empreitada parcial por preço fixo (valor unitário).

7 APLICAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO NA ESTIMATIVA DE CUSTO DE UMA OBRA DE ESTRUTURA METÁLICA

7.1 AVALIANDO E QUANTIFICANDO O RISCO

O conceito de risco deve-se ao reconhecimento da incerteza do resultado de uma determinada ação e implica em haver mais de um possível resultado para esta mesma ação. Da mesma forma, dentre as várias características do risco podem ser sintetizadas três delas, ou seja:

- O risco pode ser objetivo e subjetivo;
- O risco requer decisão, e decidir que algo é arriscado requer julgamento pessoal, até para os riscos objetivos;
- O risco é um elemento que podemos aceitar ou evitar, assim a preferência pessoal por aceitar, ou não, situações de risco, ou ações arriscadas será diferente. (PALISADE, 2010).

Desse modo, quantificar o risco significa determinar todos os possíveis valores que uma variável pode assumir e as possibilidades relativas de cada valor, onde o cálculo do resultado é a partir do entendimento básico de probabilidade e estatística.

“Não há fórmula matemática que possa ser resolvida para avaliar o risco associado com os resultados possíveis. O risco deverá ser estimado usando a melhor informação disponível.” (PALISADE, 2010, p.25).

No presente trabalho a avaliação e quantificação dos riscos é realizada através dos dados disponibilizados de estudo de caso. De acordo com CLEMEN & REILLY (2001 apud. SOUZA, 2004), por se tratar de riscos subjetivos a

quantificação e os resultados destes riscos são determinados por uma distribuição de probabilidade, que além de quantificar o risco de uma variável, informa as probabilidades de ocorrência deste risco, considerando os seguintes passos:

1. Desenvolvimento da Proposta do Modelo, que será da estimativa do custo de uma obra de estrutura metálica com a colocação dos dados em uma planilha EXCEL;
2. Identificação das incertezas em relação às variáveis que compõe este modelo, especificando os possíveis valores com a distribuição de probabilidade gerada desses valores, e identificando os resultados que se deseja analisar na planilha EXCEL e utilização do “*software*” @RISK;
3. Simulação do Modelo – Analisar através da simulação as faixas de ocorrência e probabilidades dos possíveis resultados gerados nos “outputs” do “*software*” @RISK na planilha EXCEL;
4. Tomada de Decisão – De acordo com os resultados fornecidos decidir o quanto se deseja arriscar ou evitar determinada situação de risco.

A utilização do “*software*” @RISK versão 6,0 é a ferramenta de auxílio na construção, aplicação e análise dos resultados do modelo. Desta forma, o “*software*” @RISK apresenta as seguintes características:

1. Análise individual do conjunto de dados de cada variável que compõe o modelo, determinando qual a distribuição de probabilidade que melhor representa o conjunto de dados de cada variável;
2. Conjunto de distribuições de probabilidades – Permitem transformar as variáveis determinísticas em probabilísticas;
3. Simulação de Monte Carlo – seleciona-se o número de simulações que se deseja rodar, ou seja, a quantidade de vezes que as iterações serão simuladas. O número de iterações indica quantos cenários aleatórios deseja-se gerar no @RISK, sendo que cada recálculo é uma iteração. Quanto maior o número de iterações, mais precisos serão os resultados;
4. Gráficos das projeções – Mostram os resultados das simulações;
5. Análise de sensibilidade e gráfico Tornado – Identificam as variáveis de entrada mais críticas e apresenta suas correlações com as variáveis de saída;

6. Rotina de ajuste de distribuições – a partir de uma série de dados, realizam testes de aderência, a fim de definir qual a distribuição que mais se ajusta à série;
 7. Correlações – Modelam dependências entre incertezas das variáveis de entrada;
 8. Gerador de relatórios e gráficos - Geram relatórios estatísticos com dados e gráficos dos resultados e das premissas adotadas;
 9. Controle de precisão - Controla o nível de confiança dos resultados.
- (PALISADE, 2010).

É importante acrescentar que segundo SOUZA (2004) os “softwares” de simulação, salvo as peculiaridades de cada um, apresentam características similares ao “software” @RISK.

7.2 ESTUDO DE CASO – LEVANTAMENTO DAS VARIÁVEIS DE CUSTO DO PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA.

Conforme detalhado no Capítulo 5 o tipo de contrato acordado entre as partes foi o de regime de empreitada parcial por preço fixo (valor unitário), sendo que a contratante ficou responsável pelo projeto básico e detalhado (fase do projeto de engenharia), cabendo à contratada o fornecimento de materiais, mão de obra simples e especializada, assim como todos os equipamentos e máquinas necessários à execução da obra.

Para a análise de risco da estimativa do custo da obra de estrutura metálica será utilizado um dos modelos proposto no Capítulo 6, que seja adequado ao estudo de caso.

7.2.1 Levantamento dos dados gerais

É importante salientar que todos os dados históricos levantados e utilizados na análise de risco foram fornecidos pela FORRM Industrial Ltda., e consistem em: relatório diário de obras; relação de presença diária; plantas das estruturas; notas fiscais; contrato para o fornecimento e montagem de estrutura metálica em regime de empreitada parcial por preço fixo; relatório de realinhamento; relatório de pagamento; demonstrativo de despesas e receitas; planilhas de custo médio da mão de obra direta e indireta e questionário. Igualmente, foram utilizados os dados da

literatura como parâmetro de comparação dos valores levantados no estudo de caso.

De um modo geral, segundo a FORRM, a variação do custo em uma obra de construção e montagem compreende as seguintes faixas:

- Mão de obra (direta e indireta) – variação entre 45% a 70% do custo total da obra;
- Equipamentos (estruturas) - variação entre 25% a 40% do custo total da obra;
- Materiais - variação entre 5% a 15% do custo total da obra;
- Custos Extras - variação entre 2% a 7% do custo total da obra.

7.2.2 Levantamento dos dados da mão de obra direta e mão de obra indireta

Para o levantamento do custo da mão de obra direta e indireta foram considerados:

Custo médio da mão de obra por hora R\$/h – nestes custos estão incorporados os salários mensais e encargos sociais de acordo com a função tanto para mão de obra direta como para a indireta;

Custo operacional por hora R\$/h – incorporam os custos: transporte, alimentação, EPIs, consumíveis, andaimes, máquinas e ferramentas.

No Quadro 7.1 são apresentados os valores médios do custo de mão de obra direta e indireta por hora e os valores médios do custo operacional por hora, sendo que o custo do Hh médio por função corresponde à soma do custo da mão de obra e do custo operacional.

LEVANTAMENTO DO CUSTO DO Hh MÉDIO DA MÃO DE OBRA INDIRETA			
Nome/Função	Custo de mão de obra R\$/hora	Custo operacional R\$/hora	Custo médio por função R\$/hora
Engenheiro	65,04	13,06	78,10
Auxiliar Adm.	6,05	6,13	12,18
Téc. Seg. do Trab.	6,31	6,05	12,36
Inspetor de Solda	29,43	6,05	35,48
Desenhista Projetista	25,23	6,05	31,28
Almoxarife	8,78	6,05	14,83
LEVANTAMENTO DO CUSTO DO Hh MÉDIO DA MÃO DE OBRA DIRETA			
Nome/Função	Custo de mão de obra R\$/hora	Custo operacional R\$/hora	Custo médio por função R\$/hora
Encarregado	20,35	7,10	27,45
Soldador Nível 1	13,88	8,09	
Soldador Nível 1	13,88	8,09	21,55
Soldador Nível 1	12,61	8,09	
Soldador Nível 2	10,78	7,47	
Soldador Nível 2	10,78	7,47	18,30
Soldador Nível 2	10,78	7,67	
Soldador Nível 2	10,78	7,47	
Montador Nível 1	11,10	7,66	18,76
Montador Nível 2	8,78	7,46	
Montador Nível 2	7,22	7,10	15,67
Montador Nível 2	8,78	7,66	
Lixador	8,78	7,66	16,44
Ajudantes	5,65	7,34	
Ajudantes	5,65	7,34	
Ajudantes	6,31	7,18	13,08
Ajudantes	5,65	7,36	
Ajudantes	5,65	7,34	
Ajudantes	5,65	7,34	

Quadro 7.1: Custo médio do R\$/Hh da mão de obra direta e indireta.
Fonte: Planilhas de Custo Médio da Mão de Obra Direta e Indireta fornecidos pela FORRM (2012).

Para fins de cálculo foi considerado o número médio que compõe a equipe de mão de obra direta e indireta, utilizada mensalmente durante a vigência da obra.

7.2.3 Levantamento do índice de produtividade

No levantamento do índice de produtividade da mão de obra direta foram coletadas 18 amostras cuja medição foi realizada nas obras do Centro Diagnóstico e da Torre de Elevadores, em períodos diferentes, considerando atividades de montagem de estruturas metálicas.

O Quadro 7.2 apresenta de forma resumida o resultado do levantamento do índice de produtividade da mão de obra direta.

LEVANTAMENTO DO ÍNDICE DE PRODUTIVIDADE					
Item	Medição	Período	Quant. Mont. (t)	MOD H.h.	IP - Hh/t
1	CD - Cobertura do 5º PAV	05/01/2012 a 22/01/2012	6,79267	1776	261,4583073
2	CD - Cobertura do 5º PAV	21/11/2011 a 01/12/2011	7,0666	1592	225,2851442
3	CD - Cobertura do 5º PAV e Torre de Elevadores	04/11/2011 a 20/11/2011	33,88039	1704	50,29458043
4	CD - Cobertura do 5º PAV	14/10/2011 a 03/11/2011	28,69791	2232	77,77569865
5	CD - 2º, 3º e 4º PAV	16/09/2011 a 13/10/2011	3,75222	2936	782,470111
6	Centro Diagnóstico e Torre de Elevadores	21/08/2011 a 15/09/2011	5,34239	2936	549,5667669
7	Torre de Elevadores	01/08/2011 a 20/08/2011	25,96767	2048	78,86729922
8	Centro Diagnóstico	31/10/2010	3,4088	224	65,71227411
9	Centro Diagnóstico	30/10/2010	4,0905	224	54,76103166
10	Centro Diagnóstico	18/09/2010	6,398	184	28,75898718
11	Centro Diagnóstico	04/09/2010	11,738	184	15,67558357
12	Centro Diagnóstico	27/08/2010	3,636	136	37,40374037
13	Centro Diagnóstico	26/08/2010	3,636	136	37,40374037
14	Centro Diagnóstico	25/08/2010 e 24/08/2010	3,636	272	74,80748075
15	Centro Diagnóstico	23/08/2010	3,636	136	37,40374037
16	Centro Diagnóstico	17/08/2010 a 16/08/2010	2,997	208	69,40273607
17	Centro Diagnóstico	14/08/2010	10,281	104	10,1157475
18	Centro Diagnóstico	12/08/2010 a 13/08/2010	2,575	208	80,77669903

Quadro 7.2: Levantamento do Índice de Produtividade.

Fonte: Relatório Diário de obras; Relação de Presença Diária; Plantas das Estruturas fornecidas pela FORRM (2012).

De acordo com os dados detalhados no Quadro 7.2, o somatório do índice de produtividade dividido pelo número da amostra corresponde a uma média de 140,99 Hh/t de estrutura metálica montada, ou seja, corresponde a estrutura soldada, inspecionada e pintada.

7.2.4 Levantamento dos dados de materiais e equipamentos

No levantamento dos preços com materiais e equipamentos foram considerados os valores do relatório de realinhamento; relatório de pagamento e o demonstrativo de despesas e receitas da FORRM. No preço total já estão inseridos os custos das despesas indiretas e impostos, cujo valor é de R\$ 5.172.707,51 e corresponde a 50,27 % do custo total gasto pela contratada na obra.

7.2.5 Levantamento dos custos extras

Em relação ao percentual de custos extras, de acordo com os valores do relatório de realinhamento; relatório de pagamento e o demonstrativo de despesas e receitas da FORRM verificou-se que corresponde a 4,57% do custo total da obra.

7.3 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE DE RISCO NA ESTIMATIVA DO CUSTO EM PROJETO DE ESTRUTURA METÁLICA

Para a realização do experimento a fim de analisar o risco na estimativa de custo o sob o ponto de vista da contratada, o modelo proposto que melhor representa o cenário do estudo de caso corresponde a:

$$\text{CRCM} = f[(\text{CCM}) + (\text{CE})] \quad (7.1)$$

CRCM = Custo Real da Construção e Montagem (R\$);

CCM = Custo da Construção e Montagem (R\$);

CE = Custos Extras (R\$).

$$\text{CRCM} = \{[(\text{CMOD}_{\text{CM}} \times \text{IP}_{\text{CM}} \times \text{QEI}) + (\text{CMOI}_{\text{CM}} \times \text{D}_{\text{CM}}) + (\text{CEq} + \text{CMat})] + \text{CE}\} \quad (7.2)$$

Onde:

CMOD_{CM} = Custo da mão de obra direta de construção e montagem (R\$/Hh);

IP_{CM} = Índice de produtividade de construção e montagem (Hh/t);

QEI = Quantidade de estrutura instalada (t);

CMOI_{CM} = Custo da mão de obra indireta de construção e montagem (R\$/mês);

D_{CM} = Duração da fase de construção e montagem (mês);

CEq = Custo dos Equipamentos (R\$);

CMat = Custo dos Materiais (R\$);

CE = Custo extra (R\$).

De posse dos dados da série histórica de cada variável que compõe o modelo, utiliza-se o programa @RISK. Este programa irá analisar a amostra dos dados inseridos e descrever qual é a melhor distribuição de probabilidade que representa este conjunto, além de apresentar o gráfico de frequência e o

histograma, permitirão verificar a probabilidade da ocorrência deste risco e auxiliar na tomada de decisão e quantificação do mesmo.

Desde modo, está representado no Quadro 7.3 o conjunto de dados levantados de cada variável que compõe o modelo (7.1) para o custo total da mão de obra direta e indireta.

VARIÁVEIS DO CUSTO TOTAL DA MOD			
Item	Custo do Hh médio da MOD (R\$/Hh)	I Prod Hh/t	QEI (t)
1	27,45	261,45830730	1375,952
2	21,55	225,28514420	
3	18,30	50,29458043	
4	18,76	77,77569865	
5	15,67	782,47011100	
6	16,44	549,56676690	
7	13,08	78,86729922	
8	13,65	65,71227411	
9		54,76103166	
10		28,75898718	
11		15,67558357	
12		37,40374037	
13		37,40374037	
14		74,80748075	
15		37,40374037	
16		69,40273607	
17		10,11574750	
18		80,77669903	
Custo Total MOD = CMOD x IP x QEI			
VARIÁVEIS DO CUSTO TOTAL DA MOI			
Item	Custo do Hh médio da MOI (R\$/Hh)	Prazo (número de meses)	Prazo (220 horas por mês)
1	78,10	32	220
2	12,18		
3	12,36		
4	35,48		
5	31,28		
6	14,83		
Custo Total de MOI = CMOI x (nº de meses x 220 h)			

Quadro 7.3: Dados da MOD e MOI que serão simulados.
Fonte: Documentos fornecidos pela FORRM, (2012).

Da mesma forma, no Quadro 7.4 estão apresentados os valores referentes ao preço de materiais, preço de equipamentos e custo extra, gasto pela FORRM, considerando as margens percentuais estabelecidas pela contratada em relação ao valor provável, que conforme documentação fornecida foi o valor efetivamente gasto, e, o valor mínimo e máximo tolerado.

Variáveis de Custo	Valor Praticado na Obra	CENÁRIOS		
		mínimo	provável	máximo
P Equip e P Material	Preço dos Materiais e Equipamentos	R\$ 3.086.954,94	R\$ 5.172.707,51	R\$ 5.659.417,40
Custo Extra	4,57% do Custo Total da Obra	2,00%	4,57%	7,00%

Quadro 7.4: Dados do preço equipamentos e materiais, e custos extras.
Fonte: Documentos fornecidos pela FORRM, (2012).

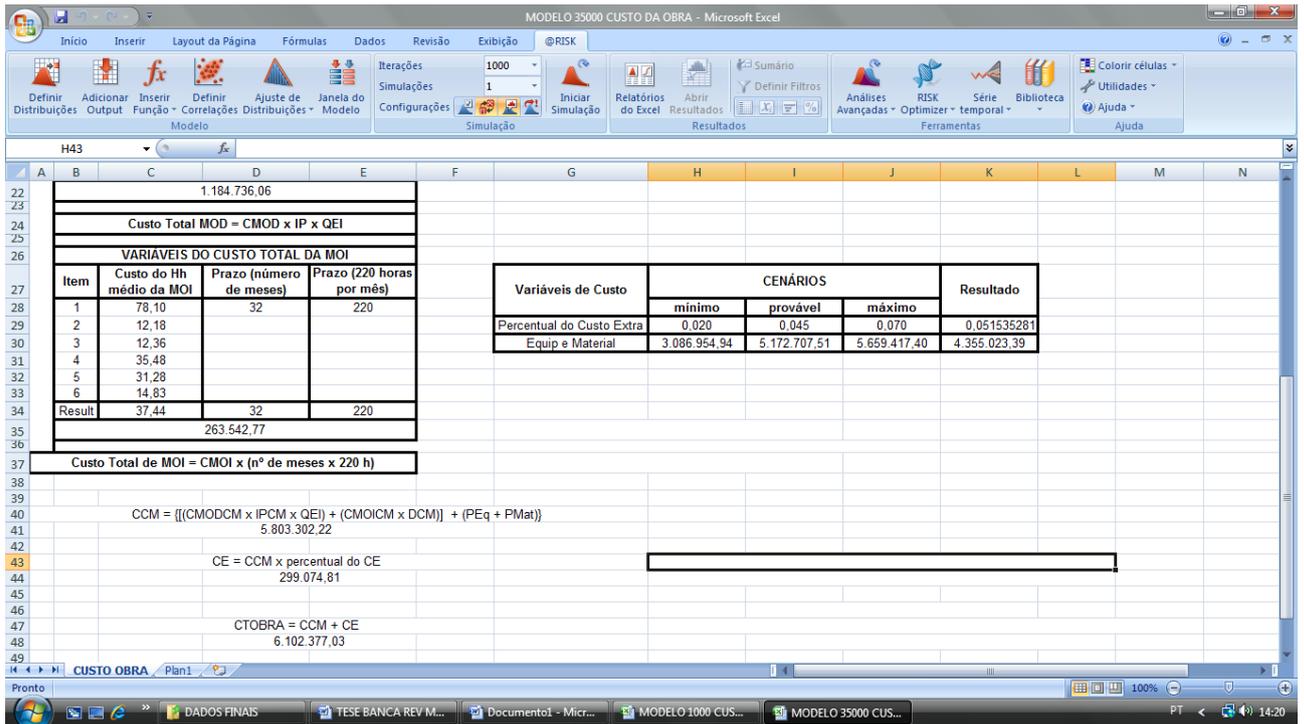
Em relação ao preço de equipamentos e materiais a FORRM teve um gasto real no valor de R\$ 5.172.707,51 que representou um percentual de 50,27% sobre o custo total da obra. Os demais valores colocados no Quadro 7.4, estão dentro dos parâmetros de variação dos percentuais dos custos de equipamentos e materiais, por ela estabelecidos, em torno de 30% a 55% do custo total da obra.

Para os custos extras a FORRM teve um gasto real em torno de 4,57% sobre o custo total da obra. Considerando que ela estabeleceu que de uma forma geral em obras de construção e montagem, esta variação está entre 2% a 7% do custo total da obra, e sendo estes os valores mínimos e máximos atribuídos, têm-se os resultados descritos no Quadro 7.4.

7.3.1 Apresentação da planilha de comandos @RISK

O @RISK é um programa que trabalha de forma integrada ao “*Microsoft Excel*” a fim de possibilitar o acesso mais fácil aos resultados de simulação por ele gerados.

Apenas como ilustração, na Figura 7.1 está a planilha Excel aberta e quando se clica no programa @RISK ele abre dentro do Excel, depois da aba “Exibição” o programa apresenta todos os comandos para o desenvolvimento e posterior análise da simulação dos dados.



**Figura 7.1: Planilha do Excel já integrada ao programa @RISK.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.**

7.3.2 Rodando o modelo de análise de risco no @RISK

7.3.2.1 Ajuste de distribuição

O @RISK analisa o conjunto de dados da amostra, ajusta e adéqua às distribuições de probabilidade que melhor representam estes dados. Deste modo, conforme o levantamento dos dados históricos descritos nos Quadros 7.3 e 7.4, cada conjunto de variáveis foram selecionados separadamente e submetidos ao comando de ajuste de distribuição de dados, a fim de se obter a função de distribuição de probabilidade que melhor represente estes dados das células de entrada ou “inputs” selecionados.

A Figura 7.2 mostra a seleção do primeiro conjunto de dados amostrais e as guias de ajuste de distribuição de dados.

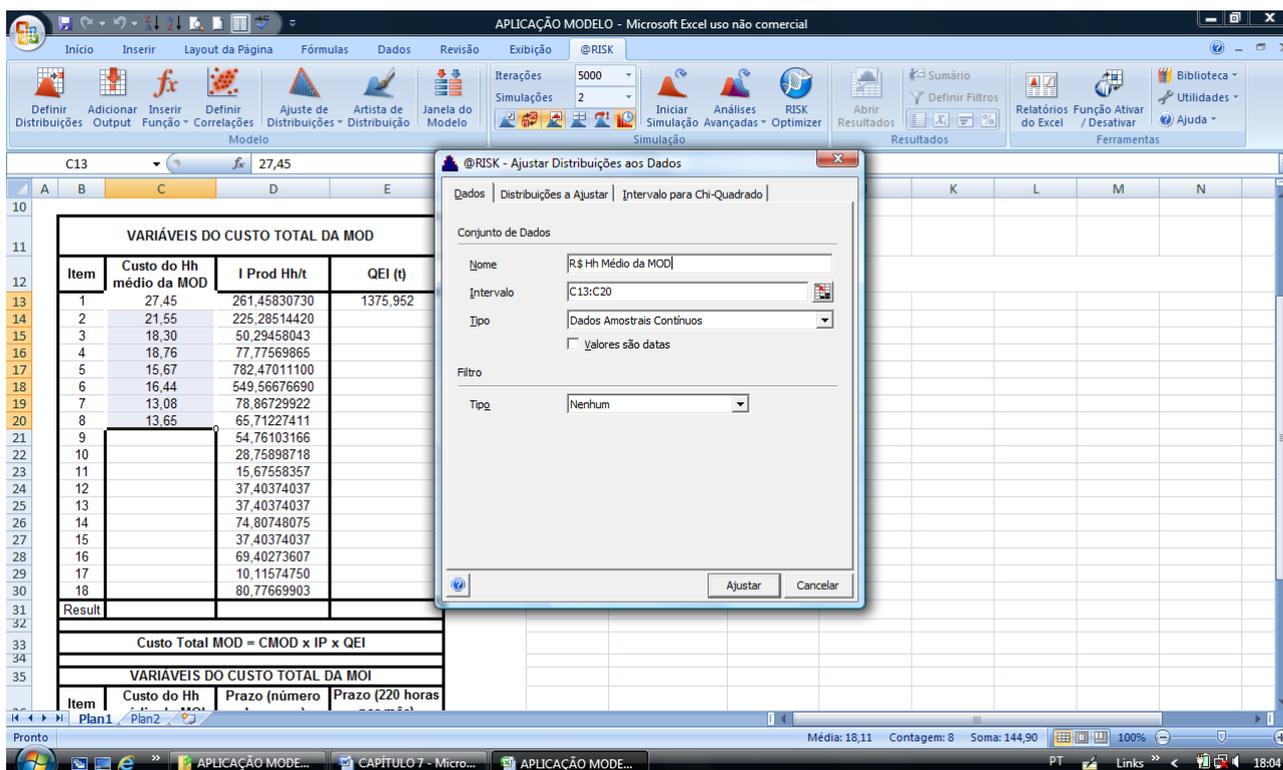


Figura 7.2: Ajuste de Distribuição de Dados.
Fonte: Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Ao clicar no comando de ajuste de distribuição aparecerá uma tela que solicitará o nome do conjunto de dados que estão sendo analisados, o intervalo dos dados na planilha e o tipo de dados que, no nosso caso, são dados amostrais contínuos. A seguir defini-se o método de ajuste, que neste caso será o de parâmetro de estimativa, uma vez que não foi predefinido o tipo de distribuição, e deseja-se que o programa atribua aos dados de entrada a distribuição mais adequada aos “inputs” selecionados. Os limites inferior e superior foram assinalados como incertos, sendo considerados para esta análise todos os tipos de distribuição de probabilidade contínua. Da mesma forma, os intervalos de classe foram considerados iguais e para o estabelecimento do número de classes utilizou-se a “Regra de Sturges” descrita no Capítulo 2 para cada conjunto de dados analisados. Entretanto, LEVINE, BERENSON & STEPHAN (2000) estabelece que número de classes mínimo não deva ser inferior a 5 classes.

No caso da análise das variáveis: preço equipamento e material, e, custos extras, a escolha da distribuição levou em consideração os dados fornecidos pela FORM e o referencial teórico da simulação de Monte Carlo citados no Capítulo 2.

Desta forma, levando-se em conta os cenários: provável, pessimista e otimista, adotou-se para a análise destas três variáveis a distribuição triangular.

7.3.2.2 Ajuste da configuração da simulação dos dados

Antes de iniciar a simulação é necessário ajustar os dados que serão simulados. Deste modo, clica-se no ícone configuração de simulação.

A Figura 7.3 apresenta todos os ícones que serão configurados antes de rodar a simulação.

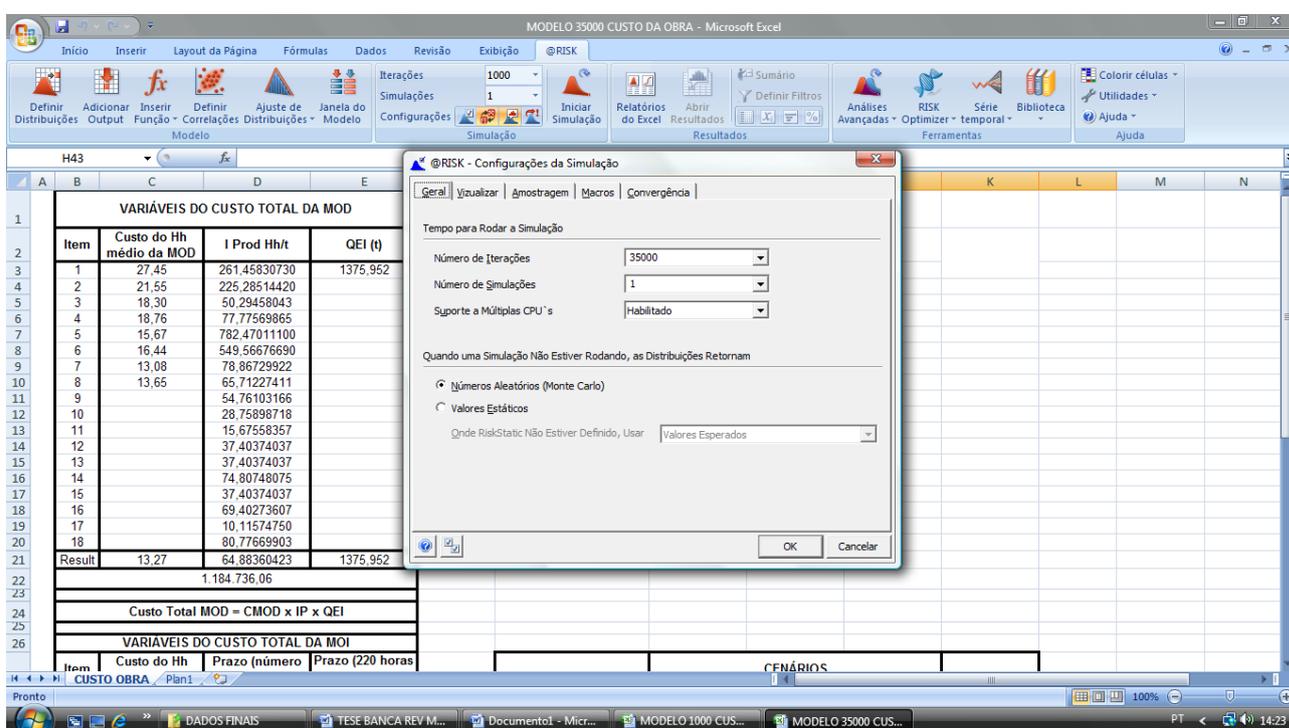


Figura 7.3: Configuração da Simulação de Monte Carlo.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Na primeira guia denominada “Geral” insere-se o número de iterações e simulações. A guia “Visualizar” serve para selecionar como se deseja que os resultados sejam exibidos automaticamente.

A simulação foi rodada considerando 1000; 5000 e 10000; 20000; 30000; e 35000 iterações respectivamente.

A guia amostragem define os números aleatórios, ou seja, como eles serão coletados. O tipo de amostragem é estabelecido utilizando-se a simulação de Monte Carlo e o tipo de gerador utilizado para rodar a simulação é o “Mersenne Twister”,

que segundo a PALISADE (2010), se constitui num novo gerador que vem sendo utilização no processo de simulação. Nesta mesma guia habilita-se a análise de sensibilidade inteligente, a fim de verificar o quanto cada uma das variáveis que compõem o modelo irá influenciar no resultado final do projeto.

Finalmente, a guia de convergência irá monitorar a convergência de um “*output*” ou célula de saída, ou seja, irá auxiliar na determinação do número mínimo de iterações necessárias para se atingir o grau de confiança e precisão requeridos no resultado da simulação, sendo que incluem:

- Tolerância de Convergência. Especifica a tolerância permitida para a estatística que se está testando. Para a estimativa da média do “*output*” simulado estabeleceu-se 2% de seu valor atual.
- Nível de Confiança. Especifica o nível de confiança desejado. Neste caso a estimativa da média do “*output*” simulado (considerando a tolerância inserida) foi de 97,5% de precisão.
- Realizar Testes no Simulado. Especifica as estatísticas de cada “*output*” que será testado.

“O Monitoramento de Convergência mostra como as estatísticas de distribuições de “output” se alteram quando iterações adicionais são rodadas durante a simulação” (PALISADE, 2013, p. 208), e, assegura que o número de iterações adotado seja suficiente para representar o modelo, além de auxiliar na avaliação da estabilidade das distribuições dos outputs durante a simulação.

“À medida que mais iterações são rodadas, as distribuições de outputs se tornam mais estáveis porque as estatísticas descrevendo cada distribuição mudam menos com cada iteração adicional”. (PALISADE, 2013, p. 69).

O @RISK calcula estas estatísticas para cada “*output*” em intervalos selecionados durante toda a simulação. No presente caso, conforme sugerido no “*software*”, manteve-se o intervalo a cada 100 iterações. À medida que mais iterações são rodadas, a quantidade de mudança nas estatísticas irá diminuir até que alcancem a Tolerância de Convergência e Nível de Confiança que foi estabelecida.

Os resultados gerados na janela de sumário mostra “o *status de convergência quando a simulação está rodando e o monitoramento de convergência está ativado. A primeira coluna da janela exhibe o status de cada “output” (como um valor entre 1 e 99) e exhibe OK quando o “output” tiver convergido*”. (PALISADE, 2013, p.210).

O nível de confiança de 97,5% e de tolerância de convergência de 2,0% requeridos, somente foi conseguido na simulação realizada com 35000 iterações.

O @RISK faz o teste de adequação de ajustamento a fim de verificar se o número de valores gerados aleatoriamente é suficiente para representar a curva de distribuição de probabilidade estabelecida em cada “*output*”. Para a realização deste teste o @RISK aplicou o Teste Qui-Quadrado.

O sumário com os resultados de convergência de todos os “*outputs*” para 1000; 5000; 10000; 20000; 30000 e 35000 estão no apêndice 10.4 deste trabalho.

7.3.2.3 Resultado da simulação dos dados do modelo de análise de risco da estimativa de custo da obra de estrutura metálica

Para cada conjunto de dados históricos (MOD, MOI, IP, Preço de equipamentos e materiais, prazo, quantidade de estrutura montada e custos extras), foi gerado o tipo de distribuição que foi ajustado em cada conjunto de “*inputs*” ou célula de entrada. Em seguida determinou-se a configuração da simulação, e fixou-se o nível de precisão, para então rodar os dados do modelo iniciando o processo de simulação e posteriormente fazer a análise de sensibilidade.

O @RISK coleta dados da simulação a cada iteração tanto para distribuição de dados de entrada quanto para as variáveis de saída e analisa estes dados para determinar a sensibilidade, a fim de identificar as distribuições de dados que são significativas na determinação das variáveis de saída. O Resultado dessa análise mostra como ocorre a sensibilidade de cada “*output*” da planilha em cada distribuição de “*inputs*”, identificando os “*inputs*” mais críticos do modelo. (PALISADE, 2013).

Na análise de sensibilidade realizada nesse experimento foi aplicada a técnica de mudanças das estatísticas de “*outputs*”. Nessa análise, as amostras para

um “*input*” são agrupadas em um conjunto de “*bins*” ou compartimentos de mesmo tamanho ou em “cenários”, que variam do valor mais baixo ao valor mais alto de “*input*”. Neste caso o valor de uma estatística do “*output*” (média) foi calculado para os valores de “*output*” nas iterações associadas a cada “*bin*”. Os “*inputs*” são ordenados segundo a quantidade de oscilação maior ou menor que produzem na estatística do “*output*” (média).

Os resultados das análises de sensibilidade serão apresentados no gráfico de tornado, representando as variáveis de “*input*” mais significativas em relação à estatística do “*output*” (média).

De forma complementar será apresentado também o gráfico de radar que fornece informações sobre o índice de mudança no valor do “*output*” à medida que o “*input*” muda, enquanto que o tornado mostra apenas a oscilação geral no valor estatístico do “*output*” (média).

Nas figuras a seguir, são apresentados os resultados gerados das funções de probabilidade acumulada (FPA) de cada uma das variáveis do modelo, considerando nessa análise a variação percentual entre 75% para um risco de 25% e de 90% para um risco de 10%, e, os resultados da análise de sensibilidade das variáveis do modelo.

A Figura 7.4 demonstra que há 75% de probabilidade do custo do Hh da MOD ser até R\$ 20,17 para o risco de 25% do custo se maior, ou seja, se a contratada, por exemplo, adotar no cálculo do custo da sua mão de obra direta um valor de Hh igual a R\$ 20,17, ela estará assumindo um risco de 25% do custo da sua mão de obra direta ser maior. De acordo com o Quadro 7.5, para a contratada diminuir o seu risco para 10% ao estimar o custo do Hh da mão de obra direta, teria que adotar o valor de R\$23,44. Dentro da faixa de variação de 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, destacada no Quadro 7.5, verifica-se que para a contratada diminuir o seu risco em 15%, terá que aumentar o valor do Hh da MOD em 16,21%.

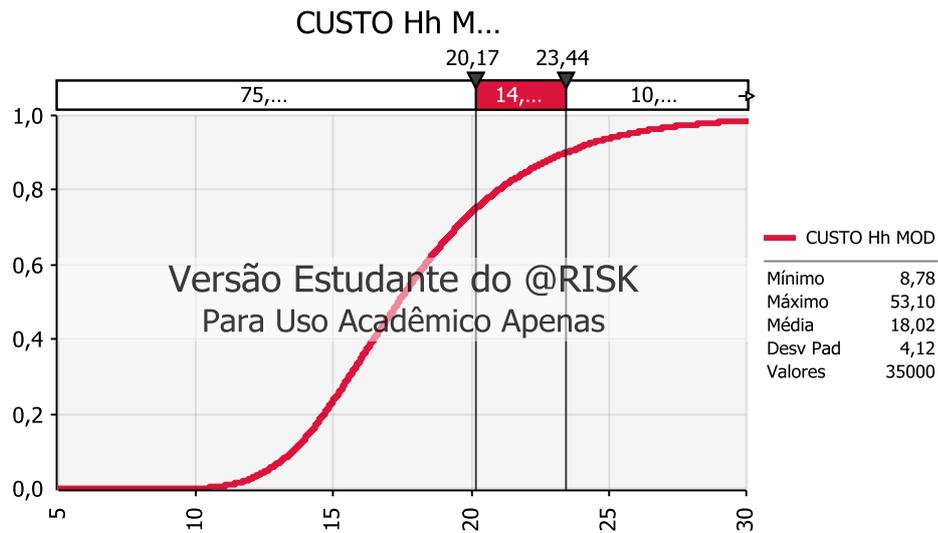


Figura 7.4: FPA do Custo do Hh da MOD.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Na Figura 7.5 observa-se que para uma probabilidade de 75% o índice de produtividade está em torno de 155 Hh/t e para uma probabilidade de 90% do valor do índice estar em torno de 331 Hh/t, Neste caso, para a contratada diminuir o seu risco teria que adotar o maior valor do índice de produtividade, onde ela assume uma produtividade ruim a partir do momento em que o gasto de Hh/t é bem maior, sendo, dentro da faixa de variação de 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, no Quadro 7.5, verifica-se que estes índices aumentaram em torno de 113,5%.

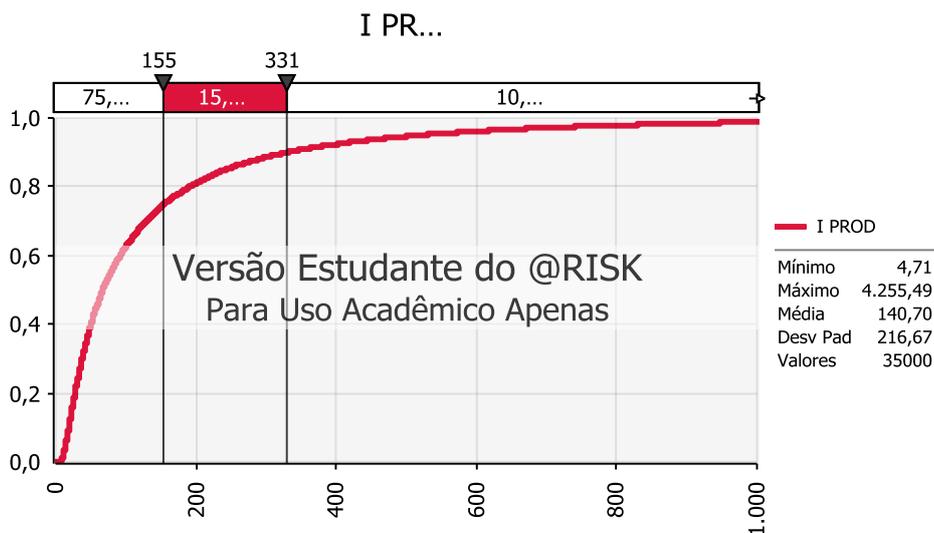


Figura 7.5: FPA do Índice de Produtividade.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

No índice de produtividade, o risco pode ser analisado de dois modos:

- Em relação ao custo, pois no sumário estatístico do Quadro 7.5, se verifica que entre as variáveis do custo do Hh da MOD e o índice de produtividade, o aumento significativo no índice de produtividade (Hh/t) tem o impacto maior no custo total da MOD;
- Em relação à produtividade, a análise de risco é inversamente proporcional, pois quanto maior o valor do índice de produtividade menor será a produtividade da obra.

Sumário Estatístico da FPA do Custo do Hh MOD, do Índice de Produtividade e do Custo Total da MOD					
Percentil R\$ Hh MOD		Percentil IP		Percentil Custo Total MOD	
5%	12,61	5%	14,41364706	5%	330.354,58
10%	13,50	10%	18,81382946	10%	445.879,68
15%	14,15	15%	23,07520265	15%	550.192,99
20%	14,66	20%	27,71886998	20%	660.829,47
25%	15,12	25%	32,59037125	25%	779.616,29
30%	15,58	30%	37,87472453	30%	909.259,87
35%	16,01	35%	43,71333988	35%	1.052.397,78
40%	16,45	40%	50,24163754	40%	1.214.224,81
45%	16,91	45%	58,10507595	45%	1.405.819,75
50%	17,36	50%	67,26367790	50%	1.628.487,77
55%	17,83	55%	78,17031820	55%	1.893.697,93
60%	18,32	60%	92,29316141	60%	2.236.901,80
65%	18,88	65%	108,56897852	65%	2.654.108,44
70%	19,48	70%	129,07400001	70%	3.172.122,68
75%	20,17	75%	154,70030684	75%	3.819.182,29
80%	20,98	80%	191,23096620	80%	4.687.137,59
85%	22,02	85%	242,08446654	85%	5.993.783,98
90%	23,44	90%	330,74717240	90%	8.165.518,70
95%	25,65	95%	518,56417147	95%	13.047.421,88

Quadro 7.5: Resultado da FPA do custo da Hh da MOD, IP e custo total da MOD.

Fonte: Elaborado pela Autora (2013).

Dentro da faixa de variação de 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, do Quadro 7.5, verifica-se na Figura 7.6 a seguir, que para a probabilidade de 75% o valor do custo total da MOD está em torno de R\$ 3.820.000,00 assumindo-se o risco de 25% do valor desse custo ser ultrapassado. Do mesmo modo, há 90% de

probabilidade do custo total da MOD ser em torno de R\$ 8.170.000,00 assumindo-se o risco de 10% de ultrapassar este valor. Para diminuir o risco da contratada em 15% houve um aumento significativo no custo total da MOD, com uma variação em torno de 113,87%, que conforme apresentado na Figura 7.5 mostra que grande variação no índice de produtividade teve um forte impacto no custo total da MOD.

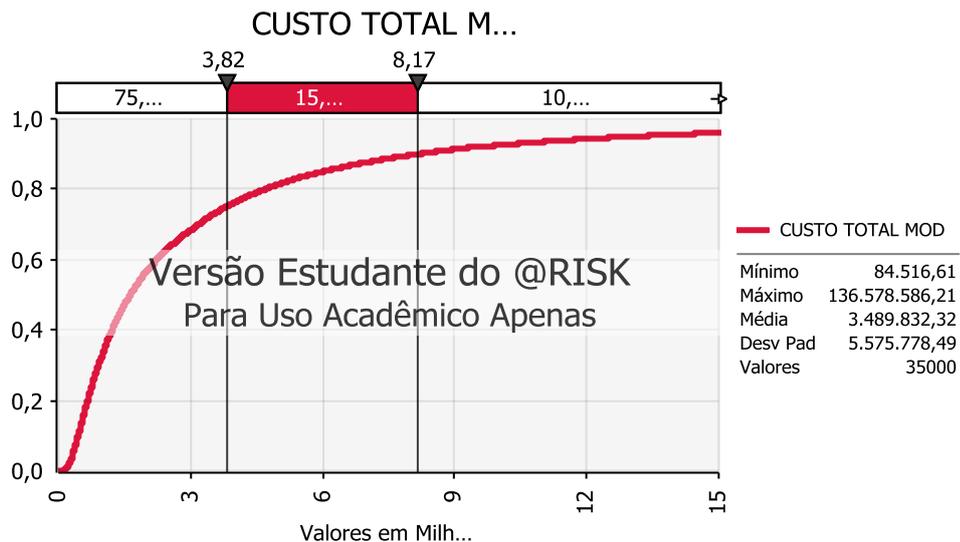


Figura 7.6: FPA do Custo Total da MOD.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

A Figura 7.7 apresenta o resultado da análise de sensibilidade no gráfico de radar e mostra como o valor estatístico de saída modifica conforme os dados de entrada da amostra mudam. Verifica-se que o custo total da MOD apresenta uma variação significativamente maior à medida que o índice de produtividade aumenta na faixa entre 75% e 90%. Entretanto, dentro dessa faixa de análise, ao se comparar a variação do custo do Hh da MOD, em torno de 16,21%, e variação do índice de produtividade, em torno de 113,5%, dentre essas duas variáveis, o impacto no custo total da MOD foi causado devido o grande aumento do índice de produtividade Hh/t quando o risco foi reduzido.

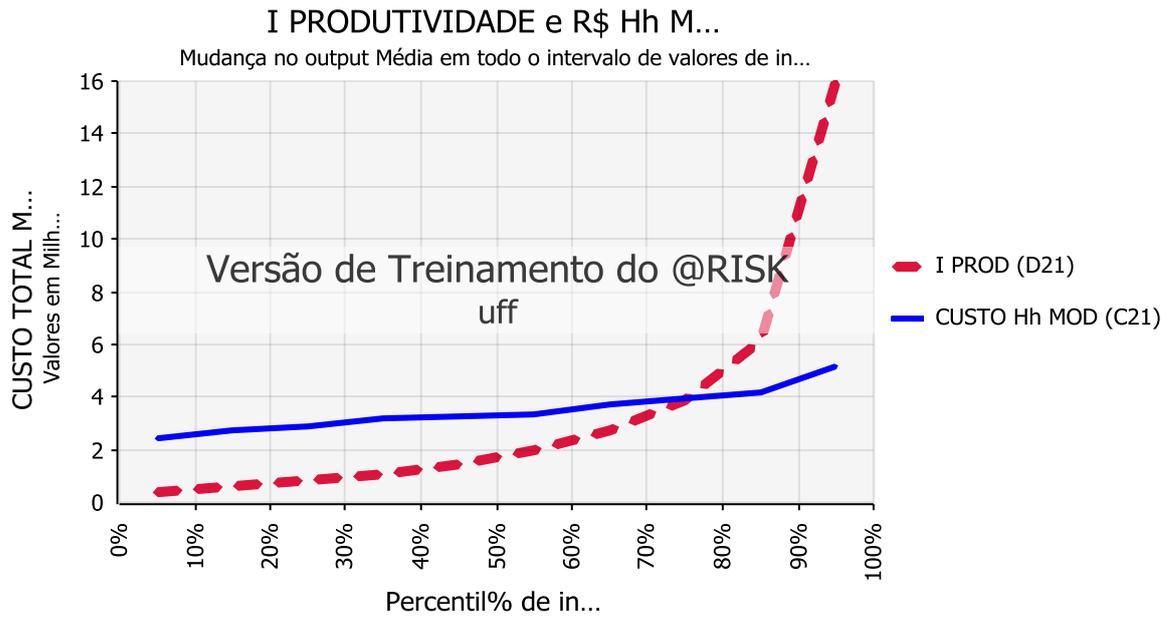


Figura 7.7: Gráfico de Radar do Hh da MOD e do Índice de Produtividade x Custo Total da MOD.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

No Quadro 7.6 a seguir apresenta o sumário estatístico da FPA do Custo do Hh da mão de obra indireta (MOI); Preço Equipamento e Material; e Custo Extra.

Sumário Estatístico da FPA do Custo do Hh MOI, do Custo Total da MOI, Preço Equipamento e Material, Custo Extra							
Percentil R\$ Hh MOI		Percentil Custo Total MOI (R\$)		Percentil R\$ Equip e Mat		Percentil Custo Extra (%)	
5%	10,05	5%	70.780,06	5%	3.603.818,73	5%	0,027925
10%	11,00	10%	77.453,42	10%	3.820.711,87	10%	0,0312115
15%	12,14	15%	85.453,63	15%	3.981.022,12	15%	0,0337119
20%	13,25	20%	93.271,81	20%	4.121.340,40	20%	0,0358229
25%	14,51	25%	102.142,04	25%	4.244.084,49	25%	0,0376588
30%	15,75	30%	110.853,14	30%	4.358.097,22	30%	0,039322
35%	17,13	35%	120.620,00	35%	4.457.253,76	35%	0,0408852
40%	18,67	40%	131.429,70	40%	4.551.742,99	40%	0,0423313
45%	20,25	45%	142.573,60	45%	4.642.208,38	45%	0,0437019
50%	21,96	50%	154.602,67	50%	4.724.526,42	50%	0,0449657
55%	23,84	55%	167.857,41	55%	4.805.420,61	55%	0,0462366
60%	26,07	60%	183.541,39	60%	4.882.819,61	60%	0,0475754
65%	28,55	65%	200.993,34	65%	4.955.215,38	65%	0,048982
70%	31,45	70%	221.385,95	70%	5.025.533,23	70%	0,0505572
75%	34,84	75%	245.259,27	75%	5.094.858,38	75%	0,0523391
80%	39,05	80%	274.944,49	80%	5.161.210,87	80%	0,0541401
85%	44,07	85%	310.263,45	85%	5.226.609,03	85%	0,056135
90%	51,59	90%	363.184,37	90%	5.308.868,88	90%	0,0586932
95%	64,26	95%	452.411,45	95%	5.413.997,43	95%	0,0620814

**Quadro 7.6: Resultado da FPA do Hh da MOI, custo total da MOI, custo total de equipamentos e material, e custo extra.
Fonte: Elaborado pela Autora (2013).**

De acordo com o resultado do Quadro 7.6 e do gráfico da FPA apresentado na Figura 7.8, verifica-se que para a probabilidade de 75% o custo do Hh da MOI está em torno de R\$ 34,84, assumindo-se um o risco de 25% do valor desse custo ser maior. Do mesmo modo, para a probabilidade de 90% o custo total da MOI está em torno de R\$ 51,59, diminuindo o risco para 10% do valor desse custo ser maior. Dentro dessa faixa de variação de 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, para a contratada assumir um risco máximo de 10%, houve um aumento no custo do Hh da MOI em torno de 47,50%.

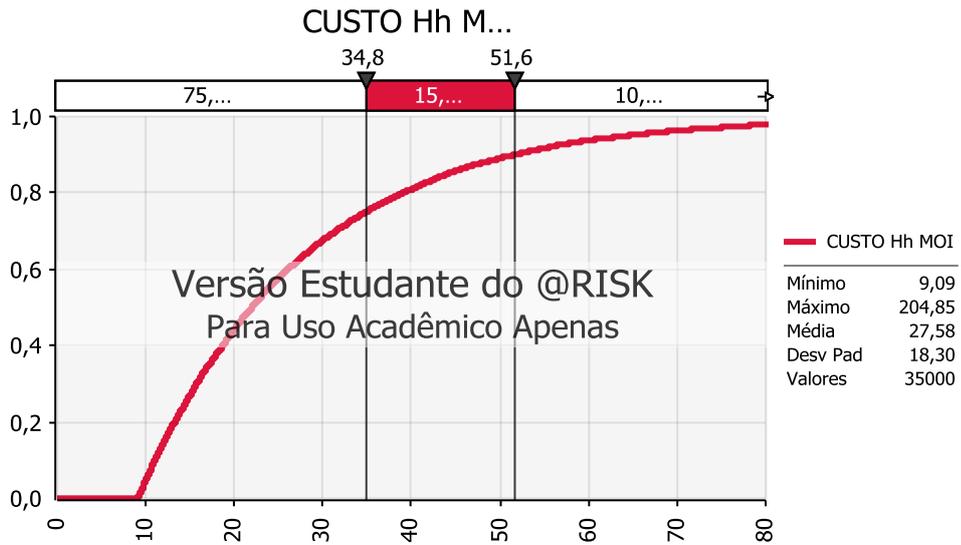


Figura 7.8: FPA do Custo do Hh da MOI.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Conforme o resultado do Quadro 7.6 e do gráfico da FPA apresentado na Figura 7.9, verifica-se que quando a contratada assume um risco de 25% o custo do total da MOI será menor ou igual a R\$ 245.259.27, representando 75% de probabilidade de ocorrência, e, quando a contratada assume um risco de 10% o custo total da MOI será maior ou igual R\$ 363.184.37, representando 90% de probabilidade de ocorrência. O observa-se que nessa faixa de variação há um aumento no custo do total da MOI em torno de 48,08%.

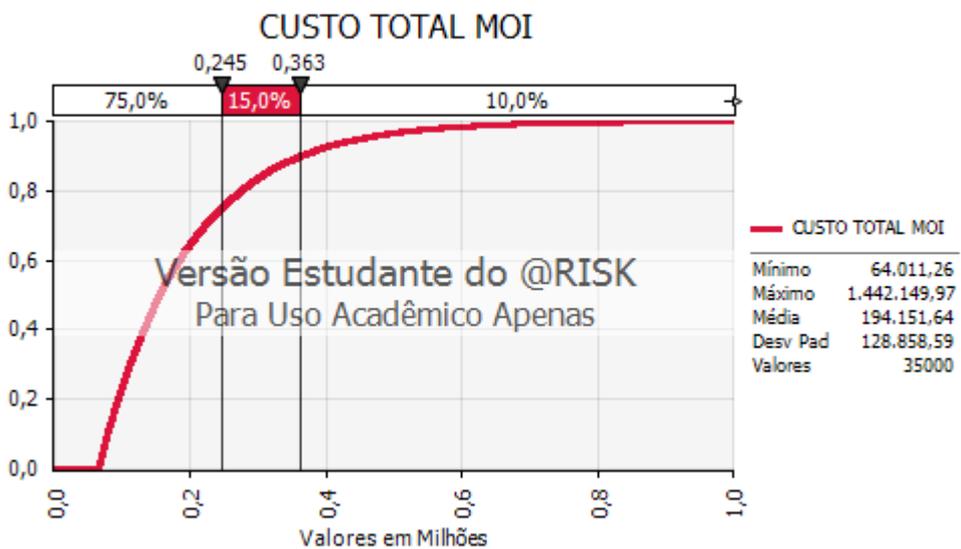


Figura 7.9: FPA do Custo do total da MOI.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Entretanto, embora a variação do custo do total da MOI na FPA tem sido de 48,08% a Figura 7.10 mostra no gráfico de radar que em relação ao custo total da obra de CM, o custo do total da MOI não apresentou mudança significativa.

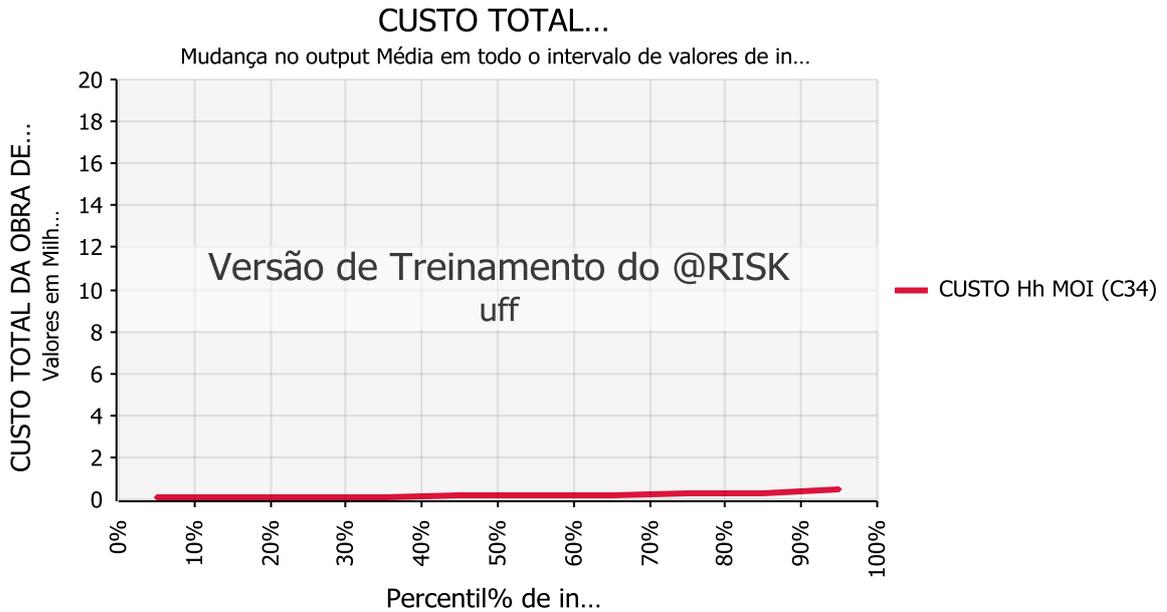


Figura 7.10: Gráfico de radar do custo total da MOI x custo total da obra de CM.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

A Figura 7.11 verifica-se que para a probabilidade de 75%, o custo total de equipamento e material está em torno de R\$ 5.094.858,38 assumindo um risco de 25% do valor desse custo ser maior. Do mesmo modo, para a probabilidade de 90%, o custo total de equipamento e material está em torno de R\$ 5.308.868,88 para o risco de 10% do valor desse custo ser maior. O observa-se que nesse caso, a faixa de variação no aumento do custo de equipamento e material foi em torno de 4,2% para a diminuição do risco em 15 %.

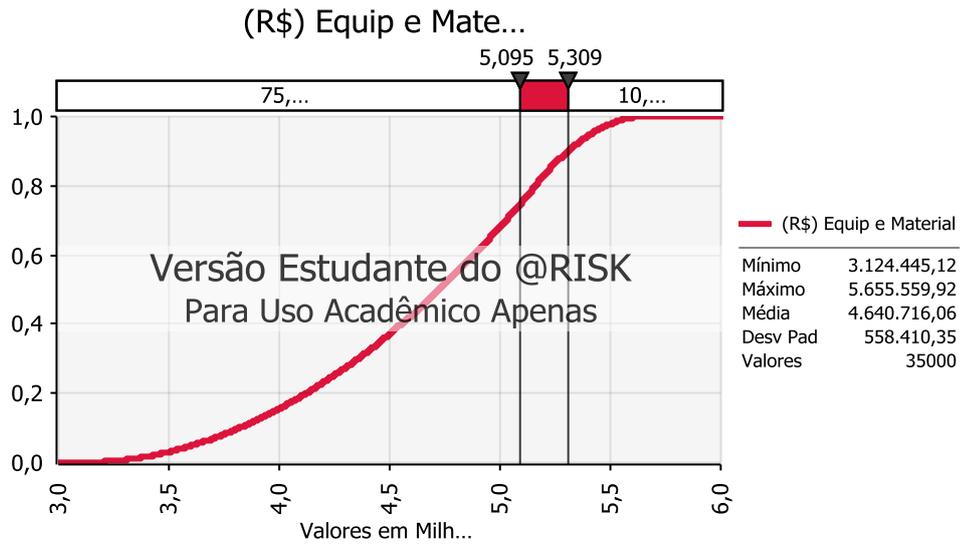


Figura 7.11: FPA do Preço Total de Equipamentos e Materiais.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Entretanto, embora a variação no custo total de equipamento e material tenha sido em torno de 4,2%, na Figura 7.12, no resultado do gráfico de radar se observa que ao comparar o custo de equipamento e material em relação ao custo total da obra de CM existe mudança na faixa de variação entre 75% e 90%.

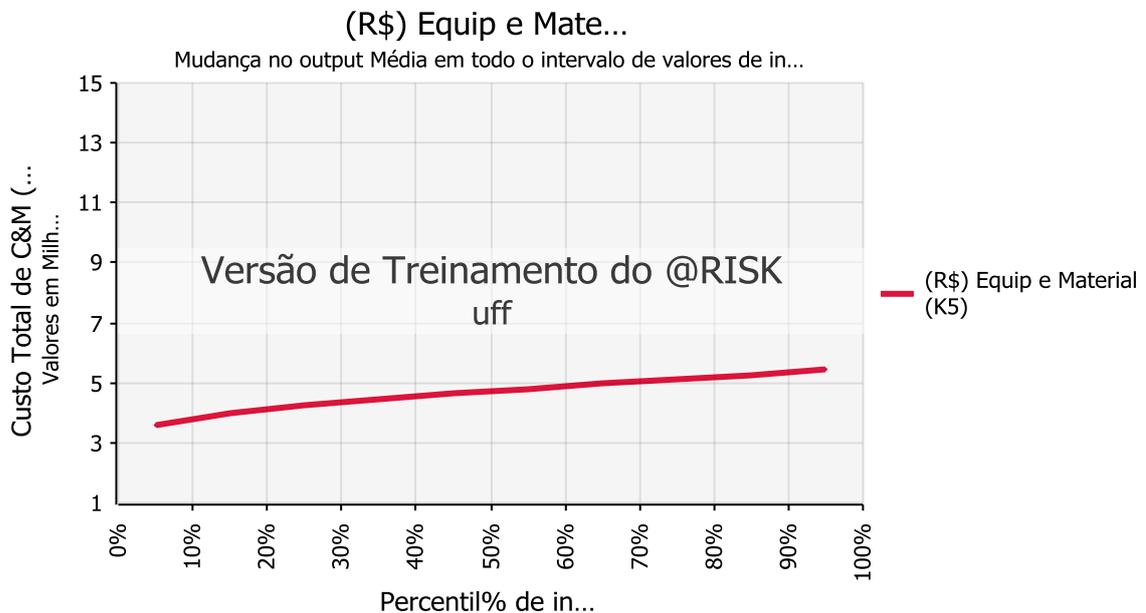


Figura 7.12: Gráfico de Radar do Preço de Equipamentos e Materiais x custo total da obra de CM.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

No resultado do Quadro 7.6 e do gráfico da FPA, conforme mostrado na Figura 7.13 a faixa de variação do percentual de custo extra é pequena, ou seja, caso a contratada assumira um risco de 25% o seu CE ficará em torno de 5,23% e para assumir um risco de 10% o seu CE ficará em torno de 5,87%.

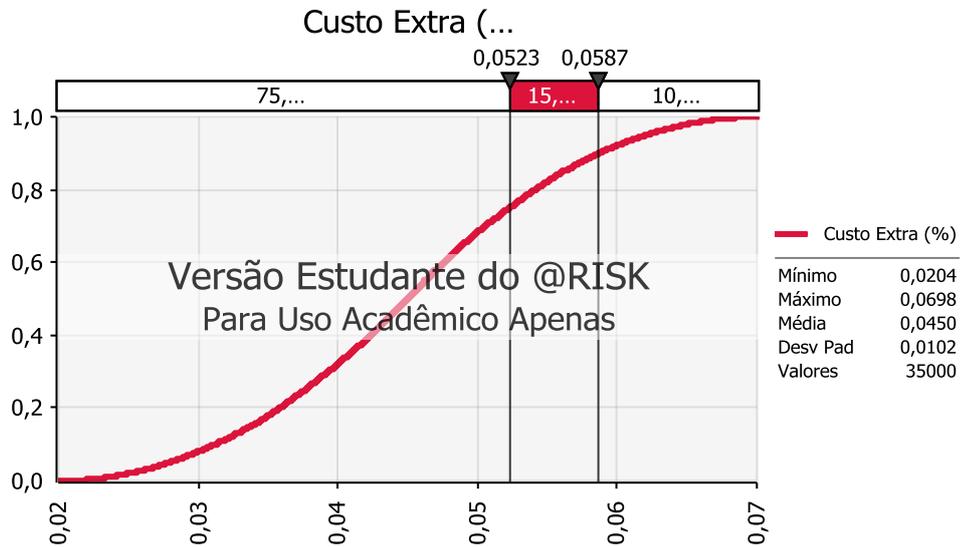


Figura 7.13: FPA do Custo Extra (%).
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

A Figura 7.14 mostra no gráfico de radar que a variável do (%) do custo extra, tem pouca influência em relação à variação do custo total da obra de CM.

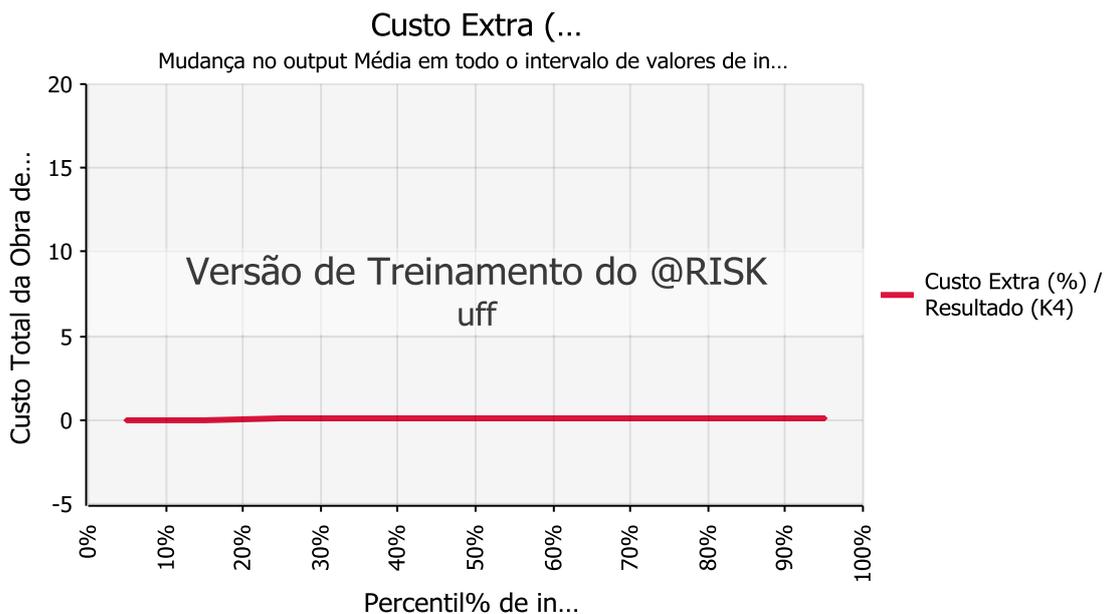


Figura 7.14: Gráfico de Radar do Custo Extra (%) x custo total da obra de CM.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

No Quadro 7.7 a seguir apresenta o sumário estatístico da FPA do Custo do total da obra de CM e do custo/kg.

Sumário Estatístico da FPA do Custo Total da Obra de CM			
Percentil Custo Total da Obra (R\$)		Percentil Custo da Obra (R\$/kg)	
5%	4.930.848,78	5%	3,58
10%	5.277.882,93	10%	3,84
15%	5.540.826,70	15%	4,03
20%	5.742.864,74	20%	4,17
25%	5.929.490,76	25%	4,31
30%	6.090.868,00	30%	4,43
35%	6.260.086,74	35%	4,55
40%	6.442.724,36	40%	4,68
45%	6.643.968,58	45%	4,83
50%	6.883.482,48	50%	5,00
55%	7.154.930,97	55%	5,20
60%	7.490.178,04	60%	5,44
65%	7.894.255,58	65%	5,74
70%	8.428.113,54	70%	6,13
75%	9.100.419,32	75%	6,61
80%	10.002.957,41	80%	7,27
85%	11.406.272,10	85%	8,29
90%	13.571.102,16	90%	9,86
95%	18.703.565,54	95%	13,59

Quadro 7.7: Resultado da FPA do custo total da obra de CM e do custo da obra/kg.

Fonte: Elaborado pela Autora (2013).

De acordo com o Quadro 7.7 e da Figura 7.15, observa-se que para a probabilidade de 75%, o custo total da obra de CM está em torno de R\$ 9.100.419,32 assumindo-se o risco de 25% do custo ser maior. Do mesmo modo, há 90% de probabilidade, do custo estar em torno de R\$ 13.571.102,16 assumindo-se o risco de 10% de ultrapassar este valor. Verifica-se que para a contratada diminuir o risco em 15%, ou seja, de 25% para 10%, há um aumento significativo no custo total da obra, com uma variação em torno de 49,12%.

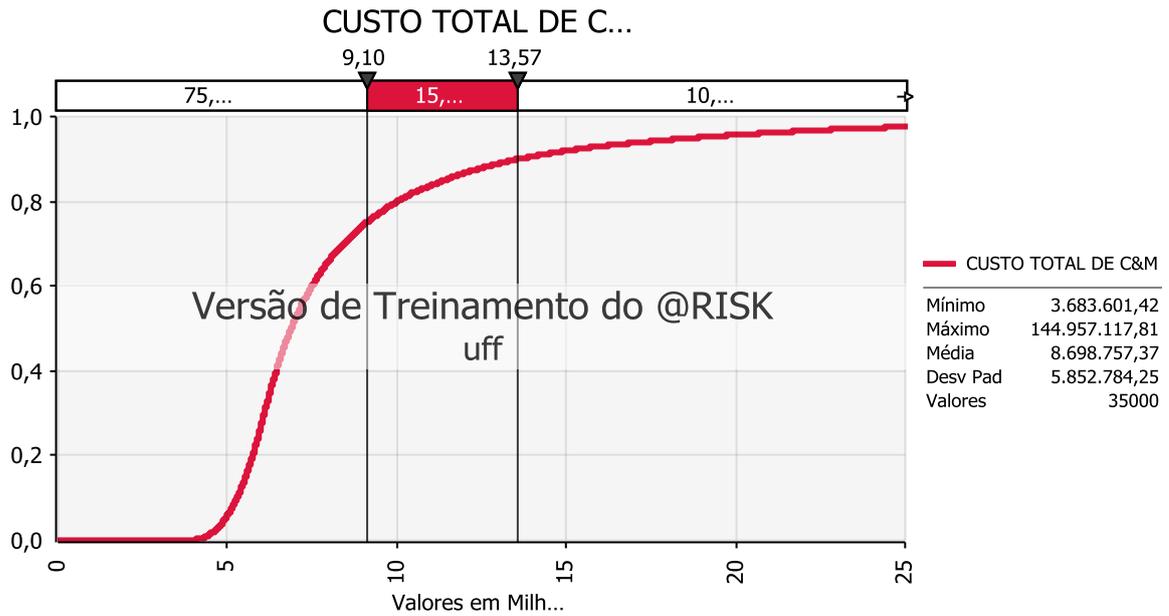


Figura 7.15: FPA do Custo total da obra de CM
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

A Figura 7.16 mostra o resultado da análise de sensibilidade no gráfico de radar das variáveis de “input” em relação ao custo total da obra de CM, onde se observa que no conjunto, o índice de produtividade apresenta o impacto maior, seguido do custo do Hh da MOD, do preço de equipamento e material, do custo do Hh da MOI e do custo extra.

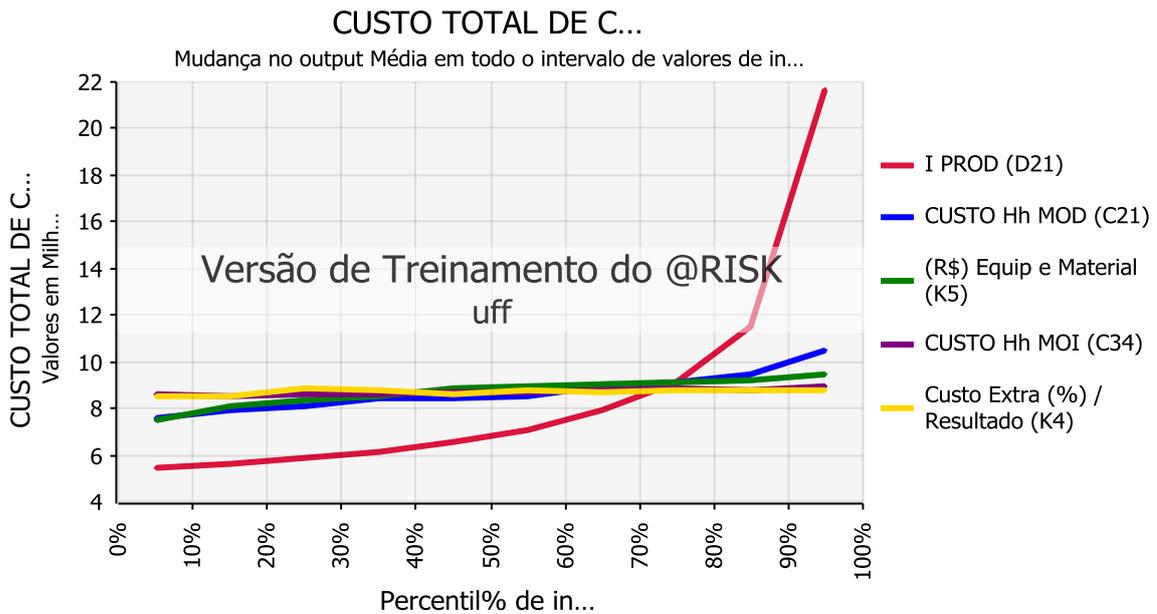


Figura 7.16: Gráfico de Radar do Custo Total da obra de CM.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Conforme apresentado no Quadro 7.7 e na Figura 7.17, ao se analisar o custo da obra/kg, observa-se que para a probabilidade de 75%, o custo da obra/kg está em torno de R\$ 6,61/kg assumindo-se o risco de 25% do custo ser maior. Do mesmo modo, há 90% de probabilidade, do custo da obra/kg ser em torno de R\$ 9,86/kg, assumindo-se o risco de 10% de ultrapassar este valor. Verifica-se que para a contratada diminuir o risco em 15%, ou seja, de 25% para 10%, há um aumento significativo no custo total da obra, com uma variação em torno de 49,12%.

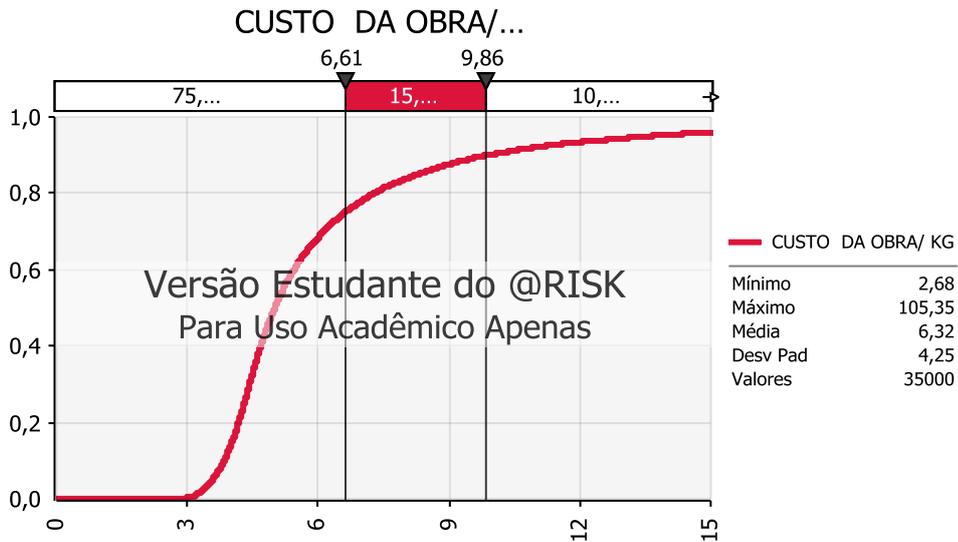


Figura 7.17: FPA do Custo da obra de CM/ Kg (%).
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Em relação ao resultado da análise de sensibilidade, no gráfico de radar mostrado na Figura 7.18 a variável de “input” com maior impacto no custo da obra/kg é o índice de produtividade, seguido do custo do Hh da MOD, do preço de equipamento e material, do custo do Hh da MOI e do custo extra.

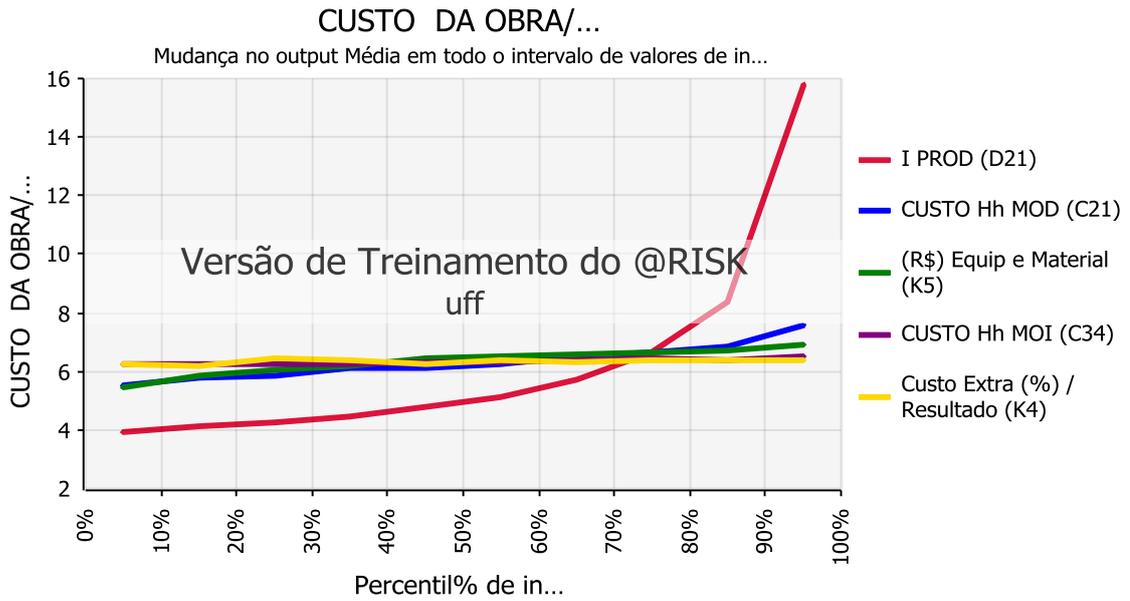


Figura 7.18: Gráfico de Radar do Custo da obra de CM/ Kg (%).
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

A Figura 7.19 apresenta o resultado da análise de sensibilidade no gráfico de tornado que mostra a oscilação das variáveis de “input” mais significativas em relação ao valor estatística da média do “output”. Do mesmo modo, observa-se que a variável do índice de produtividade apresenta a maior variação, seguido da variável mão de obra direta e equipamentos e materiais. No caso da variável de mão de obra indireta e do custo extra as oscilações foram pouco significativas.

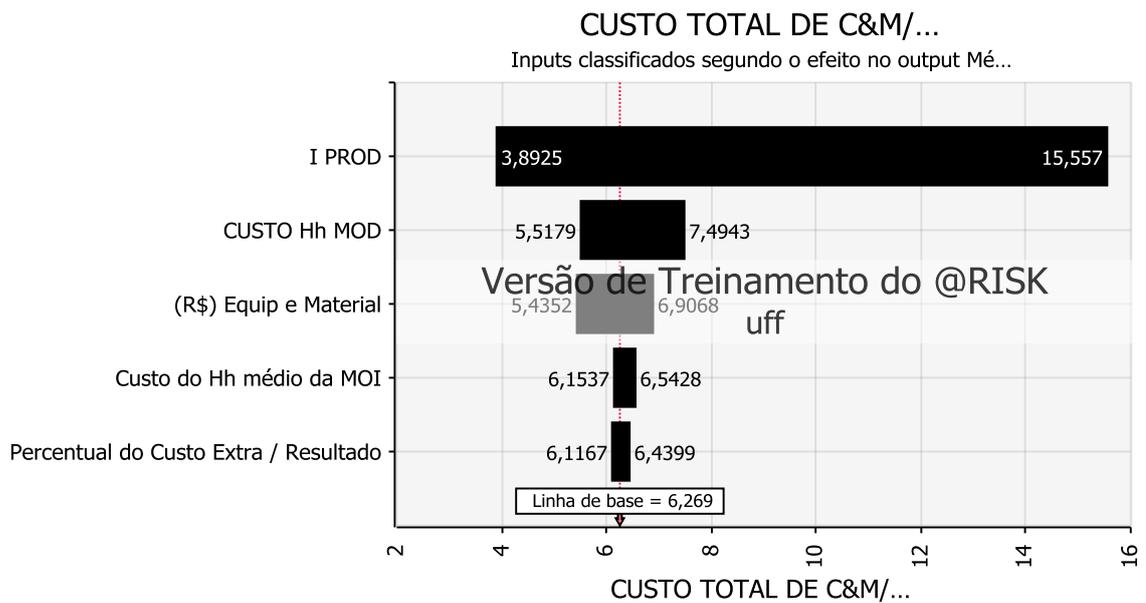


Figura 7.19: Gráfico de Tornado do custo total da obra/ Kg.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Com base nos resultados obtidos no modelo de custo rodado, será analisado na Figura 7.20 o preço de venda praticado pela FORRM (R\$/kg).

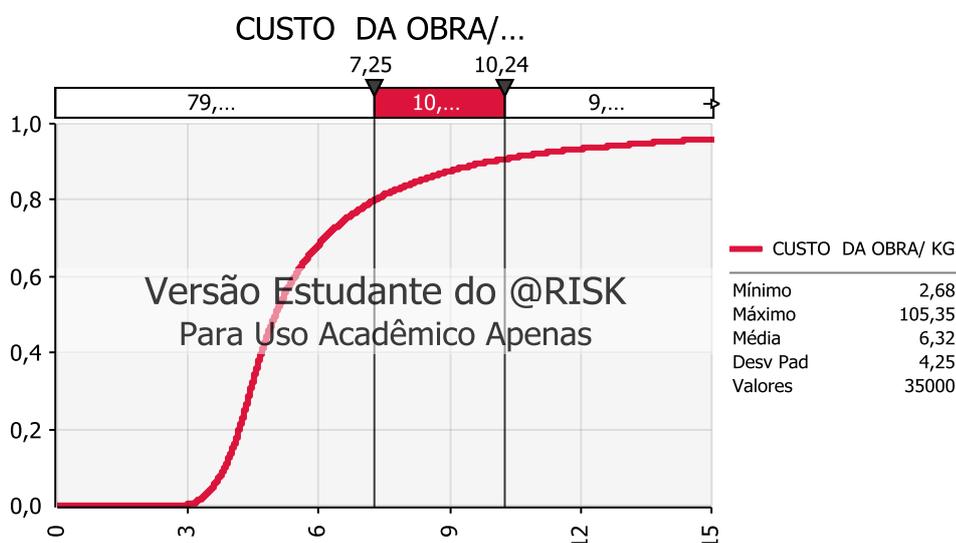


Figura 7.20: FPA do custo da obra/ kg considerando o preço de venda/kg praticado pela FORRM.
Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Ao se comparar os preços praticados pela FORRM mostrados na Figura 7.20, verifica-se que: quando a FORRM orçou o preço inicial da obra de construção e montagem em R\$ 7,25/kg, estava assumindo um risco em torno de 20,2% do preço ser superior a sua estimativa inicial. Entretanto, o preço de venda por ela praticado foi de R\$10,24/kg assumindo o risco em torno de 9,2% do preço ultrapassar este valor. Entretanto, para que a contratada reduzisse o risco em 10,9%, o seu preço de venda aumentou cerca de 41,24%.

Na análise dos resultados do experimento verificou-se que a variável de “input” que mais impactou o custo total da obra foi o índice de produtividade, em detrimento das outras variáveis analisadas conforme mostrado no gráfico de tornado da Figura 7.19.

Ao verificarmos a faixa de variação da probabilidade de 75% para 90% no Quadro 7.5, o custo do Hh da MOD aumentou em 16,21% enquanto que o aumento do índice de produtividade foi de 113,15% com um impacto de 113,87% de aumento no custo total da MOD.

Uma vez que o custo do Hh da MOD teve pequena variação de aumento em comparação ao índice de produtividade, para a redução do risco no preço de venda a FORRM provavelmente considerou um índice de produtividade (Hh/t) maior, aumentando o custo total da MOD, a fim de reduzir o seu risco no preço de venda praticado.

Isso significa que a medida que diminuiu o risco em relação ao preço de venda da obra, aumentou o risco da produtividade da mão de obra ser baixa.

Por outro lado, o índice de produtividade médio da obra foi em torno de 140,99 Hh/t. Ao assumir um alto valor no índice de produtividade para reduzir o risco do preço de venda a FORRM mostrou uma postura avessa em relação ao risco, sendo que para ela a utilidade está em reduzir o risco no preço de venda e não o risco de melhorar a produtividade da obra.

7.3.3 Análise da aplicação do modelo de análise de risco e dos resultados

Para a realização de qualquer análise de risco em projeto, quer seja em relação à confiabilidade, prazo ou custo, é fundamental que os dados analisados, tenham credibilidade e representem da melhor modo possível a situação real que se pretende analisar.

O primeiro passo na aplicação do modelo de análise de risco é identificação das variáveis de incerteza que se pretende analisar, que de acordo com o modelo proposto para o estudo de caso, apresentou coerência entre as variáveis que foram analisadas.

A proposta do modelo de análise e risco foi ajustada em concordância aos dados disponíveis do estudo de caso. Assim, o modelo aplicado foi para analisar o risco da contratada ao estimar o custo da obra de montagem de estruturas metálicas, considerando as seguintes etapas no desenvolvimento dessa análise:

1. Levantamento dados históricos com base nos documentos fornecidos pela FORRM (contratada), da pesquisa de campo e da revisão bibliográfica;
2. Análise de cada conjunto de dados das variáveis que compõe o modelo. Para alguns conjuntos de dados o ajuste de distribuição foi determinado

diretamente no @RISK, adotando o teste Qui-Quadrado como teste de aderência, a fim de verificar a distribuição de probabilidade que melhor representasse cada um deles. Para análise de outras variáveis do modelo, por não haver dados históricos suficientes, a distribuição foi arbitrada com base no fornecimento de documentos pela FORRM e informações da literatura, como foi o caso da variável do Preço de equipamento e materiais, e custos extras, cuja distribuição adotada foi a triangular;

3. Ajuste de todos os “*outputs*” ou resultados de saída e dos “*inputs*” ou dados de entrada;
4. Estabelecimento do número de classes, de acordo com os “*inputs*”, considerando o valor automático colocado pelo @RISK na configuração da simulação.
5. Estabelecimento do gerador da simulação que no presente caso foi o “*Mersenne Twister*”, por se constituir no mais novo gerador que vem sendo utilização no processo de simulação;
6. Estabelecimento do número mínimo de iterações, com o grau de confiança fixado em 97,5%, sendo que, o número de iterações mínimo foi determinado, quando todas as variáveis do modelo apresentaram convergência com o grau de confiança adotado na simulação. Para a verificação se o número de iterações adotadas foi suficiente para a representação da distribuição de probabilidade de cada conjunto de dados aplicou-se o teste Qui-Quadrado. É interessante colocar que no caso da análise de risco na estimativa de custo em empreendimento, para se conseguir o nível de confiança requerido de 97,5%, foi preciso uma simulação com 35.000 iterações. Entretanto, estes resultados foram bem superiores, aos números de iterações sugeridos na revisão bibliográfica recomenda entre 50 e 1000 iterações, para a análise de risco de custo em empreendimentos, porém os autores não especificaram o estabelecimento de grau de confiança mínimo para os valores indicados;
7. Após o cumprimento das etapas anteriores, iniciou-se o processo de simulação no @RISK;

8. Geração dos relatórios de detalhamento estatístico das variáveis de “input” ou entrada e “output” ou saída, resultantes da simulação;
9. Proceder à análise de sensibilidade das variáveis do modelo a fim de verificar as que mais afetaram o custo do empreendimento.

Após a realização das etapas descritas, verificou-se que, numa tomada de decisão, poder analisar separadamente cada variável que compõe o modelo de análise de risco do custo do projeto, auxilia no quanto de risco se deseja assumir ou evitar, em uma ou mais variáveis.

No resultado do modelo de custo rodado, após a aplicação da análise de sensibilidade, constatou-se que a variável do índice de produtividade apresentou maior influência na estimativa de custo da obra, pois como o índice de produtividade mede a quantidade de Hh (Homem hora) gasta para montar uma tonelada de estrutura, quanto maior o número de Hh gasto, maior será o impacto no custo total da MOD e pior será a produtividade.

Em relação à estimativa de custo do total da MOD, quanto maior o valor estimado, menor será o risco, conforme o exemplo do Quadro 7.5:

Custo total da MOD P(75%) – R\$ 3.819.182,29 para o risco de P(25%).

 P(90%) – R\$ 8.165.518,70 para o risco de P(10%).

Em relação à medição da produtividade da mão de obra, quanto menor for a quantidade de Hh utilizada na montagem de uma t de estrutura melhor será a produtividade da obra. Entretanto, verifica-se que neste caso, de acordo com o Quadro 7.5, quanto menor for a estimativa do índice de produtividade requerido para a melhoria da produtividade, maior será o risco incorrido, ou seja:

Produtividade P(75%) – IP = 154,70 Hh/t

 P(90%) – IP = 330,74 Hh/t

Para a contratada melhorar a produtividade da mão de obra, ao assumir um risco de 25%, há 75% de probabilidade do índice de produtividade ser menor ou igual a 154,70 Hh/t. Neste caso, o risco aumenta, pois quanto maior for a

produtividade da mão de obra requerida, menor será o índice de produtividade (Hh/t).

Ao se diminuir o risco para 10% constata-se um aumento significativo do índice de produtividade para 330,74 Hh/t, cujo valor apresenta 90% de probabilidade de ocorrência. Contudo, ao assumir este valor, a contratada considera uma produtividade da mão de obra pior, em detrimento da diminuição do seu risco em relação ao custo do empreendimento.

8 CONCLUSÃO

A proposta do modelo de análise de risco de custo em obras de estruturas metálicas teve o objetivo de responder, como a contratada pode avaliar os riscos na estimativa do custo de um empreendimento de construção e montagem de estruturas metálicas. Para a busca desse objetivo, este trabalho foi dividido em duas fases: FASE 01 (Diagnóstico) e FASE 02 (Experimento).

Na FASE 01, dentro do universo pesquisado, verifica-se através da pesquisa bibliográfica que os trabalhos relacionados à análise de risco em empreendimentos da indústria da construção são bem reduzidos, e, ao restringir o foco da análise de risco em relação ao custo em empreendimentos de construção e montagem de estruturas metálicas, os resultados foram inferiores a 1%, mostrando que este assunto apresenta um campo vasto a ser pesquisado e desenvolvido. O mesmo foi observado em relação aos trabalhos relacionados à produtividade e medição dos indicadores de produtividade da mão de obra na construção e montagem de estrutura metálica. Da mesma forma, com o auxílio dessa pesquisa e do estudo de caso observa-se que para propor um modelo de análise de risco é necessário estabelecer o foco dessa análise, identificando as variáveis de incerteza que irão compor o modelo. Além disso, listar os fatores de risco de cada uma das fases do projeto. Entretanto, para este levantamento e posterior análise dos fatores de risco são necessárias as seguintes considerações: definir o tipo de contrato e a responsabilidade que cabe a cada uma das partes envolvidas, pois, foi constatado que um mesmo fator de risco pode impactar o projeto de modo diferente, dependendo do tipo de contrato e das variações de responsabilidade dos envolvidos dentro de um mesmo contrato. A partir da definição da responsabilidade da contratante e da contratada em cada fase do projeto, identificar o fator de risco, o

impacto em relação ao custo, prazo, produtividade, qualidade, técnico, e a classificação do evento de risco (interno ou externo). Os fatores de risco devem ser considerados no contexto de projetos de mesma natureza, em fases similares, mesma modalidade contratual, a fim de que os dados obtidos nas séries históricas sejam representativos para análise e a avaliação dos seus impactos, em cada uma das fases do projeto. Eles servem de referência na tomada de decisão, e auxiliam no desenvolvimento das ações de prevenção, controle e monitoramento do risco, ajudando na elaboração dos planos de contenção e de contingência.

Na FASE 02, utilizando os dados obtidos da FASE 01, verifica-se que: o software @RISK é uma ferramenta de grande auxílio, para rodar o modelo proposto de análise de risco na estimativa de custo de uma obra de estrutura metálica, aplicando a simulação de Monte Carlo em todas as variáveis de entrada e permitindo que os resultados sejam analisados separadamente para cada variável do modelo, (custo da mão de obra direta, custo da mão de obra indireta, produtividade, preço de material e equipamento e custos extras), ou em conjunto (custo total do projeto). Da mesma forma, com a posterior aplicação da análise de sensibilidade, ordena os resultados das variáveis que compõe o modelo, classificando-as do maior impacto para o menor impacto no custo do projeto, e auxilia na tomada de decisão em relação ao risco que se deseja assumir ou evitar. O experimento do modelo proposto permitiu avaliar o risco da contratada ao se estimar o custo de um projeto e mostrou que a produtividade da mão de obra é uma das variáveis que fortemente incide no custo do projeto, tendo em vista que uma produtividade baixa se constitui em um alto valor no índice de produtividade (Hh/t). Além disso, a variável produtividade é um fator de risco interno observado em todas as fases do projeto, tendo impacto direto no custo e no prazo da obra, o que é esperado em projetos de construção e montagem.

O modelo aplicado à fase de construção e montagem se constitui em uma parte do modelo geral da análise de risco na estimativa de custo em empreendimentos de construção e montagem proposto, que igualmente pode ser rodado para as demais fases (projeto básico; projeto detalhado, suprimentos e comissionamento) separadamente, ou em conjunto, podendo ser ajustado e

analisado de acordo com o tipo de contrato, tipo de obra, e, sob o ponto de vista da contratada ou da contratante.

Neste contexto este trabalho busca demonstrar que o assunto análise de risco em projetos apresenta um extenso campo a ser explorado e pesquisado, principalmente com relação à identificação dos fatores de risco que impactam o projeto, as suas diferenças, conforme a sua classificação, o tipo de contrato, o arranjo contratual acordado entre as partes (contratante e contratada), e, a aplicação do modelo de análise de risco na estimativa do custo do projeto nas demais fases do empreendimento.

A grande dificuldade em proceder a análise de risco em projetos de construção está na obtenção e confiabilidade dos dados. Deste modo, é oportuno e interessante, que a indústria de construção e montagem se alie à academia, a fim de que os resultados de qualquer pesquisa nesta área possam representar o mais próximo possível da realidade do projeto que estiver sendo analisado.

Sugerem-se para desenvolvimento de trabalhos futuros nessa linha de pesquisa, os seguintes assuntos:

- Identificação e análise dos fatores de risco das fases de empreendimentos de construção e montagem de mesma natureza, considerando: as fases do projeto, o tipo de contrato e as responsabilidades das partes e aplicação da proposta do modelo de análise de risco na estimativa do custo para cada uma das fases do projeto.
- Aplicação de um modelo de análise de risco na estimativa do custo da fase de projeto de engenharia sob o ponto de vista da contratante ou sob o ponto de vista da contratada.
- Aplicação de um modelo de análise de risco na estimativa do custo da fase de suprimento sob o ponto de vista da contratante ou sob o ponto de vista da contratada.
- Análise de risco em relação à produtividade da mão de obra direta.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E dos S.; TEIXEIRA, J. C. A. *Apresentação de Trabalhos Monográficos de Conclusão de Curso*. 10ª ed. Niterói, RJ: EdUFF. 2012, 83 p.

ADRIAN, J. J. *Construction Productivity: Measurement and Improvement*. Published by Stipes Publishing L.L.C. 204 W. University Ave, 2004. 558 p.

AKINTOYE, A. S.; MACLEOD, M. J. Risk analysis and management in construction. *International Journal of Project Management*. Great Britain: Elsevier Science Ltd. and IPMA, v.15, n. 1, p. 31-38, 1997.

ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. *Análise de Risco em Projetos*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia Ltda. 2009. 225 p.

ALENCAR, L. H. *Modelo Multicritério de Decisão em Grupo para Seleção de Fornecedores em Gestão de Projeto*. Recife, 2006. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2006.

APELAND, S.; AVEN, T. NILSEN, T. Quantifying uncertainty under a predictive, epistemic approach to risk analysis. *Reliability Engineering & System Safety*. Elsevier Science Ltd., v. 75, p. 93-102, jun./set. 2002.

AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDARD. *AS/NZS ISO 8402:1994*. Quality Management and Quality Assurance – Vocabulary, 1994. 9 p.

BERNSTEIN, P. L. *Desafio aos Deuses: A Fascinante História do Risco*. 14 ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 1997. 389 p.

BRASIL. LEI Nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 21 de junho de 1993. 49 p.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. de O. Análise do Risco na avaliação de projetos de investimento: Uma aplicação do Método de Monte Carlo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, 1998, São Paulo, v.1, n.6, 1998.

CARDOSO, F. F. Os países asiáticos formam mais engenheiros porque os jovens são atraídos pela profissão que é valorizada social e financeiramente. *Revista Construção Metálica*, Publicação Especializada da ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, São Paulo, n. 101, ano 2011, p. 12.

CASTILLO, E; SARABIA, J. M.; SOLARES, C.; GOMEZ, P. Uncertainty analyses in fault trees and Bayesian networks using FORM/SORM methods. *Reliability Engineering and System Safety*. Elsevier Science Ltd, v. 65, p. 29-40, 1999.

CASTRO, C. de M. *A Prática da Pesquisa*. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2006. 190 p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia Científica*. 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2002. 242 p.

CHANG, L.-M.; GEORGY, M. E.; ZHANG, L. *ENGINEERING PRODUCTIVITY MEASUREMENT*. The Construction Industry Institute. The University of Texas at Austin. 359 f. Under the Guidance of Research Team 156 Engineering Productivity Measurement Purdue University West Lafayette, Indiana August, 2001.

CHAPMAN, C.; WARD, S. Estimation and Evaluation: a minimalist first pass approach. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd. and IPMA, v. 18, p.369-383, set./fev. 2000.

CHAPMAN, C. B.; WARD, S. C.; BENNELL, J.A. Incorporating Uncertainty in Competitive Bidding. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd. and IPMA, v. 18, p.337-347, ago./jan. 2000.

CHAPMAN, Robert J. The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques. *International Journal of Project Management*. Great Britain: Elsevier Science Ltd and IPMA, v.16, n.6, p.333-343, 1998.

CHAPMAN, Robert J. The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd. and IPMA, v.19, p.147-160, may./out. 2001.

CHAROENNGAM, C.; YET, Chian-Yuan. Contractual risk and liability sharing in hydropower construction. *International Journal of Project Management*. Great Britain: Elsevier Science Ltd. and IPMA, v.17, n. 1, p. 29-37, 1998.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE (CII). *Benchmarking & Metrics Project Level Survey*. Version 10. Texas, Austin, 2007.104 f.

CONSTRUÇÃO METÁLICA. ESPECIAL. Capacidade Total: Investimentos na modernização e no aumento da capacidade colocam a indústria da construção metálica em condições de atender as demandas do país, principalmente para o PAC, Copa de 2014 e Olimpíadas de 2016. *Revista Construção Metálica*, Publicação Especializada da ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, São Paulo, n. 102, ano 2011, p. 26-30.

CONSTRUÇÃO METÁLICA. REPORTAGEM. Os desafios e oportunidades do aço na habitação em série. *Revista Construção Metálica*, Publicação Especializada da ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, São Paulo, n. 97, ano 2010, p. 10-15.

COSTA, H. G. *Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão*. Niterói, RJ, 2005. 104 p.

COSTA, S. P. da. *Glossário do Empreendimento – ABAST*. Petrobras - Petróleo Brasileiro S.A. Rio de Janeiro. 2012. 89 p.

CRESPO, A. A. *Estatística fácil*. 14 ed. São Paulo: Saraiva, 1996. 224 p.

CRUZ, C.; RIBEIRO, U. *Metodologia Científica Teoria e Prática*. 2 ed. Rio de Janeiro: Ancel Books do Brasil, 2004. 324 p.

DE SOUZA JR., D. I. The Bayesian Approach Sequential Life testing with an Underlying Weibull Model. *ESREL - Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability*. p. 617-621. 2002.

DEY, P. K.; OGUNLANA, S. O. Selection and application of risk management tools and techniques for build-operate-transfer projects. *Industrial Management & Data Systems*, s.l., v. 104, n. 4, p. 334-346, 2004.

DINSMORE, P. C. *Gerência de Programas e Projetos*. São Paulo: PINI, 1992. 176 p.

DUTRA, D. H. S.; TAVARES, C. E. D. Estimativas de Custos. Noções sobre a Estimativa de Custos na Engenharia. Petrobras: ENGENHARIA/SL/ECP. 2012. 110 slides.

EUROPEAN COMMISSION. Risk Management in the Procurement of Innovation. *Concepts and empirical evidence in the European Union*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. 124 p.

EXCEL 2007. Guia Radar do EXCEL. Disponível em: <http://guiadoexcel.com.br/grafico-radar-excel-2007>. Acesso em: 28/02/2012

FANTAZZINI, M. L. (Rev. Técnica). *Gestão de Riscos: a norma AS/NZS 4360:2004*. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia Editora, 2004. 33p. (Série Risk Management).

FERNANDES, P. S. T. *Montagens Industriais - Planejamento, Execução e Controle*. 1. Ed. São Paulo: Artliber Editora, 2005. 339 p.

FERREIRA, M. L. R.; MORANO, C. A. R.; FREIRE, I. J. *E&P 27.5 Métricas de Desempenho da Indústria - Relatório Final - BOOK 04*. PROMINP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural. Projeto E&P - 27.5 – Métricas de Desempenho da Indústria. Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2010, 244 p.

FERREIRA, M. L. R. et. al. *E&P 27.4 – Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia da Construção e Montagem - Relatório Gerencial: Cenário Nacional*. PROMINP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás

Natural. Projeto E&P 27.4 – Mapeamento do Estado da Arte da Tecnologia da Construção e Montagem. Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2009, 157 p.

FERREIRA, M. L. R. Competitividade Não Vem por Decreto. *Revista Brasil Energia*. Nº 319, p. 68-69, 2007.

FERREIRA, M. L. R. *Gestão de Contratos de Construção e Montagem Industrial*. 1 Ed. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense, 2004. 87 p.

FERREIRA, M. L. R. *Gerenciamento de Risco*. Niterói: UFF-TPC. 2001. (Notas da aula do Curso de Mestrado em Engenharia Civil).

FERREIRA, M. L. R. *Gestão de Contratos*. Niterói: UFF-TPC. 2001. (Notas da aula do Curso de Mestrado em Engenharia Civil).

FERREIRA, M. L. R. *Gerenciamento da Qualidade pela Contratante na Montagem Industrial de Plantas de Processo*. São Paulo, 1998. 329 f. + apêndice. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo. 1998.

FERREIRA, M. L. R. et. al. *Montagem Eletromecânica. Relatório Consolidado - Bahia Sul Celulose S. A.* Volume I – textos. Período – 15/08/1989 a 31/01/1992, 82 p.

FERSON, S.; GINZBURG, L. R. Different methods are needed to propagate ignorance and variability. *Reliability Engineering & System Safety*. Northern Ireland: Elsevier Science Limited, v.54, p. 133-144, 1996.

FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: Uma Breve Contribuição para o Desenho e Implementação de Estudos Empíricos e Estratégias no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*. v. 3, n. 2, p. 323-361, 2004.

FLANAGAN, R.; NORMAN, G. *Risk Management and Construction*. London: Blackwell Science, 1993. 208 p.

FONSECA, J. S. da; MARTINS, G. de A. *Curso de Estatística*. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1987, 286 p.

FORM Industrial Ltda. Procedimento de Montagem do Complemento do 2º Pavimento. Pernambuco. *Relatório Técnico*. 2011. 18 p.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J. E.; LAMB, R. *Decisões de Investimentos da Empresa*. São Paulo: Atlas, 1999. 295 p.

GANDRA, R. M. Comissionamento em projetos industriais de investimentos: Considerações sobre essa ferramenta de processo de controle da qualidade. 2011. Disponível em: <http://ogerente.com.br/rede/projetos/projetos-industriais-de-investimento#respond>. Acesso em: 16/04/2013.

GIOIA, A. L. S.; SILVA JUNIOR, I. F. da. *Avaliação de Metodologia para Medição da Produtividade na Atividade de Montagem de Tubulação em Obras Industriais*.

Niterói, 2007. 52 f. Monografia (Pós-Graduação em Montagem Industrial e Fabricação Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa Qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29. Mai/jun. 1995.

GOODPASTURE, J. C. Adding Probability to your “Swiss Army Knife”. 30th Annual Project Management Institute Seminars & Symposium Philadelphia, 1999, Pennsylvania, USA. *Anais...* USA: Printed Presented October 10 to 16, 1999.

GRANPROMETAL. Inserts Metálicos. Disponível em: <http://www.granprometal.com.br/>. Acesso em 14/03/2012.

GREY, S. *Practical Risk Assessment for Project Management*. New York: John Wiley & Sons, 1995. 140 p.

GROENENDAAL, W. J. H. Van; KLEIJNEN, J. P. C. On the assessment of economic risk: factorial design versus Monte Carlo methods. *Reliability Engineering & System Safety*. Northern Ireland: Elsevier Science Limited, v. 57, p. 91-102, 1997.

GUARNIER, C. R. F.; ARAÚJO, E. C. Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas. *Revista Construção Metálica*, Publicação Especializada da ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, São Paulo, n. 98, ano 2010, p. 33-34.

HADDAD, C. M. O tratamento estratégico para aquisições em projetos de Engenharia. Rio de Janeiro, 2007. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

HWEE, NG G.; TIONG, R. L. K. Model on cash flow forecasting and risk analysis for contracting firms. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd and IPMA, v.20, p.351-363, nov./abr. 2002.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. IE – Nº 01/2011. Norma Técnica para Elaboração de Orçamento de Obras de Construção Civil. São Paulo, 2011. 152 p.

JAAFARI, A. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd and IPMA, v.19, p. 89-101, out./jun. 2001.

JOVANOVIĆ, Petar. Application of sensitivity analysis in investment project evaluation under uncertainty and risk. *International Journal of Project Management*. Great Britain: Elsevier Science Ltd and IPMA, v.17, n. 4, p. 217-222, 1999.

JUNIOR, C. A Descoberta fará Brasil virar exportador de petróleo, diz Dilma. FOLHA ONLINE. 08 março de 2007. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u343968.shtml>. Acesso em: 12/12/2011.

KERZNER, H. *Gerenciamento de Projetos: Uma Abordagem Sistemática para Planejamento, Programação e Controle*. 10. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2011. 657 p.

KERZNER, H. *Gestão de Projetos as Melhores Práticas*. Porto Alegre: Bookman, 2002. 519 p.

KERZNER, H. *Project Management – A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. Toronto, Canada: John Wiley & Sons, 1998. 1180 p.

KIRCHSTEIGER, C. On the use of probabilistic and deterministic methods in risk analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. Elsevier Science Ltd, v.12, p. 399-419, 1999.

LAPPONI, J. C. *Projetos de Investimento*. São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 2000. 378 p.

LAU, H.-S.; LAU, A. H.-L.; KOTTAS, J. F. A comparison of procedures for estimating the parent probability distribution from a given set of fractiles. *European Journal of Operational Research*. Elsevier Science B. V., v. 120, p. 657-670, fev./set. 2000.

LEVINE, D. M.; BERENSON, M. L.; STEPHAN, D. *Estatística: Teoria e Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2000, 811 p.

LIMMER, C. V.. *Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras*. Rio de Janeiro, Livros e Técnicos e Científicos, 1997. 225 p.

LOPES, J. A. E. Produtividade da mão de obra em projetos de estruturas metálicas. São Paulo, 2001, 133 f. + apêndice. Dissertação (Curso de Mestrado em Engenharia de Produção) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Produção, São Paulo, 2001.

LUCCHINI, J. R. *Processos de Fabricação e Montagem de Estruturas Metálicas na Construção Civil*. São Paulo, 2009, 146 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Universidade Anhembi Morumbi. Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, 2009.

MANFREDINI, C. *O desenvolvimento do ensino de gerenciamento nos cursos de engenharia civil. Resumo (anotações de aula)*. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Campus de Guaratinguetá – FEG. Departamento de Engenharia Civil. Setembro/2005, 24 p.

MARSEGUERRA, M. et. al. Variance decomposition-based sensitivity analysis via neural networks. *Reliability Engineering & System Safety*. Elsevier Science Ltd, v. 79, p. 229-238, 2003.

MARTINS, C. M. *Avaliação da Função Utilidade do Segmento da Construção e seu Grau de Conhecimento do Processo de Gerenciamento de Riscos e das Técnicas de identificação e Análise*. Niterói, 2010. 333 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2010.

MARTINS, C. G.. *Aplicação das Técnicas de Identificação de Risco em Projetos de E & P*. 2006, 93f. Monografia (Pós-Graduação - MBA em Engenharia Econômica e Financeira) – Universidade Federal Fluminense – UFF, Niterói, 2006.

MARTINS, J. L. F. *Aplicação de Simulação com os Métodos de Monte Carlo e Hipercubo Latino na Estimativa da Produtividade no Processo de Soldagem por Eletrodo Revestido*. Niterói, 2011. 293 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2011.

MARTZ, H. F.; PICARD, R. R. On comparing PRA results with operating experience. *Reliability Engineering and System Safety*. Northern Ireland: Elsevier Science Limited, v. 59, p. 187-199, abr./set. 1998.

MÁTTAR NETO, J. Ao. *Metodologia Científica na Era da Informática*. São Paulo: Saraiva, 2002. 261 p.

MERNA, T.; VON STORCH, D. Risk Management of an Agricultural Investment in a Developing Country utilising the CASPAR programme. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd and IPMA, v. 18, p.349-360, fev./jul. 2000.

MIRANDA, Maria Bernadete. *Contrato de Empreitada*. Direito Brasil Publicações. 33 slides. Disponível em: <http://www.direitobrasil.adv.br/arquivospdf/revista/revistav61/aulas/ce.pdf> Acesso em 22 de Nov. 2012.

MITCHELL, D. W.; GELLES G. M. Risk-value models: Restrictions and applications. *European Journal of Operational Research*. Elsevier Science B. V., p. 1-12, ago./out. 2002.

MORANO, C. A. R.; M.; MARTINS, C. G.; FERREIRA, M. L. R. Aplicação das técnicas de identificação de Risco em empreendimentos de E & P. *Engvista*, v. 8, n. 2, p. 120-133, dez. 2006.

MORANO, C. A. R. *Aplicação das Técnicas de Análise de Risco em Projetos de Construção*. Niterói, 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2003.

MORANO, C. A. R.; M.; FERREIRA, M. L. R. Metodologias de Gerenciamento de Risco em Projetos. *Engvista*, v. 5, n. 8, p. 53-65, jun. 2003.

MOTA, C. M. de M. Modelagem Multicritério em Gerenciamento de Projetos. Pernambuco, 2005. 171 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2005.

NASCIMENTO, A. A importância do comissionamento. Publicado em 05/12/2012. Disponível em: <http://www.engenhariaearquitetura.com.br/blog/ciencias-da-vida/?p=558>. Acesso em 22/01/2013

OLIVEIRA, S. L. de. *Tratado de Metodologia Científica: projetos de pesquisa, TGI, TCC, Monografias, Dissertações e Teses*. 2ª ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 1999, 320 p.

PAGE, J. S., Nation, J. G. *Estimator's Piping Man Hours Manual*. First Revision. Houston – Texas: Gulf Publishing Company, 1967.157 p.

PALISADE CORPORATION. @RISK – Add-In do Microsoft Excel para Simulação e Análise de Riscos. Manual do usuário. Versão 6. Palisade Corporation: Ithaca, NY USA, março, 2013. 941 p.

PALISADE CORPORATION. @RISK – Add-In do Microsoft Excel para Simulação e Análise de Riscos. Manual do usuário. Versão 5.7. Palisade Corporation: Ithaca, NY USA, setembro, 2010. 739 p.

PECI - Portland Energy Conservation, Inc. *Establishing Commissioning Costs*. 2002. Disponível em: http://www.peci.org/sites/default/files/peci_newconcx1_1002.pdf. Acesso em 08/06/2013.

PERMINOVA, O.; et. al. Defining uncertainty in projects – a new perspective. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd. and IPMA, July/August. 2007

PETROBRAS – *Cartilha de Estimativa de Custos na Engenharia*. Engenharia/SL/ECP. Rev. F-08/11/2011. 2011. 24 p.

PETROBRAS – *Manual de gestão da Engenharia V.2: Implementação de Empreendimentos*. 2004/2005. 345 p.

PINHEIRO, A. P. B. Comissionamento ainda é pouco usado no Brasil. Notícia – Publicado em: 19/12/2012. Disponível em: <http://www.engenhariaearquitetura.com.br/noticias/631/Comissionamento-ainda-e-pouco-usado-no-Brasil.aspx> Acesso em: 21/01/2013.

PINHO, M. O. Transporte e Montagem. Série Construção em Aços. IBS/CBCA - Instituto Brasileiro de Siderurgia/ Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2005. 144 p.

PINI, M. S. Engenharia de Custos aplicada à Construção Civil. PINI Serviços de Engenharia. São Paulo. 33 p. Disponível em: www.piniweb.com Acesso em 28/11/2012.

PRITCHARD, C. L. *Risk Management – Concepts and Guidance*. Virginia: ESI International, 1997. 218 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (Guia PMBOK) – *Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos*. 4 ed. USA: Project Management Institute. 2008. 337 p.

PROMINP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gas Natural. Disponível em:

<http://www.prominp.com.br/data/pages/8A95488830FCBB0C013123EAF3952F61.htm>. Acesso em 24/05/2009.

PROMINP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural. *Aumento da Produtividade das Empresas de Construção e Montagem com Vistas à Melhoria da Competitividade da Indústria Nacional*. Projeto Abast 02. 2004. 13 p.

RAFTERY, J. *Risk Analysis in Project Management*. London, E & FN SPON, 1994. 137 p.

RAZ, T.; MICHAEL, E. Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management*. Elsevier Science Ltd. and IPMA, v.19, p. 9-17, 2001.

RIBEIRO, A. F. G. *Comissionamento de Edifícios Novos*. Portugal, 2008. 65 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal. 2008.

RISK ANALYSIS OVERVIEW. What is Monte Carlo Simulation? Disponível em [file:///C:/QuemSouEu/MeusDocumentos/What is monte carlo simulation.htm](file:///C:/QuemSouEu/MeusDocumentos/What%20is%20monte%20carlo%20simulation.htm) . Acesso em: 22/04/2002.

RISK ANALYSIS OVERVIEW. How do you analyze the results of a simulation? Disponível em [file:///C:/QuemSouEu/MeusDocumentos/Analysis results in spreadsheets.htm](file:///C:/QuemSouEu/MeusDocumentos/Analysis%20results%20in%20spreadsheets.htm). Acesso em: 22/04/2002.

RUIZ, J. A. *Metodologia Científica: Guia para eficiência nos estudos*. São Paulo: Editora Atlas, 1986. 170 p.

SEVERIANO, A. J. *Metodologia do Trabalho Científico*. 22^a. Ed. São Paulo: Cortez, 2002. 335 p.

SILVA, L. C. Riscos e Incertezas. Disponível em [file:///A:/riscos e incertezas.htm](file:///A:/riscos_e_incertezas.htm) Acesso em: 04/12/2001

SIMÕES, A.; HOUAISS. A. (Ed.) *Dic Michaelis UOL*. São Paulo: Melhoramentos Soft da Língua Portuguesa, 2001, CD-ROM UOL.

SLOVIC, P. *The Perception of Risk*. USA: Earthscan Publications Ltd, 2000. 501 p.

SOUZA, M. C. M. de. *Quantificação das Incertezas na Avaliação de Projetos: O Modelo Utilizado na Agência de Fomento do Estado da Bahia*. Florianópolis, 2004. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

STAMATELATOS, M. et. al. *Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practitioners*. Washington: NASA, 2002. 312 p.

STAVRANIDIS, P.; BHIMAVARAPU, K. Performance-based standards: Safety instrumented functions and safety integrity levels. *Journal of Hazardous Materials*. v. 71. p. 449-465. 2000.

TAH, J. H. M.; CARR, V. Towards a framework for project risk knowledge management in the construction supply chain. *Advances in Engineering Software*. Civil-Comp Ltd and Elsevier Science Ltd, v.32, p. 835-846, out. /fev. 2001.

TAVARES, N. S. A. *Gerenciamento do Desempenho: Um Estudo de Caso*. 2000, 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000.

TIXIER, J.; DUSSERRE, G.; SALVI, O.; GASTON, D. Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention*. Elsevier Science B. V., v. 15, p. 291-303, 2002.

VALERIANO, D. L. *Gerenciamento Estratégico e Administração por Projetos*. São Paulo: Makron Books, 2001, 295 p.

VALERIANO, D. L. *Gerência em Projetos – Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia*. São Paulo, Makron Books, 1998, 438 p.

VARGAS, R. V. *Gerenciamento de Projetos – Estabelecendo Diferenciais Competitivos*. 6 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005. 250 p.

VISSER, K.; JOUBERT, P. Risk Assessment Modelling for the South African Construction Industry. *PICMET 2008 Proceedings*, Cape Town, Africa, 2008, 27-31 July, p. 1371-1379.

WBDG – Whole Building Design Guide. Plan the Commissioning Process. *A program of the National Institute of Building Sciences*. WBDG Project Management Committee. Nov. 2012. 10 p.

WIDEMAN, R M. *Project & Program Risk Management – A Guide to Managing Project Risks*. USA: PMI, 1992.

WIKIPEDIA. *Comissionamento*. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/comissionamento>. Acesso em: 16/04/2013.

WILLIAMS, T. M. The two-dimensionality of project risk. *International Journal of Project Management*. Great Britain: Elsevier Science Ltd. and IPMA, v.14, n. 3, p. 185-186, 1996.

WINKLER, R. L. Uncertainty in probabilistic risk assessment. *Reliability Engineering & System Safety*. Northern Ireland: Elsevier Science Limited, v. 54, p.127-132, 1996.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. DELPHI – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*. São Paulo, v.1, n.12, 2000.

YIN, R. K. *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

ZHAO, T.; LI, J. Research on Risk Allocation in International Construction Projects. *IEEE*. 2010.

ZOU, P.X.W.; ZHANG, G.; WANG, J. Understanding the key risks in construction projects in China. *International Journal of Project Management*. Great Britain: Elsevier Science Ltd. and IPMA, v. 25, p. 601-614, 2007.

10 APÊNDICES

10.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A sequência de quadros que está descrito no Apêndice 10.1 se constitui em uma fonte de consulta a fim de demonstrar a combinação das palavras chave e a realização da pesquisa bibliográfica, bem como os resultados gerados no levantamento da literatura. Assim sendo, seguem abaixo os quadros resultantes desta pesquisa.

O Quadro 10.1.1 é apresentado o resultado parcial da pesquisa realizada no Banco Digital Brasileiro de Teses e Dissertações com o foco na área de engenharia.

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações					
Área: Engenharias					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
análise de risco					3976
análise de risco		projetos			184
análise de risco			construção		302
análise de risco		projetos	construção		37
análise de risco		projetos	construção	estrutura metálica	0
análise de risco		projetos		estrutura metálica	0
análise de risco			construção	estrutura metálica	0
análise de risco		projeto	construção	montagem	0
análise de risco	custo	projeto			20
análise de risco	custo		construção		19
análise de risco	custo	projeto	construção		6
análise de risco	custo	projeto	construção	estrutura metálica	0
análise de risco	custo	projeto	construção	montagem	0
análise de risco				estrutura metálica	1
gerenciamento		projeto	construção	estrutura metálica	0
gerenciamento		projeto		estrutura metálica	2
gerenciamento			construção	estrutura metálica	1
gerenciamento	risco	projeto	construção	estrutura metálica	0
gerenciamento	risco	projeto		estrutura metálica	0
gerenciamento	risco		construção	estrutura metálica	0
gerenciamento	risco	projeto	construção	montagem	0
gerenciamento		projeto	construção	montagem	2

Quadro 10.1.1: Resultado da Pesquisa bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

No Quadro 10.1.2 é apresentado o resultado parcial da pesquisa realizada no Banco Digital Brasileiro de Teses e Dissertações com o foco na área de engenharia.

Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações					
Área: Engenharias					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
aplicação		SMC - Simulação de Monte Carlo			58
aplicação		Teste de sensibilidade			63
técnicas	risco	SMC - Simulação de Monte Carlo			33
técnicas	risco	SMC	projetos		11
técnicas	risco	SMC	projetos	construção	4
técnicas	risco	SMC	projetos	montagem	0
técnicas	risco	SMC	projetos	estrutura metálica	0
técnicas	risco	SMC	projetos	construção e montagem	0
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	construção	0
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	montagem	0
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	estrutura metálica	1
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	construção e montagem	0
medição	produtividade	projetos	construção		1
medição	produtividade	projetos	construção	montagem	0
medição	produtividade	projetos	construção	estrutura metálica	0
desempenho		projetos	construção		173
desempenho		projetos	construção	montagem	6
desempenho		projetos	construção	estrutura metálica	3

Quadro 10.1.2: Resultado da Pesquisa bibliográfica.

Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

Nos Quadros 10.1.1 e 10.1.2 verifica-se que no volume de 3976 trabalhos na área de análise de risco menos de 1% correspondem à análise de risco relacionado a custos em projetos ou a custos em construção, sendo que nenhum trabalho foi encontrado na área de estruturas metálicas. Da mesma forma, com relação às técnicas de análise de risco, menos de 2% dos trabalhos se referem à aplicação da Simulação de Monte Carlo e Teste de Sensibilidade.

O Quadro 10.1.3 apresenta o resultado parcial da pesquisa realizada no Banco de Teses da CAPES com o foco em todas as áreas. O período utilizado para a busca de informações foi de 1987 até 2011:

PESQUISA - CAPES PERIÓDICOS - BANCO DE TESES					
Área: Geral					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
análise de risco					4284
análise de risco		projetos			343
análise de risco			construção		337
análise de risco		projetos	construção		65
análise de risco		projetos	construção	estrutura metálica	0
análise de risco		projetos		estrutura metálica	0
análise de risco			construção	estrutura metálica	20
análise de risco		projeto	construção	montagem	2
análise de risco	custo	projeto			55
análise de risco	custo		construção		31
análise de risco	custo	projeto	construção		9
análise de risco	custo	projeto	construção	estrutura metálica	0
análise de risco	custo	projeto	construção	montagem	0
gerenciamento		projetos	construção	estrutura metálica	0
gerenciamento		projetos		estrutura metálica	0
gerenciamento			construção	estrutura metálica	0
gerenciamento	risco	projetos	construção	estrutura metálica	0
gerenciamento	risco	projetos		estrutura metálica	0
gerenciamento	risco		construção	estrutura metálica	0
gerenciamento	risco	projeto	construção	montagem	0
gerenciamento		projeto	construção	montagem	0

Quadro 10.1.3: Resultado da Pesquisa bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

O Quadro 10.1.4 apresenta o resultado parcial da pesquisa realizada no Banco de Teses da CAPES com o foco em todas as áreas:

PESQUISA - CAPES PERIÓDICOS - BANCO DE TESES					
Área: Geral					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
técnicas	análise	risco			976
aplicação		SMC - Simulação de Monte Carlo			198
aplicação		Teste de sensibilidade			350
aplicação		Teste de sensibilidade na análise de risco			37
técnicas	risco				1361
técnicas	risco	SMC	projetos		5
técnicas	risco	SMC	projetos	construção	1
técnicas	risco	SMC	projetos	montagem	0
técnicas	risco	SMC	projetos	estrutura metálica	0
técnicas	risco	SMC	projetos	construção e montagem	0
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	construção	1
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	montagem	0
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	estrutura metálica	0
técnicas	risco	teste de sensibilidade	projetos	construção e montagem	0
medição	produtividade	projetos	construção		1
medição	produtividade	projetos	construção	construção e montagem	0
medição	produtividade	projetos	construção	estrutura metálica	0
desempenho		projetos	construção		232
desempenho		projetos	construção	montagem	4
desempenho		projetos	construção	estrutura metálica	4

Quadro 10.1.4: Resultado da Pesquisa bibliográfica.

Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

Nos Quadros 10.1.3 e 10.1.4 verifica-se que no volume de 4284 trabalhos na área de análise de risco menos de 10% estão relacionados com o custo em projetos ou em construção, sendo que na análise de risco em projetos de estrutura metálica nenhum trabalho foi encontrado e na análise de risco de construção em estruturas metálicas foi encontrado menos de 0,5%. Da mesma forma, com relação às técnicas de análise de risco, menos de 5% dos trabalhos se referem à aplicação da Simulação de Monte Carlo e menos de 10% à aplicação do Teste de Sensibilidade. É importante ressaltar que no caso desta busca de informações no banco de teses

da CAPES, não houve a limitação de área, o que demonstra que este assunto tem muito a ser pesquisado e desenvolvido.

Ao serem utilizadas as mesmas palavras chave em idioma estrangeiro para acessar o site do “*Science Direct*”, direcionou-se a pesquisa na seguinte área:

“*Engineering*” (engenharia)

O direcionamento para a área acima especificadas foi necessário uma vez que o número de informações foi superior a 1,200 milhão de documentos quando as palavras-chave eram colocadas abrangendo todas as áreas ao mesmo tempo, o que geraria a análise de muitos documentos fora do escopo do objeto e objetivo da pesquisa definidos nos itens 1.4 e 1.5 do Capítulo 01. Além, do foco deste trabalho é na área de engenharia.

Utilizando o mesmo procedimento anterior foram realizadas várias “combinações booleanas” (*AND*) e truncagem entre todas estas palavras a fim de se obter a filtragem e o foco das informações. O período utilizado para a busca de informações foi de 1993 até março de 2013:

No Quadro 10.1.5 são apresentados os resultados do levantamento dos artigos e periódicos no banco de dados fornecido no “*SCIENCE DIRECT*”, sendo que foram divididas a combinação das palavras-chaves em cinco grupos, com o objetivo de focar a pesquisa e delimitar a análise dos documentos obtidos.

PESQUISA - SCIENCE DIRECT					
Area: Engineering - 439.664					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
Risk analysis Model					38314
Risk analysis Model		Project			17766
Risk analysis Model			Construction		14455
Risk analysis Model		Project	Construction		10010
Risk analysis Model		Project	Construction	Metallic Structure	8519
Risk analysis Model		Project	Construction	Steel Structure	2442
Risk analysis Model		Project		Metallic Structure	1081
Risk analysis Model		Project		Steel Structure	3641
Risk analysis Model			Construction	Metallic Structure	1106
Risk analysis Model			Construction	Steel Structure	3983
Risk analysis Model	Project	Construction	Cost		6248
Risk analysis Model	Project		Cost		11977
Risk analysis Model		Construction	Cost		9457
Risk analysis Model	Project	Construction	Cost	Metallic Structure	534
Risk analysis Model	Project	Construction	Cost	Steel Structure	1855
Management	Project		Cost		26107
Management		Project	Construction	Metallic Structure	835
Management		Project	Construction	Steel Structure	3424
Management	Risk	Project	Construction	Metallic Structure	461
Management	Risk	Project	Construction	Steel Structure	1793

QUADRO 10.1.5: Levantamento da Pesquisa Bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

Ao serem analisados os resultados obtidos verifica-se que: entre os 439.664 documentos na área de engenharia os percentuais de trabalhos apresentados em relação à modelo de análise de risco correspondem a menos de 9%. No caso de modelos de análise de risco aplicados em estrutura metálica e estruturas em aço os resultados são respectivamente de 0,3% e 0,9%. Em relação aos modelos de análise de risco em relação ao custo do projeto e construção em estruturas metálicas, os resultados são menores ainda, ou seja, são respectivamente de 0,12% e 0,42%.

O Quadro 10.1.6 apresenta os resultados do levantamento dos artigos e periódicos no banco de dados fornecido no “SCIENCE DIRECT”.

PESQUISA - SCIENCE DIRECT					
Area: Engineering - 439.664					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
Risk	Technique	MCS - Monte Carlo Simulation			2837
Risk	Technique	MCS	Project		1340
Risk	Technique	MCS	Project	Construction	725
Risk	Technique	MCS	Project	Assembly	278
Risk	Technique	MCS	Project	Steel Structure	373
Risk	Technique	MCS	Project	Metallic Structure	108
Risk	Technique	MCS	Project	Construction and Assembly	206
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Construction	1710
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Assembly	849
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Steel Structure	958
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Metallic Structure	429
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Construction and Assembly	542

QUADRO 10.1.6: Levantamento da Pesquisa Bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

No caso das técnicas de análise de risco, dos resultados obtidos entre os 439.664 documentos na área de engenharia, os percentuais de trabalhos apresentados em relação à aplicação da Simulação de Monte Carlo e Teste de Sensibilidade em projetos de estrutura metálica, estruturas em aço e construção e montagem correspondem a menos de 0,3%. No caso dos modelos de análise de risco aplicados ao custo do projeto e construção em estruturas metálicas, os resultados são menores ainda, ou seja, são respectivamente de 0,12% e 0,42%.

O Quadro 10.1.7 apresenta os resultados do levantamento dos artigos e periódicos no banco de dados fornecido no “SCIENCE DIRECT”.

Pesquisa realizada no Science Direct					
Area: Engineering - 439.664					
productivity					23839
productivity	construction				7628
productivity		project			10994
productivity	construction	project			4833
productivity	construction		metrics		1036
productivity	construction		indicators		1794
productivity		project	indicators		2784
productivity	construction	Steel	structure		1715
productivity		project	structure		7786
productivity			metallic	structure	456
productivity			Steel	structure	1785
measuring	construction		indicators		5188
measuring		project	indicators		6102
measuring	construction	project	indicators	Steel structure	721
measuring	construction	project	indicators	Metallic structure	248
measuring	construction	project	indicators		2590
costs	construction	project			27835
costs	construction	project	metallic	structure	1763
costs	construction	project	Steel	structure	6600

QUADRO 10.1.7: Levantamento da Pesquisa Bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

Dos 439.664 documentos na área de engenharia, em relação à produtividade de estrutura metálica e estrutura em aço, os resultados obtidos foram respectivamente 0,10% e 0,40%. No caso da medição dos indicadores, os resultados obtidos foram 0,16% para estrutura em aço e 0,05% para estrutura metálica. Em relação aos custos do projeto de construção, os resultados obtidos foram 1,5% para estrutura em aço e 0,40% para estrutura metálica.

O Quadro 10.1.8 apresenta os resultados do levantamento dos artigos e periódicos no banco de dados fornecido no “*ISI-Web of Knowledge*”. O período utilizado para a busca de informações foi de 1993 até março de 2013:

Pesquisa realizada no ISI-Web of Science					
Area: Engineering - 321.325					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
Risk analysis Model					1501
Risk analysis Model		Project			307
Risk analysis Model			Construction		158
Risk analysis Model		Project	Construction		73
Risk analysis Model		Project	Construction	Metallic Structure	0
Risk analysis Model		Project	Construction	Steel Structure	0
Risk analysis Model		Project		Metallic Structure	0
Risk analysis Model		Project		Steel Structure	1
Risk analysis Model			Construction	Metallic Structure	0
Risk analysis Model			Construction	Steel Structure	1
Risk analysis Model	Project	Construction	Cost		31
Risk analysis Model	Project		Cost		98
Risk analysis Model		Construction	Cost		45
Risk analysis Model	Project	Construction	Cost	Metallic Structure	0
Risk analysis Model	Project	Construction	Cost	Steel Structure	0
Management	Project		Cost		1151
Management		Project	Construction	Metallic Structure	2
Management		Project	Construction	Steel Structure	10
Management	Risk	Project	Construction	Metallic Structure	0
Management	Risk	Project	Construction	Steel Structure	1

QUADRO 10.1.8: Levantamento da Pesquisa Bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em fevereiro de 2012.

Ao serem analisados os resultados obtidos verifica-se que: entre os 321.325 documentos na área de engenharia os percentuais de trabalhos apresentados em relação à modelo de análise de risco correspondem a menos de 0,5%. No caso de modelos de análise de risco aplicados em estrutura metálica e estruturas em aço nenhum resultado foi encontrado. Em relação aos modelos de análise de risco aplicados ao custo do projeto e construção em estruturas metálicas, nenhum resultado foi encontrado.

O Quadro 10.1.9 apresenta os resultados do levantamento dos artigos e periódicos no banco de dados fornecido no “*ISI-Web of Knowledge*”.

Pesquisa realizada no ISI-Web of Science					
Area: Engineering - 321.325					
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	TOTAL
Risk	Technique	MCS - Monte Carlo Simulation			46
Risk	Technique	MCS	Project		8
Risk	Technique	MCS	Project	Construction	2
Risk	Technique	MCS	Project	Assembly	0
Risk	Technique	MCS	Project	Steel Structure	0
Risk	Technique	MCS	Project	Metallic Structure	0
Risk	Technique	MCS	Project	Construction and Assembly	0
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Construction	0
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Assembly	0
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Steel Structure	0
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Metallic Structure	0
Risk	Technique	Sesitivity Test	Project	Construction and Assembly	0

QUADRO 10.1.9: Levantamento da Pesquisa Bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em de fevereiro de 2012.

No caso das técnicas de análise de risco, dos resultados obtidos entre os 321.325 documentos na área de engenharia, em relação à aplicação da Simulação de Monte Carlo e Teste de Sensibilidade em projetos de estrutura metálica, estruturas em aço e construção e montagem, nenhum resultado foi encontrado.

O Quadro 10.1.10 apresenta os resultados do levantamento dos artigos e periódicos no banco de dados fornecido no “ISI-Web of Knowledge”.

Pesquisa realizada no ISI-Web of Knowledge					
Area: Engineering - 321.325					
productivity					2572
productivity	construction				206
productivity		project			242
productivity	construction	project			76
productivity	construction		metrics		3
productivity	construction		indicators		3
productivity		project	indicators		9
productivity	construction	Steel	structure		2
productivity	project		metallic	structure	2
productivity	project		Steel	structure	0
measuring	construction		indicators		23
measuring	construction	project	indicators	structure	3
measuring	construction	project	indicators	Steel structure	12
measuring	construction	project	indicators	Metallic structure	12
measuring	construction	project	indicators		2590
costs	construction	project			472
costs	construction			structure	282
costs	construction	project	metallic	structure	0
costs	construction	project	Steel	structure	44
costs		project	metallic	structure	1
costs		project	Steel	structure	15

QUADRO 10.1.10: Levantamento da Pesquisa Bibliográfica.
Fonte: Elaborado pela autora, atualizado em de fevereiro de 2012.

Dos 321.325 documentos na área de engenharia, em relação à produtividade de estrutura metálica e estrutura em aço, os resultados obtidos foram respectivamente 2 (dois) documentos para estrutura metálica e nenhum para estrutura em aço. No caso da medição dos indicadores, os resultados percentuais de ambos 0,003%. Em relação aos custos do projeto de construção, os resultados obtidos foram 0,004% para estrutura em aço e 1(um) documento para estrutura metálica.

10.2 QUESTIONÁRIO



**Serviço Público Federal
Ministério da Educação**

**Universidade Federal Fluminense
Escola de Engenharia
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil**

Prezado Engenheiro Edelson Xavier

O objetivo do questionário que se segue, é levantar o histórico da construção e montagem de um empreendimento de estrutura metálica em aço e a posterior coleta de dados deste empreendimento, cujo resultado desta pesquisa será utilizado no desenvolvimento de uma tese de doutorado no Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense em Niterói, Rio de Janeiro.

Com base nos dados aferidos, a proposta desta tese é desenvolver e testar um modelo de análise de risco para a estimativa do custo de um empreendimento de montagem de estruturas metálica. Desta forma, buscar-se-á estabelecer como e quais são os riscos que envolvem empreendimentos desta natureza, esperando responder a seguinte pergunta:

“Como pode ser analisado o risco da contratada na estimativa do custo em um empreendimento de montagem de estruturas metálicas em aço?”

Em primeira instância, os principais pontos abordados neste questionário serão:

1. Dados gerais e específicos do empreendimento de estrutura metálica em aço;
2. Definição das responsabilidades da contratante/ contratada em cada uma das fases do projeto;
3. Riscos do empreendimento: (que impactaram cada uma das fases do empreendimento: projeto básico e detalhado; suprimento; construção e montagem) Verificação das incertezas ou riscos que comprometem o prazo, o custo e a operação do empreendimento
4. Verificação dos riscos externos que podem influenciar de forma contrária aos objetos estabelecidos no empreendimento (greves, variação cambial, mudanças na legislação; questões ambientais; questões políticas e econômicas; mercado; intempéries, entre outros).

Desde já agradeço a sua atenção e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Niterói, 04 de Outubro de 2011.

Atenciosamente,
Cássia Andréa Ruotolo Morano
Arquiteta e aluna de doutorado da UFF

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CURSO: DOUTORADO EM ENGENHARIA CIVIL
DOUTORANDA: CÁSSIA ANDRÉA RUOTOLO MORANO
ORIENTADOR: MIGUEL LUIZ RIBEIRO FERREIRA
TEMA DA TESE: ANÁLISE DE RISCO EM EMPREENDIMENTOS DE
ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO**

Nome do Entrevistado: Engenheiro Edelson Xavier de Albuquerque

Cargo/Função: GERENTE GERAL _____

Local: RECIFE/PERNAMBUCO _____

Data: FEVEREIRO/2012 _____

1. DADOS DO EMPREENDIMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA EM AÇO

1.1 Dados Gerais

- a) Localização do Empreendimento: Rua Antônio Gomes de Freitas, nº 265, Ilha do Leite, Recife – PE. CEP 50.070-480.
- b) Área física: Aproximadamente 6.000 m².
- c) Peso de estrutura metálica estimada no projeto: 718 t.
- d) Peso de estrutura metálica real do projeto: 1.375, 952 t.
- e) Custo total do empreendimento: R\$ 50.000.000,00 (cinquenta milhões)
- f) Preço inicial das estruturas metálicas: R\$ 5.205.500,00 (cinco milhões duzentos e cinco mil e quinhentos reais).
- g) Preço final das estruturas metálicas: R\$ 14.089.421,51 (Quatorze milhões, oitenta e nove mil, quatrocentos e vinte um reais, e cinquenta um centavos).
- h) Prazo previsto de execução da obra: 180 dias úteis.
- i) Prazo efetivamente realizado de execução da obra: 1398 dias corridos.

1.2 Dados Específicos

1.2.1 Definição das responsabilidades da contratante/ contratada em cada uma das fases do projeto.

a) Qual a participação e/ou responsabilidade da contratante e/ou contratada na fase do projeto básico e detalhado? Como foi estabelecida?

Resp: O projeto básico e o projeto detalhado ficaram sob-responsabilidade da contratante o Hospital Esperança e, inicialmente, de autoria de Eng.º Civil Romilde Almeida de Oliveira, posteriormente, em julho de 2010, o Eng.º Marcelo Sanguinetti assumiu a responsabilidade do cálculo estrutural, do projeto básico e do projeto detalhado, sendo este realizado com a obra em andamento.

b) Houve algum detalhamento do projeto básico (FEED) neste projeto? Em caso afirmativo, qual a definição do FEED, a abrangência desta fase e quem foi o responsável por sua estruturação e desenvolvimento?

Resp: Não houve FEED neste projeto.

c) Houve algum pré-detalhamento de projeto?

Resp: Não houve pré-detalhamento de projeto.

d) Qual a participação e/ou responsabilidade da contratante e/ou contratada na fase do gerenciamento de aquisições (suprimento)? Como foi estabelecida?

Resp: Em princípio as aquisições e o gerenciamento destas, eram de responsabilidade da contratada. Entretanto, O Hospital Esperança passou a gerenciar as aquisições e decidiu comprá-las em sua totalidade com base na lista de materiais elaborada pela contratante, temerosos com possível explosão dos preços face ao grande volume de empreendimentos no país, principalmente no Estado de Pernambuco.

e) Qual a participação e/ou responsabilidade da contratante e/ou contratada na fase da construção e montagem? Como foi estabelecida?

Resp: Na fase de construção e montagem a contratada (FORRM Industrial Ltda.) ficou responsável pela estruturação e desenvolvimento da montagem. Inicialmente, com o fornecimento e montagem de 718 t de estrutura metálica em aço de baixo carbono, resistente a intempéries, para apoio das lajes de concreto do 3º pavimento, do 4º pavimento e de sua cobertura sobre o edifício existente do Centro de Diagnósticos, nesta unidade hospitalar, bem como, da estrutura metálica da Torre de Elevadores.

f) Qual o modelo de contratação adotado neste empreendimento?

Resp: Contrato por empreitada parcial a preço fixo por valor unitário

g) Houve a implantação de algum modelo de gerenciamento ou análise de risco neste projeto?

Resp: Não

h) Foi utilizada alguma (s) técnica (s) de análise de risco em alguma fase do projeto? Em caso afirmativo, como e em que fases do empreendimento?

Resp: Não

2. RISCOS DO EMPREENDIMENTO

Riscos do empreendimento: (que impactaram cada uma das fases do empreendimento: projeto básico e detalhado; suprimento; construção e montagem) Verificação das incertezas ou riscos que comprometem o prazo, o custo e a operação do empreendimento.

2.1 Projeto Básico e Detalhado

a) Houve algum (s) evento (s) que tenha (m) impactado a fase do projeto (básico e detalhado) e que comprometeram o empreendimento em termos de prazo e custo estimado? Quais?

Resp: Falta de cumprimento de prazos nas entregas dos projetos; falta de entrosamento entre as diversas contratadas para análise das interferências.

b) Em caso afirmativo, o que levou a ocorrência destes eventos? Foi adotada alguma medida em relação a estes eventos?

Resp: Falta de gestão do empreendimento como um todo. Não houve medidas específicas que fossem tomadas em relação à falta de gestão do empreendimento. As medidas eram tomadas após as ocorrências ou eventos contrários aos objetivos do empreendimento.

c) Foram identificados e avaliados os riscos do projeto básico e detalhado em relação a: Planejamento do projeto; Orçamento; Localização da Planta; Obras arquitetônicas e civis; Obras de infraestrutura; Sistemas mecânicos; Sistemas elétricos; Listagem dos Equipamentos; Fluxogramas dos processos; Simulações dos processos; Especificações dos equipamentos principais; Outros.

Resp: Não houve identificação e avaliação de risco em nenhum dos itens acima listados.

2.2 Suprimento

a) Nesta fase do projeto (suprimento) quais foram as ocorrências que comprometeram o empreendimento em relação à ocorrência de falhas no fornecimento dos componentes?

Resp: Não houve ocorrências. Em relação ao fornecimento de materiais a Contratante (Hospital Esperança) colocou os materiais, antecipadamente na obra, de forma rápida e eficaz.

b) Em sua opinião quais são os principais componentes que podem comprometer o sucesso do empreendimento em termos de custo e prazo?

Resp: Falta de gerenciamento do empreendimento como um todo, considerando as interfaces com as áreas de civil, elétrica e refrigeração, dentre outras; Falta de definição de projeto; Critério de projeto; detalhamento; mudanças de escopo do projeto, otimização; contratações e acompanhamento.

c) Quais as medidas ou critérios adotados em relação a estas ocorrências?

Resp: Fiscalização e acompanhamento individualizados de cada disciplina, o que se demonstrou pouco eficaz para o empreendimento como um todo.

d) Foram identificados e avaliados os riscos na fase do gerenciamento de aquisições em relação ao: Planejamento das compras e aquisições; Planejamento das contratações; Respostas dos fornecedores; Seleção dos fornecedores; Negociação e efetivação dos contratos; Administração contratual; Finalização do contrato; Outros.

Resp: Não houve identificação e avaliação de risco em nenhum dos itens acima listados.

2.3 Construção e Montagem

a) Nesta fase do projeto (Construção e Montagem) quais foram as ocorrências que comprometeram o empreendimento em termos de prazo e custo estimado? **Resp: Falta de gerenciamento, atrasos na entrega de projetos e mudança no escopo do projeto depois de iniciada a obra, mão de obra reduzida.**

b) Em sua opinião por que estes eventos ocorreram e em que podem afetar a operacionalidade da futura planta e como foram ou podem ser contornados?

Resp: Por falta de gestão; falta de entrosamento entre empreiteiros.

c) Quais os riscos identificados e avaliados na fase da construção e montagem em relação a: Construção dos edifícios; Construção de redes de drenagem (caso tenha ocorrido); Infraestrutura; Mecânica - Montagem dos equipamentos auxiliares; Mecânica - Montagem dos equipamentos principais; Montagem das Instalações elétricas (transformadores de força, corrente, potência e aterramento, disjuntores, entre outros); Testes dos equipamentos mecânicos auxiliares; Testes dos equipamentos mecânicos principais; Testes nas instalações elétricas; Custo Operacional com: (Mão de obra direta; Mão de obra indireta; aluguel de equipamentos; Insumos; Manutenção; Outros).

Resp: Não houve identificação e avaliação de risco em nenhum dos itens acima listados.

3 RISCOS EXTERNOS

3.1 Verificações dos riscos externos que influenciaram de forma contrária aos objetos estabelecidos no empreendimento (Ex: greves, variação cambial, mudanças na legislação; questões ambientais; questões políticas e econômicas; mercado; intempéries, entre outros).

a) Dentre os riscos externos acima citados, qual ou quais tiveram influência neste empreendimento? Qual o resultado gerado?

Resp: Intempérie, causando a paralisação da mão de obra nos dias de chuva; Embargo da obra pelo MTE.

b) Caso haja outros riscos externos que influenciaram esta obra, favor descrevê-los e mencionar os resultados gerados? **Resp: Nada a declarar.**

10.3 AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DOS DADOS



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Universidade Federal Fluminense
Escola de Engenharia
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil

AUTORIZAÇÃO

Declaro para os devidos fins a veracidade das informações fornecidas pela empresa FORRM Industrial Ltda. atestando a utilização exclusiva dos dados somente para o desenvolvimento da Tese de Doutorado intitulada: "*Análise de Risco em Empreendimentos de Estrutura Metálica*", da aluna Cássia Andréa Ruotolo Morano, nº matrícula DO 18.210.005, do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

Assinatura

Eng.º Edelson Xavier de Albuquerque.
FORRM Industrial Ltda.

Cargo/Função.

Recife, 22 de Fevereiro de 2012.

10.4 SUMÁRIO DOS RESULTADOS DE CONVERGÊNCIA PARA SIMULAÇÃO DE 1.000; 5.000; 10.000; 20.000; 30.000 E 35.000 ITERAÇÕES.

Resultados de outputs do @RISK - 1000 iterações									
Status	Nome	Célula	Gráfico	Min	Média	Max	5%	95%	Erros
2	CUSTO TOTAL MOD	B22		106.355,70	3.888.509,00	69.682.520,00	322.937,40	15.723.410,00	0
18	CUSTO TOTAL MOI	B35		64.067,30	190.649,30	948.099,20	70.619,18	415.480,80	0
OK	CUSTO Hh MOD	C21		9,56	18,02	36,56	12,67	25,99	0
18	CUSTO Hh MOI	C34		9,10	27,08	134,67	10,03	59,02	0
12	CCM	C41		3.799.206,00	8.681.813,00	74.344.550,00	4.729.474,00	20.508.380,00	0
2	I PROD	D21		6,55377100	153,34190000	2849,85400000	14,01073000	666,77130000	0
OK	Prazo (meses)	D34		32	32	32	32	32	0
11	CUSTO EXTRA	D44		101.943,90	390.794,20	3.453.409,00	169.039,90	918.360,80	0
12	CUSTO TOTAL DE C&M	D48		4.006.516,00	9.072.607,00	77.398.890,00	4.913.326,00	21.474.460,00	0
12	CUSTO DA OBRA/ KC	D51		2,91	6,59	56,25	3,57	15,61	0
OK	QEI (t)	E21		1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	0
OK	220 horas (mês)	E34		220	220	220	220	220	0
OK	Custo Extra (%)	K4		0,02170572	0,04521186	0,06933028	0,02822104	0,0626663	0
OK	(R\$) Equip e Material	K5		3.172.201,00	4.602.655,00	5.629.155,00	3.593.995,00	5.383.127,00	0

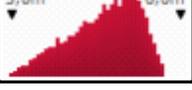
Quadro 10.4.1: Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 1.000 iterações.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Resultados de outputs do @RISK - 5000 iterações									
Status	Nome	Célula	Gráfico	Min	Média	Max	5%	95%	Erros
14	CUSTO TOTAL MOD	B22		85.683,41	3.415.745,00	110.933.900,00	333.271,70	11.839.480,00	0
90	CUSTO TOTAL MOI	B35		64.075,37	194.915,40	1.332.674,00	71.153,91	443.831,10	0
OK	CUSTO Hh MOD	C21		9,52	18,01	50,65	12,68	25,76	0
90	CUSTO Hh MOI	C34		9,10	27,69	189,30	10,11	63,04	0
84	CCM	C41		3.648.149,00	8.239.093,00	116.559.800,00	4.689.521,00	16.827.530,00	0
16	I PROD	D21		4,83100700	137,90810000	2595,62100000	14,02784000	498,67950000	0
OK	Prazo (meses)	D34		32	32	32	32	32	0
72	CUSTO EXTRA	D44		96.428,06	372.545,90	5.401.561,00	168.291,30	782.508,10	0
84	CUSTO TOTAL DE C&M	D48		3.754.580,00	8.611.639,00	121.961.300,00	4.896.903,00	17.533.930,00	0
84	CUSTO DA OBRA/ KG	D51		2,73	6,26	88,64	3,56	12,74	0
OK	QEI (t)	E21		1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	0
OK	220 horas (mês)	E34		220	220	220	220	220	0
OK	Custo Extra (%)	K4		0,0210537	0,04516225	0,06952876	0,02792099	0,06222751	0
OK	(R\$) Equip e Material	K5		3.105.470,00	4.628.433,00	5.648.036,00	3.560.703,00	5.399.869,00	0

Quadro 10.4.2: Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 5.000 iterações.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Resultados de outputs do @RISK - 10000 iterações									
Status	Nome	Célula	Gráfico	Min	Média	Max	5%	95%	Erros
30	CUSTO TOTAL MOD	B22		87.045,77	3.437.923,00	124.927.500,00	327.625,20	12.562.220,00	0
OK	CUSTO TOTAL MOI	B35		64.011,59	194.139,20	1.327.431,00	70.414,83	449.801,30	0
OK	CUSTO Hh MOD	C21		8,09	18,00	43,11	12,57	25,91	0
OK	CUSTO Hh MOI	C34		9,09	27,58	188,56	10,00	63,89	0
OK	CCM	C41		3.698.286,00	8.281.868,00	128.434.200,00	4.711.488,00	17.389.540,00	0
33	I PROD	D21		3,43051100	139,10390000	4892,01200000	13,91097000	505,64380000	0
OK	Prazo (meses)	D34		32	32	32	32	32	0
OK	CUSTO EXTRA	D44		90.362,80	371.384,00	6.474.562,00	165.638,60	792.373,60	0
OK	CUSTO TOTAL DE C&M	D48		3.837.375,00	8.653.252,00	134.908.800,00	4.920.276,00	18.176.970,00	0
OK	CUSTO DA OBRA/ KG	D51		2,79	6,29	98,05	3,58	13,21	0
OK	QEI (t)	E21		1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	0
OK	220 horas (mês)	E34		220	220	220	220	220	0
OK	Custo Extra (%)	K4		0,02017215	0,0447914	0,06967755	0,02793629	0,06204413	0
OK	(R\$) Equip e Material	K5		3.100.031,00	4.649.806,00	5.637.270,00	3.618.437,00	5.411.732,00	0

Quadro 10.4.3: Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 10.000 iterações.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Resultados de outputs do @RISK - 20000 iterações									
Status	Nome	Célula	Gráfico	Min	Média	Max	5%	95%	Erros
30	CUSTO TOTAL MOD	B22		87045,8	3437923	1,25E+08	327625	1,26E+07	0
OK	CUSTO TOTAL MOI	B35		64011,6	194139,2	1327431	70414,8	449801	0
OK	CUSTO Hh MOD	C21		8,08926	18,00412	43,1094	12,5669	25,9058	0
OK	CUSTO Hh MOI	C34		9,09256	27,57659	188,556	10,0021	63,8922	0
OK	CCM	C41		3698286	8281868	1,28E+08	4711488	1,74E+07	0
33	I PROD	D21		3,43051	139,1039	4892,01	13,911	505,644	0
OK	Prazo (meses)	D34		32	32	32	32	32	0
OK	CUSTO EXTRA	D44		90362,8	371384	6474562	165639	792374	0
OK	CUSTO TOTAL DE C&M	D48		3837375	8653252	1,35E+08	4920276	1,82E+07	0
OK	CUSTO DA OBRA/KC	D51		2,78889	6,28892	98,0476	3,57591	13,2105	0
OK	QEI (t)	E21		1375,95	1375,952	1375,95	1375,95	1375,95	0
OK	220 horas (mês)	E34		220	220	220	220	220	0
OK	Custo Extra (%)	K4		2,02E-02	0,044791	6,97E-02	2,79E-02	6,20E-02	0
OK	(R\$) Equip e Material	K5		3100031	4649806	5637270	3618437	5411732	0

Quadro 10.4.4: Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 20.000 iterações.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

Resultados de outputs do @RISK									
Status	Nome	Célula	Gráfico	Min	Média	Max	5%	95%	Erros
92	CUSTO TOTAL MOD	B22		80.897,29	3.455.047,00	114.220.100,00	329.570,30	12.816.260,00	0
OK	CUSTO TOTAL MOI	B35		64.021,56	194.213,40	1.364.436,00	70.988,47	450.641,70	0
OK	CUSTO Hh MOD	C21		8,95	17,96	59,54	12,60	25,60	0
OK	CUSTO Hh MOI	C34		9,09	27,59	193,81	10,08	64,01	0
OK	CCM	C41		3.486.715,00	8.291.060,00	118.838.900,00	4.707.929,00	17.635.240,00	0
OK	I PROD	D21		4,15820000	139,41530000	3514,90800000	14,30389000	516,76610000	0
OK	Prazo (meses)	D34		32	32	32	32	32	0
OK	CUSTO EXTRA	D44		91.054,33	372.981,10	5.888.467,00	168.283,70	814.003,50	0
OK	CUSTO TOTAL DE C&M	D48		3.671.776,00	8.664.041,00	124.727.300,00	4.916.705,00	18.392.390,00	0
OK	CUSTO DA OBRA/ KC	D51		2,67	6,30	90,65	3,57	13,37	0
OK	QEI (t)	E21		1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	0
OK	220 horas (mês)	E34		220	220	220	220	220	0
OK	Custo Extra (%)	K4		0,02020962	0,04503096	0,06982958	0,02791851	0,06215237	0
OK	(R\$) Equip e Material	K5		3.100.742,00	4.641.800,00	5.649.341,00	3.606.231,00	5.411.527,00	0

Quadro 10.4.5: Resultado da Convergência dos “outputs” para uma simulação de 30.000 iterações.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.

O Quadro 10.4.6 a seguir mostra o resultado da simulação com 35000 iterações em que todos os “*outputs*” do modelo foram convergentes, conforme o grau de confiança estabelecido.

Resultados de outputs do @RISK - 35000 iterações									
Status	Nome	Célula	Gráfico	Min	Média	Max	5%	95%	Erros
OK	CUSTO TOTAL MOD	B22		84.516,61	3.489.832,00	136.578.600,00	330.354,60	13.047.420,00	0
OK	CUSTO TOTAL MOI	B35		64.011,26	194.151,60	1.442.150,00	70.780,06	452.411,40	0
OK	CUSTO Hh MOD	C21		8,78	18,02	53,10	12,61	25,65	0
OK	CUSTO Hh MOI	C34		9,09	27,58	204,85	10,05	64,26	0
OK	CCM	C41		3.535.697,00	8.324.700,00	141.434.400,00	4.719.381,00	17.897.920,00	0
OK	I PROD	D21		4,71043000	140,69900000	4255,48700000	14,41365000	518,56410000	0
OK	Prazo (meses)	D34		32	32	32	32	32	0
OK	CUSTO EXTRA	D44		89.256,98	374.057,30	6.092.641,00	167.108,80	825.920,20	0
OK	CUSTO TOTAL DE C&M	D48		3.683.602,00	8.698.757,00	144.957.100,00	4.930.849,00	18.703.570,00	0
OK	CUSTO DA OBRA/ KC	D51		2,68	6,32	105,35	3,58	13,59	0
OK	QEI (t)	E21		1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	1375,952	0
OK	220 horas (mês)	E34		220	220	220	220	220	0
OK	Custo Extra (%)	K4		0,0204288	0,04496509	0,06979716	0,027925	0,06208138	0
OK	(R\$) Equip e Material	K5		3.124.445,00	4.640.716,00	5.655.560,00	3.603.819,00	5.413.998,00	0

Quadro 10.4.6: Resultado da Convergência dos “*outputs*” para uma simulação de 35.000 iterações.

Fonte: Elaborado pela Autora, 2013.