

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

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA E
PRIORIZAÇÃO NO USO DE ABORDAGENS DE GESTÃO E
DA QUALIDADE EM EMPRESAS CONSTRUTORAS**

TESE SUBMETIDA À UFPE PARA
OBTENÇÃO DE GRAU DE DOUTOR POR

RENATA MACIEL DE MELO

Orientador: Profa. Denise Dumke de Medeiros, Docteur.

Co-Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida, PhD.

RECIFE, JUNHO / 2009

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

**MODELO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA E
PRIORIZAÇÃO NO USO DE ABORDAGENS DE GESTÃO E
DA QUALIDADE EM EMPRESAS CONSTRUTORAS**

RENATA MACIEL DE MELO

Orientador: Profa. Denise Dumke de Medeiros, Docteur.

Co-Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida, PhD.

RECIFE, JUNHO / 2009

M528m

Melo, Renata Maciel de

Modelo multicritério para escolha e priorização no uso de abordagens de gestão e da qualidade em empresas construtoras / Renata Maciel de Melo. - Recife: O Autor, 2009.
x, 114 folhas, il : tabs., grafs.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009.

Inclui Bibliografia e Anexo

1. Engenharia de Produção. 2. Construção civil 3. Melhoria contínua. 4. Gestão de qualidade. 5. Apoio multicritério a decisão Etanol. I. Título

UFPE

658.5

CDD(22.ed.)

BCTG/ 2009-100



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

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE TESE DE
DOUTORADO DE

RENATA MACIEL DE MELO

**“MODELO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA E PRIORIZAÇÃO NO USO DE
ABORDAGENS DE GESTÃO E DA QUALIDADE EM EMPRESAS CONSTRUTORAS”**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata **RENATA MACIEL DE MELO APROVADA**.

Recife, 22 de junho de 2009.

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

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

Profª. CAROLINE MARIA DE MIRANDA MOTA, Doutor (UFPE)

Prof. HELDER GOMES COSTA, Doutor (UFF)

Prof. BÉDA BARKOKÉBAS JUNIOR, Doutor (UPE)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e instituições, sem as quais o presente trabalho teria sido impossível:

- a Profa. Dra. Denise Dumke de Medeiros pela orientação durante o mestrado e doutorado mesmo no período em que esteve distante para realização do seu pós-doutorado.
- ao Prof. Dr. Adiel Teixeira de Almeida pela sua co-orientação conduzida de forma excepcional, auxiliando-me a superar desafios e pelo qual possuo muita admiração.
- as examinadoras internas Profa. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa e Profa. Dra. Caroline Maria de Miranda Mota pelas contribuições valiosas realizadas durante a pré-banca e a banca propriamente dita que tornaram o trabalho mais rico.
- aos examinadores externos Prof. Dr. Béda Barkokébas Junior e Prof. Dr. Helder Gomes Costa, com suas contribuições apresentadas de forma sábia e eficiente.
- ao Eng. Felix Cantalício, pela receptividade e carinho durante o mestrado e agora no doutorado.
- a Eng^a Claudia Cabral e a arquiteta Carla Perez pelas informações fornecidas durante o período da pesquisa.
- as minhas colegas da secretaria Juliane e Bel.
- a minha família, por todo apoio, carinho e amor, em especial aos meus pais José Piauhylino Gomes de Melo Neto e Anna Maria Maciel de Melo, sem os quais eu não saberia direcionar meus objetivos e aspirações.
- a Alexandre Santa Cruz Ramos, pelo seu companheirismo e apoio.
- aos meus amigos da área acadêmica que me acompanham sempre nesta caminhada, Maísa Mendonça, Ana Carla Bittencourt, Juliana Vêras, Helen Gonçalves e Maria Auxiliadora Mélo.
- a CAPES pelo incentivo ao desenvolvimento deste trabalho através de financiamento e material.
- ao SENAI-PE e ao SINDUSCON-PE pelas informações fornecidas.

RESUMO

A indústria da construção civil se configura entre os maiores ramos da economia, e com a crescente competição global, as empresas construtoras se vêem forçadas a, continuamente, implementar melhorias no seu processo produtivo nos aspectos de gestão e novas tecnologias. Este trabalho apresenta um modelo de decisão multicritério para escolha e priorização de abordagens de gestão e da qualidade em empresas construtoras. Para este fim, foi necessário um estudo das alternativas de melhoria do processo produtivo nos âmbitos da Qualidade, Meio Ambiente, Segurança do Trabalho e Racionalização. O modelo é composto por um conjunto fragmentado de 8 alternativas de melhoria, que foi convertido para um conjunto globalizado de 79 alternativas macro através de combinações. Foram utilizados dois métodos de decisão multicritério, o SMARTS (*Simple Multi-attribute Rate Technique using swings*) e o PROMETHEE II. O estudo preliminar com o apoio de métodos multicritério a decisão deve ser enfatizado no planejamento estratégico da organização a fim de que programas de melhoria da qualidade desde as ferramentas tradicionais e gerenciais da qualidade, passando pelos programas como 5S, *Lean Construction*, racionalização de processos e as séries de normas ISO 9000, 14000 e 18000, não sejam implementadas de forma aleatória. Possibilitando, assim, resultados mais efetivos e, conseqüentemente, planos de trabalho e cronogramas eficientes e eficazes.

Palavras chave: Construção Civil, Melhoria Contínua, Gestão da Qualidade, Apoio Multicritério a Decisão.

ABSTRACT

The civil construction industry is among the largest branches of the economy and given growing global competition, construction companies are continuously forced to implement improvements in their production process with regard to management and new technologies. This paper presents a multi-criteria decision model for selecting and setting priorities for management and quality approaches in construction companies. To this end, there was a need to conduct a study of the alternatives for enhancing the production process in the areas of Quality, the Environment, Safety at Work and Rationalization. The model consists of a fragmented set of 8 alternatives seeking such improvement, which was converted into a global set of 79 macro alternatives by means of combinations. Two multi-criteria decision methods were used, the SMARTS (Simple Multi-attribute Rate Technique using Swings) and PROMETHE II. The preliminary study with the aid of the multi-criteria decision methods should be emphasized in the organization's strategic planning so as to avoid implementing at random quality improvement programs ranging from the traditional tools of quality management through programs such as 5S, Lean Construction, the rationalization of processes and the norms of the series of ISO 9000, 14000 and 18000. This will make it possible to obtain more effective results and, consequently, more efficient and effective work plans and schedules.

Key words: Civil Construction, Continuous Improvement, Quality Management, Multiple Criteria Decision Aiding.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa.....	2
1.2 Objetivos	4
1.3 Metodologia.....	4
1.4 Estruturação do Trabalho	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 Abordagens de Gestão e da Qualidade.....	7
2.1.1 Gestão da Qualidade.....	7
2.1.2 Gestão Ambiental	16
2.1.3 Gestão de Segurança e Higiene do Trabalho.....	18
2.1.4 A Melhoria Contínua como Ferramenta Competitiva.....	21
2.2 Apoio Multicritério a Decisão	23
2.2.1 Modelagem de Preferência	24
2.2.2 Métodos Multicritério.....	26
2.3 Uso de Métodos Multicritério em Gestão da Qualidade e abordagens de melhoria do processo produtivo	36
2.4 Conclusões deste Capítulo.....	41
3. O CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	42
3.1 Visão Geral.....	42
3.1.1 A Melhoria Contínua como Ferramenta Competitiva na Construção Civil.....	42
3.2 Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na Construção Civil.....	44
3.2.1 PBQP-H.....	49
3.2.2 Lean Construction	52
3.3 Conclusões deste Capítulo.....	55
4. MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA E PRIORIZAÇÃO DE ABORDAGENS DE GESTÃO E DA QUALIDADE.....	56
4.1 <i>Framework</i> para a construção do Modelo	56
4.2 <i>Framework</i> do Processo Decisório.....	65
4.2.1 Descrição da Sistemática de Seleção.....	67
4.2.2 Descrição da Sistemática de Ordenação.....	69
4.2.3 Detalhamento do Plano de Ação	71
4.3 Escolha do Método Multicritério	72

5. APLICAÇÃO DO MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	74
5.1 Objetivos/Critérios	75
5.1.1 Visão Geral dos Critérios	77
5.1.2 Custo de Implementação	78
5.1.3 Tempo implementação	79
5.1.4 A importância do impacto positivo na imagem da empresa.....	81
5.1.5 Grau de Impacto dos benefícios no processo produtivo.....	83
5.2 Métodos Multicritério.....	83
5.3 Matriz para a aplicação do Modelo	84
5.4 Utilização do SMARTS (Simple Multi-attribute Rate Technique using swings)	86
5.5 Utilização do PROMETHEE II.....	97
5.6 Discussão dos Resultados.....	102
6. CONCLUSÕES.....	103
6.1 Conclusões.....	103
6.1.1 Observações sobre as aplicações dos métodos multicritérios de decisão.....	103
6.1.2 Considerações finais.....	104
6.1.3 Sugestões para Futuros Trabalhos	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
ANEXO I.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Quatro tipos de utilidade.....	32
Figura 2.2 - <i>House of</i> TQM CTs	40
Figura 3.1 - Composição da Cadeia Produtiva da Construção Civil - 2007.....	42
Figura 3.2 - Ciclo da qualidade no setor da construção	45
Figura 3.3 - Qualidade na Aquisição.....	47
Figura 3.4 - Percentual da norma ISO 9001:2008 que cada nível incorpora	52
Figura 4.1 - <i>Framework</i> para a construção do Modelo	56
Figura 4.2 - <i>Framework</i> do Processo Decisório.....	66
Figura 4.3 - Sistemática para a seleção da alternativa.....	67
Figura 4.4 - Sistemática para a ordenação de alternativas.....	70
Figura 5.1 - Aplicação do Modelo de Decisão Multicritério.....	74
Figura 5.2 - Ordem de importância dos critérios.....	78
Figura 5.3 - Gráfico Exemplo com a Curva de Aprendizagem.....	81
Figura 5.4 - Escala utilizada	82
Figura 5.5 - Escala utilizada	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Principais Técnicas, Ferramentas e Métodos de Melhoria no âmbito da Qualidade	9
Tabela 2.2 - Estrutura de referência	11
Tabela 2.3 - Representações Gráficas das 7 Ferramentas Gerenciais da Qualidade	15
Tabela 2.4 - Porcentagem das certificações emitidas no Brasil por setor.	17
Tabela 2.5 - Principais Técnicas, Ferramentas e Métodos de Melhoria no âmbito Ambiental	18
Tabela 2.6 - Empresas certificadas pela OHSAS 18001 por ano	20
Tabela 2.7 - Principais Técnicas, Ferramentas e Métodos de Melhoria no âmbito de Segurança do Trabalho.....	21
Tabela 2.8 - Critérios gerais para o PROMETHEE	34
Tabela 4.1 - Alternativas de Melhoria.....	59
Tabela 4.2 - Dimensionamento das Alternativas Macro	63
Tabela 4.3 - Alternativas Macro de Melhoria	64
Tabela 4.4 - Problemáticas adotadas	66
Tabela 5.1 - Matriz $n \times m$	84
Tabela 5.2 - Dominância	87
Tabela 5.3 - Matriz $n \times m$ com alternativas não dominadas.....	88
Tabela 5.4 - Matriz $n \times m$ com alternativas não dominadas e utilidades unidimensionais	90
Tabela 5.5 - <i>Ranking</i> de Alternativas Macro (Decisor 1).....	93
Tabela 5.6 - <i>Ranking</i> de Alternativas Macro (Decisor 2).....	95
Tabela 5.7 - Ordenação das alternativas de melhoria da AM 79 (Decisor 1)	97
Tabela 5.8 - Ordenação das alternativas de melhoria da AM 79 (Decisor 2)	97
Tabela 5.9 - Cenários.....	98
Tabela 5.10 - Função preferência e características dos critérios	98
Tabela 5.11 - Ordenação das alternativas para os três cenários	99
Tabela 5.12 - Ordenação das alternativas de melhoria da AM 9.....	101
Tabela 5.13 - Ordenação das alternativas de melhoria da AM 76.....	102

1. INTRODUÇÃO

A implantação de melhorias tem-se mostrado uma necessidade estratégica para que as empresas possam fazer frente às condições atuais do mercado e às exigências da sociedade. Um número cada vez maior de empresas, por intermédio de seus principais diretores, passou a enfocar a qualidade sob uma nova perspectiva.

Para Stadler (2005), uma melhoria de desempenho ocorre quando se modificam positivamente os fatores capazes de influenciar os valores dos atributos que compõem a função qualidade. Esses fatores basicamente influenciam atividades e processos. As dificuldades para estabelecer ações de melhoria decorrem simplesmente da natural tendência dos indivíduos em buscar uma homeostase em torno de uma situação que lhes pareça confortável, ainda que este conforto compreenda futura instabilidade. Faz parte da natureza humana temer toda perspectiva de mudanças – e esse é um comportamento oposto ao que prega a melhoria contínua, o caminho para a excelência.

No segmento da construção civil não é diferente, a inércia frente às necessidades de mudanças ainda é muito presente. Este setor é parte importante no desenvolvimento econômico do país. Pois o mesmo tem importante participação no Produto Interno Bruto (PIB), possui extraordinária capacidade de realização de investimento, contribui para o equilíbrio da balança comercial e gera empregos.

As empresas construtoras, foco do referido estudo, buscam, segundo Cardoso (1997) *apud* Sady Costa (2001), uma melhor gestão, melhor qualidade, maior produtividade, menores desperdícios, melhor emprego dos recursos, maior segurança no trabalho, maior motivação dos trabalhadores, maior retorno social dos recursos aplicados, menor impacto ambiental, menores preços dos produtos construídos e menores custos de operação ao longo da vida útil dos mesmos.

Esses pontos citados muitas vezes são trabalhados de maneira não sistematizada e não planejada, acarretando ainda mais custos, retrabalho, perda de tempo e investimentos desnecessários. A necessidade de um estudo preliminar deve ser enfatizada a fim de que programas de melhoria da qualidade desde as ferramentas tradicionais e gerenciais da qualidade, passando pelos programas como 5S, *Lean Construction*, racionalização de processos e as séries de normas ISO 9000, 14000 e 18000, não sejam implementados de forma aleatória. Possibilitando, assim, resultados mais efetivos.

A gestão de mudanças visa a conduzir o sistema/empresa do seu *estado atual* para um estado de maior *efetividade*, determinado pelos objetivos estratégicos da empresa, onde seja

possível atender ainda melhor as demandas do ambiente. Em outras palavras, a gestão de mudanças visa fundamentalmente à *melhoria da qualidade* (SILVEIRA, 2004). Assim, devem-se trabalhar maneiras que forneçam as condições necessárias para permitir que a organização atinja seus objetivos estratégicos.

1.1 Justificativa

A indústria da construção civil, em todos os países, se configura entre os maiores ramos da economia. Para Gehbauer (2004), ela possui uma forte referência pública, por que é ela que cria a infra-estrutura de base para o funcionamento da economia geral.

Neste setor, segundo o referido autor, a produção é caracterizada por algumas peculiaridades:

1. O objeto de construção, via de regra, é um produto individual e o local de produção (canteiro de obras) varia de acordo com a localização e tipo de edificação.
2. Num canteiro de obras, várias equipes de trabalho se sucedem no decorrer do processo da construção. Isto torna a coordenação especialmente complexa, particularmente quando várias equipes precisam atuar no mesmo espaço de trabalho.
3. Na indústria de construção civil, os terceirizados fazem parte do processo de produção no próprio local de realização do produto (a edificação). Além disso, diferentes terceirizados entram em cena no mesmo ambiente de trabalho. Isto torna a coordenação e otimização dos processos de trabalho especialmente difíceis.

Para Gerolamo (2003), a crescente competição global, que muitos setores industriais estão enfrentando, associada às rápidas mudanças tecnológicas, para permanecerem competitivas, faz com que as empresas se vejam forçadas a, continuamente, implementar novas tecnologias e as melhores práticas de gerenciamento.

Segundo Sacomato Neto & Escrivão Filho (2000), buscar a compreensão e o entendimento das mudanças nas organizações é extremamente instigante e não é tarefa simples. Cada organização tem um “dialeto” próprio para a manifestação de como as tarefas se realizam dentro do complexo de informações e relações que compõe a estrutura organizacional.

Para Vico Mañas (2004), mudar uma organização é um processo que aglutina muitas dificuldades, pois as modificações, muitas vezes, são numerosas e interagem com o todo da organização e o conjunto de componentes envolvidos sofre pressões que levam ao sucesso, quando a introdução das mudanças é coerente com as informações disponíveis e com o conhecimento adquirido. A concentração de esforços e informações em aspectos menores

indica não-comprometimento e, conseqüentemente, um elo quebrado da cadeia, significando maiores dificuldades para atingir o objetivo e manter-se competitivo.

Foi observado que muitos trabalhos acadêmicos foram desenvolvidos abordando a importância do gerenciamento estratégico e do gerenciamento da qualidade, como objetivo de obter cada vez mais a vantagem competitiva, utilizando estratégias/técnicas/normalizações tais como *Total Quality Management* (TQM), *Just in Time* (JIT), Seis Sigma, *Benchmarking*, *Balanced Scorecard* (BSC), normas ISO 9001:2008, ISO 9004: 2000, entre outras. Porém, é importante salientar a importância de estudos voltados ao impacto dessas práticas sobre os objetivos estratégicos da empresa, ou seja, um estudo voltado ao alinhamento entre estratégias operacionais e as estratégias competitivas da organização.

Assim, todo projeto de mudança estrutural e organizacional exige que se pense em muitos aspectos e nas peculiaridades de cada empresa. Os gerentes, por sua vez, enfrentam importantes desafios no desenvolvimento da estratégia, tais como: compreensão das vantagens em um ambiente competitivo em mudança, previsão de ações dos concorrentes, formulação de estratégias competitivas dinâmicas e por fim, alinhamento das estratégias funcionais de melhoria e ferramentas com o planejamento estratégico.

Segundo Todnem By (2005), no geral, o índice de sucesso apresentado em programas de mudanças é baixo, há uma falta de pesquisas empíricas sobre gestão de mudanças dentro das organizações e uma estrutura/modelo validada de gestão de mudanças. Mais estudos exploratórios deveriam ser realizados com a finalidade de aumentar o conhecimento a respeito deste tema.

Neste estudo, os conceitos norteadores de mudança organizacional adotados são de Robbins (1999) e Porras & Robertson (1992). Segundo o primeiro autor, mudanças organizacionais são atividades intencionais, pró-ativas e direcionadas para a obtenção das metas organizacionais. Para os outros dois autores, é um conjunto de teorias, valores, estratégias e técnicas cientificamente embasadas objetivando mudança planejada do ambiente de trabalho como objetivo de elevar o desenvolvimento individual e o desempenho organizacional. Vale salientar que estas duas definições são complementares.

A Gestão da Qualidade em uma organização está fortemente ligada à Gestão de Mudanças. Falar de melhoria, desempenho ou reestruturação interna em níveis estruturais, operacionais ou sócio-comportamentais é falar também de processos de mudança, estas mudanças têm por finalidade uma maior competitividade e melhoria contínua para a organização.

Para inserir, manter e aprimorar a qualidade, muitas vezes é necessário mudar hábitos, procedimentos, atividades, paradigmas e atribuições.

Assim, o grande desafio encontra-se em verificar quais as melhores práticas/programas de melhoria a serem utilizadas e ordenar a implementação das mesmas. Diante deste cenário, o trabalho foi desenvolvido com intuito de auxiliar as empresas construtoras nestas etapas de seleção e ordenação.

1.2 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho de pesquisa é elaborar um modelo que facilite a escolha e ordenação de implementação de alternativas de melhoria direcionadas a Qualidade, Segurança do Trabalho, Sustentabilidade e Racionalização em empresas construtoras.

Para a realização do mesmo, e alcance do objetivo geral, é necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- identificar as técnicas/programas de melhoria da qualidade já existentes e as mais aplicadas no setor da construção civil;
- avaliar o nível de esforço demandado pelos programas/ferramentas/metodologias de melhoria ao porte e aos objetivos estratégicos das empresas do setor da construção civil;
- sistematizar o processo de melhoria e mudanças estratégicas;
- propor um modelo multicritério de apoio à decisão sobre as estratégias de qualidade em função da realidade organizacional.

1.3 Metodologia

A metodologia aplicada no referido trabalho compreende importantes etapas que serão explanadas a seguir.

Primeiramente, fundamentação teórica e revisão bibliográfica foram realizadas dos temas referentes ao estudo, tais como conceitos ligados à Qualidade, Melhoria Contínua, Racionalização, Gestão ambiental e de Segurança do Trabalho; e Decisão Multicritério.

Para melhor embasamento e construção do modelo foram realizados levantamentos de dados através da alta direção de 4 empresas construtoras estabelecidas na Região Metropolitana do Recife. Em relação a este levantamento de dados, a entrevista, segundo Gil (2002), de todas as técnicas de interrogação é a que apresenta maior flexibilidade. Ela pode ser classificada como:

- focalizada, ou seja, embora livre, enfoca tema específico, cabendo ao entrevistador esforçar-se para que o entrevistado retorne ao assunto após alguma divagação;
- parcialmente estruturada, quando é guiada por relação de pontos de interesse que o entrevistador vai explorando ao longo de seu curso;
- totalmente estruturada, quando se desenvolve a partir de relação fixa de perguntas.

No referido trabalho foi utilizada entrevista parcialmente estruturada abordando os seguintes pontos: identificação das práticas de melhoria realizadas no setor, critérios utilizados para seleção de alternativas de melhoria, importância e entendimento dos mesmos.

Em seguida, uma modelagem foi realizada mediante a Abordagem Multicritério de Apoio a Decisão. Para a construção do modelo, as seguintes etapas são necessárias:

- Estruturação do Problema;
- Identificação do conjunto de alternativas fragmentado;
- Identificação do conjunto de alternativas globalizado;
- Caracterização da problemática;
- Escolha do método multicritério.

Para Ackoff e Sasieni (1971), um problema de Pesquisa Operacional compreende 5 fases do processo de modelagem, das quais três podem ser destacadas no trabalho: a formulação do problema; a construção de modelos e a obtenção de solução.

Por fim, é apresentada a Proposição de um Modelo Multicritério para conjunto fragmentado de alternativas de melhoria em uma empresa construtora, ou seja, um Modelo de Apoio a Decisão na área de Pesquisa Operacional

1.4 Estruturação do Trabalho

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos.

- O capítulo I contextualiza a importância de alternativas de melhoria da qualidade no processo produtivo em empresas construtoras; também apresenta a justificativa, objetivos geral e específicos do estudo e sua metodologia.
- No capítulo II foi desenvolvida a fundamentação teórica, que compreende as questões gerais referentes a abordagens de gestão, de qualidade, melhoria contínua e ao apoio multicritério a decisão e revisão bibliográfica.
- O capítulo III trata do contexto da construção civil no que se refere à relevância do setor, às abordagens de melhoria e à melhoria contínua.
- No capítulo IV é apresentado o modelo de decisão multicritério para escolha e priorização de abordagens da gestão e da qualidade em empresas construtoras, com suas sistemáticas de seleção da alternativa macro e ordenação das alternativas de melhoria compreendidas nesta alternativa macro.
- O capítulo V apresenta duas aplicações do modelo proposto utilizando o método SMARTS e uma aplicação utilizando 3 cenários com o método PROMETHEE II.
- No capítulo VI, e último, são explanadas as considerações finais do estudo e algumas recomendações para futuros trabalhos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para um melhor esclarecimento do referido trabalho, serão explanados temas que abordam Gestão da Qualidade, Meio Ambiente, Segurança do Trabalho e métodos de Decisão Multicritério, que darão suporte à pesquisa proposta.

2.1 Abordagens de Gestão e da Qualidade

Segundo Fonseca & Miyake (2006), uma das maneiras das empresas aprimorarem seus níveis da qualidade consiste no uso apropriado de técnicas e ferramentas (T&F). Gurumurthy & Kodali (2008) afirmam que, para alcançar uma vantagem competitiva em relação às demais empresas, alguns gestores procuram transformar a sua organização através da implementação bem sucedida de filosofias de gestão como o *Just in Time* (JIT), *Total Quality Management* (TQM), *Total Productive Maintenance* (TPM), etc.

Independentemente do ramo da atividade da empresa, é necessário que seu processo produtivo seja controlado e aprimorado. As ações de melhorias de qualidade e desempenho resultam na melhoria contínua das atividades e dos processos.

Estas abordagens de melhoria do processo produtivo devem ser tratadas de forma completa, no âmbito da Gestão da Qualidade, Segurança e Meio Ambiente.

2.1.1 Gestão da Qualidade

Para Juran (1998), qualidade é definida como adequação ao uso, ou seja, um conceito sucinto que, porém, envolve vários aspectos e serve de embasamento para o que se poderia chamar de Qualidade Total, termo este definido por Paladini (1997) como característica de um produto ou de um serviço que atende totalmente ao consumidor e, em alguns casos, pode superar a necessidades do mesmo, atendendo expectativas que nem sequer haviam sido formuladas. A Norma ISO 9000:2000, referente a fundamentos e vocabulário, define qualidade como “grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz a requisitos”. Esta definição não foi alterada na ultima versão publicada em 2005.

Segundo Garvin (2002), a realidade atual do mercado convenceu muitos gerentes de que a melhoria da qualidade poderia ser uma meta rentável. Diante de tal evidência, um número cada vez maior de empresas chegou à mesma conclusão: a qualidade era uma poderosa arma

na concorrência, pois, tanto do lado do mercado quanto do lado do custo, oferecia uma grande alavancagem.

Ainda por Garvin (2002), de fato, muitas empresas constataram que só depois de seus mais altos executivos terem destinado algum tempo à qualidade é que os empregados perceberam a importância desta. Assim, ela cada vez mais está sendo incluída no processo de planejamento estratégico e estabelecem-se metas anuais específicas e viáveis para a melhoria de qualidade. Estas metas normalmente levam em conta a perspectiva dos clientes e também são comparadas com o desempenho esperado dos concorrentes.

A partir de Oakland (1993), para que a qualidade seja obtida é importante que todas as atividades que têm relação direta com a qualidade do produto ou serviço sejam padronizadas. A empresa deve envolver seus empregados na elaboração desses padrões para que eles reflitam a prática de fato utilizada, selecionando as melhores experiências da sua equipe para a elaboração dos padrões. É preciso ter uma sistemática para atualizar periodicamente esses padrões de forma a incorporar novas técnicas que sejam desenvolvidas.

Segundo Paladini (1995), há uma perfeita adequação conceitual entre Qualidade e Sistema, em termos de organização interna conferida às estruturas sistêmicas e à necessidade de se obter uma organização deste tipo para produzir qualidade. Os elementos que caracterizam um sistema são: Entradas, Saídas, Integração Organizada das Partes, Princípios Básicos de Funcionamento, Busca de Objetivos Comuns e Realimentação. O Sistema de Qualidade trata as entradas como itens de informação; as saídas como produtos acabados que atendem às necessidades, conveniências e expectativas do cliente. A integração organizada por partes é no sentido de coordenar os esforços pela qualidade de todas as áreas da fábrica, ou seja, interligação e troca de informações entre setores. Os princípios básicos de funcionamento representam a Qualidade baseada no modelo de redução de custo, ou seja, a atividade está voltada para fora da empresa e a prioridade é o cliente. Na busca por objetivos comuns, o produto deve ser acabado com qualidade pois o mercado tem que desejar o mesmo. E por fim, a realimentação, realizada a partir de reações do mercado, havendo um grande número de pequenas realimentações.

Assim, a qualidade é responsabilidade de todos em um SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade) e a realimentação/*feedback* é de extrema relevância, pois a qualidade deve ser dinâmica e se adaptar às necessidades do consumidor. O Sistema de Gestão de Qualidade está

relacionado com todas as fases do ciclo de vida dos produtos/serviço em uma organização, tais como:

- marketing e pesquisa de mercado,
- projeto e desenvolvimento do produto,
- planejamento e desenvolvimento do processo,
- aquisição,
- produção ou provisão de serviços,
- verificação, embalagem e condicionamento,
- vendas e distribuição,
- assistência técnica e serviços associados,
- pós-venda,
- disposição e reciclagem no final da vida útil.

A Gestão da Qualidade em uma organização está intrinsecamente ligada à gestão de mudanças. Falar de melhoria, desempenho ou reestruturação interna em níveis estruturais, operacionais ou sócio-comportamentais motiva o gestor que aspira a uma maior competitividade e à melhoria contínua. Muitas vezes, é necessário mudar hábitos, procedimentos, atividades e atribuições. A tabela a seguir apresenta alguns exemplos de ferramentas/métodos/normas direcionadas à qualidade.

Tabela 2.1-Principais Técnicas, Ferramentas e Métodos de Melhoria no âmbito da Qualidade

	Descrição	Gestão da Qualidade
Fluxograma	Representação gráfica mostrando todos os passos do processo. (BRASSARD, 1996)	Ferramentas Tradicionais da Qualidade
Folha de verificação	Útil para registrar observações diretas e ajudar a reunir fatos sobre o processo. (OAKLAND, 1994)	
Diagrama de Pareto	Gráfico de barras verticais que nos permite determinar quais problemas resolver e qual a prioridade. (BRASSARD, 1996)	
Gráfico de Controle	Monitoração de um sistema, a fim de se observar ao longo do tempo a existência de alterações na média esperada. (BRASSARD, 1996)	
Histograma	Envolve medição de dados, revela quanto de variação existe em qualquer processo. (BRASSARD, 1996)	
Diagrama de Causa e Efeito	Relação entre o “efeito” e todas as possibilidades de “causa” que podem contribuir para este efeito. (BRASSARD, 1996)	
Diagrama de Dispersão	Estudo da possível relação entre duas variáveis. (BRASSARD, 1996)	

Diagrama de Relações	Mostra diversos fatores relevantes em uma situação ou problema complexo, indicando as relações lógicas entre os mesmo por meio de setas. (MOURA, 1994)	Ferramentas Gerenciais da Qualidade
Diagrama de Afinidades	Agrupa por afinidade ou relação natural os vários conjuntos de dados verbais levantados em torno de uma situação ou problema. (MOURA, 1994)	
Diagrama em Árvore	A partir de um objetivo primário, mostra o encadeamento de todos os objetivos secundários e meios necessários para atingi-lo. (MOURA, 1994)	
Matriz de Priorização	Permite estabelecer uma ordem numérica de prioridade para possíveis soluções, tarefas questões. (MOURA, 1994)	
Matriz de Relações	Análise multidimensional, identificando o grau de relação entre dois ou mais grupos de fatores. (MOURA, 1994)	
Diagrama PDPC	Exploração dos possíveis caminhos e ocorrências desde uma situação inicial até uma situação final desejada. (MOURA, 1994)	
Diagrama de Atividades	Detalha o encadeamento das atividades necessárias para implementar um plano e acompanhá-lo. (MOURA, 1994)	
5S	Programa de gerenciamento participativo que objetiva criar condições de trabalho adequadas a todas as pessoas em todos os níveis hierárquicos da organização.	Práticas e Métodos
<i>Brainstorming</i>	Exercício de raciocínio para englobar todos os aspectos do problema ou da solução deste no menor espaço de tempo possível. (BRASSARD, 1996)	
Ciclo PDCA	Método de controle de processos (caminho para atingir as metas estabelecidas), composto de quatro fases básicas: P (Plan) Planejamento, D (Do) Execução, C (Check) Verificação e A (Act) Ação Corretiva.	
Círculos de Controle de Qualidade	Grupo de funcionários que voluntariamente se une para conduzir atividades de controle de qualidade dentro da mesma área de trabalho.	
QFD (<i>Quality function Deployment</i>)	Sistema para projetar um produto ou serviço, baseado nas exigências do cliente, com a participação de membros de todas as funções da organização do fornecedor. (OAKLAND, 1994)	Metodologias/filosofias
Seis Sigma	Ferramenta que tem como meta principal reduzir defeitos, erros e falhas a um valor próximo de zero.	
<i>Total Quality Management</i> (TQM)	Gestão da Qualidade Total - a extensão lógica da maneira em que a prática da qualidade tem progredido. (SLACK <i>et al</i> , 2002).	
<i>Balanced Scorecard</i> (BSC)	Integra indicadores financeiros e não financeiros, garante também uma perspectiva abrangente do desempenho das áreas críticas do negócio.	
<i>Lean Production</i>	Tem como objetivo eliminar todas as possíveis fontes de perdas do processo produtivo, do começo ao fim, com menos esforço humano, tecnológico, de tempo e espaço, mas ao mesmo tempo, oferece aos clientes um produto de alta qualidade.	
<i>Just in Time</i> (JIT)	Tem o objetivo de dispor da peça necessária, na quantidade necessária e no momento necessário, pois para lucrar necessita-se dispor do inventário para satisfazer as demandas imediatas da linha de produção.	

<i>Kanban</i>	Método de fabricação orientado para a produção em série. O ritmo de produção é determinado pelo ritmo de circulação de kanbans (cartões/etiquetas).	
<i>Kaizen</i>	Estratégia minuciosa de melhorias graduais implementadas continuamente, que os japoneses creditam como o fundamento do seu 'milagre' industrial do pós-guerra.	
<i>Série de Normas ISO 9000</i>	É um conjunto de normas que formam um modelo de gestão da qualidade para organizações.	
<i>Sistemas Integrados de Gestão(SIG)</i>	Integração de duas ou mais normas.	Normas
<i>Benchmarking</i>	Processo contínuo de comparação dos produtos, serviços e práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes.	Métodos para a Melhoria

Fonte: A autora

As relações existentes entre as ferramentas, técnicas, normas e sistemas podem ser apresentadas a seguir conforme Fonseca & Miyake (2006). Para estes autores, TQM é tido como um sistema, pois seus princípios são suportados por técnicas e ferramentas para formar um todo. Por exemplo, o princípio que evoca a orientação do processo, deve ser implementado obrigatoriamente por técnicas apropriadas que, no caso, poderia acontecer por meio de CEP (Controle Estatístico do Processo). Por sua vez, para que as técnicas sejam exemplo, poderiam ser usadas ferramentas como gráfico de controle, histograma, etc. Segue a tabela que apresenta uma estrutura de referência para uso de técnicas e ferramentas da qualidade calcadas em princípios de sistemas de gestão.

Tabela 2.2 – Estrutura de referência

Atuação	Abordagens	Exemplos
Mais abrangente/macro/estratégico	Sistema de Gestão (modelos/programas de melhoria/gestão)	TQM, ISO 9000, Seis Sigma, Engenharia Simultânea, Reengenharia,
Implementação ↓ ↑ Sustentação	Princípios (valores fundamentais, dimensões, etc)	Para TQM: foco no cliente, melhoria contínua, desenvolvimento de parcerias, orientação por processos, envolvimento de todos, ...
	Técnicas	Para o TQM: QFD, CCQ, CEQ, <i>benchmarking</i> ,...
Mais específico/micro/ analítico operacional	Ferramentas	Para o TQM: gráficos de controle, diagrama de causa e efeito,

Fonte: Fonseca & Miyake (2006)

Vale salientar que a estrutura lógica usada para o TQM pode ser empregada para outros tipos de sistema.

Dentre as principais técnicas, normas, ferramentas e métodos de melhoria no âmbito da Qualidade, vale ressaltar a série de normas ISO 9000, que atua, muitas vezes, como patamar inicial para outras melhorias.

A publicação da série de normas ISO 9000 em 1987 marcou o início da popularização da ISO. Desde então, essa série de normas já passou por três revisões, uma em 1994, outra em 2000 e a última em 2008.

A primeira versão criou uma estrutura de 3 normas sujeitas à certificação, as normas ISO 9001, 9002 e 9003, além da norma ISO 9000 que era uma espécie de guia para a seleção da norma mais adequada ao tipo de organização. Com 3 anos de atraso, a ABNT emitiu a primeira versão (tradução) da série no Brasil. A mesma foi intitulada de série NBR 19000. Em 1994, ela foi revisada pelo organismo ISO, porém, sem grandes modificações, apenas com uma pequena ampliação e alguns esclarecimentos em seus requisitos, mantendo a mesma estrutura, ou seja, três normas sujeitas à certificação. Não mais com os três anos de atraso, a ABNT revisou as normas brasileiras, adotando o nome "série NBR ISO 9000", alinhando-se com o resto do mundo que já adotava nomenclatura similar para suas versões nacionais como por exemplo, na Alemanha, DIN ISO 9000. Em Dezembro de 2000 a série foi totalmente revisada, pois trouxe o enfoque de gerenciamento de processos além de alterações em sua estrutura, assim, se tem apenas uma norma sujeita à certificação, a norma ISO 9001.

Em 2005, a International Organization for Standardization (ISO) publicou a nova versão da norma ISO 9000 – *Quality Management Systems – Fundamentals and Vocabulary*, que estabelece os fundamentos para Sistemas de Gestão da Qualidade. A Norma ISO 9000:2005 é uma norma utilizada como referência para o entendimento mútuo da terminologia utilizada na Gestão da Qualidade, entre fornecedores, clientes, órgãos reguladores e certificadores. Novos termos e definições foram adicionados e algumas notas explicativas foram acrescentadas.

Em 2008 foi publicada a nova versão da Norma ISO 9001, que manteve sua essência inalterada, isto é, os oito princípios de gestão, a abordagem dos processos, os títulos e campo de aplicação e estrutura, estes porém, foram aperfeiçoados para maior clareza. Não houve grandes mudanças e estas mudanças devem ficar apenas por conta da maior clareza na interpretação dos requisitos e da necessidade de atendimento aos requisitos estatutários e regulamentares relacionados aos produtos. O anexo B da Norma ISO 9001: 2008 traz uma correlação entre a Norma ISO 9001:2000 e a Norma ISO 9001:2008.

Em relação a termos e definições, foi eliminada a definição fornecedor X organização X cliente; em relação aos requisitos gerais, o texto é mais explicativo, além de permitir que as

organizações definam os controles a serem aplicados aos processos terceirizados conforme requisito 7.4 Nesta nova versão, o treinamento é entendido como caminho para chegar às competências necessárias, certificando-se de que estas competências foram atingidas. Assim, foi eliminada a avaliação de eficácia dos treinamentos, focando apenas o atingimento das competências. A nova versão veio com intuito de esclarecer e melhorar o texto e o entendimento da versão anterior.

Outro ponto importante para se evidenciar são as Ferramentas Gerenciais da Qualidade, para Moura (1994), faltavam ferramentas que, assim como as sete ferramentas básicas, formassem um todo coerente que pudesse ser assimilado rapidamente e aplicado amplamente por quaisquer gerentes ou profissionais envolvidos em planejamento estratégico, planejamento em geral, definição de objetivos e resolução de problemas. Assim, novas ferramentas eram necessárias a fim de:

- explicitar relações de causa e efeito em situações ou problemas complexos;
- organizar e sistematizar a informação;
- revelar oportunidades ou problemas latentes;
- processar dados verbais;
- estimular a criatividade, a geração de novas idéias;
- permitir análise multidimensional (a consideração simultânea de vários fatores inter-relacionados);
- acompanhar a implementação das atividades.

Ainda por Moura (1994), o Diagrama de Relações é um processo de lógica criativa, excepcionalmente adaptável, tanto a questões administrativas quanto a operacionais pois estimula o raciocínio multidimensional, revelando as conexões lógicas entre os diversos fatores de uma situação ou problema complexo. Já o Diagrama de Afinidades esclarece problemas ou situações importantes, cujo estado inicial é confuso, desordenado ou inexplorado. Dados verbais coletados sobre o problema e depois são agrupados em diversos conjuntos segundo suas afinidades e relações naturais. Deste modo, consegue-se uma maior compreensão da situação e sua consideração sob novos enfoques, estimulando a criatividade e o surgimento de novas idéias.

O diagrama de árvore é uma ferramenta que permite identificar, em grau crescente de detalhamento, todos os meios e tarefas necessárias para se atingir um dado objetivo. A forma final desta ferramenta lembra a estrutura ramificada de uma árvore e estabelece o vínculo racional entre o objetivo primário e as tarefas de implementação. A outra ferramenta é a

Matriz de Priorização, que fornece um método racional de focalizar a atenção do grupo sobre as opções mais importantes de um conjunto de dados verbais, antes de se partir para o planejamento detalhado das atividades. Já a Matriz de Relação estimula o pensamento multidimensional através da investigação sistemática das relações entre dois ou mais conjuntos de dados verbais.

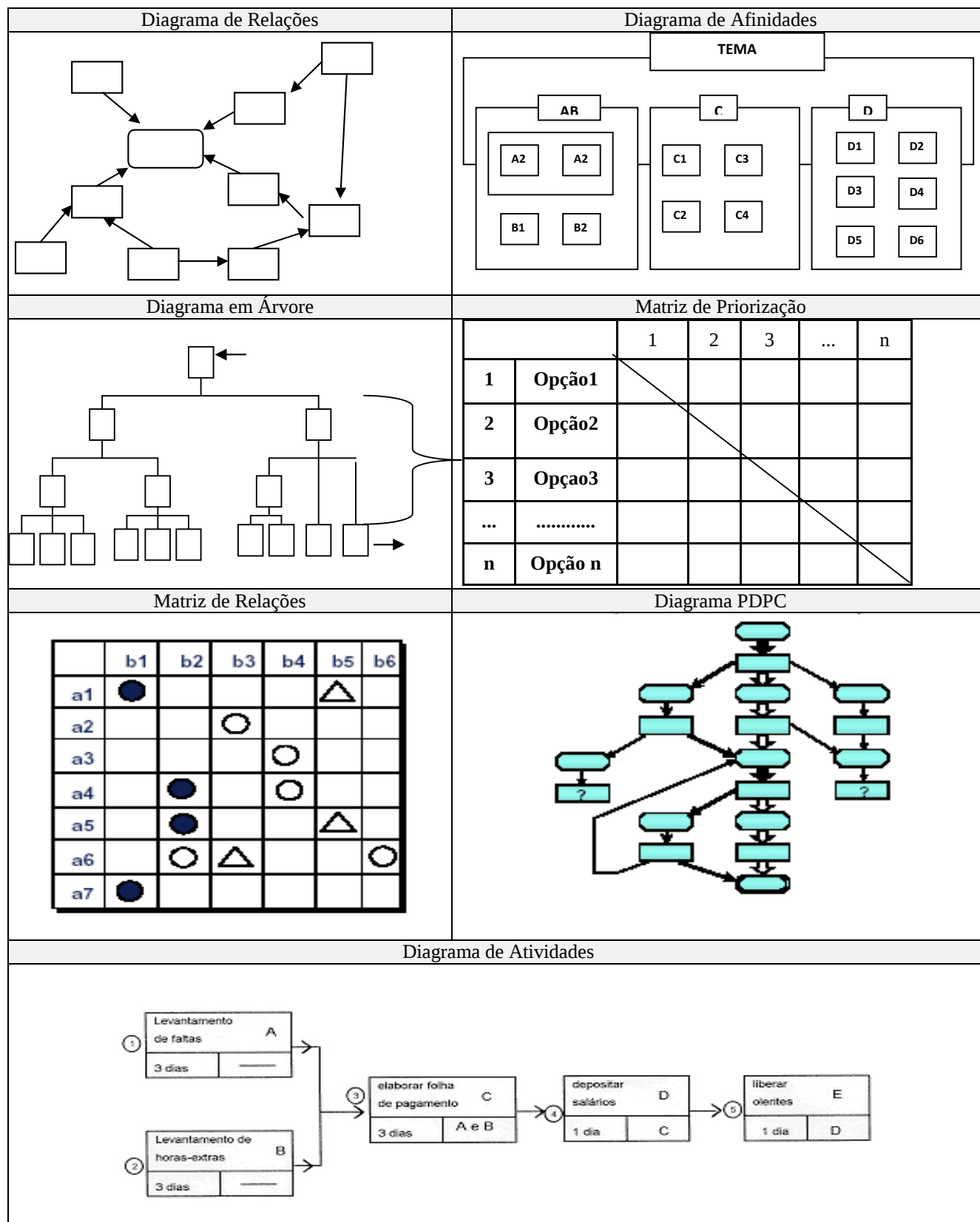
Com o Diagrama PDPC, são consideradas ocorrências de imprevistos, ou seja, a antecipação de ocorrências perturbadoras, assim, torna-se possível:

- efetivar ações preventivas para evitar a ocorrência de eventos que impossibilitariam atingir o objetivo;
- efetivar ações de contenção ou ter alternativas preparadas para contornar certos eventos que surjam durante o andamento das atividades.

E, por fim, o Diagrama de atividades, que é utilizado para estabelecer o plano mais adequado para um projeto e acompanhar o seu andamento eficientemente, quando se conhece a duração de todas as atividades envolvidas. Setas são usadas para representar cada atividade do plano, formando uma rede que evidencia o seqüenciamento das atividades e suas relações de subordinação. A partir de tal diagrama, torna-se possível analisar os tempos de maneira conjunta, identificar as atividades críticas e discutir meios para melhorar o plano e ganhar tempo. Assim, podem-se verificar as representações gráficas das 7 Ferramentas Gerenciais da Qualidade na tabela 2.3.

Estas sete ferramentas podem ser trabalhadas de forma integrada, como também a utilização de apenas algumas deste grupo. O bom entendimento da construção, implementação e conseqüências faz com que empresa alinhe estas ferramentas as suas necessidades. A utilização destas ferramentas (uma, duas, três ou mais) fornecerá bons resultados para resolução de problemas e desdobramento de planos de ação.

Tabela 2.3 – Representações Gráficas das 7 Ferramentas Gerenciais da Qualidade



Fonte: Adaptado de Moura (1994)

2.1.2 Gestão Ambiental

Segundo Elliott (1994), a área ambiental começou a ser discutida nas relações internacionais a partir da década de 60, especificamente, em 1968, com o Clube de Roma e, posteriormente, em 1972, com a realização da 1ª Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo. Este evento representou um marco político na conscientização mundial dos problemas ambientais, produzindo como principal documento a Declaração sobre o Ambiente Humano.

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) baseado na Norma ISO 14001 fornece ordenação e dados para a organização equacionar suas preocupações ambientais, por meio da alocação de recursos, atribuição de responsabilidades e avaliação em base contínua, das práticas, procedimentos e processos.

Segundo Campos *et al* (2006), a implementação de um SGA, segundo a Norma ISO 14001, exige o cumprimento de 17 requisitos normativos que devem ser estruturados de forma a se estabelecer um sistema de melhoria contínua. Os 17 requisitos da ISO 14001 estão divididos em 5 grupos ou fases de implementação: a *política ambiental*; o *planejamento*; a *implementação e operação*; a *verificação e ação corretiva*; e a *análise crítica*.

Para Seiffert (2008), a Norma ISO 14001 apresenta uma característica muito singular que a consagrou como um padrão de estruturação de SGAs massivamente reconhecido em todo o mundo, principalmente em virtude de sua flexibilidade. Esta declaração ambiental, que deve ser também encaminhada ao órgão de controle ambiental, tem como propósito informar ao público e a outras partes interessadas a respeito do desempenho ambiental da organização.

Ainda por Elliott (1994), após as décadas de 1970 e 1980, motivadas por diversas crises de escassez de recursos naturais, como de energia e água, as empresas começaram a se preocupar com a gestão dos processos produtivos, tendo em vista a redução das perdas e dos desperdícios na fonte geradora. Com tal enfoque, surge o conceito de *cleaner production* (produção mais limpa ou P+L).

A partir de Ometto & Guelere Filho (2008), o monitoramento e a retroalimentação das informações para o sistema de gestão ambiental são fundamentais na obtenção da melhoria contínua do processo e da garantia da eficácia das medidas implementadas. O monitoramento pode ser realizado com a instrumentação nos processos produtivos, assim como seu controle.

Desta forma, o SGA pode ampliar seu desempenho ambiental por meio de técnicas de prevenção à poluição, como a P+L, que buscam a ecoeficiência dos processos produtivos.

Segundo Pombo & Magrini (2008), os setores com maior número de certificações ISO 14001 obtidas são os setores industriais automotivo, petroquímico e químico e o setor de prestação de serviços, sendo que a representatividade deste último está, em grande parte, relacionada às exigências de certificação impostas pelas grandes empresas.

Tabela 2.4 - Porcentagem das certificações emitidas no Brasil por setor.

%	Descrição
14	Automotivo
9	Petroquímico
8	Químico
8	Prestação de serviço
6	Metalurgia
5	Transportes/hotelaria/turismo/logística/navegação
5	Agroflorestal/papel e celulose/florestal madeira/reflorestamento/moveleiro
5	Elétrica/eletroeletrônico/eletrônico
4	Hidrelétrica/serviços públicos/saneamento
4	Plásticos/borracha
3	Tecnologia/computação/telecomunicações
3	Alimentício/bebidas
3	Farmacêutico/hospital
3	Siderurgia
2	Construção civil/material de construção
2	Mineração
2	Têxtil/calçados
1	Cosméticos/higiene/limpeza
1	Fábrica de vidros
14	Outros

Fonte: Revista Meio Ambiente Industrial (maio/junho de 2006)

A tabela a seguir apresenta as principais metodologias/normas/técnicas ligadas à gestão ambiental.

Tabela 2.5-Principais Técnicas, Ferramentas e Métodos de Melhoria no âmbito Ambiental

	Descrição	Gestão Ambiental
<i>Série de Normas 14000</i>	É um conjunto de normas que estabelece diretrizes sobre a área de gestão ambiental nas empresas.	Normas
<i>BS 8900</i>	Diretrizes para a Gestão do Desenvolvimento Sustentável.	
<i>Produção mais Limpa</i>	Programa que busca evitar a geração dos resíduos através do aproveitamento máximo das matérias-primas utilizadas durante o processo produtivo.	Práticas e Métodos
<i>Benchmarking</i>	Processo contínuo de comparação dos produtos, serviços e práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes.	Métodos para a Melhoria

Fonte: A autora

A partir da ABNT/CB-38 (2006), os Sistemas de Gestão Ambiental são compostos pelas normas:

- NBR-ISO 14001:2004 – requisitos com orientações para uso;
- NBR-ISO 14004 – diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.

2.1.3 Gestão de Segurança e Higiene do Trabalho

De acordo com Salamone (2008), as motivações que levam as empresas a adotarem sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho se devem principalmente a fatores como, melhoria contínua, melhoria na imagem, maior competitividade, chance de reduzir os custos com gestão, novas oportunidades de mercado, produtividade mais alta e melhorias nos ambientes de trabalho.

Um sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho (SGSST) pode ser definido como parte do sistema de gestão de uma organização utilizada para desenvolver e implementar sua política e gerenciar seus riscos de segurança e saúde no trabalho. A OHSAS 18001 tem como objetivo fornecer às organizações os elementos de um sistema eficaz de gestão de segurança e saúde no trabalho, que possa auxiliá-las a alcançar seus objetivos de SST (OHSAS 18001, 2007).

A empresa também pode seguir as “Diretrizes sobre sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho – ILO-OSH 2001, que contêm os mesmos princípios.

Segundo Dias (2008), essas Diretrizes fornecem as orientações necessárias para a implementação de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho (SG-SST) em nível

nacional e em nível das *Organizações*, bem como para o desenvolvimento de Diretrizes Específicas para atender a exigências de grupos com determinadas dimensões como é o caso das micro e pequenas empresas (MPEs) ou as pequenas e médias empresas (PMEs) e/ou setores de atividades com riscos específicos ou com elevada sinistralidade laboral como é o caso do setor da construção. Para este setor de atividade, as Diretrizes Específicas deverão ter em conta a Convenção 167 da OIT e o Código de Prática da OIT, ambos sobre segurança e saúde na construção. Esta Convenção 167 foi ratificada pelo Brasil em Maio de 2006 entrando em vigor em maio de 2007 (ratificação pelo Decreto Legislativo n.º 61 do Senado Federal e promulgação da Presidência da República através do Decreto n.º 6271 de novembro de 2007).

Segundo Seiffert (2008), a norma OHSAS 18001 estabelece um processo de gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SSO) que visa a reduzir ou eliminar completamente os riscos aos funcionários e a outras partes interessadas, pertencentes à organização ou que operem em seu “site”, que possam estar expostos a determinados riscos no dia-a-dia de realização de suas atividades. Os benefícios potenciais advindos da implantação de um Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO), tendo como requisito esta norma, compreendem:

- assegurar aos clientes o comprometimento com a gestão do SSO;
- manter boas relações com trabalhadores e sindicatos;
- fortalecer a imagem da empresa junto aos seus clientes diretos ou indiretos;
- melhoria da imagem pública da empresa;
- reduzir acidentes que impliquem responsabilidade civil (incapacitação ou morte);
- maior motivação dos funcionários;
- maior produtividade relacionada à baixa taxa de absenteísmo;
- maior facilidade de acesso a financiamento;
- possibilidade de obtenção de seguros patrimoniais a custos mais reduzidos;
- incorporação de forma sistematizada à cultura da organização do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), regulamentados pelo Ministério do Trabalho;
- melhorar as relações entre a organização e os órgãos públicos de fiscalização trabalhista;

- implantar um processo sistematizado de análise de dados de riscos e avaliação de perigos relacionados a incidentes e acidentes de saúde e segurança ocupacional e ambientais;
- permitir compartilhar experiências sobre prevenção de risco trabalhista sobre uma base normativa comum.

A norma britânica BS 8800 (*Guide to Occupational Health and Safety Systems*), criada em 1996, foi a primeira tentativa bem-sucedida de se estabelecer uma referência normativa para implementação de sistemas de gestão de segurança e saúde. Ela tem como objetivo aprimorar o desempenho das organizações em matéria de saúde e segurança, fornecendo orientação quanto à maneira pela qual o seu gerenciamento deve ser integrado com a administração de outros aspectos do desempenho da empresa.

Segundo Oliveira *et al* (2008), em 1999 foi publicada pela *British Standards Institution* (BSI) a norma OHSAS 18001, que foi formulada por um grupo de entidades internacionais (BVQI, DNV, LOYDS, SGS, e outras), que se fundamentaram na BS 8800. Ela foi desenvolvida em resposta às necessidades das empresas em gerenciar suas obrigações de segurança e saúde ocupacional de uma maneira mais eficiente. A tabela 2.4 apresenta o crescimento de empresas certificadas entre 2004 e 2008.

Tabela 2.6 - Empresas certificadas pela OHSAS 18001 por ano no Brasil

Comparativo das certificadas de 2004 a 2008	2004	2005	2006	2007	2008
Empresas Certificadas	217	350	392	478	478
Certificadoras	6	10	11	11	10

Fonte: Adaptado da Revista Proteção (2008)

A tabela a seguir apresenta as principais metodologias/normas/técnicas ligadas à Segurança e Higiene do Trabalho.

Tabela 2.7-Principais Técnicas, Ferramentas e Métodos de Melhoria no âmbito de Segurança do Trabalho

	Descrição	Gestão de Segurança e Higiene do Trabalho
<i>Série de Normas OHSAS 18000</i>	É um conjunto de normas para implementação de sistemas de gestão de segurança e higiene ocupacional.	Normas
<i>BS 8800</i>	Diretrizes que fornecem orientações e recomendações voltadas para a implantação eficaz do sistema de Segurança e Higiene do Trabalho.	
<i>Benchmarking</i>	Processo contínuo de comparação dos produtos, serviços e práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes.	Métodos para a Melhoria

Fonte: A autora

2.1.4 A Melhoria Contínua como Ferramenta Competitiva

Para Thawesaengskulthai (2007), teóricos têm definido o termo melhoria contínua (MC) de várias formas. Alguns distinguem Melhoria Contínua de inovação, outros consideram que elementos de negócios e inovação tecnológica devem ser incorporados à MC. A *American Society for Quality* (ASQ 2007) define MC como um "esforço contínuo para melhorar os produtos, serviços ou processos. Estes esforços podem procurar melhoria incremental ao longo do tempo, ou melhoria avançada de uma só vez.

Kofoed *et al.* (2002) também discutem MC em termos de mudanças radicais e incrementais. Para eles, as mudanças incrementais são implementadas lentamente e gradualmente ao longo do tempo e requerem pouco investimento para a execução. Elas são baseadas na lógica indutiva e, muitas vezes, envolvem a participação dos trabalhadores no planejamento, direção e execução das atividades de melhoria. Em contrapartida, mudanças radicais exigem investimentos consideráveis, que são direcionados para a reorientação da organização e dirigida de cima para baixo com base na lógica dedutiva.

Assim, segundo Garvin (2002), a realidade atual do mercado convenceu muitos gerentes de que a melhoria da qualidade poderia ser uma meta rentável. Diante de tal evidência, um número cada vez maior de empresas chegou à mesma conclusão: a qualidade era uma poderosa arma na concorrência pois tanto do lado do mercado quanto do lado do custo, oferecia uma grande alavancagem.

Para Townsend & Gebhardt (2005), é necessário investir tempo, recursos e dinheiro na busca pela qualidade e seus defensores apresentam todos os tipos de motivos para

buscá-la, incluindo preocupações ambientais, de segurança e competitividade. Todos estes motivos são verdadeiros, mas a lucratividade é o mais reconhecido e visado por uma organização.

Estes dois autores apresentam 4 razões para se investir em qualidade: ela gera dinheiro, leva à lealdade dos clientes, leva a funcionários leais e é a coisa ética a se adotar.

Já Pheng & Hong (2005) abordam a Gestão de Qualidade Estratégica, ou seja, como um processo de estabelecimento em longo prazo de metas de qualidade. Este nome sugere a junção da estratégia corporativa com a gestão da qualidade total (*TQM*), cujos planos de qualidade incremental são reestruturados por iniciativas arrojadas devido, também, à redução do ciclo de tempo e a processos de reengenharia de negócios.

Os sete princípios-chave do *System Quality Management (SQM)* são:

- Compromisso Total (de todos os membros da empresa);
- Serviço Direcionado ao Cliente;
- Eliminação do retrabalho;
- Trabalho de Equipe;
- Treinamento;
- Autonomia e Respeito para com as pessoas;
- Processo Contínuo.

Um estudo realizado por estes dois autores indica algumas afinidades entre os princípios do SQM na indústria da construção e a filosofia estratégica *Sun Tzu's*. O *Sun Tzu's Art of War* é o tratado militar mais antigo existente, representado por um livro. O estudo tem a finalidade de levar as empresas construtoras a pensarem a respeito do SQM, através de adaptações das lições contidas no referido livro.

Para Oakland (1994), é essencial que haja um cuidadoso sistema de coleta, registro e apresentação de dados, pois números e informações constituem a base de entendimento, decisões e ações na busca do melhoramento contínuo dos métodos utilizados nos processos.

Para que a qualidade seja obtida, é importante que todas as atividades que têm relação direta com a qualidade do produto ou serviço sejam padronizadas. A empresa deve envolver seus empregados na elaboração desses padrões para que eles reflitam sobre a prática de fato utilizada, selecionando as melhores experiências da sua equipe para a elaboração dos padrões. É preciso ter uma sistemática para atualizar periodicamente esses padrões de forma a incorporar novas técnicas que sejam desenvolvidas.

A partir desta idéia, podem-se evidenciar inúmeros métodos, ferramentas e técnicas de melhoria existentes. As tabelas 2.1, 2.5 e 2.7 apresentam alguns dos inúmeros métodos/práticas/normas nos aspectos de qualidade, meio ambiente e segurança do trabalho.

Estes têm por finalidade a melhoria dos processos produtivos seja com enfoque na Qualidade, no Meio Ambiente ou na Segurança e Higiene do Trabalho. A técnica *Benchmarking* encontra-se nas três tabelas, uma vez que independentemente do enfoque, ela pode ser aplicada para a melhoria dos processos.

Vale salientar a importância da escolha, ordenação, e alinhamento dessas ferramentas/métodos com os objetivos da empresa, com outras ferramentas já existentes e com a cultura organizacional.

2.2 Apoio Multicritério a Decisão

Na década de 70, começaram a surgir os primeiros métodos de apoio ou auxílio multicritério a decisão, com um intuito de enfrentar situações específicas, nas quais um decisor, atuando com racionalidade, deveria resolver um problema em que vários eram os objetivos a serem alcançados de forma simultânea (GOMES *et al*, 2004).

De acordo com Gomes *et al* (2009), os métodos multicritério têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas-solução, em diferentes espaços. O espaço das variáveis de decisão, em particular, consiste no conjunto de decisões factíveis e não-factíveis para dado problema. Esses métodos procuram esclarecer o processo de decisão, tentando incorporar julgamentos de valores dos agentes, na intenção de acompanhar a maneira como se desenvolvem as preferências, e entendendo o processo como aprendizagem.

Segundo Almeida *et al* (2003), a escolha do método depende de vários fatores, destacando-se as características:

- do problema analisado;
- do contexto considerado;
- da estrutura de preferência do decisor, e
- da problemática.

Segundo Roy (1996), dependendo do resultado pretendido em determinado problema, podem-se verificar quatro tipos de problemáticas:

- Problemática $P\alpha$ – Tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto do espaço de ações.

- Problemática $P\beta$ – Tem como objetivo a alocação de cada ação a uma classe, sendo chamada de problemática de classificação. As diferentes categorias são definidas *a priori* a partir de normas aplicáveis ao conjunto de ações.
- Problemática $P\gamma$ – Tem como objetivo ordenar as ações, sendo chamada de problemática de ordenação.
- Problemática $P\delta$ – Tem como objetivo apoiar a decisão através de uma descrição de ações e de suas consequências.

2.2.1 Modelagem de Preferência

Segundo Gomes *et al* (2004), é razoável pensar que o tomador de decisão, diante de duas alternativas x_1 e x_2 pertencentes a seu conjunto de escolha, é capaz de declarar qual delas prefere ou se ambas lhe resultam indiferentes. A expressão das preferências do decisor, quando realiza comparações, é feita por relações binárias.

De acordo com Vincke (1992), com o objetivo de apoiar o processo decisório, torna-se necessário estabelecer condições que possam expressar as preferências do decisor quando da comparação entre duas ações potenciais. Essas condições são definidas por relações binárias (H) sobre um conjunto A de alternativas $A \times A$.

Gomes *et al* (2004) afirma que para garantir uma representação realista das preferências do decisor, ao comparar duas alternativas, definem-se quatro situações fundamentais e mutuamente excludentes da seguinte maneira:

- Indiferença (I): quando o tomador de decisão é indiferente entre x_1 e x_2 , significa que existem razões claras para justificar uma equivalência entre as duas alternativas. Esta situação é representada por $x_1 \sim x_2$. Já para Roy (1996), quando existem razões claras e positivas que justificam uma equivalência entre as duas ações.
- Preferência estrita (P): o tomador de decisão prefere estritamente x_1 a x_2 quando sua escolha realiza-se sem nenhuma dúvida, fato este que será representado por $x_1 \succ x_2$ ou $x_1 P x_2$. Já para Roy (1996), quando existem razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa em favor de uma das duas ações.
- Preferência fraca (Q): quando o tomador de decisão não sabe se prefere estritamente x_1 a x_2 ou se essas alternativas lhe são indiferentes, afirma-se que “ x_1 é preferível ou indiferente a x_2 ” e representa-se por $x_1 \succeq x_2$ ou $x_1 Q x_2$. Roy (1996), no entanto, afirma que esta situação é para quando existem razões claras e positivas que não implicam uma preferência estrita em favor

de uma das duas ações, mas essas razões são insuficientes para deduzirmos seja uma preferência estrita em favor da outra, seja uma indiferença entre essas duas ações.

- Incomparabilidade (R ou NC): ocorre a partir do momento em que não existem razões para justificar uma das três situações anteriores.

Ainda por Gomes *et al* (2004), as quatro situações anteriores podem ser combinadas, obtendo-se, assim, outras situações de particular interesse:

- Não-preferência ($\sim$): combina as situações de indiferença e incomparabilidade, sem a possibilidade de diferenciá-las. Representa-se por $x_1 \sim x_2 \iff (x_1 I x_2 \text{ ou } x_1 R x_2)$. Já para Roy (1996), corresponde a uma ausência de situações claras e objetivas para justificar a preferência estrita.

- Preferência (em sentido amplo) ($>$): combina as situações de preferência estrita e de preferência fraca, sem a possibilidade de diferenciá-las. Representa-se por $x_1 > x_2 \iff (x_1 P x_2 \text{ ou } x_1 Q x_2)$. Roy (1996), no entanto, afirma que esta situação corresponde a existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência estrita ou a preferência fraca em favor de uma (identificada) das duas ações, e, portanto, consolida as situações de preferência estrita e preferência fraca, sem, no entanto, ser capaz de diferenciação entre elas.

- Presunção de Preferência (J): independentemente do quão fraca seja, existem razões claras que justificam a preferência fraca a favor de uma dentre duas alternativas ou, no limite, que justificam a indiferença entre ambas, sem que haja nenhuma possibilidade de separação significativa entre a preferência fraca e a indiferença. Representa-se por $x_1 J x_2 \iff (x_1 Q x_2 \text{ ou } x_1 I x_2)$. Já para Roy (1996), também chamada de J-Preferência, corresponde à existência de razões claras e positivas que justifiquem a preferência fraca, sem se preocupar o quão fraca em favor de uma (identificada) das duas ações, ou no limite, a indiferença entre elas, mas sem que nenhuma separação significativa seja estabelecida entre as situações de preferência fraca e de indiferença.

- K-preferência (K): há razões claras que justificam uma preferência estrita a favor de uma dentre duas alternativas, ou então verifica-se uma incomparabilidade entre ambas, mas sem que se estabeleça uma separação significativa entre essas mesmas alternativas. Representa-se por $x_1 K x_2 \iff (x_1 P x_2 \text{ ou } x_1 R x_2)$. Já para Roy (1996), corresponde à existência de razões claras e positivas que justifiquem a preferência estrita em favor de uma (identificada) das duas ações, ou a incomparabilidade entre elas, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita e incomparabilidade.

- Superação (S): combina as situações de preferência estrita, de preferência fraca e a de indiferença, sem a possibilidade de distingui-las. Representa-se por $x_1 S x_2 \iff (x_1 Q x_2 \text{ ou } x_1 R x_2)$. Para Roy (1996), também chamada *Outranking* (Sobreclassificação/Subordinação), esta classificação corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem tanto preferência quanto a J-preferência em favor de uma (identificada) das duas ações, embora não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita, preferência fraca e indiferença.

Para Gomes *et al* (2004), é possível expressar as principais estruturas de preferência sobre um conjunto de alternativas A. A Pré-ordem Completa corresponde à noção intuitiva de classificação com possibilidade de empate. Um par de relações binárias (T,V) sobre um conjunto de alternativas A é uma pré-ordem completa. Denomina-se ordem completa, correspondendo à noção intuitiva de classificação, sem a possibilidade de existir empate.

Segundo os autores, a imposição de transitividade para I ou $\sim$, em alguns casos, conduz a uma modelagem pouco realista das preferências. Em decorrência disso, definem-se as estruturas de quase-ordem, ordem de intervalo, pré-ordem parcial e pseudo-ordem. Uma estrutura de Pré-ordem Parcial generaliza a estrutura de pré-ordem completa já que admite a incomparabilidade na classificação, conservando a transitividade.

Uma estrutura mais complexa corresponde a uma quase-ordem, na qual se insere, de maneira adequada, uma relação W. Essa relação corresponde, para a modelagem de preferências, à preferência fraca ($W=Q$) que está entre a indiferença (I) e a preferência estrita (P). Isso é possível ao introduzir-se um limite de preferência estreita p. Uma quase-ordem é uma pseudo-ordem particular, na qual $W=\emptyset$. Um sistema de relações de preferência tipo (I, Q, P) possui uma estrutura de pseudo-ordem.

2.2.2 Métodos Multicritério

Vincke (1992) apresenta as famílias de abordagens das metodologias de suporte à decisão, classificadas em três grandes grupos:

- a) Função Síntese ou Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiple Attribute Utility Theory – MAUT*), que consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função que deve ser subsequentemente otimizada (Escola Americana). Exemplos de modelos que podem ser considerados: MAUT; AHP; SMART.
- b) Métodos de Subordinação e Síntese (Escola Francesa), que a partir da construção das relações de sobreclassificação (*outranking*), as quais representam as preferências estabelecidas pelo decisor, buscam explorá-las de tal forma que auxilie o decisor na solução

do problema. Diferencia-se, principalmente da escola americana, por admitir a possibilidade de incomparabilidade entre alternativas. Exemplos de modelos que podem ser considerados: ELECTRE; PROMETHÉ E; QUALIFLEX; OROEST; MELCHIOR.

c) Métodos Interativos, consistem, em geral, numa seqüência de passos de diálogo e cálculos, onde é feita uma exploração sistemática do espaço de decisão. Exemplos de modelos que podem ser considerados: STEM; TRIMAP. Vale salientar que os Métodos Interativos não serão abordados neste trabalho.

Segundo Gomes *et al* (2009), a Escola America assume que:

- todos os estados são comparáveis (não existe a incomparabilidade);
- existe transitividade na relação de preferências;
- existe transitividade nas relações de indiferença.

De acordo com Dias (1996), o valor cardinal de uma alternativa a_1 é formado por um conjunto de valores $v_{1i}, v_{2i}, v_{3i}, v_{4i}, \dots, v_{ni}$, onde cada v_{ni} é o valor assumido pela alternativa a_i , em cada um dos n critérios. Isso significa que, caso determinado critério/atributo seja considerado pouco importante diante de outros critérios/atributos, ele receberá um peso (valor atribuído) inferior ao peso atribuído àqueles de maior importância. Essa teoria permite a definição de uma função que busca agregar os valores de cada alternativa (a_i) sujeita (classificada) em cada critério (c). Isso representa que a importância relativa de cada critério advém do conceito de “taxa de substituição” (*trade-off*). O decisor defronta-se com o problema de identificação da taxa de substituição de um critério em relação a outro. Essa abordagem também é definida como critério único de síntese que exclui a incomparabilidade.

Os métodos desta escola são considerados compensatórios, pois utiliza-se a taxa de substituição marginal, ou seja, são modelos em que a diminuição do desempenho em um critério pode ser compensada com a melhoria do desempenho em outro critério. Estes modelos favorecem as ações não balanceadas, excelentes sob alguns aspectos, mas sofríveis em outros. Estes métodos agregam/sintetizam todos os critérios na avaliação de cada alternativa através de uma função aditiva.

Conforme Gomes *et al* (2009), a Escola Francesa adota as seguintes convicções básicas:

- onipresença da subjetividade no processo decisório;
- paradigma da aprendizagem pela participação;
- convicção do construtivismo;
- reconhecimento das limitações do ótimo matemático e utilização de uma abordagem que não parte de quaisquer precondições, mas procura construir um modelo de elementos-chave que

capacitam os atores do processo de decisão a evoluir no processo decisório, como resultado puro e simplesmente de seus próprios objetivos, convicções e sistemas de valores (ROY,1996).

Os métodos desta escola são considerados não compensatórios, ou seja, modelos que favorecem as ações mais balanceadas, ações que possuam uma melhor *performance* média.

Alguns métodos destas duas escolas serão explanados de forma mais detalhada a seguir:

- Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process* - AHP)

Segundo Gomes *et al* (2004), este foi um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das Decisões Multicritério Discretas, sendo talvez o mais utilizado no mundo. Criado pelo professor Thomas L. Saaty em 1980, neste método, o problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos. Em seguida, surgiram três versões desse método: o AHP Multiplicativo (Lootsma,1990), o AHP Referenciado (Watson e Freeling, 1983) e o AHP B-G (Belton e Gear, 1985).

No método AHP clássico, depois de construir a hierarquia, cada decisor deve fazer uma comparação par a par de cada elemento em um nível hierárquico dado, criando-se assim uma matriz de decisão quadrada.

Gomes *et al* (2004) apresentam os elementos fundamentais do método AHP que são:

- Atributos e Propriedades – um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades.
- Correlação Binária- ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro.
- Escala Fundamental – a cada elemento associa-se um valor de prioridades sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais. A Escala utilizada é a de Saaty (1980). Segundo este autor, o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente 7 ± 2 pontos, ou seja, nove pontos para distinguir essas diferenças, partindo de “igual importância” até “importância absoluta”, denominado limite psicológico.
- Hierarquia – um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos.

O início da hierarquia representa um critério de síntese ou objetivo global, enquanto nos níveis sucessivamente inferiores colocam-se os critérios que apresentam algum impacto no critério do nível superior. No último nível da hierarquia, devem estar as alternativas consideradas. A base do método refere-se ao fato de que o decisor expressa suas avaliações

verbalmente, para, posteriormente, serem transformadas em uma escala de razão dos atributos (que corresponde à menor medida de valor utilizada para avaliar duas alternativas, dentro de um critério dado). Isso origina uma escala de razão de preferências, fato este que se choca com o princípio da função aditiva, que se adapta melhor a uma escala de intervalos.

Ainda por Gomes *et al* (2004), o processo de decisões, é em essência, um processo subjetivo, pois o elemento humano presente exerce a subjetividade pela sua percepção e pelos juízos de fatos, a partir de um ponto de vista pessoal. Desta forma, a decisão tomada a partir dos objetivos definidos, as alternativas disponíveis e os obstáculos presentes pode, devido ao fator humano, ter grande imprecisão.

Para Gomes (2003), o método AHP, bastante usado no Brasil e no restante do mundo em avaliações de natureza estratégica, desde os anos oitenta do séc. XX tem sido objeto de críticas surgidas na literatura. Goodwin & Wright (2000) resumem algumas das críticas sobre o AHP descritas a seguir:

- Conversão da escala verbal para numérica – Agentes de decisão usando o método verbal de comparação terão seus julgamentos automaticamente convertidos para uma escala numérica, mas a correspondência entre as duas escalas é baseada em pressupostos não testados.
- Inconsistências impostas pela escala de 1 a 9 – Em alguns problemas a restrição de comparações par a par sobre uma escala de 1 a 9 força o agente de decisão a cometer inconsistências.
- Significado das respostas às questões – Os pesos são obtidos sem referência às escalas nas quais os atributos são medidos, podendo significar que as questões são interpretadas de modos diferentes, e possivelmente errados, pelos agentes de decisão. Lootsma (1990) observou a dificuldade que os agentes de decisão encontram para escolher uma dentre as qualificações verbais para expressar suas preferências por uma entre duas alternativas, principalmente quando suas performances são expressas em valores físicos ou monetários.
- O número de comparações requeridas pode ser grande – Embora possa ser considerado como uma vantagem, a redundância que o método AHP possui pode também fazer com que o decisor realize um número grande de julgamentos.

Devido a estas limitações, o método não será utilizado neste trabalho, apesar de ser muito presente em aplicações no mundo, conforme será visto no item 2.3. Gomes *et al* (2004) ainda sugerem formas de enriquecer os métodos da família AHP, que consiste na possibilidade de o avaliador escolher os valores de sua escala. Dessa forma, no início do processo, ele atribuiria valores à escala verbal, os quais seriam posteriormente utilizados na

agregação. Com isso, os métodos AHP poderiam tornar-se mais flexíveis, pois a escala verbal seria graduada pelo avaliador, escapando, assim, da predeterminação presente nos modelos atuais.

- Simple Multi-Attribute Rating Technique using swings (SMARTS)

O SMARTS e o SMARTER (Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings) foram propostos por Edwards & Barron (1994) para obtenção da utilidade multiatributo. Ambos são simplificações da MAUT (Multi-attribute Utility Theory), descrita em Keeney & Raiffa (1976), e buscam estabelecer uma Pré-ordem completa entre as alternativas.

Essas duas abordagens foram elaboradas com o intuito de sanar um problema intelectual existente no método SMART (*Simple Multi-attribute Rate Technique*) proposto por Edwards (1977). Neste método SMART, para conseguir obter pesos de cada um dos critérios, Edwards (1977) explorou a noção intuitiva de importância e a idéia de que em um modelo aditivo os pesos são considerados como a importância relativa de um atributo em relação aos outros.

Segundo Schramm & Moraes (2008), o procedimento desenvolvido por ele era simples, os decisores julgavam o grau de importância de cada atributo em relação aos outros e estes julgamentos podiam ser facilmente colocados em um conjunto de pesos normalizados, porém, o procedimento ignorava que a escala dos valores de cada alternativa, bem como a importância relativa dos critérios, tinha que ser refletida em todos os pesos, ou seja, estes tinham que ser proporcionais a uma medida de dispersão referente aos valores das alternativas multiplicadas por uma medida de importância. Assim, eram elicitados pesos para os atributos sem considerar a magnitude entre os mesmos, ou seja, uma escala cardinal.

Contudo, a dependência descrita acima foi ignorada na elicitação de pesos do SMART e este fato é a razão que o leva a ser intelectualmente inaceitável.

Assim, o SMARTS busca corrigir um erro intelectual do SMART a partir de um procedimento chamado de “*swing weights*” (peso das trocas). Os autores incluem a questão da amplitude dos valores das alternativas nos critérios à noção de importância e compensação intercritérios. Admite que a função utilidade unidimensional seja linear e que função de agregação multiobjetivo é aditiva: de acordo com os autores, o processo de elicitação de preferências produz erros maiores do que àqueles resultantes das simplificações do modelo; o que justifica a adoção de técnicas mais simples para mensurar a utilidade multiatributo.

No SMARTER, não há o “*swing weights*”. Após a ordenação dos critérios, utilizam-se valores pré-determinados denominados Tabela *ROC weights* (Rank Order Centroid weights) para os pesos, simplificando a obtenção das utilidades Multiatributo.

Edwards & Barron (1994) apresentam duas séries de nove estágios (SMARTS e SMARTER), que diferem quanto ao oitavo estágio.

Estágio 1: Identificar o objetivo do modelo de apoio a decisão (elicitação dos valores) e dos decisores envolvidos.

Estágio 2: Elaborar a árvore de critérios ou hierarquia de objetivos. Tornar explícita a estrutura ou a lista de critérios potencialmente relevantes, tomando com base o propósito do modelo definido do estágio 1 e as informações fornecidas pelos decisores.

Estágio 3: Identificar quais são os objetos ou alternativas a serem avaliados no modelo de apoio a decisão. O analista pode utilizar as informações levantadas tanto no primeiro estágio quando no segundo com o propósito de definir o maior número possível de alternativas reais ou hipotéticas para o processo de avaliação.

Estágio 4: Elaborar uma matriz de alternativas por critérios. Os dados de entrada devem ser pontuações ou medidas físicas das alternativas. As pontuações não precisam ser utilidades unidimensionais em uma escala cardinal, precisam apenas ser números que um maior número seja preferível a um menor (utilidade ordinal).

Estágio 5: Eliminar opções ordinalmente dominadas. O número de opções será reduzido, mas a escala de atributos não deve ser afetada. Caso a opção dominada eliminada afete a escala de atributos, analisa-se se o atributo é digno de ser considerado, em caso negativo, retorna-se ao estágio 2 para eliminá-lo.

Estágio 6: Reformular as entradas da matriz de alternativas por critérios considerando as utilidades unidimensionais.

Caso as medidas físicas relevantes para o modelo não estiverem disponíveis neste último estágio, será solicitada uma elicitação (*elicitation*), que poderá ser feita em conjunto com os estágios 7 e 8, com a ajuda do decisor ou de um indivíduo nomeado por ele que tenha conhecimento e responsabilidades sobre o problema e que seja capaz de prover as utilidades unidimensionais dos critérios. Estes valores relacionados às utilidades são geralmente obtidos por meio de uma função física do critério ou através do julgamento feito pelos decisores. Edwards & Barron (1994) propõem quatro formas diferentes para o analista e o decisor determinarem a função utilidade unidimensional de acordo com a figura a seguir.

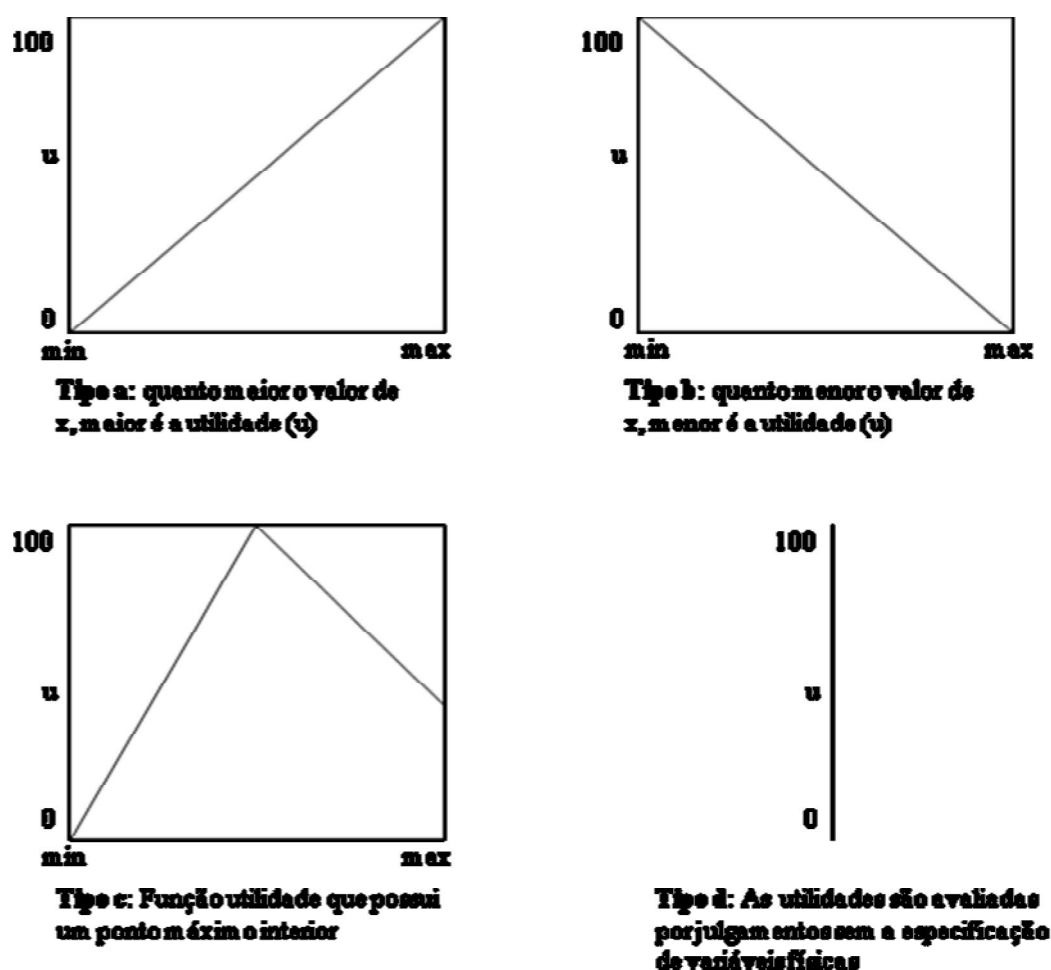


Figura 2.1- Quatro tipos de utilidade
 Fonte: Adaptado de Edwards & Barron (1994)

Estágio 7: Troca de pesos (*swing weights*)

Este estágio tem o propósito de invalidar o erro intelectual contido no SMART. Após a inclusão dessa fase, os autores passaram a chamar o método de SMARTS. A letra “S” de *swing* se refere à operação de troca de pontuações de algumas alternativas, levando-se em consideração os critérios disponíveis, e tem por finalidade definir a ordem de importância destes. Pergunta-se ao decisor: “Caso existisse uma alternativa que tivesse a pior pontuação para todos os critérios analisados, dada a oportunidade de trocar apenas a avaliação em uma das dimensões do pior valor para o melhor dentre as alternativas, em qual dimensão você melhoraria?”. Continua-se até que todas as dimensões sejam ordenadas.

Estágio 8: Explorando a ordenação dos critérios.

Tem como objetivo definir os pesos de cada critério de acordo com as suas importâncias relativas, as quais já foram definidas no estágio anterior. Este estágio pode ser realizado de duas formas, pela estimativa de magnitude direta, e pelo julgamento de indiferenças. Segundo os autores, a maioria dos respondentes prefere e tem mais confiança no resultado dos procedimentos baseados em magnitude do que as estimativas baseadas em julgamentos de indiferença. Um dos motivos seria a facilidade de entendimento e aplicação. Vale salientar que resultado de ambos os procedimentos de julgamento devem ser os mesmos.

Estágio 9: Decidir ou seleccionar a alternativa que apresentar a melhor utilidade multiatributo.

No método SMARTER, os estágios de 1 a 7 e também o 9 são idênticos ao método SMARTS, a diferença entre os mesmos está apenas no estágio 8. Neste estágio 8, é utilizada a tabela fornecida por Edwards & Barron (1994) ou a equação para calcular os pesos diretamente conforme abaixo:

Se $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_k$, então:

$$w_1 = (1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/k)/k$$

$$w_2 = (0 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/k)/k$$

$$w_3 = (0 + 0 + 1/3 + \dots + 1/k)/k$$

$$w_K = (0 + 0 + 0 + \dots + 1/k)/k$$

Mais genericamente, se k é o número de atributos, então o peso do k -ésimo atributo é:

$$w_k = \left(\frac{1}{k}\right) \sum_{i=1}^k \frac{1}{i} \quad (1)$$

Esses pesos são identificados como *Rank Order Centroid* (ROC) ou pesos ROC. Os pesos ROC conduzem à identificação da melhor opção entre 75 a 87% das vezes, dependendo dos detalhes da simulação. A perda no valor da utilidade global é abaixo de 2%. No pior caso, quando os pesos ROC não escolhem a melhor opção, eles não escolhem uma muito ruim. Definidos os pesos ROC, calcular todas as utilidades multiatributo

$$U(a) = \sum_k w_k u_k(a) \quad (2)$$

- Preference Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)

A família de métodos PROMETHEE consiste na construção de uma relação de sobreclassificação, agregando informações entre as alternativas e os critérios e exploração dessa relação para apoio a decisão.

No PROMETHEE, a preferência do decisor em favor de uma alternativa a em detrimento de uma outra opção b aumenta com uma maior diferença $[f_j(a) - f_j(b)]$ entre a *performance* das alternativas para cada critério j ; sendo $f_j(a)$ e $f_j(b)$, respectivamente, os valores do desempenho das alternativas a e b no critério j . Brans & Vincke (1985) apresentam seis formas diferentes para determinar tal preferência, que assume valores entre 0 e 1, a partir da definição dos critérios gerais ou funções de preferência de acordo com a tabela a seguir.

Tabela 2.8 – Critérios gerais para o PROMETHEE

Tipo I – Critério usual não há parâmetro a ser definido	$f_j(a) - f_j(b) > 0$ $f_j(a) - f_j(b) \leq 0$	$F(a,b) = 1$ $F(a,b) = 0$
Tipo II – Quase-critério define-se o parâmetro q (limite de indiferença)	$f_j(a) - f_j(b) > q$ $f_j(a) - f_j(b) \leq q$	$F(a,b) = 1$ $F(a,b) = 0$
Tipo III – Limite de preferência define-se o parâmetro p (limite de preferência)	$f_j(a) - f_j(b) > p$ $f_j(a) - f_j(b) \leq p$ $f_j(a) - f_j(b) \leq 0$	$F(a,b) = 1$ $F(a,b) = (f_j(a) - f_j(b)) / p$ $F(a,b) = 0$
Tipo IV – Pseudocritério definem-se os parâmetros q (limite de indiferença) e p (limite de preferência)	$ f_j(a) - f_j(b) > p$ $q < f_j(a) - f_j(b) \leq p$ $ f_j(a) - f_j(b) \leq q$	$F(a,b) = 1$ $F(a,b) = 1/2$ $F(a,b) = 0$
Tipo V – Área de indiferença definem-se os parâmetros q (limite de indiferença) e p (limite de preferência)	$f_j(a) - f_j(b) > p$ $q < f_j(a) - f_j(b) \leq p$ $f_j(a) - f_j(b) \leq q$	$F(a,b) = 1$ $F(a,b) = (f_j(a) - f_j(b) - q) / (p - q)$ $F(a,b) = 0$
Tipo VI – Critério Gaussiano O desvio-padrão deve ser fixado	$f_j(a) - f_j(b) > 0$ $f_j(a) - f_j(b) \leq 0$	A preferência aumenta segundo uma distribuição normal $F(a,b) = 0$

Fonte: Adaptado de Brans & Vincke (1985)

A depender do critério geral definido para o critério j , pode ser requisitada ao decisor a definição dos parâmetros q_j , p_j e s_j . Estes parâmetros têm o seguinte significado, de acordo com Brans & Mareschal (2002):

- Limiar de indiferença (q_j): representa a maior diferença entre $f_j(a)$ e $f_j(b)$ abaixo da qual o decisor considera que a e b são indiferentes;
- Limiar de preferência (p_j): é o menor valor dessa diferença acima da qual o decisor exprime uma preferência estrita em favor de uma das ações;
- Limiar (s_j): corresponde a um grau de preferência médio e se situa entre um limiar de preferência q e um limiar de preferência estrita p .

Comparando as alternativas **a** e **b**, o grau de sobreclassificação $\pi(a,b)$ é, segundo Vincke (1992):

$$\pi(a, b) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^n p_j F_j(a, b) \quad (3)$$

em que:

$$P = \sum_{j=1}^n p_j \quad (4)$$

Em seguida, as alternativas são ordenadas da seguinte forma:

- Ordem decrescente de $\phi^+(a)$, em que $\phi^+(a) = \pi \Sigma(a,b)$, chamado de fluxo de saída, representa a intensidade de preferência de *a* sobre todas as alternativas. Quanto maior $\phi^+(a)$, melhor a alternativa.
- Ordem crescente de $\phi^-(a)$, em que: $\phi^-(a) = \pi \Sigma(b,a)$, chamado de fluxo de entrada, representa a intensidade de preferência de todas as outras alternativas sobre *a*. Quanto menor $\phi^-(a)$, melhor a alternativa.

As seguintes implementações do PROMETHEE são descritas na literatura (Brans & Vinck, 1985; Brans *et al.*, 1986; Brans & Mareschal, 1992; Taleb & Mareschal, 1995):

- PROMETHEE I – a interseção entre os fluxos anteriores estabelece uma relação de sobreclassificação parcial entre as alternativas;
- PROMETHEE II – classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente de $\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$ (fluxo líquido); estabelece uma pré-ordem completa entre as alternativas;
- PROMETHEE III E IV – foram desenvolvidas para o tratamento de problemas de decisão mais sofisticados, em particular com um componente estocástico;
- PROMETHEE V – nesta implementação, após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas (PROMETHEE II), são introduzidas restrições, identificadas no problema para as alternativas selecionadas, incorporando uma filosofia de otimização inteira.
- PROMETHEE VI – quando o decisor não está apto ou não quer definir precisamente os pesos para os critérios, podem-se especificar intervalos de possíveis valores em lugar de um valor fixo para cada peso. Nesses casos, a implementação do PROMETHEE VI é recomendada.

2.3 Uso de Métodos Multicritério em Gestão da Qualidade e abordagens de melhoria do processo produtivo

Segundo Gomes *et al* (2009), a metodologia de Apoio Multicritério à Decisão, desenvolvida com o objetivo de dar um tratamento específico às particularidades dos problemas de decisão multicritério, utiliza uma forma abrangente de abordagem e tem sido cada vez mais utilizada, mundialmente, na busca de soluções para problemas complexos.

Estes problemas, por exemplo, podem abordar escolha, justificativa, classificação ou ordenação de filosofias de gestão, metodologias, programas de melhoria do processo ou normas. Assim, o *Multi-Criteria Decision-Making* (MADM), possui um papel relevante neste contexto.

No trabalho de N. Madu *et al* (1996), os autores discutiram problemas de princípios de contabilidade e custo tradicionais e como eles influenciavam a adoção da Gestão da Qualidade Total (TQM). Claramente, para alcançar a TQM, o processo produtivo deve ser modificado, novas tecnologias e práticas de TQM devem ser adotadas. A decisão correta à respeito da escolha dessas novas tecnologias e práticas envolve uma análise cuidadosa das variáveis estratégicas.

Para estes autores, há vários fatores que influenciam em como a empresa deve alocar seus recursos com a finalidade de implementar um Sistema de Qualidade de forma efetiva. Alguns desses fatores incluem: relacionamento com os *stakeholders*, facilidade de treinamento e implementação de programas, custos de introdução de tecnologias, entre outros. O *Analytic hierarchy process* (AHP) foi usado para avaliar estes fatores. O mesmo é um procedimento sistemático para gerar índices de prioridades às alternativas de decisão quando multicritérios estão envolvidos.

Em outro trabalho, Chin *et al* (2002) também investigaram os fatores críticos e sub-fatores que determinam a adoção e implementação do TQM nas empresas públicas estatais e *foreign joint-ventures* (empreendimentos conjuntos externos) na China, com referência particular para as indústrias transformadoras em Xangai. A abordagem AHP foi empregada para priorizar a importância relativa de quatro fatores críticos e dezesseis sub-fatores entre os dois segmentos de empresa na China. As conclusões defendem que essas empresas teriam que evidenciar os fatores da TQM como organização, cultura e pessoas em vez de fatores pesados como sistemas e técnicas; e medição e feedback. Compromisso com alta direção, liderança, educação e treinamento estão entre os mais importantes sub-fatores. Os resultados sugeriram

um modelo hierárquico genérico para organizações a fim de priorizar os fatores críticos e formular estratégias de implementação TQM em Xangai, bem como em outras cidades e regiões da China.

O trabalho de Partovi & Withers (2000) apresentou uma série de modelos multicritério que foram usados para as decisões relativas à implementação da Norma ISO 9001: 1994 na Tompkins Rubber Company, fábrica de componentes de borracha. Nestes modelos, foi utilizado o AHP para decisão de prosseguir com a certificação, avaliar subcontratados, para decidir a disposição de produtos não-conformes, seleção de representante da Alta Direção, seleção de treinamentos/cursos, seleção de auditor interno e seleção do órgão certificador credenciado.

Focando ainda a Gestão da Qualidade, segundo Costa *et al* (2007), apesar dos avanços obtidos na aplicação multicritério à avaliação da satisfação de consumidores, ainda existem aspectos a serem explorados nesse contexto. O trabalho destes autores apresentou a aplicação do Método ELECTRE TRI à avaliação do grau de satisfação de consumidores dos serviços oferecidos por uma pequena empresa no setor gastronômico. Outra forma de avaliar a qualidade foi o trabalho realizado por Chow & Luk (2005), o mesmo adaptou o método AHP para medir a qualidade do serviço chamado *analytic hierarchy for service quality* (AHP-SQ). Os autores mostraram como esta técnica pode ser aplicada para restaurantes *fast-food*. Esta abordagem auxiliou no gerenciamento das seguintes questões:

Como é que a empresa mensura a qualidade do serviço em relação aos seus concorrentes?

A partir dos recursos da empresa, que iniciativas irão reforçar a competitividade no serviço?

Quais áreas do serviço requerem melhoria imediata?

Já o estudo de Milani *et al* (2006) mostrou como diferentes versões do método ELECTRE podem ser usadas para escolhas de estratégias eficientes, cujos critérios englobam elementos de resistência comportamental humana e elementos técnicos. Sete estratégias (alternativas) para a introdução de um novo processo foram sugeridas pelo decisor, são elas:

- Sem mudança;
- ERP (Enterprise Resource Planning) usado na organização;
- Especialistas da empresa executam projeto de TI (tecnologia da informação);
- Especialistas da empresa executam projeto de TI com alta tecnologia;
- ERP modificado e implementado pelos especialistas da empresa;
- Especialistas externos à companhia executam o ERP e por último;
- Especialistas externos à companhia executam projeto de TI com alta tecnologia.

Referente ao sistema ERP, Medeiros Jr. *et al* (2008) propôs um modelo de apoio à tomada de decisão na seleção de um ERP, que contemplou o método AHP. Esta sistemática possibilitou avaliar as adequações e impactos nas mudanças organizacionais devido ao sistema.

Em sua tese, Thawesaengskulthai (2007) procurou investigar práticas de gestão da Qualidade e melhoria contínua, assim, a construção de uma estrutura foi realizada para auxiliar a alta direção na decisão de selecionar iniciativas de melhoria, tais como: Seis sigma, TQM, ISO 9001, Reengenharia de processos (BPR), Produção Enxuta/*Lean*, estrutura de excelência de negócios (BE), entre outros. O *weighted sum model* (WSM) ou *simple additive weighting* (SAW) foi escolhido por ser mais fácil de implementar, ser amplamente usado e por produzir resultados confiáveis. Quatro etapas para a seleção foram realizadas: *brainstorming* e chegar a um acordo sobre os critérios; ponderação dos mesmos; classificação e ordenação; e finalmente, o resultado e análises

Em relação a práticas de melhoria contínua, o trabalho de Laise (2004) abordou o *benchmarking* e a aprendizagem organizacional. Segundo o autor, o *benchmarking* para medir a capacidade de aprendizagem organizacional considera um conjunto de indicadores e, por isso, assume a configuração de análise multicritério. A literatura sobre aprendizagem organizacional identificou cinco critérios essenciais para que a aprendizagem possa ter lugar em uma organização. São eles: clareza de propósitos e missão; comprometimento com a liderança e capacitação; experimentação e recompensas; e transferência de conhecimentos. O objetivo do estudo foi mostrar a contribuição da metodologia multicritério *outranking* para a valorização da capacidade de aprendizagem das organizações em termos de análise comparativa.

Pode ser verificado também, que no trabalho de Gurumurthy & Kodali (2008), os autores utilizaram MADM, especificamente *Performance Value Analysis* (PVA) para selecionar o sistema de gestão adequado, que pode ajudar uma empresa de manufatura a alcançar significativa vantagem competitiva sobre outras empresas. O objetivo foi justificar a escolha do Sistema de Manufatura Enxuta baseado no impacto que o mesmo possui sobre as medidas de desempenho. As alternativas trabalhadas foram: Sistema Tradicional de Manufatura (TMS), Sistema de Manufatura integrada ao computador (CIMS) e Sistema de Manufatura Enxuta (LMS). Foram determinados critérios/indicadores de desempenho e os

mesmos foram classificados em categorias principais como custo, qualidade, entrega, flexibilidade, inovação, moral, produtividade e vantagens competitivas.

No mesmo ano, Gurumurthy & Kodali (2008) também publicaram um trabalho com o mesmo objetivo, ou seja, entender a forma como as empresas fazem uma decisão estratégica de seleção de LMS, como parte da sua estratégia de manufatura, e com que base tais decisões estratégicas são feitas pelos gestores. Porém, neste estudo, o PROMETHEE II foi utilizado.

Em seu trabalho, Azizi (2007) teve como objetivo determinar o desempenho de nove Técnicas Críticas de Gestão da Qualidade Total (TQM CTS) na indústria automotiva. Seis significativos critérios foram propostos e o método AHP foi empregado. Em um extenso estudo de revisão bibliográfica, nove Técnicas (TQM CTS) foram selecionados considerando as exigências dos QS9000 e ISO TS16949: 2002 e também, o estilo japonês de gestão.

Segundo o autor, as TQM CTS são compostas de:

- Cinco técnicas centrais: APQP (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto), PPAP (Processo de Produção aprovado por partes), FMEA (Análise dos efeitos dos modos de falhas), SPC (Controle estatístico do processo), MSA (Análise do Sistema de Medição);
- Duas técnicas de *lean manufacturing* (manufatura enxuta) de acordo com o Sistema Toyota de Produção: 5S (normalização e auto-disciplina) e Kaizen;
- E duas outras técnicas que incluem ferramenta de planejamento e concepção: QFD (Desdobramento da Função Qualidade) e MP (ferramenta de qualidade moderna), conforme figura a seguir.

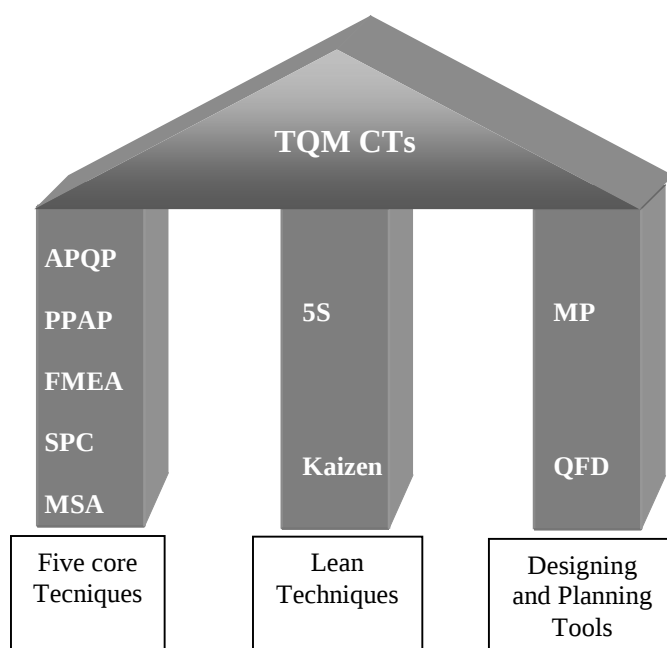


Figura 2.2 – House of TQM CTs
Fonte: Adaptado de Azizi (2007)

Ainda por Azizi (2007), vale salientar que o SPC inclui as sete ferramentas tradicionais e as sete ferramentas gerenciais da qualidade. Em relação aos critérios, os mesmos coincidem com os fatores considerados na Norma ISO 9000:2000 e nos requisitos mundiais neste segmento de indústria, são eles:

- 1 - Habilidade de analisar as necessidades dos consumidores ou aumentar a satisfação dos mesmos;
- 2 - Habilidade de identificar ou reduzir perdas e falhas;
- 3 - Habilidade de reduzir custos de qualidade;
- 4 - Habilidade de aumentar e melhorar o nível de qualidade;
- 5 - Tempo para adaptar como cultura; e
- 6 - Facilidade de uso.

O estudo sugeriu um modelo hierárquico genérico para fábricas automotivas a fim de formular suas estratégias para a implementação das TQM CTs, ou seja, no âmbito da qualidade. Em seguida, a priorização destas nove técnicas através dos seis critérios usando o método AHP foi realizada com a finalidade de cumprir todas as existências de implementação de técnicas de TQM que são determinadas.

O presente trabalho possui alguns aspectos em comum com o de Azizi (2007), porém, enfatizando as alternativas de melhoria do processo nos aspectos de Qualidade, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente no setor da Construção Civil.

2.4 Conclusões deste Capítulo

Conceitos sobre Qualidade, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho foram apresentados e exemplos de ferramentas/normas/metodologias de melhoria foram expostos com a finalidade de um melhor esclarecimento das possíveis alternativas de melhoria de um processo produtivo em uma organização de forma geral.

Pode ser verificado também, através da revisão bibliográfica, importantes utilizações de métodos multicritério de decisão em abordagens de gestão.

3. O CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo apresenta um panorama do setor e importantes alternativas de melhoria que foram adaptadas ao setor da construção Civil como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Habitação (PBPQ-H), baseada na NBR ISO 9001, e o *Lean Construction*.

3.1 Visão Geral

Segundo o CIBIC (2008), o setor da construção tem papel fundamental para consolidar a sustentabilidade do crescimento da economia brasileira, pois em um cenário externo adverso, intensifica o fortalecimento do mercado interno, eleva os níveis de investimento (que ampliam a oferta reduzindo o risco de desequilíbrios), eleva a geração de postos de trabalho e renda, e elimina gargalos sociais e econômicos. Na figura a seguir representada pela Cadeia Produtiva da Construção Civil, pode-se verificar uma porcentagem significativa de 60,7% representada pela construção, e em seguida, 18,7%, pela indústria de materiais.

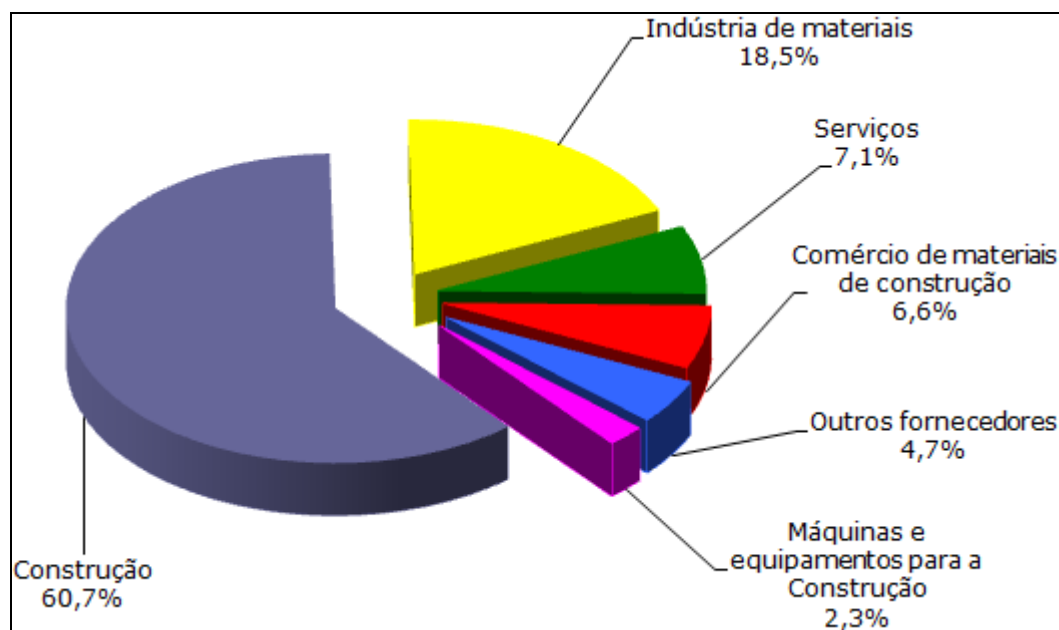


Figura 3.1 - Composição da Cadeia Produtiva da Construção Civil - 2007
Fonte: Banco de Dados-CBIC (2008)

3.1.1 A Melhoria Contínua como Ferramenta Competitiva na Construção Civil

De acordo com Choma & Borges (2006), alguns motivos pelos quais se fazem necessárias implementações de mudanças no setor de construção civil é o fato de que, para se tornarem competitivas, algumas empresas tenderam, com o passar dos anos, a reduzir seus

custos indiretos por meio do encolhimento de sua estrutura administrativa. Mais funções foram delegadas aos gerentes de projetos, que se tornaram sobrecarregados e incapazes de gerenciar sozinhos as funções de *planejamento* e *controle* de prazos e custos, assim como a qualidade e os riscos dos projetos. Dessa forma, cada projeto acaba sendo executado com o perfil de seu gerente, ou seja, não existe a “maneira-padrão” de a empresa executar uma obra.

Este cenário descrito anteriormente é identificado, na maior parte das vezes, em micro e pequenas empresas, mas não se restringe às mesmas.

Problemas como o fluxo de caixa e a perceptível falta de capital de giro também fazem parte das dificuldades que algumas empresas vêm enfrentando ao longo dos anos por não adotarem formas eficazes de gestão em seus empreendimentos.

No entanto, qualquer que seja o problema pelo qual se faz necessária a implantação da mudança, identificada a necessidade desta última, as resistências sempre existirão por parte dos membros do grupo se estes não estiverem cientes dos benefícios que poderão ser obtidos a médio ou longo prazo.

Limmer (1997) menciona que o gerenciamento de um projeto envolve a coordenação eficaz e eficiente de recursos de diferentes tipos, como recursos humanos, materiais, financeiros, políticos, equipamentos, e de esforços necessários para obter-se o produto final desejado – no caso da construção civil, a obra construída –, atendendo-se a parâmetros preestabelecidos de prazo, custo, qualidade e risco. Para o autor, gerenciar um projeto é assegurar também que o mesmo seja planejado em todas as suas fases, permitindo, através de mecanismos de controle, uma vigilância contínua onde os impactos de prazos e/ou custos sejam analisados e projetados para um horizonte de curto e médio prazos, possibilitando antecipar decisões gerenciais que garantam a execução do projeto no curso desejado.

Choma & Borges (2006) afirmam que qualquer tipo de implementação metodológica gera desconforto em uma empresa. A implementação de mudança na maneira de gerir os projetos e procedimentos pode causar resistência por parte da maioria das pessoas se essas não estiverem cientes dos benefícios que poderão ser obtidos no médio e no longo prazo.

Ainda por estes autores, a implementação pode ser iniciada de diversas maneiras, seja contratando uma consultoria externa, seja formando um ou mais profissionais da empresa para que eles treinem internamente os demais colaboradores. Alguns passos foram considerados importantes:

1. Identificação da necessidade; ou seja, entender seu modelo de negócio e alinhá-lo como planejamento estratégico;

2. Preparação; avaliação do nível de maturidade da empresa e criação de um plano de melhoria;
3. Investimento; foco em treinamento e capacitação dos recursos-chave;
4. Definição; definição de uma metodologia de gerenciamento de projetos otimizada à realidade da empresa, procurando ser simples e eficiente;
5. Levantamento e Avaliações; avaliação crítica dos processos, levantamento de falhas e ações de correção;
6. Pesquisas; realização de *benchmarking* em empresas do mesmo setor.

Na literatura, são encontrados alguns fatores críticos para o sucesso da implementação de mudanças como:

- Treinamento de todos os envolvidos; nos níveis planejados;
- Comprometimento de toda a equipe de gerenciamento dos projetos;
- Realização de reuniões periódicas da eficácia do projeto de implementação;
- Ter recursos à disposição para a implementação da mudança.

3.2 Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) na Construção Civil

De acordo com a *Construction Management Association of America* (2009), Gestão da Construção é a prática de gestão que constitui um conjunto de serviços aplicados a projetos e programas de construção através das fases de planejamento, concepção, construção e pós-construção com a finalidade de atingir os objetivos do projeto, incluindo a gestão de qualidade, custo, tempo e escopo.

No segmento da construção civil, Souza (2004) apresenta o sistema de gestão de qualidade, ou ciclo de qualidade, que indica as grandes etapas do processo de produção de um empreendimento de construção.

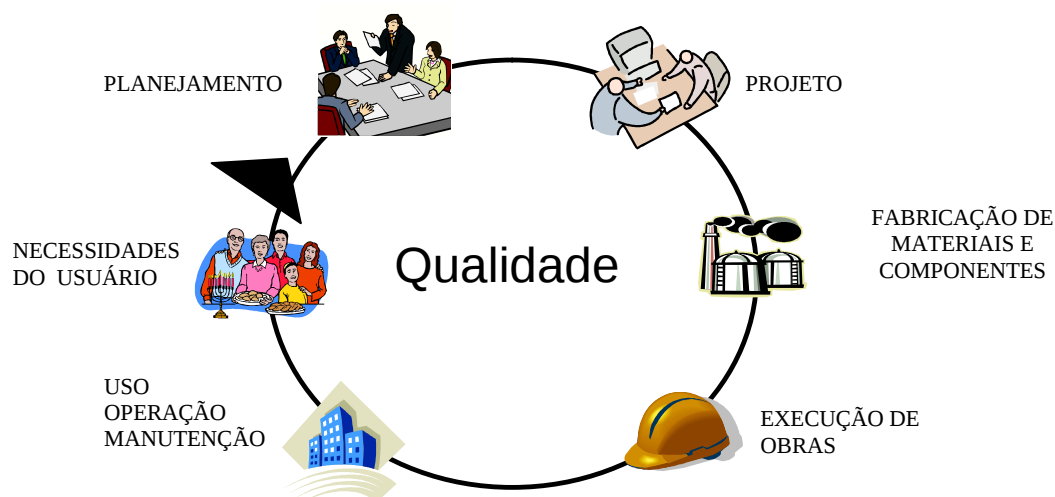


Figura 3.2 - Ciclo da qualidade no setor da construção
Fonte: Adaptado de SOUZA (2004)

Este esquema representado na figura 3.2 foi baseado no ciclo de vida dos produtos/serviços em um Sistema de Qualidade e direcionado ao setor da construção civil. Os usuários variam de acordo com o poder aquisitivo, as regiões do país e a especificidade das obras: habitações, escolas, hospitais, edifícios comerciais e de lazer, etc. Em seguida, vêm os agentes responsáveis pelo planejamento do empreendimento, que podem ser agentes financeiros e promotores, órgãos públicos, entre outros, dependendo do tipo de obra a ser construída. Os agentes responsáveis pela etapa de projeto podem ser representados por empresas responsáveis por estudos preliminares (sondagens, topografia, demografia, etc). Dando seguimento, aos fabricantes de materiais de construção podem ser representados pelos segmentos industriais e produtores de insumos; os agentes envolvidos na etapa de execução das obras podem ser representados por empresas construtoras, empreiteiros, profissionais autônomos, entre outros. E por fim, os agentes responsáveis pela operação e manutenção das obras ao longo da sua fase de uso representados por condomínios, administradores de imóveis, proprietários, usuários e empresas especializadas em operação e manutenção.

É importante ressaltar a importância das fases de concepção, projeto, aquisição de materiais e execução da obra e como a gestão da qualidade está presente neste contexto.

Segundo Sady Costa (2001), diante da evolução do setor de construção de edifícios, as fases de concepção e projetos merecem mais atenção onde o projeto do edifício reflete o estágio tecnológico a ser alcançado. Assim, o projeto dentro do processo se apresenta como importante componente, ou seja, apresenta-se como etapa inicial desse processo, no qual são fornecidos os subsídios necessários à produção da edificação. Com isso, pode-se afirmar que

a qualidade do projeto é de importância estratégica quando esta passa a proporcionar a diminuição ou eliminação de perdas e desperdícios em obras, reduzindo assim, as dúvidas que surgem durante a execução.

Na fase de aquisição de materiais, de acordo com Souza *et al* (1996), a gestão da qualidade de materiais em uma empresa construtora tem caráter multifuncional, envolvendo diversos setores como os de projeto, suprimentos, obras e outros, e deve permitir o trabalho integrado desses setores de forma a garantir a satisfação dos clientes em relação à qualidade dos materiais adquiridos. Assim, a qualidade na aquisição deve ser composta no mínimo, pelos seguintes elementos:

- especificações técnicas para a compra de materiais;
- controle de recebimento dos materiais em obra;
- orientações para o armazenamento dos materiais;
- seleção e avaliação de fornecedores.

A figura a seguir ilustra os principais setores da empresa envolvidos na gestão da qualidade na aquisição de materiais e suas responsabilidades.

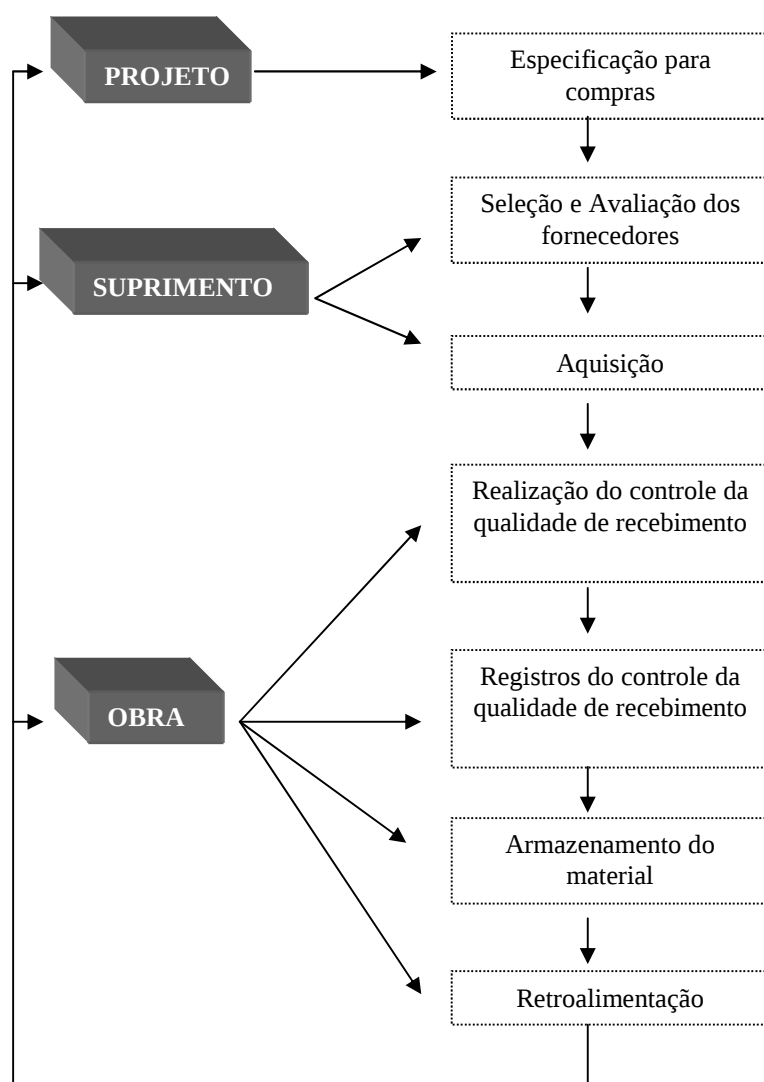


Figura 3.3 - Qualidade na Aquisição
Fonte: Souza et al. (1996)

Souza & Tamaki (2004) afirmam que o requisito para o bom desempenho da obra é a disponibilidade do material, dentro do prazo, para alimentar adequadamente a produção. O material, além de disponível, também deve atender aos padrões de qualidade aceitável. Para cumprir esse requisito básico, a obra deve cercar-se de algumas providências, tais como:

- Planejar suas necessidades, integrando o processo de suprimentos ao processo de planejamento e programação da obra. Cabe ao gerente da obra, ou mesmo ao gerente do planejamento, estabelecer um levantamento de suas reais necessidades no tempo para então planejar de forma adequada o fluxo de solicitações dos recursos.
- Alguns materiais requerem prazos maiores tanto para negociação, quanto para fabricação e, conseqüentemente, entrega, o que reforça a necessidade de estabelecer um planejamento das compras.

- Mesmo com o planejamento de compras, o processo não será bem sucedido se não houver uma correta especificação do material desde o início; é necessário, portanto, garantir que os projetos tragam as especificações dos materiais de forma clara e inequívoca.

No que se refere ao processo de compras, segundo Souza & Tamaki (2004), a adoção de um procedimento, que estabeleça de forma clara e documentada os meios de conduzir este processo, pode ser um instrumento para disciplinar e minimizar os conflitos entre os vários agentes do processo, delimitando os pontos fracos pelos quais podem acontecer desvios. A adoção de um procedimento documentado não é a única solução para se obter um processo de compras bem sucedido. A competência dos recursos humanos e os princípios pessoais dos envolvidos têm grande influência na determinação do nível de eficácia e eficiência pretendido.

Em relação à verificação da qualidade dos materiais, os mesmos devem preferencialmente passar por um processo de verificação antes de sua liberação para a produção. A organização deve estabelecer seus próprios procedimentos de verificação, com métodos claros e uniformes, e capacitar seus funcionários para operacionalizar estas verificações. E por fim, em relação ao manuseio e armazenamento no canteiro, a eficácia e eficiência do processo de compra do material e os rigores aplicados no controle de qualidade no recebimento não garantem, por si sós, a qualidade do material até a sua aplicação. Os controles sobre o armazenamento e o manuseio são fundamentais para a manutenção das especificações e propriedades dos materiais, já que existe um intervalo entre o recebimento do material na obra e a sua aplicação, que pode ser mais longo ou mais curto, dependendo do material e das características operacionais da organização.

Referente à execução da obra, para Souza *et al.* (1996), normalmente, as empresas de construção não têm prática de documentar formalmente o procedimento executivo de cada serviço e os critérios de inspeção desses serviços. Com isso, o seu domínio tecnológico passa a ser limitado e variável em função da mão-de-obra ou do empreiteiro utilizado em cada época e local. Para tornar a empresa adequada à realidade da qualidade das obras que a mesma queira oferecer a seus clientes, é fundamental documentar os procedimentos de execução e inspeção de cada serviço. Além disso, somente procedimentos documentados permitirão o treinamento adequado do pessoal e uma futura certificação do sistema de qualidade da empresa de acordo com a série de normas ISO 9000. Recomenda-se que a implantação da gestão da qualidade na execução de serviços seja gradativa até abranger todos os serviços de uma obra, tais como: locação da obra; fundações; estruturas; alvenaria de

vedação; instalações hidráulicas; instalações elétricas; impermeabilização; esquadrias; revestimentos internos; revestimentos externos; pintura; forros; coberturas; limpeza.

Assim, Souza & Tamaki (2004) concluem que a qualidade do produto final da construtora, a edificação, está associada diretamente ao projeto e ao resultado da produção, que será mais eficaz e eficiente quanto melhor for a sua gestão, tanto de recursos humanos, quanto de processos e de materiais. A gestão de recursos humanos, de processos e materiais tem igual peso e importância para a eficácia e eficiência da produção e são complementares. O conceito de eficácia deve ser entendido como a capacidade da produção em atender às suas especificações, tanto de prazo como de qualidade; já o conceito de eficiência está relacionado à quantidade de recursos que a produção consome para ser considerado eficaz, ou seja, quanto menos recursos consumir, melhor.

E por fim, Amorim (1998) ressalta ainda que para garantir a qualidade do produto-edifício é preciso estabelecer um plano de qualidade do empreendimento, que transcende o plano de qualidade de obra, por incluir os aspectos de definição da demanda, ou seja, das necessidades que este produto deve atender.

3.2.1 PBQP-H

As políticas de qualidade dão um melhor direcionamento para a aplicação da norma ISO 9001:2000 nos diferentes setores, pois esta norma possibilita a certificação uniforme de Sistemas de Qualidade das empresas por organismos de certificação independentes.

Foi com base no sucesso das normas da série ISO 9000 no mundo todo que o PBQP-H lançou o Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obra (SIQ construtoras), norma reguladora para empresas da Construção Civil. O SIQ-C foi baseado na ISO 9001:1994, tendo passado pela sua primeira revisão em 2002, para acompanhar a versão da Norma ISO 9000:2000, sendo intitulado Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC). Como a nova versão ISO 9001:2008 não sofreu grandes mudanças, o SiAC permaneceu com a mesma estrutura. É um programa de qualificação voluntária, que possui vários requisitos a serem atendidos de forma gradativa e evolutiva, e com um nível de certificação pretendido (D, C, B, A). Estes níveis não sofreram nenhuma modificação com a versão 2008 da Norma ISO 9001.

Segundo Cardoso (2003), a certificação evolutiva traz vantagens, dentre as quais destacamos três. A primeira por permitir o “amadurecimento” do sistema de gestão de qualidade da empresa, possibilitado pelos contatos entre a empresa certificada e o organismo

de certificação. A segunda vantagem é permitir equilibrar exigências e recursos, em particular para as empresas de pequeno porte. O mecanismo “por patamares” torna a velocidade de implementação do sistema de gestão compatível com os recursos dessas empresas, e serve igualmente para a validação do sistema pelo organismo de certificação externo, ao longo de sua implementação. E por fim, a terceira vantagem, válida para o Brasil, refere-se à possibilidade de se vincular a certificação evolutiva aos “acordos setoriais”, posto que esta permita flexibilizar o ritmo segundo o qual os requisitos vão sendo exigidos pelos clientes públicos. Esse ritmo pode então ser coerente com as características das empresas de uma determinada região, coberta pelo “acordo”. Isso torna mais simples o comprometimento das entidades setoriais em programas tais como o PBQP-H e facilita a resposta das empresas dentro dos prazos fixo.

O PBQP-H, em nível nacional, tem promovido a elevação da qualidade dos vários agentes da cadeia produtiva. Primeiramente, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (PBPQ), lançado pelo Governo Federal no início da década de 1990, constituiu-se em elementos de integração de esforços, de disseminação de informações e experiências, e de estímulo à aplicação crescente de novas práticas gerenciais, para a consolidação da gestão pela qualidade total no país. Foi verificado assim, que o setor da Construção Civil necessitava de um esforço conjunto em busca da qualidade e da produtividade.

Com enfoque inicial no setor da construção habitacional, posteriormente, o programa teve seu âmbito ampliado para a inclusão do conceito de “Habitat”, envolvendo não apenas a habitação, mas também as obras civis nas áreas de saneamento e infra-estrutura urbana, possibilitando uma abordagem mais sistêmica e integrada da gestão do ambiente urbano.

Participam do PBQP-H entidades de construtoras, projetistas, fornecedores, fabricantes de materiais e componentes, comunidade acadêmica e entidades de normalização, além do Governo Federal. A partir daí, os Estados começaram a se movimentar criando os seus próprios programas, seguindo as diretrizes do PBQP-H, nasce então o Programa de Qualidade das Obras Públicas na Bahia (Qualiop), no Pará surge o Paraobras, em Santa Catarina o Qualisan, entre outros.

Segundo o Ministério das Cidades (2008), os itens e requisitos do Sistema de Qualificação de empresas de serviços e obras são aplicáveis a toda empresa do referido setor que pretenda melhorar sua eficiência e eficácia técnica e econômica, através de um Sistema de Gestão de Qualidade que se baseia nos seguintes princípios:

- a) Harmonia com a normalização internacional: adequação dos requisitos do referencial ao da série de normas ISO 9000:2008.
- b) Caráter evolutivo: o referencial estabelece níveis de qualificação progressivos, segundo os quais os sistemas de gestão da qualidade das empresas construtoras são avaliados e classificados. Isto visa a induzir a dar às empresas o tempo necessário para a implantação evolutiva de seu Sistema de Gestão de Qualidade.
- c) Caráter pró-ativo: visando à criação de um ambiente de suporte que oriente o melhor possível às empresas, no sentido que estas obtenham o nível de qualificação almejado.
- d) Caráter Nacional: o sistema é único e se aplica a todos os tipos de contratantes (públicos municipais, estaduais, federais ou privados) e a todas as obras, em todo o Brasil; o que varia são os serviços de execução que devem ser motivo de controle por parte das empresas.
- e) Flexibilidade: o Sistema se baseia em requisitos que possibilitem a adequação ao Sistema de empresas de diferentes regiões, que utilizam tecnologias e que atuem na construção de obras.
- f) Sigilo: quanto às informações de caráter confidencial das empresas.
- g) Caráter Público: o Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços e Obras não tem fins lucrativos, e a relação de empresas qualificadas é pública e divulgada a todos os interessados.
- h) Transparência: quanto aos critérios e decisões tomadas.
- i) Independência dos envolvidos nas decisões.
- j) Harmonia com o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial: toda qualificação atribuída pelo sistema será executada por organismo credenciado pelo INMETRO e o processo evolutivo visa a ampliar o número de empresas do setor que venha a ter certificação de conformidade na área de Sistema de Gestão da Qualidade por ele reconhecido (ISO 9001:2008).

Em relação aos níveis de qualificação (D, C, B, A), o nível A atende integralmente às exigências da norma ISO 9001:2008, podendo a empresa construtora solicitar certificação simultânea à qualificação segundo este referencial.

Este nível é o mais completo e abrange todos os requisitos da norma ISO 9001:2008, e vale salientar que a empresa construtora deve continuamente melhorar a eficácia do Sistema de Gestão da Qualidade por meio do uso da política da qualidade, objetivos da qualidade, resultados de auditorias, análise de dados, ações corretivas e preventivas e análise crítica pela

direção. Assim, Pernambuco, em particular, de acordo com o Sindicato da Indústria da Construção Civil (Sinduscon-PE), o PBQP-H no Estado de Pernambuco, a partir do Decreto nº 23.432, tem como objetivo geral promover a melhoria da qualidade e o aumento da produtividade no setor da Construção Civil, buscando aumentar a competitividade dos bens e serviços produzidos.

A figura abaixo apresenta a abrangência de cada nível em relação à Norma ISO 9001:2008. Pode ser verificado que o nível D, o mais introdutório, incorpora 26,42% da Norma ISO 9001:2008, o nível C incorpora 62,26%, o nível B com 73,58% e por fim o nível A, com 100%.

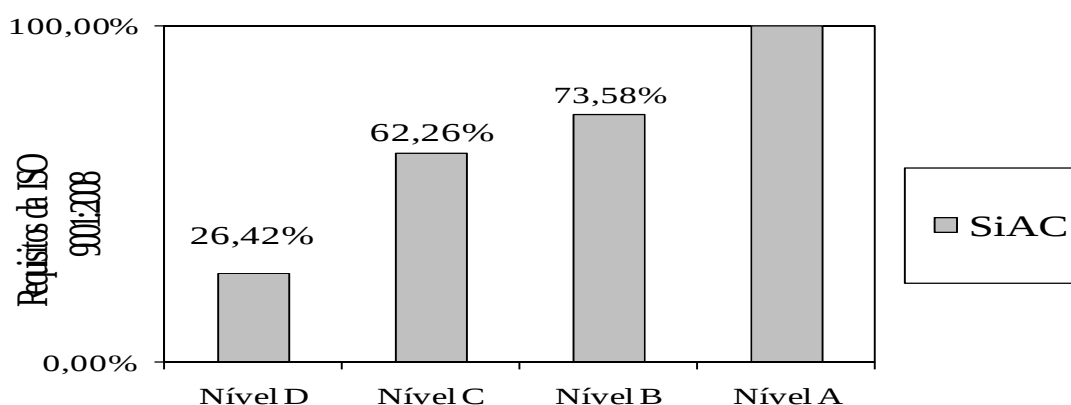


Figura 3.4 - Percentual da norma ISO 9001:2008 que cada nível incorpora
Fonte: Adaptado do site do Ministério das Cidades (2008)

3.2.2 Lean Construction

Esta filosofia de gestão da produção, voltada a obras civis, é relativamente nova, e surgiu com o trabalho do pesquisador finlandês Lauri Koskela em 1992, o Relatório Técnico nº. 72 - *Application of the New Production Philosophy to Construction*, publicado pelo CIFE - *Center for Integrated Facility Engineering*, ligado à Universidade de Stanford, EUA. Neste relatório, Koskela desafia os profissionais de construção a quebrar seus paradigmas de gestão e adaptar as técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso no Sistema Toyota de Produção (Lean Production), lançando, assim, as bases dessa nova filosofia por meio de adaptação dos conceitos de fluxo e geração de valor presentes no pensamento enxuto (*Lean Thinking*) à construção civil, a qual foi chamada de *Lean Construction*.

De acordo com o *Lean Construction Institute* - LCI (2008), o *Lean Construction* é uma abordagem de gestão da produção para entrega de projetos - uma nova forma de projetar e construir facilidades. A Gestão da Produção Enxuta tem provocado uma revolução na indústria de concepção, fornecimento e montagem. Aplicado à construção, *Lean* muda a forma como o trabalho é feito durante todo o processo de entrega. *Lean Construction* abrange desde os objetivos de um sistema de Produção Enxuta - maximizar valor e minimizar perdas - a técnicas específicas.

Para Koskela (1992), no modelo tradicional, a construção é percebida como um conjunto de atividades objetivando certo produto final, ou seja, o processo é visto como um processo em conversão, de transformação. Já a filosofia da construção enxuta percebe que um processo consiste em um fluxo de materiais e mão de obra que leva em consideração todos os acontecimentos durante o processo, desde a escolha da matéria prima até o produto final. Ela é subdividida em atividades de transporte, espera, processamento e inspeção. As atividades de transporte, espera e inspeção não agregam valor ao produto final, sendo, portanto denominadas de atividades de fluxo. Já a atividade de processamento pode ser definida como atividade de conversão, atividade esta que agrega valor ao produto final.

Koskela (1992) caracteriza também como processo na Construção Enxuta a geração de valor, que está diretamente ligada à satisfação do cliente, não sendo intrínseco à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias-primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos. No caso de processos gerenciais, ao invés de materiais, ocorre o transporte, espera, processamento e inspeção de informações (fluxo de informações). Há ainda um outro tipo de fluxo que deve ser devidamente controlado. É o chamado fluxo de trabalho, que diz respeito ao conjunto de operações realizadas por equipes ou máquinas no canteiro de obras.

Para este autor, a Construção Enxuta apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos, nos quais podemos destacar:

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: melhorar a eficiência dos processos e reduzir as perdas;
- Aumentar o valor do produto através das considerações das necessidades dos clientes: processo como gerador de valor;
- Reduzir a variabilidade: a variabilidade tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor e o tempo necessário para executar um produto;

- Reduzir o tempo de ciclo: a soma de todos os tempos (transporte, espera, processamento e inspeção) para produzir um determinado produto;
- Simplificar reduzindo o número de passos ou partes: quanto maior o número de componentes, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor;
- Aumentar a flexibilidade de saída: refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes sem aumentar os custos;
- Aumentar a transparência do processo: facilita a identificação dos erros e aumenta a disponibilidade de informações necessárias para a execução das tarefas;
- Focar o controle no processo global: o processo deve ser controlado como um todo, devendo haver um responsável por este controle;
- Introduzir melhoria contínua no processo: o esforço de redução de perdas e aumento do valor na gestão de processos deve ser conduzido continuamente;
- Manter um equilíbrio entre melhoria nos fluxos e nas conversões: fluxos melhores reduzem a necessidade de investimentos, mas por outro lado, novas tecnologias reduzem a variabilidade.
- Fazer *benchmarking*: processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas.

Para Santos *et al* (2000), qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e equipamentos em quantidade superiores às necessárias à produção da edificação são consideradas perdas.

Segundo Miranda *et al* (2003), as sete categorias de perdas propostas por Ohno(1997) para o sistema de produção enxuta na manufatura foram adaptadas por Santos *et al.* (2000) para a construção civil. Posteriormente, Santos *et al.* (2000) propôs mais duas categorias de perdas. Essa classificação é utilizada para facilitar ações gerenciais de eliminação das perdas. Exemplos de cada uma dessas perdas são (SANTOS *et al.*, 2000):

1. Perda por superprodução: produção excessiva de argamassa;
2. Perda por transporte: uso de equipamento inadequado para transporte de blocos;
3. Perda no processamento em si: quebra de alvenaria para instalações de tubulações elétricas;
4. Perda por estoque disponível: mau acondicionamento dos blocos e quebra;
5. Perda devido à produção de produtos defeituosos: descolamento de cerâmica;
6. Perda por movimento: longas distâncias percorridas entre o posto de trabalho e o estoque;
7. Perda por espera: falta de argamassa para execução da alvenaria.
8. Perda por substituição: uso do concreto com resistência maior que a necessária;

9. Perda por ocorrência de acidentes de trabalho: indenizações e danos materiais causados pelo acidente.

3.3 Conclusões deste Capítulo

Foi apresentada a relevância do segmento da Construção Civil na economia brasileira, como também a importância de se trabalhar com melhoria contínua em todas as fases de um empreendimento. Foi verificado também que as empresas deste segmento possuem programas/metodologias de melhoria voltadas a este setor como o PBQP-H e *Lean Construction*. Assim, a Gestão da Construção é um processo relativamente complexo que necessita de políticas de qualidade.

4. MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA ESCOLHA E PRIORIZAÇÃO DE ABORDAGENS DE GESTÃO E DA QUALIDADE

Diante das várias alternativas de melhoria do processo produtivo existentes no mercado que compreendem programas, métodos, ferramentas ou normas como por exemplo, *Lean Contruction*, normas ISO 9001, ISO 14001 ou ISO 18001; as empresas de construção civil necessitam de um estudo preliminar e sistematizado de implementação de mudanças a fim de se tornarem mais competitivas e eficientes, possibilitando assim uma melhoria da qualidade de forma mais efetiva.

Para eleger algumas dessas alternativas de melhoria, o decisor da empresa construtora possui vários eixos de avaliação/critérios. Esses eixos de avaliação são elementos que direcionam a análise e devem ser estabelecidos com base na modelagem de conseqüências, de modo que representem as dimensões relevantes do problema (GOMES, 2004).

Configura-se então, a necessidade de avaliação multicritério, visando a estabelecer uma estrutura de suporte à tomada de decisão.

4.1 Framework para a construção do Modelo

Para construção do modelo, um *framework* foi elaborado e o mesmo é composto por três etapas, conforme a figura 4.1. Em seguida, para melhor compreensão do modelo, são explanados alguns conceitos que darão suporte a esse processo de construção.



Figura 4.1 – Framework para a construção do Modelo
Fonte: A autora

Segundo Vincke (1992), a definição de alternativas (soluções, decisões) é algumas vezes uma das mais difíceis etapas do processo de apoio a tomada de decisão.

Dado à complexidade dos problemas de tomada de decisão, não é sempre possível definir o conjunto de alternativas *A a priori*, este conjunto pode até ser progressivamente elaborado durante o curso do processo de apoio a decisão. Assim, para esse autor, o grupo de alternativas *A* pode ser estável ou evolutivo e globalizado ou fragmentado.

Caracteriza-se estável, quando o conjunto de alternativas *A* é definido *a priori*, finito e não é aberto a alterações no decorrer do processo. Já o conjunto *A* evolutivo pode ser modificado no decorrer do processo, seja por intermédio de resultados que aparecem durante o processo, ou porque o problema de decisão encontra-se, naturalmente, em um ambiente em mudança.

É importante fazer a distinção dos casos em que o conjunto de alternativas *A* é globalizado ou fragmentado. Para o globalizado, cada elemento do conjunto *A* exclui algum outro; já no fragmentado, os resultados do processo de decisão envolvem várias combinações de elementos de *A*.

Quando o problema colocado para o decisor, como por exemplo, o de escolher duas localizações possíveis entre oito possibilidades (sub-regiões) para a instalação de duas novas centrais hidroelétricas; este problema caracteriza-se por um conjunto de alternativas estável e fragmentado. Esta escolha deve ser balanceada e não deve favorecer determinada sub-região.

Por outro lado, se o conjunto *A* é definido pelo conjunto de todos os 28 pares possíveis de localizações (combinação simples de 8 possibilidades 2 a 2), então *A* é finito e globalizado. Assim, as preferências e os critérios devem obviamente ser construídos e aplicáveis aos pares de localizações.

Assim, para situações em que o conjunto de Alternativas *A* é estável e fragmentado, há uma necessidade de conversão deste conjunto para Globalizado a partir de arranjos simples ou arranjos simples sem permutação (combinações simples) conforme a segunda etapa do *framework*. Após essa conversão, tem-se condições de aplicar o processo decisório de forma adequada como é apresentado na terceira etapa da figura 4.1.

As duas primeiras etapas do *framework* são explanadas de forma mais detalhada e no contexto do problema, como é mostrado a seguir.

Elaboração do Conjunto de Alternativas Fragmentado

Há inúmeras alternativas (ferramentas, normas, metodologias) de melhoria do processo existentes no mercado, porém, o referido trabalho procurou apresentar as que podem ser adotadas em empresas da construção civil para um determinado contexto, conforme exposto na tabela 4.1 a seguir.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC adota a conceituação pelo número de trabalhadores empregados para definir o porte das empresas atuantes na indústria da construção nacional. De acordo com o CBIC (2008), o uso de tal critério justifica-se por ser este o mais predominante na maioria das legislações, organismos oficiais e instituições de pesquisa no país. A estratificação do pessoal ocupado é igual à adotada por outras instituições, como o SEBRAE. As faixas de classificação do porte das empresas segundo o número de trabalhadores empregados são as seguintes:

- a) até 19 empregados – Microempresa;
- b) de 20 a 99 empregados – Pequena Empresa;
- c) de 100 a 499 empregados – Média Empresa;
- d) de 500 a mais empregados – Grande Empresa.

Segundo o CBIC (2003), 98% das empresas existentes na construção civil se caracterizam como micro e pequenas empresas, que empregam até 99 empregados e têm estrutura administrativa menos complexa. As micro e pequenas empresas de construção somavam em 2001 um total de 95.148 estabelecimentos.

Assim, este trabalho será direcionado a estes tipos de empresas e à escolha de alternativas que podem auxiliar na melhoria dos processos nos aspectos de Qualidade, Meio ambiente e Segurança do Trabalho e que podem ser adotadas em empresas construtoras de pequeno ou médio porte do setor de edificações (residenciais, comerciais ou institucionais) e que também trabalhem com obras públicas (licitações). Desta forma foram criadas oito alternativas de melhoria do processo, que estão apresentadas na tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 – Alternativas de Melhoria

Alternativas de Melhoria do Processo Produtivo no Segmento da Construção Civil		
Alternativa 1 (A₁)	Implementação da Norma ISO 9001:2008 e/ou PBQP-H Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC)- Nível A	Norma com diretrizes para melhoria e controle do processo, com fins de certificação e patamar inicial para um Sistema de Gestão da Qualidade eficiente. Vale salientar que o nível A do SiaC engloba 100% da ISO 9001:2008. O conhecimento e aplicação de algumas atividades/metodologias são importantes para a implementação desta série de normas, tais como: 5S, Ciclo PDCA, As Sete Ferramentas Tradicionais da Qualidade.
Alternativa 2 (A₂)	Implementação do PBQP-H - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC)- Nível B	Norma com diretrizes para melhoria e controle do processo, com fins de certificação e que englobam 73,58 % da Norma ISO 9001:2008.
Alternativa 3 (A₃)	Implementação do PBQP-H - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC)- Nível C	Norma com diretrizes para melhoria e controle do processo, com fins de certificação e que englobam 62,26 % da Norma ISO 9001:2008.
Alternativa 4 (A₄)	Implementação do PBQP-H - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras (SiAC)- Nível D	Norma com diretrizes para melhoria e controle do processo, com fins de certificação e que englobam 26,42 % da Norma ISO 9001:2008.
Alternativa 5 (A₅)	Implementação das Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade	Estas Sete Ferramentas são denominadas pelos: Diagrama de Relações, Diagrama de Afinidades, Diagrama em Árvore, Matriz de Priorização, Matriz de Relações, Diagrama PDPC e Diagrama de Atividades. Estas ferramentas dão suporte ao planejamento e no entendimento e resolução de problemas.
Alternativa 6 (A₆)	Implementação da Norma ISO 14001:2004	Norma com diretrizes para melhoria do processo nos aspectos relacionados ao meio ambiente.
Alternativa 7 (A₇)	Implementação da Norma OHSAS 18001:2007	Norma com diretrizes para melhoria do processo nos aspectos relacionados à Segurança e Higiene do Trabalho.
Alternativa 8 (A₈)	Implementação do <i>Lean Construction</i>	Princípios de <i>Lean Production</i> direcionados ao segmento da Construção Civil que englobam estabilizar o fluxo de material e informação (<i>kaizen</i> de fluxo), melhorar os processos construtivos (<i>Kaizen</i> de processo) e produzir o necessário, quando necessário (<i>just-in-time</i>).

Fonte: A autora

Para o modelo proposto, o grupo de alternativas A é considerado estável e fragmentado, uma vez que serão utilizadas combinações entre as oito alternativas apresentadas.

As oito alternativas apresentadas têm como intuito melhorar o processo produtivo, o ambiente de trabalho e satisfazer o cliente final, os colaboradores e a sociedade. Porém, a implementação simultânea de algumas alternativas é considerada mais difícil neste contexto, pois, segundo Depexe & Paladini (2007), há uma certa resistência a mudanças em todos os níveis hierárquicos, devido a uma cultura organizacional fortemente sedimentada. A construção civil é um setor muito tradicional, no qual as inovações ocorrem de maneira lenta.

Sistemas Integrados de Gestão (SIG) como os propostos na integração dos requisitos das normas ISO 9000, ISO 14000 e OHSAS 18000, por exemplo, podem ser trabalhados em uma empresa construtora, porém, nas etapas de auditorias de manutenção e recertificação. O processo de implementação simultâneo destas normas é muito mais complexo e pouco utilizado no setor. Assim, no caso deste trabalho, serão consideradas as implementações destas normas de forma isolada. O SIG neste setor atua com o intuito de facilitar a manutenção dos três sistemas através de auditorias de manutenção e recertificação unificadas. Conforme apresentado no capítulo 3, uma empresa construtora também pode escolher implementar o Sistema de Gestão da Qualidade baseado na norma ISO 9001:2008 entre os níveis A (100% da norma), B(73,58%), C (62,26%) ou D(26,42%) do SiaC. Já as 7 novas ferramentas do planejamento da qualidade que caracterizam a alternativa 7 podem ser implementadas de forma simultânea ou não com as outras alternativas.

Programas como Racionalização na Construção Civil, produto do Projeto COMPETIR, resultante do Acordo de Cooperação técnica entre os governos do Brasil e Alemanha, tendo como executores o SENAI, SEBRAE e a GTZ (parceira alemã) podem ser englobados na Alternativa 8 (A₈). Pois, segundo Gehbauer (2004), processos racionalizados constituem a base para a introdução de princípios de *Lean construction* apresentados no capítulo 3. Segundo o *Lean Construction Institute* (2008), este tema envolve:

- Planejamento do processo de produção para um produto individual, mas sem armazenamentos intermediários de materiais;
- Previsão de folgas adicionais de recursos e tempo para poder ajustar situações imponderáveis no processo de construção;
- Eliminação de Atividades que não agregam valor;
- Organização do Processo de execução em um fluxo contínuo,

- Aperfeiçoamento do produto por meio da correta transmissão de informações e decisões;
- Integração de planejamento e execução
- Controle permanente;
- Organização de grupos de trabalho com tarefas claras e recursos suficientes;
- Maximização do rendimento para o cliente.

Conversão do Conjunto Fragmentado em Globalizado

As novas alternativas para a realização da escolha serão obtidas através de combinações simples das 8 alternativas apresentadas na tabela 4.1.

As novas alternativas provenientes deste conjunto globalizado serão denominadas *Alternativas Macro*. Esta denominação tem a finalidade apenas de diferenciar as 8 *alternativas de melhoria* das novas alternativas obtidas pelas combinações. Neste contexto, são consideradas algumas observações, tais como:

- as alternativas A_1 , A_2 , A_3 e A_4 são consideradas excludentes, ou seja, elas não poderão ser combinadas entre si;
- a alternativa macro que contiver A_1 (ISO 9001:2008/SiAC nível A), por exemplo, não poderá conter A_2 (SiAC nível B), A_3 (SiAC nível C) ou A_4 (SiAC nível D), pois a A_1 já compreende todos os níveis D, C e B.

Vale salientar que a permutação ($P_n = n!$) não será realizada, uma vez que os agrupamentos serão escolhidos entre elementos/alternativas que diferem entre si apenas pela natureza de seus elementos e não pela ordem dos mesmos. As combinações simples foram obtidas de acordo a equação (1).

$$p! \cdot C_{n,p} = A_{n,p} \rightarrow C_{n,p} = \frac{A_{n,p}}{p!} = \frac{n!}{p! (n-p)!} \quad (5)$$

C = Combinação simples

A = Arranjo simples

Os tópicos a seguir apresentam importantes observações a fim de dimensionar o conjunto total de alternativas macro.

- 1) Quando considerada a Alternativa de melhoria A_1 , tem-se o grupo A_1 , A_5 , A_6 , A_7 , A_8 , que podem ser agrupadas 2 a 2, 3 a 3, 4 a 4 e 5 a 5 para formar as alternativas macro.
- 2) Quando considerada a Alternativa de melhoria A_2 , tem-se o grupo A_2 , A_5 , A_6 , A_7 , A_8 que podem ser agrupadas 2 a 2, 3 a 3, 4 a 4 e 5 a 5 para formar as alternativas macro.

- 3) Quando considerada a Alternativa de melhoria A_3 , tem-se o grupo A_3, A_5, A_6, A_7, A_8 que podem ser agrupadas 2 a 2, 3 a 3, 4 a 4 e 5 a 5 para formar as alternativas macro.
- 4) Quando considerada a Alternativa de melhoria A_4 , tem-se o grupo A_4, A_5, A_6, A_7, A_8 que podem ser agrupadas 2 a 2, 3 a 3, 4 a 4 e 5 a 5 para formar as alternativas macro.

A tabela a seguir apresenta como as alternativas de melhoria foram combinadas para o dimensionamento das alternativas macro.

Tabela 4.2 – Dimensionamento das Alternativas Macro

Número de Alternativas macro compostas por 1 alternativa de melhoria	
	$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ ou A_8 .
Total	8 alternativas macro
Número de Alternativas macro compostas por 2 alternativas de melhoria	
Considerando A_1	$C_{5,2} = 10$
Considerando A_2	$C_{5,2} - C_{4,2} = 10 - 6 = 4$
Considerando A_3	$C_{5,2} - C_{4,2} = 10 - 6 = 4$
Considerando A_4	$C_{5,2} - C_{4,2} = 10 - 6 = 4$
Total	22 alternativas macro
Número de Alternativas macro compostas por 3 alternativas de melhoria	
Considerando A_1	$C_{5,3} = 10$
Considerando A_2	$C_{5,3} - C_{4,3} = 10 - 4 = 6$
Considerando A_3	$C_{5,3} - C_{4,3} = 10 - 4 = 6$
Considerando A_4	$C_{5,3} - C_{4,3} = 10 - 4 = 6$
Total	28 alternativas macro
Número de Alternativas macro compostas por 4 alternativas de melhoria	
Considerando A_1	$C_{5,4} = 5$
Considerando A_2	$C_{5,4} - C_{4,4} = 5 - 1 = 4$
Considerando A_3	$C_{5,4} - C_{4,4} = 5 - 1 = 4$
Considerando A_4	$C_{5,4} - C_{4,4} = 5 - 1 = 4$
Total	17 alternativas macro
Número de Alternativas macro compostas por 5 alternativas de melhoria	
Considerando A_1	$C_{5,5} = 1$
Considerando A_2	$C_{5,5} = 1$
Considerando A_3	$C_{5,5} = 1$
Considerando A_4	$C_{5,5} = 1$
Total	4 alternativas macro

Fonte: A autora

Assim, foi considerado que a empresa construtora estabeleceu um conjunto globalizado de 79 alternativas macro que podem ser verificadas na tabela a seguir:

Tabela 4.3 – Alternativas Macro de Melhoria

Alternativas Macro para implementação de ações de melhoria do processo no segmento da Construção Civil		
Alternativa Macro 1	A_1	Composta por uma alternativa de melhoria
Alternativa Macro 2	A_2	
Alternativa Macro 3	A_3	
Alternativa Macro 4	A_4	
Alternativa Macro 5	A_5	
Alternativa Macro 6	A_6	
Alternativa Macro 7	A_7	
Alternativa Macro 8	A_8	
Alternativa Macro 9	A_1 e A_5	Composta por duas alternativas de melhoria
Alternativa Macro 10	A_2 e A_5	
Alternativa Macro 11	A_3 e A_5	
Alternativa Macro 12	A_4 e A_5	
Alternativa Macro 13	A_1 e A_6	
Alternativa Macro 14	A_2 e A_6	
Alternativa Macro 15	A_3 e A_6	
Alternativa Macro 16	A_4 e A_6	
Alternativa Macro 17	A_1 e A_7	
Alternativa Macro 18	A_2 e A_7	
Alternativa Macro 19	A_3 e A_7	
Alternativa Macro 20	A_4 e A_7	
Alternativa Macro 21	A_1 e A_8	
Alternativa Macro 22	A_2 e A_8	
Alternativa Macro 23	A_3 e A_8	
Alternativa Macro 24	A_4 e A_8	
Alternativa Macro 25	A_5 e A_6	
Alternativa Macro 26	A_5 e A_7	
Alternativa Macro 27	A_5 e A_8	
Alternativa Macro 28	A_6 e A_7	
Alternativa Macro 29	A_6 e A_8	
Alternativa Macro 30	A_7 e A_8	
Alternativa Macro 31	A_1 , A_5 e A_6	Composta por três alternativas de melhoria
Alternativa Macro 32	A_2 , A_5 e A_6	
Alternativa Macro 33	A_3 , A_5 e A_6	
Alternativa Macro 34	A_4 , A_5 e A_6	
Alternativa Macro 35	A_1 , A_5 e A_7	
Alternativa Macro 36	A_2 , A_5 e A_7	
Alternativa Macro 37	A_3 , A_5 e A_7	
Alternativa Macro 38	A_4 , A_5 e A_7	
Alternativa Macro 39	A_1 , A_5 e A_8	
Alternativa Macro 40	A_2 , A_5 e A_8	
Alternativa Macro 41	A_3 , A_5 e A_8	
Alternativa Macro 42	A_4 , A_5 e A_8	
Alternativa Macro 43	A_5 , A_6 e A_7	
Alternativa Macro 44	A_5 , A_6 e A_8	

Alternativa Macro 45	A ₆ , A ₇ e A ₁	
Alternativa Macro 46	A ₆ , A ₇ e A ₂	
Alternativa Macro 47	A ₆ , A ₇ e A ₃	
Alternativa Macro 48	A ₆ , A ₇ e A ₄	
Alternativa Macro 49	A ₆ , A ₇ e A ₈	
Alternativa Macro 50	A ₇ , A ₈ e A ₁	
Alternativa Macro 51	A ₇ , A ₈ e A ₂	
Alternativa Macro 52	A ₇ , A ₈ e A ₃	
Alternativa Macro 53	A ₇ , A ₈ e A ₄	
Alternativa Macro 54	A ₇ , A ₈ e A ₅	
Alternativa Macro 55	A ₈ , A ₆ e A ₁	
Alternativa Macro 56	A ₈ , A ₆ e A ₂	
Alternativa Macro 57	A ₈ , A ₆ e A ₃	
Alternativa Macro 58	A ₈ , A ₆ e A ₄	
Alternativa Macro 59	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₇	Composta por quatro alternativas de melhoria
Alternativa Macro 60	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₇	
Alternativa Macro 61	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₇	
Alternativa Macro 62	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₇	
Alternativa Macro 63	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₈	
Alternativa Macro 64	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₈	
Alternativa Macro 65	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₈	
Alternativa Macro 66	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₈	
Alternativa Macro 67	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₅	
Alternativa Macro 68	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₁	
Alternativa Macro 69	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₂	
Alternativa Macro 70	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₃	
Alternativa Macro 71	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₄	
Alternativa Macro 72	A ₁ , A ₈ , A ₅ e A ₇	
Alternativa Macro 73	A ₂ , A ₈ , A ₅ e A ₇	
Alternativa Macro 74	A ₃ , A ₈ , A ₅ e A ₇	
Alternativa Macro 75	A ₄ , A ₈ , A ₅ e A ₇	
Alternativa Macro 76	A ₁ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	Composta por cinco alternativas de melhoria
Alternativa Macro 77	A ₂ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	
Alternativa Macro 78	A ₃ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	
Alternativa Macro 79	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	

Fonte: A autora

4.2 Framework do Processo Decisório

Duas problemáticas foram identificadas para serem abordadas no modelo proposto, conforme a tabela 4.4.

Dentre o conjunto de alternativas globalizado elaborado a partir das combinações, a empresa construtora selecionará uma alternativa macro de melhoria a fim de atingir seus objetivos estratégicos de médio e longo prazo. Para isso, é necessária uma escolha bem estruturada da alternativa macro e a problemática de escolha é a mais adequada nesta etapa.

A fim de estruturar o sequenciamento de implementação, uma ordenação será realizada para identificar, por exemplo, se a OHSAS 18000 será aplicada antes ou depois da série de normas ISO 14000, sendo assim, a problemática de ordenação é identificada.

Tabela 4.4 – Problemáticas adotadas

Problemática	Descrição	Contexto estudado
$P\alpha$	Tem como objetivo esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto do espaço de ações, sendo chamada de problemática de escolha (ROY, 1996).	Selecionar a alternativa macro de melhoria que será implementada na empresa construtora.
$P\gamma$	Tem como objetivo ordenar as ações, sendo chamada de problemática de ordenação (ROY, 1996).	Ordenar as alternativas de melhoria que compõem a alternativa macro de melhoria para a empresa construtora.

Fonte: A autora

A figura a seguir apresenta o *framework* do modelo proposto, que posteriormente será detalhado nas etapas de seleção, ordenação e detalhamento do Plano de Ação.

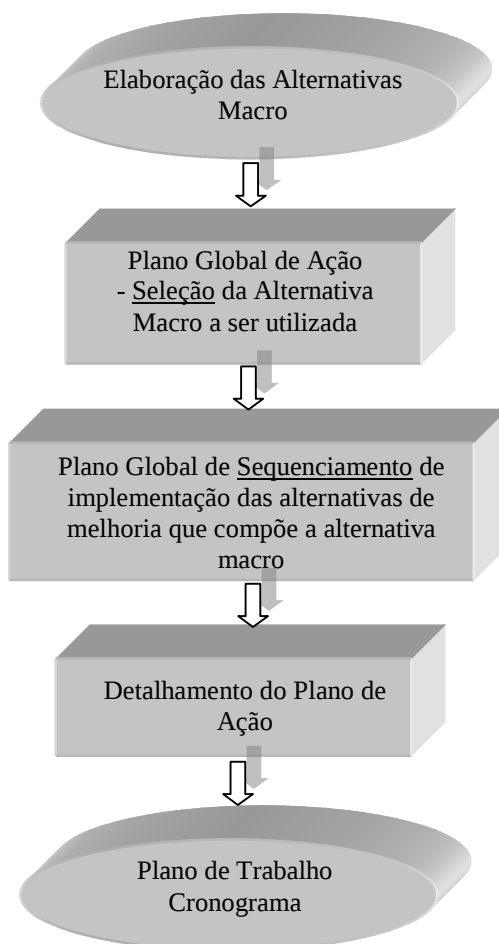


Figura 4.2 – Framework do Processo Decisório

Fonte: A autora

O Plano Global de Ação tem por finalidade selecionar a alternativa macro de melhoria a ser adotada. Em seguida, se a alternativa macro compreender mais de uma alternativa de melhoria, estas serão ordenadas com intuito de sequenciar as atividades e elaborar um plano de trabalho detalhado com o respectivo cronograma de forma efetiva.

4.2.1 Descrição da Sistemática de Seleção

O procedimento para seleção da alternativa macro de melhoria do processo é composto pelas etapas apresentadas na figura 4.3.

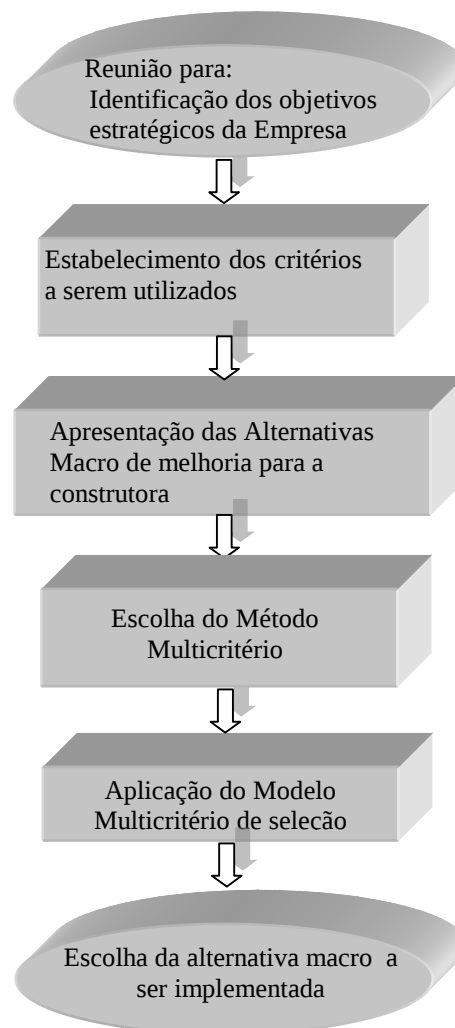


Figura 4.3 – Sistemática para a seleção da alternativa
Fonte: A autora

- Identificação dos Objetivos Estratégicos

Primeiramente identificam-se os objetivos estratégicos da empresa construtora de longo e médio prazo no planejamento estratégico já desenvolvido pela empresa, ou através de sessões de *brainstorming* com a alta direção e pessoas-chave da organização, caso a empresa não possua um planejamento formalizado. A empresa construtora pode ser de pequeno/médio ou grande porte, ou possuir objetivos estratégicos direcionados. Assim, essa identificação tem por finalidade caracterizar o cenário futuro da organização.

- Reunião para estabelecimento dos critérios

Em seguida, é estabelecida uma reunião com os atores envolvidos para definição dos critérios a serem utilizados como, por exemplo:

- custo de implementação;
- tempo de implementação;
- tempo de adoção como cultura e facilidade de implementação (AZIZI, 2007);
- grau de impacto positivo na imagem da empresa;
- tempo de retorno dos resultados; entre outros.

Os atores envolvidos nesta reunião compreendem decisores (diretores, acionistas ou pessoas-chave da organização), facilitador e analista. Para Gomes & Gomes (2003), o decisor influencia no processo de decisão de acordo com o juízo de valor(es) que representa(m) e/ou relações que se estabeleceram. Estas relações devem possuir caráter dinâmico, pois poderão ser modificadas durante o processo de decisão devido ao enriquecimento de informações e/ou interferência de facilitadores.

Para estes mesmos autores, o facilitador é um líder experiente que deve focalizar a sua atenção na resolução do problema, coordenando os pontos de vista do decisor, mantendo este motivado e destacando o aprendizado no processo de decisão. Tem como papel esclarecer e modelar o processo de avaliação e/ou de negociação conducente à tomada de decisão. Deve manter uma postura neutra no processo decisório, para não intervir nos julgamentos dos decisores. E por fim, o analista, que realiza a análise, auxilia o facilitador e o decisor na estruturação do problema e identificação dos fatores do meio ambiente que influenciam na evolução, solução e configuração do problema.

- Apresentação das Alternativas Macro

Nesta etapa, a apresentação e conseqüente esclarecimento por parte do analista a respeito das 79 alternativas macro de melhoria do processo aplicadas no setor da construção

civil são feitas ao decisor. Essa apresentação tem por finalidade conscientizar a organização a incorporar melhorias através de novas metodologias, normas, ferramentas e programas.

- Escolha do Método Multicritério

O método multicritério é escolhido pelo analista a partir da análise de diversos fatores, tais como: tipo de problema, cenário em estudo, compreensão do processo decisório pelo decisor, os atores, a estrutura de preferência, entre outros.

- Escolha da alternativa macro a ser implementada

Nesta etapa, é efetuada a aplicação do modelo multicritério para a seleção da alternativa macro. Como resultado, a empresa construtora terá uma *alternativa macro* que compreenda entre uma e cinco *alternativas de melhoria*.

4.2.2 Descrição da Sistemática de Ordenação

O procedimento para ordenação das alternativas de melhoria compreendidas na alternativa macro de melhoria do processo é composto pelas etapas apresentadas na figura 4.4.

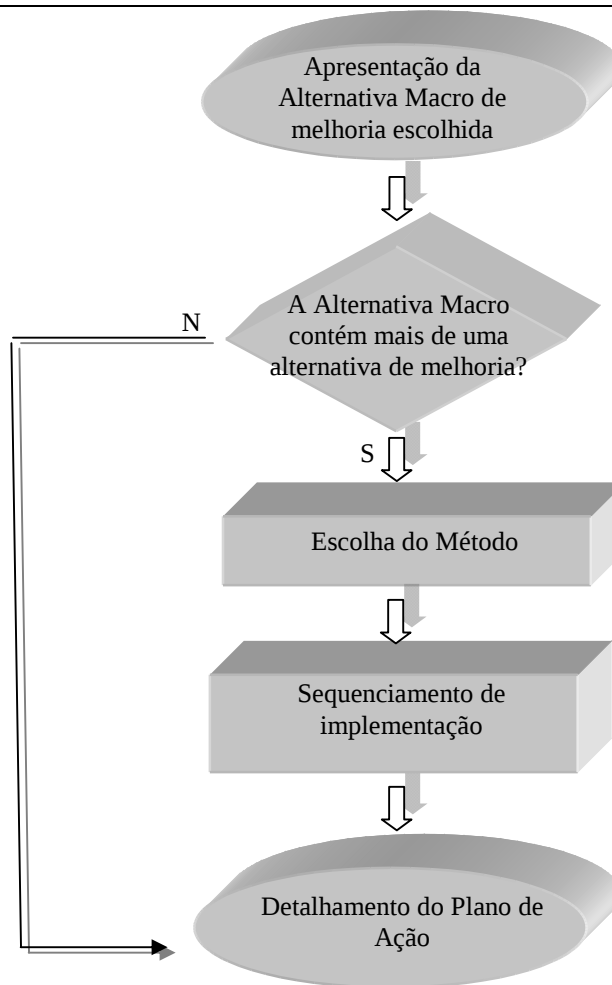


Figura 4.4 – Sistemática para a ordenação de alternativas
Fonte: A autora

- Apresentação da Alternativa Macro de melhoria escolhida

A Alternativa Macro escolhida será apresentada à empresa construtora. Se a mesma compreender mais de uma alternativa de melhoria, será necessária a ordenação.

- Escolha do Método

Caso o método escolhido anteriormente na sistemática de seleção da alternativa inclua ordenação das alternativas macro, esta etapa de escolha do novo método multicritério é desnecessária, uma vez que se tem a ordenação de todas as alternativas macro.

Em alguns métodos de seleção/escolha como Electre I, por exemplo, a problemática $P\alpha$ é esclarecida por intermédio da escolha de um subconjunto que seja restrito o máximo possível e que contenha as melhores alternativas, ou seja, um subconjunto K (mínimo conjunto dominante). Desta forma, será necessária a utilização de outro método para a sistemática de ordenação das alternativas de melhoria contidas na alternativa macro.

- Sequenciamento de Implementação

Nesta etapa, a finalidade é sequenciar as alternativas de melhoria apresentadas na alternativa macro. Vale ressaltar que não se deve forçar a utilizar um método que forneça a ordenação das alternativas macro na sistemática de escolha/seleção para aproveitar os resultados obtidos.

Quando não houver necessidade de utilização de um novo método para ordenação das alternativas de melhoria contidas na alternativa macro, é por que serão utilizados os resultados do modelo de seleção já aplicado.

Neste caso, o resultado do modelo de seleção da alternativa macro apresenta um ranqueamento de todas as alternativas macro contidas neste modelo, inclusive as que compreendem apenas uma alternativa de melhoria.

Como isso, tem-se como saber a ordem das alternativas de melhoria contidas na alternativa macro conforme exemplo ilustrativo a seguir.

Exemplo ilustrativo

Tem-se como resultado na sistemática de seleção a Alternativa Macro 36, conforme apresentado a seguir.

Alternativa Macro 36	A_2 , A_5 e A_7
----------------------	-----------------------

Será necessário realizar o sequenciamento de implementação das alternativas A_2 , A_5 e A_7 , para isso, verifica-se no resultado do modelo de seleção a ordem das alternativas macro 2, 5 e 7 que compreendem apenas a alternativa de melhoria A_2 , A_5 , e A_7 respectivamente, como é mostrado a seguir.

Alternativa Macro 2	A_2
Alternativa Macro 5	A_5
Alternativa Macro 7	A_7

Tendo como resultado o sequenciamento das alternativas de melhoria, a empresa poderá direcionar a aplicação de seus recursos de forma mais eficiente e eficaz, reduzindo custos e aumentando sua vantagem competitiva no mercado.

4.2.3 Detalhamento do Plano de Ação

Com a finalidade de operacionalizar as ações de forma efetiva, um plano de ação deve detalhar as pessoas e recursos envolvidos, treinamentos ou capacitações, plano de trabalho e cronograma, os responsáveis por cada atividade, os líderes, entre outros. Esta etapa demanda tempo e esforço, e é nela que vários pontos são pensados antecipadamente, esses pontos,

segundo Depexe & Paladini (2007), são as maiores dificuldades durante a implementação de um sistema de gestão, programa ou metodologia em uma empresa construtora. São eles:

- Cultura organizacional e resistência a mudanças;
- Burocracia excessiva;
- Baixo nível de escolaridade dos funcionários;
- Falta de treinamento;
- Falta de envolvimento dos funcionários;
- Falta de participação e conscientização dos colaboradores;
- Comunicação deficiente;
- Ansiedade por resultados;
- Falta de comprometimento da alta administração;
- Falta de recursos;
- Falta de liderança;
- Falta de comprometimento dos gerentes.

4.3 Escolha do Método Multicritério

Segundo Almeida *et al* (2003), escolher um método multicritério equivale a escolher um tipo de compensação entre critérios.

Os conceitos de compensação, ponderação e independência entre critérios merecem uma atenção especial quanto à aplicação em qualquer método multicritério. Compensação entre critérios é um conceito fundamental ainda pouco estudado, embora muito importante na análise de métodos (VINCKE, 1992).

Para Vincke (1992), a escolha da utilização de um método de agregação dos critérios como o MAUT ou SMARTS, por exemplo, é equivalente a escolher um tipo de “compensação entre os critérios”. A noção intuitiva de compensação sugere uma quantidade que contrabalance a desvantagem de um critério em relação a uma vantagem em outro.

Quanto aos métodos não-compensatórios, como o ELECTRE, PROMETHEE, por exemplo, requerem uma informação intercritério correspondente a relativa importância entre os critérios.

Conforme Almeida *et al* (2003), na análise multicritério uma informação importantíssima está relacionada à relativa importância dos critérios. Geralmente esta importância relativa entre critérios é traduzida em números que são denominados de *pesos*. Vincke (1992), sugere um cuidado especial quando utiliza-se as mesmas ponderações em

diferentes métodos para comparação de resultados. A interpretação do significado destes “pesos” não é tão simples, e depende fortemente do uso dado a eles.

Para estes mesmos autores, a escolha do método vai depender de vários fatores destacando-se as características: do problema analisado, do contexto considerado, da estrutura de preferências do decisor e da problemática em si. Em relação à estrutura de preferências do decisor, aspectos de simplicidade e facilidade de aplicação podem ser requeridos dependendo do contexto considerado para solucionar determinado problema. Um fator que freqüentemente surge é a preferência do analista por um método em particular. Muitas vezes esta preferência traduz-se numa grave distorção, sendo definitiva na escolha do método para analisar o problema. Isto pode ocorrer por uma questão de preferência apenas ou em função de pouca familiaridade com outros métodos, que poderiam ser mais apropriados a um dado problema em questão.

5. APLICAÇÃO DO MODELO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Neste capítulo são apresentadas três aplicações do Modelo de Decisão Multicritério proposto, conforme a figura a seguir. Antes do desenvolvimento das aplicações foi realizado um estudo exploratório com 4 empresas construtoras (A,B,C e D) e revisão bibliográfica a fim de reconhecer os critérios mais relevantes e dar maior embasamento às aplicações. Neste estudo, houve uma convergência para 4 critérios que serão apresentados no item 5.1.1. Vale ressaltar um bom entendimento do conceito de critério e de como mensurá-lo como é apresentado no item 5.1.

Duas aplicações foram realizadas com dois decisores a fim de ilustrar a utilização do modelo, o primeiro é diretor da empresa construtora A e o segundo é gerente de projetos da empresa construtora C. Para estas duas aplicações foi utilizado o método SMARTS.

Para a terceira aplicação foi utilizado o PROMETHEE II, esta aplicação foi hipotética a fim de mostrar a utilização de três cenários distintos.

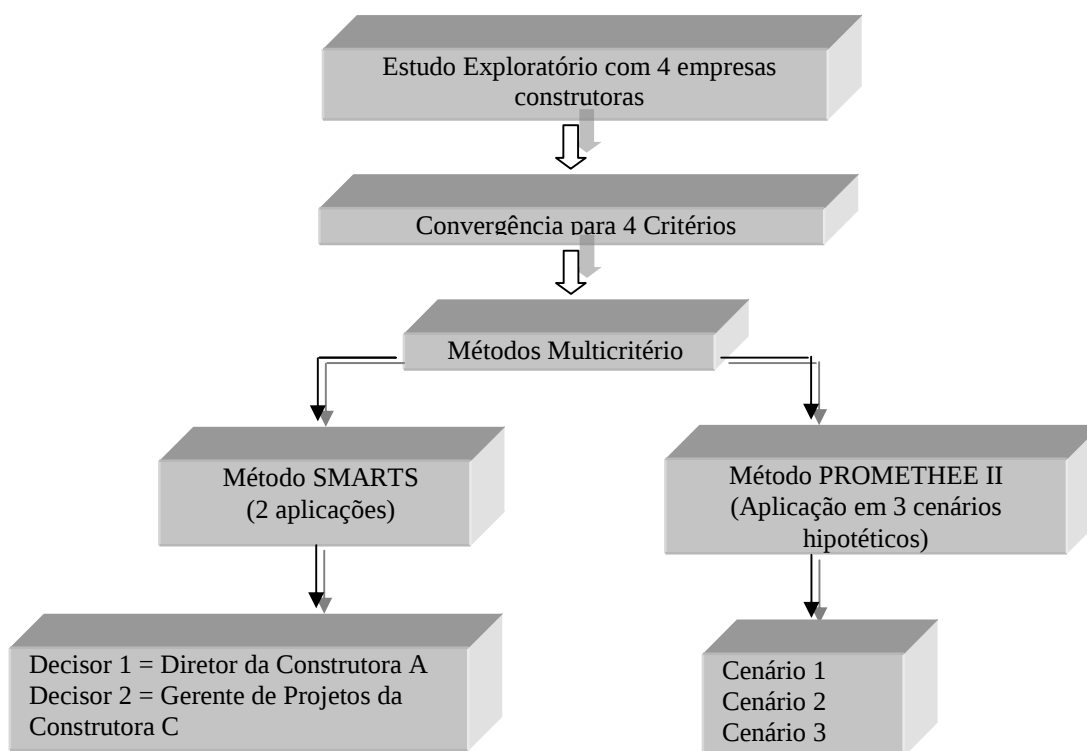


Figura 5.1 – Aplicação do Modelo de Decisão Multicritério
Fonte: A autora

5.1 Objetivos/Critérios

Para Gomes *et al* (2009), critério pode ser definido como uma ferramenta que permite a comparação de alternativas segundo um eixo particularmente significativo, ou ponto de vista. Ele também pode ser definido como uma função de valor real sobre um conjunto A de alternativas, que permita obter algum tipo de significado ao comparar duas alternativas de acordo com um ponto de vista particular.

Conforme Roy (1996), a família de critérios deve verificar os axiomas de exaustividade, coesão e não-redundância:

- possuir todos os pontos de vista julgados importantes, ou seja, a quantidade de critérios deve ser completa e exaustiva e deve conter todos os critérios julgados relevantes para a decisão final (exaustividade);
- ser operacional: a classificação das alternativas nesses critérios deve permitir seu manuseio por algoritmos (exaustividade);
- ter preferências parciais modeladas em cada critério, e cada preferência deve estar de acordo com as preferências globais (coesão) (BOUYSSOU, 1996).
- ser coesa – estar de acordo como objetivo (coesão);
- ser legítima e consistente – deve representar de forma clara e correta o juízo de valores do(s) decisor(es) (coesão);
- excluir redundância, ou seja, um aspecto abordado por um critério não poderá aparecer em outro critério; os critérios devem apresentar independência para evitar a contagem dupla (não – redundância) (BOYSSOU, 1996).

No modelo proposto, alguns critérios são de natureza técnica e outros são avaliados de acordo com as características e ponto de vista da empresa construtora, e algumas escalas foram utilizadas. Para Gomes *et al* (2006), uma avaliação em uma escala tem como propósito fazer a graduação de um fator, de modo que essa escala permita exibir uma propriedade específica, seja um julgamento absoluto ou relativo. As escalas de avaliação são baseadas em teorias psicofísicas, utilizando-se de conceitos sociológicos, psicológicos e da teoria da decisão.

A escala de avaliação é usada para quantificar critérios ou atributos, ou quaisquer fatores que possam ser ordenados de forma subjetiva (qualitativa) ou quantitativa. Uma vez escalonado o julgamento, uma medida quantitativa pode (ou deve) ser incorporada na análise. Para esse fim, são utilizadas várias unidades de medida, bem como meios não numéricos adimensionais (GOMES *et al*, 1997).

Vale salientar um melhor entendimento dos tipos de escala com a finalidade de mensurar os critérios. São elas:

a) Escala nominal

Utilizada quando o objetivo da mensuração é classificar, ou seja, categorizar os dados (SIEGEL, 1975). Para Campello de Souza (2007), esta escala baseia-se no agrupamento e classificação de elementos para a formação de conjuntos distintos. Os elementos dos conjuntos são divididos em categorias segundo um ou mais de seus atributos.

b) Escala ordinal

Uma relação de grandeza, ordenação natural nas categorias é a característica principal dessa escala, que é também denominada de escala por Postos. Uma ilustração dessa escala é a mensuração do grau de maturidade organizacional por parte das indústrias: micro, pequeno, médio e grande (SIEGEL, 1975). Para Campello de Souza (2007), esta escala permite a representação dos valores de uma variável em termos de onde ele se situa com relação aos demais valores. A noção fundamental é de ordem.

c) Escala intervalar

É uma escala em que, além de ter todas as características de uma escala ordinal, se conhece as distâncias entre quaisquer números da escala. O ponto zero (origem) e a unidade de medida são arbitrários, como por exemplo, na escala centígrada o congelamento da água ocorre a zero grau e a fervura a cem graus centígrados, enquanto que, na escala *Fahrenheit*, o congelamento e a fervura ocorrem, respectivamente, a 32 e 212 graus (SIEGEL, 1975). Para Campello de Souza (2007), além das ordenações das categorias de uma característica, pode-se dizer quanto valem exatamente as diferenças entre estas categorias. Representa um nível propriamente dito de mensuração. Entretanto, pelo fato de o zero, na escala intervalar, não existir naturalmente e ser determinado arbitrariamente, não se pode afirmar quando uma categoria vale mais do que a outra.

d) Escala da razão:

É uma escala intervalar, contudo, com um verdadeiro ponto zero como origem. Por exemplo, a altura de uma pessoa está nessa escala, uma vez que o ponto de origem é zero, quer seja medida em metros, centímetros, polegadas (qualquer unidade) (SIEGEL, 1975). Segundo Campello de Souza (2007), a escala de razão é a mais completa e sofisticada das escalas numéricas. Ela é uma quantificação produzida a partir da identificação de um ponto zero que é fixo e absoluto, representado, de fato, um ponto de nulidade, ausência e/ou mínimo.

5.1.1 Visão Geral dos Critérios

Foi realizada uma análise geral com 4 empresas construtoras da Região Metropolitana do Recife (construtoras A,B,C e D) com o objetivo de se obter uma visão preliminar e melhor entendimento dos critérios. Através de entrevistas parcialmente estruturadas, foi verificada uma convergência para 4 importantes critérios.

A primeira construtora pesquisada, construtora A, está no mercado há 30 anos, pois foi fundada em outubro de 1979, e durante este período já foram entregues cerca de 40 empreendimentos. No momento, duas obras estão em andamento com 130 funcionários ao todo.

A construtora B está no mercado há 27 anos, durante este período já foram entregues também cerca de 40 empreendimentos. No momento há apenas uma obra em andamento com 50 funcionários.

A construtora C está no mercado há 42 anos, encontra-se com 10 obras em andamento e com o total de 600 funcionários. E por fim, a construtora D, no mercado há 50 anos, encontra-se com 12 obras em andamento em Pernambuco e com o total de 700 funcionários.

Através da realização de entrevistas semi-estruturadas para 5 diretores/gerentes de projeto das 4 empresas construtoras pesquisadas de pequeno, médio e grande porte, pode-se verificar a ordem de importância destes critérios, conforme a figura 4.5. Pode ser observado que 100% dos entrevistados consideraram o critério impacto dos benefícios no processo produtivo em primeiro lugar. 80% dos pesquisados consideraram o impacto positivo na imagem em segundo lugar, com este mesmo percentual, custo de implementação ficou colocado em terceiro lugar. E o tempo de implementação foi considerado em quarto lugar.

Assim, metade dos critérios (C_1 e C_4) obtiveram 100% de convergência e a outra metade (C_2 e C_3) obteve 80%.

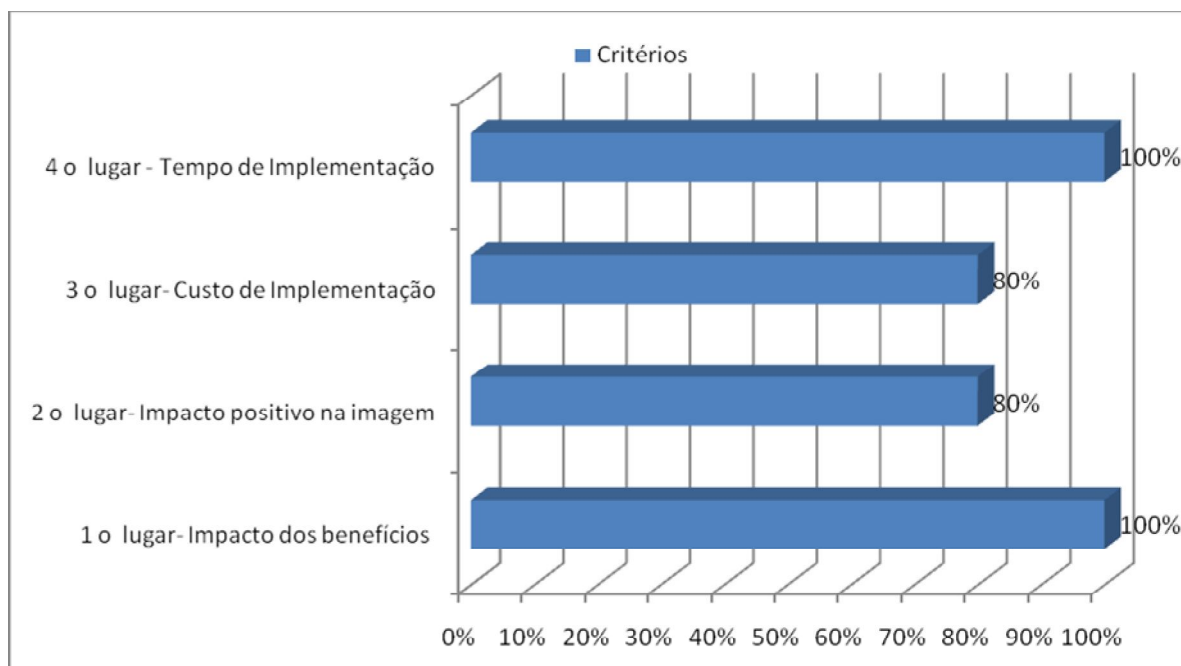


Figura 5.2 – Ordem de importância dos critérios
Fonte: A autora

Vale ressaltar que mensurações de importância de critérios, tais como pesos ou outros parâmetros devem ser determinados dentro da estrutura axiomática de cada método e pode variar de significado de um método para outro. Outro ponto a salientar é que os critérios utilizados podem mudar de acordo com a empresa ou até para mesma empresa depois de um determinado período de tempo.

Nesta aplicação são considerados quatro critérios a serem trabalhados e são explicados de forma detalhada a seguir, são eles: custo de implementação, tempo de implementação, impacto positivo na imagem da empresa e impacto dos benefícios no processo produtivo.

5.1.2 Custo de Implementação

Este critério engloba custos referentes a treinamento/capacitação dos líderes e funcionários em geral, consultoria externa (quando necessária), certificação por órgão certificador credenciado (quando necessário), equipamentos, entre outros. Foi utilizada a escala de razão.

Verificou-se o custo de implementação das alternativas de melhoria (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 , A_7 , A_8) de forma isolada. Na composição das alternativas macro, foi realizada a soma destas alternativas quando necessária, uma vez que o custo foi considerado uma função linear.

O custo médio de implementação das alternativas macro AM1, AM2, AM3, AM4, AM6 e AM7 envolve o custo médio de consultoria/assessoria e certificação por órgão certificador credenciado (OCC).

5.1.3 Tempo implementação

Cada alternativa possui um tempo médio de implementação que pode ser mensurado em meses. Verificou-se o tempo de implementação das alternativas de melhoria ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$) de forma isolada. O modelo proposto é formado por 79 alternativas macro, estas compreendem de uma a cinco alternativas de melhoria conforme tabela 4.3. Com o aumento do número de alternativas de melhoria, o tempo de implementação tende a decrescer. Este comportamento pode ser representado através do aumento do grau de maturidade da equipe funcional e da redução da resistência a mudanças, através de uma curva de aprendizagem. Assim, essa função não será linear na composição das alternativas macro. Para Moreira (2004), uma observação de ordem prática é a de que quanto mais vezes repetimos uma certa atividade, mais nos aperfeiçoamos; conseqüentemente, dentro de certos limites, torna-se cada vez menor o tempo gasto para cumprir a atividade.

Segundo Leite (2002), as curvas de aprendizagem analisam um fenômeno bem conhecido e facilmente observado: seres humanos ficam crescentemente eficientes com a experiência. Por exemplo, a primeira vez em que um pedreiro executa uma alvenaria, ele é, indubitavelmente, ineficiente no seu trabalho. Como ele ganha experiência com o passar do tempo, provavelmente melhora suas paredes, executando-as com as seguintes características: de modo mais rápido, com melhor qualidade, com menor desperdício e com custos reduzidos.

O mesmo acontece na implementação de programas/normas/ferramentas de melhoria, a empresa construtora que implementa a série de normas ISO 9000, por exemplo, passa pelo processo de conscientização, capacitação, execução e análise crítica da alta direção. Quando for implementar posteriormente a série de normas ISO 14000, por exemplo, passará novamente por estas etapas. As etapas de implementação de um novo sistema/programa de melhoria são similares com o mesmo objetivo de aprimorar o processo produtivo, porém, com aspectos diferenciados, tais como: Qualidade, Segurança do Trabalho, Sustentabilidade e Racionalização.

Na composição das alternativas macro, é necessário encontrar uma função que traduza essa relação. Neste caso, a curva de aprendizagem foi adotada para as alternativas de melhoria como ISO 9001:2008, OHSAS 18001, ISO 14001: 2004 e *Lean Construction*.

Para Leite & Possamai (2004), o modelo linear de curva de aprendizagem, segundo THOMAS *et al.* (1986), é o modelo mais usado para a análise das atividades em construção civil. O modelo linear é nomeado assim, porque forma uma linha reta quando desenhado em uma escala logarítmica. A suposição do modelo linear é que a taxa de aprendizagem permanece constante ao longo da duração da atividade.

Segundo THOMAS *et al.* (1986), a curva de aprendizagem original foi desenvolvida em 1936 pela T. P. WRIGHT. A fórmula do modelo linear é representada na equação (6):

$$Y_x = A X^{-n} \quad (6)$$

onde:

- Y_x é o custo, quantidade homem-hora ou tempo necessário para a x-ésima operação;
- A é o custo, quantidade homem-hora ou tempo necessário para a primeira operação;
- X é o número de ordem da operação;
- n o parâmetro que caracteriza a curva de aprendizagem.

A produtividade ganha devido ao efeito aprendizagem é uma função da taxa de aprendizagem, S , mostrada na equação (7):

$$S = 2^{-n} \quad (7)$$

A taxa de aprendizagem é expressa em forma de percentagem. Quando a taxa de aprendizagem é 100%, não há mais nenhum aumento de produtividade.

No setor da Construção Civil, alternativas de melhoria como a Série de Normas ISO 9000, ISO 14000, ISO 18000 ou *Lean Construction* possuem tempo médio de implementação de 12 meses. O SENAI Pernambuco vem assessorando cerca de 100 empresas do setor da construção civil na implantação de sistemas de gestão da qualidade, mais 80 na área de racionalização, através de seu trabalho de consultoria, e trabalha com o tempo médio de 12 meses também. (SENAI-PE, 2009).

Vale salientar que a alternativa A_2 (As Sete Novas Ferramentas do Planejamento da Qualidade) é de implementação imediata, ou seja, o tempo de implementação é considerado mínimo ou nulo. Considerando uma curva de aprendizagem de 90% para fins de ilustração, pode-se verificar a curva a seguir.

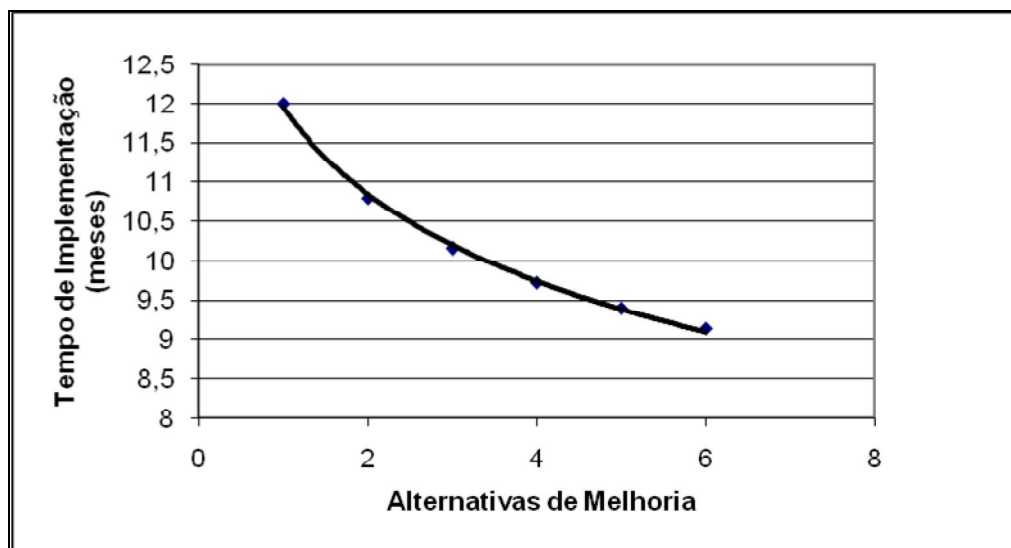


Figura 5.3 – Gráfico Exemplo com a Curva de Aprendizagem.

Fonte: A autora

5.1.4 A importância do impacto positivo na imagem da empresa

A imagem da empresa através de programas de melhoria pode ser afetada de forma positiva. Este impacto positivo pode facilitar a promoção de novas parcerias, novos clientes, participação em licitações e acesso à financiamentos. Será avaliado o grau de importância desse impacto para as 8 alternativas de melhoria através de uma Escala Lidert de 5 pontos.

Segundo Hair Jr. *et al* (2005), em termos restritos, a escala de classificação apresentada na figura 4.7 é uma escala ordinal. Tornou-se habitual na pesquisa em administração, no entanto, tratar a escala como se ela fosse intervalar. Evidências empíricas de que as pessoas tratam os intervalos entre os pontos como sendo iguais em magnitude fornecem a justificativa para tratá-los com medidas de uma escala intervalar.

Vale enfatizar que, no momento das entrevistas, são esclarecidas as características citadas anteriormente. Para Keeney & Raiffa (1976), nestas etapas iniciais, estes procedimentos a serem feitos parecem óbvios, mas não devem ser negligenciados, pois, por experiência própria, provaram ser importantes. E quando negligenciados, podem implicar resultados ineficazes. Assim, esta escala é considerada intervalar.

Ainda por Hair Jr. *et al* (2005), a escala intervalar utiliza números para classificar objetos ou eventos de modo que a distância entre os números seja igual. Assim, as diferenças entre pontos na escala podem ser interpretadas e comparadas de maneira a obter sentido. A diferença entre as classificações 3 e 4 é a mesma que existe entre as classificações 1 e 2. Uma escala intervalar tem todas as qualidades das escalas nominais e ordinais, mais as

diferenças entre os pontos da escala, que são consideradas iguais. Portanto, pode-se comparar a diferença entre objetos. Para o referido critério, foi utilizada esta nomenclatura a seguir.

Sem importância alguma	1	2	3	4	5	Extremamente importante
Escala						
1	Sem Importância					
2	Pouco Importante					
3	Importante					
4	Muito Importante					
5	Extremamente Importante					

Figura 5.4 – Escala utilizada
Fonte: Adaptado de Hair Jr. et al (2005)

Assim, verificou-se o impacto positivo na imagem da empresa para as oito alternativas ($A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$) de forma isolada. Para a composição das alternativas macro, foi utilizada a Escala de Classificação Somada (Likert). Segundo Hair Jr. *et al* (2005), uma escala de classificações somadas é uma escala métrica (quantitativa) que tenta mensurar atitudes ou opiniões, tradicionalmente usando entre cinco e sete pontos para avaliar a intensidade com que alguém concorda com um conjunto de afirmações. Para cada ponto da escala, desenvolve-se um rótulo para expressar a intensidade dos sentimentos dos respondentes. Há várias afirmações que geralmente se relacionam com um único conceito, tais como opiniões sobre uma empresa ou produto. Quando se somam as escalas para todas as afirmações, denomina-se isso de Escala de Classificações Somadas. Quando se usa a escala individualmente, ela é chamada de Escala de Likert.

Para um melhor entendimento, foi considerado o exemplo abaixo:

- Pior Situação = 1

O menor valor que pode ser obtido nesta escala é 1, que corresponde à pior classificação (sem importância) para uma alternativa macro que compreende apenas uma alternativa de melhoria.

Exemplo ilustrativo

Alternativa Macro 1	$A_1 = 1$	$= 1$
---------------------	-----------	-------

- Melhor Situação = 25

O maior valor que pode ser obtido nesta escala é 25, que corresponde à melhor classificação (extremamente importante) para as cinco alternativas de melhoria que compõem a alternativa macro.

Exemplo ilustrativo

Alternativa Macro 79	$A_4=5, A_5=5, A_6=5, A_7=5$ e $A_8=5$	= 25
----------------------	--	------

4.1.5 Grau de Impacto dos benefícios no processo produtivo

Para cada alternativa de melhoria, vários benefícios são identificados. Verificou-se o impacto dessas alternativas de melhoria no processo construtivo. A Escala de Likert de 5 pontos foi utilizada. Para a composição das alternativas macro, foi utilizada a Escala de Classificação Somada (Likert) e a mesma metodologia do critério anterior. Para o referido critério, foi utilizada esta nomenclatura conforme figura 4.8.

Sem impacto algum 1 2 3 4 5 Extremamente impactante

Escala

1	Sem Impacto
2	Pouco Impactante
3	Impactante
4	Muito Impactante
5	Extremamente Impactante

Figura 5.5 – Escala utilizada
Fonte: Adaptado de Hair Jr. et al (2005)

5.2 Métodos Multicritério

Neste trabalho são utilizados dois métodos multicritério de apoio a decisão: o método SMARTS; e o método PROMETHEE II. A finalidade foi apresentar o comportamento de dois métodos completamente diferentes utilizados para o mesmo conjunto de alternativas e critérios.

O SMARTS possui agregação aditiva que resulta em um modelo compensatório em que programas que obtiveram avaliação desfavorável em determinado critério podem ter o resultado compensado por uma avaliação muito favorável de outro. Essa forma de agregação favorece programas com avaliações pouco balanceadas, ou seja, programas que possuem

baixo grau de avaliação em alguns critérios e elevados graus em outros, para compensar (Vinke, 1992). Este método determina a utilidade multiatributo das alternativas constantes no modelo de decisão.

O PROMETHEE II assume a hipótese não compensatória, que tende a favorecer alternativas mais balanceadas (alternativas que possuem avaliações razoavelmente boas em todos os critérios) e provê uma pontuação cardinal para cada alternativa que pode ser usada para desenvolver uma pré-ordem completa.

5.3 Matriz para a aplicação do Modelo

As aplicações apresentadas a seguir não são um caso real específico, mas consideram dados realísticos, baseados em um determinado contexto e na estrutura de relação entre as variáveis consideradas. Os dados na tabela apresentados foram estimados através de pesquisa bibliográfica e consulta aos especialistas da área, conforme item 5.1.1, com intuito de aplicação do modelo multicritério proposto. Neste contexto, foi considerada uma empresa construtora de médio porte do subsetor de edificações e obras públicas/prestação de serviços que possui entre 300 e 400 funcionários.

Tabela 5.1 - Matriz $n \times m$

		Critérios			
		C ₁ Impacto dos benefícios no processo produtivo	C ₂ Impacto positivo na imagem da empresa	C ₃ Custo Médio de Implementação (mil reais)	C ₄ Tempo Médio de Implementação (meses)
A M 1	A ₁	5	2	32	12
A M 2	A ₂	4	1	24	9
A M 3	A ₃	3	1	16	6
A M 4	A ₄	2	0	8	3
A M 5	A ₅	5	1	1	0,1
A M 6	A ₆	2	5	32	12
A M 7	A ₇	4	4	42	12
A M 8	A ₈	3	3	15	12
A M 9	A ₁ e A ₅	10	6	33	12,1
A M 10	A ₂ e A ₅	9	2	25	9,1
A M 11	A ₃ e A ₅	8	2	17	6,1
A M 12	A ₄ e A ₅	7	1	9	3,1
A M 13	A ₁ e A ₆	7	8	64	22,8
A M 14	A ₂ e A ₆	6	6	56	21
A M 15	A ₃ e A ₆	5	6	48	18
A M 16	A ₄ e A ₆	4	5	40	15
A M 17	A ₁ e A ₇	9	7	74	22,8
A M 18	A ₂ e A ₇	8	5	66	21
A M 19	A ₃ e A ₇	7	5	58	18
A M 20	A ₄ e A ₇	6	4	50	15

A M 21	A ₁ e A ₈	8	6	47	22,8
A M 22	A ₂ e A ₈	7	4	39	21
A M 23	A ₃ e A ₈	6	4	31	18
A M 24	A ₄ e A ₈	5	3	23	15
A M 25	A ₅ e A ₆	7	6	33	12,1
A M 26	A ₅ e A ₇	9	5	43	12,1
A M 27	A ₅ e A ₈	8	3	16	12,1
A M 28	A ₆ e A ₇	6	9	74	22,8
A M 29	A ₆ e A ₈	5	8	47	22,8
A M 30	A ₇ e A ₈	7	7	57	22,8
A M 31	A ₁ , A ₅ e A ₆	12	9	65	22,9
A M 32	A ₂ , A ₅ e A ₆	11	7	57	21,1
A M 33	A ₃ , A ₅ e A ₆	10	7	49	18,1
A M 34	A ₄ , A ₅ e A ₆	9	6	41	15,1
A M 35	A ₁ , A ₅ e A ₇	14	8	75	22,9
A M 36	A ₂ , A ₅ e A ₇	13	6	67	21,1
A M 37	A ₃ , A ₅ e A ₇	12	6	59	18,1
A M 38	A ₄ , A ₅ e A ₇	11	5	51	15,1
A M 39	A ₁ , A ₅ e A ₈	13	7	48	22,9
A M 40	A ₂ , A ₅ e A ₈	12	5	40	21,1
A M 41	A ₃ , A ₅ e A ₈	11	5	32	18,1
A M 42	A ₄ , A ₅ e A ₈	10	4	24	15,1
A M 43	A ₅ , A ₆ e A ₇	11	10	75	22,9
A M 44	A ₅ , A ₆ e A ₈	10	9	48	22,9
A M 45	A ₆ , A ₇ e A ₁	11	12	106	33
A M 46	A ₆ , A ₇ e A ₂	10	10	98	31,8
A M 47	A ₆ , A ₇ e A ₃	9	10	90	28,8
A M 48	A ₆ , A ₇ e A ₄	8	9	82	25,8
A M 49	A ₆ , A ₇ e A ₈	9	12	89	33
A M 50	A ₇ , A ₈ e A ₁	12	10	89	33
A M 51	A ₇ , A ₈ e A ₂	11	8	81	31,8
A M 52	A ₇ , A ₈ e A ₃	10	8	73	28,8
A M 53	A ₇ , A ₈ e A ₄	9	7	65	25,8
A M 54	A ₇ , A ₈ e A ₅	12	8	58	22,9
A M 55	A ₈ , A ₆ e A ₁	10	11	79	33
A M 56	A ₈ , A ₆ e A ₂	9	9	71	31,8
A M 57	A ₈ , A ₆ e A ₃	8	9	63	28,8
A M 58	A ₈ , A ₆ e A ₄	7	8	55	25,8
A M 59	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₇	16	13	107	33,1
A M 60	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₇	15	11	99	31,9
A M 61	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₇	14	11	91	28,9
A M 62	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₇	13	10	83	25,9
A M 63	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₈	15	12	80	33,1
A M 64	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₈	14	11	72	31,9
A M 65	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₈	13	10	64	28,9
A M 66	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₈	12	9	56	25,9
A M 67	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₅	14	13	90	33,1
A M 68	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₁	14	15	92	42,72
A M 69	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₂	13	13	113	42
A M 70	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₃	12	13	105	39
A M 71	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₄	11	12	97	36

A M 72	A ₁ , A ₈ , A ₅ e A ₇	17	11	90	33,1
A M 73	A ₂ , A ₈ , A ₅ e A ₇	16	9	82	31,9
A M 74	A ₃ , A ₈ , A ₅ e A ₇	15	9	74	28,9
A M 75	A ₄ , A ₈ , A ₅ e A ₇	14	8	66	25,9
A M 76	A ₁ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	19	16	122	42,82
A M 77	A ₂ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	18	14	114	42,1
A M 78	A ₃ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	17	14	106	39,1
A M 79	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	16	13	98	36,1

Fonte: A autora

5.4 Utilização do SMARTS (*Simple Multi-attribute Rate Technique using swings*)

Inicialmente, presumia-se a não aplicação do método SMARTS e sim do SMARTER, uma vez que o SMARTER é uma forma simplificada do primeiro método através da utilização da tabela ROC.

Isso acontece em virude de que em algumas aplicações podem ocorrer dificuldades de disseminamento entre os decisores (SILVA,2006). Em contrapartida, no referido trabalho, foi realizada de forma clara a aplicação do SMARTS conforme será detalhado a seguir.

Como apresentado no capítulo II, o SMARTS é composto por 9 estágios. O *swing* de pesos presente no estágio 7 e 8 foi aplicado com dois decisores. Estes decisores são respectivamente diretor e gerente de projetos de duas construtoras das quatro pesquisadas no item 5.5.1.

Edwards & Barron (1994) apresentam quatro maneiras para o analista e o decisor estabelecerem as funções utilidades, são elas: tipos a, b, c e d. Vale ressaltar que os tipos de funções variam de acordo com as características dos critérios.

- Impacto dos benefícios no processo produtivo (C₁): a função utilidade adotada é a do Tipo d, cujas utilidades são avaliadas por julgamento sem a especificação de variáveis físicas.
- Impacto positivo na imagem da empresa (C₂): por possuir as mesmas características do critério C₁, a função utilidade Tipo d foi a adotada.
- Custo médio de implementação (C₃): a função adotada é do Tipo b, ou seja, as funções utilidades nas quais menos x é melhor que mais.
- Tempo médio de implementação (C₄): possui as mesmas características do critério C₃, ou seja, Tipo b.

Dando início à aplicação do SMARTS, pode ser observado que a tabela 4.5 representada pelas alternativas e critérios é resultante dos estágios 1, 2, 3 e 4.

- Estágio 5 - Opções ordinalmente dominadas

Neste estágio, faz-se necessária a verificação de dominância entre as alternativas existentes no problema, que totalizam setenta e nove. Sendo assim, caso sejam verificadas alguma(s) alternativa(s) que superem em todos os critérios outra(s) alternativa(s) (ou ao menos se igualem em algum critério e sejam superiores nos outros), a alternativa dominada será excluída.

Após uma análise criteriosa em relação à dominância, verificaram-se as seguintes alternativas dominadas, apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 5.2 - Dominância

Numeração	Dominada	Dominante
1	AM1	AM8
2	AM5	AM24
3	AM7	AM20, AM39
4	AM13	AM20, AM31, AM39
5	AM15	AM40
6	AM18	AM39, AM46
7	AM19	AM32, AM39
8	AM23	AM42
9	AM26	AM32, AM39, AM40, AM53
10	AM28	AM49
11	AM34	AM42, AM 54
12	AM35	AM 62
13	AM41	AM 55, AM 56
14	AM43	AM 66
15	AM48	AM 55, AM 56, AM 62, AM 70
16	AM51	AM 68
17	AM57	AM 67
18	AM63	AM 77

Percebe-se que foi excluído por dominação um total de 18 alternativas, representando-se também as alternativas que foram dominantes em cada caso.

A partir dessa verificação, pode-se apresentar a nova tabela de alternativas sem a presença das alternativas excluídas como exposto a seguir.

Tabela 5.3 – Matriz $n \times m$ com alternativas não dominadas

		Critérios			
		C ₁ Impacto dos benefícios no processo produtivo	C ₂ Impacto positivo na imagem da empresa	C ₃ Custo Médio de Implementação (mil reais)	C ₄ Tempo Médio de Implementação (meses)
A M 2	A ₂	2	5	32	12
A M 3	A ₃	3	1	16	6
A M 4	A ₄	3	3	15	12
A M 6	A ₆	4	4	42	12
A M 8	A ₈	5	1	1	0,1
A M 9	A ₁ e A ₅	5	2	32	12
A M 10	A ₂ e A ₅	5	3	23	15
A M 11	A ₃ e A ₅	5	6	48	18
A M 12	A ₄ e A ₅	5	8	47	22,8
A M 14	A ₂ e A ₆	6	4	31	18
A M 16	A ₄ e A ₆	6	9	74	22,8
A M 17	A ₁ e A ₇	7	1	9	3,1
A M 20	A ₄ e A ₇	7	6	33	12,1
A M 21	A ₁ e A ₈	7	7	57	22,8
A M 22	A ₂ e A ₈	7	8	64	22,8
A M 24	A ₄ e A ₈	8	2	17	6,1
A M 25	A ₅ e A ₆	8	3	16	12,1
A M 27	A ₅ e A ₈	8	6	47	22,8
A M 29	A ₆ e A ₈	8	9	63	28,8
A M 30	A ₇ e A ₈	9	2	25	9,1
A M 31	A ₁ , A ₅ e A ₆	9	5	43	12,1
A M 32	A ₂ , A ₅ e A ₆	9	6	41	15,1
A M 33	A ₃ , A ₅ e A ₆	9	7	74	22,8
A M 36	A ₂ , A ₅ e A ₇	9	10	90	28,8
A M 37	A ₃ , A ₅ e A ₇	9	12	89	33
A M 38	A ₄ , A ₅ e A ₇	10	4	24	15,1
A M 39	A ₁ , A ₅ e A ₈	10	6	33	12,1
A M 40	A ₂ , A ₅ e A ₈	10	7	49	18,1
A M 42	A ₄ , A ₅ e A ₈	10	9	48	22,9
A M 44	A ₅ , A ₆ e A ₈	10	11	79	33
A M 45	A ₆ , A ₇ e A ₁	11	5	51	15,1

A M 46	A ₆ , A ₇ e A ₂	11	5	32	18,1
A M 47	A ₆ , A ₇ e A ₃	11	7	57	21,1
A M 49	A ₆ , A ₇ e A ₈	11	10	75	22,9
A M 50	A ₇ , A ₈ e A ₁	11	12	106	33
A M 52	A ₇ , A ₈ e A ₃	12	5	40	21,1
A M 53	A ₇ , A ₈ e A ₄	12	6	59	18,1
A M 54	A ₇ , A ₈ e A ₅	12	8	58	22,9
A M 55	A ₈ , A ₆ e A ₁	12	9	65	22,9
A M 56	A ₈ , A ₆ e A ₂	12	9	56	25,9
A M 58	A ₈ , A ₆ e A ₄	12	13	105	39
A M 59	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₇	13	6	67	21,1
A M 60	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₇	13	7	48	22,9
A M 61	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₇	13	10	83	25,9
A M 62	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₇	13	10	64	28,9
A M 64	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₈	14	8	75	22,9
A M 65	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₈	14	8	66	25,9
A M 66	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₈	14	11	91	28,9
A M 67	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₅	14	11	72	31,9
A M 68	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₁	14	13	90	33,1
A M 69	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₂	14	15	92	42,72
A M 70	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₃	15	9	74	28,9
A M 71	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₄	15	11	99	31,9
A M 72	A ₁ , A ₈ , A ₅ e A ₇	15	12	80	33,1
A M 73	A ₂ , A ₈ , A ₅ e A ₇	16	9	82	31,9
A M 74	A ₃ , A ₈ , A ₅ e A ₇	16	13	107	33,1
A M 75	A ₄ , A ₈ , A ₅ e A ₇	16	13	98	36,1
A M 76	A ₁ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	17	11	90	33,1
A M 77	A ₂ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	17	14	106	39,1
A M 78	A ₃ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	18	14	114	42,1
A M 79	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	19	16	122	42,82

- Estágio 6 – Estabelecer utilidades unidimensionais

Apresentada a tabela sem as alternativas dominadas, o próximo passo foi transformar a tabela 4.7 em uma tabela unidimensional, como segue:

Tabela 5.4 – Matriz $n \times m$ com alternativas não dominadas e utilidades unidimensionais

		Critérios			
		C ₁ Impacto dos benefícios no processo produtivo	C ₂ Impacto positivo na imagem da empresa	C ₃ Custo Médio de Implementação (mil reais)	C ₄ Tempo Médio de Implementação (meses)
A M 2	A ₂	0	0,26666667	0,74380165	0,72144195
A M 3	A ₃	0,0588235	0	0,87603306	0,86189139
A M 4	A ₄	0,0588235	0,13333333	0,88429752	0,72144195
A M 6	A ₆	0,1176471	0,2	0,66115702	0,72144195
A M 8	A ₈	0,1764706	0	1	1
A M 9	A ₁ e A ₅	0,1764706	0,06666667	0,74380165	0,72144195
A M 10	A ₂ e A ₅	0,1764706	0,13333333	0,81818182	0,65121723
A M 11	A ₃ e A ₅	0,1764706	0,33333333	0,61157025	0,58099251
A M 12	A ₄ e A ₅	0,1764706	0,46666667	0,61983471	0,46863296
A M 14	A ₂ e A ₆	0,2352941	0,2	0,75206612	0,58099251
A M 16	A ₄ e A ₆	0,2352941	0,53333333	0,39669421	0,46863296
A M 17	A ₁ e A ₇	0,2941176	0	0,9338843	0,92977528
A M 20	A ₄ e A ₇	0,2941176	0,33333333	0,73553719	0,71910112
A M 21	A ₁ e A ₈	0,2941176	0,4	0,53719008	0,46863296
A M 22	A ₂ e A ₈	0,2941176	0,46666667	0,47933884	0,46863296
A M 24	A ₄ e A ₈	0,3529412	0,06666667	0,8677686	0,85955056
A M 25	A ₅ e A ₆	0,3529412	0,13333333	0,87603306	0,71910112
A M 27	A ₅ e A ₈	0,3529412	0,33333333	0,61983471	0,46863296
A M 29	A ₆ e A ₈	0,3529412	0,53333333	0,48760331	0,32818352
A M 30	A ₇ e A ₈	0,4117647	0,06666667	0,80165289	0,78932584
A M 31	A ₁ , A ₅ e A ₆	0,4117647	0,26666667	0,65289256	0,71910112
A M 32	A ₂ , A ₅ e A ₆	0,4117647	0,33333333	0,66942149	0,6488764
A M 33	A ₃ , A ₅ e A ₆	0,4117647	0,4	0,39669421	0,46863296
A M 36	A ₂ , A ₅ e A ₇	0,4117647	0,6	0,26446281	0,32818352
A M 37	A ₃ , A ₅ e A ₇	0,4117647	0,73333333	0,27272727	0,22986891
A M 38	A ₄ , A ₅ e A ₇	0,4705882	0,2	0,80991736	0,6488764
A M 39	A ₁ , A ₅ e A ₈	0,4705882	0,33333333	0,73553719	0,71910112
A M 40	A ₂ , A ₅ e A ₈	0,4705882	0,4	0,60330579	0,57865169
A M 42	A ₄ , A ₅ e A ₈	0,4705882	0,53333333	0,61157025	0,46629213
A M 44	A ₅ , A ₆ e A ₈	0,4705882	0,66666667	0,3553719	0,22986891
A M 45	A ₆ , A ₇ e A ₁	0,5294118	0,26666667	0,58677686	0,6488764
A M 46	A ₆ , A ₇ e A ₂	0,5294118	0,26666667	0,74380165	0,57865169
A M 47	A ₆ , A ₇ e A ₃	0,5294118	0,4	0,53719008	0,50842697
A M 49	A ₆ , A ₇ e A ₈	0,5294118	0,6	0,38842975	0,46629213

A M 50	A ₇ , A ₈ e A ₁	0,5294118	0,73333333	0,1322314	0,22986891
A M 52	A ₇ , A ₈ e A ₃	0,5882353	0,26666667	0,67768595	0,50842697
A M 53	A ₇ , A ₈ e A ₄	0,5882353	0,33333333	0,52066116	0,57865169
A M 54	A ₇ , A ₈ e A ₅	0,5882353	0,46666667	0,52892562	0,46629213
A M 55	A ₈ , A ₆ e A ₁	0,5882353	0,53333333	0,47107438	0,46629213
A M 56	A ₈ , A ₆ e A ₂	0,5882353	0,53333333	0,54545455	0,39606742
A M 58	A ₈ , A ₆ e A ₄	0,5882353	0,8	0,14049587	0,08941948
A M 59	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,6470588	0,33333333	0,45454545	0,50842697
A M 60	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,6470588	0,4	0,61157025	0,46629213
A M 61	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,6470588	0,6	0,32231405	0,39606742
A M 62	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,6470588	0,6	0,47933884	0,3258427
A M 64	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,7058824	0,46666667	0,38842975	0,46629213
A M 65	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,7058824	0,46666667	0,46280992	0,39606742
A M 66	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,7058824	0,66666667	0,25619835	0,3258427
A M 67	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₅	0,7058824	0,66666667	0,41322314	0,25561798
A M 68	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₁	0,7058824	0,8	0,26446281	0,22752809
A M 69	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₂	0,7058824	0,93333333	0,24793388	0,00234082
A M 70	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₃	0,7647059	0,53333333	0,39669421	0,3258427
A M 71	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₄	0,7647059	0,66666667	0,19008264	0,25561798
A M 72	A ₁ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,7647059	0,73333333	0,34710744	0,22752809
A M 73	A ₂ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,8235294	0,53333333	0,33057851	0,25561798
A M 74	A ₃ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,8235294	0,8	0,12396694	0,22752809
A M 75	A ₄ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,8235294	0,8	0,19834711	0,15730337
A M 76	A ₁ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,8823529	0,66666667	0,26446281	0,22752809
A M 77	A ₂ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,8823529	0,86666667	0,1322314	0,08707865
A M 78	A ₃ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,9411765	0,86666667	0,0661157	0,01685393
A M 79	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	1	1	0	0

O *swing* de pesos presentes nos estágios 7 e 8 são explanados a seguir.

- Estágio 7 – Troca de Pesos (*swing weights*)

Tem por finalidade definir a ordem de importância dos critérios, como foi abordado no capítulo II.

- Estágio 8

Neste estágio, podem ser utilizadas duas formas de abordagens: estimativa de magnitude direta e julgamento de indiferenças.

1. Estimativa de magnitude direta

Após ordenados os critérios, algumas considerações são apresentadas ao decisor:

- Vamos considerar o C₁ (Impacto do benefícios no Processo Produtivo) o critério mais importante, com *score* 100. Vamos considerar agora um critério pior, um que realmente não possua relevância, com *score* 0.
- Agora, nesta escala de 0 a 100, que peso pode ser estimado para o segundo mais importante critério C₂ (Impacto positivo na imagem da empresa)? A mesma pergunta é

realizada para o critério C_3 (Custo médio de Implementação) e para o critério C_4 (Tempo médio de implementação). Em seguida, os quatro resultados são normalizados e considerados os pesos dos critérios, conforme as equações a seguir.

$w_1 = 100$ (score considerado do critério 1)

$$\left. \begin{array}{l} w_2 = X_2 \\ w_3 = X_3 \\ w_4 = X_4 \end{array} \right\} \text{ Scores estimados pelo decisor}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{w_2}{w_1} = \frac{X_2}{100} \\ \frac{w_3}{w_2} = \frac{X_3}{X_2} \\ \frac{w_4}{w_3} = \frac{X_4}{X_3} \\ w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1 \end{array} \right\} \text{ Cálculo para normalização}$$

(8)

2. Julgamento de Indiferenças

Após ordenados os critérios, criam-se situações de indiferença entre os critérios. Assim, pergunta-se ao decisor:

- Considerando uma alternativa cujo critério menos importante C_4 (Tempo médio de implementação) possui melhor avaliação (ou seja, 100) e os demais critérios com a pior avaliação (ou seja, 0). Qual a avaliação do critério C_3 (Custo médio de Implementação) para a mesma alternativa com os demais critérios com *score* 0, que deixa o decisor indiferente entre as duas alternativas? Estas duas situações são apresentadas abaixo.

Aternativa ($C_1=0, C_2=0, C_3=0, C_4=100$) $\sim$ Aternativa ($C_1=0, C_2=0, C_3=?, C_4=0$)

- O mesmo questionamento se faz para os critérios C_3 e C_2 ; e C_2 e C_1 . Considerando uma alternativa cujo critério menos importante C_3 (Custo médio de implementação) possui melhor avaliação (ou seja, 100) e os demais critérios com a pior avaliação (ou seja, 0). Qual a avaliação do critério C_2 (Impacto positivo na imagem da empresa) para a mesma alternativa com os demais critérios com *score* 0, que deixa o decisor indiferente entre as duas alternativas? Estas duas situações são apresentadas abaixo.

Aternativa ($C_1=0, C_2=0, C_3=100, C_4=0$) $\sim$ Aternativa ($C_1=0, C_2=?, C_3=0, C_4=0$)

- Considerando uma alternativa cujo critério menos importante C_2 (Impacto positivo na imagem da empresa) possui melhor avaliação (ou seja, 100) e os demais critérios com a pior avaliação (ou seja, 0). Qual a avaliação do critério C_1 (Impacto dos benefícios no processo

produtivo) para a mesma alternativa com os demais critérios com *score* 0, que deixa o decisor indiferente entre as duas alternativas? Estas duas situações são apresentadas abaixo.

Aternativa ($C_1=0, C_2=100, C_3=0, C_4=0$) ~ Aternativa ($C_1=?, C_2=0, C_3=0, C_4=0$)

Em seguida, os quatro resultados são normalizadas e consideradas os pesos dos critérios.

Aplicação

Foi utilizada para o decisor 1 e 2 apenas a abordagem de estimativa da magnetude direta devido a melhor compreensão por parte dos dois decisoes, conforme detalhado a seguir.

Decisor 1

Para o Decisor, a partir da estimativa da magnetude direta, foram obtidos os seguintes *scores*:

$w_1 = 100$ (*score* considerado do critério 1)

$w_2 = 90$
 $w_3 = 85$
 $w_4 = 60$

} Scores estimados pelo decisor

Após normalizados estes resultados, são apresentados os seguintes pesos:

$w_1 = 0,299$

$w_2 = 0,269$

$w_3 = 0,253$

$w_4 = 0,179$

Visto que os pesos para o Decisor 1 foram obtidos, o próximo passo é obter as utilidades multiatributo para cada alternativa. Sendo assim, após efetuar o cálculo, foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 5.5 – Ranking de Alternativas Macro (Decisor 1)

Ranking de Alternativas Macro		Utilidade Multiatributo
A M 79	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,568
A M 72	A ₁ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,554459
A M 76	A ₁ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,550793
A M 77	A ₂ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,545998
A M 39	A ₁ , A ₅ e A ₈	0,545183
A M 67	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₅	0,540693
A M 75	A ₄ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,539774
A M 60	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,539264
A M 62	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,534469
A M 78	A ₃ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,534289
A M 68	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₁	0,533895
A M 74	A ₃ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,533526
A M 70	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₃	0,530803

A M 56	A ₈ , A ₆ e A ₂	0,528245
A M 69	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₂	0,525272
A M 65	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,524579
A M 42	A ₄ , A ₅ e A ₈	0,522366
A M 55	A ₈ , A ₆ e A ₁	0,521997
A M 46	A ₆ , A ₇ e A ₂	0,521788
A M 73	A ₂ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,519094
A M 54	A ₇ , A ₈ e A ₅	0,5187
A M 64	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,518331
A M 38	A ₄ , A ₅ e A ₇	0,515564
A M 66	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,513536
A M 52	A ₇ , A ₈ e A ₃	0,510079
A M 61	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,507312
A M 40	A ₂ , A ₅ e A ₈	0,504521
A M 71	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₄	0,501827
A M 49	A ₆ , A ₇ e A ₈	0,501433
A M 53	A ₇ , A ₈ e A ₄	0,500855
A M 32	A ₂ , A ₅ e A ₆	0,498297
A M 24	A ₄ e A ₈	0,496868
A M 45	A ₆ , A ₇ e A ₁	0,494631
A M 47	A ₆ , A ₇ e A ₃	0,492812
A M 20	A ₄ e A ₇	0,492418
A M 25	A ₅ e A ₆	0,491752
A M 17	A ₁ e A ₇	0,490644
A M 59	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,489146
A M 31	A ₁ , A ₅ e A ₆	0,488752
A M 30	A ₇ e A ₈	0,485158
A M 8	A ₈	0,484765
A M 44	A ₅ , A ₆ e A ₈	0,451095
A M 58	A ₈ , A ₆ e A ₄	0,442634
A M 27	A ₅ e A ₈	0,4359
A M 29	A ₆ e A ₈	0,431105
A M 37	A ₃ , A ₅ e A ₇	0,430531
A M 50	A ₇ , A ₈ e A ₁	0,430162
A M 12	A ₄ e A ₅	0,419002
A M 22	A ₂ e A ₈	0,418633
A M 14	A ₂ e A ₆	0,418423
A M 21	A ₁ e A ₈	0,415336
A M 33	A ₃ , A ₅ e A ₆	0,414967
A M 10	A ₂ e A ₅	0,412199
A M 36	A ₂ , A ₅ e A ₇	0,410172
A M 4	A ₄	0,40632
A M 11	A ₃ e A ₅	0,401156
A M 16	A ₄ e A ₆	0,398069
A M 3	A ₃	0,393503
A M 2	A ₂	0,389053
A M 9	A ₁ e A ₅	0,388018
A M 6	A ₆	0,385387

Decisor 2

Para o Decisor, a partir da estimativa da magnetude direta, foram obtidos os seguintes *scores*:

$$\left. \begin{array}{l} w_1 = 100 \text{ (score considerado do critério 1)} \\ w_2 = 90 \\ w_3 = 50 \\ w_4 = 20 \end{array} \right\} \text{ Scores estimados pelo decisor}$$

Após normalizados estes resultados, são apresentados os seguintes pesos:

$$w_1 = 0,385$$

$$w_2 = 0,346$$

$$w_3 = 0,192$$

$$w_4 = 0,077$$

Da mesma forma para o Decisor 2, tem-se a tabela com as utilidades multiatributos a seguir.

Tabela 5.6 – Ranking de Alternativas Macro (Decisor 2)

Ranking de Alternativas Macro		Utilidade Multiatributo
A M 79	A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,731
A M 78	A ₃ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,676212
A M 77	A ₂ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,671666
A M 75	A ₄ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,644054
A M 69	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₂	0,642482
A M 76	A ₁ , A ₅ , A ₆ , A ₇ e A ₈	0,638669
A M 74	A ₃ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,63518
A M 72	A ₁ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,632309
A M 68	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₁	0,616861
A M 67	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₅	0,601453
A M 73	A ₂ , A ₈ , A ₅ e A ₇	0,584746
A M 71	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₄	0,581257
A M 70	A ₇ , A ₈ , A ₆ e A ₃	0,5802
A M 66	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,576711
A M 62	A ₄ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,573841
A M 65	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,552588
A M 61	A ₃ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,549099
A M 56	A ₈ , A ₆ e A ₂	0,546228
A M 64	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₈	0,543714
A M 60	A ₂ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,540844
A M 55	A ₈ , A ₆ e A ₁	0,537355
A M 58	A ₈ , A ₆ e A ₄	0,537131
A M 54	A ₇ , A ₈ e A ₅	0,525395
A M 49	A ₆ , A ₇ e A ₈	0,521907
A M 42	A ₄ , A ₅ e A ₈	0,519036
A M 50	A ₇ , A ₈ e A ₁	0,500645
A M 44	A ₅ , A ₆ e A ₈	0,497774

A M 39	A ₁ , A ₅ e A ₈	0,493104
A M 59	A ₁ , A ₅ , A ₆ e A ₇	0,490873
A M 52	A ₇ , A ₈ e A ₃	0,488002
A M 53	A ₇ , A ₈ e A ₄	0,486327
A M 47	A ₆ , A ₇ e A ₃	0,484513
A M 46	A ₆ , A ₇ e A ₂	0,483456
A M 37	A ₃ , A ₅ e A ₇	0,482326
A M 40	A ₂ , A ₅ e A ₈	0,479967
A M 45	A ₆ , A ₇ e A ₁	0,458715
A M 38	A ₄ , A ₅ e A ₇	0,455844
A M 32	A ₂ , A ₅ e A ₆	0,452355
A M 36	A ₂ , A ₅ e A ₇	0,442176
A M 29	A ₆ e A ₈	0,439306
A M 31	A ₁ , A ₅ e A ₆	0,431522
A M 20	A ₄ e A ₇	0,425163
A M 33	A ₃ , A ₅ e A ₆	0,409179
A M 27	A ₅ e A ₈	0,406309
A M 25	A ₅ e A ₆	0,405585
A M 22	A ₂ e A ₈	0,40282
A M 30	A ₇ e A ₈	0,396292
A M 24	A ₄ e A ₈	0,391746
A M 21	A ₁ e A ₈	0,390861
A M 16	A ₄ e A ₆	0,387372
A M 12	A ₄ e A ₅	0,384501
A M 17	A ₁ e A ₇	0,364134
A M 14	A ₂ e A ₆	0,348921
A M 11	A ₃ e A ₅	0,345432
A M 8	A ₈	0,336941
A M 10	A ₂ e A ₅	0,321309
A M 6	A ₆	0,296987
A M 4	A ₄	0,294117
A M 2	A ₂	0,290628
A M 9	A ₁ e A ₅	0,289369
A M 3	A ₃	0,257211

• Estágio 9 – Decidir

A partir das tabelas 4.9 e 4.10, determina-se a alternativa com maior valor de utilidade multiatributo.

Em relação ao decisor 1, recomenda-se a Alternativa Macro 79, com utilidade multiatributo de 0,568 composta pelas alternativas de melhoria A₄, A₅, A₆, A₇ e A₈. No *ranking* apresentado, em segundo lugar encontra-se a Alternativa Macro 72, com utilidade multiatributo de 0,554459 composta pelas alternativas de melhoria A₁, A₈, A₅ e A₇.

Em relação ao decisor 2, recomenda-se também a Alternativa Macro 79, com utilidade multiatributo de 0,731 composta pelas alternativas de melhoria A₄, A₅, A₆, A₇ e A₈. No *ranking*

apresentado, em segundo lugar encontra-se a Alternativa Macro 78, com utilidade de 0,676212 composta pelas alternativas de melhoria A₃, A₅, A₆, A₇ e A₈.

Sistemática de ordenação das alternativas de melhoria

- Priorização das alternativas de melhoria contidas na Alternativa Macro 79

Após a escolha da alternativa macro, tem-se a necessidade de ordenar as alternativas de melhoria contidas nesta, são elas A₄, A₅, A₆, A₇ e A₈. Para esta ordenação, utilizam-se ainda os resultados obtidos deste método.

No caso do Decisor 1, as alternativas de melhoria contidas na AM 79 terão esta ordem de implementação : A₈, A₇, A₄, A₆, A₅.

Tabela 5.7 – Ordenação das alternativas de melhoria da AM 79 (Decisor 1)

Recomendação para os três cenários – Alternativa Macro 79		
Ordem de implementação das alternativas de melhoria		
1 ^o	A ₈	Implementação do <i>Lean Construction</i>
2 ^o	A ₇	Implementação da Norma OHSAS 18001:2007
3 ^o	A ₄	Implementação do SiaC- Nível D
4 ^o	A ₆	Implementação da Norma ISO 14001:2004
5 ^o	A ₅	Implementação das Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade

No caso do Decisor 2, as alternativas de melhoria contidas na AM 79 terão esta ordem de implementação: A₇, A₈, A₆, A₄, A₅.

Tabela 5.8 – Ordenação das alternativas de melhoria da AM 79 (Decisor 2)

Recomendação para os três cenários – Alternativa Macro 79		
Ordem de implementação das alternativas de melhoria		
1 ^o	A ₇	Implementação da Norma OHSAS 18001:2007
2 ^o	A ₈	Implementação do <i>Lean Construction</i>
3 ^o	A ₆	Implementação da Norma ISO 14001:2004
4 ^o	A ₄	Implementação do SiaC- Nível D
5 ^o	A ₅	Implementação das Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade

5.5 Utilização do PROMETHEE II

A aplicação deste método foi efetuada com base nas entrevistas realizadas nas empresas contrutoras. Foram desenvolvidos três cenários para análise do problema, cada cenário corresponde a um vetor específico de peso que atende à pesquisa aplicada de acordo com a tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Cenários

Peso	Critérios			
	C ₁ Impacto dos benefícios no processo produtivo	C ₂ Impacto positivo na imagem da empresa	C ₃ Custo Médio de Implementação	C ₄ Tempo Médio de Implementação
1º Cenário	0,35	0,255	0,245	0,2
2º Cenário	0,35	0,3	0,2	0,15
3º Cenário	0,4	0,3	0,2	0,1

Os critérios podem diferir de acordo com a situação do problema, os mesmos podem ser qualitativos e quantitativos.

- Impacto dos benefícios no processo produtivo (C₁): é um critério qualitativo, a função preferência adotada no modelo é a função preferência do Tipo I (critério usual).
- Impacto positivo na imagem da empresa (C₂): é também um critério qualitativo e foi adotada a função preferência do Tipo I (critério usual).
- Custo médio de implementação (C₃): foi considerada como mais apropriada a função preferência Tipo II (quase-critério), que utiliza o limite de indiferença. A empresa construtora permanecerá indiferente até determinada diferença entre os custos. É um critério de minimização.
- Tempo médio de implementação (C₄): foi proposta também a função preferência Tipo II (quase-critério) e é um critério de minimização.

Tabela 5.10 – Função preferência e características dos critérios

Características	Critérios			
	C ₁ Impacto dos benefícios no processo produtivo	C ₂ Impacto positivo na imagem da empresa	C ₃ Custo Médio de Implementação (mil reais)	C ₄ Tempo Médio de Implementação (meses)
Max/Min	Max	Max	Min	Min
Função preferência	Tipo I	Tipo I	Tipo II	Tipo II
Limiar de indiferença (<i>q</i>)	---	---	3	0,5
Limiar de preferência (<i>p</i>)	---	---	---	---
Limiar (<i>s</i>)	---	---	---	---

Uma vez que todos os parâmetros foram definidos e a matriz de desempenho obtida, dá-se início ao processo de agregação multicritério de preferências. Neste processo, determinam-se o grau de sobreclassificação entre as alternativas, os fluxos de entrada, de saída e,

finalmente, o fluxo líquido. Ao final, ordenam-se as alternativas de acordo com seu fluxo líquido.

A tabela a seguir apresenta a ordenação das alternativas de acordo com o fluxo líquido para os três cenários, a tabela completa com os valores encontra-se no anexo I.

Tabela 5.11 – Ordenação das alternativas para os três cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	Ordenação		
1	A M 9	A M 76	A M 76
2	A M 39	A M 78	A M 78
3	A M 65	A M 63	A M 77
4	A M 64	A M 77	A M 63
5	A M 41	A M 64	A M 79
6	A M 66	A M 72	A M 72
7	A M 31	A M 79	A M 59
8	A M 63	A M 59	A M 64
9	A M 74	A M 67	A M 68
10	A M 54	A M 65	A M 67
11	A M 44	A M 68	A M 74
12	A M 40	A M 74	A M 65
13	A M 75	A M 61	A M 60
14	A M 35	A M 60	A M 61
15	A M 37	A M 39	A M 73
16	A M 72	A M 73	A M 75
17	A M 42	A M 66	A M 39
18	A M 33	A M 75	A M 62
19	A M 61	A M 62	A M 66
20	A M 78	A M 31	A M 35
21	A M 38	A M 35	A M 31
22	A M 62	A M 54	A M 54
23	A M 67	A M 9	A M 69
24	A M 59	A M 44	A M 43
25	A M 79	A M 43	A M 44
26	A M 36	A M 37	A M 70
27	A M 43	A M 40	A M 36
28	A M 76	A M 36	A M 40
29	A M 73	A M 41	A M 37
30	A M 32	A M 69	A M 9
31	A M 77	A M 33	A M 41
32	A M 34	A M 32	A M 50
33	A M 60	A M 70	A M 32
34	A M 68	A M 38	A M 33
35	A M 10	A M 42	A M 71
36	A M 26	A M 50	A M 45
37	A M 11	A M 34	A M 38
38	A M 25	A M 71	A M 55

39	A M 27	A M 45	A M 42
40	A M 12	A M 26	A M 34
41	A M 5	A M 55	A M 26
42	A M 69	A M 10	A M 49
43	A M 50	A M 25	A M 51
44	A M 70	A M 11	A M 46
45	A M 55	A M 27	A M 52
46	A M 21	A M 49	A M 10
47	A M 45	A M 51	A M 25
48	A M 71	A M 46	A M 47
49	A M 8	A M 52	A M 56
50	A M 6	A M 47	A M 57
51	A M 3	A M 57	A M 27
52	A M 52	A M 56	A M 11
53	A M 4	A M 12	A M 53
54	A M 24	A M 21	A M 17
55	A M 23	A M 53	A M 21
56	A M 57	A M 17	A M 48
57	A M 29	A M 48	A M 58
58	A M 2	A M 58	A M 12
59	A M 1	A M 13	A M 13
60	A M 51	A M 29	A M 30
61	A M 53	A M 30	A M 29
62	A M 15	A M 5	A M 28
63	A M 17	A M 28	A M 22
64	A M 30	A M 15	A M 18
65	A M 22	A M 23	A M 5
66	A M 58	A M 22	A M 23
67	A M 56	A M 19	A M 15
68	A M 16	A M 18	A M 19
69	A M 13	A M 6	A M 14
70	A M 47	A M 14	A M 24
71	A M 49	A M 24	A M 6
72	A M 7	A M 8	A M 20
73	A M 46	A M 16	A M 16
74	A M 19	A M 20	A M 8
75	A M 20	A M 1	A M 1
76	A M 48	A M 3	A M 7
77	A M 28	A M 7	A M 3
78	A M 14	A M 2	A M 2
79	A M 18	A M 4	A M 4

Através da aplicação deste método, foram verificados os seguintes pontos:

- Para o cenário 1, a recomendação foi a alternativa macro AM 9 composta pelas alternativas de melhoria A_1 e A_5 . Esta alternativa macro é preferível às demais opções, pois possui um fluxo líquido resultante maior. Vale salientar que o resultado diferiu em relação aos cenários 2 e 3, uma vez que para o cenário 1, a AM 9 obteve bom desempenho nos critérios C_3 e C_4 com pesos de 0,245 e 0,2 respectivamente.

- Para os cenários 2 e 3, a recomendação foi a alternativa macro AM 76 composta pelas alternativas de melhoria A_1 , A_5 , A_6 , A_7 e A_8 . Esta alternativa macro é preferível às demais opções, pois possui um fluxo líquido resultante maior nestes dois cenários e obteve um bom desempenho nos critérios C_1 e C_2 , cujos pesos são maiores quando comparados aos pesos no cenário 1.

Sistemática de ordenação das alternativas de melhoria

- Priorização das alternativas de melhoria contidas na Alternativa Macro 9 (Cenário 1)

Após a escolha da alternativa macro, tem-se a necessidade de ordenar as alternativas de melhoria contidas nesta, são elas: A_1 e A_5 . Para esta ordenação, utilizam-se ainda os resultados obtidos deste método. Assim, para este cenário, as alternativas de melhoria contidas na AM 9 terão esta ordem de implementação : A_5 e A_1 .

Tabela 5.12 – Ordenação das alternativas de melhoria da AM 9

Recomendação para o cenário 1– Alternativa Macro 9		
Ordem de implementação das alternativas de melhoria		
1 ^o	A_5	Implementação das Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade
2 ^o	A_1	Implementação da Norma ISO 9001: 2008/ SiaC – Nível A

- Priorização das alternativas de melhoria contidas na Alternativa Macro 76 (Cenários 2 e 3)

Para os cenários 2 e 3, as alternativas de melhoria contidas na AM 76 possuem esta ordem de implementação: A_5 , A_6 , A_8 , A_1 , A_7 , conforme tabela a seguir.

Tabela 5.13 – Ordenação das alternativas de melhoria da AM 76

Recomendação para os cenários 2 e 3 – Alternativa Macro 76		
Ordem de implementação das alternativas de melhoria		
1 ^o	A ₅	Implementação das Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade
2 ^o	A ₆	Implementação da Norma ISO 14001: 2004
3 ^o	A ₈	Implementação do <i>Lean Construction</i>
4 ^o	A ₁	Implementação da Norma ISO 9001: 2008/ SiaC – Nível A
5 ^o	A ₇	Implementação da Norma OHSAS 18001:2007

5.6 Discussão dos Resultados

Para o mesmo Modelo de Decisão Multicritério composto por 79 alternativas macro e 4 critérios, dois métodos foram utilizados: SMARTS e PROMETHEE II.

No caso do SMARTS, o modelo foi aplicado para dois decisores. Cada decisor estipulou os *scores* dos critérios através da estimativa da magnitude direta. Ainda assim, a alternativa macro escolhida para os dois decisores foi a mesma, a AM 79 composta pelas alternativas de melhoria A₄, A₅, A₆, A₇ e A₈. Isto pode ser verificado uma vez que a AM79 possui o melhor desempenho de todas as alternativas nos critérios C₁ e C₂ e estes dois critérios possuem os maiores pesos tanto para o decisor 1 como para o decisor 2. Embora com o mesmo resultado (AM 79) para os dois decisores, vale salientar que a utilidade multiatributo da AM 79 foi maior para o decisor 2 do que para o decisor 1, uma vez que o decisor 2 estipulou scores mais altos para C₁ e C₂.

Quando realizada a ordenação/priorização das alternativas de melhoria contidas na alternativa macro AM 79, verificou-se que a alternativa A₇ (Implementação da Norma OHSAS 18001:2007) ficou em 2^o lugar para o decisor 1 e em 1^o lugar para o decisor 2.

No caso do PROMETHEE II, foram trabalhados três cenários. Para o cenário 1, foi escolhida a alternativa macro 9 composta pelas alternativas de melhoria A₁ e A₅. Neste cenário, os critérios C₃ e C₄ possuem pesos superiores aos dos mesmos critérios nos outros dois cenários. Já para os cenários 2 e 3, foi escolhida a mesma alternativa macro 76 composta pelas alternativas de melhoria A₅, A₆, A₈, A₁, A₇. Estes dois cenários possuem apenas pequenas diferenças em relação aos pesos dos critérios C₁ e C₄.

Em relação à ordenação/priorização, a alternativa de melhoria A₅ (Implementação das Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade) ficou em 1^o lugar tanto na AM 9 (cenário 1) quanto na AM 76 (cenário 2 e cenário 3). A ordenação das alternativas de melhoria contidas na AM 76 foi a mesma tanto para o cenário 2 quanto para o cenário 3.

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais resultantes do estudo desenvolvido, assim como algumas sugestões para a realização de futuros trabalhos.

6.1 Conclusões

Haja vista o grande número de Programas de Melhoria direcionados à Qualidade, Segurança do Trabalho, Sustentabilidade e Racionalização em empresas construtoras que se encontram no mercado, programas estes explanados nos capítulos 2 e 3, o processo de escolher e ordenar estas alternativas de melhoria se torna um desafio. Assim, o trabalho procurou mostrar que as empresas deste segmento necessitam de um apoio multicritério a suas decisões.

Neste sentido, o trabalho apresenta uma proposta de modelo multicritério de decisão para a seleção e ordenação de alternativas de melhoria do processo produtivo. O principal diferencial deste modelo foi a utilização do conjunto de alternativas fragmentado, estas alternativas foram combinadas entre si com algumas restrições. Assim, neste contexto, foi observado que as alternativas de melhoria do processo como as normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, ISO 18001, *Lean Construction*, entre outras, podem ser combinadas entre si, transformando-se em novas alternativas, chamadas neste trabalho de *alternativas macro*. Neste processo, houve a conversão do conjunto fragmentado de 8 alternativas em um conjunto globalizado de 79 alternativas, conforme exposto no capítulo 4. Estas combinações proporcionaram um estudo mais detalhado de como mensurar os critérios, como, por exemplo, a utilização do princípio da curva de aprendizagem para combinar as alternativas A_1 , A_6 , A_7 , A_8 .

6.1.1 Observações sobre as aplicações dos métodos multicritérios de decisão

No referido trabalho, foram utilizados dois métodos: SMARTS e o PROMETHEE II. É importante enfatizar as limitações dos métodos. Há muitos exemplos em que métodos diferentes fornecem resultados diferentes, pois cada método possui uma estrutura axiomática e características distintas. A escolha do método é, antes de mais nada, uma questão de conforto, entendimento de todas as propriedades do método e confiança por parte do decisor que deseja utilizar a ferramenta de apoio.

No caso do método SMARTS, o procedimento de estimativa de magnitude direta na etapa de *swing* de pesos foi bem compreendido pelos decisores (Diretor da Construtora A e Gerente de Projetos da Construtora C). Já o *swing* de pesos realizado pelo procedimento de julgamento de indiferenças não foi finalizado devido às dificuldades de entendimento no processo de aplicação. Logo, o método multicritério deve estar alinhado ao decisor, ou seja, representar todas as suas necessidades, como também ser entendido pelo mesmo. É natural que haja diferentes resultados para cada situação, pois cada decisor possui necessidades diferenciadas.

A utilização do Apoio Multicritério a Decisão (AMD) pressupõe ser necessário aceitar que a subjetividade está sempre presente nos processos de decisão, o que permite iniciar o entendimento de que serão encontrados diferentes juízos de valores nos diversos atores da decisão. Nesse sentido, busca-se construir modelos que viabilizem a elicitación de juízos de valor, a partir de múltiplos critérios, permitindo assim que as alternativas sejam examinadas, avaliadas e priorizadas (YU, 1985).

6.1.2 Considerações finais

Pode ser verificado que o processo de escolha e ordenação de alternativas de melhoria para empresas construtoras possui um papel relevante para o sucesso organizacional. A escolha das alternativas de melhoria de forma bem planejada com o apoio dos referidos métodos proporcionam vários benefícios tais como a implementação de mudanças de melhoria considerando importantes dimensões: crescimento do processo produtivo, imagem da empresa, custo e tempo de implementação.

A adoção deste modelo proporciona para a empresa com seus respectivos decisores, além da recomendação final, maior confiança, visibilidade de todo o processo decisório sob diferentes critérios e entendimento na inserção de novas alternativas de melhoria do processo, ou seja, uma melhor compreensão da realidade organizacional.

O modelo do referido trabalho é particularmente voltado a empresas construtoras de médio e grande porte. Pode ser observado, que na modelagem não houve restrições financeiras referentes ao número máximo de alternativas de melhoria, mas estas restrições podem ser levadas em consideração, principalmente para empresas de menor porte. Assim, este modelo também pode ser adaptado para empresas de pequeno porte, com alternativas diferentes ou um conjunto fragmentado mais reduzido. A mensuração de cada critério trabalhado no modelo demanda uma análise detalhada, uma vez que de acordo com o critério

pode-se utilizar uma escala nominal, uma escala de razão ou outra. Outro ponto a ser realizado com atenção é a mensuração correta de cada critério para cada alternativa macro, alternativa esta que trabalha muitas vezes com combinações de alternativas de melhoria e estas combinações nem sempre são funções lineares.

É importante ressaltar que o modelo desenvolvido, embora esteja no contexto da construção civil, pode ser também aplicado em outros segmentos, realizando-se as devidas adaptações.

Vale salientar o comportamento do modelo quanto ao surgimento de uma nova alternativa de melhoria durante ou no final do processo decisório. O conjunto de alternativas de melhoria trabalhado no modelo é considerado estável, ou seja, não é aberto a alterações no decorrer do processo decisório. Caso isso aconteça, ou seja, uma nova alternativa de melhoria seja elaborada e oferecida para a empresa durante ou no final do processo decisório, será necessária a construção de um novo conjunto fragmentado de alternativas de melhoria compreendendo esta nova alternativa e a conversão deste grupo fragmentado em globalizado, pois estas alternativas não são consideradas evolutivas.

Desta forma, o modelo proposto contribui de forma mais efetiva para a escolha e ordenação de alternativas de melhoria do processo nos aspectos de Qualidade, Meio Ambiente/Sustentabilidade e Segurança do Trabalho e deve estar inserido no processo de planejamento estratégico da organização.

Quando há em uma organização a preocupação com a Gestão da Qualidade, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho, o processo produtivo é beneficiado de alguma forma, seja na redução de defeitos, retrabalhos ou desperdícios, como também na redução/eliminação de acidentes de trabalho e aumento da organização e conforto do ambiente para estes trabalhadores. Assim, as possibilidades (alternativas) de melhoria de um processo produtivo envolvem estas três áreas.

6.1.3 Sugestões para Futuros Trabalhos

A seguir são apresentadas sugestões para elaboração de futuros trabalhos :

- ✓ A importância do apoio multicritério no planejamento estratégico em empresas construtoras;
- ✓ A aplicação do modelo proposto (com alternativas fragmentadas), cujas alternativas envolvam novas tecnologias construtivas, em vez de abordagens de gestão;
- ✓ A aplicação do modelo proposto em outros segmentos de indústria, como por exemplo, têxtil, automotiva, ou seja, que envolva outras alternativas de melhoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A certificação ISO 14001 no Brasil e seu reflexo positivo no mercado ambiental. Revista Meio Ambiente Industrial, São Paulo, n. 61, maio/junho, 2006.

American Society for Quality, Basic concepts of Continuous Improvement. Disponível em: <http://www.asq.org/learn-about-quality/continuousimprovement/overview/overview.html>
Acesso em: 10 de dezembro de 2007.

Associação brasileira de Normas Técnicas. **Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (ABNT/CB-38).** Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/cb38>>. Acesso em: 20 junho de 2008.

ACKOFF, R. L. e SASIENI, M. W. **Pesquisa Operacional.** Rio de Janeiro: LTC, 1971.

ALMEIDA, A. T. (Org.); COSTA, A. P. C. S. (Org.). **Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão.** Recife: Editora Universitária, 2003. v. 1. 154 p.

AMORIM, S.R.L. **Qualidade na Construção: muito além da ISO 9000.** In: Congresso Latino-Americano de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Departamento de Engenharia da Construção Civil – PCC-USP. São Paulo, 1998.

AZIZI, A. **Satisfactory Prediction of Performance of Total Quality Management Critical Techniques.** Proceedings of the 13th Asia Pacific Management Conference, Melbourne, Australia, 2007, 332-337

BANA E COSTA, C.A. **Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la decision.** Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1992.

BRANS, J. P. & MARESCHAL, B. **PROMETHEE V: MCDM problems with segmentation constraints.** INFOR, v. 30, n. 2, p. 85-86, 1992.

BRANS, J. P. & VINCKE, P. H. **A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM.** *Mgmt. Sci.*, v. 31, p. 647-656, 1985.

BRASSARD, M. **Qualidade: Ferramentas para uma melhoria contínua.** Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 1996.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC - **Definição de Pequena e Média Empresa no setor da Construção Brasileira - Banco de dados Comissão de Economia e Estatística – CEE.** Belo Horizonte – MG, 2003.

CAMPELLO DE SOUZA, F.M. **Decisões racionais em situações de incerteza.** 2ed. rev. ampl. Recife, 2007.

- CAMPOS, L.M.S. *et al.* **Os sistemas de gestão ambiental: empresas brasileiras certificadas pela norma ISO 14001.** XXVI ENEGEP, Fortaleza – CE, 2006.
- CARDOSO, F.F. **Certificações “Setoriais” da qualidade e microempresas. O caso das empresas especializadas de construção civil.** Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil, 2003. 210p.
- Construction Management Association of America.** <http://cmaanet.org/> Acesso em: 05 de janeiro de 2009.
- CHIN, K.S. *et al* **An AHP based study of critical factors for TQM implementation in Shanghai manufacturing industries.** *Technovation* , 2002, pp. 707–715.
- CHOMA, A.A. & BORGES, T.S.T. **Implantação de gerenciamento de projetos na Construção Civil.** http://www.euax.com.br/artigos/2006.015-GP_Construcao_Civil.pdf Acesso em: 18 de agosto de 2007.
- CHOW,C.C. & LUK,P. **A strategic service quality approach using analytic hierarchy process.** *Managing Service Quality*, Vol. 15 No. 3, 2005, pp. 278-289.
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br> Acesso em: 16 de dezembro de 2008
- DEPEIXE, M.D & PALADINI, E.P. **Dificuldades relacionadas à implantação e certificação de sistemas de Gestão da Qualidade em empresas construtoras.** *Revista Gestão Industrial*, v. 03, n. 01: p. 12-25, 2007.
- DIAS, A.D. **Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho com base nas Diretrizes da OIT (ILO-OSH 2001).** VIII Semana da Pesquisa da Fundacentro, São Paulo, 2008.
- EDWARDS,W. **How to use multiattribute utility measurement for social decision making.** *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 7:326-340, 1977.
- ELLIOTT, J. A. **An Introduction to Sustainable Development: the developing world.** London & New York, Routledge. 1994.
- FONSECA, A.V.M. & MIYAKE,D.I. **Formas de classificação para as técnicas e ferramentas da qualidade.** XXVI ENEGEP, Fortaleza –CE, 2006.
- FURLETTI, D.I.R. *et al.* (coordenação). **Desempenho da Economia Nacional e do SETOR da Construção em 2008 e perspectivas para 2009.** BD / CBIC – Banco de dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília, 2008.
- GARVIN, D.A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Tradução de João Ferreira Bezerra de Souza. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed, 2002.

- GEHBAUER, F. **Racionalização na construção civil**. Recife, Projeto COMPETIR (SENAI, SEBRAE, GTZ), 2004. 228p.
- GEROLAMO, M.C. **Proposta de sistematização para o processo de gestão de melhorias e mudanças de desempenho**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- GOMES, L.F.A.M. **Avaliações Estratégicas com Múltiplos Critérios: Porque o Método AHP Deve Continuar a Ser Usado**. Visão Estratégica, Sessão Decisão, v. 1, 22 maio, 2003.
- GOMES, L.F.A.M; GOMES, C.S.F; ALMEIDA, A.T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- GOMES, L.F.A.M *et al.* **Tomada de decisões em cenários complexos**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- GOMES, L.F.A.M; MURY,A.R; GOMES,C.F.S. **Multicriteria ranking with ordinal data**. SAMS, v.27, p.139-145, 1997.
- GOMES, L.F.A.M & GOMES,C.F.S. **A Função de Decisão Multicritério. Parte II: Classificação dos Métodos Empregados na Modelagem Multicritério**. ADM.MADE – Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial ANO 2 / Nº 3 , 2003.
- GURUMURTHY, A. & KODALI, R. **A multi-criteria decision-making model for justification of lean manufacturing systems**. International Journal of Management Science and Engineering Management. Vol.3, n.2, 2008, pp.100-118.
- GURUMURTHY, A. & KODALI, R. **Selection of lean manufacturing systems using the promethee**. Journal of Modelling in Management Vol.3. n.1, 2008, pp 40-70.
- HAIR,JR., J.F. *et al.* **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Tradução Lene Belon Ribeiro – Porto Alegre: Bookman, 2005.
- JURAN, J.M. **Juran's Quality Control Handbook**. 4 ed. McGraw-Hill, 1998.
- KOFOED, L.B., GERTSEN, F. & JORGENSEN, F. **"The role of CI and learning in an organizational change process: experiences from a longitudinal study of organizational change"**, Integrated Manufacturing Systems, Vol.13 (3), 2002, pp.165-175.
- KEENEY,R.L. & RAIFFA,H. **Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs**. New York: John Wiley, 1976.
- KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford University: Center for integrated facility engineering, 1992. Technical report n. 72.

- LAISE, D. **Benchmarking and learning organizations: ranking methods to identify “best in class”**. Benchmarking: An International Journal Vol. 11 No. 6, 2004, pp. 621-630.
- LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE Disponível em: www.leanconstruction.org Acesso em: 19/12/08
- LEITE, M.O. **A utilização das curvas de aprendizagem no planejamento da construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.
- LEITE, M.O & POSSAMAI, O. **A utilização das curvas de aprendizagem no planejamento da construção civil**. XXIV ENEGEP, Florianópolis, 2004.
- LIMMER, C.V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de projetos e Obras**. Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A, 1997,
- MEDEIROS JR, A. *et al* **Proposta de um modelo para a seleção de sistema integrado de gestão (ERP) utilizando o método AHP (Analytic Hierarchy Process)**. Simpoi, Rio de Janeiro, 2008.
- MILANI, A.S. *et al* **Using Different ELECTRE Methods in Strategic Planning in the presence of human Behavioral Resistance**. Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences, 2006, Pages 1–19.
- Ministério das Cidades – **Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat** Disponível em: http://www2.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_siac.php Acesso em: 11 de dezembro de 2008.
- MIRANDA, C.M.G *et al* **Um modelo para o sistema de construção enxuta a partir do Sistema Toyota de Produção**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto - MG, 2003.
- MOREIRA, D.A. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- MOURA, E. **As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade: Implementando a melhoria contínua com maior eficácia**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- NETO SACOMANO, M & ESCRIVÃO FILHO, E. **Estrutura Organizacional e Equipes de Trabalho: Estudo da Mudança Organizacional em quatro Grandes Empresas Industriais**. Revista Gestão & Produção, v.7, p.136-145, ago, 2000.
- N. MADU, C. *et al* **Adoption of strategic total quality management philosophies - Multi-criteria decision analysis model**. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 13 No. 3, 1996, pp. 57-72.

- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção; Além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Bookman, 1997.
- OHSAS 18001 - **Occupational health and safety management systems: requirements**. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. London, 2007.
- OLIVEIRA *et al.* **Estudos-de-Caso sobre sistemas da Segurança e Saúde no Trabalho em duas Empresas Fabricantes de bateriais automotivas**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008.
- PARTOVI, F.Y. & WITHERS, B.E. **Application of Analytic Hierarchy Process to ISO 9000 Certification**. 31 st Annual Meeting of the Decision Sciences Institute. Novembre 18-21, Orlando, Flórida, 2000.
- OLIVEIRA, R.R. **Liderança e Comunicação na Gestão da Construção Civil**. III Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, julho, 2007.
- OMETTO, A. & GUELERE FILHO, A. **Discussão do Sistema da Gestão Ambiental - ISO 14001 como instrumento de viabilidade ambiental**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Rio de Janeiro, 2008.
- PHENG, L.S. & HONG, S.H. **The TQM Maganize. Strategic quality management for the construction industry**. Vol.17. nº1, 2005. Pp35-53.
- POMBO, R. F & MAGRINI, A. **Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil**. *Revista Gestão & Produção.*, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 1-10, jan.-abr. 2008.
- PORRAS, J.I. & ROBERTSON. **Organizational development: theory, practice, and reserach**. In: Dunnette, M.D.; Hough, L.M. (Orgs.). *Handbook of Industrial and Organizational Psychology* (p.719-822), Consulting Psychologist Press: Palo Alto, Califórnia, 2003.
- ROBBINS, S. P. **Comportamento Organizacional**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1999.
- ROY, B. **Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding**. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- REVISTA PROTEÇÃO, **Anuário Brasileiro de Proteção 2008** Disponível em: <http://www.protecao.com.br/novo/template/page.asp?menu=963&CodMenu=963&Lbt=0>
Acesso em: 18 de dezembro de 2008.
- SADY COSTA, F.G. **Levantamento das mudanças técnicas e gerenciais introduzidas em empresas de construção de edifícios do Recife para a melhoria da qualidade**. Dissertação

(Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2001.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. & LANTELME, E. (2000) - **Método de Intervenção para Redução de Perdas na Construção Civil: Manual de Utilização**. Porto Alegre, SEBRAE/RS.

SEIFFERT, M.E.B. **Sistemas de gestão ambiental (ISO 14001) e saúde e segurança ocupacional (OHSAS 18001): vantagens da implantação integrada**. São Paulo: Atlas, 2008.

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Departamento Regional de Pernambuco – SENAI-PE. Disponível em: http://www.pe.senai.br/programas/pbqp_h.html Acesso em: 20 de fevereiro de 2009

SILVA, S.F. **Modelo Multicritério para a ordenação dos pontos monitorados de um sistema elétrico com base nos métodos SMARTS/SMARTER**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Departamento de Engenharia de Produção, 2006.

SILVEIRA, M.A. **Gestão Estratégica da Inovação em Organizações: Proposta de um Modelo com Enfoque Sistêmico** in: XXIII SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2004, Curitiba. XXIII Simpósio de gestão da Inovação Tecnológica. 2004. p. 4279-4294.

SALOMONE, R. **Integrated management systems: experiences in Italian organizations**. Journal of Cleaner Production, p. 1-21, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, R. **Qualidade no Setor da Construção**. Gestão de Qualidade: Tópicos Avançados. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

SOUZA, R. *et al.* **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras**. São Paulo: Pini, 1996.

SOUZA, R. & TAMAKI, M. R. **Gestão de Materiais de Construção**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.

SIEGEL, S. **Estatística Não-Paramétrica**. São Paulo, Mcgraw-Hill, 1975.

SINK, D.S & TUTTLE, T.C. **Planejamento e medição para a performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed.1993.

STADLER, H. **Estratégias para a Qualidade: O momento humano e o momento tecnológico**. Curitiba: Jaruá, 2005.

- THOMAS, H. Randolph; MATHEWS, Cody T.; WARD, James G. **Learning curve models of construction productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 112, n. 2, p. 245-257, june 1986.
- THAWESAENGSKULTHAI, N. **Selecting Quality Management and Improvement Initiatives: Case studies of industries in Thailand**. Nottingham University Business School-University of Nottingham. (teste de doutorado), 2007.
- TODNEM BY, R. **Organisational Change Managment: a critical review**. Journal of Change Management. Vol.5, nº 4, 369-380, December, 2005.
- TOWNSEND,P. & GEBHARDT, J. **Um olhar para os fatos mais importantes da lucratividade**. Revista Falando de Qualidade: Gestão, Meio Ambiente e Processos. Ed. Banas. AnoXIV, n.158, jul.2005, p14.
- WRIGHT, P *et al.* **Administração Estratégica: conceitos**. Tradução Celso A. Rimoli, Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas, 2000.
- VICO MAÑAS, A. **Inovação e Competitividade** - Um enfoque na qualidade. Gestão da Qualidade - Tópicos Avançados. São Paulo: Ed. Thompson, 2004
- VINCKE, P. **Multicriteria decision-aid**. Chichester: John Wiley, 1992.
- YU, P. (1985), Multiple Criteria Decision Making Concepts, Techniques, and Extensions. Plenum Press, New York, USA.

ANEXO I

Planilha de Fluxos Finais (Promethee II)

Resultado	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Ordenação	Fluxos Finais	Ordenação	Fluxos Finais	Ordenação	Fluxos Finais
1	A M 9	-0,204615384615385	A M 76	-0,308974358974358	A M 76	-0,406410256410257
2	A M 39	-0,194358974358975	A M 78	-0,300641025641024	A M 78	-0,387179487179488
3	A M 65	-0,193910256410257	A M 63	-0,29551282051282	A M 77	-0,387179487179488
4	A M 64	-0,19173076923077	A M 77	-0,294871794871794	A M 63	-0,375641025641026
5	A M 41	-0,177371794871795	A M 64	-0,282692307692307	A M 79	-0,357692307692308
6	A M 66	-0,173589743589743	A M 72	-0,282051282051281	A M 72	-0,355128205128206
7	A M 31	-0,168076923076923	A M 79	-0,272435897435896	A M 59	-0,343589743589744
8	A M 63	-0,162884615384615	A M 59	-0,27179487179487	A M 64	-0,342307692307692
9	A M 74	-0,161730769230769	A M 67	-0,260897435897435	A M 68	-0,341025641025641
10	A M 54	-0,160448717948718	A M 65	-0,257692307692306	A M 67	-0,326923076923077
11	A M 44	-0,156923076923076	A M 68	-0,255128205128204	A M 74	-0,302564102564103
12	A M 40	-0,156282051282051	A M 74	-0,252564102564101	A M 65	-0,292307692307693
13	A M 75	-0,155448717948718	A M 61	-0,246794871794871	A M 60	-0,292307692307693
14	A M 35	-0,152820512820513	A M 60	-0,242948717948716	A M 61	-0,291025641025641
15	A M 37	-0,152628205128205	A M 39	-0,238461538461537	A M 73	-0,288461538461539
16	A M 72	-0,152435897435897	A M 73	-0,233974358974358	A M 75	-0,282051282051282
17	A M 42	-0,149102564102564	A M 66	-0,201282051282051	A M 39	-0,280769230769231
18	A M 33	-0,147948717948717	A M 75	-0,199999999999999	A M 62	-0,234615384615385
19	A M 61	-0,144999999999999	A M 62	-0,189102564102563	A M 66	-0,223076923076923
20	A M 78	-0,143461538461538	A M 31	-0,183974358974358	A M 35	-0,215384615384615
21	A M 38	-0,140192307692307	A M 35	-0,17628205128205	A M 31	-0,202564102564103
22	A M 62	-0,136794871794871	A M 54	-0,169871794871794	A M 54	-0,197435897435897
23	A M 67	-0,133333333333333	A M 9	-0,164102564102564	A M 69	-0,184615384615385
24	A M 59	-0,12826923076923	A M 44	-0,149999999999999	A M 43	-0,170512820512821
25	A M 79	-0,126474358974359	A M 43	-0,143589743589742	A M 44	-0,161538461538462
26	A M 36	-0,125064102564103	A M 37	-0,143589743589742	A M 70	-0,158974358974359
27	A M 43	-0,12326923076923	A M 40	-0,123717948717948	A M 36	-0,141025641025641
28	A M 76	-0,122564102564103	A M 36	-0,111538461538461	A M 40	-0,124358974358974
29	A M 73	-0,120641025641025	A M 41	-0,110256410256409	A M 37	-0,119230769230769
30	A M 32	-0,117307692307692	A M 69	-0,1	A M 9	-0,108974358974359
31	A M 77	-0,114038461538461	A M 33	-0,086538461538461	A M 41	-0,093589743589743
32	A M 34	-0,110384615384615	A M 32	-0,083974358974359	A M 50	-0,08974358974359
33	A M 60	-0,109871794871795	A M 70	-0,082692307692307	A M 32	-0,089743589743589
34	A M 68	-0,097948717948718	A M 38	-0,073076923076923	A M 33	-0,078205128205128
35	A M 10	-0,092628205128205	A M 42	-0,065384615384615	A M 71	-0,066666666666668
36	A M 26	-0,0625	A M 50	-0,06153846153846	A M 45	-0,056410256410256
37	A M 11	-0,061730769230769	A M 34	-0,027564102564101	A M 38	-0,046153846153847
38	A M 25	-0,045448717948718	A M 71	-0,026923076923076	A M 55	-0,046153846153846
39	A M 27	-0,024423076923076	A M 45	-0,007051282051282	A M 42	-0,043589743589744
40	A M 12	0,035384615384616	A M 26	0,001282051282052	A M 34	0
41	A M 5	0,062884615384616	A M 55	0,008333333333333	A M 26	0,021794871794871
42	A M 69	0,077307692307693	A M 10	0,009615384615384	A M 49	0,029487179487179
43	A M 50	0,079166666666667	A M 25	0,035897435897437	A M 51	0,051282051282051

44	A M 70	0,091153846153846	A M 11	0,042948717948718	A M 46	0,053846153846153
45	A M 55	0,097628205128206	A M 27	0,048076923076924	A M 52	0,061538461538461
46	A M 21	0,097820512820513	A M 49	0,068589743589744	A M 10	0,079487179487179
47	A M 45	0,098653846153846	A M 51	0,078846153846153	A M 25	0,094871794871794
48	A M 71	0,107564102564103	A M 46	0,096794871794873	A M 47	0,097435897435897
49	A M 8	0,108205128205127	A M 52	0,098076923076924	A M 56	0,102564102564102
50	A M 6	0,109102564102565	A M 47	0,109615384615384	A M 57	0,125641025641025
51	A M 3	0,112115384615385	A M 57	0,112179487179487	A M 27	0,128205128205127
52	A M 52	0,112564102564102	A M 56	0,118589743589744	A M 11	0,128205128205128
53	A M 4	0,112820512820513	A M 12	0,121153846153847	A M 53	0,133333333333333
54	A M 24	0,113076923076923	A M 21	0,128846153846154	A M 17	0,142307692307692
55	A M 23	0,119038461538461	A M 53	0,157051282051282	A M 21	0,16025641025641
56	A M 57	0,119551282051282	A M 17	0,159615384615385	A M 48	0,166666666666666
57	A M 29	0,121538461538462	A M 48	0,160897435897437	A M 58	0,183333333333333
58	A M 2	0,122692307692308	A M 58	0,178846153846154	A M 12	0,197435897435897
59	A M 1	0,122820512820513	A M 13	0,2	A M 13	0,221794871794871
60	A M 51	0,12576923076923	A M 29	0,203205128205128	A M 30	0,233333333333333
61	A M 53	0,129358974358974	A M 30	0,203205128205129	A M 29	0,239743589743589
62	A M 15	0,136282051282051	A M 5	0,206410256410257	A M 28	0,24102564102564
63	A M 17	0,139551282051282	A M 28	0,209615384615386	A M 22	0,246153846153846
64	A M 30	0,139615384615385	A M 15	0,216025641025641	A M 18	0,251282051282051
65	A M 22	0,147948717948719	A M 23	0,219871794871795	A M 5	0,285897435897436
66	A M 58	0,150512820512821	A M 22	0,227564102564102	A M 23	0,291025641025641
67	A M 56	0,154615384615385	A M 19	0,238461538461538	A M 15	0,293589743589743
68	A M 16	0,159102564102565	A M 18	0,248076923076923	A M 19	0,302564102564102
69	A M 13	0,160705128205129	A M 6	0,253846153846153	A M 14	0,306410256410256
70	A M 47	0,162564102564102	A M 14	0,257051282051282	A M 24	0,326923076923077
71	A M 49	0,163782051282051	A M 24	0,257692307692307	A M 6	0,337179487179486
72	A M 7	0,167564102564102	A M 8	0,276282051282051	A M 20	0,344871794871795
73	A M 46	0,167884615384615	A M 16	0,277564102564102	A M 16	0,355128205128205
74	A M 19	0,17198717948718	A M 20	0,278205128205127	A M 8	0,36025641025641
75	A M 20	0,173717948717949	A M 1	0,284615384615385	A M 1	0,362820512820513
76	A M 48	0,183397435897435	A M 3	0,289102564102563	A M 7	0,371794871794871
77	A M 28	0,186153846153846	A M 7	0,296794871794872	A M 3	0,384615384615385
78	A M 14	0,213205128205129	A M 2	0,298717948717948	A M 2	0,389743589743591
79	A M 18	0,238846153846154	A M 4	0,301923076923075	A M 4	0,401282051282052