UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LIA DIAZ CUPERTINO DE CASTRO

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SEIS SIGMA NO ESTUDO DE NÃO CUMPRIMENTO DE PRAZOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL ESTUDO DE CASO

VITÓRIA, 2014

LIA DIAZ CUPERTINO DE CASTRO

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SEIS SIGMA NO ESTUDO DE NÃO CUMPRIMENTO DE PRAZOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Construção Civil.
Orientadora: Profa. Dra. Geilma Lima Vieira

VITÓRIA, 2014.

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

C355a

Castro, Lia Diaz Cupertino de, 1987-
Aplicação da ferramenta Seis Sigma no estudo de não cumprimento de prazos da construção civil / Lia Diaz Cupertino de Castro. – 2014.
123 f. : il.

Orientador: Geilma Lima Vieira.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade). 2. Construção civil - Controle de qualidade. 3. Gerência. 4. Planejamento. 5. Prazos (Construção Civil). I. Vieira, Geilma Lima. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 624

LIA DIAZ CUPERTINO DE CASTRO

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA SEIS SIGMA NO ESTUDO DE NÃO CUMPRIMENTO DE PRAZOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Construção Civil.

Aprovada em 26 de maio de 2014

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Profa. Dra. Geilma Lima Vieira
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

_____

Prof. Dr. Fernando Avancini Tristão
Universidade Federal do Espírito Santo

_____

Profa. Dra. Geórgia Serafim Araújo
Examinadora externa

Dedico este trabalho aos meus pais Marcio e Aparecida, aos meus irmãos Taisa e Guilherme e aos meus sobrinhos Miguel e Mateus, por me mostrarem que no final, tudo valerá a pena.

RESUMO

CUPERTINO, Lia Diaz. **Aplicação da ferramenta Seis Sigma no estudo de não cumprimento de prazos da construção civil:** Estudo de Caso. 2014. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

Com o aumento da concorrência na Construção Civil, elevou-se também o nível de exigência dos clientes, fazendo com que iniciativas para a melhoria da qualidade fossem desenvolvidas e aplicadas, visando à satisfação do cliente. Mas o que se pode observar é que ainda assim, o número reclamações com relação à qualidade do serviço das construtoras é grande, fazendo com que especialistas de qualidade se questionem com relação à eficácia dos programas de qualidade. Com isso, a ferramenta Seis Sigma, usualmente aplicada para processos técnicos foi considerada para processo não técnico, como a construção civil, por ela se tratar de, além de uma ferramenta de qualidade, uma estratégia gerencial que lança mão de ferramentas estatísticas para sua aplicação. O real problema da construção civil quando se trata de cumprimento de prazos, foi apresentado e alguns números com relação a queda de faturamento devido à esse problema também. As principais causas dos atrasos de obras quando se diz a respeito de planejamento e gerenciamento e a ferramenta Seis Sigma foi analisada focando na metodologia básica, na aplicação do Programa, nas abordagens estratégica e estatística, no Ciclo DMAIC e na sua comparação com o ciclo PDCA mais comum em processos de gerenciamento e por fim, a empresa que foi objeto de estudo, desejava reduzir os atrasos de suas obras e para isso era necessário inicialmente definir qual a real situação e quais as principais causas dos atrasos, realizou-se as fases Definir, Medir e Analisar do ciclo DMAIC e resultados que mostram a ineficiência de entrega de obras no prazo foram obtidos, sendo estes abaixo do que autores consideram como sendo a média industrial, sendo os resultados enquadrados para empresas não competitivas. As causas desses problemas, foram, principalmente, relacionadas às falhas no planejamento, fazendo com que as obras sejam iniciadas sem que os projetos estejam na sua fase definitiva de execução e problemas com a baixa produtividade da mão de obra. E que por serem causas complexas, devem ser pesquisadas individualmente em trabalhos futuros.

Palavras-chave: Atraso de cronograma, construção civil, cronograma, DMAIC, gerenciamento, planejamento, PDCA, Seis Sigma.

ABSTRACT

With increased competition in Construction, also increased the level of demand from customers, making efforts to improve the quality were developed and implemented, aiming at customer satisfaction. But what we can see is that still the number complaints regarding service quality of construction is great, making quality experts might question regarding the effectiveness of quality programs. With this, the Six Sigma tool, usually applied to technical processes was considered to process non-technical, such as construction, for her it is, and a quality tool, a management strategy that makes use of statistical tools for your application . The real problem of the construction when it comes to meeting deadlines, was presented and some numbers regarding sales drop due to this problem too. The main causes of delays when works says about planning and management and Six Sigma tool was analyzed focusing on the basic methodology in implementing the program, strategic and statistical approaches in the DMAIC cycle and its comparison with the PDCA cycle more common management processes and ultimately, the company that was the object of study, desired to reduce the backlog of his works and it was first necessary to define what the real situation and what are the main causes of delays held up phases define, measure and analyze the DMAIC cycle and results show that the inefficiency of the delivery of works within were obtained, which are below what the authors see as the industrial Average, the results being framed for uncompetitive firms. The causes of these problems are related, they are complex and must be individually researched in future research

Keywords: Delay schedule, construction, schedule, DMAIC, management, planning, PDCA, Six Sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Medidas do governo brasileiro para conter a crise 21
Figura 2 - PIB brasileiro nos últimos oito anos 22
Figura 3 - Crescimento da Indústria da Construção Civil nos últimos cinco anos. 23
Figura 4 - PIB do Brasil e PIB da construção civil. 24
Figura 5 - População Urbana e Rural - 1950 a 2010. 25
Figura 6 - Envelhecimento da População Brasileira. 26
Figura 7 - Crescimento (% acumulado) - População - Domicílios particulares - Famílias. 27
Figura 8 - Domicílios Particulares Permanentes X Número de Moradores por Domicílio. 28
Figura 9 – Evolução da margem líquida de sete empresas de capital aberto da construção civil. 30
Figura 10 - Ciclo do processo de gerenciamento de projetos. 33
Figura 11 - Ciclo PDCA 35
Figura 12 – Cronograma 42
Figura 13 - Histograma de recursos 43
Figura 14 - Cronograma considerando alocação de recursos.....43
Figura 15 - Histograma suavizado.....44
Figura 16 - Cronograma com restrição de recursos 45
Figura 17 - Histograma considerando restrição de recursos.....46
Figura 18 - Elementos base do controle de projeto.....48
Figura 19 - Elementos bases do controle de projetos. 49
Figura 20 - Modelo de gerenciamento. 50
Figura 21- Percentuais da área total sob a curva normal em função do desvio padrão. 59
Figura 22 - Método DMAIC de controle de processos.....67
Figura 23 - Ciclo PDCA 69
Figura 24 - Análise de capacidade do processo obra 01 84
Figura 25 - Análise de capacidade do processo obra 02 86
Figura 26 - Análise de capacidade do processo obra 03 88
Figura 27 - Análise de capacidade do processo obra 04 90
Figura 28 - Análise de capacidade do processo obra 05 92

Figura 29 - Análise de capacidade do processo obra 06 94
Figura 30 - Análise de capacidade do processo da empresa.....95
Figura 31 - Gráfico do Sigma das Obras, empresa, Sigma Ideal e Média Industrial .96
Figura 32 - Diagrama de Causa-e-Efeito para o atraso de obras.....98
Figura 33 - Acompanhamento de Cronograma - obra 01.....111
Figura 34 - Acompanhamento de Cronograma - obra 02.....112
Figura 35 - Acompanhamento de Cronograma - obra 03.....113
Figura 36 - Acompanhamento de Cronograma - obra 04.....114
Figura 37 - Acompanhamento de Cronograma - obra 05.....115
Figura 38 - Acompanhamento de Cronograma - obra 06.....116
Figura 39 - Histograma com curva normal para execução da obra 01.....117
Figura 40 Histograma com curva normal para execução da obra 02 118
Figura 41 Histograma com curva normal para execução da obra 03 119
Figura 42 Histograma com curva normal para execução da obra 04 120
Figura 43 Histograma com curva normal para execução da obra 05 121
Figura 44 Histograma com curva normal para execução da obra 06 122
Figura 45 Histograma com curva normal para execução da empresa 123

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os processos do gerenciamento de projetos. 34
Quadro 2 - Atividades a serem tomadas com base no cronograma de obras.....39
Quadro 3 - Relação operários x dias de serviço.....40
Quadro 4 - Analogia entre o ciclo DMAIC e o PDCA.....70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - - Problemas mais frequentes em projetos. 31
Tabela 2 - Relação entre padrão sigma e DPMO para um processo centrado 60
Tabela 3 - Relação entre padrão sigma e DMPO para um processo desviado +1,5 sigma do valor nominal 60
Tabela 4- Tradução do nível de qualidade para linguagem financeira 61
Tabela 5 - Definição de LSL para obra 01 83
Tabela 6 - Relação entre Previsto x Realizado obra 01 83
Tabela 7 - Valor de sigma - Obra 01 84
Tabela 8 - Definição de LSL para obra 02 85
Tabela 9 - Relação entre Previsto x Realizado obra 02 85
Tabela 10 - Valor de sigma - Obra 02 86
Tabela 11 - Definição de LSL para obra 03 87
Tabela 12 - Relação entre Previsto x Realizado obra 03 87
Tabela 13 - Valor de sigma - Obra 03 88
Tabela 14 - Definição de LSL para obra 04 89
Tabela 15 - Relação entre Previsto x Realizado obra 04 89
Tabela 16 - Valor de sigma - Obra 04 90
Tabela 17 - Definição de LSL para obra 05 91
Tabela 18 - Relação entre Previsto x Realizado obra 05 91
Tabela 19 - Valor de sigma - Obra 05 92
Tabela 20 - Definição de LSL para obra 06 93
Tabela 21 - Relação entre Previsto x Realizado obra 06 93
Tabela 22 - Valor de sigma - Obra 06 94
Tabela 23 - Prazo médio e LSL da empresa 95
Tabela 24 - Valor de sigma - empresa 96

LISTA DE SIGLAS

Cp - Índice De Capacidade Potencial Do Processo

Cpk - Índice De Capacidade Efetivo Do Processo

CPL - Índice De Capacidade Potencial Inferior Do Processo

CPQ - Críticas Para Qualidade

CPU - Índice De Capacidade Potencial Superior Do Processo

DFSS - Design For Six Sigma

DMAIC - Definir – Medir – Analisar – Melhorar - Controlar

DPMO - Defeitos Por Milhão De Oportunidades

LSF - Limite Inferior De Especificação

LSL - Limite Superior De Especificação

PDCA – Planejar – Executar – Controlar - Agir

PPM - Partes Por Milhão

PQSS - Programa De Qualidade Seis Sigma

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO 16

1.2 LIMITAÇÃO DE PESQUISA 17

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 17

2 ESTADO DA ARTE 19

2.1 O CÉNÁRIO ECONÔMICO BRASILEIRO 19

2.2 CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL 22

2.2.1 Fatores que geraram crescimento do PIB da construção civil 24

2.2.2 O Problema enfrentado pelas empresas do setor 29

2.3 GERENCIAMENTO DE PROJETOS 32

2.3.1 Causas dos atrasos de obras 36

2.4 PLANEJAMENTO 38

2.4.1 Falta de consideração de recursos 39

2.5 MONITORAMENTO E CONTROLE 46

2.6 CONSEQUÊNCIAS DOS ATRASOS 50

2.6.1 Aumento de custo para as construtoras: 51

2.6.2 Diminuição da qualidade dos serviços 51

2.6.3 Aumento do grau de insatisfação dos clientes 52

2.7 A FERRAMENTA SEIS SIGMA 52

2.7.1 Histórico do Programa de Qualidade Seis Sigma (PQSS) 53

2.7.2 Seis Sigma 54

2.7.3 Definição de Seis Sigma 56

2.7.4 Abordagem estatística do Seis Sigma 57

2.7.5 Abordagem estratégica do Seis Sigma 61

2.8 METODOLOGIA BÁSICA DO SEIS SIGMA 63
2.8.1 DFSS (*Design for Six Sigma*) 64
2.8.2 DMAIC 64
2.8.3 O método DMAIC e o PDCA 67
2.8.4 Aplicações do Seis Sigma 70

3 METODOLOGIA DE PESQUISA 73
3.1 OBJETO DE PESQUISA 73
3.1.1 Obra 01 75
3.1.2 Obra 02 75
3.1.3 Obra 03 76
3.1.4 Obra 04 76
3.1.5 Obra 05 77
3.1.6 Obra 06 77
3.2 FASE DEFINIR 78
3.2.1 Definição das metas para o Projeto 78
3.3 FASE MEDIR 79
3.4 FASE ANALISAR 81
3.5 FASES MELHORAR E CONTROLAR 81

4 RESULTADOS OBTIDOS 82
4.1 FASE MEDIR 82
4.1.1 OBRA 01 82
4.1.2 OBRA 02 84
4.1.3 OBRA 03 86
4.1.4 OBRA 04 88
4.1.5 OBRA 05 90

4.1.6 OBRA 06 92

4.1.7 EMPRESA 94

4.2 FASE ANALISAR 97

5 CONCLUSÕES 99

5.1 CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS 99

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 100

6 REFERÊNCIAS 101

APÊNDICE A – ACOMPANHAMENTO MENSAL DAS OBRAS 111

APÊNDICE B – HISTOGRAMAS DE EXECUÇÃO DAS OBRAS 117

1 INTRODUÇÃO

Entre o final da década de 1940 e início da década de 1960 houve no Japão o início de um movimento que aqueceu a competição pelo ganho do mercado e ao atendimento das necessidades dos clientes, o que provocou uma mudança na postura gerencial de um número significativo de empresas. Este movimento atingiu empresas de vários setores ao redor do mundo (DAHLGAARD, 1999). Pode-se dizer que o Brasil está inserido nesse contexto da busca da qualidade devido ao número de certificações ISO 9000, em 1990 eram apenas 18 empresas e ao final de 2001, esse número já tinha ultrapassado os dez mil. (MIGUEL, 2002).

Ainda de acordo com Miguel (2002), empresas do setor público e privado tiveram que dar uma alta prioridade para a qualidade para que alcançassem demandas de qualidade de produtos e serviços para competir no mercado, tanto nacional quanto internacional.

Pelo contexto exposto anteriormente, o Seis Sigma, ferramenta que surgiu na década de 1980 com a ideia de inserir a estatística na filosofia da qualidade, pode tornar-se útil minimizando os custos internos, atendendo às exigências dos clientes, facilitando a padronização das metas para diferentes setores da empresa, entre outros fatores. Challener (2011) afirma que o Seis Sigma permite que haja uma linguagem e metodologia para a detecção e solução de problemas a nível global, transferindo informações de processos e soluções ao redor do mundo.

Apesar da sua popularização a partir do início dos anos 1990, quando discutido em termos de aplicabilidade na construção civil ainda há poucos estudos a respeito, gerando divergência no assunto. O que se observa quando o assunto é ferramentas para auxiliar no planejamento e controle das obras, é que há um número significativo delas, mas a realidade é a falta de utilização devido ao perfil conservador da maioria das empresas do ramo.

Só que nos últimos anos, as empresas de construção civil no Brasil despertaram para a utilização de ferramentas mais eficazes de controle de qualidade, pois o que se viu foi um crescimento significativo da indústria da construção quando comparado com o crescimento da economia brasileira, mas a realidade da maioria das

empresas é o não aumento dos lucros e clientes insatisfeitos com os serviços prestados por essas construtoras, seja pela má qualidade do serviço ou pelo atraso na entrega final das obras, sendo este o objeto desta pesquisa.

Assim o tema deste trabalho torna-se relevante visto que o mesmo pode proporcionar a obtenção de conceitos úteis ao ambiente da construção civil e o difundir o Seis Sigma para o setor da construção ajudando a controlar as perdas e as não conformidades, ou seja, a variabilidade da produção.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral deste trabalho é avaliar as causas do não cumprimento de prazos em empresas da construção civil utilizando as ferramentas estatísticas do Programa de Qualidade Seis Sigma em uma empresa Construtora da Grande Vitória.

O projeto é implantado fazendo o uso das etapas de um método chamado DMAIC, que vem de termos em inglês *Define, Measure, Analyze, Improve* e *Control* que é traduzido para Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar (WERKEMA, 2002).

Para o atendimento do objetivo geral, devem ser alcançados os seguintes objetivos específicos:

a) Apresentar o problema enfrentado pelas empresas construtoras quando o assunto é o cumprimento de prazos;
b) Analisar e discutir a respeito dos problemas de gerenciamento, planejamento e controle de obras;
c) Apresentar o Programa de Qualidade Seis Sigma;
d) Analisar as fases de implantação do método DMAIC;
e) Analisar a aplicação do método DMAIC em uma empresa da construção civil;
f) Discutir melhorias com o aprofundamento dos problemas relacionados ao não cumprimento dos prazos a partir das análises do método DMAIC.

1.2 LIMITAÇÃO DE PESQUISA

Por se tratar de uma temática foi reduzido para que se possa estuda-lo com maior profundidade, para isso foram feitas limitações ao tema:

a) Com relação ao planejamento de obra, o foco será a execução do cronograma. Como elaborá-lo e quais os principais problemas que podem gerar o atraso na entrega da obra, destacando alguns itens que forem necessários;

b) Com relação ao Seis Sigma, será feita uma revisão bibliográfica, para que a técnica possa ficar bem entendida do na construção civil;

c) Um estudo de caso será feito, aplicando o Seis Sigma em uma empresa construtora da Grande Vitória, visando solucionar os problemas do não cumprimento dos prazos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está organizada em cinco capítulos estruturados como segue:

O Capítulo 1 discute informações que consideradas relevantes para a compreensão inicial do trabalho e sua contextualização. São focos dessa parte inicial a introdução, o tema e os objetivos, as justificativas da pesquisa e a estrutura da dissertação.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica com o objetivo de embasar teoricamente a situação atual da economia brasileira e a construção civil nesse contexto, os principais problemas enfrentados no setor e as possíveis raízes dos problemas. E, por fim, a apresentação da ferramenta Seis Sigma e os seus métodos de implantação, dando foco no ciclo DMAIC e sua comparação com o ciclo PDCA.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para a implantação de parte do ciclo DMAIC, as fases: Definir, Medir e Analisar. Ao longo do capítulo é apresentada a sistemática metodológica adotada para o desenvolvimento da dissertação como um todo.

No Capítulo 4 os resultados obtidos no desenvolvimento do trabalho e as discussões dos mesmos são apresentados, visando solucionar o problema da pesquisa.

A dissertação é concluída no Capítulo 5, o qual expõe as conclusões e traz alguns comentários finais sobre os objetivos traçados e sobre as limitações metodológicas. Além disso, alguns pontos considerados importantes para trabalhos futuros, também faz parte desse capítulo de conclusão.

2 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo será apresentado o cenário econômico brasileiro e a construção civil nesse cenário e os problemas enfrentados pelas empresas do setor. Planejamento, gerenciamento e monitoramento e controle de obras serão discutidos. A ferramenta Seis Sigma, suas definições e aplicações também é foco desse capítulo, dando ênfase à metodologia DMAIC do Programa Seis Sigma.

2.1 O CÉNÁRIO ECONÔMICO BRASILEIRO

Após a implantação do Plano Real em 1994 o Brasil atingiu um cenário econômico estável consolidando a nova moeda. Isso se deu porque houve um maior controle da inflação o que mudou o ambiente econômico do país nos últimos anos.

A partir do ano de 2004 o Brasil sofreu um incremento significativo do Produto Interno Bruto (PIB) e dados do IBGE (2008) apontaram um crescimento médio de 4,8%. Resultado este melhor do que o apresentado em anos anteriores. Porém, uma crise econômica mundial em 2008 fez com que esse ritmo de crescimento desacelerasse, fazendo com que o PIB de 2009, segundo o IBGE (2012a) apresentasse uma recessão de 0,3%.

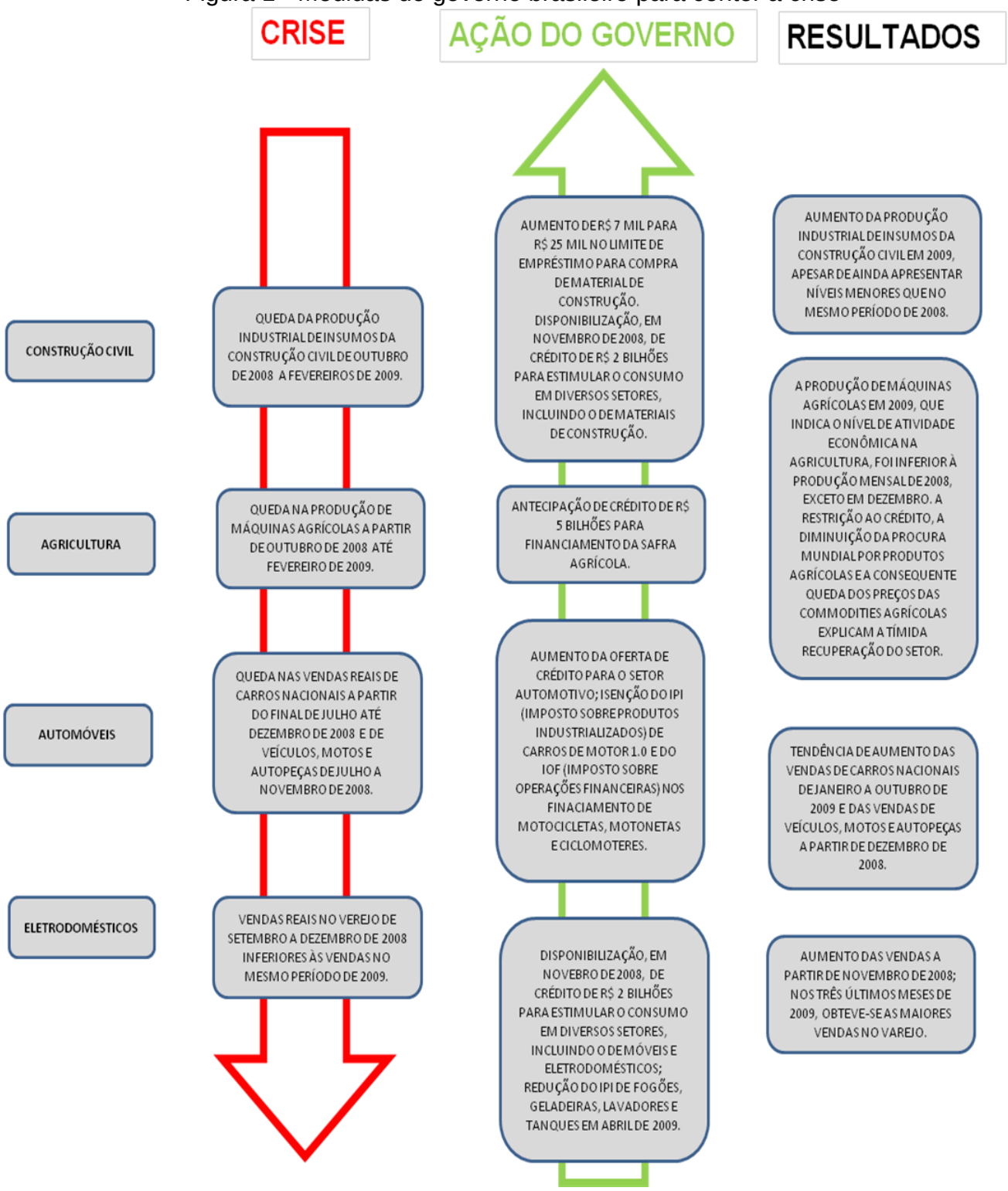
Apesar da recessão apresentada do PIB no ano de 2009, especialistas afirmam que esse resultado foi melhor do que o previsto. Isso só foi possível porque, a partir do final do ano de 2008, quando o Brasil começou a sentir mais fortemente o impacto da crise, o governo brasileiro implementou várias medidas para minimizar os seus efeitos. Foram ações tanto na área fiscal, monetária, creditícia e cambial.

Na área cambial, foram tomadas medidas para diminuir a variação do dólar e o seu impacto sobre o câmbio e estimulou o comércio exterior já que a crise afetou as exportações brasileiras que apresentaram uma forte queda a partir de julho de 2008; na área monetária e creditícia, o governo aumentou a oferta de crédito e; na política fiscal, houve uma redução de tributos e aumentos das despesas governamentais. Medidas como essas, diminuíram os impactos na economia brasileira, segundo

relatório sobre as contas prestadas pelo então presidente da república Tribunal de Contas da União (2010).

Na Figura 1 observam-se algumas medidas tomadas nos setores de agricultura, automóveis, eletrodomésticos e construção civil.

Figura 1 - Medidas do governo brasileiro para conter a crise



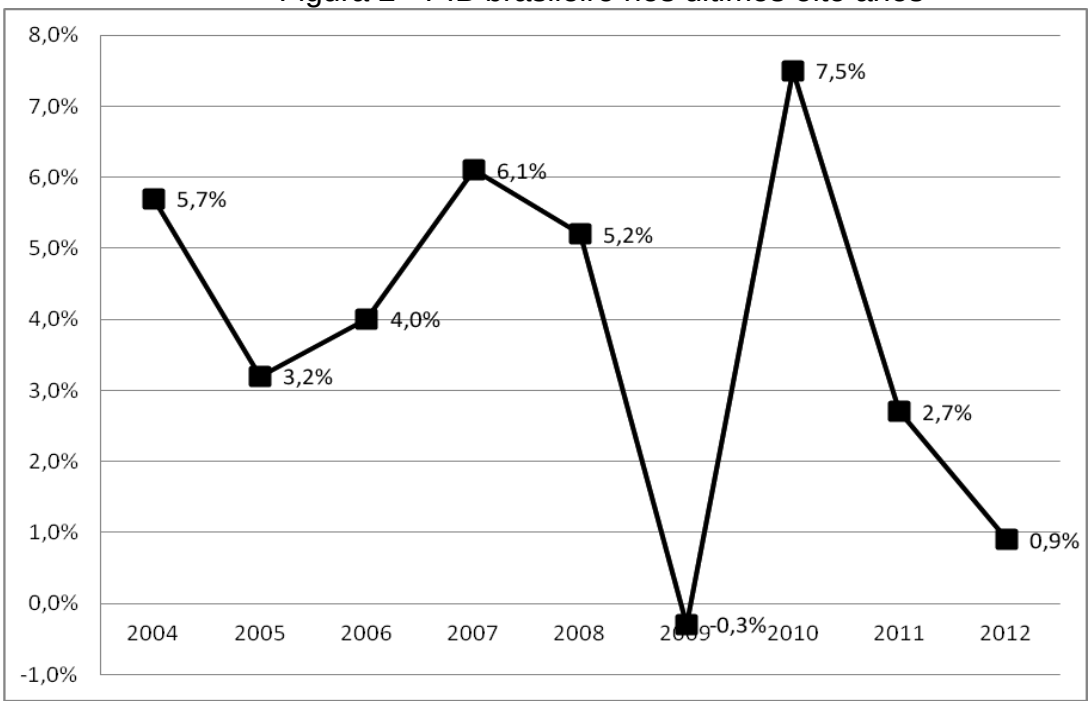
Fonte: TCU (2010).

Passadas as principais consequências da crise financeira, o desempenho da economia brasileira em 2010 foi considerado bom, após um ano de recessão, o

Brasil retomou o caminho do crescimento econômico que vinha apresentando até a crise mundial.

O gráfico da Figura 2 apresenta taxas acumuladas nos últimos anos para o PIB. Pode-se notar que, após a elevação de 5,2% em 2008, o PIB recuou em função dos efeitos recorrentes da crise econômica internacional até chegar à queda de 0,3% em 2009. Após isso, voltou a acelerar e superou o patamar de crescimento observado no período antes da crise em 2010. Já em 2012, o PIB acumulado seguiu a trajetória de desaceleração observada no ano de 2011, atingindo elevação de 0,9% (IBGE, 2013).

Figura 2 - PIB brasileiro nos últimos oito anos



Fonte: IBGE (2013).
Nota: dados adaptados pela autora.

2.2 CENÁRIO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

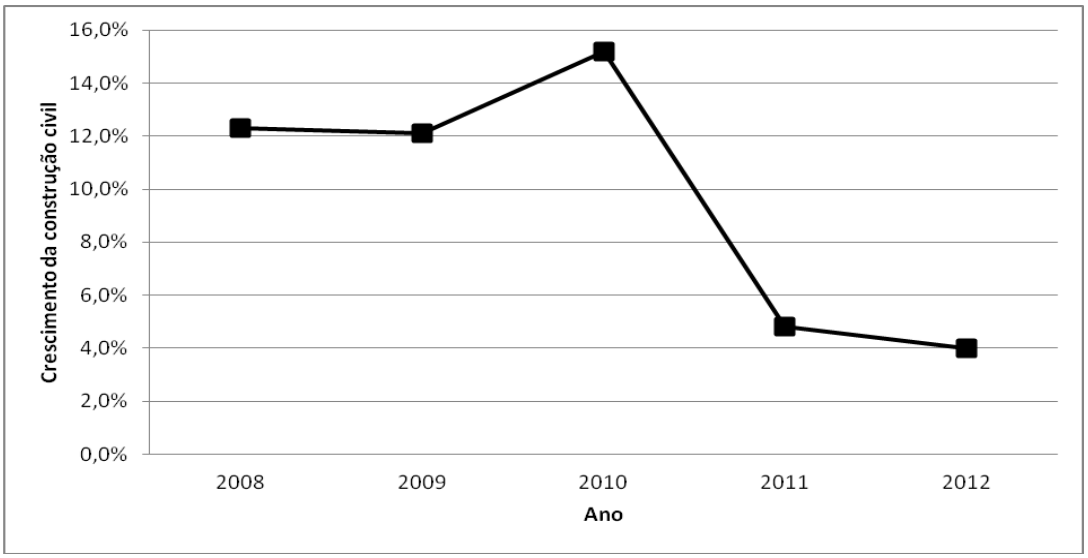
Após décadas de estagnação, nos anos de 2004 e 2008, seguindo a tendência do cenário nacional, o crescimento médio da taxa do PIB da construção civil foi de 5,1% (IBGE, 2008). No ano de 2008 a construção civil volta a ter um crescimento

expressivo. Este bom momento do setor, foi chamado de "*boom*"[1] da Construção Civil.

Esse crescimento seguiu por dois anos e atualmente o cenário é de estabilização do crescimento é por volta de 2% ao ano, o que resultará em uma normalização do nível das atividades do setor (FGV, 2013). Zaidan (2012) afirma que essa redução do crescimento se dá pela redução de investimentos das empresas, pois elas começaram a reduzir lançamentos de novos projetos priorizando a venda de estoque e geração de caixa para retomar a rentabilidade. Além disso, houve uma queda de investimentos do setor público em infraestrutura e a morosidade na concessão de licenciamentos imobiliários, ajudaram a diminuir o ritmo de crescimento.

Através da Pesquisa Anual da Construção Civil (PAIC) [2] o IBGE (2012b) apresentou dados a respeito do crescimento do setor da construção nos últimos cinco anos, representados na Figura 3.

Figura 3 - Crescimento da Indústria da Construção Civil nos últimos cinco anos.

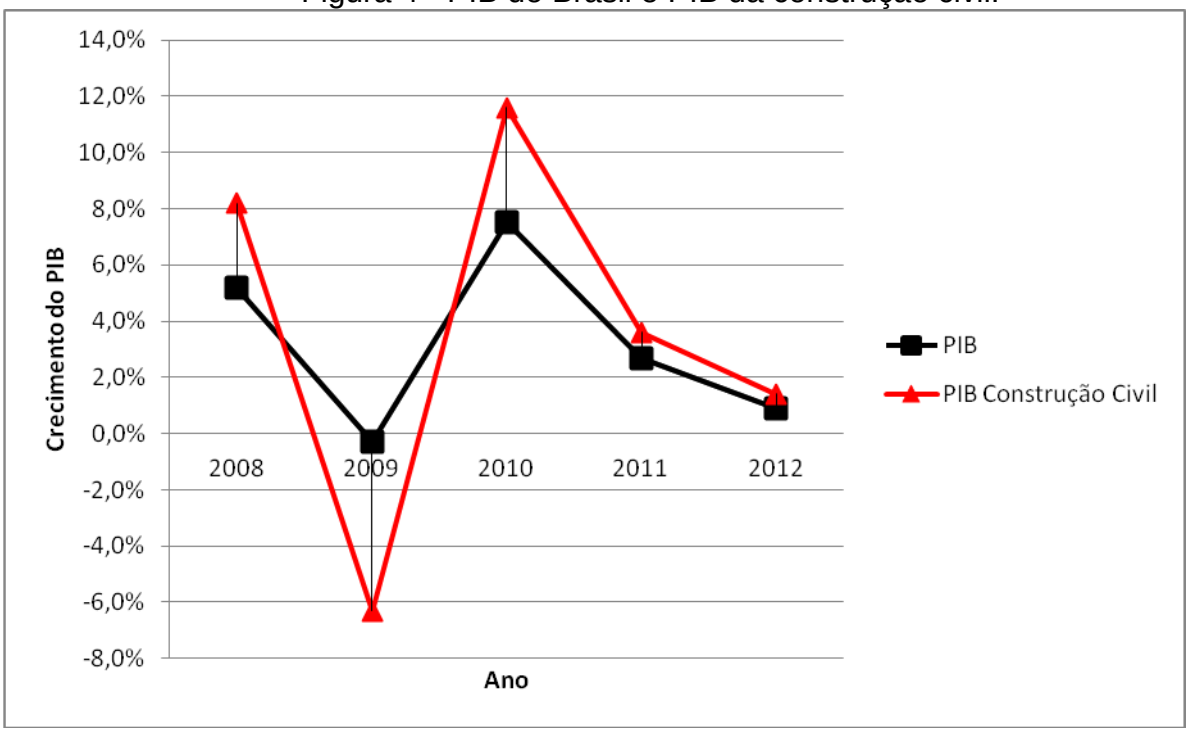


Fonte: IBGE (2012b)
Nota: dados adaptados pela autora

[1] A palavra "boom", na economia expressa um período de crescimento rápido e repentino.
[2] A Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC tem por objetivo identificar as características estruturais básicas do segmento empresarial da atividade da construção civil no País e suas transformações no tempo, através de levantamentos anuais, tomando como base uma amostra de empresas de construção.

Se comparar o PIB do Brasil com o PIB da construção civil, consegue-se ter uma real noção do crescimento do setor nos últimos cinco anos, a Figura 4 revela a importância do setor da construção civil para o crescimento brasileiro.

Figura 4 - PIB do Brasil e PIB da construção civil.



Fonte: IBGE (2012a, 2013).
Nota: dados adaptados pela autora.

2.2.1 Fatores que geraram crescimento do PIB da construção civil

Como foi apresentado anteriormente, houve um crescimento significativo do setor da construção civil nos últimos anos. Esse crescimento se deve a alguns fatores. Entre eles podemos citar:

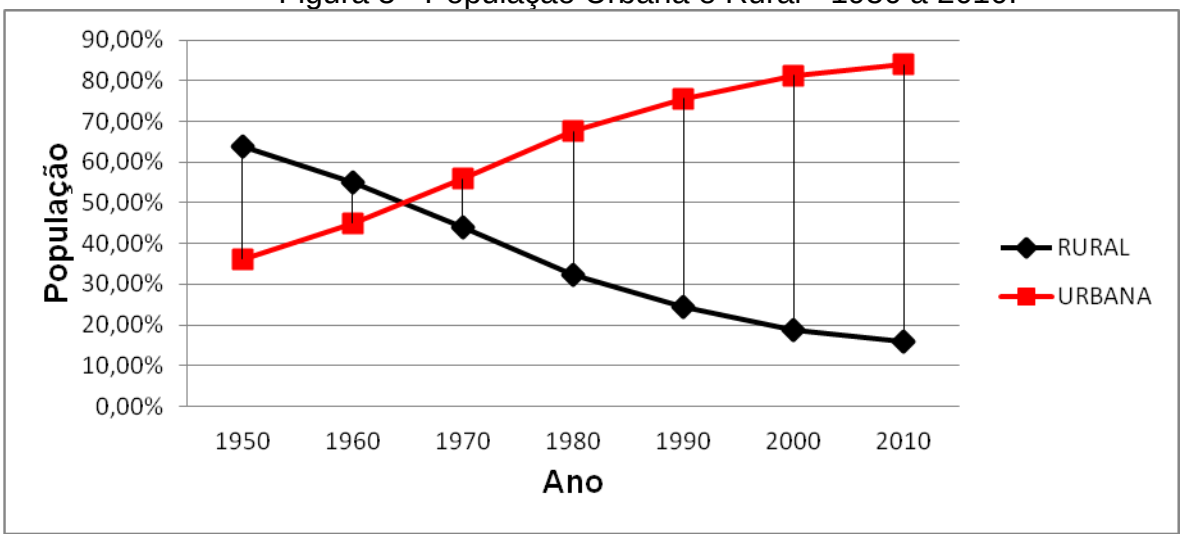
2.2.1.1 *Déficit habitacional*

Representa a relação entra o número total de domicílios e o total de famílias[3] existentes no país. Esse fato, para Brasil (2012a), se dá devido à, principalmente três fatores:

a) Emigração da área rural para as cidades;

O êxodo rural, movimento de migração do campo para a cidade, se intensificou em meados do século passado, até que no ano de 2010, a população urbana já representava 84% do total da população do país, como representado no gráfico da Figura 5. Esta tendência de urbanização trouxe graves problemas para as cidades, causando um crescimento desordenado e um processo de favelização dos grandes centros, gerando problemas habitacionais.

Figura 5 - População Urbana e Rural - 1950 a 2010.



Fonte: IBGE (2010)

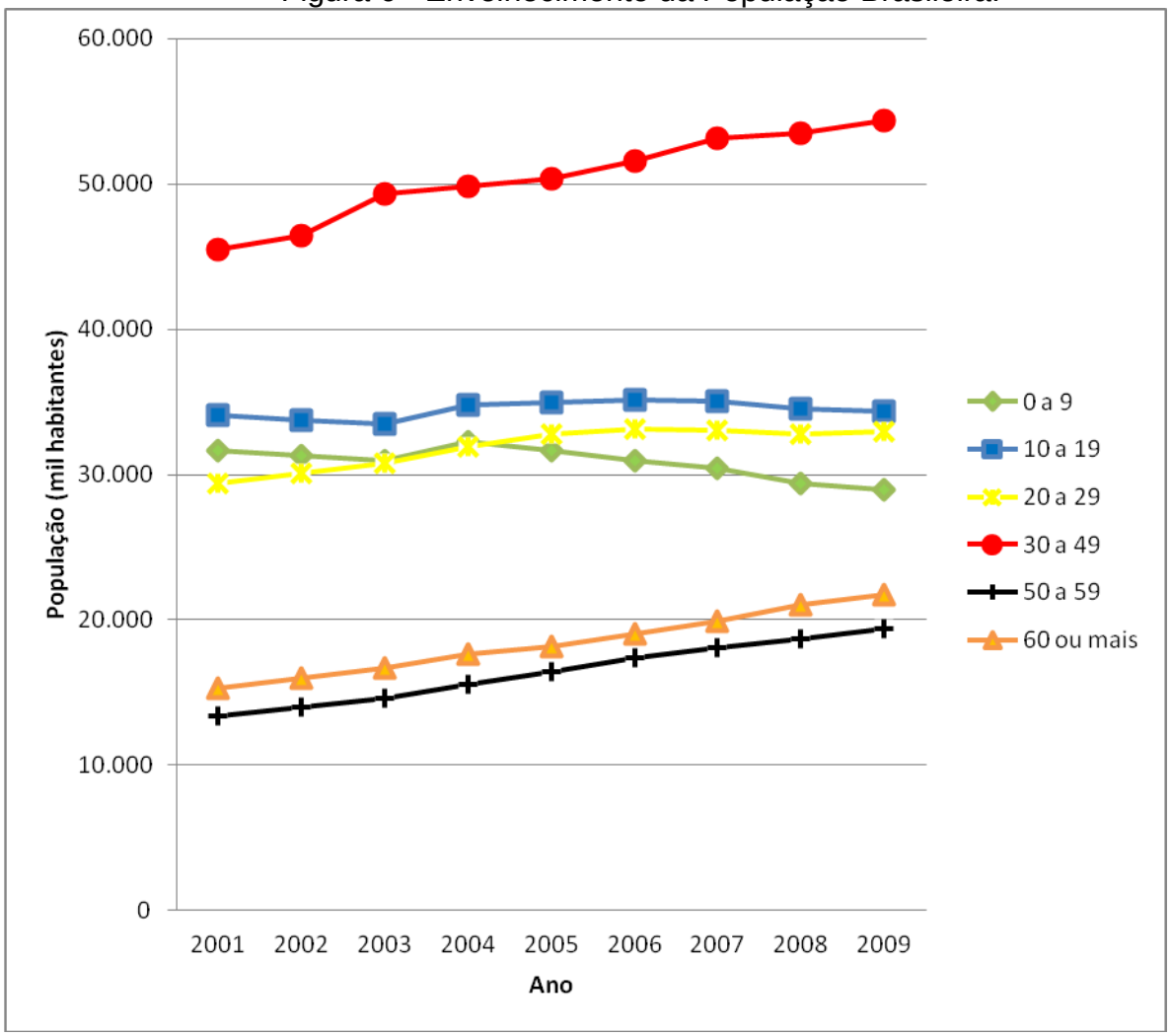
b) Envelhecimento da população;

O Brasil vem apresentando características de ser tornar um país de idosos ao longo dos anos. Esse envelhecimento da população de um país se dá quando a população de idosos se torna considerável em relação à população jovem. Na Figura 6, constata-se o envelhecimento da população do Brasil ao longo de período de 2001 a 2009. Pode-se observar que há um aumento das faixas etárias de 30 a 49, 50 a 59 e

[3] Segundo o IBGE, família é: a) pessoa que mora sozinha; b) o conjunto de pessoas ligadas por laços de parentesco ou dependência doméstica; e c) pessoas ligadas por normas de convivência.

com mais de 60 anos. Em contrapartida, observa-se uma estabilidade nas faixas etárias mais jovens (em valores absolutos). Com esse aumento da média de idade do brasileiro há o aumento de pessoas morando sozinhas, aumentando assim o número de famílias.

Figura 6 - Envelhecimento da População Brasileira.



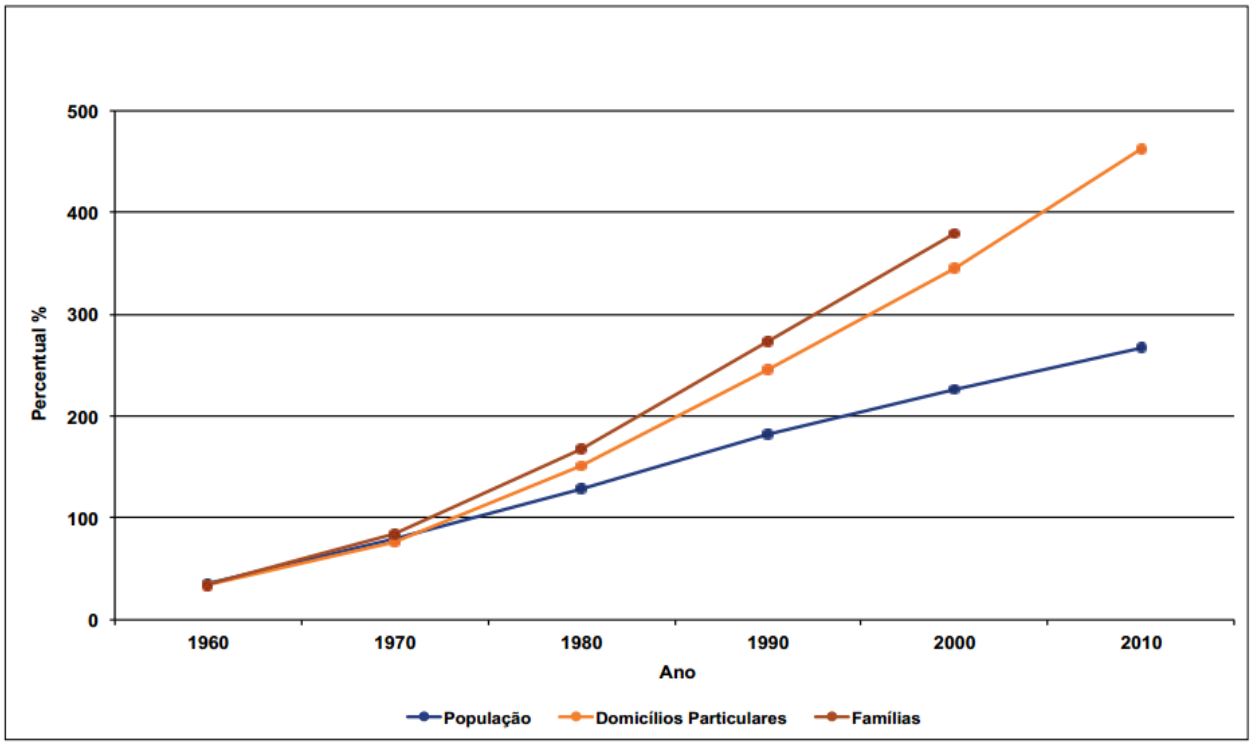
Fonte: IBGE (2010)

c) Modificação nas configurações familiares.

A partir da década de 1960, houve uma transformação dos modelos familiares. Até então as famílias eram compostas pela união de duas pessoas com estabilidade duradoura. A partir da década de 1960, a instituição de novos conceitos sociais provocou mudanças de comportamento, tornando as separações mais frequentes. E assim, aumentando também o número de famílias.

Como reflexo dessas três mudanças sociais, verificou-se que no período entre 1970 e 2010, a população brasileira foi a que menos cresceu se comparar com o número de domicílios particulares e o número de famílias (Figura 7).

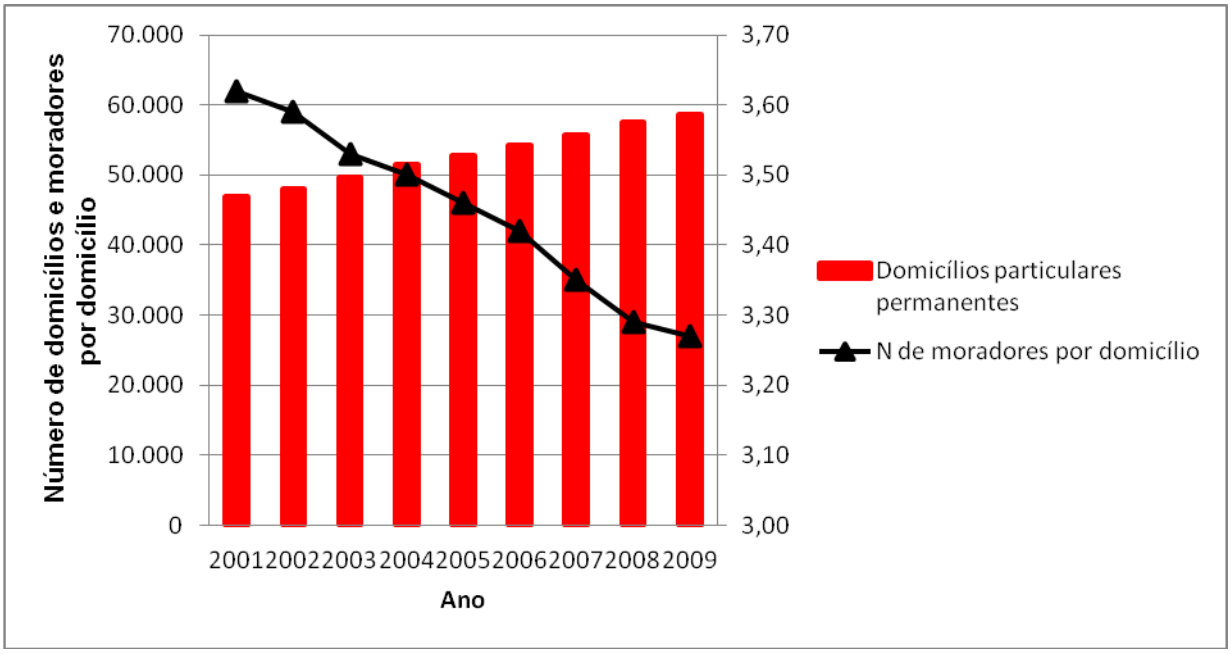
Figura 7 – Percentual de crescimento da população, domicílios e famílias.



Fonte: Brasil (apud IBGE 1970,1980, 1991, 2000, 2010).

Pelo gráfico da Figura 7 verifica-se que a média de habitantes por domicílio vem diminuindo ao longo dos anos desde 1970, visto que as curvas de domicílios particulares e famílias apresentam um crescimento maior do que a curva da população. O IBGE (2012c) afirma que essa média que era de 5,28 hab/dom em 1970, passou a 3,27 hab/dom em 2010. A Figura 8 ilustra essa redução da quantidade de moradores por domicílios e o crescimento do número de domicílios no período entre 2001 e 2009.

Figura 8 - Domicílios Particulares Permanentes X Número de Moradores por Domicílio.



Fonte: IBGE (2012d)

A média de habitantes por domicílio não é uniforme em todas as regiões do Brasil. Nesse período, o número de domicílios aumentou cerca de 25%, sendo o Sudeste com maior crescimento (37,65%) e o Centro-Oeste com o menor crescimento (8,09%) as regiões Norte, Nordeste e Sul, aparecem com um crescimento, respectivo de, 15,08%, 26,75% e 12,43% (IBGE, 2012d).

2.2.1.2 *Programas do Governo Federal*

Quando se falou de Cenário Econômico Brasileiro, falou-se também de medidas que o Governo Federal criou para minimizar os efeitos da crise mundial de 2008, nas áreas fiscal, monetária, creditícia e cambial, em sua economia interna. Essas ações, que foram criadas para que a crise internacional não gerasse impactos significativos no país, serviram para impulsionar o crescimento da construção civil. Entre essas medidas, destacam-se as seguintes:

a) Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV);

Que tem por objetivo atender as necessidades de habitação da população de baixa renda brasileira, principalmente dos centros urbanos. Em geral, o Programa acontece em parcerias com os estados, municípios, empresas e entidades sem fins

lucrativos. Ele tem o objetivo de garantir boas condições de moradia com padrões mínimos de segurança e habitabilidade (BRASIL, 2012b).

No ano de 2012, o MCMV influenciou a crescimento do país, sendo responsável pelo impacto de 0,8% no Produto Interno Bruto devido ao número elevado de unidades habitacionais contratadas (aproximadamente duas milhões e novecentas mil) o que faz o capital circular no país e gera postos de trabalhos (BRASIL, 2013).

b) Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal

O PAC foi criado em 2007 para promover a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística energética, contribuindo para o desenvolvimento do país.

Com investimentos nessas áreas, há o aquecimento da economia do país, com mais empresas contratadas para execução dos serviços, mais mão de obra empregada e maior poder de compra da população.

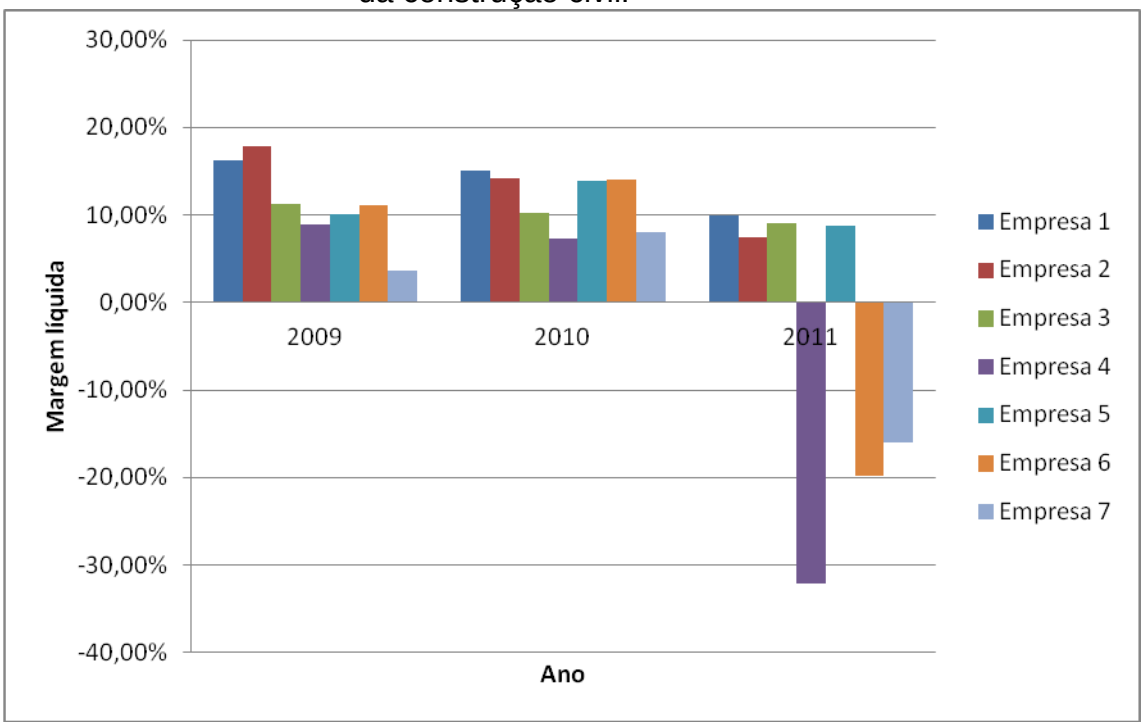
2.2.2 O Problema enfrentado pelas empresas do setor

Viu-se que o país nos últimos anos seguiu uma tendência de crescimento, assim como a construção civil mas o que se vê com o crescimento da margem líquida das empresas de capital aberto[4] do setor, é que ela não segue a mesma tendência.

A Figura 9 mostra a evolução da margem líquida, ao longo dos anos de 2009, 2010 e 2011, de sete grandes empresas de capital aberto do segmento.

[4] São empresas que tem seu capital divido em ações que podem ser adquiridas em leilões à mercado.

Figura 9 – Evolução da margem líquida de sete empresas de capital aberto da construção civil.



Fonte: CVM (2012)

Quando se compara os processos de produção da indústria da construção civil com os processos das indústrias de produção em série, observa-se que a produção em um canteiro de obras é muito menos uniforme. Normalmente, em uma indústria de produção em série, as unidades produzidas são repetitivas e a incerteza relacionada às operações é relativamente baixa. Já na construção civil, os empreendimentos são únicos, produzidos no local da entrega e vulnerável às intempéries.

Assim, há muitos fatores controláveis e não controláveis, gerando um alto grau de complexibilidade, incerteza e variabilidade, tanto no empreendimento, no geral, quanto em cada atividade realizada (FORMOSO, 1998).

Essas peculiaridades são apontadas como fatores que contribuem para o baixo desempenho do setor. O que é gerado por baixos níveis de produtividade, elevados desperdícios, não cumprimento de cronogramas e alto custo, que levam à diminuição da margem líquida de lucro das empresas.

Outro fator que contribui para a piora desses resultados, a partir do ano de 2007, foi uma sucessão de erros cometidos pelas empresas de capital aberto do setor, quando grande parte delas fez a primeira oferta pública de ações. Com isso, elas ficaram fortemente capitalizadas e foram pressionadas pelos acionistas. Assim, lançaram altos volumes de empreendimentos, mas tiveram problemas na hora de executar as obras, gerando muitos atrasos e excedendo os custos. (CORSINI, 2013).

Essa peculiaridade da indústria da construção civil aliado ao descaso com relação ao gerenciamento de projetos no setor, que mais difícil do que se comparar com a indústria de produção em série, faz com que os principais problemas enfrentados estejam relacionados com o gerenciamento em si. A Tabela 1 explicita os problemas mais frequentes em projetos de construção civil.

Tabela 1 - - Problemas mais frequentes em projetos.

Problemas com comunicação	76%
Não cumprimento de prazo	**71%**
Mudanças de escopo constantes	70%
Escopo não definido adequadamente	61%
Concorrência entre o dia a dia e o projeto na utilização de recursos	52%
Estimativas incorretas ou sem fundamento	52%
Não cumprimento do orçamento	50%

Fonte: Project Management Institute (2009).

Nesta dissertação foi considerado como objeto de estudo o descumprimento de prazos, pois de acordo com a Tabela 1, é um dos principais fatores que causam problemas em um projeto, além de contribuir diretamente com a diminuição da margem líquida, pois uma vez que o prazo de obra é estendido, há maiores gastos, com mão de obra, com documentações e até com o pagamento de indenizações e multas aos clientes. Além desses maiores gastos há também outro fator decisivo para o mercado acirrado que é a insatisfação dos clientes. Fato que pode gerar perda de mercado, uma vez que com o auxílio da internet e da imprensa, notícias como estas são facilmente divulgadas.

2.3 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

De acordo com o Project Management Institute (2008) “Gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto a fim de atender os requisitos do projeto”. Ou seja, cabe ao gerente de projetos garantir que o projeto atinja os objetivos propostos.

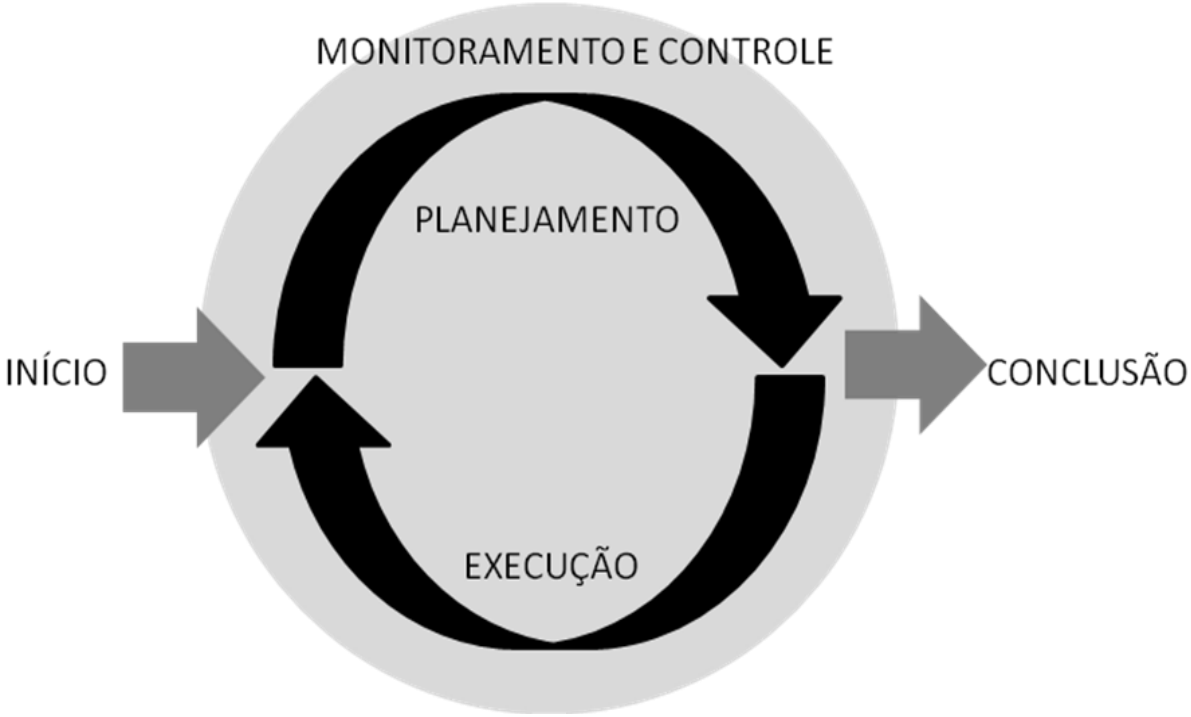
Ou pode-se definir o gerenciamento de projetos como sendo: “Disciplina clássica coberta pelos processos PMBOK, que tem como objetivo principal viabilizar a entrega de projetos individuais que atendam às especificações de prazo, escopo, custo e qualidade acordadas com o cliente” (VALLE et al, 2010, p.70).

Segundo o Project Management Institute (2008) administrar um projeto é um macroprocesso, formado por cinco grupos de processos principais interligados: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento. Onde esses processos são subdivididos em outros processos menores. São eles:

a) Iniciação: onde a existência do projeto é formalizada para que haja uma organização definindo seus objetivos, escopo. Nessa fase, o gerente de projeto também é definido e já começa a responder pelo projeto autorizando recursos para a realização das atividades iniciais;
b) Planejamento: é definido mais precisamente e com mais estudos naquilo que deve ser feito através da definição do escopo e como deve ser feito através de um plano de gerenciamento de projeto.
c) Execução: aqui é onde acontecerá a produção das entregas através da mão de obra aplicada, insumos e recursos.
d) Monitoramento e controle: de acordo com o que foi estabelecido na fase de planejamento, deve ser feita conferência dos resultados obtidos para que eles estejam de acordo com o definido. Se isso não acontecer, cabe ainda nesta fase aplicar ações corretivas.
e) Encerramento: com o projeto feito, de acordo com o definido no planejamento, deve-se formalizar o encerramento com o aceite dos resultados obtidos. Após isso há o encerramento oficial de contratos e a desmobilização da equipe.

De uma forma mais simples, pode-se dizer que o processo de gerenciamento de projetos estabelece ciclos de planejamento, execução e controle, onde esse ciclo, representado na Figura 10, pode ser repetido inúmeras vezes ao longo de um mesmo projeto, até que o resultado seja obtido. Esses grupos de processos não são fases, são agrupamento de processos de gerenciamento de projetos, podendo todos eles se repetir dentro de cada fase do projeto (VALLE et al, 2010).

Figura 10 - Ciclo do processo de gerenciamento de projetos.



Fonte: Project Management Institute (2008)

Ainda referenciando o Project Management Institute (2008), esses processos podem ser subdividos em nove áreas do conhecimento. Essas áreas são:

- Gerenciamento da integração do projeto;
- Gerenciamento do escopo do projeto;
- Gerenciamento do tempo do projeto;
- Gerenciamento dos custos do projeto;
- Gerenciamento da qualidade do projeto;
- Gerenciamento dos recursos humanos do projeto;
- Gerenciamento das comunicações do projeto;
- Gerenciamento de riscos do projeto;

– Gerenciamento de aquisições do projeto.

O Quadro 1 apresenta os processos de gerenciamento de projeto e suas atividades atribuídas a cada área do conhecimento de um projeto.

Quadro 1 - Os processos do gerenciamento de projetos.

(Continua)

Áreas do conhecimento	**GRUPOS DE PROCESSOS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS**				
	Iniciação	**Planejamento**	**Execução**	**Monitoramento e controle**	**Encerramento**
Gerenciamento da integração do projeto	Desenvolver o termo de abertura do projeto	Desenvolver plano de gerenciamento do projeto	Orientar e gerenciar a execução do projeto	Monitorar e controlar o trabalho do projeto. Realizar o controle integrado de mudanças	Encerrar o projeto ou a fase
Gerenciamento do escopo do projeto		Coletar os requisitos Definir o escopo Criar a Estrutura Analítica de Projeto (EAP).		Verificar o escopo. Controlar o escopo.	
Gerenciamento do tempo do projeto		Definir as atividades. Sequenciar as atividades. Estimar os recursos das atividades. Desenvolver o cronograma.		Controlar o cronograma.	
Gerenciamento dos custos do projeto		Estimar os custos. Determinar o orçamento.		Controlar os custos.	
Gerenciamento da qualidade do projeto		Planejar a qualidade.	Realizar a garantia da qualidade.	Realizar o controle da qualidade.	
Gerenciamento dos recursos humanos do projeto		Desenvolver o plano de recursos humanos.	Mobilizar a equipe. Desenvolver a equipe de projeto. Gerenciar a equipe de projeto.		
Gerenciamento das comunicações do projeto	Identificar as partes interessadas.	Planejar as comunicações.	Distribuir as informações. Gerenciar as expectativas das partes interessadas.	Reportar o desempenho.	

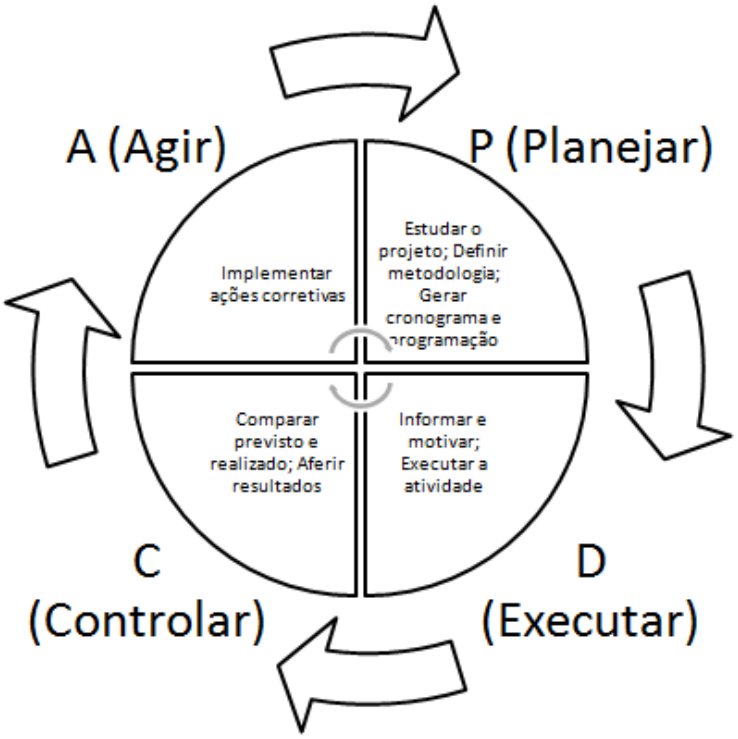
Quadro 1 - Os processos do gerenciamento de projetos.
(Conclusão)

Gerenciamento de riscos do projeto		Planejar o gerenciamento dos riscos. Identificar os riscos. Realizar a análise qualitativa dos riscos. Realizar a análise quantitativa dos riscos. Planejar as respostas aos riscos.		Monitorar e controlar os riscos.	
Gerenciamento de aquisições do projeto		Planejar as aquisições.	Conduzir as aquisições.	Administrar as aquisições.	Encerrar as aquisições.

Fonte: Project Management Institute (2008, p.43, tradução da autora).

Nessa visão, os processos gerenciais começam e terminam ao longo de todas as fases do ciclo de vida do projeto. Sua base conceitual encontra-se na no ciclo PDCA (Figura 11), que consiste em: planejar; executar; controlar e; agir.

Figura 11 - Ciclo PDCA



Fonte: Mattos (2010).

O gerenciamento de projetos atravessa todos os setores e abrange muitas áreas funcionais. No entanto, há uma ferramenta imprescindível que todo gerente de projeto e membros da equipe devem estar familiarizados: o cronograma do projeto (CIRELLO, 2011).

Vale ressaltar que este não é um documento estático. É uma ferramenta dinâmica para que os responsáveis pelo projeto possam definir o curso de ação adequada para as atividades e identificar os problemas que surgem no decorrer do projeto.

O cronograma inicial deve ser controlado, ou seja, revisto e atualizado periodicamente, pois ele estabelece apenas uma meta ou uma estimativa de como o trabalho deve ser feito, mas o que na maioria das vezes acontece é que a prática não representa o que foi planejado. Isso ocorre porque mesmo o melhor dos planejadores, não consegue prever todas as condições favoráveis e desfavoráveis ao cumprimento dos prazos ao longo de toda a execução do projeto.

“Controlar o cronograma é o processo que consiste em monitorar o andamento do projeto para que haja atualização do seu progresso e gerenciamento das mudanças que são feitas na linha base do cronograma.” (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2008, p. 60, tradução nossa).

Mas o que se vê é que o gerente de obra não utiliza o cronograma como sua ferramenta de trabalho, o que causa grandes prejuízos para o desenvolvimento no prazo das mesmas.

Diante disso, pode-se afirmar que são diversas as causas para que a obra não seja entregue no prazo determinado durante a fase de planejamento. A seguir serão discutidas algumas das causas, consideradas principais, para que as obras não obtenham êxito durante o cumprimento do cronograma e acabem gerando custos adicionais e diminuindo a competitividade no mercado, gerando a insatisfação dos seus clientes.

2.3.1 Causas dos atrasos de obras

Por meio de revisão da literatura sobre o assunto, percebe-se que o atraso de obra é um problema enfrentado por empreendimentos em todo o mundo, não só no Brasil, e

ao longo dos anos. Diante dessa situação e dos prejuízos que esse descumprimento de prazo causa, vários pesquisadores focam seus estudos nesse assunto, surgindo vários critérios de classificação e organização desses atrasos de acordo com a sua natureza.

Outro fator importante, quando se fala no foco das pesquisas científicas sobre esse assunto, é o ano da pesquisa e o país em que foi realizada. O ambiente de estudo influencia os motivos causadores e a diversidade dos estudos.

Para que haja um melhor entendimento sobre os dados e conclusões sobre esses estudos ao redor do mundo e ao longo dos anos, uma revisão bibliográfica ao longo dos anos foi realizada.

Baldwin et al. (1971) foram um dos primeiros pesquisadores do assunto e realizaram estudos focados na construção dos Estados Unidos, chegaram à conclusão que os principais causadores dos atrasos eram: escassez de mão de obra; condições climáticas desfavoráveis e; baixo desempenho dos subempreiteiros.

Já no ano de 1982 Wilson (1982) focou sua pesquisa na construção civil em geral e atribuiu aos atrasos de obras fatores como: alto índice de retrabalho; erros consecutivos de projeto; má gestão de obra; falta ou ineficiência do planejamento. Logo em seguida Chalabi e Camp (1984) pesquisaram países em desenvolvimento e concluíram que a maior parte dos atrasos ocorre nas primeiras fases da obra e citaram como dificuldades: escassez de mão de obra e; escassez de materiais.

Na década de 1990, Al Barack (1993), se concentrou em estudar a construção na Arábia Saudita, Mansfield, Ugwu e Doran (1994) na Nigéria, Chan e Kumaraswamy (1997) em Hong Kong e Majad e MaCaffer (1998) fez um estudo de construções mais abrangente, sem especificar um único país. Os problemas mais recorrentes nessas pesquisas foram: baixa qualificação da mão de obra; baixo desempenho de empreiteiros, seja pela falta de experiência e/ou qualificação; retrabalho; má gestão e; falta de planejamento da obra.

Nos anos 2000, Odeth e Battaineh (2002) e Couto (2006), o primeiro focando empreendimentos de construção em contratos tradicionais e o segundo nas construções realizadas em Portugal, culparam para o atraso das obras a baixa

produtividade da mão de obra, falta de experiência do empreiteiro, má elaboração de projetos e planejamento inadequado.

Em resumo, percebe-se que os atrasos atingem obras a nível internacional. Cada país com suas características internas apresenta problemas diferenciados, mas, o que se observou na revisão da literatura é que os problemas básicos são praticamente os mesmos desde a década de setenta até os anos dois mil em todo o mundo. Mas os problemas mais frequentes são todos com soluções possíveis através de um bom gerenciamento e planejamento das construções. Até quando se fala de falta de qualificação de mão de obra e de empreiteiros, quando há um bom planejamento, esses problemas são previsíveis, podendo assim, investir em treinamento para esses trabalhadores.

2.4 PLANEJAMENTO

Valle et al. (1992, p.92) definem o planejamento como sendo “[ ] o responsável pela definição do curso das ações a serem desenvolvidas. Em síntese, um processo contínuo de tomada de decisão que busca a eficiência e a eficácia do processo produtivo”.

Limmer (1997, p. 15) diz que planejamento é:

> Um processo por meio do qual se estabelecem objetivos, discutem-se expectativas de ocorrências de situações previstas, veiculam-se informações e comunicam-se resultados pretendidos entre pessoas, entre unidades de trabalho, entre departamentos de uma empresa e, mesmo, entre empresas.

Por fim, Project Management Institute (2008, p. 45, tradução da autora), caracteriza como sendo planejamento “um conjunto de processos que são realizados para estabelecer o escopo total do esforço, definir e refinar os objetivos e desenvolver o curso de ação necessário para alcançar esses objetivos”.

A importância do planejamento é bem conhecida por todos os envolvidos em um projeto. É nesta etapa que o escopo, o custo e cronograma são refinados, porém são muitos os projetos que fracassam pela falta de um cronograma bem feito e bem executado.

> "O cronograma de projeto é um documento que detalha as tarefas esperadas ao longo do tempo, e que uma vez concluídas, deverão apresentar o resultado desejado (produto ou serviço) para o que o projeto foi criado [...] é uma ferramenta de comunicação do gerenciamento, que guia o projeto, passo a passo, ao destino correto e no tempo estabelecido como requerido no projeto." (CIRIELLO, 2011).

O cronograma é, sem dúvida, uma tarefa crítica e criteriosa, pois ele deve ser o resultado de um planejamento com métodos bem definidos e não apenas um desenho de barras feito sem qualquer estudo. Ele é o fator fundamental para que o gerente do projeto consiga executá-lo de maneira que integre o conceito e a execução, sem que haja grandes problemas. É com base no cronograma que o gerente e sua equipe devem tomar providências como mostradas no Quadro 2.

Quadro 2 - Atividades a serem tomadas com base no cronograma de obras

Programar as atividades das equipes em campo
Instruir equipes
Fazer pedidos de compras
Alugar equipamentos
Recrutar operários
Aferir o progresso das atividades
Monitorar atrasos ou adiantamento das atividades
Replanejar a obra
Pautar reuniões

Fonte: Mattos (2010)

Mas alguns erros são corriqueiros durante a elaboração do cronograma o que causa problemas para o gerente de projeto, deixando-o sem poder cumprir os prazos estipulados e necessitando de mais tempo para a execução dos serviços, comprometendo o prazo final da obra.

2.4.1 Falta de consideração de recursos

Definem-se como recurso, todos os insumos necessários para a realização de uma atividade. Os recursos podem ser: Mão de obra; Material; Equipamento e; Dinheiro (MATTOS, 2010).

Os gerentes dos projetos, frequentemente, se deparam com situações em que os recursos - sejam eles materiais, de mão de obra, equipamento ou dinheiro –

representam uma restrição ao planejamento. O que faz com que seja impossível cumprir o cronograma estipulado durante a fase de planejamento.

Esse erro ocorre quando, duas ou mais atividades são executadas concomitantemente e, para a execução delas, seriam necessários mais recursos do que o disponibilizado para a obra, naquela época. Isso gera, sem dúvida atrasos no cronograma e deixa claro que os recursos devem ser considerados, não é só o fator tempo que é decisivo para essa situação.

2.4.1.1 *Recursos x Duração*

A definição das atividades é a base para a administração dos prazos do projeto e a definição dos recursos, a base para administrar os custos. A principal ferramenta para a administração dos prazos é o cronograma e a principal ferramenta para administrar os custos é o orçamento do projeto (MAXIMIANO, 2010).

Mas o que se tem na prática é que não se pode tratar os recursos e os prazos separadamente, pois a duração das atividades depende diretamente da quantidade de recursos disponíveis para a execução da tarefa. Para exemplificar, se a execução de uma alvenaria, requer 240H.h(homem.hora) de pedreiro para sua realização, ela pode ser planejada com as combinações mostradas no Quadro 3, onde foi considerado 8 horas de trabalho por dia.

Quadro 3 - Relação operários x dias de serviço

Quantidade de Pedreiros	**Duração da atividade (dias)**
2	15
3	10
4	7,5
5	6
6	5

Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que quanto maior a quantidade de recursos, menor é o prazo de execução de uma atividade. Logo, o orçamento disponível e a capacidade de alocar e gerenciar esses recursos durante a execução da obra são fatores que interferem no prazo final da atividade.

Um erro comum durante a execução do planejamento, visto na prática e nas pesquisas, é que as principais decisões e tarefas, quando se refere a gerenciamento de tempo, durante o planejamento são:

a) Definição das atividades;
b) Sequenciamento das atividades;
c) Estimativa da duração das atividades;
d) Elaboração do cronograma;
e) Identificação dos recursos necessários;
f) Controle do cronograma.

O certo seria que, após a identificação dos recursos necessários, houvesse uma revisão da duração das atividades, após analisar o Histograma de Recursos. Pelo Project Management Institute (2008), os processos envolvidos no gerenciamento de tempo do projeto são:

a) Definição das atividades;
b) Sequenciamento das atividades;
c) Estimativa da duração das atividades;
d) Estimativa de recursos das atividades;
e) Elaboração do cronograma;
f) Controle do cronograma.

Essa inversão na ordem das atividades “Estimativa de recursos das atividades” e “Elaboração do cronograma” é muito prejudicial para a veracidade do cronograma, o que será discutido a seguir.

2.4.1.2 *Histograma de recursos*

O cronograma é uma ferramenta de grande importância para o controle de prazos das obras. Geralmente vem apresentado em forma de um gráfico, o gráfico de Gantt, que permite uma melhor visualização e entendimento dos prazos a serem cumpridos, isso porque permite visualizar três informações. São elas (MAXIMIANO, 2010):

a) Quanto tempo está previsto para cada atividade;
b) Quanto tempo se passou desde que o projeto e cada atividade começaram;
c) Quanto tempo falta para terminar o projeto e cada atividade.

Um problema encontrado durante a execução do cronograma é que ele é realizado sem que o histograma de recursos – um gráfico de colunas que representa a quantidade de recursos necessária por unidade de tempo (MATTOS, 2010) - seja considerado. Esse erro pode gerar problemas como:

- **Considerar uma grande variação de recursos em um intervalo de tempo muito curto, o que inviabiliza a logística do projeto;**

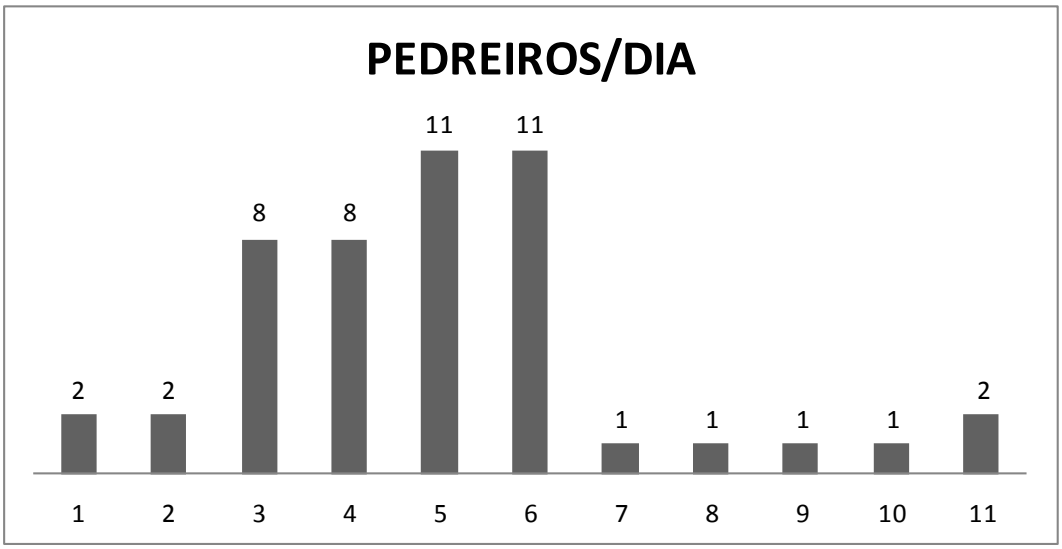
O cronograma apresentado na Figura 12, é correspondente ao cronograma mais cedo. Observa-se pelo histograma dessa situação, na Figura 13, que ele possui grande oscilação na quantidade de recursos requeridos, no caso pedreiros. Ele apresenta picos de 11 pedreiros nos dias 5 e 6 e a demanda mínima de 1 pedreiro entre os dias 7 e 10. Nesta situação, tem o prazo de 11 dias e um acumulado de 48 pedreiros.

Figura 12 – Cronograma

ATIV.	DIA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-10	2	2									
10-20			2	2	---	---	---	---			
10-30			6	6	6	6					
20-40					5	5	---	---	---	---	
30-40							1	1	1	1	
40-50											2
PEDREIROS	2	2	8	8	11	11	1	1	1	1	2
ACUMULADO	2	4	12	20	31	42	43	44	45	46	48

Fonte: Mattos (2007).

Figura 13 - Histograma de recursos



Fonte: Mattos (2007).

Este cronograma foi desenvolvido com critérios técnicos e com os vínculos entre as atividades corretos. Porém do ponto de vista operacional, essa variação diária de mão de obra gera uma grande dificuldade de gerenciamento do projeto.

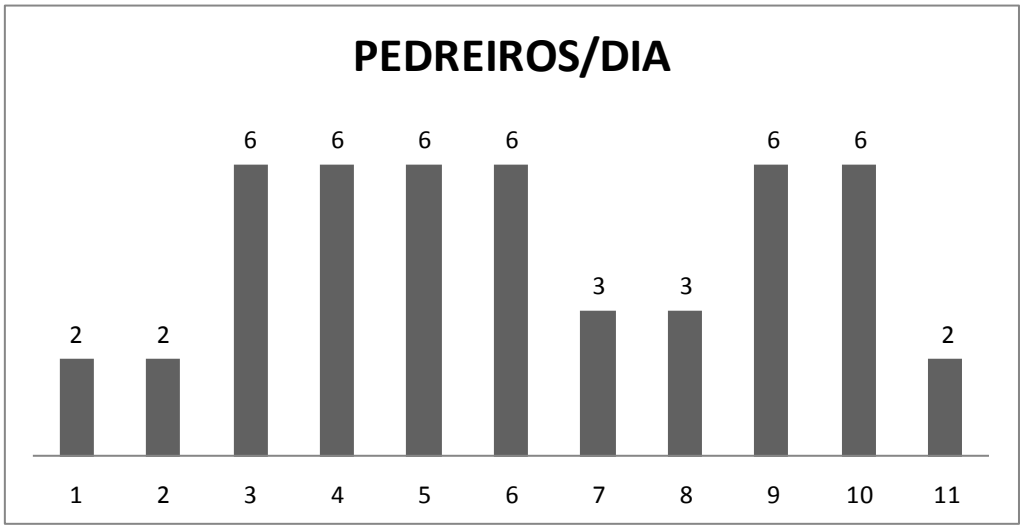
As atividades 10-20 e 20-40 são consideradas como não críticas e podem variar no período pelas suas folgas, sem alterar o prazo final da obra. Com a intenção de transformar este cronograma em um mais fácil de ser gerenciado, sem tantas variações no histograma, o planejador pode utilizar das folgas para isso, como representado na Figura 14, gerando o histograma suavizado da Figura 15.

Figura 14 - Cronograma considerando alocação de recursos

ATIV.	DIA										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-10	2	2									
10-20			---	---	---	---	2	2			
10-30			6	6	6	6					
20-40					---	---	---	---	5	5	
30-40							1	1	1	1	
40-50											2
PEDREIROS	2	2	6	6	6	6	3	3	6	6	2
ACUMULADO	2	4	10	16	22	28	31	34	40	46	48

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 - Histograma suavizado



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse novo cronograma, as atividades foram deslocadas utilizando suas folgas, o que suavizou o histograma, dando pico de recursos de 6 pedreiros/dia, mantendo o prazo original de 11 dias.

Comparando as duas situações, onde não há mudança nem de prazo e nem de quantidade acumulada de recursos, a vantagem de se ter um cronograma com o segundo histograma é que há maior facilidade de gerenciar a obra. É muito difícil de gerenciar um projeto com tanta variação de recursos dia a dia ou até de mês a mês.

Considerando o exemplo dado, não se pode lidar com contratações e demissões de funcionários a cada mês ou em um intervalo de tempo menor. O que ocorreria com a situação 1 (considerando atividades isoladas) é que seriam necessários 11 operários e nos dias em que só tem necessidade de 1 operário, 10 operários estariam ociosos, ao final dos 11 dias, seria como se um funcionário ficasse ocioso por 73 dias. Já na situação 2, com picos de 6 operários e a demanda mínima de 2, seria como se tivesse um operário ocioso por 18 dias. Observa-se então que um cronograma com o histograma sem estar suavizado, gera maior custo final para a obra, causando assim maior dificuldade na hora do planejamento, pois o gerente da obra tem que trabalhar dentro do prazo e do orçamento estipulados para o projeto.

- **Alocar atividades que necessitem de mais recursos do que o disponível na obra.**

No caso anterior, o histograma é considerado para facilitar o gerenciamento da obra, não afetando no prazo final da obra. Naquele caso, considera-se que não há limitações de recursos para a realização das atividades, há apenas que gerenciar a obra. Mas não é o que ocorre na prática, na maioria das vezes. Como já foi dito anteriormente, os recursos definem o preço final da obra, o que geralmente é definido, antes mesmo do cronograma ser executado, além do limitador financeiro, há também outro tipo de limitador, que é a disponibilidade de recursos, seja por falta de mão de obra qualificada ou por dificuldade de acesso à obra, por exemplo.

E mesmo usando técnicas corretas de execução de cronograma, o mesmo se torna inexequível, pois não é possível dispor da quantidade de recursos necessária. Por isso é tão importante considerar o histograma de recursos para a execução do prazo da obra. Com o mesmo exemplo que foi dado anteriormente, considere que só há disponibilidade de 3 pedreiros para executar essa atividade, observa-se pela Figura 15, que este cronograma será inviável. A seguir, a

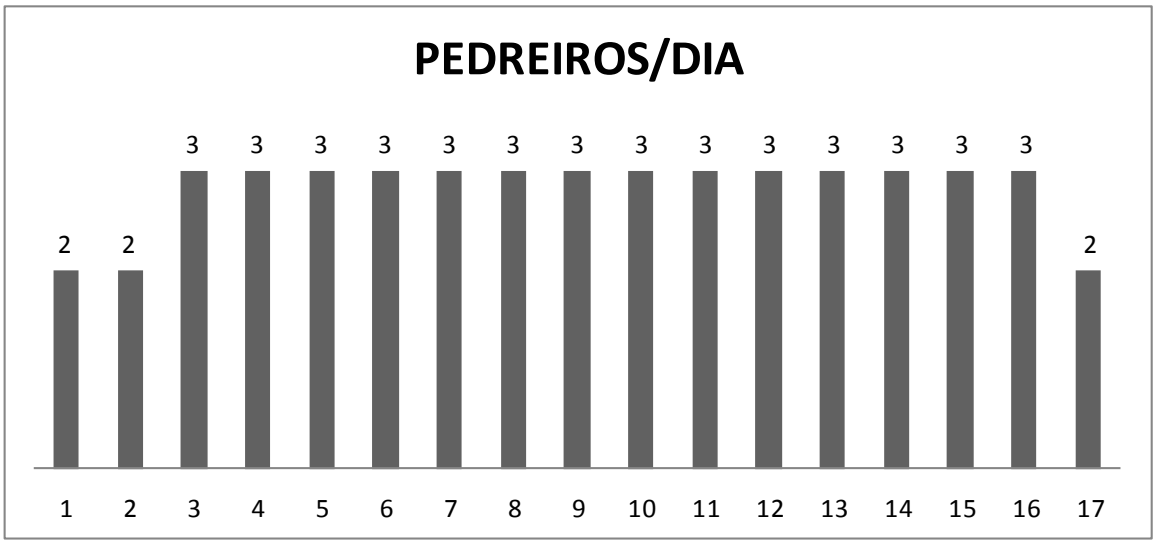
Figura 16 define o cronograma com essa nova limitação de recursos e a Figura 17 mostra o histograma que considera a restrição desses recursos.

Figura 16 - Cronograma com restrição de recursos

ATIV.	DIA																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0-10	2	2															
10-20			---	---	---	---	---	---	---	---	2	2					
10-30			3	3	3	3	3	3	3	3							
20-40					---	---	---	---	---	---	---	---	2	2	3	3	
30-40											1	1	1	1			
40-50																	2
PEDREIROS	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2
ACUMULADO	2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	48

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 - Histograma considerando restrição de recursos



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que a quantidade acumulada de recursos, se manteve igual a 48, porém o prazo de execução dessa tarefa passou de 11 dias para 17, aumentando em quase 55% o prazo. Considerando esse erro em várias atividades, o resultado final será de um prazo muito mais extenso.

Além da consideração da alocação de recursos, é de suma importância que o gerente de projeto tenha acesso fácil aos histogramas das atividades e não apenas ao cronograma com o nome as atividades, suas predecessoras ou sucessoras e as respectivas durações, que o apresentado pelo cronograma de Gantt. Tendo como base Mattos (2007), a alocação de recursos, facilita o gerenciamento, pois permite que o gerente visualize se ele está mobilizando os recursos necessários para aquela atividade ou se está superalocando, por exemplo, recursos. Com isso, ele será capaz de realocar esses recursos ou até mesmos alterar a logística de execução do projeto.

2.5 MONITORAMENTO E CONTROLE

O planejamento de uma obra não se encerra com a conclusão do cronograma inicial. As atividades devem ser monitoradas e acompanhadas para averiguar se o cronograma é obedecido ou se há variações entre o previsto e o executado. Isso porque mesmo o mais preciso dos cronogramas é dinâmico e até um pouco imprevisível, então deve ser acompanhado durante toda a obra.

Para Cleland e Ireland (2002, p.204) “Controle é o processo de supervisão de recursos utilizados no projeto para determinar se os resultados reais estão sendo alcançados de modo que objetivos de desempenho técnico, tempo e custo planejados do projeto sejam atingidos”.

Para Project Management Institute (2008, p.58) monitoramento e controle consistem em processos necessários para acompanhar, revisar e regular o progresso e o desempenho do projeto, identificar as áreas que serão necessárias mudanças no plano e iniciar mudanças necessárias. O maior benefício dessa fase é mensurar o desempenho do projeto de forma periódica e uniforme, para identificar variações em relação ao planejamento inicial.

Uma obra bem planejada e com um cronograma bem executado não é suficiente para eliminar possíveis problemas em relação aos prazos de execução. O gerente de projetos precisa acompanhar a obra e comparar, ao longo de todo o período, o previsto e o realizado, criando assim uma base para julgar se suas pretensões iniciais previstas no cronograma estão sob controle ou se medidas corretivas são necessárias.

Em outras palavras, o gerenciamento deve ser feito por um acompanhamento das atividades, geralmente semanais, quinzenais ou mensais e com as informações colhidas no período em questão, o planejador gera a atualização do cronograma, sendo ele capaz de tomar medidas de acordo com as necessidades da obra em conjunto com o cronograma de obra. Esse acompanhamento deve ser feito por diversos motivos, Mattos (2010) enumera alguns deles:

a) As atividades nem sempre são iniciadas na data prevista;
b) As atividades nem sempre são concluídas na data prevista;
c) Ocorrem alterações de projeto que impactam na execução das tarefas;
d) Ocorrem flutuações de produtividade que alteram a duração das atividades;
e) A equipe decide mudar o plano de ataque da obra, a sequência executiva de algum serviço ou até mesmo o método construtivo em alguma fase da obra;

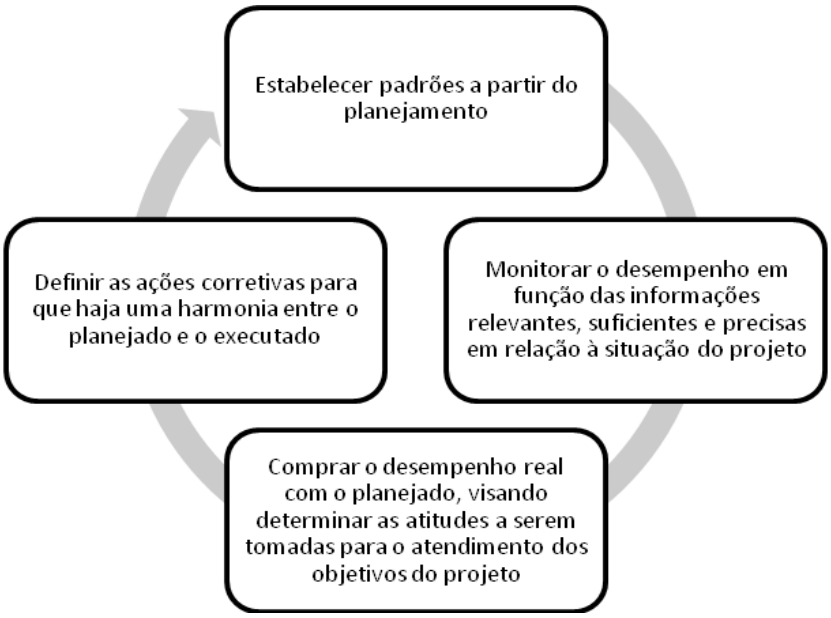
f) Ocorrem fatores que, mesmo previsíveis, não são mostrados de maneira precisa no cronograma, como chuvas e acidentes;
g) Ocorrem atrasos no fornecimento de material.

Isso porque, como os prazos são perdidos e o cronograma deve fluir e refletir as datas-chave ou mudanças de escopo que impactam no progresso geral (CIRELLO, 2011). Atrasos nas fases iniciais de um projeto podem afetar todas as tarefas a seguir, dessa forma, é importante atualizar o cronograma do projeto logo que essas mudanças ocorrerem para que o gerente possa delegar tarefas, cobrar resultados ou até priorizar recursos para tarefas críticas do processo.

Pelo ciclo PDCA, essa fase corresponde ao terceiro quadrante: C – checar ou controlar. É nessa fase que os progressos das atividades são aferidos e comparados com o desempenho planejado. E em seguida, vem o quadrante A – Agir, que seria tomar as medidas preventivas e corretivas para que o planejamento seja recolocado de volta no controle.

Para Cleland e Ireland (2002), são quatro os elementos básicos de um sistema de controle (Figura 18).

Figura 18 - Elementos base do controle de projeto



Fonte: Cleland e Ireland (2002)
Nota: dados adaptados pela autora.

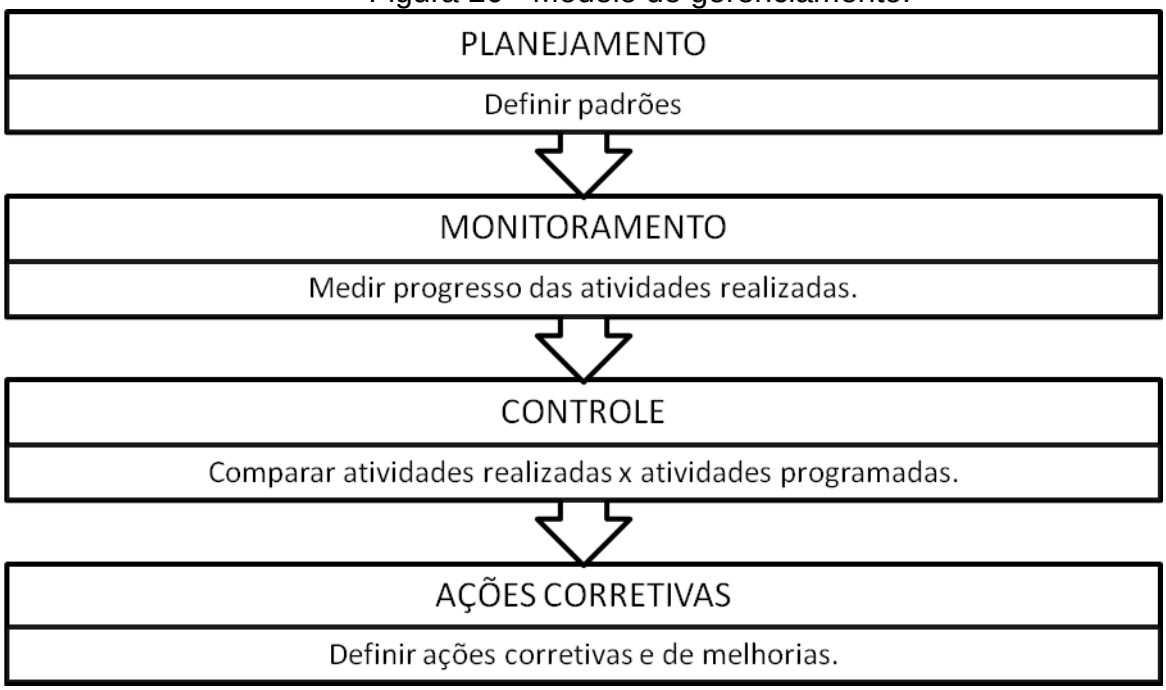
Valle et al. (2010), diz que a sistemática de monitoramento e controle é desenvolvida através de cinco fases (Figura 19).

Figura 19 - Elementos bases do controle de projetos.

Fonte: Valle et al. (2010).
Nota: dados adaptados pela autora.

Comparando os dois modelos de gerenciamento apresentados, conclui-se que eles apresentam basicamente as mesmas fases, porém apresentadas de maneiras diferentes. Fazendo uma síntese desses modelos, apresenta-se como uma forma de monitoramento e controle, a Figura 20, que é um modelo de monitoramento e controle com quatro fases: planejamento; monitoramento; controle e; ações corretivas e apresenta, de forma simplificada, as ações de cada uma dessas fases.

Figura 20 - Modelo de gerenciamento.



Fonte: Elaborada pela autora.

O planejamento não pode ser uma atividade de um setor isolado do projeto. O planejamento, resumido em forma de um cronograma deve ser a principal ferramenta utilizada para o gerenciamento da obra, pois ele é a melhor ferramenta de gestão para que reuniões sejam realizadas, resultados cobrados, desvios sejam detectados e prioridades sejam redefinidas. Mas infelizmente o que se vê muitas vezes são obras com cronogramas sem serem atualizados, cronogramas que existem apenas por imposições contratuais, para a realização de uma medição ou para recebimento ou renovação de uma certificação. Deve haver uma integração entre os setores de planejamento e gerenciamento de qualquer projeto.

2.6 CONSEQUÊNCIAS DOS ATRASOS

Como foi visto, a indústria da construção no Brasil e no mundo sofre com o não cumprimento dos prazos na entrega das obras. Em contrapartida, vê-se que grande parte desses atrasos podem ser diminuídos com um bom planejamento e controle de obras. O que acontece é que existe na construção civil, pelo menos no Brasil o mito do “tocador” de obras, em que o profissional acompanha a obra, apenas para a verificação dos serviços e não é munido de ferramentas para um bom planejamento e com isso não é capaz de fazer o controle adequado naquela obra.

No Brasil há uma gama de ferramentas para auxiliar o gerente de obra, mas que muitas vezes não são utilizados pela postura conservadora das construtoras. Além desse mau uso de ferramentas, enfrenta-se no país outro tipo de gargalo que é a cultura da população, que só investe em uma obra, só compra o seu imóvel assim que começam as primeiras atividades no canteiro. Tem-se aí um problema, já que na maioria das vezes o capital adquirido para que seja executada a obra, vem do investimento dos clientes, o que acontece é que, para obter dinheiro, a construtora começa logo a obra, com um planejamento falho, e um cronograma feito sem muitos estudos e sem respaldos técnicos e executivos.

A consequência imediata desta situação é um grande número de obras atrasadas, gerando maior custo para as construtoras, diminuindo a qualidade e aumentando o grau de insatisfação dos clientes.

2.6.1 Aumento de custo para as construtoras:

Pode-se dizer que, intuitivamente o prolongamento do prazo de uma obra aumenta o custo, pois será mais tempo com aquela mão de obra contratada exercendo atividades que já eram para terem sido concluídas. Além da mão de obra, tem os equipamentos que, na maioria das vezes, são alugados, aumentando os custos com esses insumos.

2.6.2 Diminuição da qualidade dos serviços

Com o prazo “apertado” o gerente da obra, inevitavelmente cobra maior produtividade dos seus funcionários, que por muitas vezes não são capazes de aumentá-la e acabam executando o serviço de forma inadequada para que ele seja concluído mais rapidamente. Essa atitude é prejudicial, pois além de diminuir a qualidade e aumentar a insatisfação dos clientes, pode gerar um retrabalho (quando a tarefa for muito mal executada) estendendo ainda mais o cronograma, além de aumentar os custos.

2.6.3 Aumento do grau de insatisfação dos clientes

Quando o cliente compra um imóvel que será entregue dentro de um período pré-determinado, ele se programa para aquela data. Quando a construtora não cumpre com esse prazo, os clientes ficam insatisfeitos, vão aos meios de comunicação e colocam o nome da empresa e seu serviço em questionamento, muitas vezes entram na justiça contra a construtora, o que gera também maiores custos, porque na maioria das vezes as empresas são condenadas a pagarem indenização para os clientes, proporcional ao atraso da obra.

Com esses problemas expostos, hoje, é inadmissível que atrasos sejam aceitos pelas empresas, pois além de perderem dinheiro, perdem credibilidade no mercado. E o pior, viu-se que a maior parte das causas podem ser mitigadas, apenas com um bom planejamento. As empresas devem exigir de seus engenheiros maior capacidade de gerenciamento e não apenas que sejam capazes de interpretar e colocar em prática um projeto e por outro lado, a população deve começar a aceitar que, obra que sai do papel muito cedo, tem maiores chances de atrasos e de apresentarem uma qualidade inferior.

Para ajudar a solucionar os atrasos e o baixo rendimento das construtoras, este trabalho prevê a utilização de uma ferramenta, na sua maioria das vezes, utilizada para processos técnicos e produção em série, para ser utilizada na construção civil, visando o problema de cumprimento de prazos. Essa ferramenta é o Seis Sigma, que será explorada a seguir.

2.7 A FERRAMENTA SEIS SIGMA[5]

Este capítulo apresentará embasamento teórico para compreender melhor o que é o Seis Sigma, por meio de uma definição conceitual, que inclui definições, origem e evolução. Na sequência outros pontos fundamentais para o entendimento do Seis Sigma de forma mais abrangente também serão focados. São eles: metodologia básica do Seis Sigma, as abordagens estratégica e estatística, aplicações, forma de

[5] Seis Sigma é uma marca registrada da Motorola Inc.

implantação da ferramenta, assim como as dificuldades encontradas durante esse processo e por fim como está o uso dessa ferramenta no Brasil.

2.7.1 Histórico do Programa de Qualidade Seis Sigma (PQSS)

Baseado em Wilson (1999), a filosofia Seis Sigma foi desenvolvida pelo engenheiro Bill Smith na segunda metade dos anos 1980, quando diversas empresas norte americanas procuravam alguma abordagem que as levasse a um padrão de competitividade compatível com aquele praticado por empresas japonesas. Ela tinha o intuito de se diminuir o número de falhas de um produto, ainda dentro do seu período de garantia e de reduzir custos de qualidade.

Após o Seis Sigma ser aplicado com sucesso em algumas empresas, ele se difundiu baseado em Andrietta e Miguel (2002), devido aos ganhos que promove, que são: maior eficiência operacional; redução de custos, melhoria da qualidade e aumento da satisfação dos clientes, sobretudo em relação aos ganhos financeiros. Isso fez com que a filosofia Seis Sigma adquirisse um caráter amplo, gerando uma diversidade no entendimento de sua fundamentação básica. De acordo com Santos (2006), isso pode ser visto como um aspecto positivo da filosofia à medida que gera vários questionamentos, sobretudo, no que diz respeito à compreensão das práticas empregadas numa organização antes, durante e depois de ser implementado o primeiro projeto Seis Sigma.

Ao longo das duas últimas décadas, o Seis Sigma vêm se consolidando como uma abordagem abrangente que está alinhada à implementação de estratégias que promovem a melhoria do desempenho do negócio, aumentando o potencial competitivo e impulsionando as ações estratégicas e gerenciais que (a) priorizem a melhoria contínua do nível de qualidade de produtos e/ou serviços; (b) incrementam a capacidade de inovação, mesmo diante da dificuldade de estabelecer vantagens competitivas; e (c) reduzam custos e desperdícios. Diante de suas implicações, essas ações organizacionais estão ganhando cada vez mais destaque e atenção, não apenas junto à comunidade acadêmica, mas também no meio empresarial (SANTOS, 2006).

Atualmente, o programa Seis Sigma, que emprega uma metodologia estruturada e disciplinada que utiliza ferramentas estatísticas para a definição das situações e dos problemas a serem melhorados, mede para a obtenção de informações e dados, analisa as informações coletadas, incorpora e empreende melhorias nos processos e, por fim, controla os processos, serviços ou produtos existentes, com a meta de alcançar etapas ótimas, o que por sua vez gerará um ciclo de melhoria contínua, é adotado por inúmeras empresas de diversos países, sendo considerado essencial para a competitividade (ROTONDARO; ROZENFELD, 2006). .

2.7.2 Seis Sigma

Hoje, temos um mercado globalizado e altamente competitivo, onde segundo Andrietta e Miguel (2002), a sobrevivência das empresas depende do crescimento dos negócios, que hoje é determinado principalmente pela satisfação dos clientes, governada pelo tripé qualidade, preço e serviços.

Com isso criou-se uma preocupação em obter um melhor entendimento sobre os processos de manufatura, o cenário da gestão da qualidade evoluiu indo ao encontro de alternativas que aliassem a eficiência e a eficácia dos processos produtivos para que pudessem obter maior produtividade e lucratividade como respostas ao aumento da qualidade (ECKES, 2001). Ou seja, as empresas estão reformulando suas estratégias para aumentar suas vendas e diminuir seus custos.

Muitas grandes empresas bem sucedidas, possuem métodos padronizados e ferramentas projetadas para melhorar seus produtos e explorar oportunidades que resultarão em ganhos financeiros significativos. O Seis Sigma foi identificado por algumas organizações, tais quais a Motorola, a Allied Signal e a General Eletric, com uma dessas alternativas (ANTONY; BANUELAS, 2002). Essas empresas, mundialmente conhecidas, apresentam resultados excelentes e esse sucesso divulgado, criou uma curiosidade por parte dos pesquisadores nessa ferramenta.

Inicialmente o Seis Sigma foi compreendido como uma iniciativa de melhoria da qualidade que tinha como foco a medição e para alcançar metas de quase perfeição, lançava-se mão da estatística (MITCHELL, 1992). Após a implementação do Seis

Sigma por outras organizações, ele passou a ser caracterizado como uma iniciativa efetiva de se conseguir aumentar o desempenho organizacional (ROTONDARO et. al., 2011). De uma maneira geral, de início as pesquisas tinham um enfoque mais estatístico e depois começou a adquirir características estratégicas.

Pode-se dizer que o Seis Sigma trouxe a valorização da qualidade como um objetivo estratégico. Isso porque, ele visa à redução da variação dos processos, o aumento da satisfação do cliente através do aumento do potencial competitivo, do aumento da lucratividade, assim como os esforços da melhoria da qualidade (HARRY, 1998). A melhoria contínua da qualidade já faz parte do plano de negócios de indústrias que focam suas atividades na competitividade e na liderança de mercado. Devido a isso, elas buscam a implantação de programas que promovam a melhoria da qualidade e possibilitem maiores lucros em espaços de tempo menores possível após sua implementação.

Na Motorola, Seis Sigma é visto como uma abordagem voltada para a melhoria contínua que substitui a Gestão da Qualidade Total, mas não são todas as empresas que usam o Seis Sigma com essa abrangência, normalmente elas possuem outros programas de melhoria da qualidade (CORONARO; ANTONY, 2002). São muitas as ferramentas focadas na melhoria de processos e a maioria delas alcançam efeitos positivos, mas conforme Rotondaro e Mekhitarian (2006) Seis Sigma é uma metodologia que dará o suporte necessário para que a empresa mantenha-se com sucesso no mercado, pois analisando os resultados das empresas que adotaram o Sistema Seis Sigma, ficou muito claro que essa metodologia leva a um aumento e uma melhoria de resultados muito mais significativos.

Essa afirmativa é confirmada quando Penczkoski, Pedroso e Pilatti (2008), observam que, o programa Seis Sigma tem crescido em popularidade pela sua proposta de redução maximizada de defeitos/falhas, mas principalmente pelos lucros significativos gerados após a sua implementação.

As técnicas e ferramentas adotadas pela metodologia são em sua maioria as mesmas que tem sido utilizadas pelos sistemas da qualidade conhecidos, porém a estrutura Seis Sigma tem um efeito de potencializar os resultados obtidos. Isso porque o Seis Sigma tem por objetivo obter maiores lucros, melhorar a satisfação

dos clientes, maximizar a eficiência dos processos ou serviços, aumentar as vantagens competitivas e participação no mercado e economizar o possível em despesas operacionais. Para isso, a empresa deve focar nas necessidades dos clientes, no alinhamento de processos, no rigor analítico e na execução dentro de prazos (ROTONDARO; MEKHITARIAN, 2006).

Encontrou-se uma dificuldade de obter um consenso sobre como se definir o Seis Sigma, isso fez com que um estudo mais detalhado fosse realizado sobre as diversas definições de Seis Sigma que podem ser encontradas na literatura, desde a sua origem.

2.7.3 Definição de Seis Sigma

O sucesso obtido pelas empresas quem implementaram o Seis Sigma, após o seu desenvolvimento nos anos 1980 pela Motorola, fez com que questionamentos com relação às práticas empregadas por essas organizações, surgissem. Isso pode ser visto como um ponto positivo para o desenvolvimento já que gerou o interesse de estudos e pesquisas na área.

É possível perceber que o assunto sofreu uma evolução conceitual, principalmente quando se fala na visão e na identificação de quais são os fatores chaves que influenciam o sucesso do Seis Sigma na maior parte das organizações (SANTOS; MARTINS, 2008). Essa evolução representou um aumento de escopo, assim essa evolução indicou uma mudança na visão dos estudiosos do assunto que se propuseram a criar definições que sintetizassem o sentido de várias aplicações e adaptações bem sucedidas às ideias iniciais que levaram à concepção do Seis Sigma (Santos, 2006).

Até pouco mais da metade da década de 1990, os autores enxergavam o Seis Sigma como uma ferramenta voltada para o controle da qualidade e para aplicação de métodos estatísticos. Tinham um referencial mais técnico, operacional e o objetivo desses primeiros trabalhos era esclarecer o significado estatístico da redução de variação para atingir a meta de desempenho de 3,4 DPMO (defeitos por milhão de oportunidades). Já sob outro enfoque, os trabalhos publicados no final dos

anos 1990 e início dos anos 2000, preocuparam-se em introduzir aspectos de gestão, que poderia ser impulsionadores ou limitadores do sucesso da implementação do PQSS (Programa da Qualidade Seis Sigma). As duas caracterizações dependem de como os fatores críticos de sucesso são reconhecidos e identificados em cada organização, ao se decidirem pela implementação de seus projetos de melhoria com padrões de qualidade Seis Sigma (CORONADO; ANTONY, 2002).

Com outras palavras, pode-se definir a evolução da visão geral do Seis Sigma, através de duas abordagens: a abordagem estatística e a abordagem estratégica.

Pela revisão da literatura, nota-se que o Seis Sigma começou a ser definido como “estratégia” nos anos 2000, complementando seu significado estatístico. Atualmente, há uma tendência dos estudos em reforçar as implicações gerenciais e estratégicas que permeiam a implementação do Seis Sigmas, já o enfoque estatístico, que foi tão enfatizado nas publicações dos anos 1990, continua sendo priorizado, porém de forma mais restrita.

2.7.4 Abordagem estatística do Seis Sigma

Ao longo da história, a estatística desempenha um papel fundamental no contexto controle e gestão da qualidade. Isso porque, a variabilidade dos processos só pode ser medida através da estatística. Variabilidade essa que geram elevação dos custos de produção, insatisfação dos cliente e instabilidade, culminando na perda de oportunidades e elevação do desempenho.

Desde a origem do termo Seis Sigma há um significado estatístico importante. A letra “sigma” é uma letra grega usada para representar o desvio padrão de um conjunto de dados e tem por finalidade, quantificar a dispersão ou variação desses dados em relação à média.

Essa medida é necessária porque os processos produtivos funcionam com base no controle de vários fatores que precisam ser mantidos dentro de certos níveis. Estes níveis apresentam sempre um grau de variabilidade, independente do controle e da qualidade do processo. Assim duas peças produzidas sob o mesmo processo

apresentarão variabilidade e quanto menor for este valor, menos produtos defeituosos serão produzidos (MONTGOMERY, 2009).

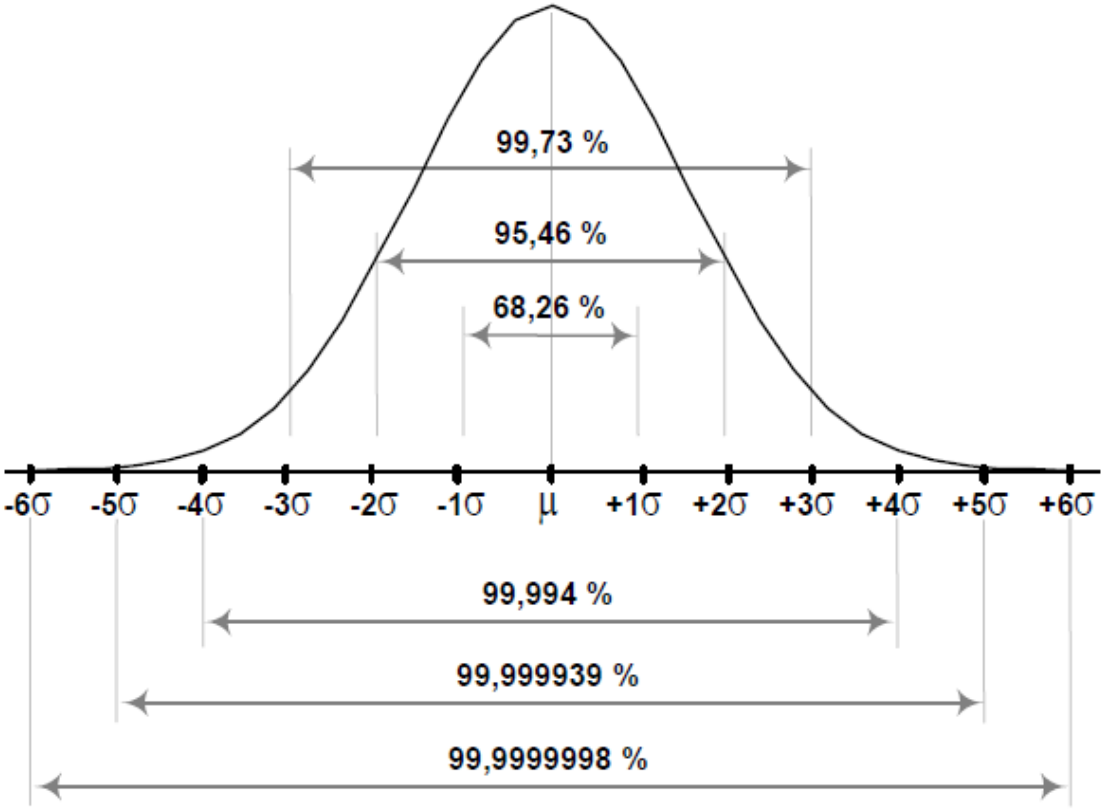
Então essa denominação de Seis Sigma dada pela Motorola tem um sentido de representação do padrão de qualidade em termos de quantidade de desvio padrão (±6σ). Esse valor considerou que os limites de especificação inferior (LIE) e superior (LSE) poderiam estar a uma distância de seis desvios padrão em relação à média e essa quantidade de desvios padrão, significaria a quase perfeição.

Explicando melhor, pode-se dizer que, normalmente, os processos produtivos operam com um limite máximo de dispersão. Limite esse determinado de acordo com as necessidades dos clientes. A dispersão em torno dessa meta do processo pode gerar uma distribuição normal. Comparando essa distribuição com os limites de especificação (LIE e LSE), é possível estimar o quanto o processo é eficiente em produzir produtos dentro das especificações dos clientes.

De acordo com Harry (1998), um número grande de sigmas implica num processo com baixo número de defeitos. Assim, o aumento do número de sigmas, a confiabilidade do produto é aumentada, a necessidade de testes e inspeções e diminuída assim como o retrabalho, os custos reduzem, os ciclos de tempo também são diminuídos e a satisfação do cliente cresce.

Para uma situação onde o sigma é aumentado gradualmente, haverá uma hora em que o número de sigmas será tão grande que seria atingida a perfeição, ou seja, 0% de defeitos. Se for considerada uma situação com 12 sigmas de amplitude dentro dos limites de especificação, significaria atingir 0,0000002% de produtos defeituosos. Ou seja, a área da curva normal que representa a dispersão do processo está contida em 99,9999998% entre os limites de especificação. Assim, a probabilidade de obter um dado fora desses limites pode ser considerada zero, seria o caso de quase perfeição. Essas informações são mais bem visualizadas na Figura 21.

Figura 21- Percentuais da área total sob a curva normal em função do desvio padrão.



Fonte: Wilson (1999).

O Seis Sigma pode ser considerado como uma medida ou uma meta. Ele é visto como meta se observado o objetivo de alcançar um nível de 0,002 defeitos por milhão. Além disso, ele também pode ser visto como uma medida de qualidade, pois quanto maior o número de sigmas, menor o número de defeitos ou de não conformidades (WILSON, 1999).

Mas o que nota-se é que do ponto de vista estatístico, há uma diferença entre a quantidade de desvios padrão e o padrão sigma traduzido em PPM ou DPMO. Conforme foi visto, um padrão Seis Sigma, praticamente acaba com os defeitos, já que 0,002 PPM é uma quantidade insignificante. Porém, o que é normal de se encontrar na literatura é o número 3,4 DPMO relacionado ao padrão Seis Sigma. Essa divergência é vista por Wilson (1999, p. 176) como um mal entendido na interpretação dos documentos da Motorola, ele destaca que:

> "[ ] a Motorola afirmou que se um processo fosse planejado para ser seis sigma determinando suas especificações como duas vezes a amplitude do processo, o processo seria muito robusto. Esse processo seria robusto - mesmo que ele fosse surpreendido por uma variação positiva ou negativa na média, como maior que 1,5 sigma – que os clientes não perceberiam a

> diminuição da qualidade. Na pior das hipóteses uma variação de 1,5 sigma, faria um produto zero defeito ser 3,4 PPM e o cliente só perceberia um aumento de zero para três produtos defeituosos, assumindo uma produção de um milhão...”.

Mitchell (1992) dá ênfase a essa variação de 1,5 sigma a longo prazo, pois após vários ciclos de produção, podem ocorrer mudanças potenciais ao longo do processo devido aos desvios de projeto, deficiência no controle de processos e instabilidade de matéria prima e de componentes. Além dessas fontes, pessoas, máquinas, métodos e ambiente, também podem levar às variações no produto.

A seguir, duas Tabelas serão apresentadas relacionando o padrão sigma com o número de peças defeituosas por milhão de oportunidades e os índices de capacidade. Na primeira, Tabela 2, será considerado um processo estável, centrado no valor nominal e na Tabela 3, considera-se que, em longo prazo, a diferença entre o valor nominal e a média do processo no padrão seis sigma seja igual a ±1,5 sigma.

Tabela 2 - Relação entre padrão sigma e DPMO para um processo centrado

Padrão Sigma	Cp	Cpk	DPMO (centrado no valor nominal)
1σ	0,33	0,33	317.311
2 σ	0,67	0,67	45.500
3 σ	1,00	1,00	2.700
4 σ	1,33	1,33	63
5 σ	1,67	1,67	0,57
6 σ	2,00	2,00	0,002

Fonte: Wekema (2004).

Tabela 3 - Relação entre padrão sigma e DMPO para um processo desviado +1,5 sigma do valor nominal

Padrão Sigma	C_p	C_{pk}	DPMO (média desviada 1,5 σ do valor nominal)
1σ	0,33	-	690.000
2 σ	0,67	0,17	308.538
3 σ	1,00	0,50	66.807
4 σ	1,33	0,83	6.210
5 σ	1,67	1,17	233
6 σ	2,00	1,50	3,4

Fonte: Werkema (2002).

Para abordagem nesse projeto, será considerado, assim como na maior parte da literatura o desvio de 1,5σ em relação ao valor nominal, com isso, têm-se valores como apresentados na Tabela 4, que relaciona o efeito da capacidade do processo com o impacto no desempenho do negócio para diferentes padrões sigma.

Tabela 4- Tradução do nível de qualidade para linguagem financeira

Nível da qualidade	Defeitos por milhão	Custo da Qualidade	Níveis Competitivos
Um Sigma	690.000	>40%	Não competitivo
Dois Sigma	308.538	30 a 40%	
Três Sigma	66.807	20 a 30%	Média Industrial
Quatro Sigma	6210	15 a 20%	
Cinco Sigma	233	5 a 15%	Classe Mundial
Seis Sigma	3,4	<1%	

Fonte: Werkema (2002).

Nota: dados adaptados pela autora.

São poucas as empresas que atingem o Seis Sigma, De acordo com Breyfogle (2003), as empresas que têm as melhores classificações mundiais, tem seus processos em torno de 5 a 6 sigma e as empresas padrões têm seus processos em torno de 3 a 4 sigma.

Harry (1998) associava vantagens competitivas com a redução dos custos da baixa qualidade que é possível em razão do aumento da qualidade decorrente da diminuição do número de falhas em produtos ou serviços.

Em resumo, a ferramenta Seis Sigma pode ser definida como um método de análise estatística empregado por engenheiros e técnicos, que garante a melhoria de produtos e processos (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

A análise estatística dos defeitos/falhas é o principal dado de trabalho do programa. É através deste que os gestores vão determinar os setores de defeitos/falhas. Sendo defeitos relacionados a produtos e falhas a processos/serviços (PENCZKOSKI; PEDROSO; PILATTI, 2008).

2.7.5 Abordagem estratégica do Seis Sigma

Como foi visto, ainda não se tem uma definição em consenso para o Seis Sigma entre os principais autores. Mas o que se vê é que a abordagem estratégica do Seis Sigma vem se tornando mais presente em publicações feitas a partir do ano 2000. Nessa visão estratégica, a implementação do Programa de Qualidade Seis Sigma é encarada como um meio que possibilita a melhoria de todo o negócio a partir do alcance dos objetivos estratégicos (SANTOS, 2006).

Em 1999, Wilson já definia Seis Sigma também como estratégia, afirmando que ele poderia atuar na empresa de várias formas. Seriam elas:

a) Benchmark: usado como parâmetro para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, entre outros;
b) Meta: é uma meta de qualidade. Atingir o número de 3,4 defeitos por milhão;
c) Medida: é uma medida para determinar o nível da qualidade;
d) Filosofia: é uma filosofia para melhoria perpétua do processo e redução de sua variabilidade na busca interminável do zero defeito;
e) Estatística: é uma estatística calculada para cada característica crítica da qualidade, para avaliar o desempenho em relação à especificação ou à tolerância;
f) Estratégia: é uma estratégia baseada numa inter-relação entre o projeto de um produto, sua fabricação, sua qualidade final e sua confiabilidade, ciclo de controle, inventários, reparos no produto, sucatas e defeitos, assim como falhas em tudo que é feito no processo de entrega de um produto a um cliente e o grau de influência quês podem ter sobre sua satisfação;
g) Visão: é uma visão de levar a organização a ser a melhor do ramo.

Assim, Seis Sigma não é um simples esforço para aumentar a qualidade, é um processo para aperfeiçoar os processos empresariais. É um programa de melhoria de todo o negócio, que resultará em fortes impactos nos resultados financeiros da companhia, aumentará a satisfação de seus clientes e ampliará a participação no mercado (ROTONDARO et al., 2011).

Quando se fala em qualidade, percebe-se que desde que o foco no cliente passou a compor a orientação estratégica da maioria das organizações, o conceito evoluiu, passando por diferentes etapas. Vale ressaltar, de acordo com Mitchell (1992) que, na proposta inicial do PQSS criada pela Motorola, havia uma grande ênfase no controle estatístico do processo (CEP) para o gerenciamento da qualidade total. Além disso, o PQSS foi uma iniciativa para que fosse promovida, dentro das organizações, uma mudança estratégica, e a primeira maior mudança sofrida foi:

deixar de ser uma empresa orientada para dentro, para os processos internos, e se tornar uma empresa voltada para o cliente, orientada para o mercado.

Quando se fala em sucesso do PQSS, precisa-se observar os motivos pelos quais nem todas as empresas conseguem adotá-lo. Esses fatores são destacados por DALE, WILLIAMS e WIELE (2002). E são eles:

a) O fato de o programa envolver grandes mudanças no modo que as pessoas pensam em agem dentro das empresas, o envolvimento da liderança, o treinamento e o entendimento sobre estatística;
b) O PQSS é um programa que exige um grau de organização elevado para que se consiga aderir a filosofia como um todo, ou seja, uma organização que investe no PQSS deve ser madura o suficiente para aceitar mudanças; trabalhar com equipes interfuncionais; e ter seus principais processos controlados; e
c) A constante preocupação com a redução apenas dos defeitos como um fator crítico para o cliente.

Devido a essas dificuldades de implantação Han e Lee (2002) apontam que as atividades propostas no PQSS não são desempenhadas de forma consistente, e que os ganhos financeiros obtidos pelas empresas, são originados das atividades aplicadas em pequena parte do processo.

2.8 METODOLOGIA BÁSICA DO SEIS SIGMA

O programa de qualidade Seis Sigma, é o uso conjunto de ferramentas estatísticas e gerenciais para construir uma base para que haja uma melhoria no processo. A melhoria de um processo está relacionada com a melhoria dos níveis de qualidade de produtos e serviços e, consequentemente, relacionada às métricas que refletem o que é importante para satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes.

No cenário Seis Sigma, duas metodologias são encontradas para a definição dos projetos Seis Sigma signifique uma intenção clara de busca da perfeição técnica, cujo resultado esperado é um avanço significativo nos níveis de qualidade. São eles: DFSS (Design for Six Sigma) e DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve e Control). De acordo com SIMÕES e GUTIERREZ (2008), o primeiro é destinado à

qualidade em projetos de produtos e serviços e o segundo a gestão dos processos chaves.

No trabalho em questão, será dado maior ênfase ao método DMAIC, pois será o método utilizado, já que será estudado um processo já existente.

2.8.1 DFSS (*Design for Six Sigma*)

O DFSS lida com a qualidade no projeto de novos produtos e também pode ser aplicado tanto para processos produtivos e de serviços que necessitam ser constituídos de forma que, assim que estiverem em funcionamento, já atinjam o nível Seis Sigma de qualidade. Essa metodologia traz ferramentas que tem como objetivo, reduzir custos e melhorar a qualidade, mas principalmente adicionar valor ao produto através de inovações e do atendimento das reais necessidades do cliente HAHN, DOGANAKSOY e HOERL (2000). Para isto é adotado o Ciclo DMADV que possui cinco fases bem definidas, explicadas por Simões e Gutierrez (2008) da seguinte forma:

a) Definir: Identifica o que será projetado e os objetivos alcançados;
b) Medir: Identifica os requisitos dos clientes e define as características críticas do projeto;
c) Analisar: Através de matriz de decisão e benchmarking escolhe a melhor solução para o desenho.
d) Projetar: Desenvolve o projeto com descrição do conceito, mapas de processos e arranjos das instalações para todos os elementos;
e) Verificar: Testa e valida o desempenho.

O método DMAIC que será visto a seguir, será mais detalhado, pois é o método em questão, já que é utilizado para a melhoria de produtos e serviços existentes, sendo estruturado para atingir as metas de capacidade do programa Seis Sigma (CARVALHO; HO, PINTO, 2007).

2.8.2 DMAIC

Para Santos (2006), o método DMAIC consiste no desenvolvimento de um conjunto de etapas direcionadas para a solução do problema que está focado na utilização de

métodos que assegurem a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e processos existentes.

De acordo com Penczkoski, Pedroso e Pilatti (2008, p.7), pode-se conceituar o DMAIC como sendo

> "[ ] a metodologia que visa à melhoria contínua baseada na otimização e controle de processos, onde procura-se identificar e analisar resultados indesejáveis priorizando a resolução dos problemas, para isso a equipe de trabalho deve contar desde pessoas com conhecimentos técnicos até pessoas que somente efetuam a operacionalização das tarefas".

Essa metodologia está estruturada por um ciclo de melhoria constituído de cinco etapas: Definir (D), Medir (M), Analisar (A), Melhorar ou Incrementar (I) e Controlar (C). Este modelo metodológico, inicialmente foi denominado de MAIC (Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) foi desenvolvido na Motorola como a evolução do ciclo PDCA e depois adotado pela GE como DMAIC (SLACK, 1999).

Se esses procedimentos forem analisados atentamente, verifica-se que são baseados simplesmente no método científico que tem as seguintes etapas: Observar – Medir – Analisar – Sintetizar, obedecendo às regras que foram estabelecidas por René Descartes. Esse método é fundamentado na ideia de que nunca se deve aceitar como verdadeira qualquer coisa antes de conhecê-la como tal, ou seja, trabalhe com evidências (ROTONDARO et. al. 2011).

Para Rotondaro et al. (2011), Werkema (2002) e Eckes, (2001), as etapas do ciclo DMAIC (Figura 22) mencionadas anteriormente podem ser mais bem compreendidas observando a descrição conforme segue.

D – Define (Definir): Nesta etapa é necessário definir com precisão o problema as ser resolvido de acordo com as necessidades e desejos dos clientes, incluindo os potenciais benefícios. Transformar essas necessidades e desejos em especificações do processo, considerando a disponibilidade de fornecimento de insumos, a capacidade produtiva e o posicionamento do serviço ou produto no mercado, tendo em conta as ofertas dos concorrentes.

M – Measure (Medir): nesta etapa é necessário medir com precisão o desempenho do processo, identificando os pontos críticos e passíveis de melhoria. Sempre que

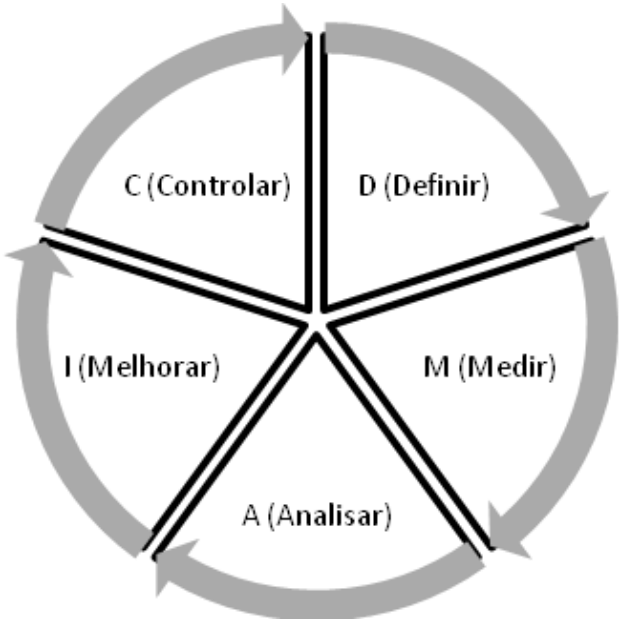
há defeitos no processo ocorrem gastos adicionais de recursos para repor o nível de produção, insumos, tempo, mão de obra para executar a atividade.

A – Analyze (Analisar): a ênfase é a análise dos dados coletados e determinação da raiz de defeitos que gerem oportunidades de melhorias, assim é possível identificar as “lacunas”, ou seja, determinar o que falta nos processos para atender e encantar os clientes. A busca da causa-raiz dos problemas leva ao desenvolvimento de hipóteses e à formulação de experimentos, visando à eficácia dos processos. Para realizar as melhorias nos processos são elaborados projetos ou planos de ação acompanhados de cronogramas, dimensionamento de recursos necessários, custos e retorno do investimento.

I – Improve (Melhoria): determina-se como se deve intervir nos processos para que haja uma redução significativa no nível de defeitos. O sucesso da implementação das melhorias está relacionado com a forma de venda do plano às pessoas, que deve contemplar a demonstração das vantagens que a mudança vai trazer e, sempre que possível, aproveitar suas contribuições na forma de operacionalizar a estratégia.

C – Control (Controlar): o estabelecimento de um sistema permanente de avaliação e controle é fundamental para garantia da qualidade alcançada e identificação de desvios ou novos problemas, os quais devem exigir ações corretivas e padronizações de procedimentos.

Figura 22 - Método DMAIC de controle de processos



Fonte: Elaborado pela autora.

Uma característica importante da metodologia DMAIC é que ela não prevê retroalimentação, ou seja, um projeto não deve retornar às fases anteriores. Se um projeto não obtiver os resultados esperados, pode-se dizer que não houve uma correta priorização de variáveis. Esse processo de melhoria contínua não deve ser feito revisando projetos já concluídos e sim, aplicando de novo a metodologia para outros projetos ligados ao mesmo processo. Outro projeto que deverá trabalhar com as variáveis que não foram melhoradas no projeto anterior, para que busque a redução, ainda maior, das taxas de defeitos. Assim, afirma-se que um processo não atinge a performance Seis Sigma com um único projeto, são necessários sucessivos projetos, até que todas as variáveis sejam contempladas (RECHULSKI; CARVALHO, 2004).

2.8.3 O método DMAIC e o PDCA

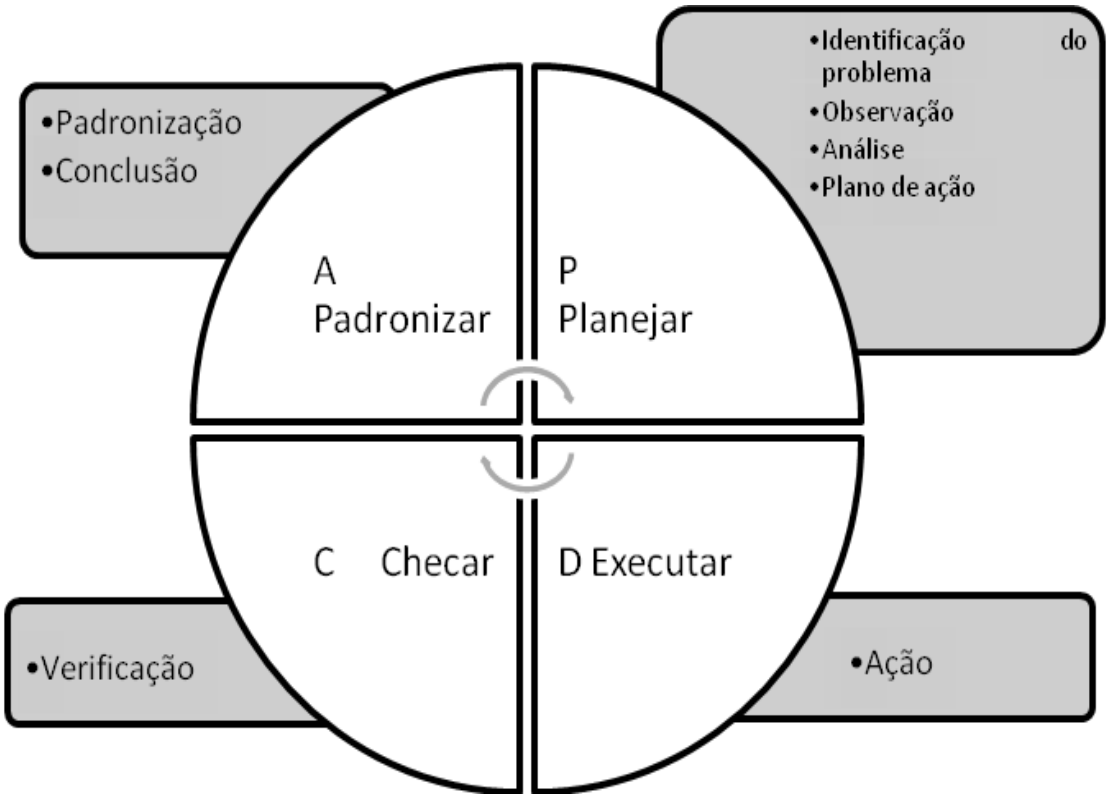
Muitos modelos que visam melhorias vêm sendo aplicados aos processos ao longo dos anos, desde que o movimento pela qualidade se iniciou. A maioria desses modelos se baseia no ciclo PDCA, iniciais vindas dos termos em inglês Plan-Do-Check-Action ou em português, Planejar-Executar-Checar-Padronizar (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

Em termos tradicionais, o DMAIC visto por Penczkoski, Pedroso E Pilatti (2008), é uma metodologia derivada do ciclo PDCA e assim como no ciclo PDCA, o DMAIC também se caracteriza pela aplicação contínua, ao final de cada etapa, deve-se dar continuidade à próxima etapa e ao final do ciclo, dá-se início a um novo ciclo.

Werkema (2002) também defende uma semelhança entre os métodos PDCA, com o método utilizado pelo Seis Sigma, DMAIC. Para Carvalho et. al. (2007), o ciclo PDCA remete ao DMAIC, contudo este último vai além do pensamento estatístico quando faz o alinhamento estratégico da qualidade, desdobrada em projetos prioritários.

Campos (1999) afirma que o PDCA pode ser abordado de duas formas: PDCA para manter resultados e PDCA para melhorar resultados. Destes dois, o mais próximo ao DMAIC proposto e utilizado nesta dissertação é o PDCA para melhorar resultados, onde ele é subdividido em oito passos (Figura 23): (i) identificação do problema; (ii) observação; (iii) análise (iv) plano de ação; (v) ação; (vi) verificação; (vii) padronização e; (viii) conclusão.

Figura 23 - Ciclo PDCA



Fonte: Campos (1999).

Para Werkema (2002), o método DMAIC dá grande ênfase ao planejamento. O que pode ser notado no Quadro 4, onde a maioria das etapas do método DMAIC concentra-se na etapa planejamento do ciclo PDCA. Essa característica que pode ser entendida como um diferencial do DMAIC em relação ao PDCA.

Quadro 4 - Analogia entre o ciclo DMAIC e o PDCA

Ciclo DMAIC	Ciclo PDCA		Justificativa
D	P	Passo “identificação do problema”	Ambos são dedicados à identificação dos problemas críticos para a empresa (AGUIAR, 2002).
M	P	Passo “observação”	Sugerem investigações para identificar as causas fundamentais dos problemas (FRANZ, 2003).
A	P	Passo “análise”	Devem ser usadas para chegar aos pontos críticos no processo que precisam ser trabalhados (FRANZ, 2003).
I	P	Passo “plano de ação”	Define-se planos de ação para bloquear as causas-raiz do problema em questão.
I	D	Passo “ação”	Nessa etapa, ambos implantam o plano de ação definido anteriormente.
C	C	Passo “verificação”	Verifica quanto o projeto foi eficiente e eficaz na solução do problema.
C	A	Passo “padronização”	O procedimento proveniente dos resultados obtidos pelo projeto é divulgado, implementado e acompanhado.
C	A	Passo “conclusão”	Observar os problemas remanescentes, planejar o ataque desses problemas e refletir o quanto o projeto foi realizado de forma eficiente e eficaz.

Fonte: Elaborado pela autora.

Uma diferença significativa entre os ciclos DMAIC e PDCA é que durante a fase Melhorar do DMAIC, leva-se em consideração a utilização de ferramentas estatísticas para que a efetividade das melhorias seja sustentada, enquanto o PDCA não contempla nenhuma atividade de verificação de análise (FRANZ, 2003).

Ao fim da fase controlar do DMAIC caso não seja provada a melhoria, a fase Medir deve ser retomada e todas as fases seguintes revistas atentamente. No PDCA, também se propõe que todas as etapas do método sejam revistas, uma vez que seja provada a ineficácia da melhoria.

2.8.4 Aplicações do Seis Sigma

De acordo com Coronado e Antony (2002), os vários exemplos de casos bem sucedidos sobre os investimentos no Seis Sigma, fez com que diversas organizações industriais, criassem interesse sobre o assunto, não apenas pela

melhoria da qualidade de produtos serviços e processos, mas também pelo incremento significativo no desempenho organizacional, na mudança de cultura e no aumento do capital humano.

O Seis Sigma é aplicável em processos técnicos e não técnicos. Processos técnicos são aqueles que possuem uma entrada (partes de peças, montagem, produtos, partes) e uma saída, que é normalmente um produto final, uma montagem ou uma submontagem. É um processo de fabricação. Nesse processo, o fluxo do produto é muito visível (SLACK, 1999).

Processos não técnicos, que é o caso da construção civil, são mais difíceis de serem visualizados. São processos administrativos, de serviços ou de transações. Nesses processos as entradas podem não ser tangíveis. Ainda segundo Slack (1999), estes são processos, e tratá-los como tal, permite entendê-los e, assim, eliminar a possibilidade de erros e falhas. Assim, o sistema Seis Sigma abrange todas as atividades de uma empresa, propondo ações de melhoria para todos os seus setores.

Estudos que aplicam a ferramenta Seis Sigma na construção civil, já estão sendo feitos em todo o mundo e inclusive no Brasil, em universidades de São Paulo e do Rio Grande do Sul, aonde resultados muito satisfatórios vêm sendo obtidos, mas a maioria deles com relação à qualidade do produto final, estudos com foco no cumprimento do cronograma de obra ainda são muito poucos.

Carrion (2205) fez um estudo de caso em obras habitacionais, analisando a aplicabilidade da metodologia DMAIC entre outras ferramentas da qualidade na construção civil habitacional. Para o estudo ele analisou a situação inicial das obras em questão e aplicou essas ferramentas, como resultado ele obteve maior eficiência na produção dos edifícios e, por consequência, redução do custo da qualidade. E afirma também que a retroalimentação do processo, reduzirá o índice de patologias construtivas.

Santos (2006) conclui que o uso dessa metodologia é apropriado para resolver problemas com causas de variações desconhecidas. Amado e Rozenfeld constataram que o método de implantação Seis Sigma é versátil, podendo ser

aplicado com sucesso em vários processos de indústrias diferentes tais como *software* e construção civil, trazendo as melhorias almejadas em todos os estudos de caso, buscando a obtenção da causa raiz do problema de forma eficaz.

Tavares (2009) chega a dizer que a estratégia Seis Sigma é a chave para o sucesso das organizações que pretendem ser competitivas no mercado no século XXI. Ela é a adaptação necessária que as empresas devem aderir para adquirir e manter a competitividade.

Diante de que a aplicação dessa ferramenta é de extrema eficácia e que os problemas de prazo na construção civil são muito nocivos para os lucros da empresa e para os clientes, e que estudos nessa área ainda são poucos, dá-se a importância do tema dessa dissertação.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento da pesquisa realizada no processo de entrega de obras residenciais. Inicialmente é feita a descrição do objeto de pesquisa, posteriormente será apresentada cada uma das fases da pesquisa, seguindo o roteiro proposto pelo método DMAIC, pois Penczkoski, Pedroso e Pilatti (2008) afirmam que o sucesso da implantação do Seis Sigma depende fundamentalmente da utilização correta deste ciclo, pois é ele que irá nortear as ações. Usá-lo corretamente prevê que haja controle na melhoria do processo, ou toda análise de dados estatísticos será descartada.

Ao final da apresentação de cada fase realizada nesse projeto de pesquisa serão discutidos os processos críticos, observados no decorrer do projeto, mas Antony e Banuelas (2002) já adiantam que um dos principais fatores críticos de sucesso, mostrados em estudo realizado em organizações do Reino Unido, da implementação do Seis Sigma é o envolvimento e comprometimento da alta gerência com o programa. O caso de sucesso da Motorola serve de exemplo, pois após a alta gerência implantar o programa por toda a fábrica os objetivos do Seis Sigma foram alcançados, todos os funcionários estavam envolvidos.

3.1 OBJETO DE PESQUISA

Na maior parte das vezes, as empresas que desejam implantar os programas de melhoria da qualidade já possuem algum programa relacionado. Dentre esses, pode-se destacar, na construção civil, uma certificação ISO (CARVALHO; et al, 2007).

Grande parte das informações necessárias para a aplicação da ferramenta Seis Sigma, já estava definida, pois a construtora é certificada pela ISO-9001:2008, então ela possui uma empresa terceirizada para fazer o controle de atividades críticas para o processo e para controlar o cronograma. Diante dessas informações já existentes, muitas etapas da aplicação do PQSS foram suprimidas, e apenas os resultados foram apresentados. Isso foi feito, pois o interesse maior era medir o Sigma que a construtora trabalha, quando o assunto é cumprimento de prazos e definir os principais problemas causadores dos atrasos. Assim os dados fornecidos pela

empresa foram considerados pela autora, julgando-se desnecessário refazer todas essas pesquisas.

Outro fator que foi decisivo para esta consideração foi o fato de que, com o acompanhamento por esta empresa terceirizada em todas as obras desde o início, esse acompanhamento contempla todas as fases de obra no processo produtivo adotado pela construtora, tornando as informações mais completas e de acordo com a realidade, diferente do que aconteceria se fossem analisadas apenas durante o prazo dessa dissertação.

Fixado o problema de interesse como objeto de estudo: não cumprimento de prazos na construção civil brasileira, foi escolhida uma empresa construtora da Grande Vitória, e questionada a respeito do cumprimento de prazos das suas obras. Esse questionamento inicial foi realizado para definir se aquela empresa tinha potencial para o estudo em questão, ou seja, se ela apresentava atrasos significativos nas suas obras.

Após conversas informais e apresentação de alguns resultados e dados dessa empresa, por um engenheiro responsável pela qualidade, constatou-se que o cumprimento dos cronogramas, nas obras em andamento, era uma das grandes dificuldades enfrentadas pela empresa, que mesmo com certificação da ISO-9001, no ano de 2010, não conseguiu resolver esse problema. Ficando escolhida, então, a empresa a ser estudada.

A empresa objeto desta pesquisa é de médio porte, que atua na grande Vitória e que hoje está com seis obras em andamento, sendo que todas elas não conseguem cumprir com o prazo inicial de entrega para os clientes. Consequentemente, causa muitos prejuízos para a empresa, havendo um grande interesse de que esse problema seja solucionado. Assim, para essa dissertação, foram utilizadas informações das seis obras em questão, sendo chamadas de: Obra 01, Obra 02, Obra 03, Obra 04, Obra 05 e Obra 06. A data base de estudo foi o mês de abril de 2012.

3.1.1 Obra 01

Obra localizada na cidade de Vitória estado do Espírito Santo, de uso residencial, constituída de 38 (trinta e oito) apartamentos, com 55 (cinquenta e cinco) vagas de garagem, localizadas no subsolo e térreo.

O edifício de 07 (sete) pavimentos é constituído de 01 (um) pavimento subsolo, 01 (um) pavimento térreo, 2° pavimento, 03 (três) pavimentos tipo, 6° pavimento e 01 (um) pavimento técnico. O padrão de acabamento normal, utilizando-se sistema construtivo convencional de peças estruturais de concreto armado, alvenaria de vedação.

Área do terreno de 775,86 m² e área total construída de 3.173.60 m² e um custo global de R$ 3.631.291,96, com preço por metro quadrado da construção de R$ 1.144,22. Projeto arquitetônico aprovado em 23 de outubro de 2009, com obras iniciadas em janeiro de 2011 e previsão de término para dezembro de 2012, sendo que no mês de abril de 2012, pelo cronograma inicial, deveria apresentar 57,9% da obra concluída e na realidade, apresentou 54,4:% (APÊNDICE A).

3.1.2 Obra 02

Obra localizada na cidade de Vitória estado do Espírito Santo, de uso residencial, constituída de 20 (vinte) apartamentos tipo, com 22 (vinte e duas) vagas de garagem, localizadas no térreo e no pilotis.

O edifício de 14 (quatorze) pavimentos é constituído de 01 (um) pavimento térreo, 01 (um) pavimento G1, 01 (um) pavimento lazer, 4° pavimento, 09 (nove) pavimentos tipo e 01 (um) pavimento técnico. O padrão de acabamento normal, utilizando-se sistema construtivo convencional de peças estruturais de concreto armado, alvenaria de vedação.

Área do terreno de 370,50 m² e área total construída de 2.194,80 m² e um custo global de R$ 3.173.247,59, com preço por metro quadrado da construção de R$ 1.445,80. Projeto arquitetônico aprovado em 18 de maio de 2010, com obras iniciadas em agosto de 2010 e previsão de término para junho de 2012, sendo que

no mês de abril de 2012, pelo cronograma inicial, deveria apresentar 50,80% da obra concluída e na realidade, apresentou 53,00:% (APÊNDICE A).

3.1.3 Obra 03

Obra localizada na cidade de Vitória estado do Espírito Santo, de uso residencial, constituída de 44 (quarenta e quatro) apartamentos tipo e 04 (quatro) apartamentos duplex, com 101 (cento e uma) vagas de garagem, localizados no térreo e garagem.

O edifício de 15 (quinze) pavimentos é constituído de 01 (um) pavimento térreo, 01 (um) pavimento garagem, 01 (um) pavimento lazer, 4° pavimento, 10 (dez) pavimentos tipo e 01 (um) pavimento duplex inferior, 01 (um) pavimento técnico. O padrão de acabamento normal, utilizando-se sistema construtivo convencional de peças estruturais de concreto armado, alvenaria de vedação.

Área do terreno de 1.202,73 m² e área total construída de 6.562,72 m². Um custo global de R$7.445.300,39, com preço por metro quadrado com preço por metro quadrado da construção de R$ 1.134,48. Projeto arquitetônico aprovado em 30 de abril de 2010, com obras iniciadas em setembro de 2010 e previsão de término para setembro de 2012, sendo que no mês de abril de 2012, pelo cronograma inicial, deveria apresentar 90,20% da obra concluída e na realidade, apresentou 77,30% (APÊNDICE A).

3.1.4 Obra 04

Obra localizada na cidade de Vitória estado do Espírito Santo, de uso residencial, constituída de 20 (vinte) apartamentos tipo, com 23 (vinte e três) vagas de garagem, localizados no subsolo e térreo.

O edifício de 07 (sete) pavimentos é constituído de 01 (um) pavimento subsolo, 01 (um) pavimento térreo, 04 (quatro) pavimentos tipo e 01 (um) pavimento cobertura/casa de máquinas. O padrão de acabamento normal, utilizando-se sistema construtivo convencional de peças estruturais de concreto armado, alvenaria de vedação.

Área do terreno de 458,00 m² e área total construída de 1.847,79 m². Um custo global de R$2.179.215,55, com preço por metro quadrado com preço por metro quadrado da construção de R$ 1.179,36. Projeto arquitetônico aprovado em 23 de outubro de 2009, com obras iniciadas em setembro de 2010 e previsão de término para maio de 2012, sendo que no mês de abril de 2012, pelo cronograma inicial, deveria apresentar 98,60% da obra concluída e na realidade, apresentou 73,40% (APÊNDICE A).

3.1.5 Obra 05

Obra localizada na cidade de Vitória estado do Espírito Santo, de uso residencial, constituída de 54 (quarenta e quatro) apartamentos tipo, com 63 (sessenta e três) vagas de garagem, localizados no térreo e garagem.

O edifício de 12 (doze) pavimentos é constituído de 01 (um) pavimento térreo, 01 (um) pavimento garagem, (01) pavimento pilotis, 09 (nove) pavimentos tipo e 01 (um) cobertura/reservatório superior. O padrão de acabamento normal, utilizando-se sistema construtivo convencional de peças estruturais de concreto armado, alvenaria de vedação.

Área do terreno de 978,81 m² e área total construída de 5.592,80 m². Um custo global de R$6.549.207,44, com preço por metro quadrado com preço por metro quadrado da construção de R$ 1.171,01. Projeto arquitetônico aprovado em 02 de junho de 2011, com obras iniciadas em janeiro de 2011 e previsão de término para janeiro de 2013, sendo que no mês de abril de 2012, pelo cronograma inicial, deveria apresentar 56,10% da obra concluída e na realidade, apresentou 54,70% (APÊNDICE A).

3.1.6 Obra 06

Obra localizada na cidade de Vitória estado do Espírito Santo, de uso residencial, constituída de 30 (trinta) apartamentos tipo, com 68 (sessenta e oito) vagas de garagem, localizados no subsolo e térreo.

O edifício de 07 (sete) pavimentos é constituído de 01 (um) pavimento subsolo, 01 (um) pavimento térreo, 04 (quatro) pavimentos tipo e 01 (um) cobertura/reservatório superior. O padrão de acabamento normal, utilizando-se sistema construtivo convencional de peças estruturais de concreto armado, alvenaria de vedação.

Área do terreno de 1.035,53m² e área total construída de 4.128,16m². Um custo global de R$4.718.029,78, com preço por metro quadrado com preço por metro quadrado da construção de R$ 1.142,89. Projeto arquitetônico aprovado em 18 de maio de 2010, com obras iniciadas em agosto de 2010 e previsão de término para julho de 2012, sendo que no mês de abril de 2012, pelo cronograma inicial, deveria apresentar 93,90% da obra concluída e na realidade, apresentou 82,00% (APÊNDICE A).

3.2 FASE DEFINIR

A primeira etapa da metodologia consiste em definir claramente qual o “efeito” indesejável de um processo que deve ser eliminado ou melhorado. É fundamental que haja uma relação clara com o requisito especificado do cliente e que o projeto seja economicamente vantajoso (ROTONDARO et al. 2002).

Ainda segundo Rotondaro et al. (2002) os principais passos da primeira fase são: Definir quais são os requisitos do cliente e traduzir essas necessidades em Características Críticas Para a Qualidade (CPQ). Essa etapa é fundamental para a metodologia, pois parte da visão do cliente, levando-a para dentro da organização.

Esses problemas são relacionados com a estrutura do processo, e existe uma inter-relação entre as várias atividades de produção, suporte, entrega, etc., que chegam até os itens do negócio, como a satisfação do cliente, lucro, calor das ações da companhia.

3.2.1 Definição das metas para o Projeto

Com o problema da falta de cumprimento de prazos e a empresa construtora da Grande Vitória definidos como objeto de estudo dessa dissertação, metas iniciais foram estabelecidas para aplicação do projeto Seis Sigma.

O que se entende pela revisão da bibliografia é que o prazo máximo para que haja atraso de obra, sem grandes prejuízos para a construtora, é de 6 (seis) meses. Então esse prazo será considerado para a execução do cálculo do Sigma, como sendo a meta para o Projeto.

3.3 FASE MEDIR

Para medir o Sigma do Processo, primeiro considerou-se as obras em separado, como se elas fossem empresas independentes, em seguida, todos os dados foram tratados juntos, para medir o Sigma da empresa como um todo, com isso, pode-se observar se alguma obra está muito fora do padrão da empresa – o que neste caso, ela seria vista como crítica e os estudos seriam mais detalhados em cima dela – ou se todas as obras seguem o padrão da empresa.

Os acompanhamentos mensais das 06 obras em andamento, em abril de 2012, mês utilizado como base para os cálculos foram obtidos na empresa estudada. Esses gráficos apresentam o percentual previsto e o percentual realizado por mês (ANEXO A). Com esses dois valores em mãos definiu-se um número do que foi realizado em relação ao previsto. Por exemplo, considerando que para um dado mês, o previsto para execução seria de 10% da obra, mas executou-se apenas 8%, pode-se dizer que foi executado 80% do previsto, ou em números, 0,8, para aquele mês. Isso foi feito para todas as obras, em todos os meses.

Feito isso, a análise estatística foi realizada e para o tratamento desses dados, utilizou-se o Softwere MiniTab.

Inicialmente, foi utilizado o comando “Capability Analysis (Normal Distribuition)” para realizar a análise do processo para dados normalmente distribuídos. Esses gráficos foram denominados “Histograma com curva para execução da obra”.

Para a definição do Limite Inferior de Especificação (LSL), considerou-se que, por pesquisas realizadas, o prazo de tolerância do atraso era de 06 meses. Com esse valor e com o cronograma da obra, pode-se definir o LSL, da seguinte forma para uma obra com prazo inicial de X meses:

$$LSL = {}^{X}/_{X+6} \qquad \text{(Equação 01)}$$

Onde X = prazo inicial da obra em meses.

Já o Limite Superior de Especificação (LSF), não foi levado em consideração, já que uma obra que é entregue antes do previsto, não é o objeto de estudo neste trabalho. Feito isso, seguiu-se com o cálculo dos índices de capacidade do processo.

O histograma do processo traçado mostra o comportamento do processo estudado. Nele, pode-se observar como se encontra distribuído cada um dos subgrupos de acordo com os limites especificados. Além disso, o gráfico apresenta o desvio padrão, os índices de capacidade Cp, CPL, CPU, Cpk, Ppk. No Quadro “Exp. Overall Performance” exibe a performance esperada do processo quando o desvio padrão total da amostra (StDev(Overall)) é utilizado. Esses valores estão na escala PPM (partes por milhão) e fornece a quantidade esperada de itens que estejam abaixo do Limite Inferior de Especificação (PPM<LSL), que no caso do Seis Sigma, será chamado de DPMO (defeitos por milhão de oportunidades).

Como já foi dito anteriormente o PPM>LSF, mas o Limite Superior de Especificação, não será levado em conta aqui, pois o adiantamento da obra não seria problema.

Feito isso, tem-se definido o índice Ppk, que indica quão próxima a média está do valor do processo e o PPM, que seria “partes por milhão”. Ou seja, quantas amostras estão fora do especificado em projeto, para cada um milhão de oportunidades. Define-se o valor do Sigma do processo através de uma das duas equações abaixo.

$$\sigma = 3P_{pk} + 1{,}5 \qquad \text{(Equação 02)}$$

Ou

$$\sigma = 0{,}8406 + \sqrt{29{,}37 - 2{,}221.\ln(ppm)} \qquad \text{(Equação 03)}$$

3.4 FASE ANALISAR

A análise de dados coletados é feita nesta etapa utilizando-se de ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas. As causas obvias e não obvias que influem no resultado do processo devem ser determinadas (Rontondato et al. 2002).

Com valores de Sigma muito baixos para o processo, passou-se para a fase analisar do ciclo DMAIC. Essa fase, foi dividida em duas etapas. Na primeira etapa realizou-se um *brainstorming* com a equipe responsável pelas obras. Na segunda etapa foram analisados os dados obtidos durante o processo de controle de qualidade para a ISO-9001. Com as informações obtidas nessas duas etapas, elaborou-se um Diagrama de Causa e Efeito.

3.5 FASES MELHORAR E CONTROLAR

Diante do fato que o processo de construção ser um processo não técnico com ciclos de produção longos, não será possível, nesse trabalho implementar essas duas etapas do ciclo DMAIC na empresa estudada. Sugestões de melhorias foram propostas para que, em obras futuras, sejam aplicadas e controladas.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Nesse capítulo serão apresentados os valores encontrados para o Sigma do processo da empresa construtora estudada, levando em consideração as seis obras em separado e em seguida as seis obras juntas. Definido o Sigma da empresa com relação ao não cumprimento de prazos, serão apresentadas as causas em potenciais que causam os problemas com o cronograma.

4.1 FASE MEDIR

Nas Tabelas iniciais apresentadas para cada obra foram apresentados dados resumidos do cronograma da obra como: início da obra, final da obra, prazo total. Quando se trata da tolerância, ela foi calculada em relação ao prazo de 6 meses e o prazo total de cada obra, ou seja, qual valor percentual, ou atraso percentual, que os seis meses representam no prazo total, definindo o valor do Limite Inferior de Especificação, como explicado no capítulo 3.

Nas segundas Tabelas de cada obra, apresenta-se o valor da relação entre o que foi previsto e o que foi realizado (R/P) para cada mês de obra, desde seu início até o mês base (abril de 2012). Com os valores de R/P definidos, o gráfico seguinte, representa a análise de capacidade do processo de cada uma das 06 obras, fornecendo os valores necessários para que o Sigma do processo seja determinado, através das equações (02) e (03).

Por fim, a última Tabela de cada uma das obras, define o sigma do processo, primeiro utilizando o valor de Ppk, na equação (02) e depois o valor de PPM na equação (03).

4.1.1 OBRA 01

A Tabela 5 determina que LSL = 0,8, definido sob os critérios já explicitados, para a obra 01.

Tabela 5 - Definição de LSL para obra 01

Início da Obra	Final da Obra	Prazo da obra		Tolerância	
Fev./11	Fev./13	24	Meses	6	Meses
Prazo total				30	Meses
Atraso percentual				20,00%	
LSL				0,8	

Fonte: elaborada pela autora.

Na Tabela 6 foram calculadas as relações entre previsto e realizado para a obra 01, nos meses de fevereiro de 2011 a abril de 2012.

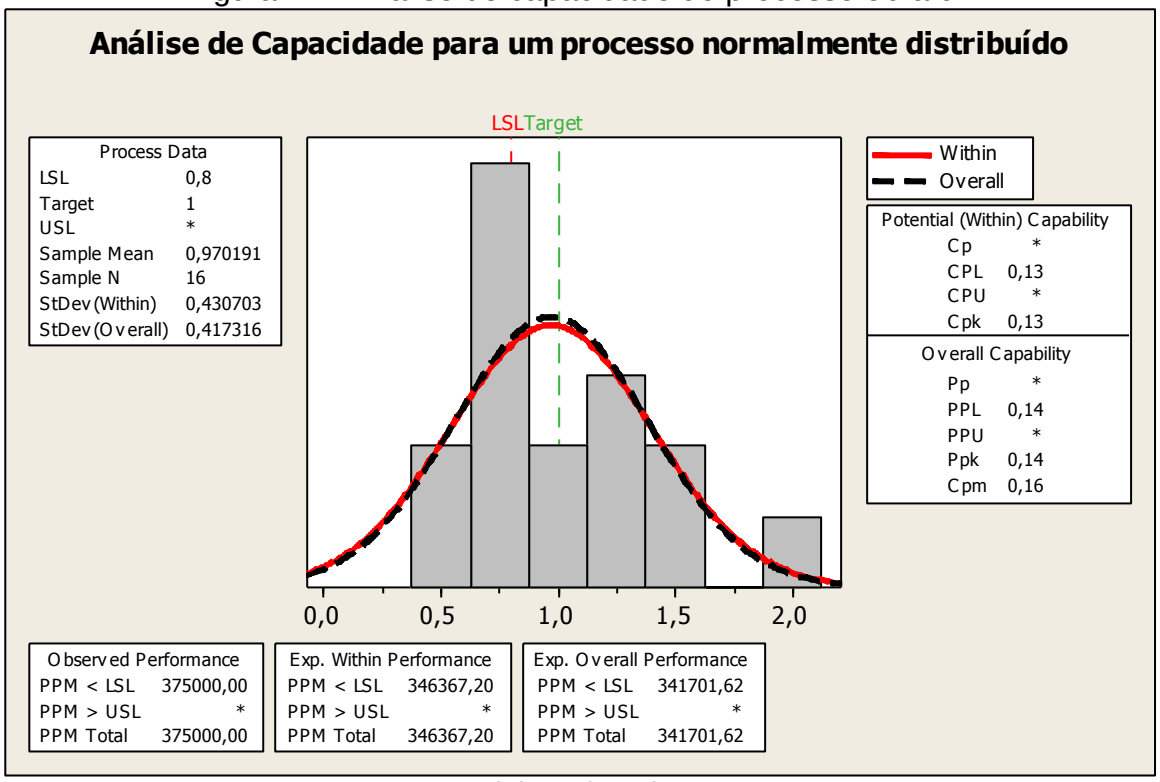
Tabela 6 - Relação entre Previsto x Realizado obra 01

Mês	Previsto	Realizado	R/P
Fev./11	2,30%	2,60%	1,13
Mar/11	3,00%	2,40%	0,80
Abr./11	3,10%	2,00%	0,65
Mai/11	2,90%	1,90%	0,66
Jun./11	3,20%	2,00%	0,63
Jul./11	2,60%	4,20%	1,62
Ago./11	3,70%	3,10%	0,84
Set/11	4,50%	1,80%	0,40
Out/11	4,40%	8,30%	1,89
Nov./11	4,10%	5,20%	1,27
Dez/11	4,80%	4,20%	0,88
Jan/12	5,40%	3,10%	0,57
Fev./12	6,30%	5,80%	0,92
Mar/12	4,30%	2,90%	0,67
Abr./12	3,30%	4,90%	1,48

Fonte: elaborada pela autora.

O gráfico da Figura 24, gerado com os dados das Tabelas 5 e 6, no software MiniTab, onde os valores de capacidade do processo, necessários para o cálculo do sigma, são definidos para a obra 01.

Figura 24 - Análise de capacidade do processo obra 01



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 7):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,14;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2, 221.ln(ppm)), onde PPM=341.701,62

Tabela 7 - Valor de sigma - Obra 01

σ = 3.Ppk + 1,5			
Ppk =	0,14	σ =	1,9
σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm))			
ppm =	341701,62	σ =	1,9

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.2 OBRA 02

A Tabela 8 determina que LSL = 0,79, definido sob os critérios já explicitados, para a obra 02.

Tabela 8 - Definição de LSL para obra 02

Início da Obra	Final da Obra	Prazo da obra	Tolerância
Ago/10	Jun/12	22 Meses	6 Meses
		Prazo Total	28 Meses
		Atraso percentual	21,43%
		LSL	0,79

Fonte: elaborada pela autora.

Na Tabela 9 foram calculadas as relações entre previsto e realizado para a obra 02, nos meses de outubro de 2011 a abril de 2012.

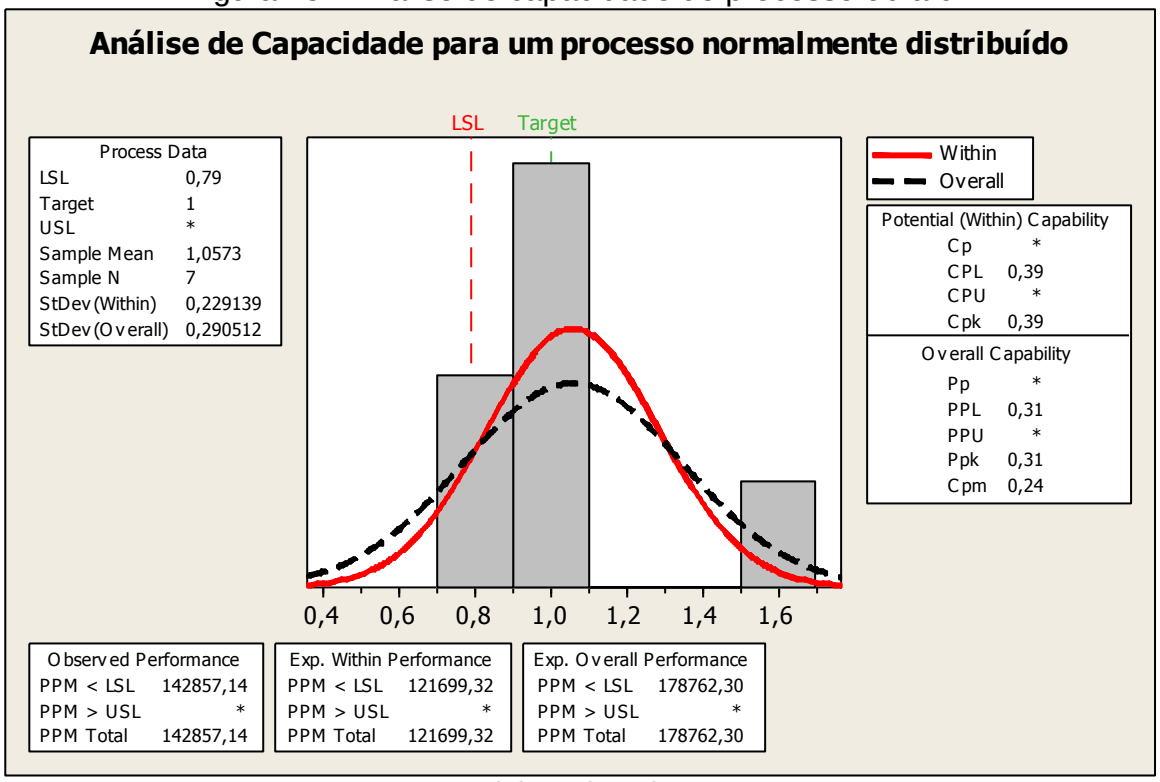
Tabela 9 - Relação entre Previsto x Realizado obra 02

Mês	**Previsto**	**Realizado**	**R/P**
Out/11	3,70%	3,70%	1,00
Nov/11	9,40%	8,10%	0,86
Dez/11	11,40%	11,20%	0,98
Jan/12	8,20%	8,50%	1,04
Fev/12	6,70%	7,20%	1,07
Mar/12	5,30%	4,10%	0,77
Abr/12	6,10%	10,20%	1,67

Fonte: elaborada pela autora.

O gráfico da Figura 25, gerado com os dados das Tabelas 8 e 9, no software MiniTab, onde os valores de capacidade do processo, necessários para o cálculo do sigma, são definidos para a obra 02.

Figura 25 - Análise de capacidade do processo obra 02



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 10):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,31;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm)), onde PPM=178.762,30

Tabela 10 - Valor de sigma - Obra 02

σ = 3.Ppk + 1,5	
Ppk = 0,31	σ = 2,4
σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm))	
ppm = 178762,30	σ = 2,4

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.3 OBRA 03

A Tabela 11 determina que LSL = 0,81, definido sob os critérios já explicitados, para a obra 03.

Tabela 11 - Definição de LSL para obra 03

Início da Obra	Final da Obra	Prazo da obra	Tolerância
Jan/11	Nov/12	26 Meses	6 Meses
		Prazo Total	32 Meses
		Atraso percentual	18,75%
		LSL	0,81

Fonte: elaborada pela autora.

Na Tabela 12 foram calculadas as relações entre previsto e realizado para a obra 03, nos meses de setembro de 2010 a abril de 2012.

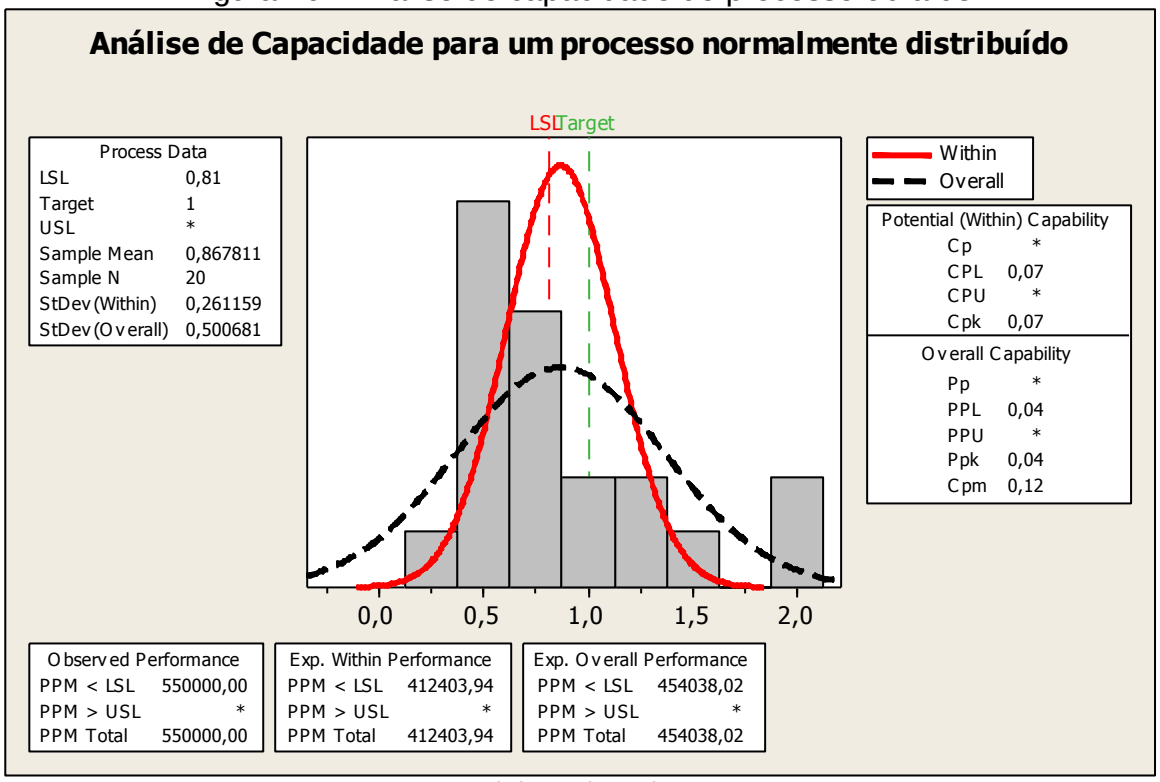
Tabela 12 - Relação entre Previsto x Realizado obra 03

Mês	**Previsto**	**Realizado**	**R/P**
Set/10	3,50%	3,50%	1,00
Out/10	1,40%	0,60%	0,43
Nov/10	1,40%	0,60%	0,43
Dez/10	1,70%	0,40%	0,24
Jan/11	2,00%	0,90%	0,45
Fev/11	2,00%	1,20%	0,60
Mar/11	4,30%	2,20%	0,51
Abr/11	4,90%	2,40%	0,49
Mai/11	7,70%	3,50%	0,45
Jun/11	9,00%	6,50%	0,72
Jul/11	9,10%	6,10%	0,67
Ago/11	9,00%	6,50%	0,72
Set/11	7,90%	6,90%	0,87
Out/11	5,40%	10,90%	2,02
Nov/11	5,00%	4,80%	0,96
Dez/11	5,10%	4,40%	0,86
Jan/12	4,10%	5,50%	1,34
Fev/12	2,40%	2,70%	1,13
Mar/12	1,50%	2,30%	1,53
Abr/12	2,80%	5,40%	1,93

Fonte: elaborada pela autora.

O gráfico da Figura 26, gerado com os dados das Tabelas 11 e 12, no software MiniTab, onde os valores de capacidade do processo, necessários para o cálculo do sigma, são definidos para a obra 03.

Figura 26 - Análise de capacidade do processo obra 03



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 13):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,04;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2, 221.ln(ppm)), onde PPM=454.038,02

Tabela 13 - Valor de sigma - Obra 03

σ = 3Ppk + 1,5			
Ppk =	0,04	σ =	1,6
σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm))			
ppm =	454038,02	σ =	1,5

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.4 OBRA 04

A Tabela 14 determina que LSL = 0,79, definido sob os critérios já explicitados, para a obra 04.

Tabela 14 - Definição de LSL para obra 04

Início da Obra	Final da Obra	Prazo da obra	Tolerância
Jun/10	Abr/12	22 Meses	6 Meses
		Prazo Total	28 Meses
		Atraso percentual	21,43%
		LSL	0,79

Fonte: elaborada pela autora.

Na Tabela 15 foram calculadas as relações entre previsto e realizado para a obra 04, nos meses de setembro de 2010 a abril de 2012.

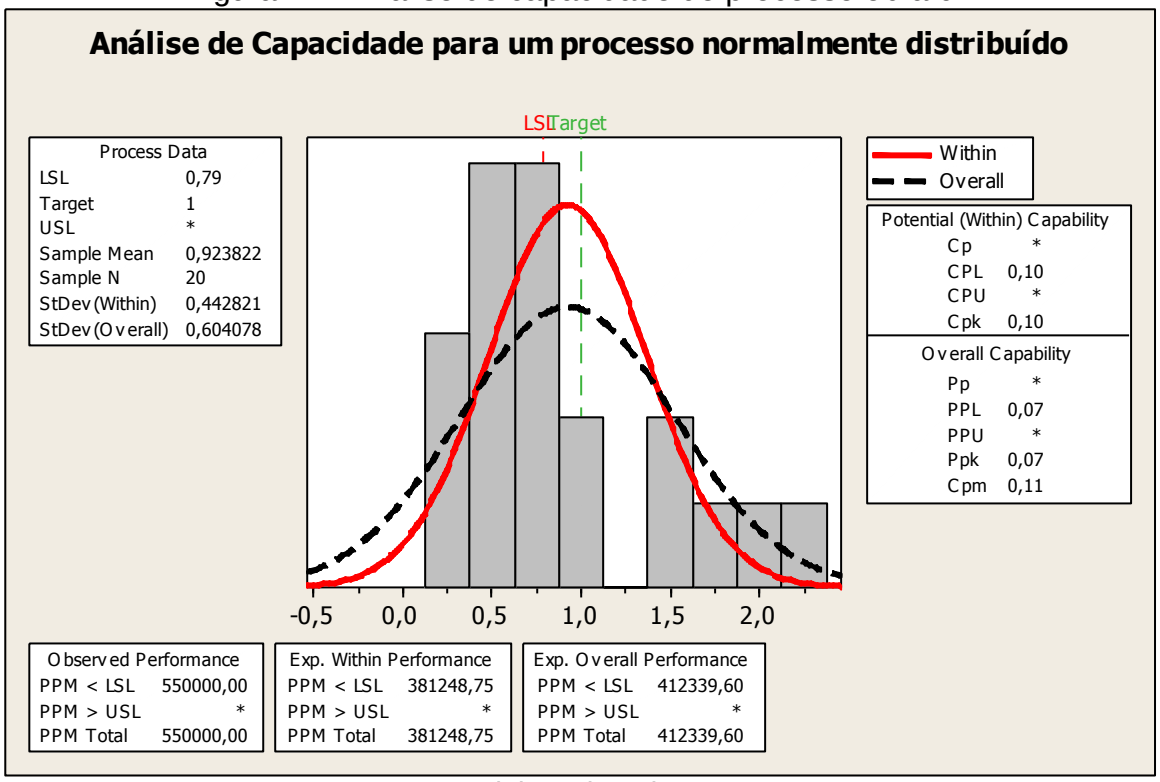
Tabela 15 - Relação entre Previsto x Realizado obra 04

Mês	**Previsto**	**Realizado**	**R/P**
Set/10	9,30%	9,80%	1,05
Out/10	1,80%	2,60%	1,44
Nov/10	1,90%	4,50%	2,37
Dez/10	1,90%	3,80%	2,00
Jan/11	4,20%	2,90%	0,69
Fev/11	6,20%	2,80%	0,45
Mar/11	8,80%	4,40%	0,50
Abr/11	7,10%	4,10%	0,58
Mai/11	7,70%	4,10%	0,53
Jun/11	4,20%	3,90%	0,93
Jul/11	3,30%	2,00%	0,61
Ago/11	2,70%	4,80%	1,78
Set/11	3,50%	1,30%	0,37
Out/11	4,50%	3,40%	0,76
Nov/11	4,40%	2,90%	0,66
Dez/11	4,00%	3,40%	0,85
Jan/12	4,90%	4,00%	0,82
Fev/12	8,10%	2,50%	0,31
Mar/12	7,00%	1,20%	0,17
Abr/12	3,10%	5,00%	1,61

Fonte: elaborada pela autora.

O gráfico da Figura 27, gerado com os dados das Tabelas 14 e 15, no software MiniTab, onde os valores de capacidade do processo, necessários para o cálculo do sigma, são definidos para a obra 4.

Figura 27 - Análise de capacidade do processo obra 04



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 16):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,07;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2, 221.ln(ppm)), onde PPM=412.339,60

Tabela 16 - Valor de sigma - Obra 04

Sigma do Processo	
σ = 3.Ppk + 1,5	
Ppk = 0,07	σ = 1,7
σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm))	
ppm = 412339,60	σ = 1,6

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.5 OBRA 05

A Tabela 17 determina que LSL = 0,80, definido sob os critérios já explicitados, para a obra 05.

Tabela 17 - Definição de LSL para obra 05

Início da Obra	Final da Obra	Prazo da obra	Tolerância
Jan/11	Jan/13	24 Meses	6 Meses
		Prazo Total	30 Meses
		Atraso percentual	20,00%
		LSL	0,80

Fonte: elaborada pela autora.

Na Tabela 18 foram calculadas as relações entre previsto e realizado para a obra 04, nos meses de fevereiro de 2011 a abril de 2012.

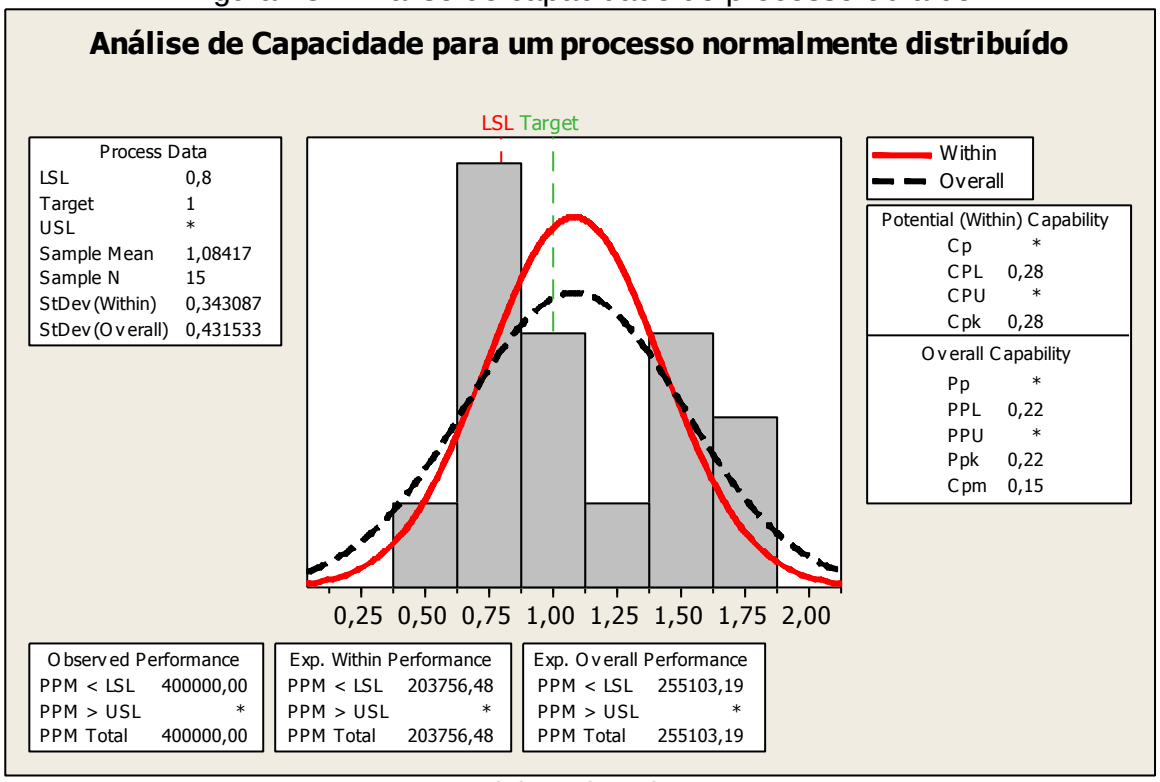
Tabela 18 - Relação entre Previsto x Realizado obra 05

Mês	**Previsto**	**Realizado**	**R/P**
Fev/11	1,30%	1,80%	1,38
Mar/11	1,90%	1,50%	0,79
Abr/11	1,70%	1,30%	0,76
Mai/11	1,80%	1,20%	0,67
Jun/11	1,70%	2,50%	1,47
Jul/11	1,70%	1,60%	0,94
Ago/11	2,10%	2,30%	1,10
Set/11	3,00%	3,30%	1,10
Out/11	2,70%	4,60%	1,70
Nov/11	3,30%	6,10%	1,85
Dez/11	4,80%	6,50%	1,35
Jan/12	7,60%	3,10%	0,41
Fev/12	8,70%	5,70%	0,66
Mar/12	8,40%	5,50%	0,65
Abr/12	5,40%	7,70%	1,43

Fonte: elaborada pela autora.

O gráfico da Figura 28, gerado com os dados das Tabelas 17 e 18, no software MiniTab, onde os valores de capacidade do processo, necessários para o cálculo do sigma, são definidos para a obra 05.

Figura 28 - Análise de capacidade do processo obra 05



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 19):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,22;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm)), onde PPM=225.103,19

Tabela 19 - Valor de sigma - Obra 05

σ = 3Ppk + 1,5	
Ppk = 0,22	σ = 2,2
σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm))	
ppm = 255103,19	σ = 2,2

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.6 OBRA 06

A Tabela 20 determina que LSL = 0,79, definido sob os critérios já explicitados, para a obra 06.

Tabela 20 - Definição de LSL para obra 06

Início da Obra	Final da Obra	Prazo da obra		Tolerância	
Ago/10	Jul/12	23	Meses	6	Meses
			Prazo Total	29	Meses
			Atraso percentual	20,69%	
			LSL	0,79	

Fonte: elaborada pela autora.

Na Tabela 21 foram calculadas as relações entre previsto e realizado para a obra 04, nos meses de agosto de 2010 a abril de 2012.

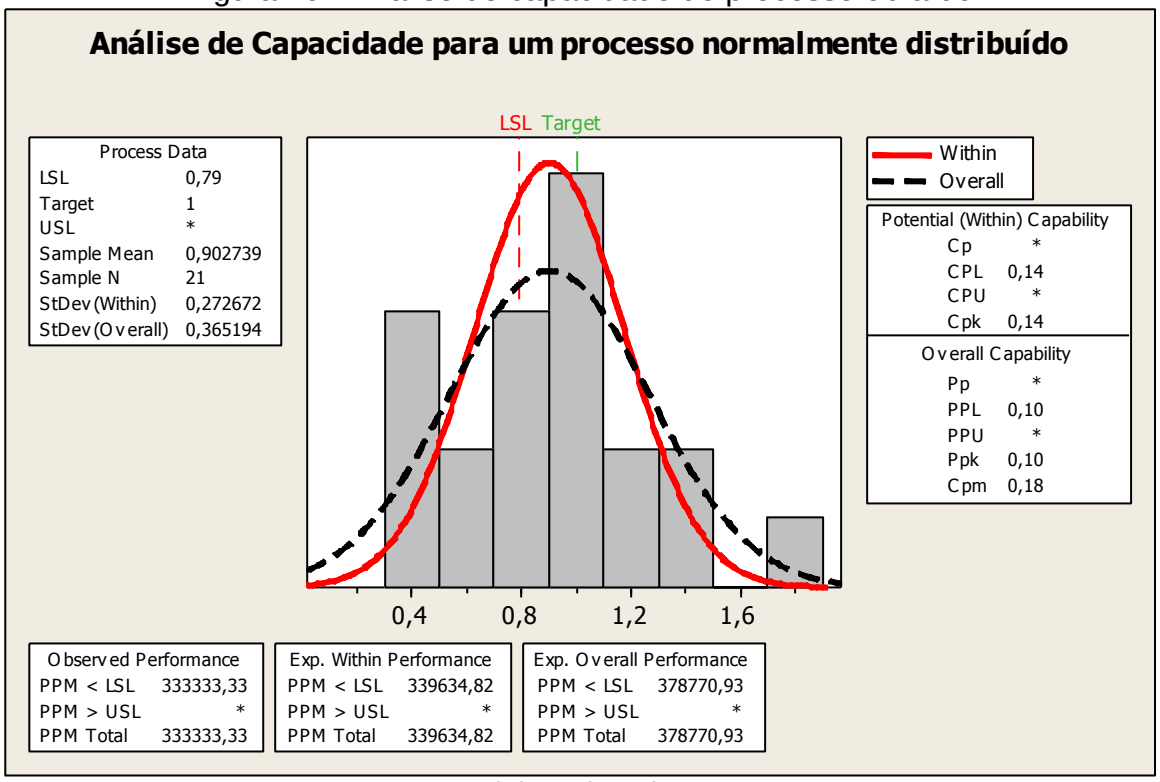
Tabela 21 - Relação entre Previsto x Realizado obra 06

Mês	**Previsto**	**Realizado**	**R/P**
Ago/10	3,90%	3,90%	1,00
Set/10	1,00%	1,00%	1,00
Out/10	1,00%	1,00%	1,00
Nov/10	2,10%	2,10%	1,00
Dez/10	2,80%	2,40%	0,86
Jan/11	2,70%	2,40%	0,89
Fev/11	3,20%	2,60%	0,81
Mar/11	7,30%	5,50%	0,75
Abr/11	6,10%	2,40%	0,39
Mai/11	6,30%	2,00%	0,32
Jun/11	6,60%	6,40%	0,97
Jul/11	6,80%	6,30%	0,93
Ago/11	6,00%	10,70%	1,78
Set/11	3,50%	5,00%	1,43
Out/11	4,50%	6,10%	1,36
Nov/11	6,90%	4,50%	0,65
Dez/11	6,70%	8,00%	1,19
Jan/12	3,70%	1,80%	0,49
Fev/12	2,50%	2,90%	1,16
Mar/12	5,60%	2,50%	0,45
Abr/12	4,70%	2,50%	0,53

Fonte: elaborada pela autora.

O gráfico da Figura 29, gerado com os dados das Tabelas 20 e 21, no software MiniTab, onde os valores de capacidade do processo, necessários para o cálculo do sigma, são definidos para a obra 06.

Figura 29 - Análise de capacidade do processo obra 06



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 22):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,1;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm)), onde PPM=378.770,93

Tabela 22 - Valor de sigma - Obra 06

σ = 3Ppk + 1,5	
Ppk = 0,1	σ = 1,8
σ=0,8406+√(29,37-2,221.ln(ppm))	
ppm = 378770,93	σ = 1,8

Fonte: elaborada pela autora.

4.1.7 EMPRESA

Feito isso, tratou-se os dados de todas as obras em conjunto, para ver o Sigma que a empresa trabalha com relação ao cumprimento de prazos, para isso, desconsiderou-se os meses e obras que tem meses coincidentes. Foram tratados como se fossem meses independentes. Pela Tabela 23, calculou-se a média do

prazo de todas as obras e considerou que o prazo médio das obras é de 23,5 meses. Na sequencia, foi feito o mesmo cálculo para definir o LSL da empresa.

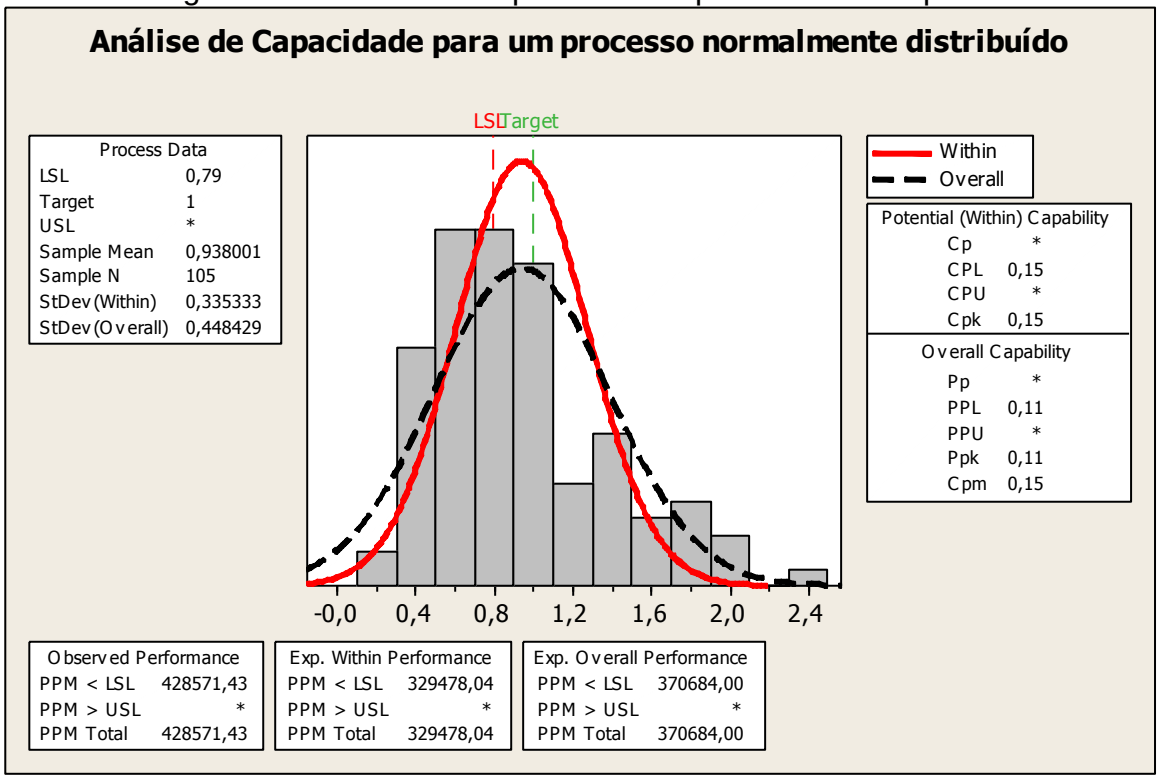
Tabela 23 - Prazo médio e LSL da empresa

Prazos		
Obra 01	24	meses
Obra 02	22	meses
Obra 03	26	meses
Obra 04	22	meses
Obra 05	24	meses
Obra 06	23	meses
Empresa	23	meses
Tolerância	6	meses
Atraso %	20,69%	
LSL	0,79	

Fonte: elaborada pela autora.

A partir dos dados tabulados na tabela 23, levando em consideração as obras em atraso, foi calculado o sigma do processo para a empresa como um todo, conforme apresentado na figura 30.

Figura 30 - Análise de capacidade do processo da empresa



Fonte: elaborada pela autora.

Com as informações obtidas, calcula-se o valor de Sigma do processo (Tabela 24):

1) Considerando σ = 3.Ppk + 1,5, onde Ppk=0,11;
2) Considerando σ=0,8406+√(29,37-2, 221.ln(ppm)), onde PPM=370.684,00

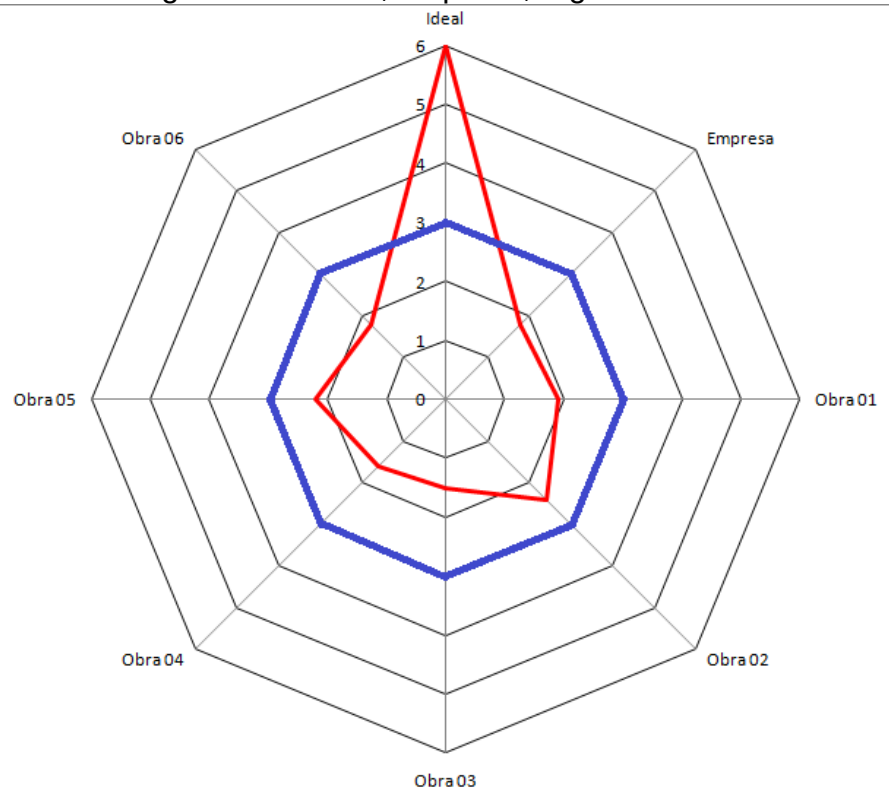
Tabela 24 - Valor de sigma - empresa

σ = 3Ppk + 1,5			
Ppk =	0,11	σ =	1,8
σ=0,8406+√(29,37-2, 221.ln(ppm))			
ppm =	370684,00	σ =	1,8

Fonte: elaborada pela autora.

A seguir, a Figura 31, apresenta o gráfico radar do sigma das obras e da empresa, associando esses valores à Tabela 4 - estabelece uma relação entre o valor de Sigma do processo e o nível de competitividade da empresa - que mostra que a média industrial para que uma empresa seja competitiva é de 3 a 4 sigma.

Figura 31 - Gráfico do Sigma das Obras, empresa, Sigma Ideal e Média Industrial



Fonte: elaborada pela autora.

Analisando o gráfico da Figura 31, percebe-se que os sigmas calculados das obras e da empresa como um todo, estão abaixo do que Wekema (2002) estabelece como classe mundial, que se enquadra entre 03 (três) e 04 (quatro) sigma. Para Harry e

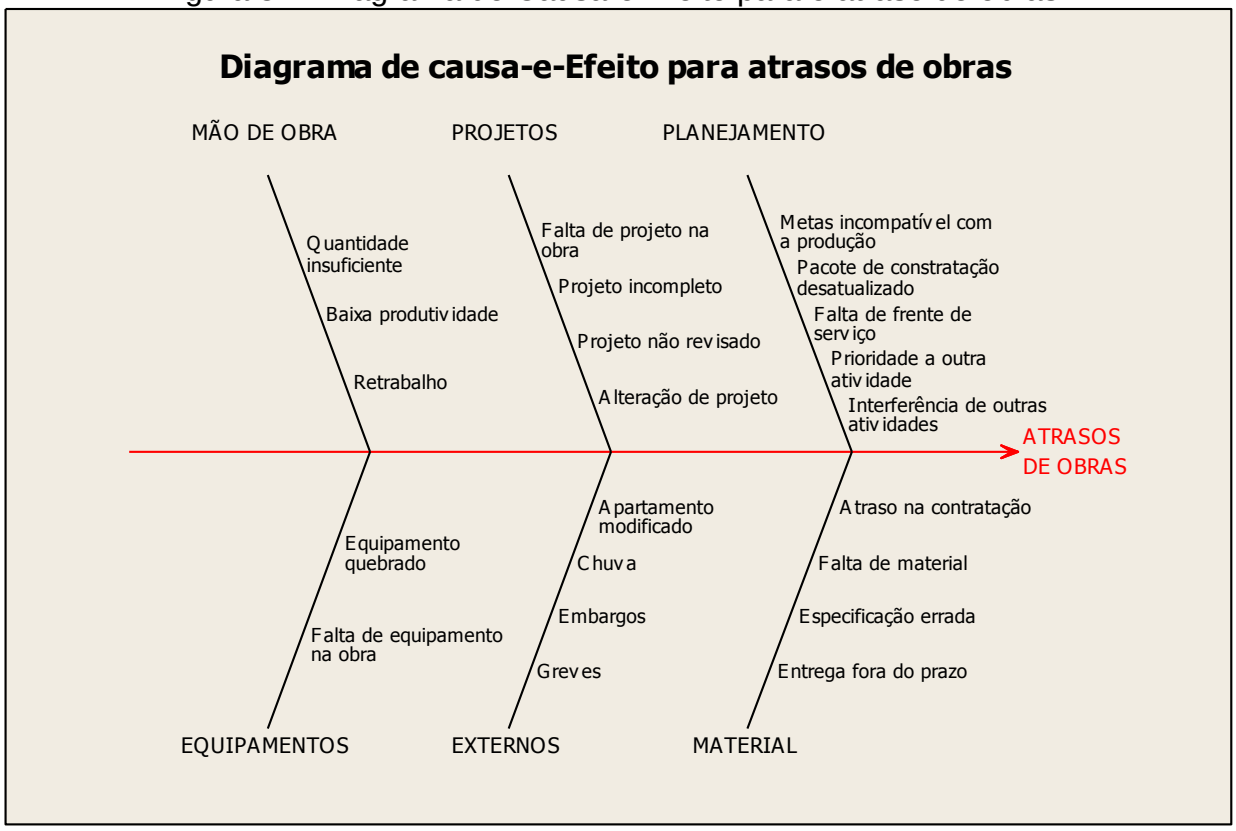
Schroeder (1998), para uma empresa ser competitiva, ela deve apresentar, ao menos um sigma igual a 03 (três), o que não pode ser observado em nenhuma das obras analisadas.

Diante desses valores, pode-se afirmar que, o processo não está sendo capaz de produzir itens dentro das especificações. Observa-se também que o número de itens fora da especificação, a cada milhão de item produzido é bastante elevado. Com essas informações, pode-se afirmar que a variação do processo é muito alta e para que o processo se torne capaz de produzir itens dentro das especificações de prazo, o processo deve ser revertido o mais rápido possível. Para isso, devem-se identificar quais são as fontes de variação e trabalhar em cima delas para que esses índices melhorem.

4.2 FASE ANALISAR

Com dados coletados através de *brainstorming* com a equipe responsável pelas obras e de relatórios gerados pela empresa no controle de qualidade ISO-9001, verificou-se que os principais problemas enfrentados pela empresa quando o assunto é o cumprimento dos prazos, faz correlação com a falta de planejamento, seguido por problemas com materiais e aquisições, projetos, problemas de causas externas e, por fim, problemas com mão de obra. Com base nessas informações foi gerado um Digrama de Causa e efeito para os atrasos de obras como pode ser visualizado na figura 32.

Figura 32 - Diagrama de Causa-e-Efeito para o atraso de obras



Fonte: elaborada pela autora.

Diante da complexidade do processo, seria ideal que todos os processos relacionados na figura 32, tivessem uma análise individualizada, com aplicação do ciclo DMAIC para cada um deles. Assim teria um controle maior do que realmente afeta todas essas etapas, com maior chance de melhorias efetivas.

5 CONCLUSÕES

Este capítulo finaliza o presente trabalho de pesquisa, apresentando considerações sobre resultados obtidos ao longo do seu desenvolvimento. Uma visão da perspectiva de futuros trabalhos é apresentada.

5.1 CONCLUSÔES E COMENTÁRIOS FINAIS

Essa dissertação apresentou parte da implantação de um Projeto Seis Sigma no setor de construção civil em uma empresa construtora da Grande Vitória. O processo de implantação do projeto foi relatado e analisado desde a fase Definir do ciclo DMAIC até a fase Analisar. Por se tratar de um processo não técnico e com ciclos de produção longos, maiores que o prazo dessa dissertação, não foi possível a realização do ciclo completo, ou seja, das fases Melhorar e Controlar.

Ao discutir o Seis Sigma e o Ciclo DMAIC, foi possível observar que ele é uma ferramenta de controle que visa o aumento dos lucros pela empresa que o implementa tendo o seu foco direcionado ao cliente. Além disso, pode-se afirmar que ele não é um método realmente novo ou diferente dos processos de controle já muito difundidos como o ciclo PDCA. Os dois processos se baseiam em métodos científicos e no fato de que as decisões devem ser embasadas em dados quantitativos, porém o DMAIC aborda o planejamento de uma forma mais enfática, o que aumenta as chances de sucesso de um projeto.

A aplicação do método DMAIC em uma empresa construtora da Grande Vitória com o foco nos grandes índices de não cumprimento de prazos do setor mostrou que o sistema não é adequado em relação à tolerância e mais, ele apresentou números que enquadram a empresa como sendo não competitiva, quando o assunto é o cumprimento dos cronogramas de obra. Os principais problemas encontrados para que esses valores tenham sido ruins, foram problemas discutidos nessa dissertação que são erros de planejamento e gerenciamento da obra.

A fase Analisar do ciclo mostrou que os problemas chave do não cumprimento de prazos, são problemas relativamente grandes. Por isso, o projeto Seis Sigma deveria ser desdobrado em processos menores, tomando cada um desses problemas como

um projeto separado, já na fase Definir. Por decorrência disto a solução do projeto se tornou complexa para que soluções de melhoria fossem sugeridas de forma efetiva.

Para o sucesso da implantação do Projeto Seis Sigma, deve haver envolvimento de toda alta gerência e a mesma desejar a melhoria utilizando este processo, dispondo de fundos suficientes para financiar cada etapa do programa. O envolvimento dos funcionários no processo de implantação facilita a transposição das dificuldades, e os resultados compensarão o esforço envolvido durante a implantação e implementação.

A principal dificuldade é a empresa reconhecer a necessidade de melhoria, envolver-se com a implantação, não importando as dificuldades que venham a surgir e comprometer-se com a implantação.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho utilizou o ciclo DMAIC para identificar os principais problemas enfrentados por empresas do setor da construção civil para os atrasos de cronograma e o que se percebe é que os problemas principais são complexos e devem ser estudados em separado. Um próximo trabalho de pesquisa poderia realizar esses estudos com relação ao planejamento e gerenciamento em separado no Projeto Seis Sigma.

A pesquisa que originou esta dissertação foi realizada em relação ao cumprimento de prazos, mas a construção civil tem suas atividades e processos realizados com muitas não conformidades e muitas perdas. Em virtude de vários outros problemas enfrentados pelo setor, mais estudos de implantação dessa ferramenta devem ser realizados na construção civil.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. **Integração das ferramentas de qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma,** 1ed. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2002.

AL-BARAK, A.A., **Causes of contractors' failures in Saudi Arabia**. 1993. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – CEM Departament. Dhahran, 1993.

AMADO, R. F.; ROZENFELD, H. Análise da aplicabilidade do Método DMAIC do modelo Seis Sigma. In: Simpósio De Engenharia De Produção (SIMPEP), 13, 2006, Bauru. **Anais eletrônicos...**Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/915.pdf>. Acesso em 3 jan. 2012.

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. Qualidade analisada sob uma abordagem teórica. Revista **da Ciência e Tecnologia,** Piracicaba, v. 11, n. 20, p. 91-97, 2002.

ANTONY, J., BANUELAS, R. Key Ingredients for the effective implementation of Six Sigma Program. **Measuring Business Excellence**, Conventry, v. 6, n.4, p. 20-27, 2002.

BALDWIN, J. R., MANTHEI, J.M.., ROTHBART, H. & HARRIS, R.B., Causes of delay in the construction industry, **Journal of Construction Division**, New York, v. 97, n. 2, p. 177-187, 1971.

BRASIL (2012a) Demanda Habitacional no Brasil. Disponível em: <HTTP://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/habita/documentos_gerais/demanda_habitacional.pdf> Acesso em: 23 dez. 2012.

_____ (2012b). Programa Minha Casa Minha Vida. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/habita/mcmv/MANUAL_BENEFICIARIO.PDF> Acesso em: 04 jan. 2013.

_____ (2013). Planalto. Disponível em: http://www2.planalto.gov.br/imprensa/noticias-de-governo/saiba-como-funciona-e-

como-participar-do-programa-minha-casa-minha-vida. Acesso em 29 de agosto de 2013.

BREYFOGLE, W. F. **Implementation Six Sigma**: Smarter Solutions Using Estatistical Methods. 2 ed. Austin: John Wiley & Sons, INC, 2003.

CABRITA, A. F. N. **Atrasos na construção**: causas, efeitos e medidas de mitigação. 2008. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós graduação em Engenharia Civil da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2008.

CAMPOS, V. **TQC – Controle da Qualidade Total**. 1ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

CARVALHO, M. M.; HO, L. L.; PINTO, S. H. B**. Implementação e difusão do programa Seis Sigma no Brasil**, Prod., Dez 2007, v. 17, n. 3, p. 486-501, 2007.

CARRION, C. W. Aplicação do método DMAIC na construção civil: estudo de caso de obra habitacional. In: Simpósio De Engenharia De Produção (SIMPEP), 12, 2005, Bauru. **Anais eletrônicos...**Disponível em: <http://www.simpep.feb. unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=Carrion_CWC_Aplicacao_do.pdf>>. Acesso em: 3 jan. 2012.

CHALABI, F.A., CAMP, D., Causes of delays and overruns of construction projects in developing countries, **CIB Proceedings**, W-65, v. 2, p. 723-734, 1984.

CHALLENER, C. **Six Sigma:** Can the GE model work in the chemical industry?. Chemical Market Reporter, v. 260, n. 3, p. 6-10, 2001.

CHAN, D.M. and KUMARASWAMY, M. M. Reasons of Delay in Civil Engineering Projects: The Case of Hong Kong Transactions. **Hong Kong Institution of Engineers**, Hong Kong, v. 2, n. 3, p. 1-8, 1996.

CIRELLO, D. M. (2011) Estratégias para o gerenciamento de cronograma do projeto. Dicas úteis para os gerentes de projeto e membros da equipe. Disponível em: <http://brasil.pmi.org/brazil/KnowledgeCenter/Articles/~/media/C1CEEAF8C9364BAA9FAB0D7F2B92203F.ashx> Acesso em: 23 jan. 2013.

CLELAND, D.; IRELAND, L. **Gerência de Projetos**. 1 ed. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2011.

CORONARO, R. B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizatios. **The TQM Magazine**, Coventry, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

CORSINI, R. A Origem do Prejuízo. **Construção e Mercado**, São Paulo, n.142, p. 32-36, 2013.

COUTO, J. P., **Incumprimento dos prazos na construção**, 2006. 467f. Dissertação (doutorado em Processos de Construção) – Programa de Desenvolvimento Educativo para Portugal da Universidade do Minho, Minho, 2006.

CVM (2012). Comissão de Valores Imobiliários. Disponível em: <http://www.cvm.gov.br/> Acesso em: 12 dez. 2012.

DAHLGAARD, S. M. P. **The evolution of patterns of quality management**: some reflections on the quality movement. Total Quality Management, v. 10, n. 3, p. 473-480, 1999.

DALE, B. G.; WILLIAMS, R. T.; WIELE, T. Marginalisation of quality: is there a case to answer? **The TQM Magazine**, York, England, v. 12, n. 4, p. 226-274, 2000.

ECKES, G., **A revolução Seis Sigma:** o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro, 3 ed. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2001.

FGV (2013). Construção Mercado. Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/noticias/fgv-reduz-previsao-de-crescimento-do-pib-da-construcao-para-294736-1.aspx>. Acesso em: 23 ago. 2013.

FRANZ, L. A. **Análise Crítica de um Projeto Seis Sigma em uma Indústria Petroquímica**. 2002 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, 2002.

FORMOSO, C. T. **As perdas na construção civil**: conceitos, classificação e seu papel na melhoria do setor – Porto Alegre; UFRGS/NORIE, 1998.

HAHN, C.; DOGANAKSOY, N.; HOERL, R. W. The evolution of Six Sigma. **Quality Engineering**, New York, v. 12, n. 3, p. 317-326, 2000.

HAN, C., LEE, y. Intelligent integrates plan operation system for six sigma. **Annual Reviews in Control**, v. 26, n. 1., p. 27-43, 2002.

HARRY, M. J. Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability. **Quality Progress**, Henderson, v. 31, n. 5, p. 60-64, 1998.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. (1998) **Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability**. New York: Quality Progress.

IBGE (2008). Sistema de Contas Nacionais do Brasil. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasnacionais/2008/publicacao2004_2008.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2012.

_____ (2010). Síntese de Indicadores Sociais. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/indicadoresminimos/sinteseindicsociais2010/default_tab.shtm>. Acesso em 01 de 02 de 2013.

_____ (2012a). Contas Nacionais Trimestrais. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2009/>. Acesso em: 12 dez. 2012,

_____ (2012b). Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/home/estatistica/economia/industria/paic/2010/default.shtm>. Acesso em: 03 jan. 2013.

_____ (2012c). Censo Demográfico. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/caracteristicas_da_populacao_tab_pdf.shtm. Acesso em: 03 jan. 2013.

_____ (2012d). Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2011/default.shtm. Acesso em: 03 jan. 2013.

_____ (2013). Contas Nacionais Trimestrais. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Contas_Nacionais_Trimestrais/Fasciculo_Indicadores_IBGE/. Acesso em: 02 mar. 2013.

_____. (s.d.). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/paic. Acesso em: 09 nov. 2012.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. 1ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1997.

MAJID A.M.Z., MCCAFFER R., Factors of non-excusable delays that influence contractors' performance**, Journal of Management in Engineering**, Reston, v. 14, n. 3, p. 42-29, 1998.

MANSFIELD, N.R., UGWU, O.O. and DORAN, T. Causes of Delay and Cost Overruns in Nigerian Construction Projects. **International Journal of Project Management**, New York, v. 12, n. 4, p. 254-260, 1994.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1ed. São Paulo: PINI, 2010.

_____ Por que os cronogramas furam? **Mundo Project Management**. São Paulo, ano 3, n.17, p.32-37, 2007.

MAXIMIANO, A. C. **Administração de Projetos** - Como transformar ideias em resultados. 4ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MIGUEL, P. A. C. **Quality movement continues growth in Brazil**. Quality Progress, v. 35, n. 2, p. 70-73, 2002.

MITCHELL, B. The Six Sigma apeeal. **Engeneering Management Journal**, Glasgow, v. 2, n. 1, p. 41-47, 1992.

MONTGOMERY, D. C., **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009

ODEH A.M., BATTAINEH H.T., Causes of construction delay: traditional contracts**,** **International Journal of Project Management**, New York, v. 20, n. 1, p. 67-73, 2002.

PANDE, P. S., NEUMAN, R. P., CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**: como GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho, Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PENCZKOSKI, D.; PEDROSO, B.; PILATTI, L. Dificuldades da implantação do programa Seis Sigma. In: Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 4., 2008, Campos Gerais. **Anais eletrônicos...**Disponível em: http://www.4eetcg.uepg.br/oral/70_1.pdf. Acesso em: 20 de mar. 2012.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **A guide to the Management Body of Knowledge** (PMBOK® Guide). 4ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.

_____ (2009). Relatório Principal - Estudo de Benchmarking em Gerenciamento de Projetos. Disponível em: <http://brasil.pmi.org/brazil/Knowledge Center/Publications.aspx>. Acesso em: 23 mai. 2011.

RECHULSKI, D. K.; CARVALHO, M. M. Programas de Qualidade Seis Sigma: Características Distintivas do Modelo DMAIC e DFSS. In: Simpósio De Engenharia De Produção (SIMPEP), 11., 2004, Bauru. **Anais eletrônicos...**Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_aux.php?e=11> Acesso em: 3 jan. 2012.

ROTONDARO, R. G.; RAMOS, A. W.; RIBEIRO, C. O.; MIYAKE, D. I.; NAKANO, D.; LAURINDO, F. J. B.; HO, L. L.; CARVALHO, M. M.; BRAZ, M. A.; BALESTRASSI, P. P. **Seis Sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2011.

ROTONDARO, R.; MEKHITARIAN, N. Seis Sigma em pequenas e médias empresas. In: Simpósio De Engenharia De Produção (SIMPEP), 13., 2006, Bauru. **Anais eletrônicos...**Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/221.pdf. Acesso em: 3 de jan. 2012.

SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma:** proposta e avaliação. 2006 312p. Dissertação (doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de pós graduação em Engenharia de Produção, São Carlos, 2006.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.

SIMÕES, H. C.; GUTIERREZ, R. H. Análise comparativa entre o programa Seis Sigma e o gerenciamento de projetos. In: Congresso Nacional de Excelência de Gestão, 9, 2008, Niterói. **Anais eletrônicos...**Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/ Portals/2/documents/cneg4/anais/T7_0096_0119.pdf> Acesso em: 21 jan. 2013.

SLACK, N. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

TAVARES, V. (2009) Estratégia Seis Sigma: em busca da competitividade empresarial. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/cotidiano/estrategica-seis-sigma-em-busca-da-competitividade-empresarial/32073/>. Acesso em: 03 jan. 2012.

TCU (2009) Tribunal de Contas da União – Exercício 2009. Disponível em: <http://portal.tcu.gov.br/portal/page/TCU/comunidades/contas/contas_governo> Acesso em: 3 jan. 2013.

VALLE, A. B.; SOARES. C. A. P.; FINOCCHIO, J. R.; SILVA, L. S. **Fundamentos do Gerenciamento de Projetos**. 2ed. Rio de Janeiro: FGV Management, 2010.

WERKEMA, C., **Criando a Cultura Seis Sigma** – Série Seis Sigma. 1 ed. Rio de Janeiro: Werkema, 2002.

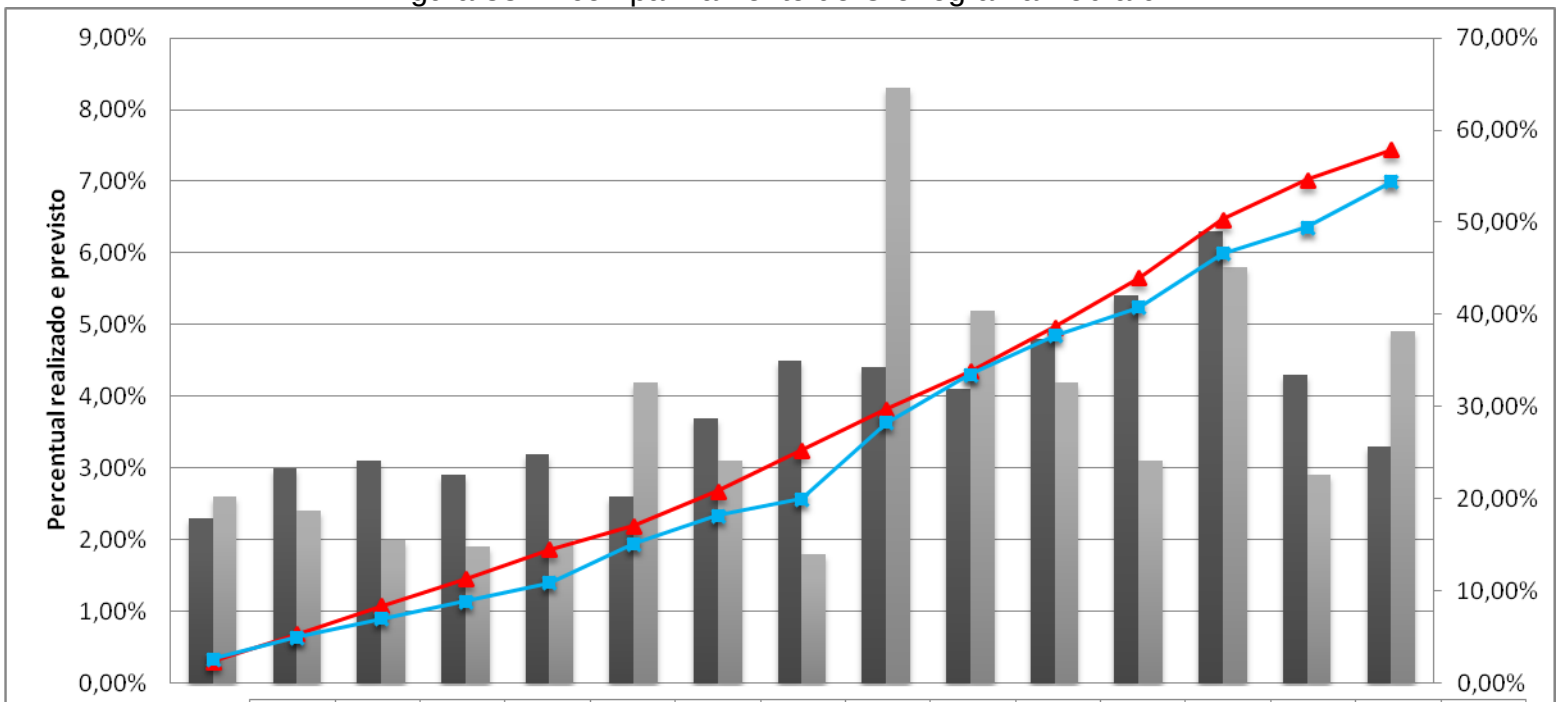
WILSON, R.L., Prevention and resolution of construction claims, **Journal of Construction Division**, New York, v. 108, n. 3, p. 3090 – 405, 1982.

WILSON, M. P. **Six Sigma**: understanding the concept, implications and challenges. 1ed. Scottsdale: Advanced System Consultants, 1999.

ZAIDAN, E. (2012) Estadão.com.br. Disponível em: <http://www.estadao.br/notícias/geral,construcao-civil-no-brasil-deve-crescer-de-35-a-4-em-2013,966458,0.htm> Acesso em: 2 dez 2012.

APÊNDICE A – ACOMPANHAMENTO MENSAL DAS OBRAS

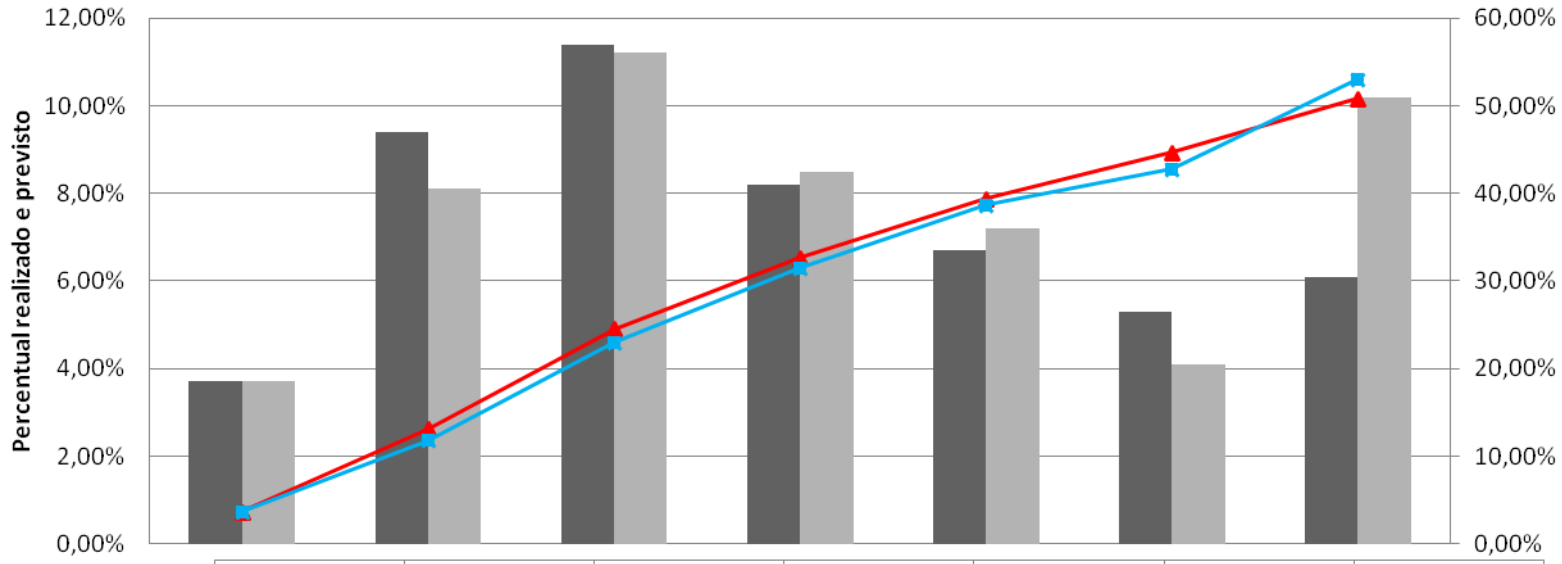
Figura 33 - Acompanhamento de Cronograma - obra 01



	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Previsto	2,30%	3,00%	3,10%	2,90%	3,20%	2,60%	3,70%	4,50%	4,40%	4,10%	4,80%	5,40%	6,30%	4,30%	3,30%
Realizado	2,60%	2,40%	2,00%	1,90%	2,00%	4,20%	3,10%	1,80%	8,30%	5,20%	4,20%	3,10%	5,80%	2,90%	4,90%
Acc previsto	2,30%	5,30%	8,40%	11,30%	14,50%	17,10%	20,80%	25,30%	29,70%	33,80%	38,60%	44,00%	50,30%	54,60%	57,90%
Acc realizado	2,60%	5,00%	7,00%	8,90%	10,90%	15,10%	18,20%	20,00%	28,30%	33,50%	37,70%	40,80%	46,60%	49,50%	54,40%

Fonte: empresa estudada.

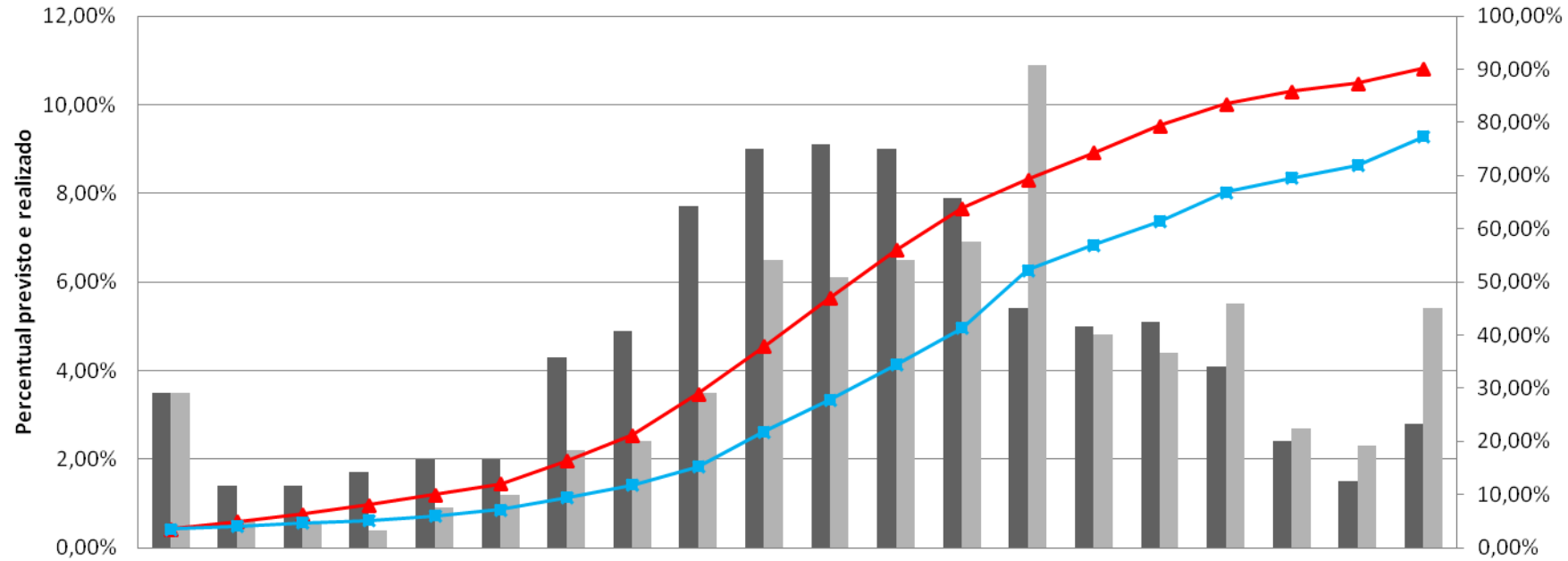
Figura 34 - Acompanhamento de Cronograma - obra 02



	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Previsto	3,70%	9,40%	11,40%	8,20%	6,70%	5,30%	6,10%
Realizado	3,70%	8,10%	11,20%	8,50%	7,20%	4,10%	10,20%
Acc previsto	3,70%	13,10%	24,50%	32,70%	39,40%	44,70%	50,80%
Acc realizado	3,70%	11,80%	23,00%	31,50%	38,70%	42,80%	53,00%

Fonte: empresa estudada.

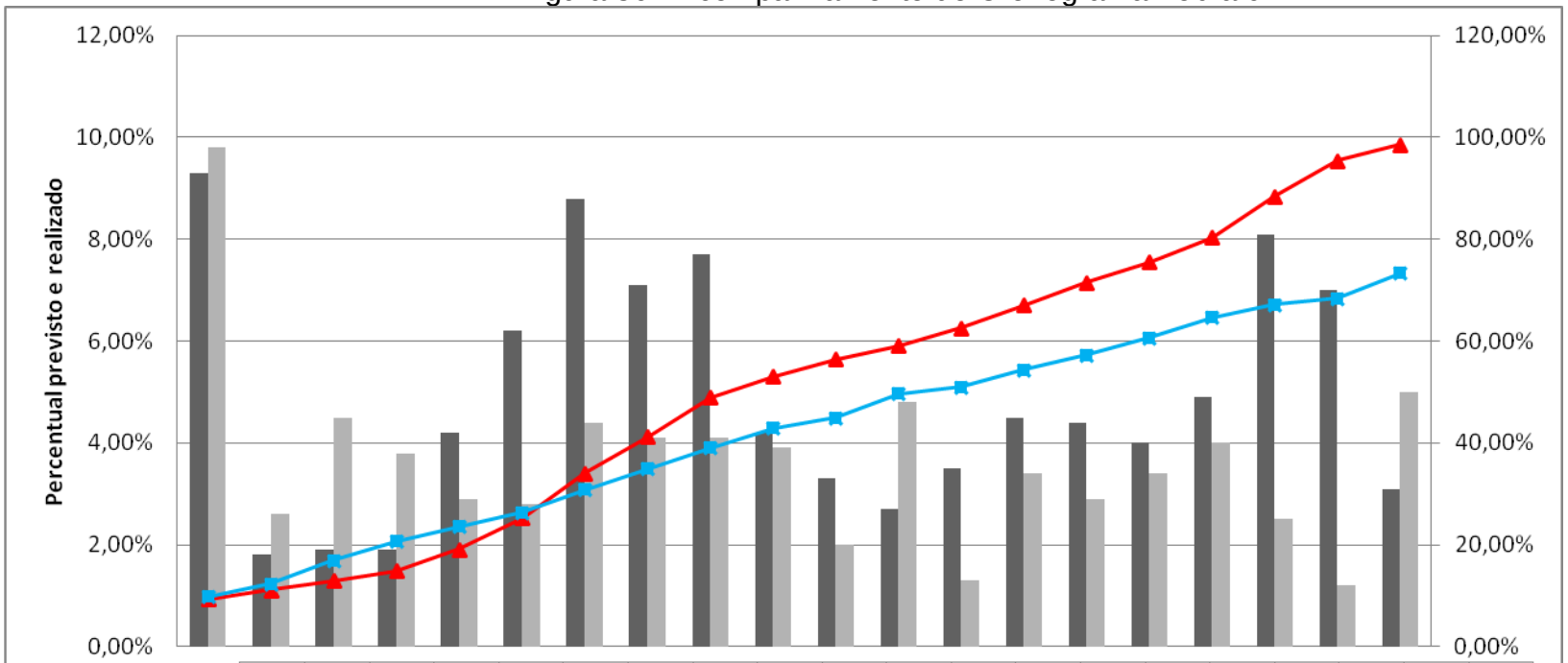
Figura 35 - Acompanhamento de Cronograma - obra 03



	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Previsto	3,50%	1,40%	1,40%	1,70%	2,00%	2,00%	4,30%	4,90%	7,70%	9,00%	9,10%	9,00%	7,90%	5,40%	5,00%	5,10%	4,10%	2,40%	1,50%	2,80%
Realizado	3,50%	0,60%	0,60%	0,40%	0,90%	1,20%	2,20%	2,40%	3,50%	6,50%	6,10%	6,50%	6,90%	10,90%	4,80%	4,40%	5,50%	2,70%	2,30%	5,40%
Acc previsto	3,50%	4,90%	6,30%	8,00%	10,00%	12,00%	16,30%	21,20%	28,90%	37,90%	47,00%	56,00%	63,90%	69,30%	74,30%	79,40%	83,50%	85,90%	87,40%	90,20%
Acc realizado	3,50%	4,10%	4,70%	5,10%	6,00%	7,20%	9,40%	11,80%	15,30%	21,80%	27,90%	34,40%	41,30%	52,20%	57,00%	61,40%	66,90%	69,60%	71,90%	77,30%

Fonte: empresa estudada.

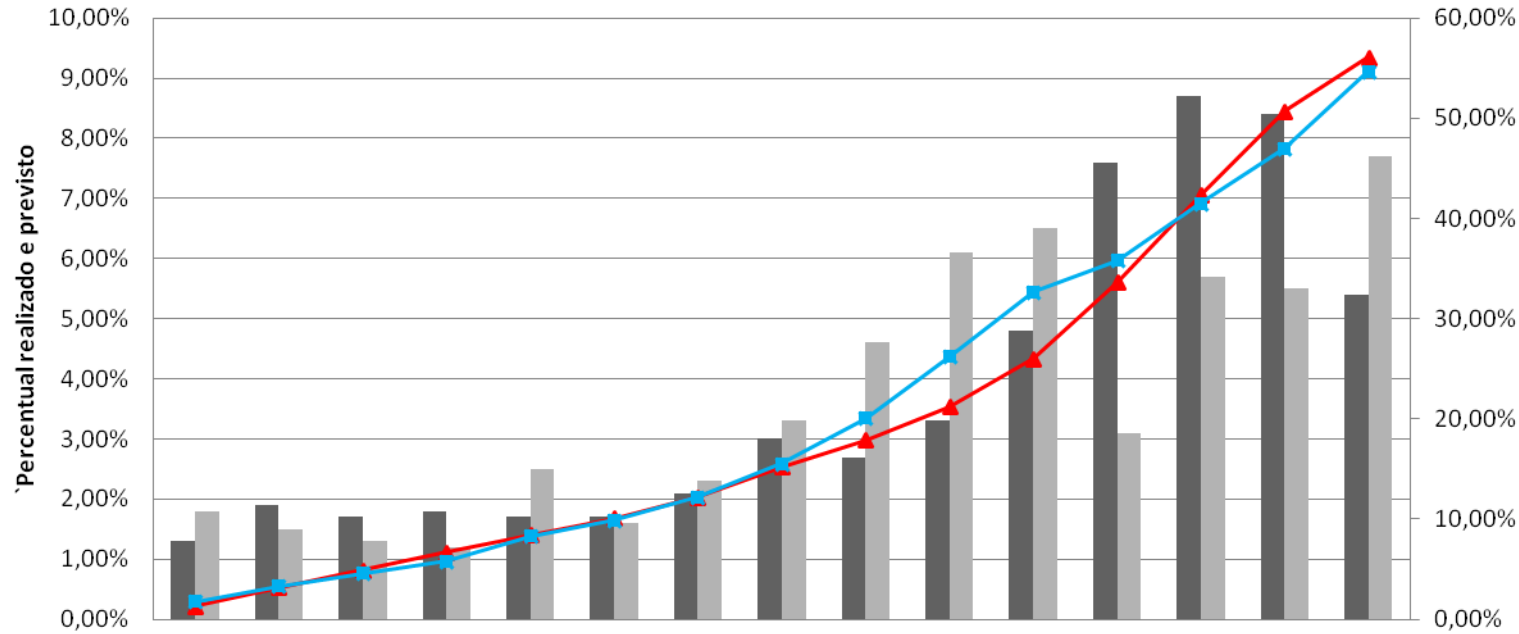
Figura 36 - Acompanhamento de Cronograma - obra 04



	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Previsto	9,30%	1,80%	1,90%	1,90%	4,20%	6,20%	8,80%	7,10%	7,70%	4,20%	3,30%	2,70%	3,50%	4,50%	4,40%	4,00%	4,90%	8,10%	7,00%	3,10%
Realizado	9,80%	2,60%	4,50%	3,80%	2,90%	2,80%	4,40%	4,10%	4,10%	3,90%	2,00%	4,80%	1,30%	3,40%	2,90%	3,40%	4,00%	2,50%	1,20%	5,00%
Acc previsto	9,30%	11,10	13,00	14,90	19,10	25,30	34,10	41,20	48,90	53,10	56,40	59,10	62,60	67,10	71,50	75,50	80,40	88,50	95,50	98,60
Acc realizado	9,80%	12,40	16,90	20,70	23,60	26,40	30,80	34,90	39,00	42,90	44,90	49,70	51,00	54,40	57,30	60,70	64,70	67,20	68,40	73,40

Fonte: empresa estudada.

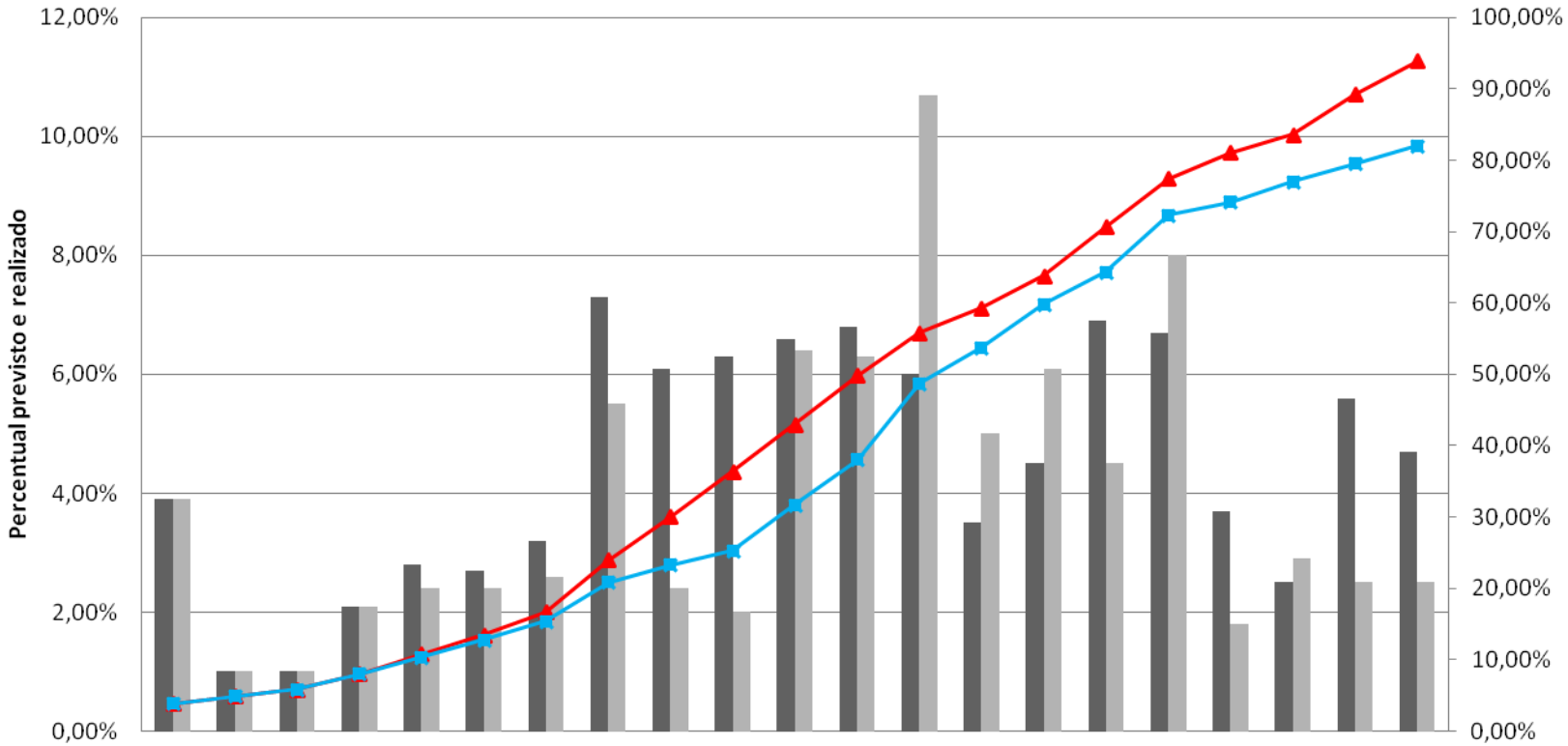
Figura 37 - Acompanhamento de Cronograma - obra 05



	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Previsto	1,30%	1,90%	1,70%	1,80%	1,70%	1,70%	2,10%	3,00%	2,70%	3,30%	4,80%	7,60%	8,70%	8,40%	5,40%
Realizado	1,80%	1,50%	1,30%	1,20%	2,50%	1,60%	2,30%	3,30%	4,60%	6,10%	6,50%	3,10%	5,70%	5,50%	7,70%
Acc previsto	1,30%	3,20%	4,90%	6,70%	8,40%	10,10%	12,20%	15,20%	17,90%	21,20%	26,00%	33,60%	42,30%	50,70%	56,10%
Acc realizado	1,80%	3,30%	4,60%	5,80%	8,30%	9,90%	12,20%	15,50%	20,10%	26,20%	32,70%	35,80%	41,50%	47,00%	54,70%

Fonte: empresa estudada.

Figura 38 - Acompanhamento de Cronograma - obra 06

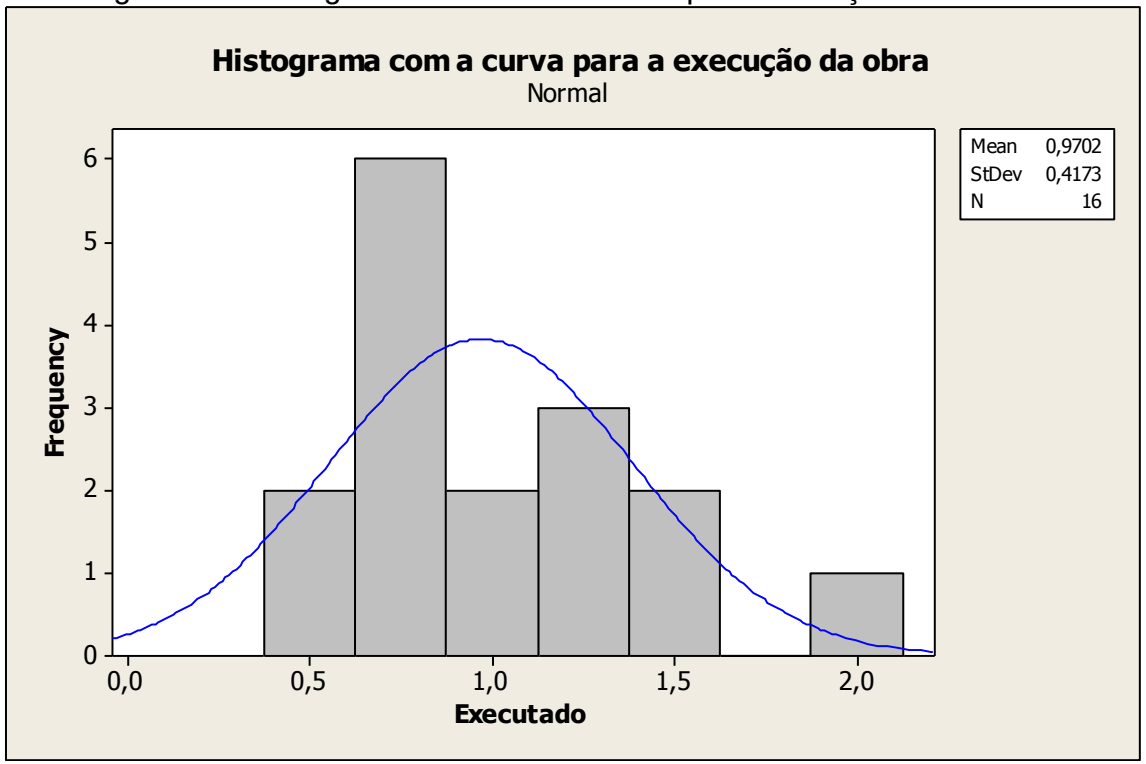


	ago/10	set/10	out/10	nov/10	dez/10	jan/11	fev/11	mar/11	abr/11	mai/11	jun/11	jul/11	ago/11	set/11	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Previsto	3,90%	1,00%	1,00%	2,10%	2,80%	2,70%	3,20%	7,30%	6,10%	6,30%	6,60%	6,80%	6,00%	3,50%	4,50%	6,90%	6,70%	3,70%	2,50%	5,60%	4,70%
Realizado	3,90%	1,00%	1,00%	2,10%	2,40%	2,40%	2,60%	5,50%	2,40%	2,00%	6,40%	6,30%	10,70	5,00%	6,10%	4,50%	8,00%	1,80%	2,90%	2,50%	2,50%
Acc previsto	3,90%	4,90%	5,90%	8,00%	10,80	13,50	16,70	24,00	30,10	36,40	43,00	49,80	55,80	59,30	63,80	70,70	77,40	81,10	83,60	89,20	93,90
Acc realizado	3,90%	4,90%	5,90%	8,00%	10,40	12,80	15,40	20,90	23,30	25,30	31,70	38,00	48,70	53,70	59,80	64,30	72,30	74,10	77,00	79,50	82,00

Fonte: empresa estudada.

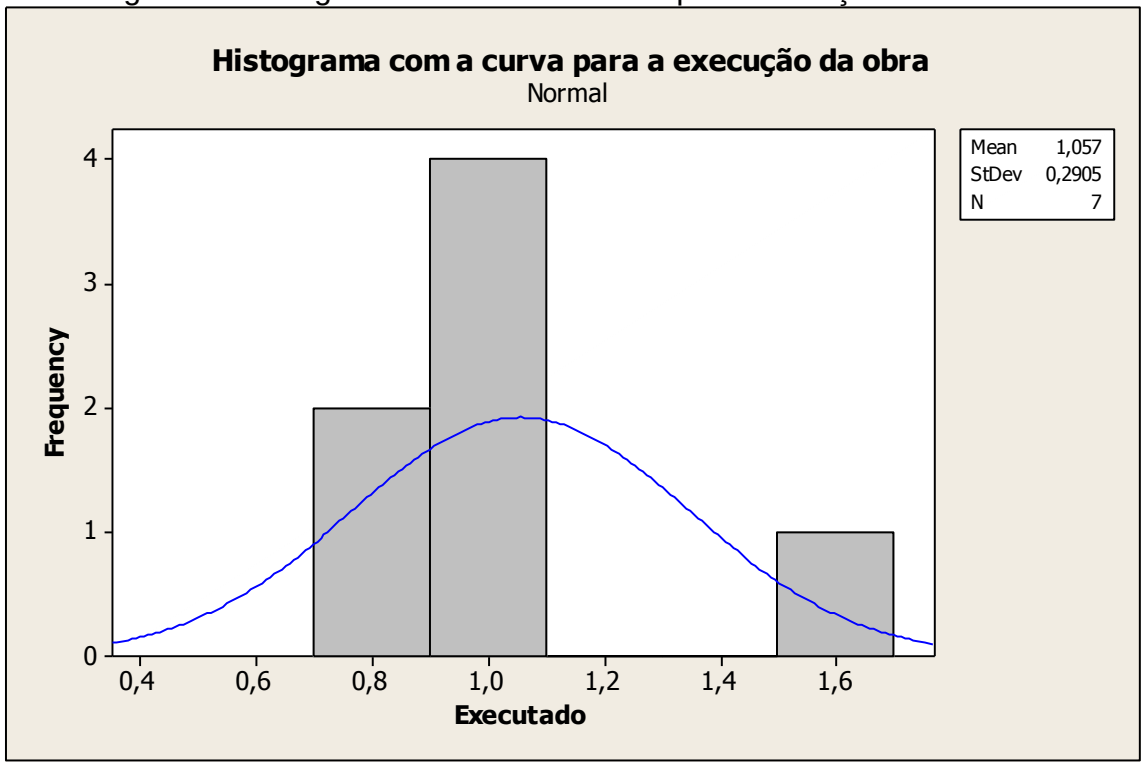
APÊNDICE B – HISTOGRAMAS DE EXECUÇÃO DAS OBRAS

Figura 39 - Histograma com curva normal para execução da obra 01



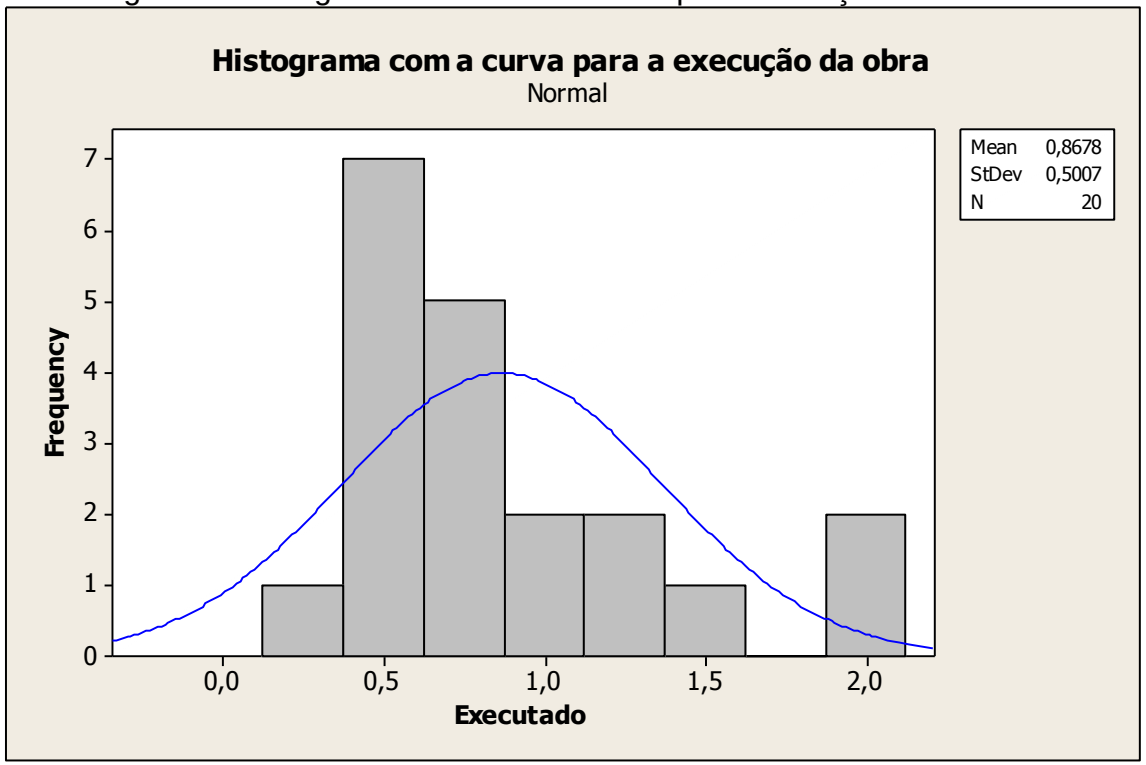
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 40 Histograma com curva normal para execução da obra 02



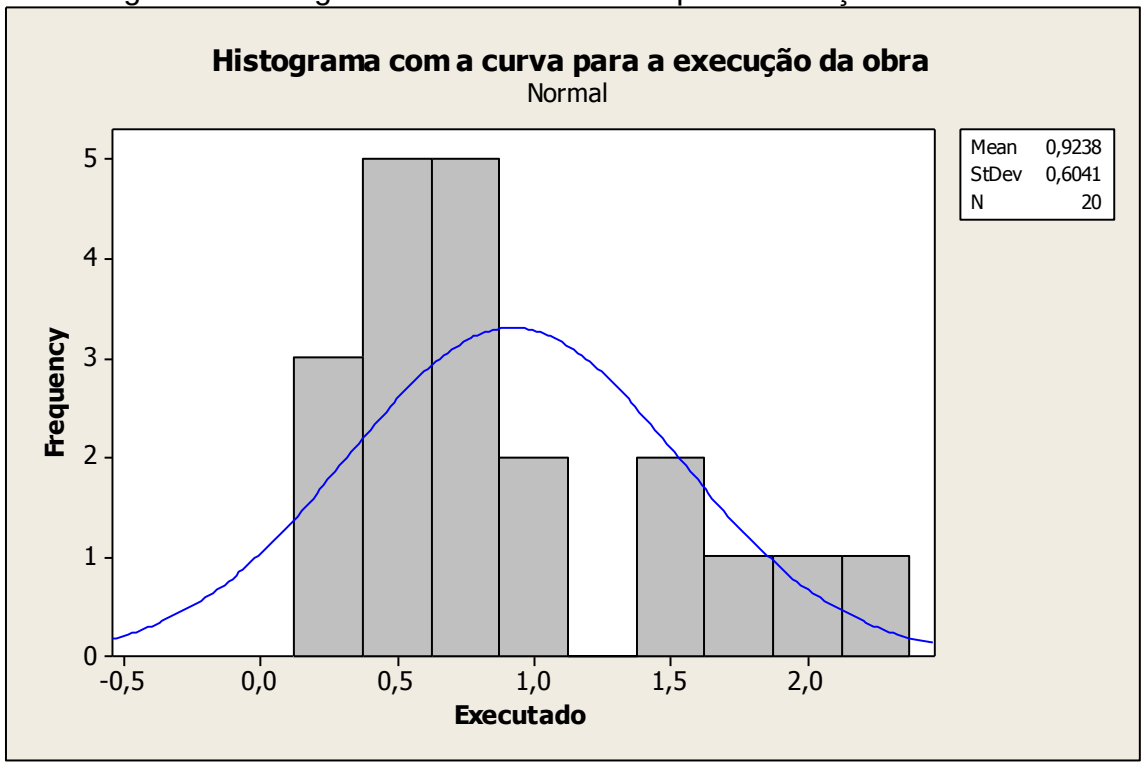
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 41 Histograma com curva normal para execução da obra 03



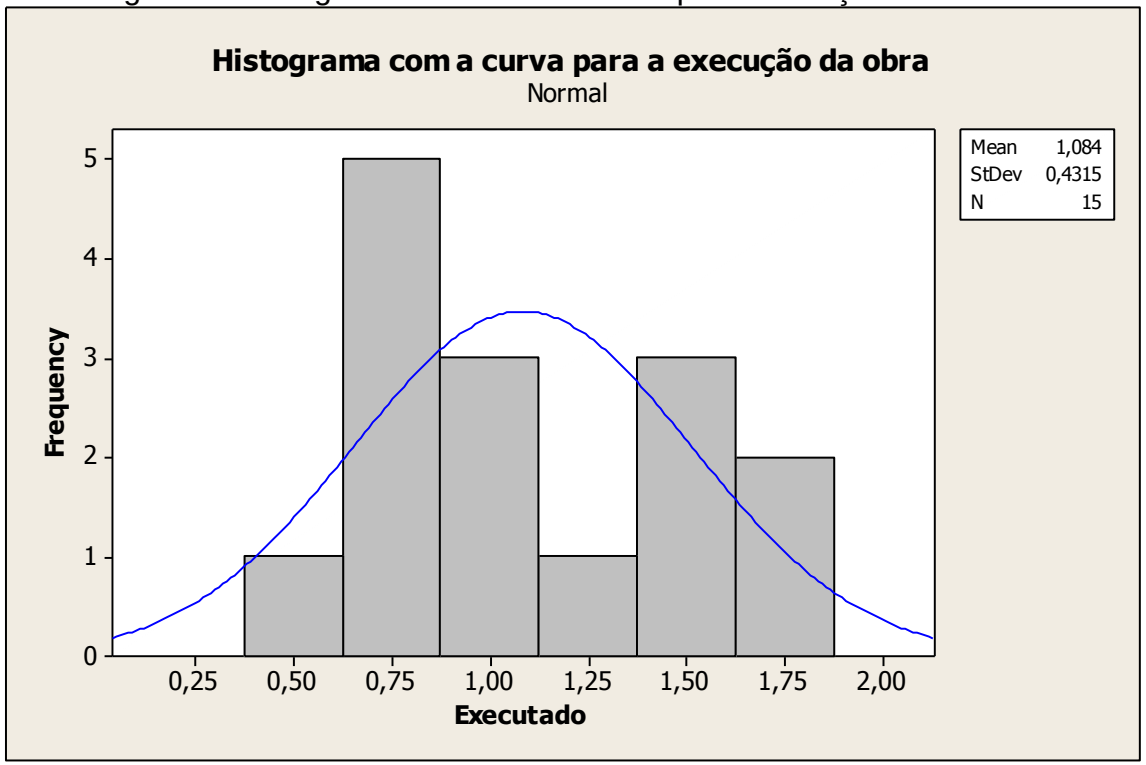
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 42 Histograma com curva normal para execução da obra 04



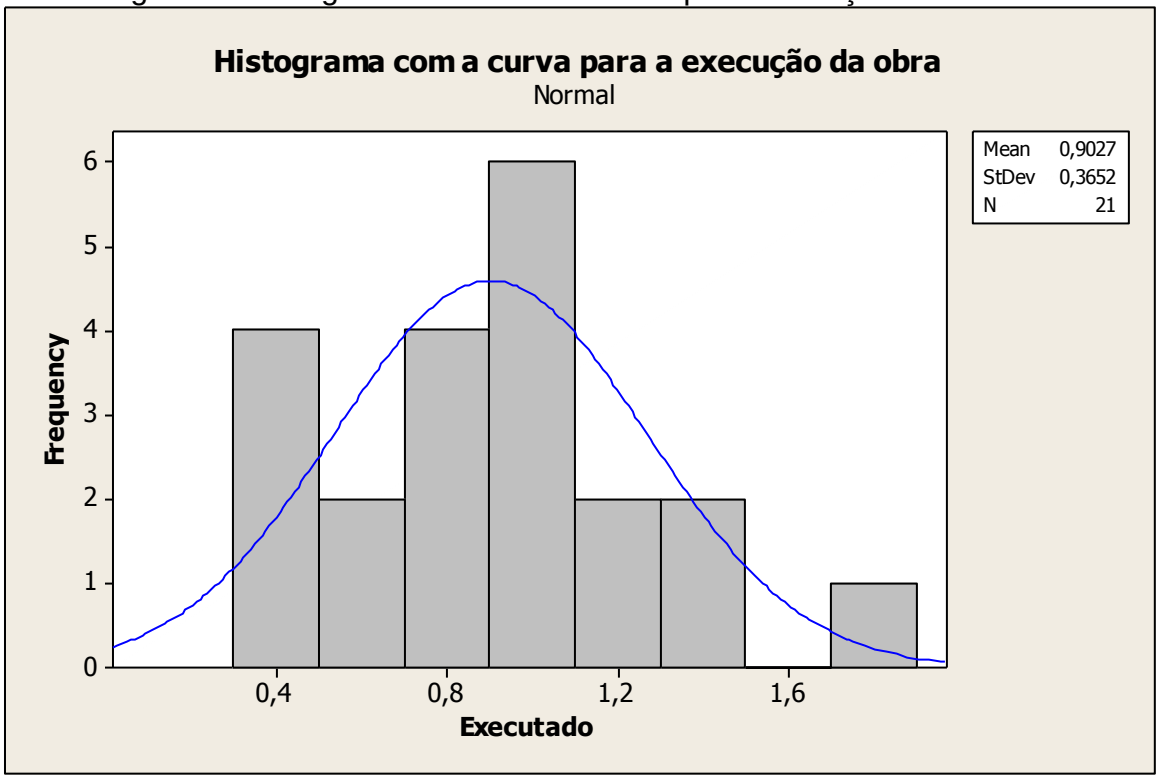
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 43 Histograma com curva normal para execução da obra 05



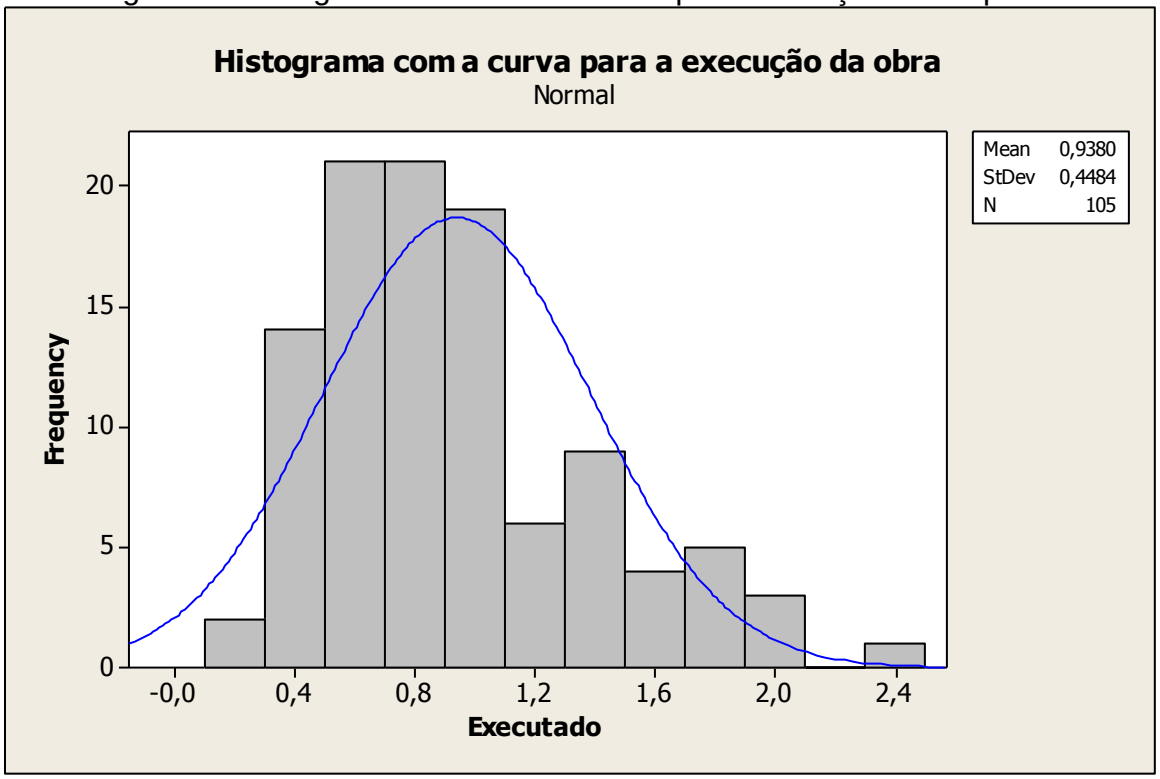
Fonte: elaborada pela autora.

Figura 44 Histograma com curva normal para execução da obra 06



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 45 Histograma com curva normal para execução da empresa



Fonte: elaborada pela autora.