

KELLY CHRISTINE LANDOLFI BETTIO



Uma Abordagem de Gerência Quantitativa de Processos de Software no Apoio a Estimativas de Retrabalho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Pontifícia Universidade Católica do Paraná para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientadora: Prof. Dra Sheila Reinehr

Curitiba
2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor, com anuência de seu orientador.

Curitiba, 14 de Agosto de 2012.

Kelly Christine Landolfi Bettio

Sheila Reinehr

FICHA CATALOGRÁFICA

Bettio, Kelly Christine Landolfi

Uma Abordagem de Gerência Quantitativa de Processos de Software no Apoio a Estimativas de Retrabalho

/ K. C. L. Bettio -- Curitiba, 2012

136 p.

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba. Programa de Pós-Graduação em Informática.

1. Retrabalho 2. Controle Estatístico de Processos 3. Processos de Software. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Informática.

II. d.

DEDICATÓRIAS

Dedico esse trabalho ao meu pai Flávio e minha mãe Sonia, que em nenhum momento deixaram de acreditar em mim.

E ao meu filho Guilherme, inspiração para tudo na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Para a conclusão deste trabalho foi necessária a colaboração de diversas pessoas as quais agradeço imensamente.

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada é possível.

Aos meus pais Flavio e Sonia, pelo constante incentivo e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu filho Guilherme pela sua inocência e compreensão nos momentos de ausência e ao seu pai Fabio, pelo apoio e auxílio na tentativa de minimizar a minha falta.

Às professoras Sheila Reinehr e Andreia Malucelli, pelas orientações, paciência, compreensão, ensinamentos e amizade que fizeram com que este trabalho se concretizasse.

À prof. Carla Lima Reis, pelo apoio nas pesquisas, disponibilização de materiais de apoio e pela sua amizade.

As empresas e as pessoas que contribuíram para a realização da pesquisa, que foi a alma desta dissertação.

Aos meus amigos e família que se fizeram presentes com mensagens de apoio e incentivo a finalização deste trabalho.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste desafio.

Muito Obrigada!

“Numa economia onde a única certeza é a incerteza, a única fonte de vantagem competitiva é o CONHECIMENTO.”

Ikujiro Nonaka

RESUMO

A comunidade de Engenharia de Software tem se preocupado em estimar melhor seus projetos, melhorando seu planejamento e minimizando seus custos. Um dos processos críticos para o desenvolvimento de software é o processo de controle de mudanças, pois quanto mais tarde a necessidade de efetuar uma mudança for identificada, maior será o custo desta alteração, contribuindo com um esforço maior de retrabalho. O uso de técnicas, como Controle Estatístico de Processos, ainda são recentes neste contexto, embora sejam muito usadas na manufatura. O estudo do comportamento do processo de retrabalho de uma empresa pode auxiliar a evitar que problemas já ocorridos venham a se repetir e ainda a preparar a empresa para tratar melhor esses problemas quando estes são comportamentos padrões de seus processos. Em virtude disto, esta pesquisa se propõe a estudar o retrabalho nos projetos de desenvolvimento de software, entendendo seu comportamento e propondo um processo que auxilie empresas a criar um modelo estatístico de desempenho baseado no seu contexto de desenvolvimento e que seja capaz de apoiar as estimativas de seus projetos de forma mais precisa. Foram utilizados os procedimentos metodológicos da Pesquisa-Ação, sendo composta pelas seguintes fases: (i) Fase Exploratória; (ii) Fase de Pesquisa; (iii) Fase de Avaliação. A Fase Exploratória foi realizada por meio de uma pesquisa de campo conduzida com empresas desenvolvedoras de software. Ao final desta fase foi possível delimitar o escopo da pesquisa. A Fase de Pesquisa foi caracterizada pelas etapas de definição do processo preliminar e construção do processo proposto. E, finalmente, a Fase de Avaliação foi composta pela aplicação do processo proposto em uma situação real de uma empresa de software e pela avaliação dos resultados. Foi possível ao final da pesquisa a proposição de um processo para ser aplicado no entendimento dos dados de retrabalho, resultando em um modelo de previsibilidade de retrabalho para organizações de software. Foi utilizada uma base de dados composta de registros de desenvolvimento de software, bem como de casos de retrabalho (reincidências). Parte da base foi usada para construir o modelo de previsibilidade e parte foi usada para testar o modelo. Os resultados foram bastante satisfatórios, apontando para um desvio médio de 27,5%, o que pode ser considerado bastante bom.

Esta pesquisa é relevante para as empresas de software, uma vez que fornece apoio para que ela possa gerar seus próprios modelos de desempenho, entender

RESUMO

A comunidade de Engenharia de Software tem se preocupado em estimar melhor seus projetos, melhorando seu planejamento e minimizando seus custos. Um dos processos críticos para o desenvolvimento de software é o processo de controle de mudanças, pois quanto mais tarde a necessidade de efetuar uma mudança for identificada, maior será o custo desta alteração, contribuindo com um esforço maior de retrabalho. O uso de técnicas, como Controle Estatístico de Processos, ainda são recentes neste contexto, embora sejam muito usadas na manufatura. O estudo do comportamento do processo de retrabalho de uma empresa pode auxiliar a evitar que problemas já ocorridos venham a se repetir e ainda a preparar a empresa para tratar melhor esses problemas quando estes são comportamentos padrões de seus processos. Em virtude disto, esta pesquisa se propõe a estudar o retrabalho nos projetos de desenvolvimento de software, entendendo seu comportamento e propondo um processo que auxilie empresas a criar um modelo estatístico de desempenho baseado no seu contexto de desenvolvimento e que seja capaz de apoiar as estimativas de seus projetos de forma mais precisa. Foram utilizados os procedimentos metodológicos da Pesquisa-Ação, sendo composta pelas seguintes fases: (i) Fase Exploratória; (ii) Fase de Pesquisa; (iii) Fase de Avaliação. A Fase Exploratória foi realizada por meio de uma pesquisa de campo conduzida com empresas desenvolvedoras de software. Ao final desta fase foi possível delimitar o escopo da pesquisa. A Fase de Pesquisa foi caracterizada pelas etapas de definição do processo preliminar e construção do processo proposto. E, finalmente, a Fase de Avaliação foi composta pela aplicação do processo proposto em uma situação real de uma empresa de software e pela avaliação dos resultados. Foi possível ao final da pesquisa a proposição de um processo para ser aplicado no entendimento dos dados de retrabalho, resultando em um modelo de previsibilidade de retrabalho para organizações de software. Foi utilizada uma base de dados composta de registros de desenvolvimento de software, bem como de casos de retrabalho (reincidências). Parte da base foi usada para construir o modelo de previsibilidade e parte foi usada para testar o modelo. Os resultados foram bastante satisfatórios, apontando para um desvio médio de 27,5%, o que pode ser considerado bastante bom.

Esta pesquisa é relevante para as empresas de software, uma vez que fornece apoio para que ela possa gerar seus próprios modelos de desempenho, entender

sua realidade quanto ao comportamento do processo de retrabalho, além de possibilitar uma manutenção deste modelo periodicamente, permitindo que a precisão das estimativas geradas a partir da utilização do repositório de medidas organização seja cada vez maior.

Palavras-chave: Modelo de Previsão de Esforço de Retrabalho em Software, Controle Estatístico de Processos em Software, Gerência Quantitativa de Software

sua realidade quanto ao comportamento do processo de retrabalho, além de possibilitar uma manutenção deste modelo periodicamente, permitindo que a precisão das estimativas geradas a partir da utilização do repositório de medidas organização seja cada vez maior.

Palavras-chave: Modelo de Previsão de Esforço de Retrabalho em Software, Controle Estatístico de Processos em Software, Gerência Quantitativa de Software

ABSTRACT

The community of software engineering has been focused on improving their projects estimation aiming at improving their planning abilities and at minimizing their costs. One of the most critical processes for software development is the change control process. If the change occurs in the late stages of the development process, the cost to perform the change becomes higher and it contributes to increase rework effort. The use of techniques such as Statistical Process Control applied to the software context is still new, although it is widely used in the manufacturing industry. The study of the behavior of the rework process can help in preventing the problems that have already occurred to happen again. It also helps to prepare the organization to better solve these problems when they have processes that behave in a standard way. This research aims at studying the rework in the software development processes, understanding e proposing a process that can help the organizations in creating a statistical performance model based on its own development context and that is capable of supporting the estimations more accurately. This work was developed using the research-action approach, and was composed by the following phases: (i) Exploratory Phase; (ii) Research Phase; (iii) Evaluation Phase. In the Exploratory Phase, a field research was conducted with software development organizations. At the end of this phase, the research scope was delimited. The Research Phase was developed through the activities of defining a preliminary process and building the proposed process. Finally, during the Evaluation Phase, the process was applied in a real situation of a software organization and the results were analyzed. The research proposed a process to be applied in understanding rework data, resulting in a rework effort prediction model to be used by software organizations. A real database, composed by software development records, as rework records, was used in the study. Part of such a database was used to build the prediction model and the other part was used to test the model. The results were good enough, with a standard deviation of 27,5%, considered as a very good result. Software measurement has becoming one of the main concerns of Software Engineering in the last two decades, once software organizations have a hard time when trying to estimate their projects. Software organizations also have recurring rework efforts which means an effort to rebuild what was not done right in the first time. This research is relevant to software

organizations once it provides support in generating their own performance models, in understanding their reality regarding to the behavior of their rework process and, it also enables them to maintain such models in regular basis, allowing them to improve the precision of their estimates.

Keywords: Software Rework Effort Prediction Model; Statistical Software Process Control; Quantitative Management in Software

organizations once it provides support in generating their own performance models, in understanding their reality regarding to the behavior of their rework process and, it also enables them to maintain such models in regular basis, allowing them to improve the precision of their estimates.

Keywords: Software Rework Effort Prediction Model; Statistical Software Process Control; Quantitative Management in Software

SUMÁRIO

RESUMO.....	VIII
ABSTRACT	X
LISTA DE FIGURAS	XVI
LISTA DE QUADROS	XVII
LISTA DE TABELAS	XIX
LISTA DE EQUAÇÕES.....	XX
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 MOTIVAÇÃO	3
1.2 OBJETIVOS	5
1.3 DELIMITAÇÃO DE ESCOPO	6
1.4 PROCESSO DE TRABALHO	7
1.5 ESTRUTURA DO DOCUMENTO.....	8
1.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	9
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1 CONTROLE DA QUALIDADE.....	12
2.2 QUALIDADE DE SOFTWARE.....	12
2.2.1 CMMI – Capability Maturity Model Integration	14
2.2.2 MPS.BR – Melhoria do Processo de Software Brasileiro	18
2.3 CONTROLE DE MUDANÇAS.....	22
2.3.1 Controle de Mudanças nos Projetos de Software	22
2.3.2 Controle de Mudanças nos Modelos de Qualidade	23
2.4 RETRABALHO NO PROCESSO DE SOFTWARE.....	25
2.5 MEDIÇÃO DE RETRABALHO	28
2.6 CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS	30
2.6.1 Comportamento do Processo	31
2.6.2 Modelos de Desempenho Estatísticos	34
2.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	40
CAPÍTULO 3 - ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA.....	42
3.1 CONCEITOS RELEVANTES SOBRE METODOLOGIA E MÉTODOS DE PESQUISA.....	42

3.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.3	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	46
3.4	FASE EXPLORATÓRIA	47
3.4.1	Realizar Pesquisa Exploratória	47
3.4.2	Formular o Problema.....	48
3.5	FASE DE PESQUISA.....	48
3.5.1	Definir Processo Preliminar.....	49
3.5.2	Construir Processo Proposto	49
3.6	FASE DE AVALIAÇÃO	50
3.6.1	Aplicar Processo Proposto	50
3.6.2	Discutir Resultados.....	51
3.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO	51
CAPÍTULO 4 - DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA		52
4.1	PESQUISA EXPLORATÓRIA	52
4.1.1	Organização da Pesquisa Exploratória.....	52
4.1.2	Resultados da Pesquisa Exploratória.....	54
4.1.3	Considerações a respeito da Pesquisa Exploratória	61
4.2	PROCESSO PROPOSTO	61
4.2.1	Processo Preliminar	62
4.2.2	Construção do Processo	64
4.2.3	Estrutura do Processo Proposto	65
4.2.4	Descrição do Processo Proposto.....	65
4.2.5	Considerações a respeito do Processo Proposto	82
4.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	83
CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DO PROCESSO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 84		
5.1	CONTEXTO DA EMPRESA ESTUDADA.....	84
5.2	ETAPAS DA APLICAÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO.....	88
5.2.1	Atividade: 1. Conhecer a Base - Tarefa: Estudar a Base de Medidas.....	88
5.2.2	Atividade: 1. Conhecer a Base - Tarefa 2: Identificar Medidas Associadas	
	91	
5.2.3	Atividade: 2. Estabelecer Base - Tarefa 1: Estabelecer Processo de	
	Medição de Retrabalho	94

5.2.4	Atividade: 2. Estabelecer Base - Tarefa 2: Iniciar Medição de Retrabalho	
		94
5.2.5	Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 1: Eliminar Ruídos	94
5.2.6	Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 2: Extrair Casos Válidos	95
5.2.7	Atividade: 3. Tratar a Base - Tarefa 3: Organizar a Base	95
5.2.8	Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 1: Analisar Características da Origem	96
5.2.9	Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 2: Identificar Tendência de Retrabalho	96
5.2.10	Atividade: 4. Entender Contexto - Tarefa 3: Realizar Seminários de Análise	97
5.2.11	Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 1: Testar Normalidade da Base	97
5.2.12	Atividade: Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 2: Normalizar Dados	98
5.2.13	Atividade: 5. Preparar Dados - Tarefa 3: Dividir Base	98
5.2.14	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 1: Gerar Gráficos de Controle	98
5.2.15	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 2: Testar Estabilidade	99
5.2.16	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 3: Estabilizar Processo	100
5.2.17	Atividade: 6. Gerar Baseline de Processo - Tarefa 4: Gerar Baseline de Processo	102
5.2.18	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 1: Determinar Variáveis Dependentes	102
5.2.19	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 2: Preparar Variáveis Categóricas	103
5.2.20	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 4: Gerar Modelo de Desempenho	103
5.2.21	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 5: Testar Modelo de Desempenho	108
5.2.22	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 6: Realizar Análise do Modelo	111
5.2.23	Atividade: 7. Gerar Modelo de Desempenho Estatístico - Tarefa 7: Refinar Modelo	112

5.3	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DA APLICAÇÃO DO PROCESSO.....	112
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO.....	112
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		113
6.1	RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	113
6.2	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	114
6.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	114
6.4	TRABALHOS FUTUROS.....	115
6.5	MENSAGEM FINAL.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Processo de Trabalho.....	8
Figura 2-1. Estrutura do CMMI – Representação Contínua. Adaptado de (SEI, 2010).....	15
Figura 2-2: Evolução dos níveis de maturidade do CMMI. Adaptado de (SEI, 2010).	16
Figura 2-3. Componentes do Modelo MPS (SOFTEX, 2011a).....	19
Figura 2-4. Níveis do modelo MPS, adaptado de (SOFTEX, 2011a).....	20
Figura 2-5. Mudanças na Gerência de Configuração. Adaptada de (SOFTEX, 2011a).....	24
Figura 2-6. Exemplo de Gráfico de Controle. Fonte: o Autor.....	33
Figura 2-7. Técnicas de Análise de Correlação. Adaptada de (FENTON; PFLEEGER, 1997).	36
Figura 3-1. Pesquisas conforme os procedimentos técnicos. Adaptado de (GIL, 2002).....	44
Figura 3-2. Metodologia de Pesquisa. Fonte: O Autor.....	47
Figura 4-1. Etapas da Pesquisa Exploratória. Adaptado de (GIL, 2002)	53
Figura 4-2. Existência de Retrabalho nas Empresas Entrevistadas. Fonte: O Autor.	55
Figura 4-3: Caracterização de Retrabalho. Fonte: o Autor.	56
Figura 4-4. Medição de Retrabalho. Fonte: o Autor.	58
Figura 4-5. Processo Preliminar para Análise de Retrabalho. Fonte: o Autor.....	62
Figura 4-6. Ciclo de Construção do Processo Proposto. Fonte: o Autor.	64
Figura 4-7. Processo Proposto. Fonte: O Autor.	67
Figura 5-1. Porcentagem de Reincidências por Tamanho. Fonte: O Autor.	88
Figura 5-2. Reincidências por Tamanho ao longo dos anos. Fonte: O Autor.	89
Figura 5-3. Causas de Reincidências. Fonte: O Autor.	90
Figura 5-4. Causas x Complexidade de Reincidência. Fonte: O Autor.....	91
Figura 5-5. Demandas Origem x Complexidade. Fonte: O Autor.	96
Figura 5-6. Gráfico de Controle do Esforço de Retrabalho. Fonte: O Autor.....	99
Figura 5-7. Variações excepcionais no processo de Retrabalho. Fonte. O Autor.....	100
Figura 5-8. Processo de retrabalho estabilizado. Fonte: O Autor.	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1. Enfoques de Qualidade. Adaptado de (GARVIN, 1992).	11
Quadro 2-2. Níveis de Maturidade x Níveis de Capacidade. Adaptado de SEI (2010).	15
Quadro 2-3. Estrutura do CMMI – Representação por Estágios. Adaptado de (SEI, 2010).	17
Quadro 2-4. Níveis do CMMI x Níveis do MPS. Adaptado de (REINEHR, 2008).	20
Quadro 2-5. Estrutura do MPS. Adaptado de (SOFTEX, 2011a).	21
Quadro 2-6. Tipo de Solicitações de Mudança. Adaptado de (ROYCE, 1998).	22
Quadro 2-7. Mudanças no CMMI e MPS. Adaptado de (SEI, 2010) e (SOFTEX, 2011a). ...	23
Quadro 2-8. Conceitos de Retrabalho. Fonte: o Autor.	26
Quadro 2-9. Retrabalho x Solicitação de Mudança. Adaptado de (ROYCE, 1998).	27
Quadro 2-10. Horas gastas por fase nas mudanças. Adaptado de (ROYCE, 1998).	30
Quadro 2-11. Análise comparativa entre metodologias de construção de modelos de desempenho estatístico. Adaptado de (CAMPOS et al, 2007) e (MONTONI et al, 2007).	39
Quadro 3-1. Fontes de Informação. Fonte: o Autor.	50
Quadro 4-1. Quantificação de retrabalho. Fonte: o Autor.	59
Quadro 4-2. Sugestões para redução de retrabalho. Fonte: o Autor.	60
Quadro 4-3. Estrutura do Processo Proposto. Fonte: Adaptado de (SOFTEX, 2011b).	65
Quadro 4-4. Atividades e Tarefas do Processo Proposto. Fonte: O Autor.	66
Quadro 4-5. Tarefa Estudar Base de Medidas. Fonte: O Autor.	68
Quadro 4-6. Tarefa Identificar Medidas Associadas. Fonte: O Autor.	69
Quadro 4-7. Tarefa Estabelecer Processo de Medição de Retrabalho. Fonte: O Autor.	69
Quadro 4-8. Iniciar Medição de Retrabalho. Fonte: O Autor.	70
Quadro 4-9. Tarefa Eliminar Ruídos. Fonte: O Autor.	70
Quadro 4-10. Tarefa Organizar a Base. Fonte: O Autor.	71
Quadro 4-11. Tarefa Extrair Casos Válidos. Fonte: O Autor.	71
Quadro 4-12. Tarefa Analisar Características da Origem. Fonte: O Autor.	72
Quadro 4-13. Tarefa Analisar Tendência de Retrabalho. Fonte: O Autor.	72
Quadro 4-14. Tarefa Realizar Seminário de Análise. Fonte: O Autor.	73
Quadro 4-15. Tarefa Testar Normalidade da Base. Fonte: O Autor.	74
Quadro 4-16. Tarefa Normalizar Dados. Fonte: O Autor.	74
Quadro 4-17. Tarefa Dividir Base. Fonte: O Autor.	75
Quadro 4-18. Tarefa Gerar Gráficos de Controle. Fonte: O Autor.	75
Quadro 4-19. Tarefa Testar Estabilidade. Fonte: O Autor.	76
Quadro 4-20. Tarefa Estabilizar Processo. Fonte: O Autor.	76

Quadro 4-21. Tarefa Gerar Baseline de Processo. Fonte: O Autor.	77
Quadro 4-22. Tarefa Determinar Variáveis Dependentes. Fonte: O Autor.	78
Quadro 4-23. Tarefa Preparar Variáveis Categóricas. Fonte: O Autor.	78
Quadro 4-24. Tarefa Gerar Modelo de Desempenho. Fonte: O Autor.	80
Quadro 4-25. Tarefa Testar Modelo de Desempenho. Fonte: O Autor.	81
Quadro 4-26. Tarefa Realizar Análise do Modelo. Fonte: O Autor.	81
Quadro 4-27. Tarefa Refinar Modelo. Fonte: O Autor.	82
Quadro 5-1. Categorias de Complexidade. Fonte: o Autor.	85
Quadro 5-2. Medidas Derivadas. Fonte: O Autor.	93
Quadro 5-3. Definição da medida Esforço de Retrabalho. Fonte: O Autor.	94
Quadro 5-4. Resultado da aplicação dos testes de estabilidade. Fonte: (CARLETON; PAULK, 1997)	100
Quadro 5-5. Pontos eliminados para estabilização do processo. Fonte. O Autor.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 5-1. Esforço Planejado x Complexidade. Fonte: O Autor.	87
Tabela 5-2. Características da baseline do processo de retrabalho. Fonte: O Autor.	102
Tabela 5-3. Valores atribuídos para as variáveis categóricas. Fonte: O Autor.	103
Tabela 5-4. Resultados da análise de correlação – Rodada 1. Fonte: O Autor.	105
Tabela 5-5. Resultados da análise de correlação – Rodada 2. Fonte: O Autor.	105
Tabela 5-6. Resultados da análise de correlação – Rodada 3. Fonte: O Autor.	106
Tabela 5-7. Resultados da análise de correlação – Rodada 4. Fonte: O Autor.	106
Tabela 5-8. Teste de multicolinearidade entre variáveis do modelo. Fonte: O Autor.	107
Tabela 5-9. Resultados da primeira instância de teste do modelo. Fonte: O Autor.	110
Tabela 5-10. Resultados da segunda instância de teste do modelo. Fonte: O Autor.	111

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2-1. Esforço de Retrabalho (ROYCE, 1998).....	29
Equação 2-2. Porcentagem de retrabalho (SARGUT; DEMIRORS, 2006).....	29
Equação 2-3. Formato da equação de correlação (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009).....	35
Equação 2-4. Formato do modelo multivariável (MAXWELL, 2002).....	40
Equação 5-1. Equação de correlação. Fonte: O Autor.....	107
Equação 5-2. Modelo de Desempenho Estatístico. Fonte: O Autor.....	107

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

“... a melhoria está intimamente ligada à obtenção de melhores níveis de qualidade. Um programa que funciona bem dificilmente deixará de trazer benefícios para a empresa”.

(PALADINI, 2004)

O mundo globalizado está fazendo as empresas visualizarem a necessidade de se manterem competitivas, ou seja, a necessidade de adaptação a novas exigências de seu mercado de atuação (AIDAR, 1995).

No contexto de organizações desenvolvedoras de software, a manutenção da competitividade é de suma importância para sua sobrevivência, considerando o contexto de produção de software com prazos cada vez menores, custos reduzidos e atendendo aos requisitos do cliente com qualidade, que estas empresas estão submetidas (MONTONI, 2007).

O conceito clássico de qualidade é o “grau no qual um conjunto de características inerentes atende aos requisitos” (ABNT, 2000). Este é um conceito dinâmico e que nos últimos anos vem sendo ampliado e adaptado às características da atualidade (AIDAR, 1995).

Segundo Paladini (2004), a busca pela melhoria da qualidade se dá basicamente com a detecção e eliminação das causas de desperdício e na melhoria contínua dos produtos e serviços fornecidos, na ótica da satisfação dos clientes.

Um marco na evolução do conceito de qualidade foi a mudança do foco tradicional no produto para o foco em melhoria de processos, que se preocupa com a qualidade desde as primeiras etapas da confecção dos produtos. O foco no processo permite o acompanhamento da qualidade ao longo de todo o desenvolvimento do produto, minimizando a necessidade de retrabalho (CROSBY, 2000).

Retrabalho pode ser caracterizado como uma atividade considerada completa, mas que não satisfaz o cliente. Conseqüentemente, é requerido que seja

alterada para estar de acordo com os requisitos solicitados, incluindo defeitos e variações que podem ocorrer a qualquer momento e em qualquer processo (LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004).

Muitas organizações produtoras de software são culturalmente focadas no produto, ou seja, não se preocupam com a qualidade do processo de desenvolvimento do software, mas sim se o produto final atende as necessidades do cliente (ZAHARAN,1998). Em contrapartida, há organizações produtoras de software cuja visão está voltada para os problemas nos processos de desenvolvimento e que aceitam o processo como uma maneira de gerenciar o seu negócio (ZAHARAN,1998).

Uma das questões que preocupa os estudiosos da área de desenvolvimento de software é o retrabalho originado por meio de correções de defeitos e o que fazer para reduzir o esforço empregado nesta atividade (KALINOWSKI; SPINOLA, 2008) .

Para que a mudança cultural nas organizações ocorra de uma forma controlada, alguns modelos voltados à melhoria da qualidade foram criados e continuam em constante evolução. A proposta destes modelos é identificar atitudes com as quais as organizações precisam se preocupar com o intuito de manter a sua competitividade, sem prejudicar a qualidade de seus produtos (DEMING,1990).

Entre os modelos de qualidade voltados aos processos das organizações produtoras de software destacam-se o MR-MPS, criado pelo programa MPS.BR - Melhoria do Processo de Software Brasileiro (SOFTEX, 2011a) e o CMMI – *Capability Maturity Model Integration*, criado pelo SEI - *Software Engineering Institute* (SEI, 2010).

Além da qualidade do produto, os benefícios proporcionados pela abordagem focada em processo estão diretamente relacionados à gestão de custos, riscos e recursos (VALLS, 2004).

O gerenciamento dos processos de software garante que os processos de desenvolvimento definidos nas organizações sejam executados como esperado e melhorias executadas nos processos propiciem um melhor atendimento aos objetivos de negócio (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

Segundo Florac, Park e Carleton (1997), o controle de um processo de software se dá a partir do momento em que é possível fazer com que ele se comporte de forma previsível. Todo processo produz resultados, e esses resultados possuem atributos mensuráveis que, quando observados, podem identificar pontos de referência para introdução e validação de ajustes e melhorias nos processos.

O uso do Controle Estatístico de Processos (CEP) permite identificar mudanças no comportamento do processo, analisar as causas que provocaram tais mudanças, identificar oportunidades de melhorias e prever o comportamento do processo (WHEELER, 1999).

Wheeler (1999) diz ainda que, o Controle Estatístico de Processos é uma maneira de pensar utilizando-se algumas ferramentas associadas, ou seja, é um framework que auxilia no entendimento do processo focando nas informações relevantes fornecidas.

Como descrito em Barcellos (2009b), o Controle Estatístico de Processos, muito utilizado nas indústrias de manufatura, foi reconhecido pela comunidade de software como uma ferramenta que pode ser usada para resolver as questões pertinentes aos processos de desenvolvimento, embora ainda sejam recentes os estudos nesta área de atuação.

Com base nesta contextualização esta pesquisa se destina a estudar o comportamento do esforço de retrabalho e como sua previsibilidade, definida por meio da gerência quantitativa, pode auxiliar as empresas desenvolvedoras de software em suas estimativas.

Existem várias definições de retrabalho conforme apresentado no Capítulo 2 deste documento, mas uma definição associada ao contexto de software e que se encaixa com os objetivos deste trabalho foi escrita por Royce (1998), que apresenta retrabalho como, “o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software.”

1.1 Motivação

Considera-se que um dos processos críticos para garantir o sucesso e a qualidade de um projeto de software é o controle de suas mudanças (ROYCE, 1998).

O aumento da dificuldade do controle ocorre à medida que o projeto avança nas fases de seu ciclo de vida. Esta dificuldade se dá, pois, com o avanço das atividades do projeto, o seu tamanho aumenta, a quantidade de requisitos codificada é maior e o impacto da mudança pode ser refletido em vários pontos do sistema (AQUINO, 2008).

Segundo os autores, em SOFTEX (2011a), o processo formal de controle de mudanças visa analisar os impactos provenientes de alterações e notificar as partes afetadas, evitando assim gasto de esforço com retrabalho e possíveis efeitos colaterais que essas mudanças possam causar.

Para Kitchenham e Pflleeger (1996), retrabalho em software é “qualquer esforço adicional requerido para encontrar e consertar problemas após documentos e código estarem formalmente assinalados como parte da gerência de configuração. Incluindo esforço de desenvolvimento durante a integração e testes de sistema”.

De acordo com as definições de retrabalho encontradas na literatura e apresentadas no Quadro 2-8 deste documento, é possível identificar que o estudo do esforço de retrabalho está fortemente relacionado ao estudo do processo de controle de mudanças (ROYCE, 1998).

A análise do impacto das mudanças ao longo do ciclo de vida do projeto de software propicia subsídios para estimar o esforço, custo, prazo e demais atributos que possam ser necessários para que elas sejam realizadas (SOFTEX, 2011a).

Devido às organizações desenvolvedoras de software ainda estarem imaturas quando se trata de controle de orçamentos, prazos, qualidade, controle de mudanças entre outros fatores críticos deste ramo de atuação, a medição pode apoiar o gerenciamento de seus projetos e processos (BARCELLOS, 2009b).

De acordo com Montoni et al (2007), o Controle Estatístico de Processos aplicado a empresas de software tem sido eficiente no que se refere ao entendimento e controle dos processos de desenvolvimento.

Wheeler (1999) descreve que o Controle Estatístico de Processos “é um método para detectar mudanças e identificar causas que afetam o desempenho dos processos, considerado eficiente”.

O desempenho de um processo é definido pelos resultados atingidos com a sua execução, podendo ser caracterizado por medidas de processo e produto, sendo estas utilizadas para gerenciar os projetos quantitativamente (SEI, 2010).

A gerência quantitativa usada de forma efetiva demonstra maturidade organizacional, ou seja, que a organização se preocupa em desenvolver software de qualidade e toma ações em busca da melhoria contínua de seus processos (SOFTEX, 2011a).

Com base nestes conceitos, a principal motivação deste trabalho se dá pela possibilidade de estudar o comportamento do processo de desenvolvimento de

software, identificando a influência do esforço de retrabalho no esforço total do projeto, de forma a possibilitar a melhoria nas estimativas iniciais em futuros projetos, com base na previsibilidade determinada pela gerência quantitativa.

Como o processo de controle de mudanças é considerado um processo crítico para a indústria de software (AQUINO, 2008) e segundo a SOFTEX (2011a), o processo de controle de mudanças quando controlado formalmente diminui o esforço de retrabalho e efeitos colaterais indesejáveis, esta pesquisa utilizará como base a definição de retrabalho de Walker Royce (ROYCE, 1998): “retrabalho é o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software”.

A motivação pela utilização do Controle Estatístico de Processo ocorre pelo fato de que as pesquisas utilizando técnicas estatísticas na área de software ainda são recentes (BARCELLOS, 2009a) e que a análise de desempenho de processos pode apoiar organizações produtoras de software em suas estimativas (MONTONI et al, 2007).

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é: Desenvolver um processo para apoiar as estimativas de esforço de retrabalho em projetos de desenvolvimento de software baseado em sua previsibilidade determinada por meio do controle estatístico de processos.

Como objetivos específicos para atingir este objetivo geral têm-se:

- (i) Especificar as atividades de um processo a ser aplicado em empresas com o objetivo de apoiar as estimativas de retrabalho.
- (ii) Avaliar o processo proposto quanto à sua utilização em empresas desenvolvedoras de software.

O alcance dos objetivos deste trabalho deverá responder à questão de pesquisa:

É possível prever o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software observando o comportamento do seu processo de forma a apoiar suas estimativas de custo e prazo?

1.3 Delimitação de escopo

Para delimitar o escopo deste trabalho, optou-se pelo apoio de uma Pesquisa Exploratória sobre “Retrabalho em Organizações Desenvolvedoras de Software”, apresentada nos capítulos 4 e 5 deste documento. Esta pesquisa mostrou que a aplicação de métodos estatísticos em empresas com medições iniciantes e sem uma base de dados consistente é uma tarefa complexa e que necessita de um esforço grande de preparação.

Devido à esta percepção através da pesquisa, optou-se por abranger empresas desenvolvedoras de software que possuam mecanismos para medição implantados e institucionalizados, possibilitando a incorporação de novas medidas, sem a necessidade de definição de um processo completo de medição.

Em se tratando do tipo de projeto a ser analisado, serão considerados os projetos que seguem ou seguiram os processos organizacionais. Não serão analisados projetos que estão fora dos padrões estabelecidos pelos processos definidos, pois para aplicação do Controle Estatístico de Processos, é necessário que o processo seguido nos projetos seja o mesmo, assim o comportamento do processo pode ser analisado.

O foco do trabalho está nos projetos que sejam relevantes para a empresa em termos econômicos para que, com a melhoria das suas estimativas de esforço de retrabalho, esta empresa consiga minimizar o impacto econômico que estes esforços adicionais acarretam.

Com base nas delimitações apresentadas nessa seção caracteriza-se como escopo deste trabalho:

- (i) empresas desenvolvedoras de software, que possuam foco de seu desenvolvimento em um ou mais **Produtos de Software**, onde o cliente normalmente é um especialista no negócio em que o produto atua;
- (ii) empresas desenvolvedoras de software que, possuam foco em desenvolvimento **Sob Encomenda**, desenvolvendo produtos que atendem as necessidades de negócio de clientes específicos;
- (iii) empresas desenvolvedoras de software que possuam processos de software definidos e institucionalizados, de modo que seja possível repetir o seu comportamento de forma padronizada; e,

- (iv) empresas desenvolvedoras de software que possuam mecanismos de medição, nos quais seja possível conduzir a análise do repositório organizacional de medidas ou a introdução de coleta sistêmica de indicadores relacionados ao esforço com retrabalho.

1.4 Processo de trabalho

Com o objetivo de estruturação do trabalho, foi definido um processo a ser seguido como apoio à execução dos objetivos desta dissertação. Este processo apresenta as fases para condução deste trabalho, as atividades principais e os resultados esperados em cada uma destas fases.

Fase 1 - Preparação do Trabalho: nesta fase serão realizados estudos sobre Retrabalho e Controle Estatístico de Processos, coleta e análise de referências bibliográficas com o objetivo de determinar o foco do trabalho e os objetivos a serem atingidos. Uma revisão da literatura sobre retrabalho e controle estatístico de processos será realizada, com objetivo de contextualização no estado da arte sobre o uso de Controle Estatístico de Processos em pesquisas sobre Esforço de Retrabalho em Software.

Fase 2 – Estruturação do Trabalho: Nesta fase será definido o método de pesquisa, ou seja, as etapas a serem seguidas no desenvolvimento da pesquisa, bem como o plano de pesquisa contendo os procedimentos de campo adotados durante a condução dos experimentos.

Fase 3 – Execução do Trabalho: nesta fase será conduzida a pesquisa científica, com coleta de dados em campo conforme definido no plano de pesquisa, compreendendo procedimentos de campo e análise dos dados. Além da avaliação do processo proposto com base nos estudos realizados em nova instância deste processo.

Fase 4 – Finalização do Trabalho: nesta fase serão discutidos os resultados obtidos na pesquisa, descrevendo as considerações finais e extraíndo as limitações da pesquisa, conclusões e trabalhos futuros.

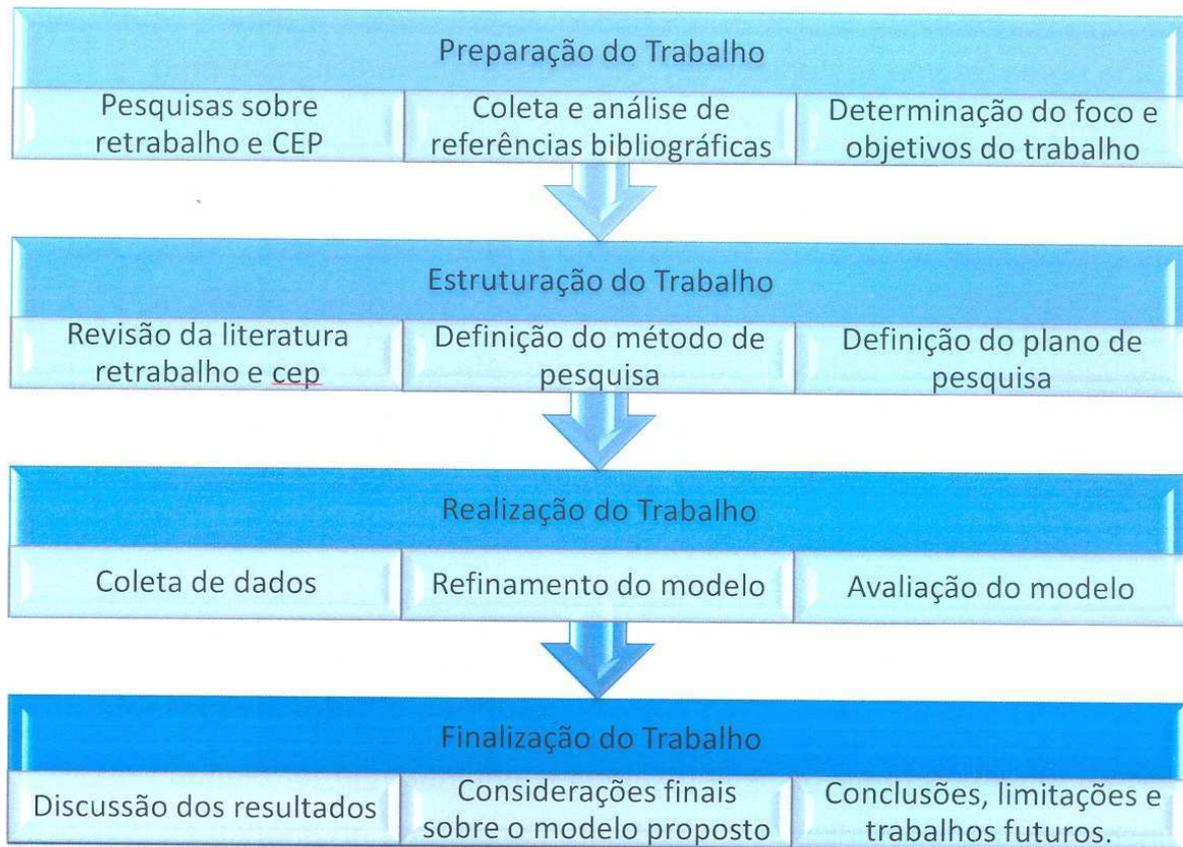


Figura 1-1: Processo de Trabalho

1.5 Estrutura do documento

Este documento está estruturado de forma a facilitar a leitura e compreensão deste trabalho.

Os capítulos estão apresentados conforme descrição a seguir:

- O Capítulo 1 apresenta uma visão geral do trabalho, contextualizando quanto à motivação para o seu desenvolvimento, objetivos geral e específicos, como também, a estruturação do trabalho com o objetivo de facilitar o seu entendimento.
- O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico que visa aprofundar principalmente os conceitos a respeito de Qualidade de Software, Retrabalho e Controle Estatístico de Processo, que embasam este trabalho.
- O Capítulo 3 apresenta a caracterização metodológica da pesquisa norteadora deste trabalho, a estruturação de suas etapas e o protocolo de pesquisa.

- O Capítulo 4 descreve o desenvolvimento da pesquisa, apresentando uma pesquisa exploratória sobre retrabalho em empresas de software, bem como, o processo proposto, suas atividades e os produtos de trabalho esperados.
- O Capítulo 5 apresenta a aplicação do processo proposto no Capítulo 4, descrevendo como as etapas foram realizadas.
- O Capítulo 6 discute os resultados obtidos com a execução da pesquisa e considerações a seu respeito. Aborda a conclusão deste trabalho e suas considerações finais, além da apresentação das limitações desta pesquisa e as sugestões de trabalhos futuros.

1.6 Considerações sobre o capítulo

Neste capítulo foi apresentada a contextualização da importância da análise de retrabalho no cenário de empresas de software e possibilidade de unir pesquisas sobre retrabalho e Controle Estatístico de Processos. Além disto, apresentou a motivação pelo desenvolvimento deste trabalho, destacando seu objetivo geral e objetivos específicos.

Foi apresentada a delimitação do escopo e o processo de trabalho utilizado para o desenvolvimento da dissertação, com suas fases e atividades a serem executadas, além da estruturação deste documento.

O próximo capítulo focará principalmente a revisão da literatura dos temas relacionados à pesquisa realizada.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

“ A dificuldade em definir qualidade está na convenção das necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, de forma que o produto possa ser projetado e modificado para dar satisfação por um preço que o usuário pague.”- Walter A. Shewhart.

O conceito de qualidade esteve presente na humanidade desde os tempos mais remotos. De acordo com Alvarez (2001), os homens pré-históricos construíam objetos simples como cuias para água, abrigos para se proteger de chuvas e lanças para realizar a caça, já pensando que estes objetos deveriam atender à finalidade para o qual se destinavam. Mesmo sem saber, o homem já construía os princípios de qualidade.

Em 1920, surgiram as primeiras ações no sentido do desenvolvimento da qualidade, originárias nos Estados Unidos, centrando-se principalmente na inspeção industrial. As duas grandes guerras mundiais demandaram um esforço de reconstituição dos países envolvidos e um foco na produção em massa (ALVAREZ, 2001).

Em 1947, foi fundada a *International Organization for Standardization* (ISO), grupo internacional de normalização, com objetivo de criar normas que atendessem aos seus países associados (ANTONIONI; ROSA, 1995). A ISO desenvolveu uma série de padrões de qualidade, que focam na documentação formal dos procedimentos e atividades das organizações (MONTGOMERY, 2004). Neste período o conceito de qualidade estava diretamente ligado à padronização, controle estatístico e inspeção da produção industrial (ALVAREZ, 2001), estando associado à definição de conformidade às especificações (AIDAR, 1995).

Nas décadas de 1950 e 1960, a exigência do consumidor pelos seus direitos aumentou, passando então a pesquisa de mercado, a ser uma ferramenta importante para a avaliação da qualidade. Intensificaram-se então as publicações

sobre controle da qualidade consagrando em seguida os grandes autores da qualidade como Juran, Deming, Feigenbaum e Ishikawa (POLI; MACHADO, 2003).

Posteriormente, o conceito de qualidade evoluiu para a visão de satisfação do cliente, quando se percebeu que a satisfação do cliente depende de fatores além da conformidade com as especificações técnicas, como, por exemplo prazo de entrega, condições de pagamento, atendimento pré e pós-venda, flexibilidade etc.

Paralelamente a esta evolução do conceito de qualidade, as empresas começaram a perceber que este posicionamento era estratégico para sua competitividade e sobrevivência no mercado (AIDAR, 1995).

Ainda tratando de aspectos de qualidade, Garvin (1992) avalia qualidade conforme representado no Quadro 2-1, comparando algumas abordagens.

ABORDAGEM	CARACTERÍSTICAS
Abordagem Transcendental	Qualidade como sinônimo de "excelência nata". Reconhecimento sem análise prévia. Qualidade sem necessidade de descrição, apenas observação. A qualidade é uma constatação prática, proveniente da experiência.
Abordagem Baseada no Produto	Qualidade sendo passível de medição e até mesmo de precisão. Qualidade como sinônimo de maior número de melhores características em um produto. A qualidade é determinada por um padrão definido de medidas que integram uma escala contínua e bem definida.
Abordagem Baseada no Usuário	A qualidade está nos "olhos do observador". Os bens que melhor satisfazem as preferências dos consumidores são considerados como tendo uma alta qualidade.
Abordagem Baseada na Produção	Qualidade ligada às técnicas de engenharia e fabricação. Defeitos são vistos como número de desvios em relação aos projetos e especificações. Melhorias na qualidade levam a custos menores. É melhor prevenir a ocorrência de defeitos do que ter o retrabalho para corrigi-los.
Abordagem Baseada no Valor	Qualidade em termos de custos e preços. Produto de qualidade é aquele que apresenta um desempenho e uma confiabilidade a um preço e custo aceitáveis.

Quadro 2-1. Enfoques de Qualidade. Adaptado de (GARVIN, 1992).

Segundo Garvin (1992), o conceito de qualidade muda conforme o contexto de quem avalia, mas quase todas as definições se encaixam em alguma das abordagens listadas no Quadro 2-1.

2.1 Controle da Qualidade

Segundo Aidar (1995), as atividades regulares de qualidade dentro das empresas se originaram a partir das inspeções, principalmente com o surgimento da produção seriada. A inspeção consistia em um ato de contagem e classificação, cujo objetivo era identificar os “bons” e “maus” produtos. Mesmo sendo considerada uma técnica primitiva, era uma forma de executar o controle da qualidade (AIDAR, 1995).

Para Crosby (2000), um dos grandes momentos da evolução do conceito de qualidade se deu na mudança do foco no produto, onde a preocupação era com a qualidade do produto final, para o foco no processo. O foco no processo garante que a qualidade seja acompanhada ao longo do tempo, diminuindo a necessidade de refazer o trabalho todo, a todo momento, prezando pela qualidade logo na primeira vez (CROSBY, 2000).

Para Paladini (2004), um processo é caracterizado por uma sequência de operações realizadas por um grande número de pessoas. Administrar esse processo indica que o trabalho a ser executado precisa ser planejado para que seja possível comparar os resultados obtidos com esses planos e identificar oportunidades de aprimoramento do planejamento original.

A melhoria da qualidade está diretamente ligada à redução do desperdício através da eliminação de suas causas, bem como, no aprimoramento contínuo dos produtos e serviços oferecidos, visando à satisfação dos clientes (PALADINI, 2004).

Essa melhoria contínua está relacionada com toda a linha de produção, desde as entradas do processo até o usuário final, incluindo a revisão dos produtos finais (DEMING, 1990).

Paladini (2004) diz que, em qualquer processo, existem pontos de desperdício crônico. O controle da qualidade auxilia a identificação das causas dos problemas, além de contribuir para a sua eliminação, proporcionando para as empresas, ganho de competitividade.

2.2 Qualidade de Software

Analisando o contexto do software, segundo Zahran (1998), muitas organizações produtoras de software são culturalmente focalizadas no produto, ou

seja, se preocupam com a qualidade do produto final, deixando o processo executado para gerar este produto sem um controle adequado.

Em virtude desta pouca atenção despendida às etapas de projeto e desenvolvimento do software, observam-se que mais de 50% do tempo e custos de um projeto de software são gastos com atividades de teste e manutenção (ANTONIONI; ROSA, 1995).

O efetivo gerenciamento dos processos é crítico para o sucesso dos negócios, nestas organizações desenvolvedoras de produtos e serviços de software (SEI, 2010).

O foco no processo providencia uma infraestrutura que permite às empresas maximizar a produtividade das pessoas e o uso de tecnologias tornando-se mais competitiva em um mundo de constantes mudanças (SEI, 2010).

Na década de 80, Watts S. Humphrey adaptou os princípios de qualidade definidos por Walter Shewhart e refinados por W. Edwards Deming, Phillip Crosby e Joseph Juran, para a realidade do desenvolvimento de software (FLORAC; CARLETON, 1999). Humphrey criou um “framework” de níveis de maturidade de processos de software, com o objetivo de obter processos de software controlados e medidos como uma base para melhoria contínua (FLORAC; CARLETON, 1999).

No mercado atual, existem modelos de maturidade, padrões, metodologias e guias que podem ajudar as organizações a melhorar os seus processos. Muitos destes modelos são baseados nos princípios básicos e conceitos definidos por Humphrey (SEI, 2010).

De acordo com SEI (2010), os modelos de maturidade têm o foco na melhoria dos processos de uma organização. Estes modelos são compostos por elementos que permitem que os processos sejam efetivos e descrevem a evolução do caminho de melhoria desde um processo imaturo e caótico até um processo que seja maduro e eficaz.

Segundo Reinehr (2008), a mudança cultural que envolve a adoção de modelos de maturidade nem sempre é fácil de ser administrada, pois apesar de se tratar de assunto comum em outras áreas da engenharia, para software ainda é assunto não trivial.

2.2.1 CMMI – Capability Maturity Model Integration

Com o objetivo de ajudar o Departamento de Defesa dos EUA a avaliar a qualidade de seus fornecedores de software, o SEI – *Software Engineering Institute*, situado na Universidade de Carnegie Mellon em Pittsburgh nos EUA, criou o SW-CMM (*Capability Maturity Model para Software*) (PFLEEGER, 2001). O SW-CMM foi a primeira versão do que hoje é conhecido como CMMI – *Capability Maturity Model Integration* (SEI, 2010). O CMMI é um modelo de maturidade de processos que agrupa as melhores práticas para atividades de desenvolvimento e manutenção de software. Este modelo objetiva o sucesso das iniciativas de melhoria de processos nas organizações (SEI, 2010). O modelo CMMI está estruturado em níveis que são usados para descrever a evolução das organizações que querem melhorar seus processos. Existem duas formas de evoluir nos níveis do CMMI, que são chamadas de representações.

A representação chamada Contínua apresenta o conceito de níveis de capacidade; e a representação por Estágios, apresenta o conceito de níveis de maturidade (SEI, 2010), a saber:

- Nível de capacidade: É caracterizado pela melhoria que uma área de processo individual pode alcançar para atingir seus objetivos de negócio. Existem 6 níveis de capacidade numerados de 0 a 5 (SEI, 2010).
- Nível de maturidade: É caracterizado pela melhoria alcançada através de um grupo de áreas de processos em que todos atingem seus objetivos. Existem 5 níveis de maturidade numerados de 1 a 5 (SEI, 2010) (SOFTEX, 2011a).

O Quadro 2-2 apresenta a comparação dos níveis de maturidade e níveis de capacidade do modelo CMMI.

NÍVEL	REPRESENTAÇÃO CONTÍNUA (Níveis de Capacidade)	REPRESENTAÇÃO POR ESTÁGIOS (Níveis de Maturidade)
Nível 0	Incompleto	NA
Nível 1	Executado	Inicial
Nível 2	Gerenciado	Gerenciado
Nível 3	Definido	Definido
Nível 4	Gerenciado Quantitativamente	Gerenciado Quantitativamente
Nível 5	Otimizado	Otimizado

Quadro 2-2. Níveis de Maturidade x Níveis de Capacidade. Adaptado de SEI (2010).

A Figura 2-1, apresenta uma estrutura das áreas de processo do CMMi, agrupadas nas quatro categorias.

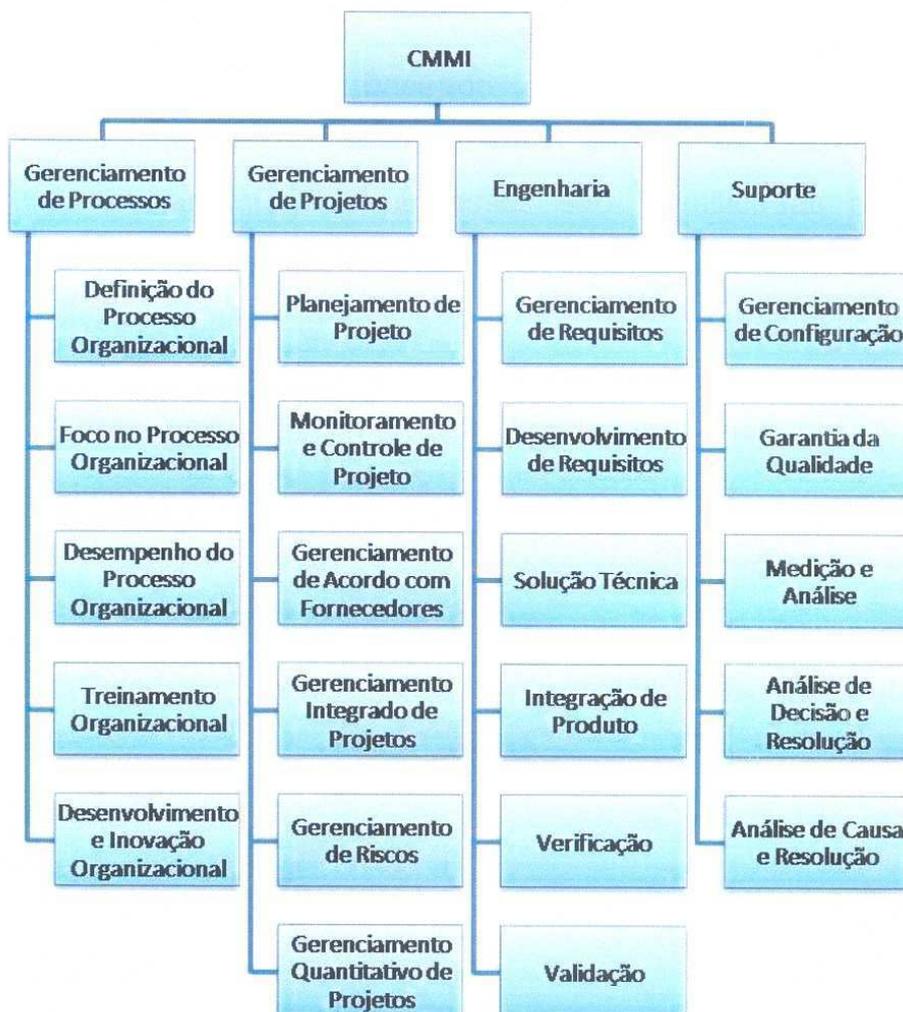


Figura 2-1. Estrutura do CMMI – Representação Contínua. Adaptado de (SEI, 2010).

Para suportar a representação por estágios, o modelo CMMi agrupa as áreas de processo em 5 níveis de maturidade (SEI, 2010):

- Nível 1 – Inicial: Neste nível, os processos são desorganizados e caóticos, geralmente as organizações produzem seus produtos e serviços, mas seu orçamento e prazos excedem o planejado. Não existem áreas de processo associadas a esse nível.
- Nível 2 – Gerenciado: Neste nível, os projetos da organização são o foco. A execução e o gerenciamento dos projetos são feitos de acordo com o seu planejamento.
- Nível 3 – Definido: Neste nível, o foco passa a ser a organização e seu conjunto de processos. A definição e a melhoria dos processos ao longo do tempo possibilitam um entendimento da relação entre as atividades dos processos, além da medição das áreas de processo mostrando uma organização mais madura do que a de nível 2.
- Nível 4 - Gerenciado Quantitativamente: Neste nível, o entendimento dos processos é baseado em análise estatística conforme as necessidades da organização e causas especiais de variação no comportamento dos processos são identificadas e corrigidas para prevenir problemas futuros.
- Nível 5 – Otimizando: Neste nível, o foco da organização é na melhoria contínua onde os objetivos quantitativos são periodicamente revisados para suportar as mudanças nos objetivos de negócio com impacto minimizado.



Figura 2-2: Evolução dos níveis de maturidade do CMMI. Adaptado de (SEI, 2010).

No modelo CMMI, o controle é central para alcançar os objetivos de negócios e os objetivos de trazer sucesso para a organização de software. Neste sentido

pode-se dizer que o modelo CMMI se assemelha muito à Norma ISO 9000 (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

NÍVEL DE MATURIDADE	ÁREAS DE PROCESSO
2	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento de Requisitos • Planejamento de Projeto • Monitoramento e Controle de Projeto • Gerenciamento de Acordo com Fornecedores • Gerenciamento de Configuração • Garantia da Qualidade • Medição e Análise
3	<ul style="list-style-type: none"> • Definição do Processo Organizacional • Foco no Processo Organizacional • Treinamento Organizacional • Gerenciamento Integrado de Projetos • Gerenciamento de Riscos • Desenvolvimento de Requisitos • Solução Técnica • Integração de Produto • Verificação • Validação • Análise de Decisão e Resolução
4	<ul style="list-style-type: none"> • Desempenho do Processo Organizacional • Gerenciamento Quantitativo de Projetos
5	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento e Inovação Organizacional • Análise de Causa e Resolução

Quadro 2-3. Estrutura do CMMI – Representação por Estágios. Adaptado de (SEI, 2010).

Além do modelo CMMI, outro modelo bastante representativo é o modelo MPS.BR, que se apresentou na próxima seção.

2.2.2 MPS.BR – Melhoria do Processo de Software Brasileiro

Ainda no contexto de modelos de maturidade de processos de software, foi criado em 2003, o programa MPS.BR, sigla para Melhoria do Processo de Software Brasileiro, cujo objetivo era maximizar a excelência do software no território nacional, focando principalmente as pequenas e médias empresas (SOFTEX, 2011a).

O MPS.BR é apoiado por 3 frentes de trabalho, sendo elas: Indústria, Governo e Academia, o que torna esse programa, um candidato potencial ao alcance de sucesso no longo prazo.

Vinculado ao programa MPS.BR está o modelo MR-MPS, um arcabouço de boas práticas de Engenharia de Software, constituído por guias de referência que orientam a disseminação deste modelo (SOFTEX, 2011a).

De acordo com a SOFTEX (2011a), o modelo MR-MPS está baseado fundamentalmente na Norma Internacional ISO/IEC 12207:2008 (ISO/IEC, 2008) , na Norma Internacional ISO/IEC 15504 (ISO/IEC, 2003) e no modelo CMMI-DEV (*Capability Maturity Model Integration for Development*) (SEI, 2010).

A Figura 2-3, apresenta os componentes do modelo MR-MPS, que se encontram divididos em 3 partes, sendo elas, de acordo com SOFTEX (2011a):

- Modelo de Referência (MR-MPS): O modelo de referência contém todas as informações necessárias para orientar as empresas que desejam atingir um nível de maturidade, incluindo o Guia Geral, que apresenta os níveis de maturidade e resultados esperados para os processos, e atributos de processo, os Guias de Implementação, que norteiam a implementação de cada resultado esperado e atributos de processos nos diferentes níveis de maturidade e o Guia de Aquisição que contém boas práticas a serem seguidas pelas empresas que desejam adquirir software e serviços correlatos (SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009).
- Método de Avaliação (MA-MPS): O Guia de Avaliação é caracterizado por um documento que contém o processo de avaliação e o método de avaliação MA-MPS, a ser seguido por todos os avaliadores líderes e adjuntos credenciados para realizarem avaliações MPS, além dos

requisitos necessários para os avaliadores e Instituições Avaliadoras (IA) (SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009).

- Modelo de Negócio (MN-MPS): O modelo de negócio contém informações sobre as regras de negócio a serem seguidas pelas Instituições Implementadoras (II), Instituições Organizadoras de Grupos de Empresas (IOGE), Consultores de Aquisição (CA), avaliações seguindo o MA-MPS, além de cursos e treinamentos promovidos para o aperfeiçoamento dos profissionais envolvidos com o modelo MPS e comunidade. O modelo de negócio se apresenta como um dos grandes diferenciais do modelo MPS, pois uma de suas características é constituir um “modelo de negócio cooperado”, ou seja, empresas que se agrupam em cooperativas e dividem os custos com implementação, avaliação, atividades de treinamento entre outras (SANTOS; WEBER; ROCHA, 2009).

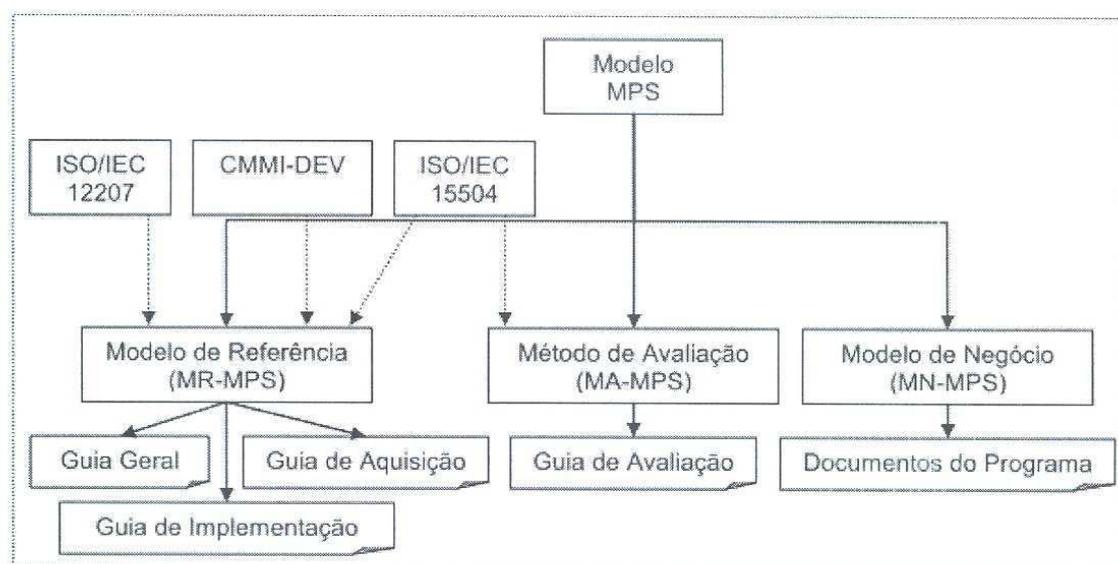


Figura 2-3. Componentes do Modelo MPS (SOFTEX, 2011a)

Assim como modelo CMMI, o MPS está dividido em níveis de maturidade que contém processos a serem seguidos pelas organizações em busca de melhoria no seu desenvolvimento de software. O MPS está dividido em 7 níveis de maturidade que agrupam os processos com seus respectivos resultados esperados.



Figura 2-4. Níveis do modelo MPS, adaptado de (SOFTEX, 2011a)

Os níveis de maturidade do modelo MR-MPS são correspondentes aos níveis de maturidade do CMMI, mas divididos de forma a proporcionar às empresas a adoção de melhoria de processos de forma mais gradual e evolutiva, se enquadrando no contexto de pequenas e médias empresas (REINEHR, 2008).

NÍVEL CMMI	NÍVEL MR-MPS
Nível 1- Inicial	-----
Nível 2 - Gerenciado	Nível G – Parcialmente Gerenciado e Nível F – Gerenciado
Nível 3 - Definido	Nível E – Parcialmente Definido Nível D – Largamente Definido Nível C – Definido
Nível4 - Gerenciado Quantitativamente	Nível B - Gerenciado Quantitativamente
Nível 5 - Otimizando	Nível A – Em otimização

Quadro 2-4. Níveis do CMMI x Níveis do MPS. Adaptado de (REINEHR, 2008).

Os processos estão agrupados nos níveis de maturidade do modelo MPS, de forma similar a representação por estágios do modelo CMMI, representado conforme o Quadro 2-5.

NÍVEL DE MATURIDADE	PROCESSO
G	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Projetos • Gerência de Requisitos
F	<ul style="list-style-type: none"> • Medição • Garantia da Qualidade • Gerência de Portfólio de Projetos • Gerência de Configuração • Aquisição
E	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Projetos (evolução) • Gerência de Reutilização • Gerência de Recursos Humanos • Definição do Processo Organizacional • Avaliação e Melhoria do Processo Organizacional
D	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação • Validação • Projeto e Construção do Produto • Integração do Produto • Desenvolvimento de Requisitos
C	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Riscos • Desenvolvimento para Reutilização • Gerência de Decisões
B	<ul style="list-style-type: none"> • Gerência de Projetos (evolução)
A	Não contêm processos apenas atributos de processo

Quadro 2-5. Estrutura do MPS. Adaptado de (SOFTEX, 2011a).

Segundo Reinehr (2008), além dos resultados esperados dos processos (REP), o modelo MPS é constituído de resultados de atributos de processos (RAP), que indicam o grau de institucionalização dos processos na organização. Estes resultados caracterizam a capacidade do processo (SOFTEX, 2011a).

Para este estudo torna-se relevante o aprofundamento do conhecimento do processo de Controle de Mudanças, tanto no aspecto dos modelos de maturidade quanto no aspecto da Engenharia de Software de modo geral, o que segue apresentando na próxima seção.

2.3 Controle de Mudanças

2.3.1 Controle de Mudanças nos Projetos de Software

Raramente um projeto ocorre sem mudanças durante o seu andamento. O cliente ou a própria equipe de desenvolvimento pode identificar a necessidade de alguma alteração, em virtude de métodos mais eficientes de realizar uma tarefa ou de correção de erros cometidos em fases anteriores do projeto (HELDMAN, 2006).

De acordo com o SEI (2010), as mudanças em projetos de software não ocorrem apenas no contexto de requisitos, que poderão ser incluídos, excluídos ou modificados, mas também em virtude de falhas e defeitos nos produtos de trabalho.

Uma Solicitação de Mudança de Software frequentemente é caracterizada como um problema, mas essa conceituação nem sempre é verdadeira (ROYCE, 1998). Mudanças podem causar efeitos positivos ou negativos nos projetos, o importante é saber lidar com essas mudanças, entender o que elas significam e qual o impacto no contexto do projeto (HELDMAN, 2005).

Royce (1998), classifica as mudanças em software em cinco tipos conforme o Quadro 2-6:

TIPO	DEFINIÇÃO
0	Falhas críticas, defeitos que sempre são corrigidos antes de um <i>release</i> externo.
1	Bugs ou defeitos que não impedem o funcionamento do sistema.
2	Melhorias que respondem a defeitos.
3	Mudanças que atualizam os requisitos.
4	Mudanças que não são acomodadas em outras características.

Quadro 2-6. Tipo de Solicitações de Mudança. Adaptado de (ROYCE, 1998).

De acordo com Heldman (2005), as mudanças ocorrem por diversos fatores, entre eles estão: solicitações originárias dos clientes e dos integrantes da equipe do projeto, integrantes importantes que deixam a equipe, cortes de orçamento, mudanças organizacionais, como reestruturação das unidades de negócio, medição e inspeções, que descobrem variações de processos e erros que precisam ser corrigidos, além de mudanças indiretas que podem ser originárias de ações corretivas necessárias para o projeto.

Em SOFTEX (2011a) os autores afirmam que toda a solicitação de mudança, seja ela relacionada ou não a requisitos, deve ser registrada e um histórico sobre as decisões tomadas em relação a essas mudanças deve ser armazenado para consultas futuras.

2.3.2 Controle de Mudanças nos Modelos de Qualidade

Os modelos de maturidade CMMI (SEI, 2010) e MPS (SOFTEX, 2011a), descritos nas seções anteriores, não contemplam uma área específica para o tratamento das mudanças solicitadas nos projetos de software. Esse tratamento está contido em práticas específicas e resultados esperados nas áreas de Gerência de Requisitos e Gerência de Configuração .

Segundo Royce (1998), Gerência de Configuração e Gerência de Mudanças são atividades críticas que podem consumir aproximadamente 25% dos recursos de um projeto de larga escala. O Quadro 2-7, apresenta os pontos onde os modelos CMMI e MPS tratam o contexto de mudanças.

MODELO	ÁREA DE PROCESSO	PRÁTICA/RESULTADO
CMMI	Gerência de Requisitos (REQM – Requirements Management)	SP1.3 - Gerenciar Mudanças de Requisitos.
	Gerência de Configuração (CM – Configuration Management)	SP2.1 - Rastrear Solicitações de Alteração. SP2.2 - Controlar Itens de Configuração.
MPS	Gerência de Requisitos	GRE5 - Mudanças nos requisitos são gerenciadas ao longo do projeto.
	Gerência de Configuração	GCO5 - Modificações em itens de configuração são controladas GCO6 - O armazenamento, o manuseio e a liberação de itens de configuração e <i>baselines</i> são controlados.

Quadro 2-7. Mudanças no CMMI e MPS. Adaptado de (SEI, 2010) e (SOFTEX, 2011a).

Em se tratando de Gerência de Requisitos, o foco dos modelos de qualidade CMMI e MPS está na solicitação de mudança de requisitos, na análise de impacto

desta solicitação no que diz respeito a outros requisitos afetados pela mudança, impactos no cronograma, custos e recursos do projeto, sempre considerando a rastreabilidade envolvida na solicitação de mudança (SEI, 2010)(SOFTEX, 2011a).

No que diz respeito à Gerência de Configuração, cuja responsabilidade é o acompanhamento da evolução dos produtos de trabalho, a preocupação dos modelos CMMI e MPS com as mudanças ocorre principalmente com as alterações em *baselines*, ou seja, nas versões estáveis utilizadas como referência para as demais etapas do desenvolvimento (SEI, 2010)(SOFTEX, 2011a).

A Figura 2-5, apresenta as etapas de controle de mudanças conforme o processo de Gerência de Configuração.

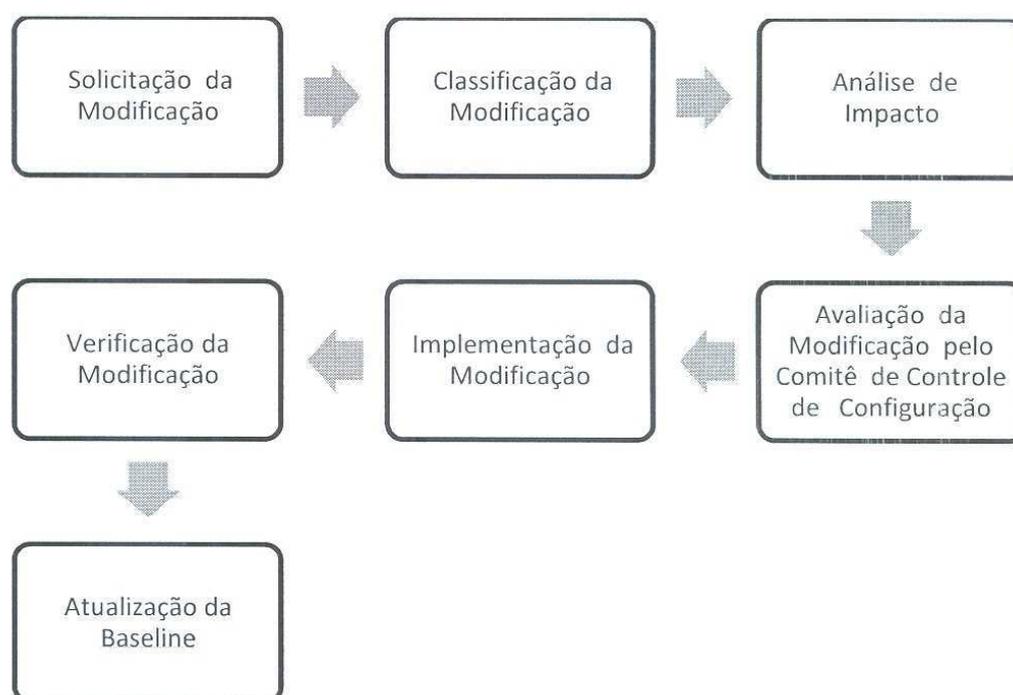


Figura 2-5. Mudanças na Gerência de Configuração. Adaptada de (SOFTEX, 2011a).

O ciclo de mudança inicia conforme a Figura 2-5, com uma solicitação de mudança que pode ser uma correção, uma melhoria, uma adaptação ou uma prevenção de um defeito. Logo na sequência a mudança será classificada quanto à sua prioridade de tratamento e uma análise do seu impacto será conduzida, verificando custos, recursos e prazo, bem como uma definição de proposta de execução desta mudança. Após as etapas iniciais de registro e análise da mudança, o Comitê de Controle da Configuração, responsável por tomada de decisões em relação a mudanças, aprova ou não a execução da mudança, podendo também ser armazenada para execução em momentos futuros. Caso a mudança seja aprovada,

será executada, testada e uma nova *baseline* com essa mudança incorporada será disponibilizada aos interessados.

2.4 Retrabalho no Processo de Software

Um denominador comum para qualquer empresa é que erros e defeitos são caros. Quanto mais um erro permanece sem correção, maior o custo para corrigi-lo (DEMING,1990). Garvin (1992), diz que é melhor prevenir a ocorrência de defeitos do que ter o retrabalho para corrigi-los.

Crosby (2000) define que o foco no processo garante que a qualidade seja acompanhada ao longo do tempo, diminuindo a necessidade de refazer o trabalho.

A literatura apresenta diversos conceitos de retrabalho, sumarizados no Quadro 2-8.

DEFINIÇÃO	AUTOR
Retrabalho é definido como qualquer esforço adicional requerido para encontrar e consertar problemas após documentos e código estarem formalmente assinalados como parte da gerência de configuração. Incluindo esforço de desenvolvimento durante a integração e testes de sistema, mas excluindo o final das fases verificação e validação.	(KITCHENHAM; PFLEEGER,1996)
Retrabalho é definido como trabalho fora do planejado e operacionalizado pela medição de números de mudanças internas, número de anomalias internas reportadas e número de mudanças nos pacotes que transitam desde o desenvolvimento inicial até o desenvolvimento completo.	(KAGAWA; HACKYSTAT, 2004)
Retrabalho é definido como o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às <i>baselines</i> do software.	(ROYCE,1998)
Retrabalho é definido pelo esforço desnecessário para refazer um processo ou atividade que foi executada incorretamente da primeira vez.	(LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004)

Retrabalho é definido como uma atividade considerada completa, mas que não satisfaz o cliente. Conseqüentemente é requerido que seja alterada para estar de acordo com os requisitos do cliente, incluindo defeitos e variações que podem ocorrer a qualquer momento e em qualquer processo.

(LOVE; IRANI; EDWARDS, 2004)

Retrabalho é esforço adicional no progresso para completar o projeto. É definido como fatores escondidos onde são considerados custos que envolvem a recuperação de partes defeituosas e contribuem para a saída final.

(FORD, 1995)

Quadro 2-8. Conceitos de Retrabalho. Fonte: o Autor.

O conceito que mais se enquadra com os objetivos desta pesquisa é o apresentado por Royce (1998), que diz que “Retrabalho é definido como o custo das alterações, que inclui o esforço de analisar, resolver e re-testar as mudanças aplicadas às baselines do software.”

Este conceito é reforçado por (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009), que dizem que: “o custo de falhas internas engloba os custos com itens não-conformes descobertos antes de chegarem ao consumidor, como custos de retrabalhos, de refugos e de ações corretivas.”

Segundo Royce (1998), para projetos saudáveis, a tendência de retrabalho é diminuir ou estabilizar ao longo do tempo. Nem todas as mudanças nos projetos são iguais, algumas podem demandar algumas horas, outras até semanas de trabalho da equipe.

Em um processo de desenvolvimento de software são esperadas que mudanças em fases mais iniciais do projeto como, por exemplo, mudanças de arquitetura, que afetam muitos componentes, necessitem de mais retrabalho do que mudanças que ocorrem em fases mais avançadas do projeto como, por exemplo, na codificação, onde a tendência é ser envolvido um número reduzido de pessoas ou componentes (ROYCE, 1998).

De acordo com (BOEHM; BASILI, 2001), projetos de software gastam de 40% a 50% de seu esforço com retrabalho evitável, ou seja, o esforço gasto para consertar dificuldades nos projetos de software que poderiam ser descobertas em fases iniciais e corrigidas com menos esforço ou até mesmo evitadas.

Novos processos e práticas tendem a aumentar a qualidade do produto final. Com o aumento da qualidade, a remoção dos defeitos passa a ocorrer em fases mais iniciais, reduzindo assim o retrabalho (TRAVASSOS; KALINOWSKI, 2009).

Uma das maneiras de reduzir o retrabalho em projetos de software é analisar os problemas relatados durante as fases de testes e operação, pois estes são a informação mais importante para a uma decisão de melhoria de processo (DAMM; LUNDBERG, WOHLIN, 2008).

Retrabalho está diretamente relacionado às solicitações de mudanças em software. De acordo com Royce (1998), as solicitações de mudanças são instâncias de retrabalho e podem ser classificadas em cinco tipos, conforme Quadro 2-9.

Para cada tipo de mudança existe um esforço com retrabalho associado, pois cada tipo de mudança tem um grau de influência no projeto. O Quadro 2-9 apresenta uma discussão sobre o retrabalho associado com cada tipo de mudança.

TIPO	DEFINIÇÃO	RETRABALHO ASSOCIADO
0	Falhas críticas, defeitos que sempre são corrigidos antes de um <i>release</i> externo.	Retrabalho devido à má qualidade do componente.
1	<i>Bugs</i> ou defeitos que não impedem o funcionamento do sistema.	Idem tipo 0.
2	Melhorias que respondem a defeitos.	Retrabalho para alcançar uma melhor qualidade.
3	Mudanças que atualizam os requisitos.	Retrabalho para acomodar as mudanças de requisitos originadas pelo cliente.
4	Mudanças que não são acomodadas em outras características.	Retrabalho conforme a sua gravidade.

Quadro 2-9. Retrabalho x Solicitação de Mudança. Adaptado de (ROYCE,1998).

Royce (1998) completa a relação entre retrabalho e tipos de solicitação de mudanças, explicitando que mudanças do tipo 0 e 1, indicam que a *baseline* atual está inadequada e devido a isto, o retrabalho ocorre. Em se tratando das mudanças do tipo 2, o retrabalho contribui para o aumento da qualidade do produto final. Sendo muito sutis as diferenças entre esses 3 tipos de solicitações de mudança, as métricas relacionadas a elas podem ser coletadas e analisadas de forma conjunta.

Quando são analisadas as mudanças do tipo 3, caracterizadas tipicamente como mudança de escopo, observa-se que o retrabalho para tratar essas

solicitações de mudança será proporcional ao impacto desta mudança nos vários níveis do projeto, bem como, nas variações dos testes de regressão associados (ROYCE,1998).

Entrando no contexto de testes, os processos de Verificação e Validação (V&V) estão muito relacionados à prevenção de retrabalho, pois de acordo com ANDERSSON (2003), as atividades de V&V, realizadas desde o início do ciclo de vida dos projetos, permitem que falhas sejam descobertas o mais cedo possível.

Considera-se que os custos para detectar e corrigir falhas nas fases de projeto e codificação são de 10 a 100 vezes menores do que para correção de falhas encontradas durante a fase de testes (BOEHM, 1981). De uma forma simplificada, Boehm (1981) descreve os conceitos de V&V da seguinte forma:

- Verificação: Estabelecer a correspondência entre o produto de software e sua especificação, ou seja, “Construir certo o produto”.
- Validação: Estabelecer a aptidão do produto de software para alcançar seu objetivo operacional, ou seja, “Construir o produto certo”.

Os processos de V&V e Gerência de Configuração, executados conjuntamente em cada fase do ciclo de vida do software, ajudam a prevenir que mudanças sejam detectadas nas fases mais avançadas do ciclo de vida do projeto, com isso reduzindo o esforço para sua correção (BOEHM, 1981).

Uma maior ênfase na qualidade do software, dando atenção aos pontos finais das fases do ciclo de vida, proporciona um software mais competitivo, pois os custos com esforços adicionais para correção de mudanças que podem afetar os produtos, processo e precisão de estimativas serão minimizados (BOEHM, 2000).

2.5 Medição de Retrabalho

Medição em software é essencial para garantir uma boa engenharia, além de um efetivo gerenciamento de projetos onde atributos de processo e projeto são medidos para controlar prazos e custos de projeto (FENTON; PFLEEGER, 1997).

Medidas são a base para detectar desvios no comportamento dos processos, além de auxiliar a identificar oportunidades de melhoria de processos (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

No contexto de medição de retrabalho, Royce (1998) define Esforço de Retrabalho como a quantidade total de horas gastas para corrigir as alterações requeridas pelas solicitações de mudança de software. É dada pela

Equação 2-1:

Equação 2-1. Esforço de Retrabalho (ROYCE,1998).

$$E = \sum Hm$$

Onde: Hm é a quantidade de horas gastas com correções de mudanças (análise, codificação, testes e documentação).

Sargut e Demirors (2006) confirmam a definição de Royce (1998) e completam com a definição de porcentagem de retrabalho, como sendo a relação entre o esforço de retrabalho e esforço total do projeto.

Esta medida pode ser utilizada para comparar o esforço de retrabalho em várias instâncias do processo, sendo representada pela Equação 2-2.

Equação 2-2. Porcentagem de retrabalho (SARGUT; DEMIRORS, 2006).

$$A = \frac{E}{n}$$

Onde: A variável E representa o esforço de retrabalho e n representa o esforço total do projeto.

Considera-se que o retrabalho aumenta os custos dos projetos sem adicionar valor ao produto. A quantidade de retrabalho é um bom indicador de qualidade do processo (SARGUT; DEMIRORS, 2006).

Royce (1998) explicita que as medições realizadas a respeito de retrabalho são subdivididas em esforço gasto com análise, codificação, testes e documentação das mudanças executadas.

O Quadro 2-10 apresenta uma relação das horas gastas em cada fase da resolução de uma mudança de software.

Solicitações de mudanças podem estar relacionadas a linhas de código (SLOC – Source Lines of Code), pontos por função, arquivos, componentes ou classes dependendo da natureza do projeto (ROYCE,1998).

ATIVIDADE	HORAS GASTAS POR FASE
Análise	# de horas gastas para entender a mudança (re-criar e compilar os problemas de mudanças do tipo 0 e 1; analisar e criar protótipos de soluções alternativas para mudanças dos tipos 2 e 3).
Codificação	# de horas gastas para projeto e codificação da solução.
Testes	# de horas gastas para testar a solução.
Documentação	# de horas gastas para atualizar outros artefatos afetados pela mudança, como por exemplo, manuais de usuário e documentação de versão.

Quadro 2-10. Horas gastas por fase nas mudanças. Adaptado de (ROYCE,1998).

Sargut e Demirors (2006) explicam que a porcentagem de retrabalho pode ser medida em pontos do projeto, como por exemplo, final de fases do ciclo de vida ou em processos específicos. Além de ser possível essa medição de forma isolada na execução dos processos (periodicamente), ou seja, sem vínculo com fases do ciclo de vida.

A análise da porcentagem de retrabalho conjuntamente com a densidade de defeitos pode proporcionar uma maior confiança na interpretação de resultados (SARGUT; DEMIRORS, 2006).

2.6 Controle Estatístico de Processos

O primeiro passo no controle de um processo é entender o que ele faz. Todos os processos têm objetivos de produzir resultados e esses resultados são passíveis de serem medidos e observados. Quando um processo não é entregue com a qualidade desejada, é possível avaliar as causas que originaram este desvio e avaliar ajustes e melhoria nestes processos (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

O controle da qualidade tem se tornado um assunto em crescente expansão, pois possibilita que as características do processo avaliado sejam comparadas com um padrão pré-determinado. Com o aumento da qualidade dos produtos, conseqüentemente ocorre o aumento dos lucros (WALPOLE et al, 2009).

Do ponto de vista de fundamentação teórica, o Controle da Qualidade se baseia nos princípios do Controle Estatístico de Processos, cujo precursor foi Walter A. Shewhart na década de 20, que aplicava estes conceitos na área de manufatura. Shewhart em 1931, dizia que “Um fenômeno pode ser dito controlado quando

através de informações das experiências passadas, nós podemos prever, pelo menos dentro de limites, como este fenômeno terá a sua variação no futuro” (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

O Controle Estatístico de Processos, com o objetivo de entender e controlar o comportamento dos processos, permite a detecção de variações e a análise das causas destas variações possibilitando melhorar a qualidade do processo (WHEELER, 1999).

Controlar um processo significa fazer com que ele se comporte como esperado e que o seu comportamento seja repetível, permitindo então que os planos criados se tornem atingíveis. Um processo controlado é um processo estável e passível de previsão (FLORAC; PARK; CARLETON, 1997).

Wheeler (1999) afirma que o Controle Estatístico de Processos (CEP) “é uma maneira de pensar utilizando-se algumas ferramentas associadas”, ou seja, é um framework que auxilia no entendimento do processo, focando nas informações relevantes fornecidas.

2.6.1 Comportamento do Processo

A Era da Informação se caracteriza nos tempos atuais pela grande quantidade de informações numéricas, tais como, índices econômicos, pesquisas de opinião, saúde pública entre outros. Estas informações circulam diariamente pelos meios de comunicação e afetam milhares de pessoas. Uma grande questão a ser discutida é se realmente aqueles que recebem estas informações estão entendendo o objetivo a que elas se propõem. Muitas vezes estas informações são apresentadas de forma aleatória e até mesmo heterogênea, dificultando sua interpretação.

A dificuldade na análise numérica não é uma novidade para o ser humano, o processo se inicia na formação escolar onde as operações básicas são ensinadas sem uma atenção à construção do conhecimento, que deve ser metódico e cumulativo (WHEELER, 1999).

A mente humana tem dificuldade para trabalhar com grandes quantidades de dados. Devido a isto, é necessário a utilização de ferramentas que apresentem estes dados de uma forma que seja possível a sua análise dentro de um contexto que não distorça a sua interpretação.

Segundo Wheeler (1999), a melhor forma de representação dos dados dentro um contexto são os gráficos, eles apresentam as informações relevantes, removendo os dados desnecessários.

Pensando em uma melhor forma de apresentar os dados e entender o comportamento do processo por trás destes dados, Shewhart criou os Gráficos de Controle também conhecidos por Gráficos de Comportamento do Processo, que além de um instrumento capaz de apresentar os dados, também possibilita identificar quando um processo está com problemas (WHEELER, 1992).

Segundo Walpole et al (2009) “o objetivo de um gráfico de controle é determinar se o desempenho de um processo está mantendo um nível de qualidade aceitável”.

Os gráficos de controle são aplicados sobre uma base histórica de dados coletados com uma frequência temporal. Eles permitem representar a variabilidade natural do processo dentro limites previsíveis calculados estatisticamente (MONTONI et al, 2007).

Os gráficos de controle permitem observar a distinção entre uma variação controlada e uma variação fora de controle, além de permitir um aprendizado sobre as relações causa e efeito dominantes (WHEELER, 1992).

Carleton e Paulk (1997) justificam o uso dos gráficos de controle explicando que eles representam a “Voz do Processo”. Permitem o conhecimento sobre o que os processos fazem e a determinação de objetivos alcançáveis, além de fornecerem evidências sobre a estabilidade do processo.

A Figura 2-6, apresenta um exemplo de gráfico de controle de linhas de código comentadas por módulo do sistema, onde é possível identificar uma linha central utilizada para detectar mudanças ou tendências. Estão representados também os limites superior e inferior, calculados a partir dos dados e utilizados para detectar as variações rotineiras ou excepcionais (WHEELER, 1992).

Os limites de controle são estabelecidos com o objetivo de evitar uma impressão errada a respeito do comportamento de um processo, considerando que este esteja fora de controle quando na verdade não está (WALPOLE et al, 2009).

Shewhart faz uma distinção na variabilidade dos números, em variação rotineira e excepcional (WHEELER, 1992):

- Uma variação rotineira é uma variação natural do processo, que se encontra dentro dos limites aceitáveis. Um processo que apresenta

apenas esse tipo de variação é dito estar *sob Controle Estatístico*, ou seja, está estável e é previsível (WALPOLE et al, 2009).

- Uma variação excepcional é considerada uma mudança no processo e está fora dos limites aceitáveis. Essa variação indica que o processo está fora de controle (WALPOLE et al, 2009).

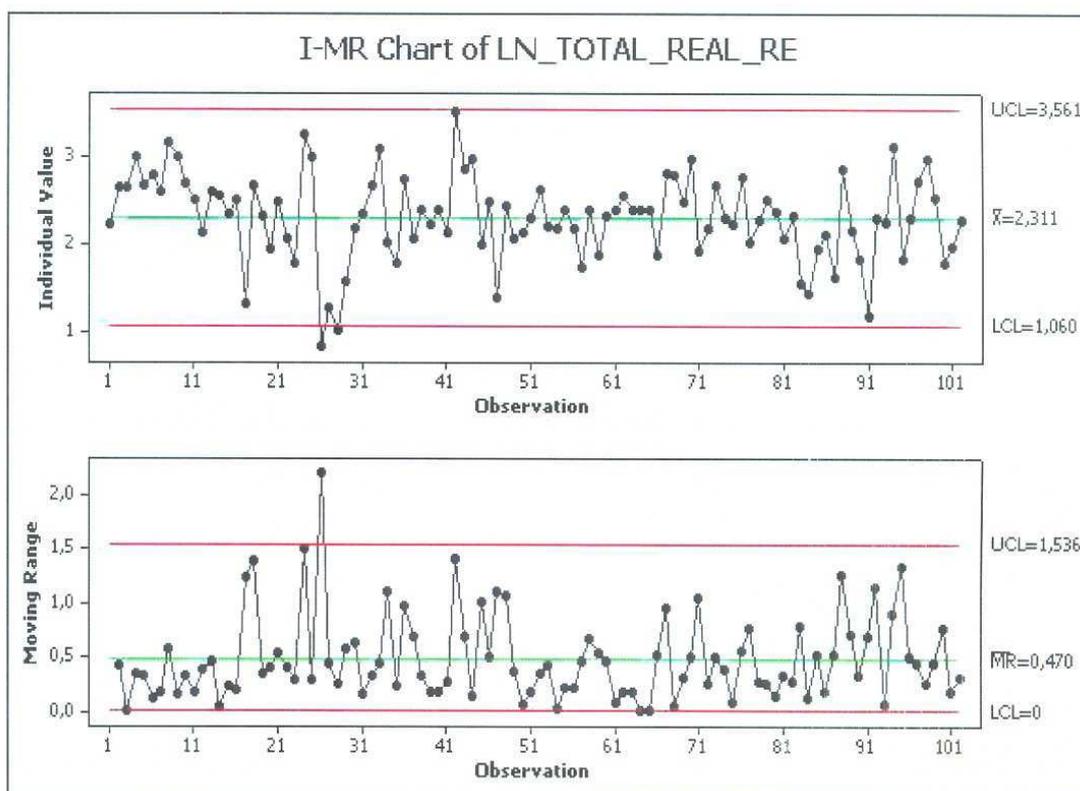


Figura 2-6. Exemplo de Gráfico de Controle. Fonte: o Autor.

Existem diversos tipos de gráficos de controle sendo que cada um deles é utilizado conforme os tipos de dados que estão sendo apresentados, sendo subdivididos principalmente em dados discretos e dados contínuos. Um gráfico X da média (X-bar) e um gráfico da amplitude móvel (mR) formam o gráfico de controle XmR, utilizado para dados contínuos. Outros tipos de gráficos de controle são utilizados se os dados coletados forem discretos, tais como p-chart, c-chart entre outros. (FLORAC; CARLETON, 1999).

Os gráficos de controle permitem uma visualização gráfica das variações no comportamento do processo, mas nem sempre estas variações podem ser percebidas apenas com os esses gráficos. Alguns testes de estabilidade auxiliam na identificação destas variações (CARLETON; PAULK, 1997) (BARCELLOS, 2009b)

- Teste 1: É o teste mais conhecido, que verifica se existe algum valor fora dos limites estabelecidos ($\pm 3\sigma$ da linha central).
- Teste 2: Verifica se entre 3 pontos consecutivos existirem 2 fora da linha de 2σ (do mesmo lado da linha central).
- Teste 3: Verifica se entre 5 pontos consecutivos existirem 4 fora da linha de 1σ (do mesmo lado da linha central).
- Teste 4: Verifica se existem pelo menos 8 pontos consecutivos do mesmo lado da linha central.

Se algum destes testes apresentar resultado positivo, é indicada a presença de uma variação excepcional. Esse tipo de variação possivelmente está indicando uma mudança no processo, que precisa ser analisada observando os dados históricos. Ao ser notada uma mudança de processo, os limites são recalculados para representar o novo comportamento do processo (WHEELER, 1999).

A amplitude é uma medida da dispersão de um conjunto de valores, é a diferença entre os valores máximo e mínimo do conjunto de dados. Na Figura 2-6 pode ser verificada a Amplitude Móvel que indica a diferença entre a medida anterior e a atual (WHEELER, 1999).

2.6.2 Modelos de Desempenho Estatísticos

O Controle Estatístico de Processos é eficiente para detectar pontos de desvios e análise de desempenho de uma medida, identificando problemas de qualidade no processo estudado (MONTONI et al, 2007).

Segundo os autores, em SEI (2010), a análise de desempenho de processos estabelece *baselines* e modelos de desempenho para um melhor entendimento dos processos.

O conjunto dos dados históricos de um processo estável determina a *baseline* deste processo, que deve ser constantemente revisada e ajustada, conforme necessidade, para atender aos objetivos da organização. Uma forma de representar a *baseline* é através da média e limites de controle dos valores medidos (CAMPOS et al, 2007) .

Os modelos de desempenho estatísticos são uma forma de relacionar variáveis e analisá-las em conjunto, permitindo entender a influência do comportamento dessas variáveis umas em relação às outras. Os modelos de desempenho complementam o Controle Estatístico de Processos, que analisa o comportamento das variáveis de forma individual (MONTONI et al, 2007). Esses modelos estatísticos auxiliam na previsibilidade do comportamento do processo, enquanto a gerência quantitativa utiliza esses modelos e as *baselines* estabelecidas para controlar o desempenho dos processos em cada projeto (SOFTEX, 2011a).

A análise de correlação entre variáveis pode ser realizada seguindo técnicas analíticas conforme as características dos dados medidos e, a partir destas análises, os modelos de desempenho estatístico são gerados. A equação gerada ao final é uma equação linear com formato representado pela Equação 2-3.

Equação 2-3. Formato da equação de correlação (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2009).

$$F(X) = a + bX_1 + cX_2$$

Onde: a, b e c são os coeficientes da equação final.

A Figura 2-7 apresenta uma árvore de decisão de técnicas de análise de correlação entre variáveis conforme a distribuição e as variáveis envolvidas, de acordo com (FENTON; PFLEEGER, 1997).

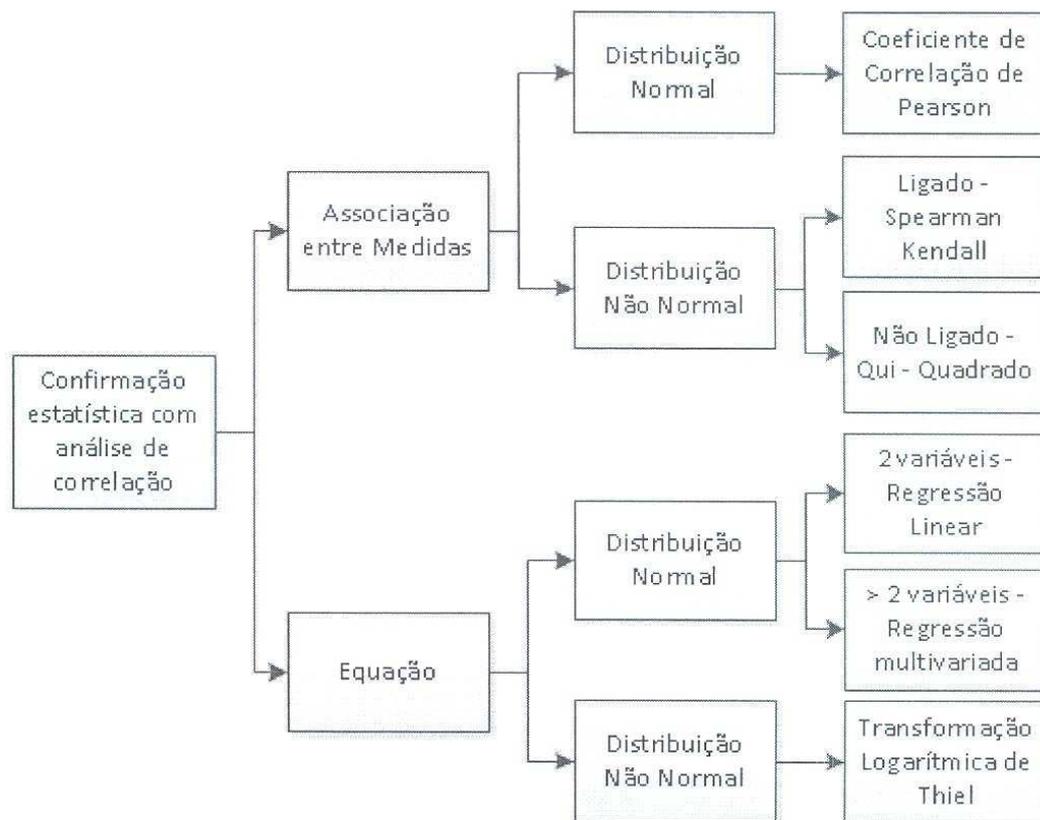


Figura 2-7. Técnicas de Análise de Correlação. Adaptada de (FENTON; PFLEEGER, 1997).

Montoni et al (2007), em sua metodologia para construção de modelos de desempenho para projetos de software, apresentam passos para a criação de modelos de desempenho estatístico, aplicados aos processos de Garantia da Qualidade de Software e Verificação. Esta metodologia contempla as seguintes etapas:

- Selecionar processos: Os processos são selecionados considerando os objetivos estratégicos da empresa, dados históricos e a sua estabilidade. Para o estudo em questão foram selecionados os processos de Garantia da Qualidade, atividade de Avaliação da Garantia da Qualidade e Verificação e atividade de Revisão por Pares. Os autores acreditavam na existência de correlação entre esses processos.
- Selecionar métricas de desempenho dos processos: Foram selecionadas métricas de cada um dos processos escolhidos com base no plano de medição organizacional. As métricas selecionadas foram Número de Problemas identificados na atividade de Garantia da Qualidade (ProblemasGQ) e Número de Problemas identificados na atividade de Avaliação Técnica de Revisão por Pares (ProblemasAP).

- Analisar a distribuição das medidas de desempenho dos processos: Para analisar a distribuição das medidas foi aplicado o teste estatístico Anderson-Darling identificando que as medidas não estavam na mesma distribuição. De acordo com os autores, devido ao universo de desenvolvimento de software ser muito variável esta característica é comum. Foi então aplicado o cálculo do logaritmo natural para reduzir o valor das medidas e deixá-las em uma distribuição normal.
- Estabelecer linha base de desempenho dos processos: Para estabelecer a linha base de desempenho é necessário que as medidas no passo anterior estejam na mesma distribuição e que os processos sejam estáveis. Para verificar a estabilidade dos processos foram usados gráficos Média e Amplitude Móvel (XmR Charts) com limites estabelecidos em 3-sigma. Identificou-se que os processos são estáveis, sendo assim, a média e os limites superior e inferior foram estabelecidos como linha base.
- Desenvolver modelos de desempenho dos processos: Para o desenvolvimento dos modelos de desempenho foi usada a técnica de Análise de Regressão considerando ProblemasGQ Normalizada como a variável independente e ProblemasAP Normalizada como variável dependente. Com base nisto, a equação foi gerada.

Além da metodologia de Montoni et al (2007), o trabalho de Campos et al (2007), apresenta orientações para aplicação da gerência quantitativa de processos de software, utilizando como objeto de estudo o processo de Desenvolvimento de Requisitos. Estas orientações estão distribuídas nas seguintes fases:

- Conhecer: Nesta fase são definidos os atributos que se deseja conhecer o desempenho. Para este estudo foi utilizado o método GQM (Goal Question Metrics) e alguns objetivos de medição foram selecionados entre eles “Conhecer a produtividade nas atividades de desenvolvimento de requisitos”. Para atender a este objetivo foram selecionadas as medidas, tamanho e esforço para as demandas de Uso da categoria complexo em um determinado período. Gráficos de Controle XmR foram gerados para analisar a estabilidade do processo.

- Estabilizar: Nesta fase o objetivo é estabilizar o processo atuando nas causas de variação especial. Para determinar a estabilidade do processo, quatro testes foram aplicados: T1 - que verifica se existem valores que ficaram fora dos limites estabelecidos em $\pm 3\sigma$ da média, T2 – que verifica se entre 3 pontos consecutivos existirem 2 fora da linha de 2σ (do mesmo lado), T3 – que verifica se entre 5 pontos consecutivos existirem 4 fora da linha de 1σ (do mesmo lado) e T4 – que verifica se 8 pontos consecutivos estiverem do mesmo lado da média. Além destes testes no gráfico da média, não podem haver pontos fora dos limites no gráfico da amplitude móvel. A baseline do processo foi gerada considerando a média, e os limites superior e inferior do processo e da amplitude móvel. Foi gerado um modelo estatístico de desempenho utilizando análise de correlação entre as variáveis tamanho (utilizada como variável dependente) e esforço (utilizada como variável independente) para as categorias de casos de uso.
- Controlar: Esta fase tem o objetivo de analisar a performance do modelo utilizando para isto a aplicação em alguns projetos piloto. Foram utilizadas neste estudo as estimativas do tamanho das demandas de Uso e inseridas no modelo gerado para estimar o esforço para cada caso de uso individual. Conforme novos projetos forem executados os resultados devem ser armazenados no repositório organizacional de medidas. E periodicamente devem ser comparados com a *baseline* do processo identificando a necessidade de uma atualização.

O Quadro 2-11 apresenta uma comparação dos passos das metodologias de construção de modelos de desempenho estatístico de Montoni et al (2007) e Campos et al (2007).

CARACTERÍSTICAS	MONTONI et al (2007)	CAMPOS et al (2007)
Selecionar Processos	Garantia da Qualidade e Verificação	Desenvolvimento de Requisitos
Selecionar Métricas de Desempenho	Número de Problemas identificados na atividade de Garantia da Qualidade (ProblemasGQ) e Número de Problemas identificados na atividade de Avaliação Técnica de Revisão por Pares (ProblemasAP).	Tamanho e esforço para as demandas de Uso da categoria complexo, em um determinado período.
Analisar Distribuição das Medidas	Teste de Anderson – Darling para testar normalidade e aplicação do logaritmo natural para normalização.	X
Analisar Comportamento do processo	Gráficos de controle XmR	Gráficos de controle XmR
Testar estabilidade do processo	X	Testes de estabilidade T1, T2, T3, T4
Estabelecer linha base de desempenho	Média e limites estabelecidos em 3-sigma.	Média e limites estabelecidos em 3-sigma.
Desenvolver Modelos de Desempenho	Análise de regressão para geração do modelo	Análise de correlação para geração do modelo
Teste do modelo	X	Utilização em projetos-piloto

Quadro 2-11. Análise comparativa entre metodologias de construção de modelos de desempenho estatístico. Adaptado de (CAMPOS et al, 2007) e (MONTONI et al, 2007).

Maxwell (2002) apresenta em seu livro passos para a construção de modelos multivariados e indica que a extração da equação correspondente ao modelo pode ser obtida através da execução dos seguintes passos:

- Identificação de variáveis dependentes e independentes, aquelas variáveis que se deseja conhecer a equação (dependente) e aquelas que são significativas no comportamento da equação (independentes).
- Análise da correlação existente entre as variáveis dependentes e independentes, com o uso de técnicas de análise de correlação, como por exemplo, Regressão, ANOVA, entre outras.
- Identificação das variáveis independentes significantes para o modelo, a análise da significância estatística resultante da regressão entre as

variáveis indica a probabilidade de a correlação ser ao acaso. Para considerar a variável como significativa para compor o modelo o valor de P (P-value) deve ser menor ou igual a 0,05. As variáveis independentes devem ser identificadas uma a uma com a execução de diversas rodadas até que todas as variáveis sejam identificadas. Além da significância estatística, deve ser considerado o coeficiente de determinação (R-quadrado ajustado), que determina a performance do modelo. Para o valor de R-quadrado ajustado considera-se que quanto mais próximo a 1 melhor o resultado.

- Garantia de não existência de multicolinearidade, as variáveis independentes significantes não devem ser fortemente relacionadas entre si. Para esse teste pode ser utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, que para evitar a multicolinearidade precisa apresentar valores menores do que 0,75. Na demanda de existir multicolinearidade uma das variáveis deve ser descartada do modelo. Após o teste de multicolinearidade a extração da equação pode ser realizada e deve apresentar um formato conforme
- Equação 2-4.
- Se a equação final foi gerada utilizando o logaritmo natural dos valores da base então deve ser aplicado o inverso do logaritmo natural de cada lado da equação e assim obter o modelo multivariado.

Equação 2-4. Formato do modelo multivariável (MAXWELL, 2002).

$$y = a + bx_1 + cx_2 \dots + z_xn$$

Onde: a, b e c são os coeficientes da equação final.

O trabalho de Maxwell (2002), apresenta alguns estudos de caso aplicados ao contexto de software, que vem de encontro à realidade do estudo desta dissertação.

2.7 Considerações sobre o capítulo

Este capítulo apresentou a revisão da literatura iniciando com uma contextualização a respeito da história da qualidade, evoluindo para o conceito de

foco no processo e controle da qualidade. A sequencia da revisão da literatura aborda a qualidade de software e os modelos de maturidade de processos de software CMMI e MPS.BR, bem como a caracterização do processo de controle de mudanças nestes modelos introduzindo a conceituação de retrabalho. São apresentados os conceitos relacionados a retrabalho focando o relacionamento com software e posteriormente a contextualização sobre Controle Estatístico de Processo e Modelos de Desempenho Estatístico, bem como as técnicas que estão relacionadas com a execução desta pesquisa.

CAPÍTULO 3 - ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa é um “(...) processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos” (GIL, 2002).

Segundo Marconi e Lakatos (2000), “O método científico é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo.”

Este capítulo descreve o método de pesquisa utilizado neste trabalho e como será conduzido para auxiliar no alcance dos objetivos deste trabalho.

3.1 Conceitos relevantes sobre metodologia e métodos de pesquisa

Um método científico é a teoria da investigação, sendo composto por etapas que direcionam para o atendimento dos objetivos (MARCONI; LAKATOS, 2000).

A pesquisa é definida por Gil (2002), como “o procedimento racional e sistemático que tem objetivo de proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Inicia-se uma pesquisa com a caracterização do problema, desenvolvendo-se ao longo de um processo até a apresentação dos resultados.

As pesquisas podem ser classificadas conforme seus objetivos gerais em 3 grupos (GIL, 2002):

- Pesquisas Exploratórias: Cujo objetivo é aprimorar as ideias a respeito do problema e possibilitar maior facilidade na construção das hipóteses.
- Pesquisas Descritivas: O objetivo principal das pesquisas deste grupo é a identificação de características de uma determinada população, além de determinar a natureza da relação entre as variáveis estudadas.

- Pesquisas Explicativas: Tem como objetivo determinar os fatores que contribuem para ocorrência de fenômenos, explicando os motivos e as razões dos acontecimentos.

Segundo Gil (2002), as pesquisas podem ser classificadas conforme os procedimentos técnicos utilizados, com o objetivo de comparar a visão teórica com os dados reais. As pesquisas podem ser classificadas conforme o seu delineamento, que expressa o desenvolvimento da pesquisa conforme os procedimentos técnicos de coleta e análise de dados.

O procedimento de coleta de dados é o elemento principal para caracterizar uma pesquisa quanto ao seu delineamento. Os delineamentos estão divididos em dois grupos (GIL, 2002):

- Fontes de dados em “papel”:
 - a. Pesquisa Bibliográfica: As fontes de coleta de dados deste tipo de pesquisa são formadas principalmente por livros e artigos científicos.
 - b. Pesquisa Documental: As fontes destas pesquisas são materiais que ainda não receberam um tratamento analítico, ou podem ser reelaborados de acordo com a pesquisa.
- Dados fornecidos por pessoas:
 - a. Pesquisa Experimental: Consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar variáveis capazes de influenciá-lo e definir formas de controle e observação dos efeitos destas variáveis.
 - b. Pesquisa *Ex-Post Facto*: Estudo realizado em fatos já ocorridos, com objetivo de identificar relações entre as variáveis, onde não se tem controle sobre elas, pois os acontecimentos estão no passado.
 - c. Levantamento: A coleta das informações neste tipo de pesquisa é obtida diretamente das pessoas que se deseja conhecer o comportamento. São úteis para estudos de opiniões e atitudes.
 - d. Estudo de Caso: Este estudo caracteriza-se por estudar profundamente um ou poucos objetos. Seus resultados são apresentados geralmente em forma de hipóteses, não de conclusões.

- e. Pesquisa-Ação: Esta pesquisa é caracterizada pelo envolvimento do pesquisador de modo cooperativo ou participativo. É caracterizada por uma forma de ação planejada, de caráter social, educacional ou técnico. Permite ampla interação entre o pesquisador e os envolvidos na situação investigada (THIOLLENT, 1997).
- f. Pesquisa Participante: Muito semelhante à Pesquisa-Ação, mas nem sempre há uma ação planejada e não existe a obrigatoriedade de divulgação das informações ou do conhecimento (THIOLLENT, 1997). Para (SANTOS, 1999), na Pesquisa-Ação, o pesquisador é, ele mesmo, um dos dados pesquisados.

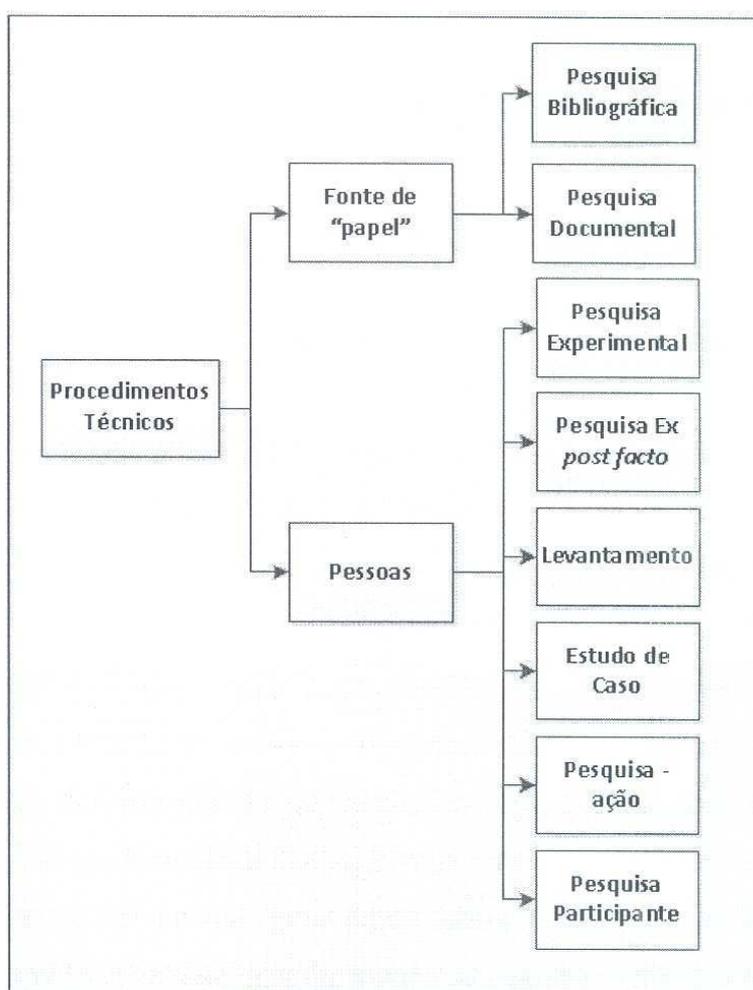


Figura 3-1. Pesquisas conforme os procedimentos técnicos. Adaptado de (GIL, 2002).

3.2 Caracterização da pesquisa

Segundo GIL (2002), é necessária a construção de um modelo conceitual e operacional da pesquisa, como forma de comparar a visão teórica com os dados da realidade.

Tendo em vista a sua caracterização, esta pesquisa está classificada do ponto de vista dos seus objetivos, como uma **Pesquisa Explicativa**, pois visa determinar os fatores envolvidos no comportamento do processo de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software, propondo, como consequência, um modelo que auxilia a previsão deste esforço.

Como etapa introdutória à pesquisa explicativa, tem-se uma **Pesquisa Exploratória**, cujo objetivo é proporcionar uma maior familiaridade com o cenário de conceituação e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Este estudo visou auxiliar o embasamento teórico e delimitar o perfil das empresas que podem fazer parte do escopo da pesquisa.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, esta pesquisa está classificada como **Pesquisa-Ação**, pois foi realizada uma pesquisa com ação do pesquisador como colaborador no entendimento dos fenômenos dentro do contexto da empresa estudada. Esta abordagem surgiu nos anos 40 e teve sua base oriunda da pesquisa experimental, por sua teoria fundamentada na resolução de problemas e na proposta de tomada de ação (VERGARA, 2006).

Segundo Thiollent (2003), a Pesquisa-Ação é caracterizada por uma atitude do pesquisador como ouvinte e apoiador no sentido de fornecer esclarecimentos quanto aos fenômenos estudados, mas sem interferir com suas próprias concepções.

Esta pesquisa “em ação” foi realizada de forma a propiciar um aprofundamento sobre a execução do método proposto para apoiar estimativas de retrabalho e análise dos resultados observados em conjunto com aqueles que vivem o problema diretamente (REINEHR et al, 2009).

Como métodos de coleta foram utilizados, a **Pesquisa Bibliográfica** com foco em estudos de Retrabalho em Software apoiados pelo Controle Estatístico de Processos, além de **Pesquisa Documental**, com a utilização de artefatos fornecidos pela empresa estudada para apoiar a aplicação da pesquisa. Ainda como método de

coleta de dados foram realizados **Seminários** com a empresa desenvolvedora de software estudada, como apoio à contextualização da realidade da empresa.

3.3 Estratégia de pesquisa

A pesquisa-ação é uma pesquisa realizada com associação entre a execução de uma ação e a resolução de um problema, onde o pesquisador atua de forma cooperativa com a organização que vivencia o problema. Quando aplicada a um contexto organizacional, tem como característica a intenção da resolução de problemas de ordem técnica (THIOLLENT, 2003).

Esta pesquisa foi estruturada conforme Figura 3-2, contemplando as etapas da metodologia definida para este estudo.

A metodologia de pesquisa está subdividida em três fases, que foram adaptadas da proposta de Thiollent (1997) para um ciclo de vida de um projeto de pesquisa-ação. São elas:

- **Fase Exploratória:** Esta fase inicia a pesquisa com uma investigação sobre os problemas a serem estudados e possíveis ações a serem tomadas, bem como, a definição das questões de pesquisa. Sendo importante para o encaminhamento das fases seguintes.
- **Fase de Pesquisa:** Esta fase é também chamada de fase principal, se inicia após o diagnóstico obtido na fase anterior e tem por objetivo a condução da coleta de dados do estudo.
- **Fase de Avaliação:** Esta fase é caracterizada por discussões de resultados, identificando a efetividade das aplicações, além de extrair conhecimento para uso futuro.

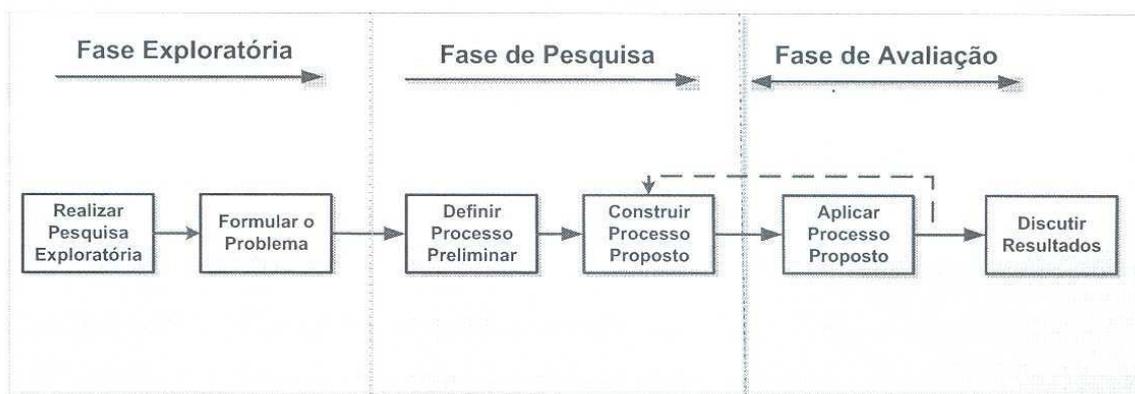


Figura 3-2. Metodologia de Pesquisa. Fonte: O Autor

3.4 Fase Exploratória

Conforme discussões do Capítulo 1 deste documento, o tema central de pesquisa desta dissertação está focado em estudos a respeito de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software.

A fase exploratória de uma pesquisa tem uma grande preocupação em obter informações que possibilitem um bom projeto de pesquisa e que auxiliem na definição do problema que se pretende discutir (THIOLLENT, 1997).

Para a condução da fase Exploratória deste estudo foram definidas duas atividades principais adaptadas das sugestões de Gil (2002) e Thiollent (2003):

- (i) Realizar Pesquisa Exploratória
- (ii) Formular o Problema

3.4.1 Realizar Pesquisa Exploratória

De acordo com Gil (2002), a Pesquisa Exploratória proporciona uma familiaridade com o problema, o que auxilia a sua compreensão e a construção das hipóteses.

Foi definida como primeira atividade a ser realizada por esse estudo, a condução de uma Pesquisa Exploratória sobre retrabalho em empresas desenvolvedoras de software. Esta atividade teve como objetivo principal o

entendimento do cenário de definição e medição de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software de pequeno porte, bem como a verificação da possibilidade de incluir empresas que não tenham um processo de medição implantado na delimitação do escopo desta dissertação.

O desenvolvimento desta pesquisa e os resultados obtidos estão contidos nos capítulos 4 e 5 desta dissertação, respectivamente.

3.4.2 Formular o Problema

De acordo com Marconi e Lakatos (2000), o problema de pesquisa consiste em uma explicitação de uma dificuldade que existe e que se pretende resolver. Um problema de pesquisa pode ser descrito em formato de pergunta científica.

A questão principal de pesquisa que norteia os estudos deste trabalho visa responder se **é possível prever o esforço de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software observando o comportamento do seu processo de forma a apoiar suas estimativas de custo e prazo?**

Para apoiar a questão principal de pesquisa, foi definida uma questão secundária: Como é o comportamento do processo de retrabalho em empresas desenvolvedoras de software?

3.5 Fase de Pesquisa

Considerada a fase principal desta pesquisa, tem como objetivo principal a discussão das descobertas a respeito dos problemas de forma a possibilitar a construção de um processo que auxilie empresas a planejar melhor o esforço gasto com retrabalho em seus projetos.

Para a condução da Fase de Pesquisa deste estudo foram definidas duas atividades principais:

- (i) Definir Processo Preliminar
- (ii) Construir Processo Proposto

Estas atividades estão descritas nas sub-seções a seguir.

3.5.1 Definir Processo Preliminar

A partir da revisão da literatura e de uma análise comparativa dos trabalhos de Campos et al (2007) e Montoni et al (2007) apresentado no Quadro 2-11 deste trabalho, um processo preliminar foi criado para início do estudo do comportamento do processo de retrabalho. Este processo foi utilizado para conduzir as primeiras iniciativas de coleta de dados na empresa estudada e serviu como base para a construção do processo proposto que é o objeto de estudo desta dissertação. As etapas do processo preliminar estão apresentadas no Capítulo 4 deste documento.

3.5.2 Construir Processo Proposto

Para a construção do processo proposto, foi necessário coleta de dados da empresa estudada envolvendo o acesso ao repositório organizacional de medidas, que foi disponibilizado para ser usado externamente à empresa.

Esta atividade compreendeu também o estudo do comportamento do processo de retrabalho e a geração de um modelo estatístico de desempenho que retratou a relação do esforço de retrabalho com o esforço do projeto.

As fontes de informação têm objetivo de definir as formas como as respostas para o estudo serão obtidas (pessoas, documentos, observação, entre outros). O pesquisador deve se preocupar com o encadeamento das evidências coletadas nas diversas fontes de informação (GIL, 2002).

O Quadro 3-1 apresenta as fontes de informação que foram consultadas para obter as respostas adequadas para esta pesquisa.

Nesta etapa é possível incluir, alterar ou excluir passos a serem seguidos por uma organização na determinação de seus modelos de desempenho estatísticos para auxílio na estimativa de retrabalho.

A construção do processo proposto se deu com repetidas rodadas de um ciclo de construção e está apresentada no Capítulo 4 deste documento.