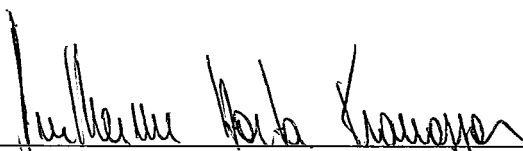


EMPACOTAMENTO DE EXPERIMENTOS EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

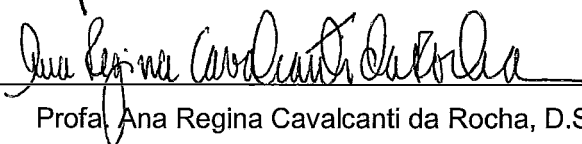
Edgar Augusto Gonçalves Gurgel do Amaral

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

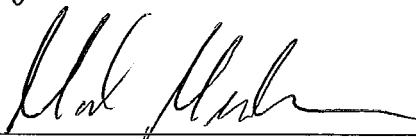
Aprovada por:



Prof. Guilherme Horta Travassos, D.Sc.



Profa. Ana Regina Cavalcanti da Rocha, D.Sc.



Prof. Manoel Gomes de Mendonça Neto, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2003

AMARAL, EDGAR AUGUSTO GONÇALVES GURGEL
DO

Empacotamento de Experimentos em
Engenharia de Software [Rio de Janeiro]
2003

XIII, 151 p., 29,7 cm (COPPE/UFRJ,
M.Sc., Engenharia de Sistemas e
Computação, 2003)

Tese – Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Engenharia de Software Experimental
I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

A meus pais, e grandes amigos, Gurgel e Eliana.
A minha esposa, o meu grande amor, Kátia.
As minhas filhas, presentes de Deus, Luana e Luciana.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado saúde e força para cumprir esta jornada.

A minha mãe, Eliana, por nunca ter medido esforços para me proporcionar a melhor educação possível, desde criança.

Ao meu pai, Gurgel, por estar sempre ao meu lado, apoiando-me sempre e em tudo.

A minha esposa, Kátia, pelo carinho dado e compreensão por nem sempre poder estar em sua companhia.

As minhas filhas, Luana e Luciana, por serem a minha “fonte de recarga de bateria”, com as suas brincadeiras e sorrisos.

Ao Prof. Guilherme Travassos, pela sua orientação, visão crítica, competência, exemplo de professor, por ter acreditado em minha capacidade na realização deste trabalho e por me mostrar o que é ciência.

A Profa. Cláudia Werner, por toda ajuda, apoio e orientações nesta jornada.

A Profa. Ana Regina, pela contribuição ao meu aprendizado no decorrer deste trabalho e pela participação na banca examinadora desta dissertação.

Ao Prof. Manoel Mendonça, pela participação na banca examinadora desta dissertação.

Aos professores da COPPE, pelos ensinamentos.

Ao Wladimir Chapetta, pela sua ajuda na realização deste trabalho. Sua participação foi fundamental.

A Eliane Pereira, pelas conversas, críticas e sugestões.

Aos colegas do recém criado grupo ESE (Engenharia de Software Experimental), Marcos “Kali”, Felipe, Rodrigo, Marco Antônio, pelo incentivo.

Ao Márcio Barros pela sua ajuda na revisão.

Ao pessoal do SIGA, Alexandre Dantas, Gustavo, Mangan, Sômulo e Sávio (“Galinho”) pelo ótimo ambiente de trabalho proporcionado no I-2000.

A Ana Paula, Cláudia, Solange, Mercedes, Sônia, pelo suporte administrativo.

À UNAMA e FIDESA, pelo apoio financeiro.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

EMPACOTAMENTO DE EXPERIMENTOS EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

Edgar Augusto Gonçalves Gurgel do Amaral

Junho / 2003

Orientador: Guilherme Horta Travassos

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

A Engenharia de Software vem evoluindo ao longo dos anos como ciência, entretanto muito do que ainda é realizado carece de validação científica. Estudos demonstram que a validação científica na Engenharia de Software é incipiente e a execução de experimentos para avaliar novos métodos, técnicas e ferramentas, antes de colocá-los disponíveis para a indústria torna-se, então, uma necessidade. Para garantir veracidade e validade, experimentos precisam permitir sua repetição e comprovação de resultados. Desta maneira, é fundamental que experimentos realizados possam ser empacotados, ou seja, que suas informações sejam armazenadas para posterior aproveitamento.

Este trabalho apresenta uma abordagem para Empacotamento de Experimentos em Engenharia de Software, incluindo uma taxonomia de documentos que representa as informações necessárias à realização de um experimento; apresentação de um Processo para Empacotamento de Experimentos, com suas etapas, atividades, produtos gerados por cada uma destas etapas e atividades, e os papéis desempenhados pelos indivíduos envolvidos no processo. Estas definições serviram de base para a instanciação de uma infra-estrutura de trabalho na plataforma *Hyperwave*, constituindo desta maneira um repositório organizado para pacotes de experimentos em Engenharia de Software.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PACKAGING EXPERIMENTS IN SOFTWARE ENGINEERING

Edgar Augusto Gonçalves Gurgel do Amaral

June / 2003

Advisor: Guilherme Horta Travassos

Department: Systems Engineering and Computer Science

Software Engineering has evolved over the years to adopt new scientific approaches; however a lot of this work still needs scientific validation. New methods, techniques and tools should be made available to the software industry only after some experiment or empirical study to evaluate it has been accomplished. More than that, experiments must be replicated to increase the validity and confidence of their results. One must build experiment packages that packs all knowledge produced throughout the experimentation process and make them available, so others are able to replicate it.

This dissertation describes an approach for packing software engineering experiments, which includes a document taxonomy - highlighting all the artifacts needed into the context of the experiment - and a process for guidance of the package construction. Such process has been described by capturing all the tasks, activities and roles explored throughout the packing process. These definitions have been used to build an infra-structure to support the instantiation and sharing of software engineering experiment packages.

Sumário

CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1 – Motivação	1
1.2 – Objetivo da Tese.....	5
1.3 – Organização deste Trabalho	5
CAPÍTULO 2	8
CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS À EXPERIMENTAÇÃO	8
2.1 – Introdução.....	8
2.2 – Experimentação na área de Engenharia de Software.....	10
2.3 – Conceitos relacionados à Experimentação	15
2.4 - Abordagens utilizadas em Experimentação.....	18
2.5 – Métodos de Pesquisa Experimental.....	19
2.5.1 – Classificação dos Métodos de Pesquisa Experimental	20
2.6 - Conclusões.....	24
CAPÍTULO 3	26
PROCESSO DE EXECUÇÃO DE EXPERIMENTOS	26
3.1 – Introdução.....	26
3.2 – Processo de Execução de Experimentos	26
3.2.1 – Etapa de Definição	27
3.2.1.1 –Atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema.....	28
3.2.1.2 – Atividade de Definição do Contexto.....	29
3.2.2 – Etapa de Planejamento	30
3.2.2.1 – Definição de Hipóteses	30
3.2.2.2 –Seleção de Variáveis	31
3.2.2.3 – Seleção de Participantes.....	31
3.2.2.4 – Escolha do Projeto do Experimento.....	33
3.2.2.5 – Instrumentação	34
3.2.2.6 – Adequação da Validade dos Resultados	34
3.2.3 – Etapa de Operação	39
3.2.3.1 – Preparação	40
3.2.3.2 – Execução.....	41
3.2.3.3– Validação dos Dados	41
3.2.4 – Etapa de Análise e Interpretação.....	42
3.2.5 – Etapa de Apresentação e Empacotamento.....	43
3.3 – Métodos e Abordagens aplicados à Experimentação	44
3.4 - Conclusões.....	48
CAPÍTULO 4	50

MODELO PARA PACOTE DE EXPERIMENTOS	50
4.1 - Introdução	50
4.2 – Modelo para Pacote de Experimentos	51
4.2.1 –Comunidade de Engenharia de Software	53
4.2.2 – Organização do Experimento	55
4.2.3 – Instrumentos.....	57
4.2.4 – Formulários de Resultados.....	58
4.3 - Conclusões.....	59
CAPÍTULO 5	61
PROCESSOS PARA EXECUÇÃO E EMPACOTAMENTO DE EXPERIMENTOS	61
5.1 - Introdução	61
5.2 – Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos	63
5.2.1 – Etapa de Definição	66
5.2.2 – Etapa de Planejamento	69
5.2.3 – Etapa de Execução	71
5.2.4 – Etapa de Análise e Interpretação.....	74
5.3 – Conclusões.....	77
CAPÍTULO 6	79
INFRA-ESTRUTURA PARA EMPACOTAMENTO DE EXPERIMENTOS	79
6.1 - Introdução	79
6.2 – Estrutura do <i>Hyperwave</i>	79
6.2.1 - HIP (<i>Hyperwave Information Portal</i>)	80
6.2.2 - eLS (<i>Hyperwave e-Learning Suite</i>).....	81
6.2.3 - HIS (<i>Hyperwave Information Server</i>).....	81
6.3 – A estrutura da informação no HIS (<i>Hyperwave Information Server</i>)	81
6.3.1 - Coleções	82
6.3.2 - <i>Hyperlinks</i>	83
6.4 – Implementação no <i>Hyperwave</i>	84
6.4.1 – Instanciação do Modelo para Pacote de Experimentos na Infra-Estrutura <i>Hyperwave</i>	84
6.4.2 – Instanciação do Processo de Empacotamento de Experimentos na Infra-Estrutura <i>Hyperwave</i>	87
6.5 – Empacotamento de um experimento na infra-estrutura <i>Hyperwave</i>	90
6.5.1 – Criação do pacote de experimentos	91
6.5.2 – Criação dos documentos no pacote de experimentos	91
6.5.3 – Criação das etapas no pacote de experimentos	92
6.5.4 – Empacotamento das informações no pacote de experimentos	93

6.6 – Conclusões.....	95
CAPÍTULO 7.....	96
CONCLUSÕES.....	96
7.1 - Conclusões.....	96
7.2 – Contribuições	96
7.3 – Restrições e Limitações	97
7.4 – Trabalhos Futuros.....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
APÊNDICE A – TRADUÇÃO E RESUMO DOS MÉTODOS DE PESQUISA EXPERIMENTAL.....	109
APÊNDICE B – MODELOS PARA PACOTE DE EXPERIMENTOS	112
B.1 – Organização do Experimento	112
B.2 – Instrumentos.....	113
B.3 – Formulários de Resultados.....	114
APÊNDICE C - NOTAÇÃO UTILIZADA NO PROCESSO PARA EXECUÇÃO E EMPACOTAMENTO DE EXPERIMENTOS	115
C.1 - Sintaxe e Semântica da Notação.....	115
APÊNDICE D – DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROCESSO PARA EXECUÇÃO E EMPACOTAMENTO DE EXPERIMENTOS.....	120
D.1 – Etapa de Definição.....	120
D.1.1–Atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema.....	120
D.1.2 – Atividade de Definição do Contexto	123
D.1.3 – Atividade de Armazenamento das Informações de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição do Contexto	124
D.2 – Etapa de Planejamento.....	126
D.2.1 – Atividade de Definição de Hipóteses.....	126
D.2.2 – Atividade de Seleção de Variáveis.....	127
D.2.3 – Atividade de Seleção de Participantes	129
D.2.4 – Atividade de Escolha do Projeto do Experimento.....	130
D.2.5 – Atividade de Instrumentação.....	132
D.2.6 – Atividade de Adequação da Validade dos Resultados	135
D.2.7 – Atividade de Armazenamento das Informações de Definição de Hipóteses, de Seleção de Variáveis, de Seleção de Participantes, de Escolha do Projeto do Experimento, de Instrumentação e da Adequação da validade dos resultados.....	137
D.3 – Etapa de Execução	139
D.3.1–Atividade de Aplicação de Questionários e de Entrevistas.....	139

D.3.2 – Atividade de Coleta de Dados.....	140
D.3.3– Atividade de Validação dos Dados.....	141
D.3.4 – Armazenamento das Informações de Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.....	142
D.4 – Etapa de Análise e Interpretação.....	143
D.4.1 – Atividade de Utilização de Estatística.....	143
D.4.2 – Atividade de Redução do Conjunto de Dados.....	145
D.4.3 –Atividade de Teste de Hipótese	146
D.4.4 – Atividade de Geração de Conclusões	147
D.4.5 – Atividade de Geração de Recomendações	148
D.4.6 – Atividade de Armazenamento das Informações de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e Geração de Recomendações.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Conceitos de um Experimento.....	17
Figura 2 - Processo de Execução de Experimentos (WOHLIN <i>et al.</i> , 2000).....	27
Figura 3 – Estrutura da Fábrica de Experiência.....	45
Figura 4 - O processo principal da abordagem GQM.....	46
Figura 5 – Modelo para Pacote de Experimentos.....	53
Figura 6 – Pessoas e Papéis da Comunidade de Engenharia de Software.....	55
Figura 7 – Documentos do Conjunto Organização do Experimento.....	56
Figura 8 – Documentos do Conjunto Instrumentos.....	58
Figura 9 – Documentos do Conjunto Formulários de Resultados.....	59
Figura 10 – Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos.....	65
Figura 11 – Etapa de Definição.....	68
Figura 12 – Etapa de Planejamento.....	69
Figura 13 – Etapa de Execução.....	72
Figura 14 – Etapa de Análise e Interpretação.....	75
Figura 15 – Estrutura da Coleção.....	82
Figura 16 – Relacionamento de Agregação.....	85
Figura 17 – Relacionamento de Herança.....	85
Figura 18 – Modelo para Pacote de Experimentos instanciado no Hyperwave.....	86
Figura 19 – <i>Tabs</i> criadas no <i>Portal Desktop</i>	88
Figura 20 – Atividades criadas nas <i>tracks</i>	89
Figura 21 – Pacote de Experimentos criado.....	91
Figura 22 – Documentos Criados no Pacote.....	92
Figura 23 – Atividades criadas no pacote.....	92
Figura 24 – Documento a ter informação armazenada.....	93
Figura 25 – Atributos de um documento.....	93
Figura 26 – Documento empacotado.....	94
Figura 27 – Documento com arquivos anexados.....	94
Figura B.1 – Organização do Experimento.....	112
Figura B.2 – Instrumentos.....	113
Figura B.3 – Formulários de Resultados.....	114
Figura C.1 – Processo.....	115
Figura C.2 – Início.....	116
Figura C.3 – Fim.....	116
Figura C.4 – Decisão.....	116
Figura C.5 – Grupo Processo.....	116
Figura C.6 – Ator.....	116
Figura C.7 – Atividade Básica.....	117

Figura C.8 – Conhecimento Explícito.....	117
Figura C.9 – Conhecimento Tácito.....	117
Figura C.10 – Documento.....	117
Figura C.11 – Base de Dados.....	118
Figura C.12 – Nota Explicativa.....	118
Figura C.13 – Relacionamento.....	118
Figura C.14 – Associação para Nota Explicativa.....	118
Figura C.15 – Produto.....	118
Figura C.16 – Recurso.....	118
Figura C.17 – Fluxo.....	119

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos de Pesquisa Experimental.....	25
Tabela 2 – Caracterização do contexto da experimentação.....	29
Tabela 3 – Técnicas probabilísticas e não probabilísticas.....	32
Tabela 4 – Pessoas e Papéis da Comunidade de Engenharia de Software.....	54
Tabela 5 – Conjunto de Documentos de Organização do Experimento.....	56
Tabela 6 – Conjunto de Documentos de Instrumentos.....	57
Tabela 7 - Conjunto de Documentos Formulários de Resultados.....	59
Tabela 8 – Documentos e informações armazenados na etapa de Definição.....	70
Tabela 9 – Documentos e informações armazenados na execução de um experimento.....	78
Tabela A.1 – Tradução e Descrição dos Métodos Experimentais.....	109
Tabela D.1 – Documentos e informações produzidos na atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema.....	122
Tabela D.2 – Documentos e informações produzidos na Atividade de Definição do Contexto.....	124
Tabela D.3 – Documentos e informações produzidos na atividade de Definição de Hipóteses.....	127
Tabela D.4 – Documentos e informações produzidos na atividade de Seleção de Variáveis.....	128
Tabela D.5 – Documentos e informações produzidos na atividade de Seleção de Indivíduos.....	130
Tabela D.6 – Documentos e informações produzidos na atividade de Escolha do Projeto do Experimento.....	132
Tabela D.7 – Documentos e informações produzidos na atividade de Instrumentação.....	135
Tabela D.8 – Documentos e informações produzidos na atividade de Adequação da Validade dos Resultados.....	136
Tabela D.9 – Documentos e informações armazenados na atividade de Aplicação de Questionários e de Entrevistas.....	140
Tabela D.10 – Documentos e informações armazenados na atividade de Coleta de Dados.....	141
Tabela D.11 – Documentos e informações armazenados na atividade de Validação dos Dados.....	142
Tabela D.12 – Documentos e informações armazenados na atividade de Utilização de Estatística.....	144
Tabela D.13 – Documentos e informações armazenados na atividade de Redução do Conjunto de Dados.....	145
Tabela D.14 – Documentos e informações armazenados na atividade de Teste de Hipótese.....	146
Tabela D.15 – Documentos e informações armazenados na atividade de Geração de Conclusões.....	147
Tabela D.16 – Documentos e informações armazenados na atividade de Geração de Recomendações.....	149

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta as questões que levaram a realização deste trabalho, o papel da experimentação na ciência e na engenharia de software, e a organização desta dissertação.

1.1 – Motivação

Apesar da crescente aplicação dos conceitos e técnicas disponíveis na Engenharia de Software, inúmeros projetos de software ainda apresentam problemas em termos de perda de funcionalidade, extrapolação de custos, prazos perdidos e qualidade inadequada. Estas questões desafiam os pesquisadores desde a década de 60, quando em 1968 o termo Engenharia de Software foi utilizado com a intenção de criar uma disciplina de engenharia focada no desenvolvimento de sistemas de software (WOHLIN *et al.*, 2000). Percebe-se que, neste contexto do desenvolvimento do software, um obstáculo significativo é a transferência de tecnologia. Muitas técnicas são desenvolvidas em ambientes acadêmicos e não são avaliadas ou testadas em ambientes reais de desenvolvimento de software antes de serem efetivamente utilizadas na indústria, fazendo com que os riscos de se obter produtos de software inadequados aumente.

Por isto, existe grande interesse e necessidade em solidificar na Engenharia de Software fundamentos fortes de uma disciplina científica de engenharia, aprimorando os mecanismos para desenvolvimento de técnicas e métodos que garantam a melhoria do desenvolvimento do software e a evolução dos processos de software em geral.

Para tornar a Engenharia de Software mais próxima da abordagem científica, aumentando sua aderência ao conceito de engenharia, é necessária a execução de estudos experimentais. Assim, como em outras áreas da ciência, a realização de experimentos é uma das formas cientificamente correta para dirimir discussões relativas às práticas de engenharia do software, um caminho viável para verificar melhorias da Engenharia de Software e um critério adequado para estabelecer uma

tradição cumulativa em que aperfeiçoamentos possam ser introduzidos (CAMPBELL e STANLEY, 1979a).

Ao longo dos anos temos assistido uma maior preocupação com a aplicação de experimentação em engenharia de software. Por exemplo, o estudo realizado pela ACM em 1993 a partir de uma amostra aleatória de todos os artigos publicados naquele ano identificou que 40% dos artigos com necessidade de validação experimental não a possuíam. Em periódicos relacionados a software, esta fração era de 50%. O mesmo estudo também analisou um periódico na área de engenharia ótica e descobriu que o percentual de artigos com falta de avaliação experimental era meramente de 15%.

Outro estudo mais recente, realizado por ZELKOWITZ e WALLACE (1998a), encontrou resultados semelhantes e quando um esquema de classificação consistente foi aplicado a ambos os estudos, os resultados revelaram que entre 40% e 50% dos artigos de engenharia de software não eram validados. Da mesma forma, ao avaliar periódicos das áreas de física, psicologia e antropologia novamente foram encontradas porcentagens menores de artigos inválidos do que na Ciência da Computação.

Este problema tem sido bastante discutido e alguns artigos apontam possíveis causas, sugerindo que as maiores barreiras para usar estudos experimentais reside nos detalhes de conduzi-los. Por exemplo, FENTON *et al.* (1994) sugere que muitos estudos experimentais utilizam pouca análise estatística, não são projetados para sistemas de grande escala e são conduzidos por pouco tempo. BASILI (1996b) sugere que muitas diferenças entre projetos de software individual tornam a comparação difícil. JOHNSON (1997) sugere que os profissionais podem resistir a serem avaliados.

Entretanto outros autores como TICHY *et al.* (1995), ZELKOWITZ e WALLACE (1997) argumentam que os estudos experimentais são subutilizados na engenharia de software, relativamente a outras engenharias. Eles atacam o problema do pouco uso e da efetividade dos estudos experimentais, condenando os pesquisadores que não validam as suas idéias de pesquisa. Autores como KITCHENHAM e PFLEEGER escreveram uma série de artigos para a *ACM SigSoft Software Engineering Notes*. Estes artigos cobrem uma variedade de tópicos incluindo os fundamentos da análise e projeto dos estudos experimentais, sua operação, técnicas para coleta, análise e interpretação de dados.

Os pesquisadores estão aos poucos se conscientizando sobre a importância dos estudos experimentais. Existem diferentes instituições de diversos países visando fomentar experimentação em Engenharia de Software. *International Software*

Engineering Research Network (ISERN), National Science Foundation (NSF), Information Technology Research (ITR), National Academy of Sciences, representam algumas delas. Também outras atividades como workshops, painéis, tutoriais, minicursos e apresentações do estado da arte em importantes conferências tais como *International Conference on Software Engineering (ICSE), Foundations on Software Engineering (FSE), International Conference on Software Maintenance (ICSM)*, Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software vem insistentemente acontecendo.

A engenharia de software é uma atividade que lida de forma intensa com conhecimento. Porém, por diversos motivos, este conhecimento, de suma importância para os processos de engenharia de software em geral, encontra-se disperso nas mentes de várias pessoas e/ou documentos de papel. No contexto do desenvolvimento de software, toda vez que conhecimento necessário não está disponível, o engenheiro de software tem que partir do zero para a solução do problema, ou seja, experimentar e construir novamente a solução, o que tem sérias implicações em termos de qualidade, tempo e custo necessários para obtê-la e, além disso, recursos anteriormente gastos para obter o conhecimento serão novamente requeridos e, pior, erros cometidos podem ser repetidos, pois o conhecimento necessário foi perdido ou está em lugares desconhecidos ou inacessíveis (VILLELA *et al.*, 2001).

Situação semelhante ocorre com os experimentos em engenharia de software onde, atualmente, experimentos são realizados e as informações geradas durante este processo não são armazenadas, podendo ocorrer sua perda, estando elas em papel ou na mente do pesquisador. Ainda neste contexto, a maior parte dos pesquisadores acredita que um único estudo em uma tecnologia não pode ser considerado definitivo. Como resultado desta crença há um aumento no compromisso de realizar mais estudos em uma variedade de ambientes. A repetição do experimento em diferentes ambientes é uma característica importante de qualquer ciência de laboratório. É a base para a credibilidade e o aprendizado (SHULL *et al.*, 2002). E isto não poderia ser diferente em Engenharia de Software. No Brasil há o projeto READERS, no qual esta tese está inserida, realizado em conjunto com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE), Instituto de Ciências Matemáticas (ICMC/USP - São Carlos), Universidade Federal de São Carlos, Universidade de Salvador (UNIFACS) e a Universidade de Maryland nos Estados Unidos, com o apoio do NSF/CNPq que se preocupa em explorar experimentação e entender de que forma experimentos podem ser organizados, realizados e repetidos.

A repetição do experimento assegura que os resultados possam ser verificados independentemente e desta forma garantindo confiança aos resultados. Ela ajuda a eliminar erros, enganos e fraudes (TICHY, 1998). A repetição de um experimento permite que pesquisadores adquiram informações e conhecimentos adicionais a respeito de conceitos estudados, e recebam resultados iguais ou diferentes dos resultados originais. Repetir um experimento proporciona melhoria do aprendizado dos conceitos investigados e das características do próprio experimento (TRAVASSOS *et al.*, 2001b).

Entretanto, antes que um experimento possa ser repetido ele dever ter sido empacotado. O empacotamento de um experimento diz respeito a armazenar as diferentes informações desde as idéias e hipóteses até os resultados e experiências finais dos estudos realizados, armazenando todos os artefatos que foram utilizados durante o processo de experimentação, não permitindo que informações valiosas sejam perdidas durante a sua execução (AMARAL e TRAVASSOS, 2002). O armazenamento e transferência de informações implicam não tanto a conservação de um sentido “original”, mas a (re)constituição de um sentido inteligível para o momento da recuperação. Quem guarda pode, no máximo, supor o que se pretende recuperar, mas somente um compromisso com a visibilidade das transformações seria capaz de atenuar o efeito destrutivo da manipulação (PATERNOSTRO, 1995). Segundo VISAGGIO (2002), o empacotamento de um experimento apresenta os benefícios de permitir que a aquisição de tecnologia seja independente do conhecimento tácito dos especialistas, pois o conhecimento armazenado é o resultado de pesquisas e de experimentos realizados; acelerar a aquisição de tecnologia, no sentido de permitir a disseminação de conhecimento, e; permitir consideráveis benefícios inovadores, quando os resultados armazenados são utilizados em pesquisas e/ou projetos futuros.

Como forma de viabilizar a repetição de experimentos, identifica-se que uma base de experimentos contendo os pacotes de laboratório empacotando o conhecimento (e.g. projeto, artefatos, hipóteses, métodos utilizados durante a análise de dados, instrumentos, dentre outros) relacionado aos diferentes estudos deve ser criada. Assume-se que a partir da criação de uma base de experimentos mais repetições possam ser encorajadas na Engenharia de Software (BASILI *et al.*, 1999).

Entretanto, o estado atual da Engenharia de Software sente a ausência de processos, padrões e modelos bem definidos para empacotar o conhecimento utilizado durante a execução de um experimento. Na literatura técnica sobre experimentação, em Engenharia de Software Experimental e em geral, identificamos

uma lacuna quando a questão é armazenar informações relacionadas aos experimentos. Esta falta de processos, padrões e modelos que poderiam ser utilizados para o planejamento, execução e empacotamento de conhecimento adquirido através de estudos experimentais contribuem para a não realização e repetição de experimentos na engenharia de software, dificultando sua comprovação e disseminação do conhecimento científico.

Este cenário, que demonstra a necessidade de se explicitar a organização das informações geradas ao longo do processo de experimentação juntamente com a sugestão das atividades que devem ser executadas para gerá-las, motivou o desenvolvimento desta tese.

1.2 – Objetivo da Tese

Tendo em vista o cenário descrito anteriormente, este trabalho tem como objetivo:

- ◆ Descrever uma taxonomia de documentos, definindo os documentos e informações que devem ser organizados e armazenados quando da execução de um experimento, juntamente com a relação existente entre os indivíduos (papéis) envolvidos ao longo dos processos de execução e empacotamento de experimentos;
- Definir os processos de execução e empacotamento de experimentos, envolvendo as etapas e atividades que devem ser realizadas para a execução e empacotamento de experimentos; estabelecendo a ordem em que as etapas e atividades devem ser realizadas, e as responsabilidades e níveis de acesso dos indivíduos (papéis) envolvidos nos processos;
- E, construir um protótipo de infra-estrutura para fornecer apoio automatizado para o empacotamento de experimentos, possibilitando a pesquisadores da área de Engenharia de Software organizar e armazenar seu experimento e disponibilizá-lo na Web.

1.3 – Organização deste Trabalho

Este trabalho está organizado em sete capítulos e quatro apêndices. O primeiro contém esta introdução.

O capítulo 2 apresenta uma visão geral sobre a engenharia de software experimental. Faz também uma revisão bibliográfica dos conceitos básicos

relacionados a essa área, mostrando os benefícios obtidos com a sua utilização, descreve as diferentes estratégias existentes e faz uma classificação destas estratégias baseado nas propostas de DALY *et al.* (1997), ZELKOWITZ e WALLACE (1998a), WOHLIN *et al.* (2000).

O capítulo 3 discute os processos de execução de experimentos existentes na literatura e apresenta em detalhes o processo de execução de experimentos proposto por WOHLIN *et al.* (2000). Apresenta também conceitos sobre metodologias e abordagens que podem ser aplicadas ao longo deste processo, como o QIP (*Quality Improvement Paradigm*), GQM (*Goal/Question/Metric*) e o DESMET, em seguida

O capítulo 4 apresenta a proposta de um modelo para pacote de experimentos. Descreve os documentos existentes neste modelo, a comunidade de engenharia de software participante e os diferentes papéis que as pessoas desta comunidade podem vir a assumir em um processo para execução e armazenamento de experimentos.

O capítulo 5 descreve as propostas dos processos para execução e empacotamento de experimentos para apoiar a instanciação de pacotes de experimentos baseado no modelo descrito no capítulo 4. Descreve as etapas do processo, os diferentes artefatos que são produzidos e armazenados na base de experimentos, e os papéis desempenhados pelas pessoas da comunidade de engenharia de software.

O capítulo 6 apresenta as características da infra-estrutura *Hyperwave*, proposta para armazenar experimentos. Este capítulo também apresenta o empacotamento de um experimento realizado na COPPE/UFRJ na base *Hyperwave* utilizando o modelo para pacote de experimentos e a taxonomia de documentos propostos no capítulo 4, e o processo para execução e empacotamento de experimentos propostos no capítulo 5.

O capítulo 7 apresenta as considerações finais deste trabalho, ressaltando suas contribuições, limitações e perspectivas futuras.

O apêndice A apresenta uma tradução dos métodos experimentais disponíveis, e tem como objetivo estabelecer a relação dos termos utilizados em inglês com a tradução em português. Faz ainda um resumo dos métodos experimentais, servindo como referência para consulta básica dos métodos disponíveis.

O apêndice B apresenta os modelos de Organização do Experimento, Instrumentos e Formulários de Resultados, contendo a identificação dos atributos das classes presente nestes modelos.

O apêndice C descreve a notação que foi utilizada para representar os processos para execução e empacotamento de experimentos descrito no capítulo 5.

O apêndice D descreve as atividades executadas, artefatos gerados e pessoas envolvidas nas etapas de Definição, Planejamento, Execução e Análise e Interpretação dos Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos, descritos no capítulo 5.

Capítulo 2

Conceitos Básicos Relacionados à Experimentação

Este capítulo apresenta os conceitos básicos utilizados na experimentação, e descreve as abordagens e estratégias experimentais.

2.1 – Introdução

Há bastante tempo que para o seu avanço e progresso tecnológico, a experimentação vem sendo utilizada por diversas áreas do conhecimento. Como exemplo, podemos observar as áreas de Educação e Física. Segundo CAMPBELL e STANLEY (1979a), um dos primeiros livros sobre experimentação na área de Educação é de N. A. McCall (1923) intitulado “Como Experimentar em Educação”. No tempo em que foi lançado, dois anos antes da primeira edição do *Statistical Methods for Research Workers* de Fisher (1925), nada havia, quer em agricultura, quer em psicologia, que pudesse ser comparado. Este livro serviu também para antecipar metodologias de outras áreas em vários pontos fundamentais. A partir da existência do livro de McCall (1923), uma tendência pela experimentação dominou o campo da educação na era de Thorndike¹ (1916), alcançando talvez o seu ponto mais forte na década de 1920. Essa tendência posteriormente cedeu lugar a uma fase de apatia e rejeição, bem como de adesão a novas psicologias de verificação experimental.

Na Física, os primeiros relatos de experiências datam do ano de 1648 como, por exemplo, a utilização do Tubo de Torricelli. Entretanto outros experimentos realizados na física no século 19 mostram que uma mudança na observação de um experimento pode levar a diferentes interpretações e conseqüentemente a explicações de fenômenos até então mal-entendidos. No final do século 19 várias características sobre a teoria física eram bem conhecidas (FENTON *et al.*, 1994):

¹ Educador e psicólogo americano, nascido em Williamsburg, Mass em 1874. Suas contribuições incluem estudos para a psicologia educacional, psicologia animal e do aprendizado, medidas mentais e sociais.

- As leis de Newton da mecânica descreviam como as partículas respondiam às forças. Ou seja, os físicos sabiam que partículas em repouso tendem a permanecer em repouso e partículas em movimento tendem a permanecer em movimento;

- As leis da gravidade de Newton explicaram como a massa de um objeto é atraída por outro(s);

- As teorias termodinâmicas explicaram como o calor e o movimento estão relacionados;

- As equações de Maxwell unificaram o fenômeno elétrico e magnético. Conseqüentemente, os cientistas imaginaram a luz como sendo uma onda de energia magnética;

- Novas áreas da física, como a física estatística e a teoria cinética, explicaram o comportamento dos gases e fluídos como sendo a base de colisões entre átomos e moléculas.

Algum tempo depois, quando as teorias da mecânica clássica eram amplamente aceitas e utilizadas, Albert Einstein observou que alguns problemas físicos não poderiam ser explicados por teorias generalistas. Einstein apreciava a importância de utilizar experimentos para avaliar teorias, e através de experimentos pôde mostrar que havia um limite em muitas teorias Newtonianas e estes limites seriam explicados pelas teorias relativistas.

Do ponto de vista de interpretação final de um experimento e da tentativa de inseri-lo na ciência em curso, todo experimento é imperfeito. O que uma lista de critérios de validade pode fazer é alertar ao experimentador para as imperfeições residuais de seu esquema de modo que, em pontos relevantes, possa ter consciência de interpretações alternativas de seus dados. Ele deve, naturalmente, planejar o melhor experimento que a situação permita. Deve, deliberadamente, recorrer aos laboratórios naturais e artificiais capazes de fornecer as melhores oportunidades de controle. Além disso, deve prosseguir em seu experimento e em sua interpretação ciente dos pontos em que os resultados são equivocados. Os resultados experimentais, por sua vez, nunca confirmam ou provam uma teoria: o que ocorre é que a teoria vitoriosa é testada e deixa de ser rejeitada. A palavra prova, por ser regularmente empregada para designar validade dedutiva, adquiriu uma conotação imprópria tanto a seus usos antigos como é a experimentação. Os resultados de um experimento "põem à prova", mas não "provam" uma teoria (CAMPBELL e COOK, 1979b).

2.2 – Experimentação na área de Engenharia de Software

A utilização de métodos experimentais na Engenharia de Software ainda é relativamente recente, porém vem despertando grande interesse como forma de validar conceitos teóricos. Relativamente a outras ciências, os cientistas da ciência da computação ainda validam um percentual bem menor de suas pesquisas se comparado a outras áreas que fazem uso do processo científico. Neste momento, argumenta-se que a ciência da computação, com 50 anos, é ainda incipiente e por isso comparada a outras ciências tem um valor limitado. Porém isto parece ser tempo suficiente para que duas ou três gerações de cientistas estabeleçam princípios científicos sólidos para a área. Os dados sugerem ainda que os cientistas da computação publicam uma grande quantidade de idéias não testadas ou que as idéias publicadas não valem a pena serem avaliadas (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a) (ZELKOWITZ *et al.*, 2003).

A análise experimental na Engenharia de Software é um método de pesquisa importante que pode revelar novas perspectivas em áreas como a melhoria de processos e de produtos pelo fato de ser baseada em observação e refletir a prática atual com métodos, ferramentas e técnicas, estando mais próxima do mundo real do que a pesquisa analítica ou teórica. Além disso, a análise experimental coopera com a multidisciplinaridade e com a interdisciplinaridade que freqüentemente surgem em projetos de larga escala (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).

Existem muitas teorias da ciência da computação que ainda não foram testadas. Por exemplo, programação funcional, programação orientada a objetos e métodos formais são todos considerados como melhorias para a produtividade do programador, qualidade do programa ou ambos (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a). De acordo com TICHY (1998), estas reivindicações ainda não foram provadas, pois embora estas técnicas tenham cerca de 30 anos e uma grande quantidade de esforço investido no desenvolvimento de linguagens de programação e técnicas formais, não se tem ainda claro a comprovação de seus benefícios. No caso da orientação a objetos, estudos recentes abordam esta questão (DELIGIANNIS *et al.*, 2002).

Ainda neste contexto, a edição de janeiro de 1993 da *IEEE Computer Science Technical Committee on Software Engineering* relatou que desde 1976 o comitê de padrões de Engenharia de Software da revista desenvolveu 19 padrões nas áreas de terminologia, documentação de requisitos, documentação de projetos, documentação de usuário, testes, verificação e validação, revisões e auditorias. Segundo, a mesma

edição, se forem incluídos todos os maiores padrões deve haver de fato mais do que 250 padrões em engenharia de software.

A existência destes padrões provoca alguns questionamentos importantes:

- Como se sabe que práticas devem ser padronizadas?
- Os padrões estão funcionando?
- Os padrões estão sendo utilizados?

A resposta é que muito do que se acredita sobre qual é a melhor abordagem, na maioria dos casos, não é baseada em um cuidadoso e rigoroso experimento em engenharia de software.

Desta forma os desenvolvedores que desejam melhorar sua produtividade ou a qualidade de seus produtos se deparam com uma enorme variedade de métodos, ferramentas e padrões. A adoção de um ou mais métodos, ferramentas e/ou padrões geralmente envolve um tempo considerável, despesas e problemas. Gerentes e seus subordinados estão preparados para investir em uma nova tecnologia caso eles tenham evidências que sua utilização trará benefícios. Embora uma única avaliação dificilmente consiga cobrir todas as situações possíveis, é razoável procurar alguma evidência da provável eficácia de uma nova tecnologia quando utilizada sob certas circunstâncias. Mas a evidência é rara.

O que se percebe são reivindicações de vendedores de produtos de software dizendo, por exemplo, que com determinado produto há um ganho de produtividade de “250%” ou que com uma determinada ferramenta o esforço de manutenção é reduzido em “80%”. Mas como os profissionais conseguem distinguir uma reivindicação válida de uma inválida? Ou como eles podem determinar se um método particular ou tecnologia é aplicável à sua situação?

Cinco questões podem, então, ser colocadas quando qualquer reivindicação em engenharia de software surgir (FENTON *et al.*, 1994):

1) Está baseada em avaliação experimental ou em intuição?

Algumas técnicas novas, na engenharia de software, são disponibilizadas para a comunidade através da descrição de um novo conceito em detalhes pelos seus autores, estes derivam os seus potenciais benefícios analiticamente e recomendam que o conceito seja transferido para a prática. Com base nesta descrição de potenciais benefícios, outros pesquisadores derivam conclusões similares a partir de análises também similares. Eventualmente, o

consenso entre os pesquisadores é de que o conceito tem claros benefícios. Percebe-se que algo importante falta neste contexto: experimentação rigorosa e quantitativa.

No método científico tradicional utilizado pelos pesquisadores em outras disciplinas, a formulação de uma idéia e hipóteses relacionadas é seguida de pesquisa de avaliação com o intuito de investigar se cada hipótese é verdadeira ou falsa. Somente quando os resultados da pesquisa confirmam as hipóteses é que os pesquisadores divulgam e transferem a tecnologia. Além disso, o pesquisador tenta quantificar a magnitude, bem como a existência, de um benefício.

A pesquisa avaliativa deve envolver projetos reais com participantes reais e deve ser executada com suficiente rigor a fim de assegurar que quaisquer benefícios identificados são claramente derivados do conceito em questão (FENTON *et al.*, 1994).

2) O experimento foi projetado corretamente?

O projeto experimental deve estar correto para as hipóteses que estão sendo testadas. Alguns dos melhores estudos publicados têm sido subseqüentemente desafiados, baseado no fato de ter um projeto experimental inapropriado.

Por exemplo, um experimento realizado por SHNEIDERMAN *et al.* (1977) mostrou que fluxogramas não ajudavam programadores a compreender a documentação melhor que o pseudocódigo. Como resultado, a utilização de fluxogramas foi evitada na comunidade de engenharia de software e os livros-texto invariavelmente usam pseudocódigo em lugar de fluxogramas para descrever algoritmos específicos. Entretanto alguns anos mais tarde SCANLAN (1989) demonstrou que fluxogramas estruturados são preferíveis a pseudocódigo para a documentação do programa. SCANLAN (1989) comparou fluxogramas e pseudocódigo com respeito ao tempo relativo necessário para entender o algoritmo e o tempo relativo necessário para fazer mudanças precisas no algoritmo. Em ambas as dimensões os fluxogramas foram claramente superiores ao pseudocódigo. Embora algumas das críticas de SCANLAN (1989) sobre o estudo de SHNEIDERMAN *et al.* (1977) sejam controversas, ele parece ter exposto um número de falhas experimentais que explicam as diferentes conclusões obtidas nos dois experimentos. Em particular, SCANLAN (1989) demonstrou que SHNEIDERMAN *et al.* (1977) omitiu muitas variáveis-chave no seu projeto experimental, por exemplo, o tempo necessário para entender o algoritmo e para realizar mudanças nestes algoritmos. Falhas como esta

no projeto experimental desviaram a atenção da comunidade de engenharia de software sobre os benefícios da programação estruturada (FENTON *et al.*, 1994).

Este exemplo demonstra que é crítico examinar o projeto experimental cuidadosamente. Muitos engenheiros de software não estão familiarizados sobre como estabelecer ou avaliar um projeto de forma adequada. Isto é devido à falta de uso de projetos experimentais, análise estatística e princípios de medida na engenharia de software.

3) É baseado em uma situação real ou de sala de aula?

Por causa do custo de projetar e executar estudos em larga escala, a pesquisa exploratória em engenharia de software é geralmente conduzida em problemas artificiais e em situações artificiais. Os profissionais referem-se a isto como projeto “de brinquedo” ou “de sala de aula”. O número de estudos utilizando profissionais experientes em vez de estudantes ou programadores novatos em projetos reais é minúsculo (FENTON *et al.*, 1994).

Isto é particularmente perceptível em estudos sobre programadores, um campo onde a pesquisa avaliativa e experimental é a norma. Líderes de comunidades de programadores continuam a recomendar que os pesquisadores estudem projetos e programadores reais, pois muitas das descobertas relatadas continuam a envolver projetos pequenos e com estudantes. Devido às restrições de custo e de tempo, os pesquisadores geralmente abstêm-se de realizar estudos em grande escala e reais.

Porém uma pesquisa avaliativa em um pequeno projeto é melhor do que não ter pesquisa nenhuma. E um pequeno projeto pode ser apropriado para uma tentativa inicial em testar uma idéia ou até um projeto de pesquisa (FENTON *et al.*, 1994).

Mas como os resultados de estudos de sala de aula podem passar a valer como grandes estudos realizados em situações reais? Embora alguns estudos apontem esta questão, pouca pesquisa tem sido realizada para respondê-la. O melhor que se pode dizer é que da mesma forma que o desenvolvimento de software em pequena escala difere do desenvolvimento em larga escala, a pesquisa em pequenos estudos pode diferir da pesquisa em grandes estudos.

Obviamente, a solução para este problema não é fácil. Não é possível para um único pesquisador, operando com um orçamento limitado, conduzir o tipo de pesquisa necessária. Para que estudos apresentem credibilidade é necessário que

haja a cooperação e o apoio financeiro de grandes instituições de pesquisa e de desenvolvimento de software.

4) As medidas foram usadas de forma apropriada aos objetivos do experimento?

Às vezes um experimento é projetado adequadamente, porém ele mede e analisa dados insuficientes ou errados. Por exemplo, um estudo para demonstrar a efetividade da utilização de tipos de dados abstratos utiliza o tamanho do programa, medido em linhas de código, como uma medida da complexidade (MITCHELL *et al.*, 1987). Geralmente medidas subjetivas são usadas na falta de medidas objetivas, como descrito anteriormente. Entretanto as conclusões que se pode tirar de dados subjetivos são muito limitadas.

Outra característica que é de certa forma ambígua é confiabilidade. Uma das formas mais efetivas de demonstrar a eficácia de um método é mostrar que ele leva a um software mais confiável. Entretanto, identificar a confiabilidade envolve determinar as falhas operacionais, e nem sempre é prático esperar que o desenvolvimento do software tenha sido finalizado para avaliar a sua confiabilidade. Uma forma usual de se tentar visualizar confiabilidade é combinar medidas de número de defeitos e falhas descobertas durante o desenvolvimento e teste do software, mesmo assim é um número que pode ser pouco confiável.

5) O experimento foi executado por um tempo longo o suficiente?

Às vezes uma pesquisa é projetada e medida devidamente, mas não é executada por um tempo longo o suficiente. Resultados obtidos a partir de pesquisas realizadas em um curto período de tempo não apresentam os mesmos resultados que seriam obtidos com pesquisas executadas por um tempo maior. Exemplo disto é o experimento realizado no *Software Engineering Laboratory* (SEL) com o propósito de avaliar os benefícios de utilizar a linguagem de programação Ada em vez de Fortran. Os resultados iniciais do experimento mostraram que a produtividade e a qualidade dos programas escritos em Ada eram bem inferiores aos escritos em Fortran. Entretanto, outros experimentos foram realizados com diferentes equipes de desenvolvimento até que cada equipe tivesse experiência com pelo menos três grandes projetos de desenvolvimento em Ada (FENTON *et al.*, 1994). Os resultados obtidos a partir destes últimos experimentos mostraram que havia significativos benefícios no uso da linguagem Ada em relação à linguagem Fortran.

Então se concluiu que a curva de aprendizado para a linguagem Ada é longa e que o primeiro conjunto de projetos representou os esforços dos programadores para codificar programas em Ada como se estivessem codificando em Fortran. Aproximadamente no terceiro projeto de desenvolvimento, os programadores começaram a tirar vantagem das características da linguagem Ada não disponíveis em Fortran, e estas características apresentaram benefícios. Desta forma, a execução e a observação do projeto por um longo período de tempo levaram a conclusões diferentes do que a execução e a observação por um período de tempo curto.

Pode-se relacionar os seguintes benefícios obtidos com a experimentação na Engenharia de Software (TICHY, 1998):

- 1) Ajudar a construir uma base confiável de conhecimento e desta forma reduzir a incerteza sobre que teorias, métodos e ferramentas são adequados;
- 2) Poder levar a novas compreensões sobre áreas atualmente pesquisadas;
- 3) Poder abrir novas áreas de investigação;
- 4) Conduzir a áreas desconhecidas, onde a engenharia de software progride lentamente;
- 5) Acelerar o progresso através da rápida eliminação de abordagens infrutíferas, suposições errôneas e modismos, ajudando a orientar a engenharia e a teoria para direções promissoras;
- 6) Oferecer às empresas da indústria que realizam experimentação um avanço no uso da tecnologia sobre as outras empresas, mesmo considerando que a realização de um experimento representa a necessidade de investimentos; e
- 7) Ajudar no processo de formação da Engenharia de Software como ciência, através do crescimento do número de trabalhos científicos com uma validação experimental significativa.

2.3 – Conceitos relacionados à Experimentação

Um **estudo experimental** é uma atividade com o propósito de descobrir alguma coisa desconhecida ou de testar uma hipótese envolvendo uma investigação de coleta de dados e de execução de uma análise para determinar o significado dos dados. Isto cobre várias formas de análise e estratégias de pesquisa (BASILI *et al.*, 1999).

De acordo com MONTGOMERY (2001), experimentos são executados por investigadores em virtualmente todos os campos de pesquisa, geralmente para descobrir alguma coisa sobre um processo em particular ou um sistema. Um **experimento** é um teste. Mais formalmente um experimento é um teste ou uma série de testes na qual mudanças propositais são realizadas nas variáveis de entrada de um processo ou de um sistema, de tal forma que se possa observar e identificar as razões para mudanças encontradas em suas variáveis de saída. Segundo BASILI *et al.* (1999) um experimento é uma forma de estudo experimental onde o pesquisador tem controle sobre algumas das condições na qual o estudo está sendo realizado e também sobre as variáveis independentes sendo estudadas.

As variáveis utilizadas em um experimento podem ser de dois tipos: independentes e dependentes.

As **variáveis independentes** referem-se à entrada do processo de experimentação. Essas variáveis também se chamam **fatores** e apresentam a causa que afeta o resultado do processo de experimentação. O valor de uma variável independente é definido como **tratamento**. A escolha destas variáveis implica na escolha das escalas de medição, da faixa para as variáveis e dos níveis específicos nos quais os testes serão realizados. Como exemplo de variáveis independentes pode-se ter linguagens, ferramentas, técnicas de projeto, entre outras.

As **variáveis dependentes** referem-se à saída do processo de experimentação. Essas variáveis apresentam o efeito que é causado pelos fatores do experimento. O valor próprio de uma variável dependente se chama **resultado**. Como exemplo de variáveis dependentes pode-se ter número de defeitos por linha de código, número de falhas por tempo de execução, número de horas gastas pela equipe de desenvolvimento para dar manutenção no software, entre outras.

Uma **teoria** é uma possível explicação de algum fenômeno. Qualquer teoria é composta por um conjunto de hipóteses. De acordo com PFLEEGER (2001a), uma **hipótese** é uma tentativa teórica ou uma suposição do que se pensa, e que explica o comportamento do que se pretende explorar. Segundo PERRY *et al.* (2000) as **hipóteses** definem as questões de pesquisa que esta procura responder. Deve-se pensar no estudo como um procedimento para fazer uma comparação. Desta forma, inicia-se em alto nível com questões abstratas e refina-se até chegar a um nível de questões concretas. As **hipóteses abstratas** são declarações em linguagem natural geralmente utilizadas nos termos diários, como por exemplo: "reunião é uma parte indispensável no processo de inspeção". As **hipóteses concretas** são utilizadas em

termos do projeto de estudo, como por exemplo: “equipes que aplicam inspeções com reuniões encontram mais defeitos do que equipes que aplicam inspeção sem reuniões”.

A hipótese principal de um experimento se chama **hipótese nula** e declara que não há nenhum relacionamento estatisticamente significativo entre a causa e o efeito. O objetivo principal do experimento é, então, rejeitar a hipótese nula a favor de uma ou algumas hipóteses alternativas. A decisão sobre rejeição da hipótese nula pode ser tomada baseada nos resultados da sua verificação utilizando um teste estatístico.

É aceito que a hipótese nula, empregada por conveniência para enunciar a hipótese de um experimento, não possa ser aceita pelos dados obtidos; podendo apenas ser rejeitada ou deixar de ser rejeitada. Situação semelhante acontece com hipóteses mais gerais, pois tecnicamente elas nunca são confirmadas, mas quando, por comodidade, usa-se essa expressão, entende-se que a hipótese foi submetida à rejeição e não rejeitada (CAMPBELL e COOK, 1979b).

A Figura 1 apresenta os relacionamentos entre os conceitos descritos acima (WOHLIN *et al.*, 2000).

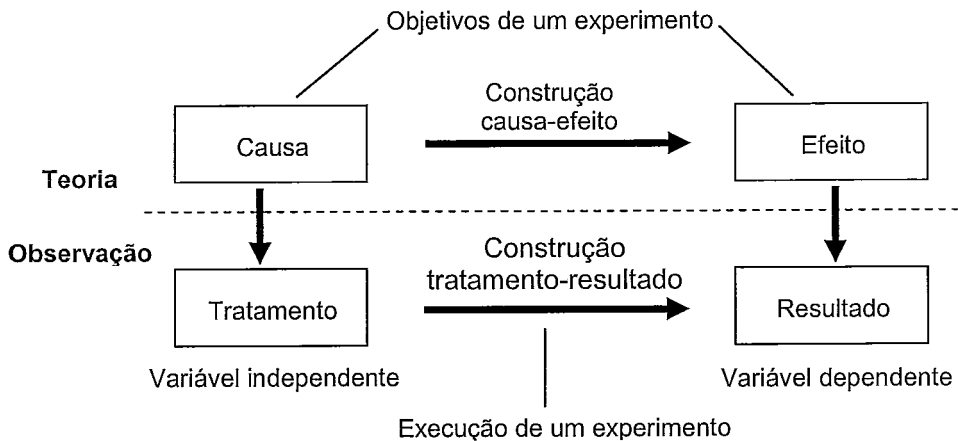


Figura 1 – Conceitos de um Experimento

O **objeto** é uma ferramenta usada para verificar o relacionamento causa-efeito numa teoria. Durante a execução do experimento, os tratamentos estão sendo aplicados a um conjunto de objetos e assim os resultados estão sendo avaliados. Os objetos, juntamente com o sistema de medição e diretrizes da execução do experimento, compõem a **instrumentação** do experimento.

Os **participantes** de um experimento são os indivíduos que foram selecionados a partir da população de interesse para conduzir o experimento. Para generalizar os resultados de um experimento a uma população desejada, o conjunto

de participantes deve ser representativo para aquela população. Para atingir esta meta, parâmetros que influem no resultado do experimento, como o modo de seleção dos participantes e o tamanho do conjunto selecionado, devem ser considerados. A princípio, quanto maior é a variedade da população tanto maior deve ser o tamanho do conjunto de participantes.

A combinação dos objetos, participantes e tratamentos se chama **teste experimental** ou *trial*.

2.4 - Abordagens utilizadas em Experimentação

Geralmente quando se pensa em um experimento imagina-se um grupo de pessoas executando uma determinada tarefa, como o preenchimento de um questionário, em seguida à coleta de dados e a sua análise. Esta é certamente uma abordagem de experimentação, porém existem outras que podem ser agrupadas em quatro categorias (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a):

- **Método científico:** consiste em cientistas que desenvolvem uma teoria para explicar um fenômeno, propõem uma hipótese e testam variações alternativas da hipótese. Ao testar variações da hipótese, dados são coletados a fim de aceitar ou rejeitar a hipótese, como por exemplo, um modelo de simulação;
- **Método da engenharia:** engenheiros desenvolvem e testam uma solução para uma hipótese. Baseado nos resultados do teste, os engenheiros melhoram a solução até que não sejam mais necessárias melhorias;
- **Método experimental:** um método estatístico é proposto como sendo uma forma de validar uma certa hipótese. Diferente do método científico, pode não haver um modelo formal ou uma teoria descrevendo as hipóteses. Dados são coletados a fim de verificar a hipótese, como por exemplo, estudos de caso ou experimentos;
- **Método analítico:** uma teoria formal é desenvolvida e resultados derivados desta teoria podem ser comparados com as observações experimentais.

O método de engenharia e o método experimental podem ser vistos como variações do método científico. Tradicionalmente o método analítico é usado nas áreas mais formais da engenharia elétrica e da ciência da computação. O método científico é usado em áreas aplicadas, tal como a simulação de uma rede de telecomunicações com o propósito de avaliar o seu desempenho. Deve-se notar

também que a simulação não é aplicada somente no método científico. A simulação pode ser usada como um meio para conduzir um experimento (BARROS *et al.*, 2003).

O método de engenharia é provavelmente dominante na indústria. Estudos experimentais tradicionalmente têm sido utilizados nas ciências sociais e na psicologia. Nestas áreas, eles estão relacionados com o comportamento humano. O ponto importante neste contexto é que a engenharia de software é bastante relacionada com o comportamento humano já que o desenvolvimento de software se dá através da participação ativa dos desenvolvedores (WOHLIN *et al.*, 2000).

Supõe-se que a abordagem mais apropriada para a experimentação na área de Engenharia de Software seja o método experimental que considera a proposição e avaliação do modelo com os estudos experimentais. Entretanto, existe a possibilidade da utilização de outros métodos. Às vezes é necessário aplicá-los para a resolução dos problemas de Engenharia de Software. Por exemplo, o método científico pode ser utilizado para compreender a maneira como o software está sendo desenvolvido em uma organização a fim de avaliar se determinada ferramenta pode ser utilizada para automatizar o processo; o método de engenharia ajuda a demonstrar que uma ferramenta possui um desempenho melhor do que outra; o método analítico pode provar modelos matemáticos, como o crescimento da confiabilidade, a complexidade do software, a probabilidade do projeto ou do código estar propenso a erro.

O propósito comum destes métodos é a coleta de dados do processo de desenvolvimento de software, do próprio produto, ou de ambos.

2.5 – Métodos de Pesquisa Experimental

Existem dois tipos de paradigmas de pesquisa experimental com diferentes abordagens para os estudos experimentais: pesquisa qualitativa e pesquisa quantitativa. A primeira, **pesquisa qualitativa**, é relacionada com o estudo de objetos em seu ambiente natural. Ela tenta interpretar um fenômeno baseado nas explicações que as pessoas tem dele (DENZIN e LINCOLN, 1994). Inicia a pesquisa aceitando que há uma faixa de diferentes modos de interpretação. É preocupada em descobrir causas notificadas pelos participantes do estudo que avaliaram o objeto. A segunda, **pesquisa quantitativa**, é preocupada principalmente em quantificar um relacionamento ou comparar dois ou mais grupos. O objetivo é identificar um relacionamento de causa-efeito. É geralmente conduzida através de ambientes controlados ou através da coleta de dados em estudos de casos. Uma vantagem desta abordagem é permitir comparações e análises estatísticas (WOHLIN *et al.*, 2000).

É possível investigar o mesmo tópico com pesquisa quantitativa e qualitativa, porém cada uma delas irá abordar um tipo diferente de questão. Por exemplo, uma investigação quantitativa poderia ser realizada com o propósito de investigar o quanto um novo método de inspeção diminui o número de falhas encontradas no teste. A fim de responder as questões sobre as fontes de variação entre diferentes grupos de inspeção, uma pesquisa qualitativa deveria ser realizada. Ou seja, a pesquisa quantitativa é apropriada quando se quer testar os efeitos de um tratamento, enquanto uma pesquisa qualitativa é apropriada para descobrir porque os resultados de uma pesquisa quantitativa são como eles se apresentam. Estes dois tipos de pesquisa devem ser considerados como complementares do que concorrentes (WOHLIN *et al.*, 2000).

2.5.1 – Classificação dos Métodos de Pesquisa Experimental

A definição de uma classificação dos métodos de pesquisa experimental é dificultada pelo fato que diferentes disciplinas e pesquisadores dentro da mesma disciplina usam diferentes nomes para um mesmo método e o mesmo nome para diferentes métodos.

A classificação a ser apresentada é baseada nas propostas de DALY *et al.* (1997), ZELKOWITZ e WALLACE (1998a), e WOHLIN *et al.* (2000), sendo descrita cada uma delas a seguir:

1) Segundo DALY *et al.* (1997) os métodos experimentais são classificados em: estudo de observação, estudo pré-experimental, estudo *quasi*-experimental, experimento controlado e pesquisa de campo.

Em um **estudo de observação** o investigador não expõe objetos ou participantes a nenhum tratamento. Os dados podem ser coletados durante o estudo, por exemplo, através de observação visual, entrevistas e formulários de coleta de dados, ou pode ainda utilizar dados históricos de um repositório de dados. São quase sempre conduzidos no campo ou através do uso de dados de campo, exceto talvez quando a unidade de análise é o programador individual. São também comumente referenciados como **estudos de campo, correlacional, múltiplos casos e único caso**. O propósito de um estudo de observação pode ser de caracterizar, definir um *baseline* e/ou identificar relacionamentos.

O termo **pré-experimental** é usado para denotar que este tipo de estudo não atinge as características de um experimento e não para caracterizar como

sendo necessariamente um estudo que deve ser conduzido antes de um experimento. Em um estudo pré-experimental, um tratamento é usado e aplicado a somente um caso, por exemplo, a uma empresa, a um projeto, a um único grupo de participantes, a um único indivíduo, dentre outros. Em seguida uma comparação é conduzida em relação a um *baseline*, sendo sempre realizada em campo. Geralmente o estudo pré-experimental é conduzido como investigação de uma nova tecnologia introduzida em um ambiente de uma organização para ver o quão útil é quando comparada à prática corrente. Por exemplo, a avaliação da introdução da tecnologia de orientação a objetos em um projeto piloto através da comparação em relação ao *baseline* da empresa.

Em um estudo **quasi-experimental** não há assinalamento aleatório dos participantes aos tratamentos. Um ou mais tratamentos podem ser aplicados a dois ou mais grupos, e os grupos são comparados diretamente. Ele é conduzido em campo ou em laboratório. Dependendo das restrições, um *quasi*-experimento pode ser conduzido em condições representativas, onde o nível de controle disponível é mínimo, ou ainda nas condições mais controladas de um laboratório. A maior restrição é que os investigadores geralmente são incapazes de selecionar e assinalar de forma aleatória os participantes ou projetos às condições. Conseqüentemente, amostras representativas da população sob estudo não são prováveis de serem conseguidas e comparações não podem ser feitas nas bases de grupos equivalentes sem alguma forma de manipulação de estudo.

Em um **experimento controlado** o assinalamento aleatório dos participantes é executado, há um projeto experimental explícito com um ou mais tratamentos para dois ou mais grupos, comparação direta entre grupos é executada e na maior parte das vezes é conduzida em laboratório. Todas as variáveis que possam vir a confundir os resultados devem ser mantidas constantes através dos participantes. Um alto nível de controle pode ser atingido, porém deve-se considerar o custo de realizar o estudo em campo. Diferentes efeitos são comparados com participantes assinalados aleatoriamente aos diferentes níveis de tratamento das variáveis independentes.

Em uma **pesquisa de campo** algum tipo de amostra estruturado é empregado. Uma pesquisa de campo é conduzida através de entrevistas, questionários, ou ambos. É usada para identificar conhecimento de um

conjunto particular de pessoas sobre um objeto de estudo, por exemplo, suas opiniões sobre uma tecnologia em particular ou suas crenças sobre as práticas de engenharia de software em suas organizações. Podem ainda ser utilizadas para descrever uma população a partir de uma amostra de dados ou para identificar relacionamentos gerais em uma população;

2) Segundo ZELKOWITZ e WALLACE (1998a) os métodos experimentais são classificados em: método de observação, histórico, controlado e análise teórica.

Um **método de observação** coleta dados à medida que um projeto é desenvolvido. Há relativamente pouco controle sobre o processo de desenvolvimento a não ser sobre o uso da nova tecnologia que está sendo introduzida. Existem quatro tipos de método de observação: monitoramento de projeto, estudo de caso, asserção e estudo de campo.

Um **método histórico** coleta dados de projetos que já foram finalizados. Os dados já existem, torna-se necessário analisar o que já foi coletado. Existem quatro tipos de método histórico: pesquisa na literatura, dados legados, lições aprendidas e análise estática.

Um **método controlado** provê validade estatística dos resultados para múltiplas instâncias de uma observação. Este método é o clássico método de projeto experimental em outras disciplinas científicas. Existem quatro tipos de método controlado: experimento repetido, experimentos em ambiente artificial, análise dinâmica e simulação;

ZELKOWITZ *et al.* (1998b) ainda propõe a **análise teórica** como mais um método, que usa a lógica como técnica para validar uma teoria.

3) Segundo WOHLIN *et al.* (2000) os métodos experimentais são classificados em: pesquisa de campo, estudo de caso e experimento. Uma **pesquisa de campo**, como já definido, é geralmente uma investigação executada em retrospecto quando, por exemplo, uma ferramenta ou técnica tem sido utilizada por um determinado tempo em uma empresa e pretende-se avaliá-la sob algum aspecto. As formas primárias de coletar dados qualitativos ou quantitativos são através de entrevistas ou questionários, o que consiste em pegar uma amostra representativa da população a ser estudada. Os resultados da pesquisa de campo são então analisados a fim de derivar conclusões explanatórias e descritivas, e então são generalizados para a população a partir da qual a

amostra foi tirada. Pesquisas de campo são muito parecidas com o censo, diferindo primariamente no fato de que a pesquisa de campo tipicamente examina uma amostra de uma população, enquanto um censo geralmente implica em uma enumeração de toda a população. As amostras de uma pesquisa de campo quase nunca são conduzidas com o propósito de entender a população maior de onde a amostra foi extraída. Os seus objetivos são (BABBIE, 1990):

- Descritivo, por exemplo, determinar a distribuição de atributos ou características;
- Explanatório, por exemplo, explicar porque os desenvolvedores escolheram uma das técnicas;
- Exploratório, por exemplo, um estudo preliminar para uma investigação mais profunda.

Estudos de caso são usados para monitorar projetos, atividades ou exercícios. Dados são coletados para um propósito específico do estudo. Baseado na coleção de dados, análises estatísticas podem ser executadas. O estudo de caso normalmente tem como objetivo rastrear um atributo específico ou estabelecer relacionamentos entre diferentes atributos. O nível de controle é mais baixo em um estudo de caso do que em um experimento. Um estudo de caso é um estudo de observação enquanto que o experimento é um estudo controlado (WOHLIN *et al.*, 2000). Estudo de caso é a estratégia preferida quando as questões "como" e "por quê" são colocadas, quando o investigador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco é em um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real. Os estudos de caso podem ser complementados por dois outros tipos: exploratório e descritivo. Independente do tipo de estudo, os pesquisadores devem ter grande cuidado ao projetar e executar o estudo de caso a fim de superar a crítica tradicional ao método (YIN, 1994).

Experimentos geralmente são realizados em um ambiente de laboratório (*in vitro*) o que oferece um maior nível de controle, mas podem ser realizados sob condições normais (*in vivo*). São apropriados para confirmar as teorias, confirmar o conhecimento convencional, explorar os relacionamentos, avaliar a predição dos modelos ou validar as medidas. A maior força dos experimentos encontra-se no controle total sobre o processo e as variáveis e na possibilidade de ser repetido. Quando se experimenta, participantes são assinalados a

diferentes tratamentos de uma forma aleatória. O objetivo é manipular uma ou mais variáveis e controlar todas as outras variáveis em níveis fixos. O efeito da manipulação é medido e, baseado nisto, uma análise estatística pode ser realizada. Em alguns casos pode ser impossível usar a verdadeira experimentação, nestes casos usa-se a *quasi-experimentação*. *Quasi-experimentos* são realizados quando é impossível realizar assinalamentos aleatórios dos participantes aos diferentes tratamentos (WOHLIN *et al.*, 2000).

A classificação apresentada acima não é a única forma de classificação existente, por exemplo, BASILI (1996a) classifica um experimento em *in vivo* quando ele é executado no mesmo local onde foi projetado, e *in vitro* quando ele é executado de forma isolada, em um cenário controlado. Ainda de acordo com BASILI (1996b), um projeto pode envolver uma equipe de desenvolvedores ou múltiplas equipes, e um experimento pode envolver um projeto ou múltiplos projetos. Por outro lado, KITCHENHAM (1996a) considera nove classificações de experimentos dividido em três categorias: experimento quantitativo, que tem como objetivo identificar benefícios mensuráveis do uso de um determinado método ou ferramenta; experimento qualitativo, que tem como objetivo avaliar as características de um determinado método ou ferramenta; e experimento de *benchmarking* que tem como objetivo determinar o desempenho de um método ou técnica.

Segundo YIN (1994), cada método tem vantagens e desvantagens peculiares, dependendo de três condições: o tipo da questão de pesquisa, o controle que um pesquisador tem sobre os eventos de comportamento atual e o foco no contemporâneo em oposição ao fenômeno histórico. A escolha de um método de pesquisa experimental depende dos pré-requisitos da investigação, do seu propósito, da disponibilidade de recursos e de como se pretende analisar os dados coletados (WOHLIN *et al.*, 2000).

2.6 - Conclusões

Este capítulo apresentou um histórico da utilização da experimentação nas ciências, mostrou a necessidade da realização de experimentos para o avanço da Engenharia de Software e os benefícios que podem ser obtidos com o uso da experimentação.

Realizou-se um estudo bibliográfico com o objetivo de apresentar os principais termos utilizados na experimentação e de tentar definir algumas traduções para

termos utilizados em inglês, já que a literatura nacional carece de livros e/ou artigos com estas traduções.

Em seguida, apresentou os métodos de pesquisa experimental que podem ser utilizados na experimentação. Os métodos de pesquisa experimental apresentados são baseadas nas classificações propostas por DALY *et al.* (1997), ZELKOWITZ e WALLACE (1998a), ZELKOWITZ *et al.* (1998b), e WOHLIN *et al.* (2000). A tabela 1 apresenta uma síntese destes métodos de pesquisa experimental e fornece referências de alguns exemplos para consulta. A tabela permite que se saiba que autor referencia determinado método através de um X marcado na interseção de cada linha e coluna da tabela.

O próximo capítulo descreve o Processo de Execução de Experimentos proposto por WOHLIN *et al.* (2000), apresentando os conceitos que nortearam a definição do Processo de Execução e de Empacotamento de Experimentos e do Modelo para Pacote de Experimentos propostos, objetivos deste trabalho.

Tabela 1 – Métodos de Pesquisa Experimental

Métodos ²	Classificação dos Autores				Alguns exemplos
	DALY <i>et al.</i> 1997	ZELKOWITZ e WALLACE 1998a	ZELKOWITZ <i>et al.</i> 1998b	WOHLIN <i>et al.</i> 2000	
Experimento				X	MONTGOMERY, 2001 WOHLIN <i>et al.</i> , 2000
Experimento Repetido		X	X		BASILI <i>et al.</i> , 1999 SHULL <i>et al.</i> , 2002
Experimento Controlado	X				PRECHELT <i>et al.</i> , 2001 SALLIE e HUMPHREY, 1990
Experimento em Ambiente Artificial		X	X		KERLINGER, 1973
Quasi-Experimento	X				CAMPBELL e STANLEY, 1979a CAMPBELL e COOK, 1979b SPECTOR, 1981
Análise Dinâmica		X	X		VERGILIO <i>et al.</i> , 1995
Simulação		X	X		BARROS <i>et al.</i> , 2002
Estudo Observacional	X				ROSENBAUM, 1995
Monitoramento de Projeto		X	X		BASILI, 1985
Pesquisa de Campo	X			X	BABBIE, 1990 KERLINGER, 1973
Assertiva		X			SHNEIDERMAN <i>et al.</i> , 1977
Estudo de Caso		X	X	X	YIN, 1994
Pré-Experimento	X				KITCHENHAM <i>et al.</i> , 1995 TRAVASSOS <i>et al.</i> , 1999
Estudo de Campo		X	X		KERLINGER, 1973
Análise Teórica			X		MOOKERJEE e CHIANG, 2002
Pesquisa na Literatura		X	X		FRIEDMAN
Dados Legados		X	X		RAMIL e LEHMAN, 2000
Lições Aprendidas		X	X		BASILI <i>et al.</i> , 1994a SHULL <i>et al.</i> , 2002
Análise Estática		X	X		FENTON e PFLEEGER, 1997 PRESSMAN, 1997

² O apêndice A apresenta os termos utilizados em inglês para estes métodos e um resumo de cada um.

Capítulo 3

Processo de Execução de Experimentos

Este capítulo faz uma descrição e análise de diferentes processos utilizados para execução de experimentos, discutindo em detalhes o processo de execução de experimentos proposto por WOHLIN et al. (2000), discute ainda o uso da abordagem GQM e do método QIP aplicados à experimentação.

3.1 – Introdução

Um experimento deve ser tratado como um processo de formulação e verificação de uma teoria. A fim de que ofereça os resultados válidos, ele deve ser propriamente organizado e controlado ou, pelo menos, acompanhado. Com o propósito de atingir estes objetivos processos, métodos e abordagens foram desenvolvidos.

Desta forma, este capítulo discute o Processo de Execução de Experimentos proposto por WOHLIN *et al.* (2000) e posteriormente discute alguns métodos e abordagens aplicados à experimentação como o *Goal/Question/Metric* (GQM) e o *Quality Improvement Paradigm* (QIP).

3.2 – Processo de Execução de Experimentos

Um processo bem definido pode ser observado e medido e desta forma melhorado. Processos podem ser usados para capturar as melhores práticas para se tratar um determinado problema. A utilização de um processo permite que práticas de trabalho sejam disseminadas mais rapidamente do que a construção de experiência pessoal. Uma ênfase no processo também ajuda o desenvolvimento de software se tornar mais próximo da engenharia, com as restrições de tempo e recursos já prognosticadas, e menos como arte (SHULL *et al.*, 2001).

Com o propósito de definir um processo para empacotamento de experimentos, algumas abordagens foram analisadas, como a descrita em CAMPBELL e COOK (1979b) onde três tipos de processos freqüentemente utilizados em pesquisas da

ciência social são utilizados. Enquanto elas são geralmente úteis para fornecer novas idéias, não são normalmente suficientes para permitir fortes testes de hipóteses porque falham ao excluir um número representativo de interpretações alternativas. Já a abordagem proposta por MONTGOMERY (2001) descreve o processo de experimentação em sete passos básicos, sendo que os três primeiros são chamados de planejamento pré-experimental. Outra abordagem estudada foi o processo proposto por WOHLIN *et al.* (2000) (figura 2), que tem como objetivo executar um experimento. Este processo foi avaliado e comparado com outros existentes, demonstrando ser na área de Engenharia de Software Experimental um processo adequado para a execução de experimentos. Porém este processo ainda não define detalhadamente as atividades, recursos, produtos e pessoas que devem participar do empacotamento de um experimento, deixando estas questões ainda por serem definidas. Em virtude deste processo ter as atividades de execução de um experimento bem definidas, ele foi utilizado como ponto de partida para a proposta de um processo de execução e empacotamento de experimentos.

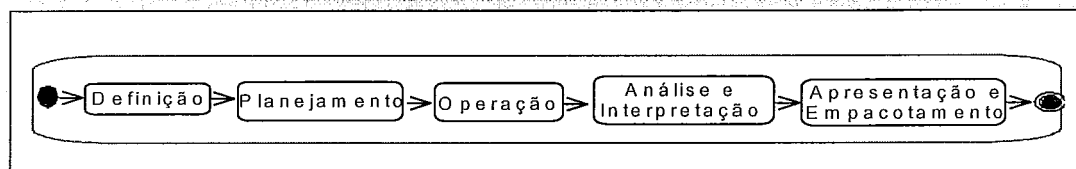


Figura 2 – Processo de Execução de Experimentos (WOHLIN *et al.*, 2000)

Este processo é composto por cinco passos ou etapas básicas, que são: definição, planejamento, operação, análise e interpretação, e apresentação e empacotamento. Cada uma de suas etapas será discutida em detalhes nas seções seguintes.

3.2.1 – Etapa de Definição

O propósito da etapa de definição é definir os objetivos de um experimento, justificando o porquê da sua realização. Se eles não forem apropriadamente definidos pode-se ter muito retrabalho, ou ainda pior, o experimento pode não ser usado para o que foi inicialmente definido. Tem como meta levantar os pontos de vista e informações iniciais (razão, objetivo, organização que está promovendo a pesquisa, dentre outros) sobre o experimento. É geralmente útil preparar uma lista de problemas ou questões específicos que devem ser respondidos pelo experimento. Uma definição

bem clara do problema geralmente contribui substancialmente para um melhor entendimento do fenômeno sendo estudado e para a solução final do problema. Também é importante manter o objetivo geral em mente. Existem muitos possíveis objetivos de um experimento, incluindo confirmação, descoberta, dentre outros. Obviamente que as questões específicas a serem respondidas por um experimento estão diretamente relacionadas aos objetivos gerais.

A etapa de Definição é composta da atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema e da atividade de Definição do Contexto.

3.2.1.1 –Atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema

Nesta atividade as hipóteses devem ser bem definidas. Não é necessário que elas sejam definidas formalmente, mas devem ficar bem claras. Além disso, os objetivos e metas do experimento devem estar definidos. O objetivo é formulado a partir do problema a ser resolvido.

É improvável que uma pessoa tenha todo o conhecimento necessário para fazer esta atividade adequadamente em muitas situações, portanto é fortemente recomendável que ela seja realizada através de um trabalho em equipe. A maior parte do sucesso da execução de um experimento depende de como esta atividade foi realizada (MONTGOMERY, 2001).

A fim de capturar as informações necessárias nesta etapa pode-se utilizar a abordagem GQM *Goal/Question/Metric* definido em (BASILI, 1992), cujo *template* básico é visualizado a seguir:

Analisar <objeto de estudo>;
Com o propósito de <objetivo>;
Com respeito a <o foco de qualidade>;
Do ponto de vista <perspectiva>;
No contexto de <contexto>.

O **objeto de estudo** é a entidade estudada no experimento, que pode ser produtos, processos, recursos, modelos, métricas ou teorias. Exemplos são o produto final, o processo de desenvolvimento, o processo de inspeção, dentre outros. O **objetivo** define qual é a intenção do experimento. Pode ser o de avaliar o impacto de duas diferentes técnicas ou de caracterizar a curva de aprendizado de uma organização. O **foco de qualidade** é o efeito primário sob estudo no experimento. Pode ser, por exemplo, custo, confiabilidade, dentre outros. A **perspectiva** mostra o ponto de vista sob o qual os resultados do experimento são interpretados. Exemplos

de perspectivas são o desenvolvedor, o gerente do projeto, cliente, pesquisador, ou seja, ponto de vista sob o qual quer se ver o experimento. E o **contexto** é o ambiente no qual o experimento é executado. O contexto brevemente define que pessoas estão envolvidas no experimento (participantes) e que artefatos de software (objetos) estão sendo utilizados no experimento. Os participantes podem ser caracterizados pela experiência, tamanho da equipe, dentre outros. Os objetos podem ser caracterizados pelo tamanho, complexidade, prioridade, domínio de aplicação, por exemplo.

O contexto de experimentação pode ser caracterizado em termos do número de participantes e objetos envolvidos no estudo.

Tabela 2–Caracterização do contexto da experimentação(WOHLIN *et al.*, 2000)

Participantes por objeto	Objetos	
	Um	Mais de um
Um	Único objeto de estudo	Estudo com a variação de múltiplos-objetos
Mais de um	Múltiplos-testes dentro do objeto de estudo	Estudo de indivíduo-objeto bloqueado

Estudos de um único objeto são conduzidos com um único indivíduo e objeto. Estudos com a variação de múltiplos objetos são conduzidos com um único indivíduo relacionado a um conjunto de objetos. Múltiplos testes dentro do objeto de estudo examinam um único objeto dentro de um conjunto de participantes. Um estudo de indivíduo-objeto bloqueado examina um conjunto de participantes e de objetos (WOHLIN *et al.*, 2000).

3.2.1.2 – Atividade de Definição do Contexto

De acordo com WOHLIN *et al.* (2000) o contexto de um experimento é composto das condições em que o experimento está sendo executado. O contexto pode ser caracterizado de acordo às seguintes dimensões WOHLIN *et al.* (2000):

- *In vitro* ou *in vivo*: o primeiro refere-se a um experimento executado sob condições controladas, enquanto que o segundo refere-se a um experimento executado sob condições reais;
- Alunos ou profissionais: caracteriza os participantes do experimento;
- Problema de sala de aula ou problema real: define o experimento que está sendo estudado;
- Específico ou geral: caracteriza se os resultados do experimento são válidos para um contexto específico ou para o domínio geral da Engenharia de Software.

Nesta etapa as hipóteses devem estar bem definidas, assim como o objetivo e propósitos do experimento. O objetivo é formulado a partir do problema a ser resolvido. Ao término desta etapa o contexto do experimento a ser estudado deve estar bem claro para quem está projetando o experimento.

3.2.2 – Etapa de Planejamento

Como em todos os tipos de atividades da engenharia, os experimentos devem ser planejados e os planos devem ser seguidos de forma a controlar o experimento. O resultado do experimento pode ser afetado ou até mesmo destruído se não for planejado devidamente. Esta etapa descreve como o experimento vai ser executado. A decisão sobre o assinalamento dos objetos e dos participantes é feita nesse momento, desta forma consegue-se determinar como as condições afetam o comportamento ou o resultado de alguma atividade (PFLEEGER, 2001a). Esta etapa é composta de vários componentes, como as variáveis dependentes e independentes, um plano para sistematicamente manipular as variáveis independentes e observar a variável dependente, e o contexto operacional do estudo, ou seja, uma descrição física, intelectual e cultural do meio onde o estudo está sendo realizado.

É ainda responsável por descrever os produtos, recursos e processos envolvidos no estudo, incluindo: a população a ser estudada, a técnica utilizada para obter amostras da população de estudo, o processo para alocar e administrar os tratamentos e os métodos usados para reduzir o viés e determinar o tamanho da amostra (KITCHENHAM *et al.*, 2002a).

A etapa de Planejamento é composta das atividades de Definição de Hipóteses, Seleção de Variáveis, Seleção de Participantes, Escolha do Projeto do Experimento, Instrumentação e Adequação da Validade dos Resultados.

3.2.2.1 – Definição de Hipóteses

Basicamente dois tipos de hipóteses devem ser formulados: a hipótese nula e a(s) hipótese(s) alternativa(s). A hipótese nula (H_0) assume que não há diferença entre os tratamentos com relação às variáveis dependentes, enquanto que a(s) hipótese(s) alternativa(s) (H_a , H_1 , etc.) sugere que há uma diferença significativa entre os dois tratamentos (PFLEEGER, 2001a).

A verificação das hipóteses sempre lida com algum tipo de risco que implica que um erro pode acontecer. O erro do primeiro tipo (*type-I-error*) acontece quando o

teste estatístico indica o relacionamento mesmo que não exista nenhum relacionamento real. A probabilidade do erro desse tipo pode ser avaliada como:

- $P(\text{type-I-error}) = P(H_0 \text{ é rejeitada} | H_0 \text{ é verdadeira})$

O erro do segundo tipo (*type-II-error*) acontece quando o teste estatístico não indica o relacionamento mesmo que efetivamente exista um relacionamento. A probabilidade de erro desse tipo pode ser avaliada como:

- $P(\text{type-II-error}) = P(H_0 \text{ não é rejeitada} | H_0 \text{ é falsa})$

O tamanho do erro durante a verificação das hipóteses depende da potência do teste estatístico. A potência do teste implica a probabilidade de que o teste vai encontrar o relacionamento mesmo que a hipótese nula seja falsa. A potência pode ser avaliada como:

- $\text{Potência} = P(H_0 \text{ é rejeitada} | H_0 \text{ é falsa}) = 1 - P(\text{type-II-error})$.

O teste estatístico com a maior potência deve ser escolhido. Mais detalhes sobre testes estatísticos podem ser encontrados em (MARASCUILLO e SERLIN, 1988) e (MONTGOMERY, 2001).

3.2.2.2 – Seleção de Variáveis

Esta atividade consiste em definir as variáveis independentes e dependentes a serem utilizadas no experimento.

As variáveis independentes são aquelas que se pode controlar ou mudar em um experimento. Podem ser usadas para limitar o escopo de um experimento e também para diferenciar experimentos. Já as variáveis dependentes são os fatores que se espera que mudem ou que apresentem uma diferença como consequência da aplicação de alterações nas variáveis independentes (PFLEEGER, 2001a). Geralmente se tem uma única variável dependente, devendo ser derivada diretamente da(s) hipótese(s).

3.2.2.3 – Seleção de Participantes

Esta atividade é bem próxima à generalização dos resultados de um experimento. Para generalizar os resultados para a população desejada, a seleção deve ser representativa para esta população. Ela também é referenciada como uma amostra da população.

Para se obter uma amostra, deve-se começar definindo a população alvo, representada pelo grupo ou participantes a quem o estudo se aplica. Ou seja, procura-se os grupos ou participantes que estão em posição de responder as questões e para quem os resultados do estudo se aplicam. Idealmente, uma população alvo deveria

ser representada como uma lista finita de todos os seus membros. Uma amostra válida é um subconjunto representativo da população alvo. É muito importante que se defina uma amostra representativa, pois caso não se consiga esta amostra representativa, não será possível reivindicar que os resultados obtidos sejam generalizados para a população alvo. E se estes resultados não puderem ser generalizados, eles não serão de grande valia para o estudo. Desta forma, uma grande preocupação que se deve ter quando se define a amostra de uma população é garantir que esta amostra seja representativa (KITCHENHAM e PFLEEGER, 2002b).

As técnicas utilizadas para definir a amostra de uma população são definidas como técnicas probabilísticas e não probabilísticas. A técnica probabilística é aquela na qual cada membro de uma população alvo tem uma probabilidade conhecida e diferente de zero de ser incluído na amostra. O objetivo desta técnica é o de eliminar a subjetividade e obter uma amostra que não permita o viés e seja representativo da população alvo. É importante lembrar que não se pode fazer nenhuma inferência estatística nos dados a menos que se utilize uma técnica probabilística. A técnica não probabilística é utilizada quando os participantes são escolhidos pelo fato de serem facilmente acessíveis ou porque os pesquisadores têm alguma justificativa para acreditar que eles sejam representativos. Este tipo de técnica apresenta o risco de apresentar viés, sendo, portanto perigoso escrever qualquer inferência forte com a utilização desta técnica. Os métodos que compõem as técnicas probabilísticas e não probabilísticas são mostrados na tabela 3 (KITCHENHAM e PFLEEGER, 2002b).

Tabela 3 – Técnicas probabilísticas e não probabilísticas³

Técnicas		Exemplo
Probabilísticas	Não Probabilísticas	
<i>Simple Random</i>	<i>Convenience</i>	(LEVY e LEMESHOW, 1999)
<i>Stratified Random</i>	<i>Snowball</i>	
<i>Systematic</i>	<i>Quota</i>	
<i>Cluster-Based</i>	<i>Focus</i>	

Uma aplicação das técnicas descritas acima pode ser encontrada em XEXÉO (2001), com um estudo de caso realizado na Fundação Bahiana de Cardiologia, que apóia a Unidade de Cardiologia e Cirurgia Cardiovascular do Hospital Universitário Professor Edgar Santos da Universidade Federal da Bahia.

Em KITCHENHAM *et al.* (2002a) são definidas algumas diretrizes para a atividade de seleção de participantes:

³ Manteve-se o termo original para não comprometer a semântica na tradução.

- Identificar a população a partir da qual os participantes são selecionados – se isto não for possível, então não é possível formalizar inferências sobre os resultados do experimento;
- Definir o processo pelo qual os participantes e objetivos foram selecionados – a forma mais convincente de se obter participantes é através do método aleatório. Se uma amostra aleatória foi obtida então o método de seleção deve ser especificado. E se o método de seleção não for o aleatório, então ele deve ser explicado e deve-se justificar que o método utilizado para obter amostras ainda permite que os resultados do experimento sejam generalizados para a população de interesse. Geralmente é necessário definir critérios de inclusão e de exclusão. Estes critérios são usados para identificar participantes que serão ou não candidatos à participação no experimento;
- Definir o processo pelo qual os participantes são atribuídos aos tratamentos – é comum alocar participantes aos tratamentos de forma aleatória. Entretanto, os pesquisadores geralmente trabalham com pequenas amostras nos experimentos em engenharia de software, e a aleatoriedade simples nem sempre leva a amostras de tamanho iguais.

3.2.2.4 – Escolha do Projeto do Experimento

Para projetar o experimento, devem-se considerar as hipóteses para verificar que análises estatísticas devem ser executadas para rejeitar a hipótese nula. E baseado na suposição estatística, isto é, nas escalas de medição e em quais objetos e participantes estão disponíveis para serem utilizados, determina-se o projeto experimental. Durante o projeto determina-se quanto teste o experimentador deve executar para ter certeza que o efeito do tratamento é visível. Um projeto bem feito forma a base para permitir a repetição do experimento (WOHLIN *et al.*, 2000).

Os princípios gerais a serem considerados para projetar um experimento são: aleatoriedade, agrupamento e balanceamento.

A aleatoriedade é um dos princípios mais importantes. Todos os métodos estatísticos usados para analisar os dados requerem que as observações sejam de variáveis aleatórias independentes. Este princípio aplica-se na alocação dos objetos, participantes e em que ordem os testes são executados. Também é utilizada para colocar na média o efeito de um fator que pode de outra forma estar presente e para selecionar participantes que sejam representativos da população de interesse.

Às vezes se tem um fator que provavelmente tem um efeito na resposta, mas não se está interessado neste efeito. Se o efeito do fator é conhecido e controlável pode-se usar uma técnica conhecida como agrupamento. Esta técnica é usada sistematicamente para eliminar o efeito indesejado através da comparação entre os tratamentos. Com a utilização desta técnica aumenta-se a precisão do experimento (WOHLIN *et al.*, 2000).

A técnica de balanceamento consiste em definir os tratamentos de tal forma que cada tratamento tenha a mesma quantidade de participantes. Esta técnica serve para simplificar e fortalecer a análise estatística dos dados, porém ela não é totalmente necessária.

3.2.2.5 – Instrumentação

O objetivo principal da instrumentação é de prover meios de executar o experimento e monitorá-lo, sem afetar seu controle. Os resultados devem ser os mesmos independentemente de como o experimento é instrumentado. Se a instrumentação afeta a saída do experimento, então os resultados são inválidos.

Os instrumentos para um experimento são de três tipos: objetos, diretrizes e de medição. Os objetos podem ser, por exemplo, documentos de especificação ou de código. As diretrizes são necessárias para guiar os participantes no experimento. Elas podem ser, por exemplo, descrições de processos e *checklists*. Os instrumentos de medição são utilizados através da coleta de dados. Geralmente esta coleta é realizada através de formulários ou de entrevistas. A tarefa de medição a ser usada é a de preparar formulários e questões de entrevista e de validar estes formulários e questões com algumas pessoas, tendo habilidades similares aos dos participantes do experimento.

3.2.2.6 – Adequação da Validade dos Resultados

Os conceitos de validade referem-se à melhor aproximação disponível da verdade ou falsidade das proposições, incluindo proposições sobre causa.

Uma validade adequada refere-se aos resultados que devem ser válidos para a população de interesse. Primeiro, os resultados devem ser válidos para a população de onde a amostra foi retirada. Segundo pode ser de interesse generalizar os resultados para uma população maior (WOHLIN *et al.*, 2000). A validação inclui examinar cada formulário procurando completude e consistência. E quando necessário

conduzir entrevistas com os participantes para se obter dados perdidos e corrigir erros (BASILI e WEIS, 1981).

Ameaças à validade são influências que podem limitar a habilidade de interpretar ou de escrever resultados dos dados de estudo (PERRY *et al.*, 2000). Existem pelo menos quatro tipos de validade que podem ser utilizadas para se proteger de tais ameaças: conclusão, interna, construção e externa.

A validade de conclusão é relativa ao relacionamento entre o tratamento e a saída. Deve-se assegurar que existe um relacionamento estatístico com um significado.

A validade interna diz respeito a como se infere que um relacionamento entre duas variáveis é casual ou que a falta de um relacionamento implica na falta de uma causa. Ou seja, é aquele mínimo básico sem o qual qualquer experimento não seria interpretável. Responder à pergunta a seguir é uma forma de se avaliar a validade interna: os tratamentos experimentais fizeram, de fato, diferença nesta instância particular deste experimento? (CAMPBELL e STANLEY, 1979a).

A seguir é apresentada uma lista contendo oito classes de variáveis que representam ameaças à validade interna de um experimento (CAMPBELL e STANLEY, 1979a):

- 1) **Histórica:** Traduzido pelos eventos específicos que, além de variável experimental, tenham ocorrido entre a primeira e a segunda medida;
- 2) **Maturação:** Definida pelos processos que são internos aos respondentes, como, por exemplo, envelhecer, ficar com fome, cansar-se, entre outros;
- 3) **Testagem**⁴: Relativo ao número de vezes que determinadas respostas são medidas. Em particular, a familiaridade com um teste pode algumas vezes melhorar o desempenho, pois os itens e as respostas erradas são mais prováveis de serem lembrados em sessões posteriores de teste;
- 4) **Instrumentação:** Ocorre quando mudanças na calibragem de um instrumento de medida ou mudanças nos observadores ou nos encarregados da atribuição das notas podem produzir alterações nas medidas obtidas. Por exemplo, quando observadores humanos se tornam mais experientes entre um teste e outro ou quando um teste utiliza diferentes métricas em diferentes pontos.

⁴ Manteve-se o termo original usado em CAMPBELL e STANLEY (1979a).

5) Regressão Estatística: Ocorre quando grupos tenham sido selecionados com base em seus escores extremos. Quando isto ocorre e as medidas não são confiáveis, os maiores escores dos pré-testes irão ter um valor relativamente menor no pós-teste e os escores mais baixos dos pré-testes irão ter um valor maior nos pós-testes. É errado atribuir tal mudança de diferencial a um tratamento, porque pode ser devido a regressão estatística.

A regressão estatística não é fácil de ser compreendida. O seguinte exemplo do que acontece quando da realização de uma prova pode ajudar a entender este conceito. Imagine que uma pessoa realizou uma prova e ao apanhar o resultado ficou surpreso em tirar uma nota inferior do que era esperado, talvez por que ele não tenha dormido cedo na noite anterior, tenha lido as questões muito rapidamente e confundido-as, pode ter tido alguém com uma terrível tosse sentado em sua frente, ou porque a prova tinha um número desproporcional de questões sobre a parte da matéria que não foi estudada em detalhe. Qualquer um ou todos estes fatores podem ter diminuído a nota final, e podem ser, desta forma, conceituados como fatores de erro o que não reflete a sua verdadeira capacidade. Conseqüentemente, a próxima vez que a pessoa for realizar uma prova na mesma ou em uma matéria similar a sua nota provavelmente será maior e irá refletir com maior exatidão a sua verdadeira habilidade. Isto acontece, pois considerando que todas as coisas sejam iguais, será menos provável que ele seja privado de dormir, menos provável que ele leia as questões rapidamente, menos provável de ter alguém com tosse sentado à sua frente e menos provável de receber perguntas de partes da matéria que não tenha estudado em detalhe.

6) Seleção: Ocorre quando um determinado efeito no experimento pode ser gerado devido à diferença como os projetistas do experimento vêem os diferentes grupos experimentais. Desta forma a seleção está presente particularmente em toda pesquisa *quasi*-experimental, que é definida em termos de diferentes grupos recebendo diferentes tratamentos em oposição a grupos probabilisticamente equivalentes recebendo tratamentos como no experimento aleatório.

7) Mortalidade: É uma ameaça quando um efeito pode ser devido aos diferentes tipos de participantes que são retirados de um determinado grupo de tratamento durante o curso de um experimento.

8) Interações com Seleção: Muitas das ameaças precedentes da validade interna podem interagir com a seleção a fim de produzir forças que poderiam falsamente aparecer como efeitos de tratamentos. Entre estas estão a seleção-maturação, seleção-história e seleção-instrumentação.

- **Seleção-maturação:** resulta quando grupos experimentais estão amadurecendo em diferentes velocidades. A maturação tem implicações de uma natureza de especificidade seletiva: os resultados podem ser específicos aos participantes de certo nível de idade, nível de fadiga, dentre outras.
- **Seleção-História:** resulta de vários grupos de tratamento vindos de diferentes cenários de forma que cada grupo possa experimentar uma única história local que poderia afetar a saída das variáveis. A interação pode também ocorrer com experimentos aleatórios se um tratamento só é implementado em uma ou duas sessões – geralmente com um grande número de respondentes. Em tais casos, o tratamento será associado com qualquer único evento que tenha acontecido durante as poucas sessões que fornecem todos os dados sobre um determinado efeito de tratamento.
- **Seleção-Instrumentação:** ocorre quando diferentes grupos pontuam em diferentes posições médias em um teste cujos intervalos não são iguais. O melhor exemplo conhecido disto ocorre quando existem diferentes efeitos de “chão” e “teto”, o primeiro ocorre quando um instrumento não pode registrar mais nenhum ganho em um dos grupos, e o segundo ocorre quando mais pontuações de um grupo específico estão localizados na parte inferior de uma escala.

A validade de construção significa que as variáveis independentes e dependentes modelam exatamente as hipóteses abstratas.

Em seguida é apresentada uma lista contendo quatro classes de variáveis relativas à validade externa. A validade externa implica que se pode inferir se o relacionamento casual presumido pode ser generalizado para e através de medidas alternativas de causa e efeito e através de diferentes tipos de vezes, pessoas e cenários (CAMPBELL e COOK, 1979b). Ela levanta a questão da generalidade: a que populações, conjuntos, variáveis de fragmento e medidas pode esse efeito ser generalizado?

A seguir é apresentada uma lista contendo três classes de variáveis que representam ameaças à validade externa de um experimento (CAMPBELL e COOK, 1979b):

1) Interação de Seleção e Tratamento: Em que categorias de pessoas pode um relacionamento de causa-efeito ser generalizado? Pode ser generalizado além dos grupos usados para estabelecer o relacionamento inicial, para vários grupos raciais, sociais, geográficos, ou de idade? Até mesmo quando os respondentes pertencem a uma classe alvo de interesse, onde fatores sistemáticos de recrutamento levam a descobrir aqueles que só são aplicáveis a voluntários, exibicionistas, hipocondríacos, ou seja, aquelas pessoas que não tem nada a perder. Um modo possível de reduzir este viés é de fazer cooperação no experimento de forma tão conveniente quanto possível. Por exemplo, voluntários em um experimento de audiência de rádio-televisão que tenham que se dirigir para o centro da cidade para participar são muito mais prováveis de serem atípicos do que voluntários em um experimento realizado de porta-em-porta. Um experimento que envolve executivos é mais provável de não ser generalizado se ele leva um dia para ser realizado do que um que leva somente 10 minutos, pois esse experimento é provável de incluir somente aquelas pessoas que tenham pouco tempo livre.

2) Interação de Cenário e Tratamento: Pode um relacionamento obtido em uma fábrica ser obtido em um escritório do governo, num campo militar ou num campus universitário? A solução é variar o cenário e analisar procurando um relacionamento causal dentro de cada um. Esta ameaça é particularmente relevante para a psicologia organizacional desde que os seus cenários são em tais níveis desiguais como a organização, o pequeno grupo e o indivíduo. O que se pode generalizar de qualquer de uma dessas unidades para outras? A ameaça é também relevante por causa de revés voluntário para o qual as organizações cooperam. A taxa de recusa de conseguir a cooperação das organizações industriais, sistemas escolares, dentre outros deve ser mais próximo de 75% do que 25%, especialmente se incluídos aqueles que nunca foram contatados porque era considerado como certo que eles recusariam.

3) Interação de História e Tratamento: Para quais períodos no passado e no futuro pode um relacionamento casual ser generalizado? Algumas vezes experimentos são realizados em um dia muito especial e o pesquisador fica imaginando se ele poderia vir a obter o mesmo relacionamento causa-efeito

sob as circunstâncias mais comuns. Até mesmo quando as circunstâncias são mais comuns, mesmo assim não se pode logicamente extrapolar descobertas do presente para o futuro. Ainda, enquanto a lógica nunca possa ser satisfeita, soluções de bom senso para efeitos históricos de curto-tempo se baseiam em repetir o experimento diferentes vezes ou em realizar uma revisão de literatura para ver se existe uma evidência anterior que não recuse o relacionamento de causa.

Ambos os critérios são obviamente importantes, ainda que a utilização de variáveis de um determinado critério possa vir a comprometer a utilização do outro critério.

3.2.3 – Etapa de Operação

O termo operação em experimento significa que após um experimento ser projetado e planejado então ele deve ser executado com o propósito de coletar os dados que devem ser analisados.

Quando se executa um experimento é vital monitorar o processo cuidadosamente, para ter certeza de que tudo seja feito de acordo com o planejado. Erros de procedimentos neste estágio irão usualmente destruir a validade do experimento. Sugere-se ainda que antes de realizar o experimento sejam realizados projetos pilotos ou *trials*, os quais provêm informações sobre a consistência do material experimental, uma verificação no sistema de medida, uma boa idéia dos erros experimentais, e uma chance de praticar as técnicas experimentais (MONTGOMERY, 2001).

É nesta etapa que os tratamentos são aplicados aos participantes. Isto significa que esta parte do experimento é onde o experimentador realmente se encontra com os participantes. Na maior partes dos experimentos em Engenharia de Software existem poucas outras ocasiões em que os participantes estejam realmente envolvidos. Estas ocasiões podem, por exemplo, ser nas instruções antes dos participantes se comprometerem a participar no experimento e após o experimento quando os resultados do experimento são apresentados aos participantes. Como experimentos lidam com pessoas, é importante motivá-las a participar de experimentos. Até mesmo se um experimento tiver sido perfeitamente projetado e os dados coletados tenham sido analisados com os métodos de análise apropriados, os

resultados serão inválidos caso os participantes não tenham participado seriamente do experimento (WOHLIN *et al.*, 2000).

Esta etapa é composta de três atividades: preparação, execução e validação dos dados.

3.2.3.1 – Preparação

Antes que um experimento seja executado existem algumas preparações que devem ser realizadas. Quanto melhor estas preparações forem executadas, mais fácil será executar o experimento. Dois aspectos são importantes na preparação: a seleção de participantes e como informá-los sobre o estudo, e a preparação de materiais como formulários e ferramentas.

A seleção dos participantes consiste em encontrar participantes que exerçam atividades semelhantes aquelas que serão executadas no experimento. É essencial também que os participantes sejam motivados e desejem participar durante todo o experimento. Alguns aspectos devem ser levados em consideração com o propósito de convencê-los a participar de um experimento como participantes de estudo: obtenção de seu consentimento, apresentar resultados que os sensibilizem, preparar elementos atrativos para participarem do experimento, e evitar que se decepcionem com o experimento (WOHLIN *et al.*, 2000).

Em relação à preparação dos materiais, as questões de um questionário podem ir desde múltipla escolha (o que requer o tempo mínimo dos participantes para responder, e talvez não esteja sendo bem compreendido), a longas respostas (em que o participante pode explicar suas respostas com profundidade, porém estas respostas são mais difíceis de serem comparadas às dos outros). Deve haver opções suficientes nas questões de múltipla escolha a fim de prover um grau razoável de granularidade, mas não tantas que os participantes não possam facilmente entender as distinções entre as opções. Ter muitas opções ainda apresenta o risco de que poucos participantes caiam em algumas das categorias definidas, complicando a tarefa de abstrair padrões dos dados. Entretanto as categorias podem ser projetadas de forma que possam ser agrupadas juntas durante a análise, e encontrar padrões através dos grupos pode ser mais fácil (SHULL *et al.*, 2001).

Outro aspecto a levar em consideração é se os participantes devem coletar os dados por eles mesmos, então isto quer dizer, na maior parte dos casos, que alguns tipos de formulários devem ser distribuídos aos participantes. Um ponto a determinar quando os formulários são construídos é se eles devem ser identificados ou os

participantes devem preenchê-los anonimamente. Caso não devam existir estudos adicionais e, portanto não existe a necessidade real para o experimentador distinguir entre diferentes participantes, então pode ser apropriado usar formulários anônimos. Porém isto quer dizer que não há a possibilidade de contactar o participante se algo não for preenchido de uma maneira clara. Em muitos casos é apropriado preparar um conjunto pessoal de instrumentos para cada participante, pois muitos projetos lidam com aleatoriedade e repetição de testes, de tal forma que diferentes tratamentos devam ser atribuídos a eles. Todavia isto também pode ser feito quando os participantes são anônimos (WOHLIN *et al.*, 2000).

3.2.3.2 – Execução

A coleta de dados a partir de entrevistas e de questionários são as mais usuais. A vantagem de usar questionários é que não requer muito esforço do experimentador, pois ele não tem que tomar parte ativamente nesta atividade de coleta. Uma desvantagem é que não há a possibilidade para o experimentador descobrir diretamente inconsistências, incertezas, falhas nos questionários, entre outros. Estes tipos de problemas só podem ser descobertos após a coleta de dados, ou caso os participantes chamem a atenção para falhas ou façam perguntas. Uma vantagem com as entrevistas é que o experimentador tem a possibilidade de se comunicar melhor com os participantes durante a coleta de dados. E uma desvantagem é que requer mais esforço do experimentador (WOHLIN *et al.*, 2000).

A entrevista é outro método de coleta de dados. Este método consome mais tempo para o experimentador porque ele tem que agendar e despender tempo com cada indivíduo para coletar os dados. Entretanto o benefício da entrevista é que ela permite mais liberdade nas respostas do que os questionários. Isto possibilita ao entrevistador levar a informação de um modo que faça sentido para ele. A entrevista também pode ser dinâmica, pois ela permite que o pesquisador investigue tópicos que ele não sabia que eram importantes antes da entrevista. Por outro lado existem problemas com a exatidão, pois o participante pode não ser anônimo e, conscientemente ou não, pode querer agradar o pesquisador com as suas respostas (SHULL *et al.*, 2001).

3.2.3.3– Validação dos Dados

Quando o dado foi coletado é importante verificar se foram coletados devidamente e se são razoáveis. Isto quer dizer se os participantes entenderam os

questionários e desta forma os preencheram de maneira correta. Outra forma de erro é caso os participantes não tenham participado do experimento de maneira séria e, portanto, alguns dados devem ser removidos antes da análise. É importante também rever se o experimento foi conduzido na forma em que foi planejado, por exemplo, se os tratamentos foram aplicados corretamente pelos participantes. Caso isto não tenha ocorrido então certamente os dados devem ser invalidados. Uma forma de verificar se os participantes entenderam as intenções do experimentador é oferecer, por exemplo, um seminário para apresentar os resultados (WOHLIN *et al.*, 2000).

3.2.4 – Etapa de Análise e Interpretação

Após a coleta dos Dados na etapa de Operação, deve-se estar pronto para escrever conclusões baseadas nestes dados coletados. Para escrever conclusões válidas, estes dados devem ser interpretados (WOHLIN *et al.*, 2000). A interpretação dos dados nos leva de volta às nossas questões originais. Neste momento deve-se entender e explicar os limites do estudo: que conclusões pode-se definir? Onde está o limite destas conclusões? O que pode ter influenciado os resultados? É importante também tentar explicar que questões foram respondidas e não simplesmente apresentar os dados. Deve-se também discutir o significado prático dos resultados (PERRY *et al.*, 2000).

Duas abordagens para analisar os dados são: análise quantitativa e análise qualitativa.

A Análise Quantitativa trata principalmente com a comparação de dados numéricos. As comparações tipicamente objetivam rejeitar ou não a hipótese nula. Dois métodos utilizados nesta análise são o Teste de Hipóteses e a Análise de Potência.

O Teste de Hipóteses determina o nível de confiança com que a hipótese nula pode ser rejeitada. O nível de confiança é a medida de probabilidade de que a hipótese nula será erroneamente rejeitada. Algumas pessoas acreditam que este nível de confiança deva ser menor que 1 em 20 ou 0.05 para um resultado ser significativo. Na realidade não precisa ser. Em situações onde os dados são abundantes e as medidas são precisas, níveis mais altos de confiança possam ser exigidos. Desde que os dados são geralmente limitados e a medida imprecisa em estudos da Engenharia de Software, níveis mais baixos de confiança podem ser justificados.

A Análise de Potência determina a probabilidade de que a hipótese nula não será rejeitada quando ela realmente deveria ser. Esta análise depende da magnitude do efeito e da quantidade de dados que se tem.

A Análise Qualitativa tende a usar dados que sejam menos quantificáveis, como observações, entrevistas, dentre outros. Estas técnicas tendem a ser utilizadas quando se quer entender as perspectivas das pessoas sobre uma situação (PERRY *et al.*, 2000).

Nas pesquisas em Engenharia de Software, a Análise Qualitativa é menos utilizada do que a Análise Quantitativa, porém em muitas pesquisas ambas as formas de análise são necessárias. Não que a análise quantitativa deva ser usada para testar a qualitativa, mas ambas devem ser usadas como suplemento, como uma verificação mútua e como formas diferentes de análise de dados nos mesmos participantes.

3.2.5 – Etapa de Apresentação e Empacotamento

Escrever conclusões sobre estudos experimentais em engenharia de software é muito difícil, pois os resultados de quase todos os experimentos dependem em grande parte de um grande número de variáveis relevantes. Devido a isto, não se pode *a priori* assumir que os resultados de qualquer estudo possam ser aplicados fora do ambiente específico em que ele foi realizado. Para estudos isolados é difícil entender como generalizar os resultados e, desta forma, como avaliar a sua verdadeira contribuição para a engenharia de software. Infelizmente, na engenharia de software, muitos estudos tendem a ser isolado e não são repetidos, ou pelo(s) mesmo(s) pesquisador(es) ou por outros (BASILI *et al.*, 1999). Para que tenham validade científica, experimentos devem permitir sua repetição e comprovação. Por isto, pacotes de experimentos, contendo todos os artefatos e documentos produzidos e utilizados ao longo da execução de experimentos, precisam ser construídos (AMARAL e TRAVASSOS, 2001).

Esta etapa de Apresentação e Empacotamento de Experimentos não vem sendo explorada em larga escala pela comunidade científica ou pela indústria, sendo que a questão do empacotamento, que permite a repetição e comprovação dos resultados por outros pesquisadores, ainda representa um problema em aberto em face da carência de modelos que descrevam a organização de pacotes de experimentos (AMARAL e TRAVASSOS, 2001). Com o propósito de contribuir para esta questão, o capítulo 4 apresenta um Modelo para Pacote de Experimentos, um dos objetivos deste trabalho.

3.3 – Métodos e Abordagens aplicados à Experimentação

Um experimento deve ser tratado como um processo de formulação ou verificação de uma teoria. A fim de que o processo ofereça resultados válidos, ele deve ser adequadamente organizado e controlado ou, pelo menos, acompanhado. Com o propósito de atingir estes objetivos alguns métodos e abordagens para organização dos experimentos foram elaborados. Esta seção apresenta estes métodos e abordagens aplicados à experimentação.

Um exemplo de método aplicado à experimentação é o *Quality Improvement Paradigm* (QIP) (BASILI, 1985). A essência desse método está na melhoria contínua do processo do desenvolvimento de software. O QIP define seis passos que resultam em um ciclo completo para melhoria do processo. O ciclo se inicia com a caracterização do processo de negócio necessária para a compreensão do ambiente e a definição dos objetivos básicos. A seguir os objetivos quantitativos são estabelecidos com o propósito de demonstrar as expectativas razoáveis da experimentação. Baseado na caracterização e nos objetivos definidos o processo da melhoria apropriado é escolhido levando em consideração a consistência entre os objetivos. O processo do desenvolvimento de software oferece um feedback do projeto baseado nas informações recolhidas a partir dos dados coletados do objetivo do projeto. Essa informação serve como base para a análise, ou seja, a avaliação das práticas atuais, a determinação dos problemas, a proposição da melhoria futura. Finalmente, toda informação relevante é empacotada para utilização posterior (BASILI *et al.*, 1994a).

O QIP é ligado ao conceito da Fábrica de Experiência (BASILI *et al.*, 1994a), que é uma infraestrutura que tem como objetivo armazenar e reutilizar experiências no uso de ciclos de vida e produtos. É uma organização física e lógica, e suas atividades independem das atividades de desenvolvimento de uma empresa. Ela pode, além do armazenamento passivo dos dados experimentais, processar os pedidos do projeto atual oferecendo a informação relevante de projetos semelhantes (BASILI *et al.*, 1994a).

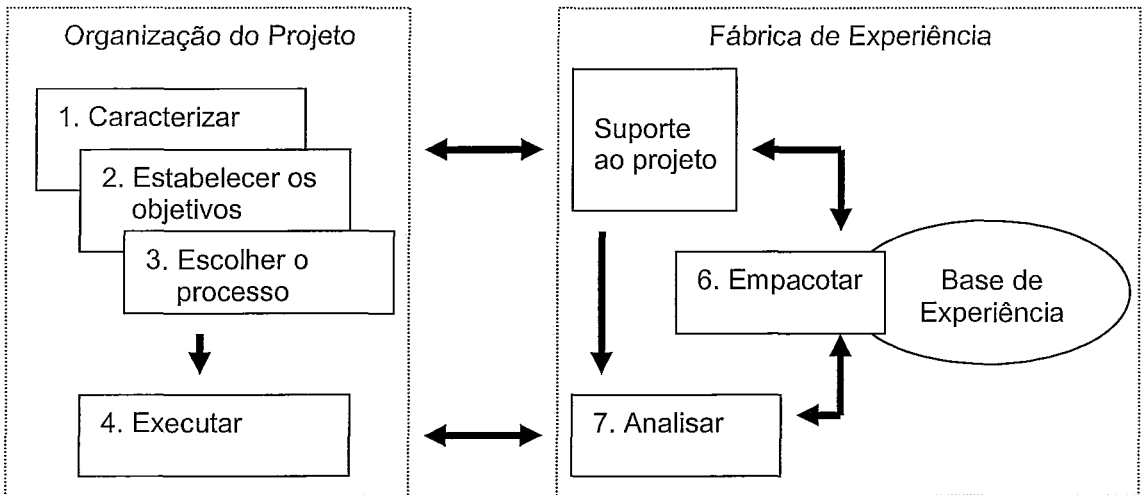


Figura 3 – Estrutura da Fábrica de Experiência

Outro mecanismo utilizado pelo QIP é a abordagem *Goal/Question/Metric* (GQM) (BASILI, 1992). Esta abordagem é baseada na suposição que uma organização para ser medida com um determinado propósito deve inicialmente especificar os seus objetivos, para em seguida relacionar estes objetivos com os dados que serão utilizados para definir os objetivos operacionais, e finalmente prover um *framework* para interpretar os dados relacionados aos objetivos definidos. A definição e a interpretação do processo da experimentação são divididas nas camadas conceitual, operacional e quantitativa. A definição utiliza uma abordagem *top-down*: estabelecimento dos objetivos, formulação das questões e elaboração das métricas. A interpretação utiliza uma abordagem *bottom-up*: medição para receber os dados experimentais, formulação das respostas para as questões baseadas nos dados experimentais e agrupamento das respostas para demonstrar o grau de sucesso dos objetivos estabelecidos. Os objetivos principais definidos pela GQM são compreender, controlar, e melhorar. Esses objetivos são focados em quatro fatores: custo, risco, tempo e qualidade. Juntando os objetivos e fatores os investigadores podem obter o aumento da compreensão do produto e do processo de software, o produto e o processo se tornam controlados, e, finalmente, atividades para melhoria do produto e processo de software podem ser definidas (BASILI *et al.*, 1994b).

A abordagem GQM é composta de quatro fases (SOLINGEN e BERGHOUT, 1999):

1. **planejamento**, onde o projeto da medição é selecionado, definido, caracterizado e planejado, resultando no plano do projeto;

2. **definição**, onde o programa da medição é conceitualmente preparado, ou seja, os objetivos, as questões, as métricas e as hipóteses são estabelecidos;
3. **coleta de dados**, onde a coleta de dados experimentais é efetivamente realizada resultando em um conjunto de dados pronto para a interpretação;
4. **interpretação**, onde os dados experimentais são processados tendo em vista as métricas, questões e objetivos definidos.

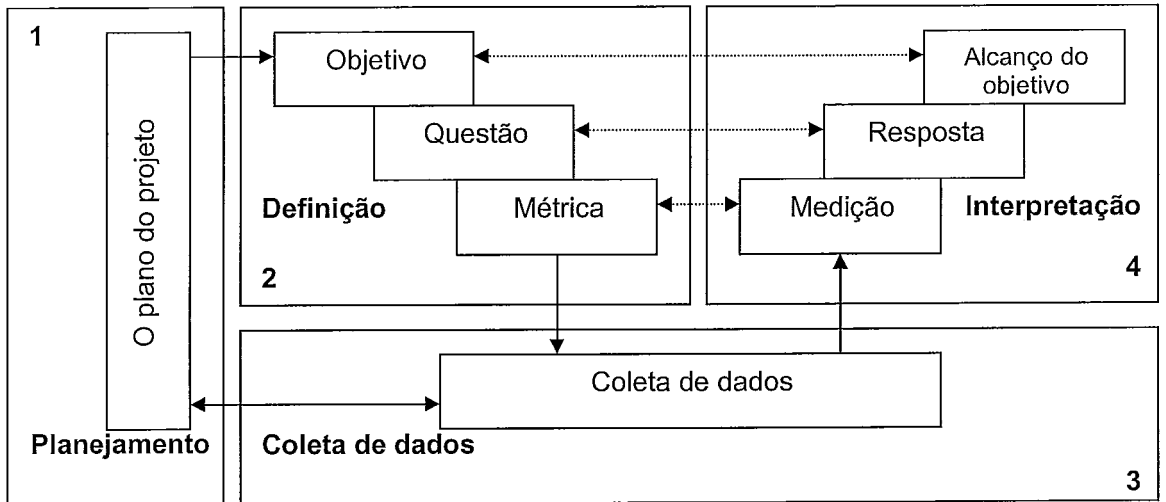


Figura 4 - O processo principal da abordagem GQM

Para cada fase, categorias de escolhas foram identificadas com o objetivo de serem explicitamente respondidas. Esta abordagem é mais preocupada em permitir que pesquisadores definam o propósito do experimento e o objeto de estudo. Por exemplo, na fase de definição de um experimento o pesquisador deve identificar o propósito do estudo (caracterização, avaliação, predição, motivação), classificar o objeto de estudo (produto, processo, modelo, métrica ou teoria), e determinar o escopo do estudo (único projeto, multi-projeto, projeto repetido ou projeto com grupamento dos participantes).

Outra abordagem, proposta por KITCHENHAM (1996b) baseia-se no método DESMET (*Method for Evaluating Software Engineering Methods and Tools*) que tem como objetivo avaliar métodos ou ferramentas dentro de uma organização⁵ em particular. E ainda pode ser utilizado por instituições acadêmicas que estejam interessadas em engenharia de software experimental. Este método tem o propósito

⁵ O termo organização neste caso refere-se a um grupo de desenvolvimento de software em uma organização ou divisão em particular, executando tarefas sob condições similares.

de ajudar um avaliador de uma instituição em particular a planejar e executar um exercício de avaliação que não apresente viés e seja confiável. Um dos problemas de se realizar avaliações na indústria é que além das dificuldades técnicas, existem fatores sociológicos e gerenciais que podem criar um viés na avaliação.

Um exercício de avaliação realizado pelo DESMET é comparativo. Ou seja, assume-se que existam vários modos alternativos de se executar uma tarefa da engenharia de software e se quer identificar qual das alternativas é melhor em circunstâncias específicas. Em alguns casos, comparações serão feitas em relação a um ideal teórico. Excetuando-se experimentos formais (PFLEEGER, 1994), as avaliações do método DESMET são dependentes do contexto, o que significa que não se deve esperar que um método ou ferramenta seja o melhor em todas as circunstâncias. É possível que uma avaliação em uma organização possa resultar em um método ou ferramenta sendo identificado como superior, mas uma avaliação similar em outra organização venha a ter uma conclusão diferente.

O método DESMET se propõe a avaliar: um método genérico, que pode ser visto como um paradigma genérico para algum aspecto do desenvolvimento de software, como, por exemplo, projeto estruturado; um método, que pode ser visto como uma abordagem específica dentro de um paradigma genérico, como, por exemplo, projeto estruturado; e uma ferramenta que é uma aplicação de software que dá suporte a uma atividade bem definida. O método de avaliação divide os exercícios de avaliação em dois tipos principais: avaliações com o objetivo de estabelecer resultados mensuráveis do uso de um método ou ferramenta, e avaliações com o objetivo de estabelecer métodos ou ferramentas apropriadas, ou seja, o quão bem um método ou ferramenta ajusta-se às necessidades e cultura de uma organização.

Outras abordagens são propostas por LANUBILE (1997), LOTT e ROMBACH (1996), FENTON et al. (1994), descritas a seguir.

LANUBILE (1997) propôs uma abordagem similar ao GQM (*Goal/Question/Metric*) (BASILI, 1992), mas definiu valores diferentes para as classificações propostas. Por exemplo, o pesquisador é questionado a especificar se o propósito do experimento é de avaliar a saída de um processo ou o próprio processo, e se o estudo é focado em um único objeto de estudo ou em vários objetos de estudo.

Já a abordagem proposta por LOTT e ROMBACH (1996) coloca ênfase adicional nas variáveis do experimento. Por exemplo, no tópico participantes, os pesquisadores são solicitados a explicitamente relatar o critério de seleção utilizado, a

experiência e treinamento dos participantes, como os fatores éticos foram tratados, dentre outros.

Enquanto que FENTON *et al.* (1994) apresentam uma lista de questões para avaliar os estudos experimentais. Estas questões, por sua vez, sugerem um *framework* para os pesquisadores utilizarem na especificação de seus experimentos, desde que informações adequadas sejam relatadas para responder cada uma das questões. As questões dizem respeito a: se a pesquisa é baseada em dados e em avaliação experimental, se o experimento foi projetado corretamente, se o estudo é baseado em situação de sala de aula ou real, se as medidas apropriadas foram utilizadas, e se o estudo foi executado por um tempo longo o suficiente.

Com exceção do uso de opiniões de especialistas, os métodos de avaliação não dão qualquer indicação de como diferentes métodos e ferramentas interagem.

3.4 - Conclusões

Este capítulo apresentou o Processo de Execução de Experimentos definido por WOHLIN *et al.* (2000), e discutiu cada uma de suas etapas: Definição, Planejamento, Operação, Análise e Interpretação, Apresentação e Empacotamento.

Este capítulo discutiu ainda conceitos relacionados a metodologias que podem ser utilizadas no contexto da experimentação como a Fábrica de Experiência (BASILI *et al.*, 1994a) e o QIP (*Quality Improvement Paradigm*) (BASILI, 1985), que apresenta um *framework* do processo de melhoria sustentado pelos princípios do paradigma GQM (*Goal/Question/Metric*) (BASILI, 1992). Outras abordagens similares ao GQM são discutidas como as propostas por LANUBILE (1997), LOTT e ROMBACH (1996), FENTON *et al.* (1994), e KITCHENHAM (1996b) que propõe o uso do método DESMET cujo objetivo é avaliar métodos e ferramentas específicas em circunstâncias específicas. Ele utiliza diferentes formas de organizar uma avaliação, podendo ser através de um experimento formal, um estudo de caso e uma pesquisa de campo. Entretanto apresenta limitações, relacionadas aos seguintes pontos: limitado quando se quer misturar e combinar métodos e ferramentas, e quando uma organização não possui um processo de desenvolvimento controlado.

Apesar de todas estas abordagens apresentarem um *framework* que pode ser útil na realização de um estudo, a abordagem GQM pode ser usada para articular o propósito de qualquer estudo, pois ela representa uma abordagem sistemática *top-*

down de ajuste e integração de objetivos com modelos de processos de software, produtos e características de qualidade, baseados nas necessidades específicas de um projeto ou organização, e ela também propicia uma base onde as hipóteses de um estudo específico e as variáveis dependentes e independentes podem ser avaliadas (BASILI *et al.*, 1999).

Ao se combinar estes métodos e abordagens com o processo de experimentação, obtém-se uma infra-estrutura adequada para o planejamento e execução de estudos experimentais. Entretanto, mesmo neste contexto, ainda não é possível visualizar e compreender que informações e conhecimento devem ser capturados ao longo do processo, como estão organizados e que atividades devem ser executadas para empacotá-los.

Desta forma, os próximos capítulos apresentam a definição de um modelo de pacote de experimento, processos para execução e empacotamento de experimentos e infra-estrutura computacional para apoiar sua utilização, objetivos deste trabalho.

Capítulo 4

Modelo para Pacote de Experimentos

Este capítulo apresenta os documentos e informações que devem ser considerados para o pacote de um experimento e baseia-se nas informações apresentadas nos capítulos 2 e 3. Apresenta também os usuários e as informações de um experimento e o seu relacionamento com os documentos descritos. Estes documentos e os seus relacionamentos com os usuários estão descritos através de modelos utilizando a notação UML.

4.1 - Introdução

Parte do conhecimento de um indivíduo é formada por um conjunto de representações próprias do mundo real, ou seja, por um conjunto de modelos mentais. Os modelos mentais representam a percepção que um indivíduo forma a respeito das interações entre os componentes de um sistema (MARTIN, 1997). Modelos mentais são flexíveis, podendo ser adaptados para situações imprevistas ou expandidos com a chegada de novas informações acerca de uma situação. Entretanto os modelos mentais são limitados pela incapacidade da mente humana em lidar com um grande número de fatores distintos simultaneamente. Em virtude desta limitação, os modelos mentais são normalmente simples, considerando apenas um número reduzido de componentes e de relações entre eles. A simplicidade destes modelos justifica o comportamento não intuitivo apresentado por alguns sistemas, visto que diversos de seus componentes e suas relações foram desconsiderados. Além disso, modelos mentais residem no conhecimento tácito de cada indivíduo, sendo difíceis de compartilhar e validar. Pode-se ter também modelos explícitos, que são representações de modelos mentais em uma linguagem que possa ser compartilhada com outros participantes. Em um modelo explícito, as premissas de um sistema são declaradas em documentos que podem ser revisados. Desta forma, os modelos explícitos são úteis para (BARROS, 2001):

- 1) **Representação do Conhecimento:** promovem o entendimento dos sistemas reais. A descrição de sistemas complexos através de modelos

explícitos facilita a transposição da barreira imposta pela limitação da mente humana em tratar a complexidade inerente a estes sistemas;

- 2) **Validação do Conhecimento:** o conhecimento sobre um sistema pode ser dividido em suas premissas, nos resultados esperados para o sistema e em seus resultados reais;
- 3) **Difusão do Conhecimento:** por residirem na experiência de cada indivíduo, os modelos mentais não podem ser compartilhados. Modelos explícitos, por estarem descritos em documentos acessíveis a um grupo, permitem a difusão do conhecimento expresso no modelo;
- 4) **Previsão:** um modelo explícito captura o conhecimento acerca de um sistema real que pode ser utilizado para projetar os resultados esperados do sistema de acordo com novas condições iniciais.

Basicamente, para realizar um experimento cinco etapas (Definição, Planejamento, Operação, Análise e Interpretação, Apresentação e Empacotamento), conforme descrito no capítulo 3 – O Processo de Experimentação, devem ser realizadas. Em cada uma destas etapas os conceitos de experimentação são expressos em forma de informações para serem armazenados e permitir que experimentos possam ser repetidos. Entretanto como visto na seção 1.2 – Objetivo da Tese, a engenharia de software apresenta uma lacuna quando a questão relaciona-se à descrição de um modelo que represente as informações a serem armazenadas em um experimento. Como forma de preencher esta lacuna a seção 4.2 apresenta um modelo para pacote de experimentos, uma taxonomia de documentos que o compõe, e representa este modelo através de diagramas UML de pacote e de Classe. O modelo a ser descrito tem como objetivo armazenar informações sobre qualquer experimento realizado, não definindo quais informações devem ser armazenadas para um tipo de experimento específico, como um estudo de caso ou uma pesquisa de campo.

4.2 – Modelo para Pacote de Experimentos

As informações que devem ser armazenadas ou empacotadas relacionam-se aos resultados do processo de experimentação, e vão desde as informações iniciais da definição do experimento, tais como: objeto de estudo, propósito, foco, perspectiva e em que contexto o estudo vai ser realizado; passando por informações de

planejamento e execução, tais como: população a ser estudada, recurso empregado, hipóteses que visa verificar (ou não), variáveis utilizadas, dentre outros; até chegar às informações de coleta e análise dos resultados, tais como os dados crus obtidos, os dados analisados, resultados e comentários da análise e questões provenientes do estudo realizado. Todas estas informações e conceitos básicos sobre experimentação foram definidos no capítulo 2 – Conceitos Básicos Relacionados à Experimentação e cada uma das etapas e atividades onde elas são produzidas foram descritas no capítulo 3 – Processo de Experimentação.

Os tipos de documentos que devem ser armazenados durante a execução de um experimento, as pessoas envolvidas na execução e os papéis que elas desempenham, suas responsabilidades, relacionamentos e artefatos produzidos na execução do experimento foram inicialmente descritos no modelo narrativo apresentado por CONRADI *et al.* (2000), sendo utilizado como ponto de partida para a construção de um modelo gráfico baseado na notação UML (*Unified Modeling Language*) para representar pacote de experimentos. A notação UML foi utilizada por ser uma notação gráfica utilizada por grande parte da comunidade científica de Engenharia de Software, facilitando desta forma a compreensão do modelo proposto.

Como forma de avaliar o modelo de pacote de experimentos construído, ele foi apresentado e discutido no Workshop do Projeto Readers (2001); em um estudo sobre técnicas de inspeção realizado na *University of Southern – Califórnia - EUA* (2002); no ISERN (2001); no Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software – VI Workshop de Teses em Engenharia de Software (AMARAL, E.A.G.G., TRAVASSOS, G.H., 2001); na 2ª Jornada Ibero-americana de Engenharia de Software e Engenharia de Conhecimento (AMARAL, E.A.G.G., TRAVASSOS, G.H., 2002).

Foi ainda analisado e criticado gradativamente pelos seguintes membros da Comunidade de Engenharia de Software Experimental, os quais teceram comentários e sugestões: Forrest Shul (Fraunhofer/Maryland), Jeffrey Carver (ESEG/UMD), Dmytro Gurov (COPPE/UFRJ), Winsor Brown (USC), Reidar Conradi (NTNU). As solicitações de modificações recebidas foram inseridas, repetindo-se este processo em outros eventos e com outros especialistas, até o momento que se percebeu que as modificações eram mais de cunho estético, não representando alterações semânticas no modelo como um todo. Esta característica foi utilizada como ponto de parada na avaliação do modelo gráfico proposto.

Para representar as diferentes abstrações conceituais explorou-se a utilização de um diagrama de pacotes UML. Um pacote, neste contexto, agrega as informações

relacionadas a conceitos de mesmo nível de abstração, podendo assumir a representação de um conjunto de documentos/informações relacionados a um experimento ou de um conjunto de participantes que necessita ter acesso a estes documentos. Desta forma, este modelo foi dividido em três conjuntos de documentos, representado por: Organização do Experimento, Instrumentos, Formulários de Resultados, e em um conjunto de participantes representado pela Comunidade de Engenharia de Software.

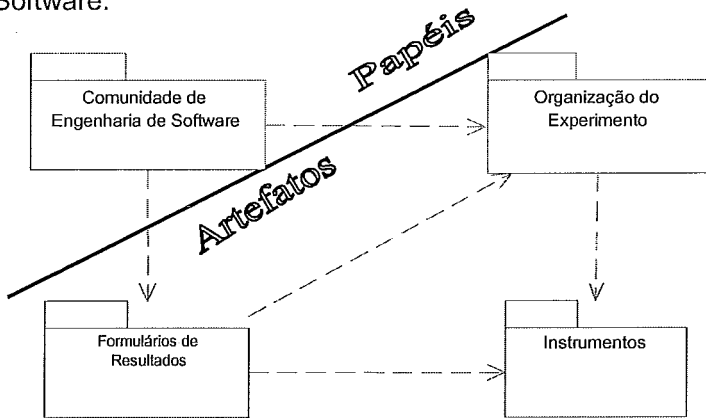


Figura 5 – Modelo para Pacote de Experimentos

Este capítulo está organizado em quatro seções. Estas seções descrevem em detalhes cada um dos pacotes da Figura 5. Na seção 4.2.1 a Comunidade de Engenharia de Software representada pelos seus diferentes usuários, seus diferentes papéis e seus relacionamentos são apresentados. Na seção 4.2.2 o conjunto de documentos relativos à organização de um experimento é apresentado. Na seção 4.2.3 o conjunto de documentos relativos a Instrumentação de um sistema é descrito. Na seção 4.2.4 o conjunto de documentos relativos aos resultados de um experimento é apresentado.

4.2.1 –Comunidade de Engenharia de Software

O objetivo deste conjunto é representar os diferentes participantes existentes na Comunidade de Engenharia de Software e descrever os papéis que podem vir a assumir dependendo das atividades desempenhadas na execução de um experimento (figura 6). Como não foi encontrada uma abordagem adequada para capturar os diferentes perfis que um usuário pode assumir utilizou-se estereótipos da *UML* como forma de resolver esta questão e de facilitar também a visualização de que participantes têm acesso aos documentos.

A comunidade de engenharia de software científica é composta pelos engenheiros de software, pelos internautas e pelos executores do experimento.

O engenheiro de software pode vir a assumir os papéis de profissional da prática e repetidor, e pode ser um pesquisador. Um pesquisador pode representar os papéis de agregador e de projetista na execução de um experimento.

O visitante pode assumir o papel de leitor casual em um experimento.

Os executores do experimento podem ser: profissional pesquisador, estudante e desenvolvedor da indústria. Sendo que cada um deles pode assumir diferentes papéis.

A Tabela 4 apresenta as descrições dos tipos de participantes da Comunidade de Engenharia de Software marcados em negrito e sublinhados (ex. **Engenheiro de Software**), os sub-tipos que cada indivíduo pode vir a assumir estão em negrito (ex. **Pesquisador**) e os papéis estão em itálico (ex. *Agregador*).

Tabela 4 – Pessoas e Papéis da Comunidade de Engenharia de Software

Pessoas / Papéis	Descrição
<u>Engenheiro de Software</u>	Representa os Engenheiros de Software participantes da comunidade, podendo ser pesquisadores.
<i>Profissional da Prática</i>	Representa uma pessoa interessada em saber que tipos de tecnologias foram validadas experimentalmente. Esta pessoa não está interessada em repetir um experimento, mas precisa ter livre acesso a seus resultados, avaliando se estes resultados preenchem os requisitos do seu ambiente de desenvolvimento.
<i>Repetidor</i>	Responsável por repetir um experimento.
Pesquisador	Representa os Engenheiros de Software que desenvolvem pesquisa na área.
<i>Agregador</i>	Combina os resultados de uma família de experimentos similares ou repetidos.
<i>Projetista do Experimento</i>	Projeta e executa um novo experimento.
<u>Visitante</u>	Descreve os participantes interessados em Engenharia de Software que possam estar navegando pela Internet/Intranet e lendo parte do conteúdo dos pacotes.
<i>Leitor Casual</i>	Aprende ou se atualiza em técnicas de experimentação ou em um certo experimento.
<u>Executores do Experimento</u>	Representa os participantes que executam os experimentos. Eles podem ser de três tipos: Profissional, Estudante ou Desenvolvedor da Indústria.
Profissional Pesquisador	Refere-se aos profissionais que participam de um experimento.
Estudante	Descreve os estudantes que podem participar de um determinado experimento.
Desenvolvedor da Indústria	Descreve os profissionais desenvolvedores da área industrial que podem participar de um determinado experimento.
<i>Participante</i>	Descreve os participantes que participam de um experimento planejado.

Temática), os sub-tipos dos documentos que integram o documento principal estão em itálico (ex. *Organização do Experimento*), e os tipos que compõem o sub-tipo estão em modo normal (ex. Descrição de Exercícios).

Esta mesma formatação é utilizada também pelos conjuntos de documentos Instrumentos e Formulários de Resultados.

Tabela 5 – Conjunto de Documentos de Organização do Experimento⁶

Documentos	Descrição
<i>Documento do Experimento</i>	Representa os diferentes tipos de documentos utilizados no experimento. Pode ser de um dos seguintes: Organização do Experimento, Formulários de Resultado ou Instrumentos.
<i>Pacote do Experimento</i>	Representa o pacote contendo as informações e documentos relativos ao experimento ou ao conjunto de experimentos.
<i>Descrição da Área Temática</i>	Descreve informações sobre temas gerais e sobre áreas técnicas específicas.
<i>Organização do Experimento</i>	Representa os conceitos relacionados à descrição dos documentos de um experimento.
Plano do Experimento	Descreve informações sobre o estudo experimental, como participantes, objetos, diretrizes, hipóteses, variáveis dependentes e independentes, questões e métricas, questões não respondidas, questões em aberto e caminhos de validação, dentre outros.
Descrição dos Exercícios	Descreve informações sobre os exercícios usados através do experimento.
Notas do Curso de Treinamento	Descrevem conceitos, termos relevantes e informações de notas de aulas, cursos e treinamentos.
Procedimento do Experimento	Descreve os procedimentos e ações que devem ser realizados para execução de um experimento.
Glossário	Descreve os termos e conceitos utilizados no contexto de um experimento específico. Pode também ser utilizado para genericamente descrever documentos, com uma pequena introdução.
Descrição dos Parceiros	Descreve informações sobre os parceiros que participam na realização de um experimento.

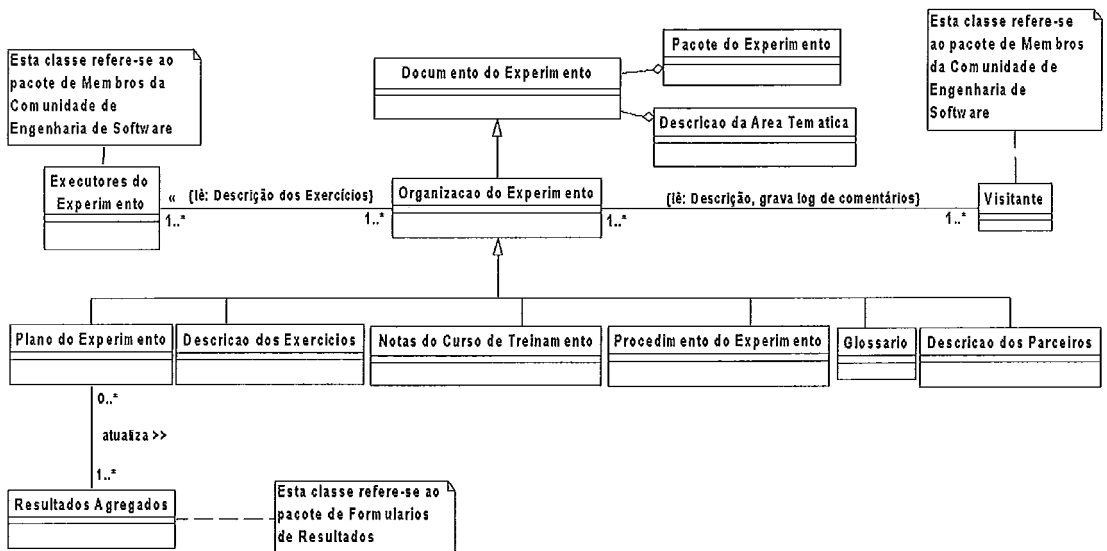


Figura 7 – Documentos do Conjunto Organização do Experimento

⁶ O modelo contendo a identificação dos atributos pode ser encontrado no apêndice B.

4.2.3 – Instrumentos

É importante ter os instrumentos definidos e formalizados para poder-se ter meios de executar o experimento e monitorá-lo, sem afetar o controle do experimento.

Este conjunto de documentos é formado pelos documentos artefato do experimento e pelo artefato de software.

O artefato do experimento apresenta os documentos que guardam informações sobre formatos da lista de defeito, formato do questionário e formato da nota de observação. Apresenta ainda documentos referentes a medição e diretrizes utilizados em um experimento.

O documento artefato de software é composto pelos documentos componente, código e documentação. O documento documentação refere-se aos documentos do usuário, documentos de requisitos, documentos da análise, documentos do projeto, documentação do sistema, modelo do domínio do negócio, modelo do processo do software e caso de teste de dados. O documento Código é composto pelos documentos texto do programa, função e interface. A tabela 6 descreve-os.

Tabela 6 – Conjunto de Documentos de Instrumentos⁷

Documentos	Descrição
<i>Instrumentos</i>	Descreve os instrumentos usados em um experimento. Podendo ser de dois tipos: Artefato de Software ou Artefato do Experimento
<i>Artefato do Experimento</i>	Descreve os artefatos do experimento usados em um experimento. Podendo ser de três tipos: Formato, Medição ou Diretrizes.
<i>Formato</i>	Descreve os formatos usados em um experimento. Podendo ser de três tipos: Formato da Lista de Defeito, Formato da Nota de Observação ou Formato do Questionário.
Formato da Lista de Defeito	É um padrão utilizado para descrever os defeitos encontrados em um experimento.
Formato da Nota de Observação	É um padrão utilizado para descrever as observações relativas a um experimento.
Formato do Questionário	É um padrão utilizado para descrever as questões de um experimento.
<i>Medição</i>	Descreve as métricas usadas para validar os dados coletados de forma manual ou através de entrevistas.
<i>Diretrizes</i>	Descreve padrões de processos, <i>checklists</i> e métodos são usados em um experimento.
<i>Artefato de Software</i>	Descreve os artefatos de software utilizados em um experimento.
<i>Descrição do Domínio</i>	Descreve o domínio da aplicação para o qual os artefatos foram construídos.
<i>Componente</i>	Descreve informações sobre componentes como bibliotecas e componentes de prateleira, usados no experimento.
<i>Código</i>	Descreve informações sobre os programas, funções, e interfaces usados no experimento.
Texto do programa	Descreve os programas utilizados em um artefato de software para produzir um experimento.
Função	Descreve as funções utilizadas em um artefato de software para produzir um experimento.
Interface	Descreve as interfaces utilizadas em um artefato de software para produzir um experimento.
<i>Documentação</i>	Descreve informações sobre os artefatos não executáveis.
Documentos da Análise	Descreve informações de Análise como os Casos de Uso da UML e comentários.
Documentos do Projeto	Descreve informações de Projeto como Diagramas de Classe da UML.
Modelo do Domínio do Negócio	Descreve informações sobre o Modelo de Negócios.
Modelo do Processo de Software	Descreve como o processo de software foi modelado.
Documentos dos Requisitos	Descreve as características que o sistema deve ter em acordo com os requisitos do usuário. Representa as características funcionais e não-funcionais.
Documentação do Sistema	Responsável pelas informações sobre o sistema que servem de apoio para os pesquisadores.
Documentação do Usuário	Responsável pelas informações sobre o sistema que servem de apoio para os usuários.
Casos de Teste dos Dados	Descreve os casos de teste definidos para o Sistema.

⁷ O modelo contendo a identificação dos atributos pode ser encontrado no apêndice B.

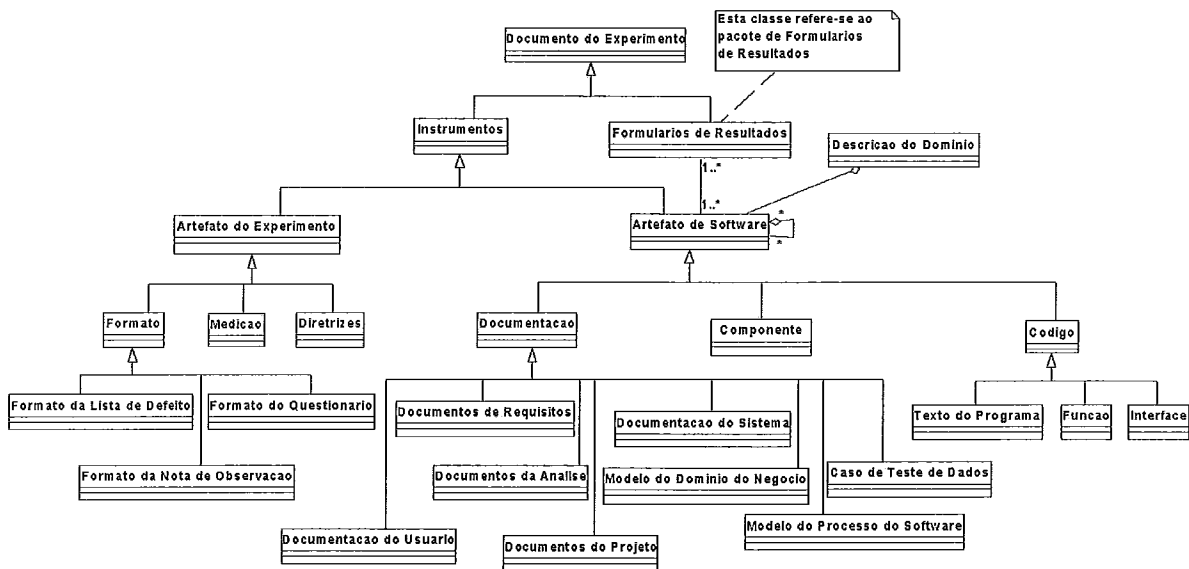


Figura 8 – Documentos do Conjunto Instrumentos

4.2.4 – Formulários de Resultados

Este conjunto descreve os resultados na forma de dados e relatórios, obtidos a partir da execução de um experimento (figura 9). Estes documentos viabilizam que os resultados e conclusões de um experimento sejam devidamente armazenados em uma base de experimento. Este documento, formulários de resultados, é formado pelos documentos dados e relatório.

O documento dados é formado pelos documentos resultados agregados, resultados refinados do experimento e resultados crus do experimento. As informações do documento resultados crus do experimento são utilizadas pelo documento resultados refinados do experimento, que por sua vez fornece informações para o documento resultados agregados. O documento resultados crus do experimento é formado pelos documentos lista de defeitos, notas de observação e questionários.

O documento relatório é formado pelas informações dos documentos lembretes, lições aprendidas, questões que não podem ser respondidas, relatório final e questões em aberto.

A tabela 7 descreve os documentos que compõem este conjunto.

Tabela 7 - Conjunto de Documentos Formulários de Resultados⁸

Documentos	Descrição
Formulário de Resultado	Descreve informações sobre os documentos resultantes de um experimento.
Dados	Descreve informações sobre os dados resultantes de um experimento.
Resultados Agregados	Define os objetivos e hipóteses para combinar os resultados de uma família de experimentos repetidos ou similares.
Resultados Refinados do Experimento	Descreve os dados analisados provenientes dos resultados crus (sem análise) e que são sintetizados em Resultados Agregados.
Resultados Crus do Experimento	São os resultados crus (sem análise), que podem estar armazenados em uma planilha ou em um banco de dados.
Lista de Defeitos	Descreve os defeitos encontrados no experimento, através de uma lista.
Notas de Observação	Descreve observações sobre o experimento.
Questionários	Descreve as questões aplicadas através do experimento.
Relatório	Descreve informações sobre os resultados de um experimento através de relatórios.
Lembretes	Descreve as informações freqüentemente perguntadas sobre o experimento.
Lições aprendidas	Descreve as lições aprendidas sobre os resultados do experimento.
Relatório Final	Explica o método utilizado no experimento, bem como a técnica utilizada e o que pode ser melhorado.
Questões em aberto	Descreve as perguntas que representam futuras perspectivas de pesquisa.
Questões que não podem ser respondidas	Descreve as questões que não se consegue responder apenas realizando o experimento, mas que seria bastante interessante poder respondê-las, como por exemplo: não podemos ter o caso ideal, é impraticável testar isto, dentre outras.

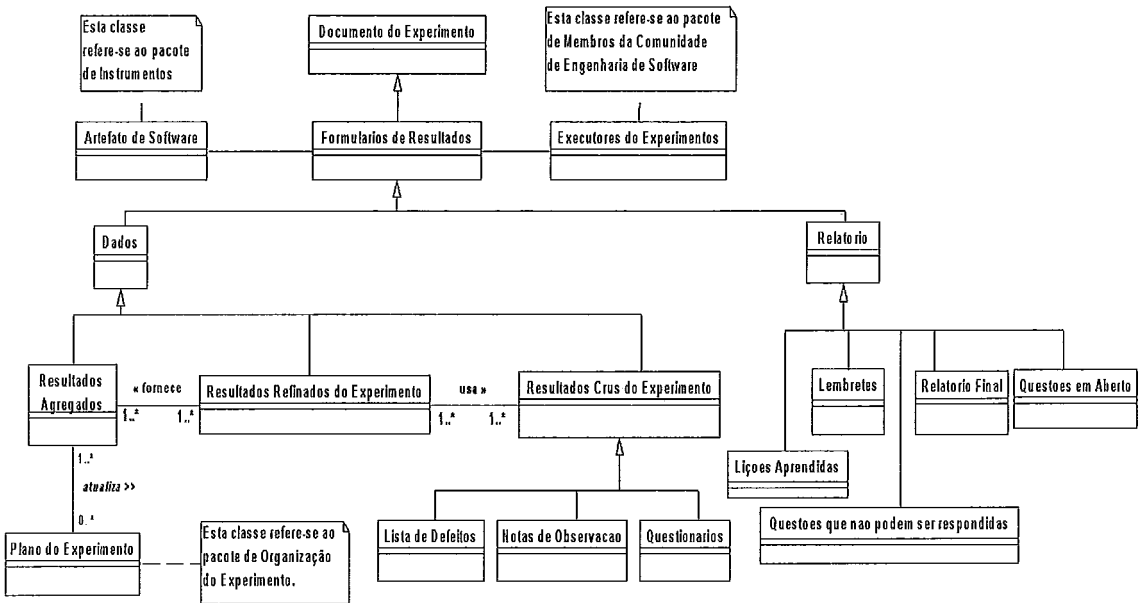


Figura 9 – Documentos do Conjunto Formulários de Resultados

4.3 - Conclusões

Este capítulo apresentou uma proposta de um modelo de pacote de experimentos descrito através da notação UML. Este modelo é baseado no documento definido por CONRADI *et al.* (2000).

⁸ O modelo contendo a identificação dos atributos pode ser encontrado no apêndice B.

O modelo proposto é composto, basicamente, por quatro conjuntos conceituais de informação: Comunidade de Engenharia de Software, Organização do Experimento; Instrumentos e Formulários de Resultados.

A Comunidade de Engenharia de Software representa os participantes que possuem alguma relação com o experimento ou necessitam acessar suas informações.

O conjunto Organização do Experimento representa os documentos referentes à descrição necessária para compreender o experimento.

O conjunto Instrumentos descreve os artefatos de software utilizados em um experimento.

O conjunto Formulários de Resultados descreve informações sobre os documentos resultantes de um experimento.

A definição deste modelo é importante por mostrar que informações devem ser armazenadas quando da realização de um experimento, como estas informações se agregam, a especificação destas informações, o relacionamento que possuem entre si, as pessoas envolvidas e os relacionamentos existentes entre as pessoas e as informações que tem acesso, pois até o momento não havia nenhuma representação gráfica descrevendo que informações são relevantes para o empacotamento de um experimento e que pessoas tem acesso a que documentos.

Porém além da definição de que informações devem ser armazenadas quando da execução de um experimento, deve-se ter também um processo para armazenar estas informações. Este processo para empacotamento de experimentos tem como objetivo estabelecer a ordem que as atividades devem ser realizadas, as pessoas envolvidas, o relacionamento existente entre as pessoas e atividades, e os documentos que são utilizados.

O capítulo 5 descreve a proposta de um Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos visando sistematizar as atividades necessárias à realização e empacotamento de experimentos.

Capítulo 5

Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos

Baseado nos modelos apresentados no capítulo 4, este capítulo descreve um processo para empacotamento dos documentos gerados ao longo do processo de execução de um experimento e mostra a interação dos participantes neste processo.

5.1 - Introdução

Um processo é um conjunto de tarefas ordenadas que envolvem uma série de atividades, restrições e recursos com o intuito de produzir uma saída pretendida, e que geralmente envolve um conjunto de ferramentas e de técnicas (PFLEEGER, 2001c). Um processo de Software é uma forma de melhorar o produto de software, diminuir os custos, e principalmente de estabelecer uma abordagem de trabalho disciplinada e sistemática.

Qualquer processo apresenta as seguintes características (PFLEEGER, 2001c):

- Prescreve todas as atividades principais;
- Usa recursos, sujeito a um conjunto de restrições, e produz produtos intermediários e finais;
- Pode ser composto de sub-processos que são relacionados de alguma forma. O processo pode ser definido como uma hierarquia de processos, organizados de tal forma que cada sub-processo tenha o seu próprio modelo de processo;
- Cada atividade do processo tem critérios de entrada e de saída, de forma que se saiba quando uma atividade começa e termina;
- As atividades são organizadas em uma seqüência determinada;
- Todo processo tem um conjunto de princípios que explicam os objetivos de cada atividade;
- Restrições ou controles podem ser aplicados a uma atividade, recurso ou produto.

Um processo quando bem definido pode ser observado e medido, e assim melhorado. Processos podem ser usados para observar e capturar as melhores práticas de lidar com um dado problema. A adoção de um processo também permite a disseminação mais rápida de práticas efetivas de trabalho do que a construção a partir de experiência pessoal (SHULL *et al.*, 2001). Desta forma um processo permite que experiências sejam capturadas e passadas ao longo do tempo para outras pessoas (PFLEEGER, 2001c).

A definição de um processo envolve informações como as atividades a serem realizadas, recursos humanos envolvidos e suas responsabilidades dentro do processo, além de produtos consumidos e gerados. Estas definições de atividade, artefato e recurso são descritas a seguir (FALBO, 1998):

- **Atividades:** são tarefas ou trabalhos a serem realizados. Uma atividade requer recursos e pode consumir ou produzir artefatos (produtos). Pode ainda ser decomposta em outras atividades (sub-atividades). As atividades, em qualquer nível, podem depender da finalização de outras atividades, denominadas pré-atividades. E para que uma atividade seja iniciada deve-se ter uma condição satisfeita, como por exemplo, um evento que tenha acontecido;
- **Artefatos:** são produtos, relacionados ao software, produzidos ou consumidos por atividades durante a sua realização;
- **Recursos:** são pessoas, ferramentas de software, equipamentos, ou quaisquer outros recursos necessários à execução de uma atividade. Um recurso humano, especificamente, desempenha um papel e tem responsabilidades na execução das atividades do processo. Ele vai ter uma determinada visibilidade aos documentos das atividades do processo, visibilidade esta que atribui o tipo de acesso que um indivíduo tem a um determinado documento, podendo ser de leitura, gravação e exclusão.

Para executar um experimento, vários passos devem ser executados e eles devem estar em uma certa ordem. Como na engenharia de software experimental não há uma estrutura definida de que atividades devem ser realizadas e pessoas envolvidas em um processo de execução de experimentos, será utilizada a estrutura de processo de software proposta por FALBO (1998) como formato padrão para a definição das etapas e atividades do processo para execução e empacotamento de experimentos proposto. Esta estrutura é descrita a seguir:

- **Etapas/Atividades:**

- Atividade(s) elementar(es):
- Pré-atividade(s):
- Condição(ões):
- **Artefatos:**
 - Entrada(s):
 - Saída(s):
- **Recursos:**
 - Pessoa(s):
 - ✓ **Papel(is):**
 - Responsabilidade(s):**

A notação gráfica adotada para capturar o processo descrito neste trabalho foi desenvolvida por BONFIM (2001). Esta notação foi utilizada para representar o processo para execução e empacotamento de experimentos proposto por estar sendo utilizada em vários trabalhos na COPPE/UFRJ. Como esta notação está sendo avaliada e conseqüentemente está sofrendo alterações, algumas diferenças talvez sejam encontradas da notação utilizada neste trabalho para possíveis novas versões. Detalhes adicionais desta notação podem ser encontrados no apêndice C.

Este capítulo descreve uma proposta de dois processos: um para Execução de Experimentos e outro para Empacotamento de Experimentos. Ele está dividido em uma seção e 5 subseções principais.

A seção 5.2 apresenta os processos para execução e empacotamento de experimentos propostos, justificando as mudanças sugeridas ao processo de execução de experimentos original de WOHLIN *et al.* (2000).

As subseções 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 e 5.2.4 descrevem respectivamente, as etapas de Definição, Planejamento, Execução e Análise e Interpretação, utilizando a estrutura de representação de processos sugerida por FALBO (1998). Neste trabalho o nome da etapa de Operação será mudado para Execução, pois fica mais claro para entender a semântica desta etapa. A seção 5.2.5 apresenta, através de uma tabela, que documentos foram armazenados durante o processo para execução e empacotamento de experimentos proposto e a etapa em que isto ocorreu, permitindo visualizar se todas as informações foram efetivamente armazenadas.

5.2 – Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos

O processo de execução de experimentos descrito por WOHLIN *et al.* (2000) é um processo que compreende as etapas de Definição, Planejamento, Operação,

Análise e Interpretação, e Apresentação e Empacotamento. Cada uma destas etapas foi descrita nas seções 3.2.1 a 3.2.5. Este processo é interativo e pode ser necessário voltar e refinar uma etapa anterior antes de continuar com a execução do experimento.

A única restrição é em relação à etapa de Operação, do processo de execução de experimentos proposto por WOHLIN *et al.* (2000), que após ser iniciada não torna possível o retorno às etapas de Definição e Planejamento, pois o risco de que os participantes sejam influenciados pelo experimento existe, invalidando seus resultados quando uma mesma população de estudo é considerada.

A etapa de Apresentação e Empacotamento é a última etapa do processo de execução de experimentos proposto por WOHLIN *et al.* (2000), em virtude disto pode vir a apresentar os seguintes problemas:

- Possibilidade de excesso de informação proveniente da execução do experimento, o que pode vir a ter como consequência:
 - Dificuldade de estruturação e armazenamento das informações;
 - Dificuldade de recuperação da informação;
 - Possível geração de problemas de inconsistência e ambigüidade;
- Pode ocorrer que membros da equipe de execução do experimento saiam do projeto;
- Pode acontecer que o tempo decorrido desde a execução do experimento até o momento do armazenamento gere uma perda parcial ou integral de informações, devido a perda de conhecimento tácito;
- Uma possível falta de sincronismos na realização do experimento, e conseqüentemente:
 - Outros pesquisadores podem vir a desconhecer o experimento que está sendo realizado;
 - Pode-se ter trabalho redobrado, devido ao desconhecimento do que está sendo pesquisado.

Através da realização de diferentes estudos experimentais (SHULL *et al.*, 2001), foi observada a importância e necessidade de executar atividades de empacotamento ao longo do processo de execução de experimentos, e espera-se resolver ou minimizar os seguintes aspectos com o uso desta abordagem:

- O acúmulo de informação em papel proveniente da execução do experimento deve ser minimizado, pois as informações geradas serão diretamente armazenadas em uma base de experimentos;

- Permite que a equipe que está executando um experimento seja a mesma responsável em armazená-lo, eliminando desta forma a possibilidade de perda de informações e/ou conhecimento tácito ou explícito com a saída de membros da equipe do projeto;
- Visa permitir que outros pesquisadores tenham conhecimento dos experimentos que estão sendo realizados, pois o preenchimento das informações é realizado de forma parcial em uma base de experimentos, evitando desta forma trabalhos redobrados, ajuda na obtenção de resultados com maior rapidez e diminuição de custos.

Levando-se em consideração o exposto acima, onde a abordagem de empacotar as informações da execução de um experimento é realizada somente no final do processo, e considerando que esta não é a abordagem mais apropriada para o empacotamento de experimentos como já discutido, propõe-se uma modificação no processo de execução de experimentos de WOHLIN *et al.*(2000), de tal forma que se tenha um processo de execução de experimentos e em paralelo um processo de empacotamento de experimentos. Identificou-se também a necessidade de definir marcos de controle no processo, a fim de assegurar a integridade das informações a serem armazenadas e também para não permitir que ao término do processo documentos estejam com informações incompletas. Estes marcos dizem respeito basicamente à passagem para a etapa de Execução, onde isto só será possível caso as informações das etapas de Definição e Planejamento tenham sido totalmente armazenadas nos documentos; a passagem para a etapa de Análise e Interpretação uma vez realizada a partir da etapa de Execução não permite mais o retorno, pois pode comprometer todo o experimento com o possível viés a ser originado. A Figura 10 apresenta a estrutura do processo para execução e empacotamento de experimentos proposta.

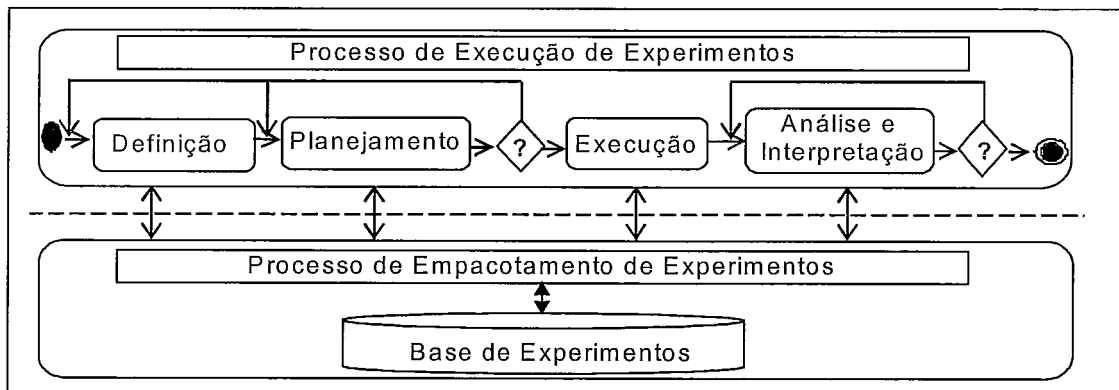


Figura 10 – Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos

Em seguida cada uma das etapas do processo para execução e empacotamento de experimentos proposto é descrita. A descrição destas etapas é realizada de acordo com as definições apresentadas na seção 3.2 – Processo de Execução de Experimentos e é baseada na estrutura de processo proposta por FALBO (1998). O objetivo é apresentar uma estrutura que dê suporte ao processo de execução e de empacotamento de experimentos, de acordo com as teorias sobre experimentação discutidas anteriormente.

Cada uma das etapas do processo proposto é apresentada em um nível de detalhe maior no apêndice D – Descrição das Etapas do Processo de Execução e Empacotamento de Experimentos, a fim de facilitar a leitura e compreensão do processo descrito.

5.2.1 – Etapa de Definição

As atividades que compõem esta etapa (Reconhecimento e Declaração do Problema, Definição do Contexto) são executadas de forma iterativa com o propósito de reunir as informações necessárias à execução da atividade seguinte de Armazenamento das Informações de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição de Contexto. O apêndice D, seção D.1, apresenta estas atividades em detalhes. A estrutura abaixo descreve esta etapa de Definição.

- **Etapa:** Definição
 - **Atividade(s) elementar(es):**
 - ✓ Reconhecimento e Declaração do Problema;
 - ✓ Definição do Contexto;
 - ✓ Armazenamento das Informações de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição de Contexto.
 - **Pré-atividade(s): nenhuma.**
 - **Condição(ões): nenhuma.**
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** são as informações sobre o motivo de se estar realizando o experimento e qual o seu objetivo. Estas informações representam o conhecimento tácito necessário ao Projetista do Experimento para estar realizando as atividades desta etapa.
 - **Saída(s):** Representa o conhecimento explícito formalizado através dos documentos abaixo relacionados, os quais foram totalmente ou parcialmente

preenchidos. Este preenchimento parcial dos documentos produzidos nesta etapa é mostrado na tabela 8, ao final desta etapa.

- ✓ Pacote do Experimento;
- ✓ Documento do Experimento;
- ✓ Descrição da Área Temática;
- ✓ Plano do Experimento;
- ✓ Procedimento do Experimento;
- ✓ Descrição dos Parceiros;
- ✓ Glossário.

• **Recursos:**

- **Pessoa:** Engenheiro de Software;

- ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal;

Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal deve manter as informações a serem geradas na base de experimentos. Ele deve ter visibilidade aos artefatos gerados nesta atividade. A visibilidade a estes documentos deve ser referente às localidades existentes na base de experimentos;

- **Pessoa:** Pesquisador.

- ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.

Responsabilidade(s): O Projetista do Experimento tem como objetivo principal projetar e executar um experimento. Desta forma ele deve ter visibilidade aos artefatos gerados nesta atividade.

- ✓ **Papel:** Bibliotecário de Assunto Local.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário de Assunto Local é responsável por manter os documentos locais sobre um experimento específico ou sobre uma família de experimentos. Ele deve ter visibilidade aos artefatos gerados nesta atividade.

- ✓ **Papel:** Comitê Gestor.

Responsabilidade(s): O Comitê Gestor tem como objetivo gerenciar a comunidade de pesquisadores e profissionais da engenharia de software. Ele deve ter visibilidade aos seguintes artefatos: Descrição da Área Temática e Descrição dos Parceiros.

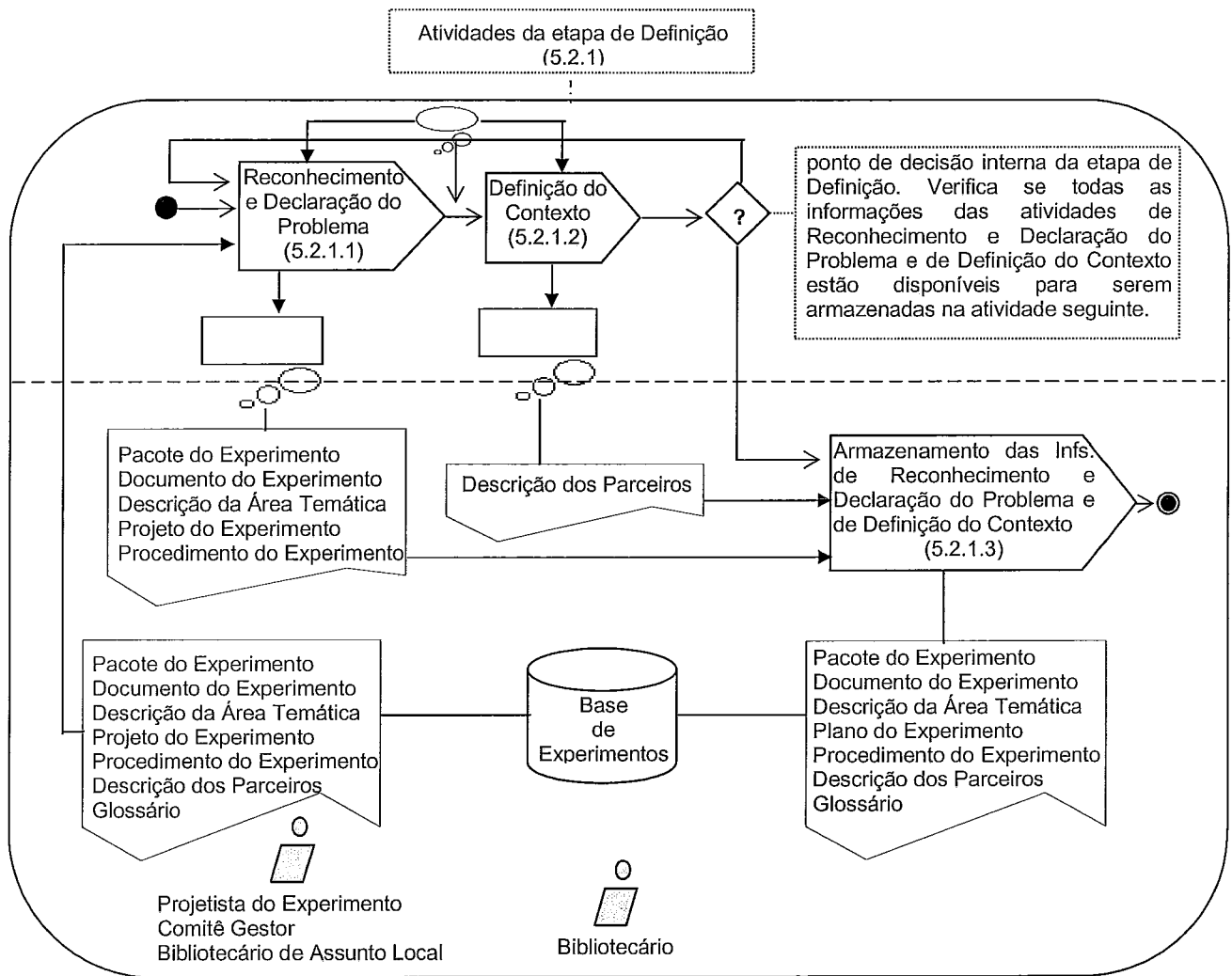


Figura 11 – Etapa de Definição

Os documentos que tiveram suas informações totalmente preenchidas nesta etapa são: Pacote do Experimento, Documento do Experimento e Descrição da Área Temática. Os documentos que tiveram as suas informações parcialmente armazenadas são Plano do Experimento, Procedimento do Experimento e Glossário, apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Documentos e informações armazenados na etapa de Definição

Documento	Informação
Plano do Experimento	introdução
	trabalhoAnterior
	objetivoGeral
Procedimento do Experimento	objetivoEspecifico
	questãoPesquisa
Glossário	objetivoEspecifico
	tipoEstudoEmpírico

5.2.2 – Etapa de Planejamento

As atividades que compõem esta etapa (Definição de Hipóteses, Seleção de Variáveis, Seleção de Participantes, Escolha do Projeto do Experimento, Instrumentação, Adequação da Validade dos Resultados), são executadas de forma iterativa com o propósito de reunir as informações necessárias à execução da atividade seguinte de Armazenamento das Informações de Definição de Hipóteses, de Seleção de Variáveis, de Seleção de Participantes, de Escolha do Projeto do Experimento, dos Instrumentos e da Adequação da validade dos resultados. Estas atividades são apresentadas no apêndice D, seção D.2, em detalhes.

Atividades da etapa de Planejamento
(5.2.2)

Ponto de decisão interna da etapa de Planejamento. Verifica se as informações das atividades de Definição de Hipóteses, Seleção de Variáveis, Seleção de Participantes, Escolha do Projeto do Experimento, Instrumentação e de Adequação da validade dos resultados estão disponíveis para armazenamento.

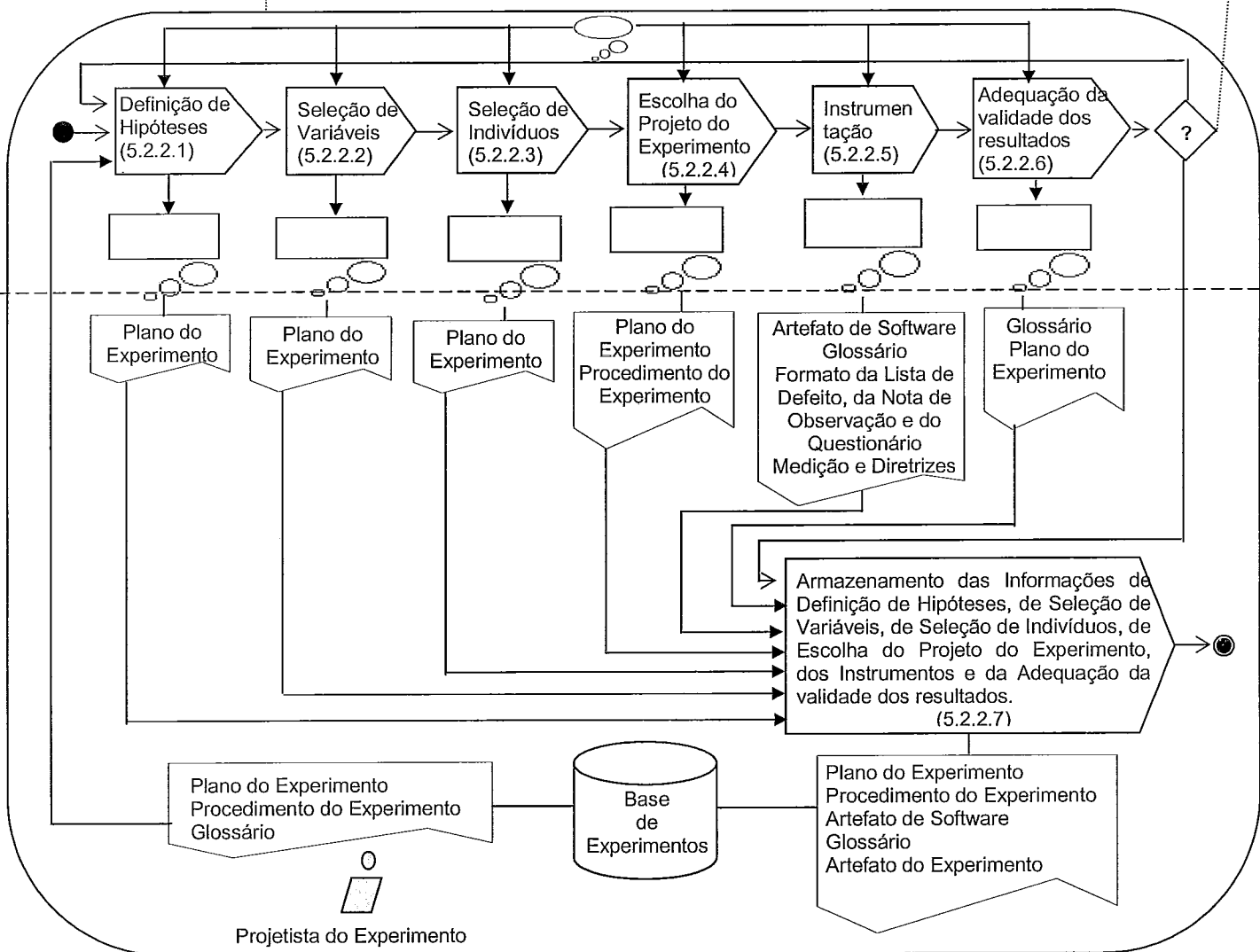


Figura 12 – Etapa de Planejamento

- **Etapa: Planejamento**

- **Atividade(s) elementar(es):**

- ✓ Definição de Hipóteses;
 - ✓ Seleção de Variáveis;
 - ✓ Seleção dos Participantes;
 - ✓ Escolha do Projeto do Experimento;
 - ✓ Instrumentação;
 - ✓ Adequação da validade dos resultados;
 - ✓ Armazenamento das Informações de Definição de Hipóteses, de Seleção de Variáveis, de Seleção de Participantes, de Escolha do Projeto do Experimento, dos Instrumentos e da Adequação da validade dos resultados;

- **Pré-atividade(s): nenhuma.**

- **Condição(ões): nenhuma.**

- **Artefatos:**

- **Entrada(s):** - São as informações sobre os participantes a serem estudados, as hipóteses formuladas, métodos e técnicas a serem utilizados durante o processo, dentre outras. Estas informações representam o conhecimento tácito necessário ao Projetista do Experimento. E serão recuperados os documentos Plano do Experimento, Procedimento do Experimento e Glossário, armazenados na atividade anterior de Definição, para serem atualizados com informações complementares.

- **Saída(s):** Representa o conhecimento explícito formalizado através dos documentos abaixo relacionados, os quais foram totalmente ou parcialmente preenchidos. Este preenchimento parcial/integral dos documentos produzidos nesta etapa é descrito ao final desta etapa.

- ✓ Plano do Experimento;
 - ✓ Procedimento do Experimento;
 - ✓ Artefato de Software;

- ✓ Glossário;
- ✓ Artefato do Experimento;

- **Recursos:**

- **Pessoa:** Pesquisador.

- ✓ **Papel:** Projetista do Experimento;

Responsabilidade: O Projetista do Experimento tem como objetivo principal construir e executar um experimento, desta forma ele deve ter visibilidade aos produtos gerados nesta atividade.

Os documentos que tiveram suas informações totalmente preenchidas nesta etapa são: Glossário, Plano do Experimento, Procedimento do Experimento, Artefato de Software, Descrição do Domínio, Documentos de Requisitos, Documentos da Análise, Modelo do Domínio do Negócio, Documentação do Sistema, Documentação do Usuário, Modelo do Processo de Software, Caso de Teste dos Dados, Documentos do Projeto, Glossário, Formato da Lista de Defeito, Formato da Nota de Observação, Formato do Questionário, Medição e Diretrizes.

5.2.3 – Etapa de Execução

As atividades que compõem esta etapa (Aplicação de Questionários e de Entrevistas, Coleta de Dados, Validação dos Dados), são executadas de forma iterativa com o propósito de reunir as informações necessárias à execução da atividade seguinte de Armazenamento das Informações de Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.

O apêndice D, seção D.3, apresenta estas atividades em detalhes.

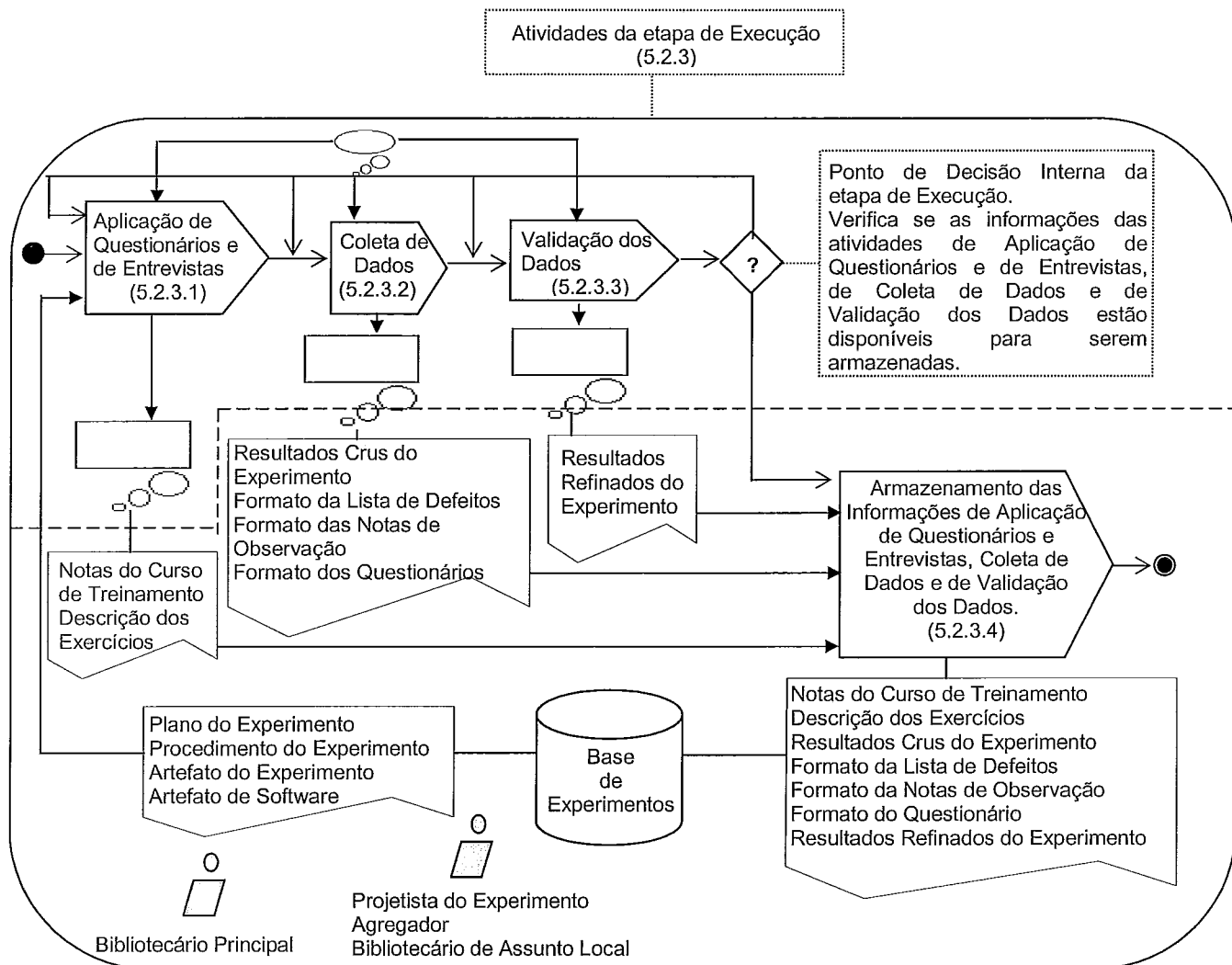


Figura 13 – Etapa de Execução

Esta etapa é descrita abaixo de acordo com a estrutura proposta.

- **Etapa:** Operação
 - **Atividade(s) elementar(es):**
 - ✓ Aplicação de Questionários e Entrevistas;
 - ✓ Coleta de Dados;
 - ✓ Validação dos Dados;
 - ✓ Armazenamento das Informações de Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.
 - **Pré-atividade (s):** nenhuma.
 - **Condição (ões):** nenhuma.

- **Artefatos:**

- **Entrada(s):** Representa as informações sobre o material a ser utilizado na coleta dos dados e os participantes do experimento. Estas informações representam o conhecimento tácito necessário ao Projetista do Experimento para estar realizando as atividades desta etapa. E serão ainda recuperados os seguintes documentos: Plano do Experimento, Procedimento do Experimento, Artefato do Experimento e Artefato de Software, armazenados na atividade anterior de Planejamento, para serem atualizados com informações complementares.

- **Saída(s):** Representa o conhecimento explícito formalizado através dos documentos abaixo relacionados, os quais foram totalmente ou parcialmente preenchidos. Este preenchimento parcial/integral dos documentos produzidos nesta etapa é descrito ao final desta etapa.

- ✓ Notas do Curso de Treinamento;
- ✓ Descrição dos Exercícios;
- ✓ Resultados Crus do Experimento;
- ✓ Formato da Lista de Defeitos;
- ✓ Formato da Nota de Observação;
- ✓ Formato do Questionário;
- ✓ Resultados Refinados do Experimento.

- **Recursos:**

- **Pessoa:** Engenheiro de Software;

- ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal;

Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal deve manter as informações geradas na Base de Experimentos. Portanto ele deve ter visibilidade aos produtos gerados nesta atividade. A visibilidade a estes documentos deve ser referente às localidades existentes no repositório de dados;

- **Pessoa:** Pesquisador.

- ✓ **Papel(is):**

- ❖ Projetista do Experimento;
- ❖ Agregador;
- ❖ Bibliotecário de Assunto Local.

Responsabilidade(s):

- ❖ O Projetista do Experimento tem a responsabilidade de disponibilizar os questionários e exercícios para serem aplicados aos participantes, conforme o plano do experimento.
- ❖ O Agregador tem como objetivo principal coletar, processar, combinar e analisar os dados de um experimento. Desta forma ele deve ter visibilidade aos produtos gerados nesta atividade.
- ❖ O Bibliotecário de Assunto Local é responsável por manter os documentos locais sobre um experimento específico ou sobre uma família de experimentos. Ele deve ter visibilidade aos produtos gerados nesta atividade.

Os documentos que tiveram suas informações totalmente preenchidas nesta etapa são: Notas do Curso de Treinamento, Descrição dos Exercícios, Resultados Crus do Experimento, Lista de Defeitos, Nota de Observação, Questionário e Resultados Refinados do Experimento.

5.2.4 – Etapa de Análise e Interpretação

As atividades que compõem esta etapa (Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões, Geração de Recomendações), serão executadas de forma iterativa, até o momento em que as informações geradas em seus artefatos de saída estejam disponíveis para serem armazenadas na atividade seguinte de Armazenamento das Informações de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e de Geração de Recomendações. O apêndice D, seção D.4, apresenta estas atividades em detalhes.

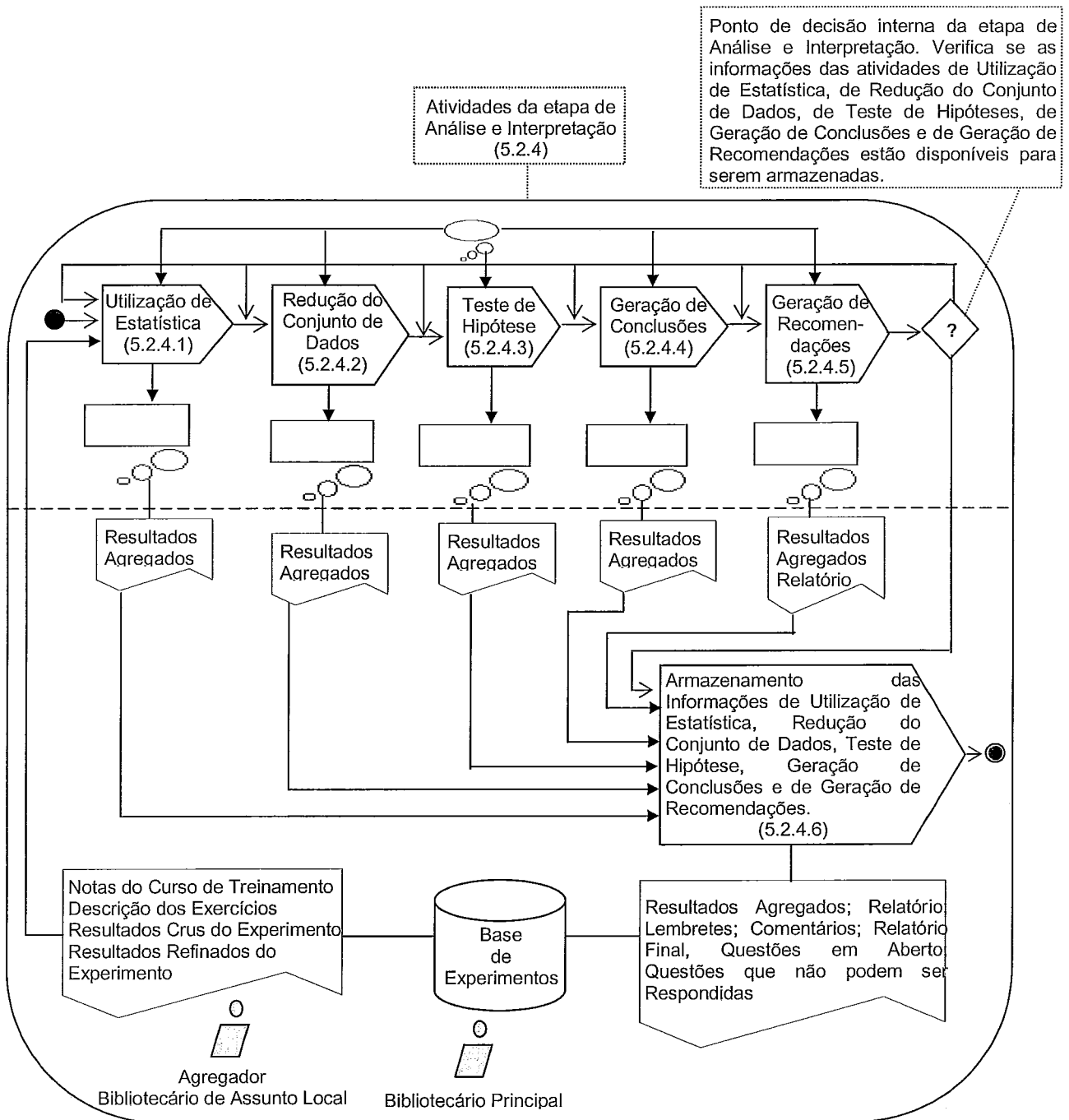


Figura 14 – Etapa de Análise e Interpretação

- **Etapa:** Análise e Interpretação
 - **Atividade(s) elementar(es):**
 - ✓ Utilização de Estatística;
 - ✓ Redução do Conjunto de Dados;
 - ✓ Teste de Hipóteses;
 - ✓ Geração de Conclusões;
 - ✓ Geração de Recomendações;

- ✓ Armazenamento das Informações de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e de Geração de Recomendações;
- **Pré-atividade(s):** nenhuma.
- **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** são os dados coletados que devem estar disponíveis para serem analisados. Assim sendo serão recuperados os documentos Notas do Curso de Treinamento, Descrição dos Exercícios, Resultados Crus do Experimento e Resultados Refinados do Experimento, armazenados na atividade anterior de Operação, para serem utilizados nesta etapa.
 - **Saída(s):** Representa o conhecimento explícito formalizado através dos documentos abaixo relacionados, os quais foram totalmente ou parcialmente preenchidos. Este preenchimento parcial/integral dos documentos produzidos nesta etapa é descrito ao final desta etapa.
 - ✓ Resultados Agregados;
 - ✓ Relatório;
 - ✓ Lembretes;
 - ✓ Comentários;
 - ✓ Relatório Final;
 - ✓ Questões em Aberto;
 - ✓ Questões que não podem ser Respondidas.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Engenheiro de Software.
 - ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal.
 - Responsabilidade(s):** O Bibliotecário Principal deve manter as informações geradas na Base de Experimentos. O seu acesso a estes documentos deve ser referente a todas as localidades existentes na base de experimentos.
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador.
 - Responsabilidade(s):** O Agregador tem como objetivo principal caracterizar, combinar e analisar os dados de um experimento. Desta forma ele deve ter visibilidade aos produtos gerados nesta atividade.
 - ✓ **Papel:** Bibliotecário de Assunto Local.
 - Responsabilidade(s):** O Bibliotecário de Assunto Local deve manter as informações geradas na Base de Experimentos referentes a sua localidade

Os documentos que tiveram suas informações totalmente preenchidas nesta etapa são: Resultados Agregados, Relatório, Lembretes, Comentários, Relatório Final, Questões em Aberto e Questões que não podem ser Respondidas.

5.3 – Conclusões

No processo de execução de um experimento é importante ter certeza que todas as informações foram fornecidas para que este experimento possa ser armazenado e repetido, a fim de ter validade científica. A seção 2.2 – Experimentação na Engenharia de Software discute esta necessidade, assim como a seção 1.1 – Motivação. Desta forma pacotes de experimentos devem ser criados contribuindo sensivelmente para que experimentos possam ser repetidos.

Este capítulo apresentou as propostas dos processos para a execução e empacotamento de documentos e informações utilizados para experimentação. Estes processos são baseados no processo de execução de experimentos proposto por WOHLIN *et al.* (2000), com a diferença de que o empacotamento das informações foi descrito como um processo à parte, executado em paralelo e concomitantemente à execução do experimento. As vantagens esperadas com esta abordagem foram apresentadas neste capítulo.

Em cada uma das etapas dos processos para execução e empacotamento de experimentos foram mostrados os documentos e as informações a serem capturados. A Tabela 9 apresenta uma visão geral dos documentos produzidos no processo para execução de um experimento e armazenados no processo para empacotamento de experimentos. Nesta tabela o símbolo \surd representa as informações armazenadas nos documentos e a etapa de armazenamento. Detalhes adicionais sobre as atividades de cada uma das etapas pode ser encontrado no apêndice D.

A existência de dois processos, o que leva a especificidades de controle e gerência, faz com que o controle sem apoio ferramental se torne difícil e, além disso, dá margem a erros que possam vir a ocorrer, inclusive podendo causar a perda de todo o experimento que está sendo realizado. Desta forma é necessário apoiar, o máximo possível, os processos para execução e empacotamento de experimentos através do uso de alguma estrutura de apoio automatizada. A solução proposta foi a construção de uma base de experimentos utilizando a infra-estrutura *Hyperwave* para representar não só os Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos descrito neste capítulo, mas também o Modelo para Pacote de Experimentos proposto no capítulo 4.

O capítulo 6 descreve a implementação do Modelo e do Processo na infraestrutura *Hyperwave*.

Tabela 9 – Documentos e informações armazenados na execução de um experimento

Documento	Informação	Etapa			
		Definição	Planejamento	Execução	Análise e Interpretação
Pacote do Experimento	toda armazenada	√			
Documento do Experimento		√			
Procedimento do Experimento	questãoPesquisa	√			
	objetivoEspecifico	√			
	requisitoAssunto		√		
Descrição dos Parceiros	toda armazenada	√			
Descrição da Área Temática		√			
Plano do Experimento	Introdução	√			
	trabalhoAnterior	√			
	objetivoGeral	√			
	objetivoEspecifico	√			
	E-mail	√			
	endereçoInternet	√			
Glossário	outras informações		√		
	tipoEstudoEmpírico	√			
Artefato de Software	toda armazenada		√		
Descrição do Domínio			√		
Documentos de Requisitos			√		
Documentos da Análise			√		
Modelo do Domínio do Negócio			√		
Documentação do Sistema			√		
Documentação do Usuário			√		
Modelo do Processo de Software			√		
Caso de Teste dos Dados			√		
Documentos do Projeto			√		
Formato da Lista de Defeito			√		
Formato da Nota de Observação			√		
Formato do Questionário			√		
Medição			√		
Diretrizes			√		
Notas do Curso de Treinamento				√	
Descrição dos Exercícios				√	
Resultados Crus do Experimento				√	
Lista de Defeitos				√	
Nota de Observação				√	
Questionário				√	
Resultados Refinados do				√	
Resultados Agregados					√
Relatório					√
Lembretes					√
Comentários					√
Relatório Final					√
Questões em Aberto				√	
Questões que não podem ser Respondidas				√	

Capítulo 6

Infra-Estrutura para Empacotamento de Experimentos

Este capítulo mostra os conceitos básicos da plataforma Hyperwave e apresenta a solução encontrada para implementar o modelo para Pacote de experimentos e o processo de empacotamento de experimentos nesta infra-estrutura.

6.1 - Introdução

Muitos experimentos são realizados em meio acadêmico e industrial e as informações e conhecimentos resultantes das atividades do processo de experimentação necessitam ser armazenadas para evitar que sejam perdidas e permitir o seu reaproveitamento. A disponibilização de uma infra-estrutura de armazenamento de experimentos na *Web* pode permitir que vários pesquisadores tenham acesso aos experimentos que estejam sendo executados em determinado local, possibilitando com isto que haja um melhor gerenciamento dos experimentos em execução (PEREIRA *et al.*, 2002).

Desta forma foi necessário definir uma infra-estrutura para a base de experimentos. A infra-estrutura escolhida foi o *Hyperwave*, sendo que para sua escolha não foram realizados estudos de avaliação e pesquisas bibliográficas, basicamente foi escolhida por ser uma tecnologia disponível para instituições de pesquisa e ensino, por oferecer recursos e serviços para o gerenciamento de bases de conhecimento na *Web*, pela experiência de uso por outras equipes de engenharia de software experimental como a do projeto CEBASE (www.cebbase.org), e por este trabalho estar inserido no projeto *Readers*, que é um projeto de colaboração científica entre o Brasil e os Estados Unidos com o apoio do CNPq/NSF.

6.2 – Estrutura do *Hyperwave*

Inicialmente o *Hyperwave* recebeu o nome de Hyper-G, mudando para *Hyperwave* quando foi comercializado em 1996. O Hyper-G foi concebido na

Universidade de Tecnologia de Graz, por uma equipe chefiada por Hermann Maurer e Frank Kappe. Representa um avanço sobre a *Web*, pois ele provê uma utilização real da hipermídia. Ele possui ferramentas que dão suporte a estruturação, manutenção e serve a dados multimídia heterogêneos, garantindo uma consistência automática de *hyperlinks*, dá suporte ao uso de *hyperlinks* dentro de documentos multimídias, possui um sistema de recuperação de textos e um sistema de segurança similar ao do Unix (FLOHR, 1995). Além disso, é uma infra-estrutura de gerência do conhecimento em grande escala voltada para a *Web*, com um esquema de acesso hierárquico, suporte a múltiplas línguas e facilidades de inserção de documentos, dentre outras funcionalidades. De uma forma mais simples pode ser entendido como um sistema de informação similar a um banco de dados (ANDREWS *et al.*, 1995).

O *Hyperwave* possui flexibilidade de instalação em diferentes tipos de sistemas operacionais, possibilitando a escolha adequada ao tipo da organização onde será utilizado. A instalação pode ser realizada nos seguintes sistemas operacionais: Microsoft Windows NT 4.0/2000; SUN Solaris 2.6 /7/8; Linux 2.2.x; IBM AIX 4.3.3 e; HP-UX 11.0. Oferece interface para integração com os Bancos de Dados Microsoft SQL Server 2000 e o Oracle Database 8i (8.1.7). Oferecendo, também, um banco de dados nativo do sistema. Após sua instalação o sistema pode ser acessado através do Microsoft Internet Explorer Versão 5.0 ou versões mais novas, Netscape Navigator Versão 4.5, 4.7, assim como, outros *browsers* podem ser utilizados após algumas configurações.

O *Hyperwave* é composto pelas seguintes estruturas: HIP(*Hyperwave Information Portal*), eLS(*Hyperwave e-Learning Suite*) e HIS(*Hyperwave Information Server*), sendo descritas a seguir.

6.2.1 - HIP (*Hyperwave Information Portal*)

O HIP é apenas uma forma segura de acessar o HIS, contribuindo e trocando informações relevantes. Pode ser utilizado para acessar informações de origem interna a instituição ou de servidores externos, tudo através de um padrão de interface *web*. Oferece a possibilidade de criação de um *Portal Desktop*, que é um local onde cada usuário pode definir o seu próprio portal e continuar a acessar os serviços disponibilizados pelo HIS.

O *Portal Desktop* consiste de várias *tabs*. As *tabs* ajudam a organizar as informações no HIP, elas são como índices de cartões (abas) onde o usuário pode guardar informações e o acesso a essas *tabs* pode ser restrito a usuários que estão

desempenhando determinados papéis. O conceito de papel com o qual o HIP trabalha permite ao usuário que está criando as *tabs* especificar quais *tabs* serão exibidas no portal para um certo grupo de usuários.

As *tabs* podem conter *tracks*, responsáveis por exibir informações na forma de figuras, textos, HTML, dentre outras. É permitido também aos usuários criar as suas próprias *tracks*.

O HIP viabiliza a possibilidade de integração com aplicações desenvolvidas em java, javascript e XML, dentre outras.

6.2.2 - eLS (*Hyperwave e-Learning Suite*)

O eLS oferece mecanismos de controle de acesso a cursos e materiais. As unidades são acessadas através das salas virtuais e a interação entre os participantes é realizada via e-mail, *chats*, fórum de discussões e *NetMeeting*.

Os participantes podem inserir comentários e notas sobre o curso, criando uma memória corporativa e as informações inseridas podem ser públicas ou restritas a alguns grupos de usuários utilizando o conceito de papéis do HIP.

6.2.3 - HIS (*Hyperwave Information Server*)

O foco principal do HIS é o armazenamento e gerenciamento de documentos.

Disponibiliza também uma facilidade de acesso às informações com o uso de navegador *web*.

6.3 – A estrutura da informação no HIS (*Hyperwave Information Server*)

O servidor de informações do *Hyperwave* é um sistema robusto com um enfoque totalmente voltado a gestão de conhecimento. Permite armazenamento, manutenção e acesso de documentos e outros objetos com segurança, disponibilizando uma política de controle de acesso.

Um documento contém dados ou parte de dados que possam ser armazenados em um arquivo. Cada documento é acompanhado pelo seu registro do objeto. O registro do objeto contém meta dados para o documento. O meta dado é uma lista de atributos que pode ser estendida pelo usuário. Certos atributos são sempre definidos pelo *Hyperwave*, outros podem ser modificados pelo usuário. Um atributo é um par nome e valor no formato de nome=valor. O registro do objeto completo contém tantos pares de nome/valor quanto o usuário deseje.

Os usuários podem desempenhar diferentes papéis em suas atividades. O mecanismo de papel oferecido pelo *Hyperwave* possibilita fazer com que informações

relevantes sejam compartilhadas apenas aos usuários que necessitam delas. Para cada papel pode ser atribuído um administrador de papel, o qual terá a responsabilidade de inserir, alterar e retirar usuários de um papel. Um usuário pode estar inserido em um ou mais papéis, podendo-se definir uma hierarquia de papéis e, conseqüentemente, de acesso também.

Tipicamente servidores multimídia são caracterizados por quase uma completa falta de estruturação da informação. A unidade da informação é tipicamente a página HTML, que é carregada para o servidor e geralmente ligada a outras páginas. Estes *links* são simples referências à localização de outros documentos, e se um documento é movido ou apagado então um *link* para lugar nenhum permanece. Se um servidor tem centenas ou milhares de documentos, com o tempo torna-se impossível manter todos os *links* no documento. E, além disso, as páginas no servidor simplesmente estão lá e não é possível impor um sistema de organização nelas. Pode-se ansiar por capacidades mais avançadas de organização da informação, de tal forma que seja mais fácil localizar as páginas ou de classificá-las por tópicos.

O *Hyperwave* tem características que ajudam a eliminar estes problemas, como as coleções e *hyperlinks*. Estes termos são definidos nas seções seguintes.

6.3.1 - Coleções

Coleções são os elementos mais importantes na estrutura da informação no *Hyperwave*. Elas podem conter objetos como textos html, gráficos, filmes, javascript ou outras coleções. Pode-se pensar em coleções como sendo análogo a um sistema de arquivos com diretórios que contêm arquivos, bem como outros diretórios. As coleções usam a mesma estrutura hierárquica de informação que os diretórios.

A estrutura hierárquica de uma coleção pode ser vista como uma árvore dinâmica (Figura 15).

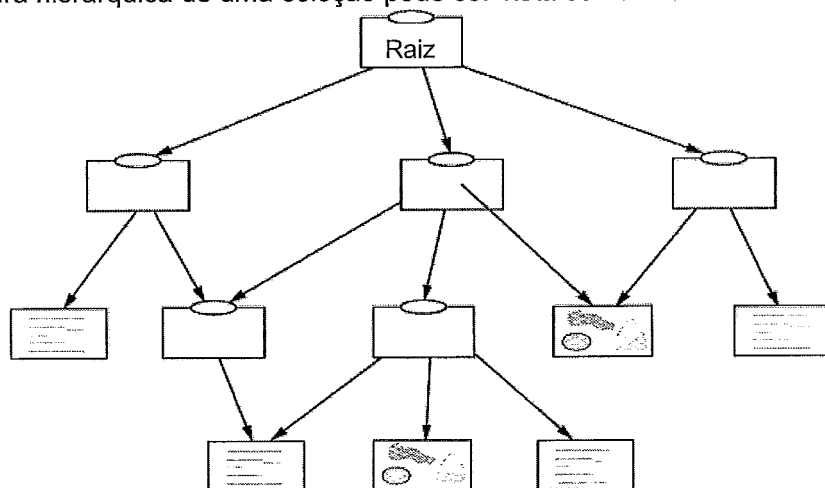


Figura 15 – Estrutura da Coleção

Coleções e documentos podem ser adicionados e removidos, e também movidos livremente de uma coleção para outra. A única restrição é que uma coleção não pode pertencer diretamente ou indiretamente a ela mesma.

Quando um objeto, documento ou coleção, é colocado no servidor, ele deve ser, sem exceção, inserido em uma coleção existente. Desta forma torna-se possível encontrar todas as informações no servidor através da navegação pelas coleções da hierarquia, sem necessariamente procurar pelo link dos documentos.

As coleções têm pelo menos dois propósitos: um diz respeito a pesquisa e o outro aos direitos de acesso. Devido as coleções terem uma função de delimitação, elas podem ser usadas para limitar o escopo das pesquisas. É possível declarar direitos de acesso para uma determinada parte da hierarquia da coleção, designando que somente a um determinado grupo de usuários é permitido ver ou modificar uma determinada coleção.

6.3.2 - Hyperlinks

Como mencionado no início deste capítulo, uma grande diferença entre o *Hyperwave* e os servidores típicos da internet é que o *Hyperwave* automaticamente mantém a consistência do link. Isto significa dizer que quando um objeto é removido de um servidor *Hyperwave*, os *links* apontando para ele são também automaticamente removidos, e desta forma nunca serão encontrados *links* "quebrados" em um servidor *Hyperwave*. Isto é possível pois o *Hyperwave* armazena os *links* separadamente dos documentos, e para cada *link* sabe-se de onde ele vem e para onde ele está apontando, em vez de simplesmente ter os ponteiros apontando para um documento. Desta forma quando um documento é apagado, o *Hyperwave* pode checar que *links* estão apontando para ele apagá-los também. Outra vantagem deste sistema é que para qualquer documento pode-se facilmente descobrir que *links* estão apontando para ele. O *Hyperwave* ainda permite que seja gerado um mapa para qualquer objeto mostrando os objetos que têm *link* apontando para ele e para quais objetos ele tem *link*. Isto pode ser útil quando se deseja apagar documentos no servidor, evitando-se de remover um documento que alguém se refere a ele ou pelo menos se quer informar a esta pessoa de que o documento será removido.

Detalhes adicionais sobre os conceitos apresentados podem ser encontrados em (HIP, 2000, HIS, 2000, HUG, 1997).

6.4 – Implementação no *Hyperwave*

A criação do ambiente para empacotamento de experimentos consiste em criar mecanismos para representar o Modelo para Pacote de Experimentos, descrito na seção 4.2, e o Processo para Empacotamento de Experimentos descrito na seção 5.2, na infra-estrutura *Hyperwave*.

O Modelo para Pacote de Experimentos contém características próprias de modelos representados através da UML como agregação, herança, generalização, dentre outros, que devem ser implementados no *Hyperwave*. Algumas destas características são implementadas pela infra-estrutura entretanto outras não são. A seção 6.4.1 – Instanciação do Modelo para Pacote de Experimentos na Infra-Estrutura *Hyperwave* descreve como foi implementado o Modelo para Pacote de Experimentos no *Hyperwave*, mostrando como as características existentes foram implementadas e como foi resolvido o problema das inexistentes no *Hyperwave*.

Da mesma forma, o Processo para Empacotamento de Experimentos contém etapas que devem ser seguidas, atividades que devem ser realizadas seguindo-se uma ordem pré-definida, e diferentes pessoas que desempenham determinados papéis nas atividades a serem realizadas. A seção 6.4.2 – Instanciação do Processo de Empacotamento de Experimentos na Infra-Estrutura *Hyperwave*, descreve como o Processo para Empacotamento de Experimentos foi implementado no *Hyperwave*.

6.4.1 – Instanciação do Modelo para Pacote de Experimentos na Infra-Estrutura *Hyperwave*

A instanciação do Modelo para Pacote de Experimentos na infra-estrutura *Hyperwave* foi realizada através da representação dos documentos existentes no modelo em *Document Classes*.

Na instanciação no *Hyperwave* utilizou-se os conceitos de generalização e especialização para representar a hierarquia do modelo de pacote de experimentos. As estruturas de generalizações e especializações existentes foram representadas no *Hyperwave* através da criação de coleções, descrito em 6.3.1 – Coleções, e dentro delas outras coleções(sub-coleções) para conter os documentos que estão no mesmo nível de hierarquia. A idéia da criação de coleções e de sub-coleções é de organizar os documentos de acordo com a estrutura de pacotes apresentada no modelo, facilitando a sua organização e entendimento.

Uma vez definidas as classes em *Document Classes*, elas puderam ser instanciadas para a criação dos documentos na infra-estrutura *Hyperwave*, e neste momento são utilizados os conceitos de relacionamento, herança e de papéis, para representar relacionamentos entre os documentos e controle de acesso aos documentos criados. A forma como estes conceitos foram implementados são descritos a seguir.

A associação entre documentos existe devido a necessidade de troca de informações entre eles, representada pelo acesso aos valores dos seus atributos. As associações existentes no modelo foram representadas através da criação de um vetor no(s) documento(s) que contém relacionamentos para outros documentos e definindo-se operações para permitir o acesso aos atributos relacionados.

Os relacionamentos de agregação existentes no modelo foram representados através da criação de um *hyperlink* (ponteiro) do documento principal para os documentos que compõem as suas partes. No exemplo da figura 16 foi criado um *hyperlink* do documento Pacote do Experimento (documento principal) para Documento do Experimento (documento parte do documento principal).

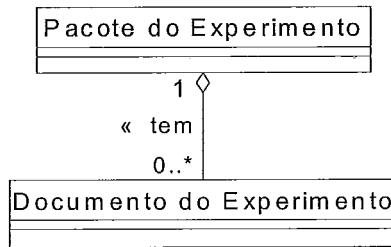


Figura 16 – Relacionamento de Agregação

Os mecanismos de herança existentes no modelo, através do uso de generalizações e especializações, são implementados pelo próprio *Hyperwave* como uma característica intrínseca quando da criação de suas classes. A figura 17 apresenta um relacionamento de herança.

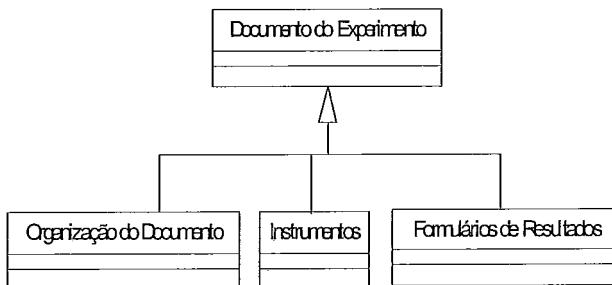


Figura 17 – Relacionamento de Herança

As representações de papéis presentes no modelo foram representadas através da criação de grupos para cada papel existente no modelo e definidos os seus direitos de acesso.

A figura 18 mostra o Modelo para Pacote de Experimentos instanciado na infraestrutura *Hyperwave*.

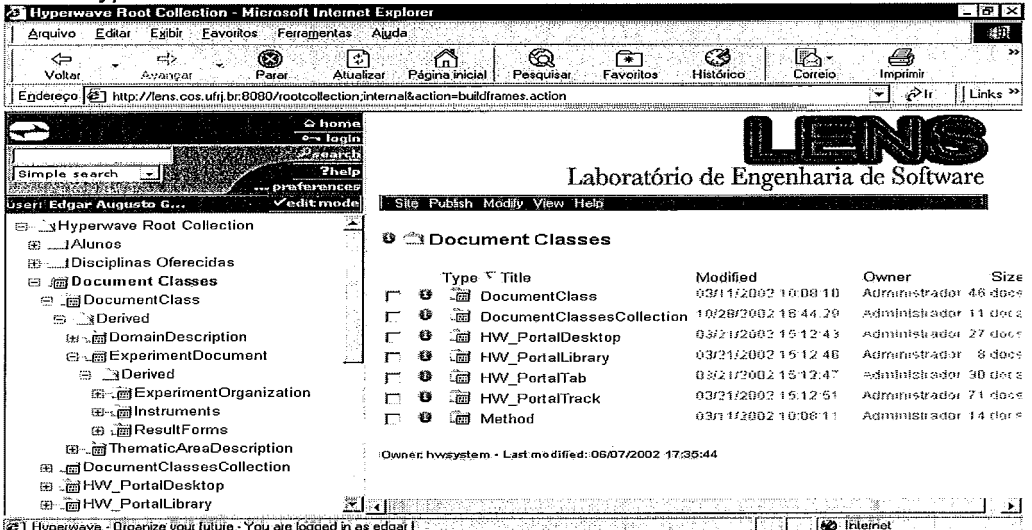


Figura 18 – Modelo para Pacote de Experimentos instanciado no *Hyperwave*

Os documentos foram criados de acordo com as representações para os mecanismos de agregação, herança, associações, generalizações, e especializações existentes no modelo. Inicialmente foi criado o documento Pacote do Experimento em uma coleção e posteriormente foram criados todos os outros documentos do modelo.

Desta forma a criação do pacote de um experimento será sempre realizada dentro de uma coleção denominada "Pacote de Experimento". Os documentos referentes a um experimento serão criados através do método *add_docs*. Utilizou-se Javascript para implementar os métodos e construtores. Um trecho do método *add_docs* para a criação dos pacotes Organização do Experimento e Instrumentos é mostrado a seguir.

```
function main(api,args)
{
    ** criação da coleção Instruments Package **
    var IP_Name = args.hw_this.object.Name+"Instruments_Package";
    var out = api.construct({classname:"InstrumentsPackage",parameters:{Title:new
    HW_API_LanguageString("en","Instruments Package"),
    Name:IP_Name,hw_requiredattributes:args.hw_requiredattributes,
    parentidentifier: args.hw_this.object.Name});
    if(out.error.error()) return out.error;

    ** criação dos documentos do pacote Instruments Package **
}
```

```

var out
=api.call({methodname:"create_docs",objectidentifier:IP_Name,parameters:{h_requir
edattributes:args.hw_requiredattributes}});
if(out.error.error()) return out.error;

** criação da coleção Experiment Organization Package **
var EO_Name = args.hw_this.object.Name+"EO_Package";
var out =
api.construct({classname:"ExperimentOrganizationPackage",parameters:{Name:EO
_Name,
Title:new HW_API_LanguageString("en","Experiment Organization
Package"),hw_requiredattributes:args.hw_requiredattributes,
parentidentifier: args.hw_this.object.Name}});
if(out.error.error()) return out.error;

```

6.4.2 – Instanciação do Processo de Empacotamento de Experimentos na Infra-Estrutura *Hyperwave*

Para instanciar o processo na infra-estrutura do *Hyperwave*, é necessário criar um *Portal Desktop*, pois ele permite criar um ambiente com as funcionalidades que são importantes para uma aplicação, no caso específico a de empacotamento de experimentos, e ainda utilizar as funcionalidades disponíveis pelo ambiente. Para criar o *Portal Desktop* de empacotamento de experimentos definiu-se o construtor *Packing Desktop*. O código deste construtor é apresentado a seguir.

```

function main(api,args)
{
var out=api.object({objectidentifier:args.parentidentifier});
if (out.error.error()) return out.error;

var name=out.object.Name+"/"+args.title.replace(/ /g,"_");

var out=api.object({objectidentifier:name});
if (!out.error.error())
{
var check=false;
var i=2;
while (check==false)
{
var out=api.object({objectidentifier:name+"_"+i});
if (out.error.error())
check=true;
else
i++;
}
name=name+"_"+i;
}
}

```

A figura 19 mostra um *Portal Desktop* criado na infra-estrutura *Hyperwave*.

As etapas de definição, planejamento, operação, análise e interpretação, descritas na seção 5.2 – Processo para Empacotamento de experimentos, representam as etapas que devem ser realizadas para que um experimento seja

executado e paralelamente empacotado. Estas etapas são representadas na forma de *tabs* criadas dentro do *Portal Desktop*, organizando desta forma a execução e empacotamento de experimentos. Para criar as *tabs* no *Portal Desktop* foi definido o método *add tabs*. Um trecho deste método mostrando a criação da *tab* de Definição é apresentado a seguir.

```
function main(api,args)
{
var filho = api.children({objectidentifier:args.hw_this.object.GOID})
if(filho.error.error()) return filho.error;
if(!filho.objects.length)
{
** especificação da classe Definition que será criada **
var out= api.construct(
{classname: "Definition",parameters:
{
hw_requiredattributes : args.hw_requiredattributes , title: new
HW_API_LanguageString("en","Definition") ,columnratio: "30", refresh_time: "15",
parentidentifier: args.hw_this.object.Name
}});
if(out.error.error()) return out.error;
var pack=api.get("package");
if(pack.error.error()) return pack.error;
var out1=api.set("package",pack.value,out.objectidentifier);
if(out1.error.error()) return out1.error;
var out= api.construct(
```

A figura 19 mostra um *Portal Desktop* com as *tabs* criadas.

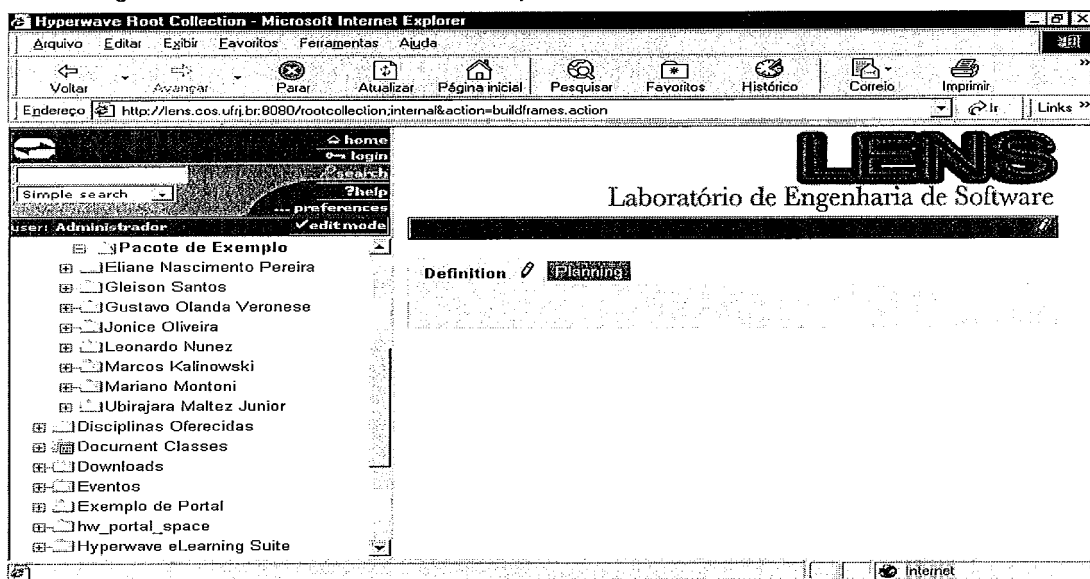


Figura 19 – *Tabs* criadas no *Portal Desktop*

Quando as *tabs* são criadas serão disponibilizadas ao projetista do experimento inicialmente as etapas de Definição e Planejamento. A etapa de Operação será disponibilizada quando as informações necessárias às etapas anteriores, de Definição

e Planejamento, estiverem preenchidas. A etapa de Análise e Interpretação será disponibilizada quando as informações necessárias à etapa anterior, de Operação, estiverem preenchidas, conforme descrito na seção 5.2 – Processo para Empacotamento de Experimentos.

Após a criação das *tabs* é necessário criar as atividades de cada etapa. As atividades são criadas dentro de uma *track* através do método *Add Activity Tracks*. Um trecho deste método é apresentado a seguir.

```
function main(api,args)
{
    var activity = args.hw_this.classdefinition.name;
    var flag = true;

    var exp=api.get("pack");
    if(exp.error.error()) return exp.error;

    ** criação das atividades dentro do pacote "Experiment Package" **
    writeln('<h4>Experiment Package: '+exp.value+'</h4>');
    // writeln('<hr><hr><h4> Packages:</h4>');
    var out=api.children({objectidentifier:exp.value});
    if (out.error.error()) return (out.error);
    var objs=[];
    for (var i=0; i<out.objects.length; i++)
    {
        var obj=out.objects[i];
        var the_Name=typeof(obj.Name)=='undefined'?":obj.Name;
        var the_GOid=obj.GOid.replace(" ","_");
        objs[i]={GOid:the_GOid,Name:the_Name,displayed:false};
    }
    for(var i=0;i<objs.length;i++)
    {
```

A figura 20 mostra as atividades criadas nas *tracks*.

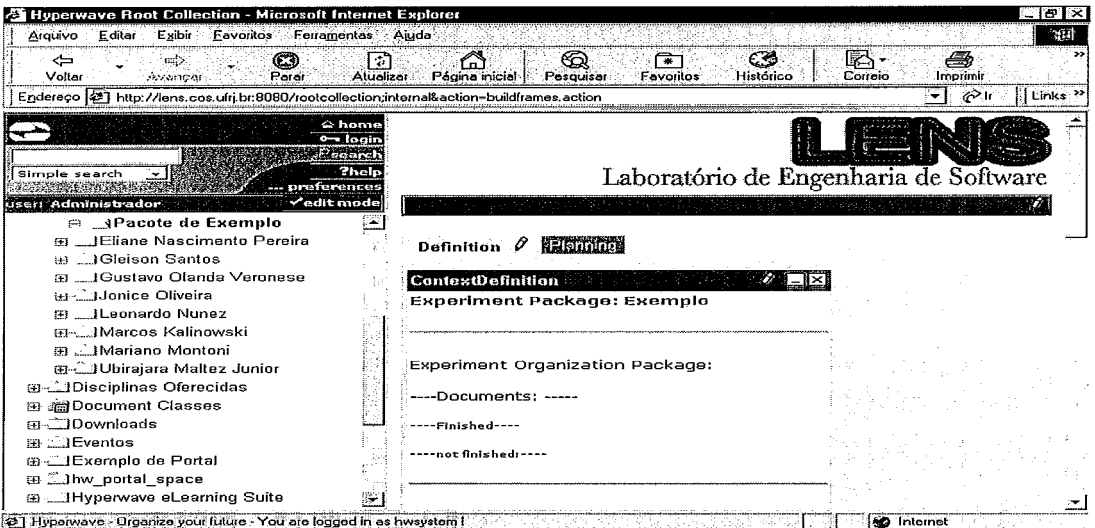


Figura 20 – Atividades criadas nas *tracks*

Cada uma das etapas contém as suas atividades e os documentos que são utilizados na atividade específica, conforme descrito na seção 5.2 – Processo para Empacotamento de Experimentos. Em cada atividade há um controle de quais documentos e atributos estão disponíveis para serem preenchidos em determinada atividade, podendo ficar atributos a serem preenchidos na atividade e/ou etapa seguinte. Este controle é realizado pelos métodos de cada documento. Um trecho do método referente a atividade de Definição do Contexto é mostrada a seguir.

```
function main()
{
    var attr=["typeEmpiricalStudy"];
    args.result=true;
    for var x in attr
    {
        var out= api.get(attr);
        if(out.error.error()) return out.error;
        if(out.value=='undefined' || out.value=='')
            args.result=false;
    }
}
```

Quando uma etapa é criada os seus documentos aparecem com a informação de “não finalizados”, à medida que são totalmente preenchidos eles passam a fazer parte do status de “finalizados” e a próxima etapa é disponibilizada, conforme o processo descrito na seção 5.2 – Processo para Empacotamento de Experimentos. A figura 20 mostra alguns documentos com o status de “finalizados”/“não finalizados”.

6.5 – Empacotamento de um experimento na infra-estrutura *Hyperwave*

Esta seção descreve o empacotamento de um experimento na infra-estrutura *Hyperwave*, baseado no Modelo para Pacote de Experimentos, descrito no capítulo 4, e no Processo para Empacotamento de Experimentos, descrito no capítulo 5.

Este experimento foi realizado na COPPE/UFRJ com estudantes de mestrado na disciplina de Engenharia de Software Experimental, e teve por objetivo avaliar a utilização das técnicas de inspeção PBR e OORT’S (TRAVASSOS *et al.*, 2001a) em diferentes contextos e diferentes línguas.

Os seguintes passos foram seguidos para a criação do pacote e empacotamento das informações do experimento:

- 1) Criação do pacote de experimentos;
- 2) Criação dos documentos no pacote de experimentos;

- 3) Criação das etapas no pacote de experimentos;
- 4) Empacotamento das informações no pacote de experimentos.

Estes passos são descritos em detalhes a seguir.

6.5.1 – Criação do pacote de experimentos

Estando no ambiente *Hyperwave* deve-se ir até a coleção com o nome de “Pacotes de Experimentos”, em seguida acessar a barra de menu no lado direito que contém a opção *Publish*, e depois a opção *Experiment Package: constructor*, que irá chamar um construtor para criar o pacote de experimentos na coleção “Pacotes de Experimentos”. Será pedido então o nome do pacote a ser criado. O pacote criado foi denominado de “COS727-2002(PBR+Arquiteturas)”.

A figura 21 mostra o pacote de experimentos criado.

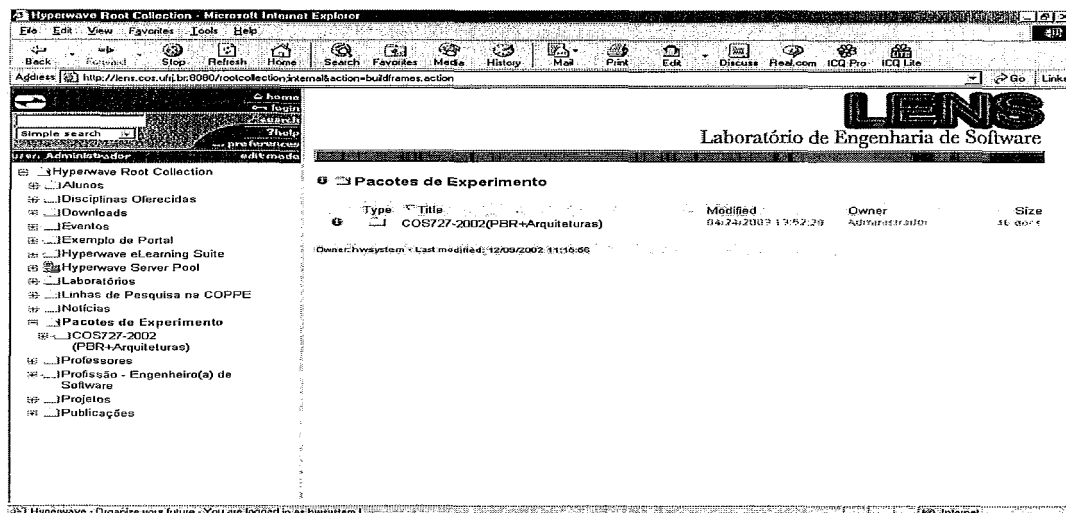


Figura 21 – Pacote de experimentos criado

6.5.2 – Criação dos documentos no pacote de experimentos

Em seguida, com o pacote criado, deve-se clicar no pacote para acessá-lo e será mostrada uma barra de menu. Deve-se escolher a opção *Experiment Package* e depois clicar em *add_docs*. Neste momento serão criados os pacotes de documentos *Experiment Organization Package*, *Instruments Package* e *Result Forms Package*, e os documentos que os compõem, conforme descrito em 4.2 – Modelo para Pacote de Experimentos.

A figura 22 mostra os documentos criados no pacote.

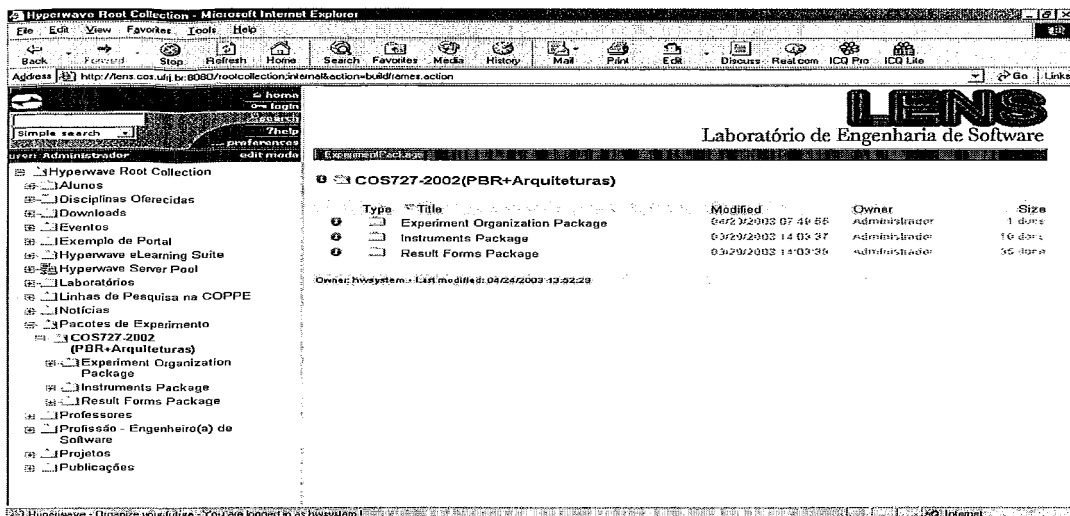


Figura 22 – Documentos criados no pacote

6.5.3 – Criação das etapas no pacote de experimentos

Para criar um *Portal Desktop* deve-se estar no local (coleção) desejado para criar o portal e então clicar na opção *Publish*. Esta opção *Publish* mostra uma opção com o nome de *Packing Desktop*, clicando-se nela será mostrada uma interface pedindo um título para o portal e qual o pacote que deve ser relacionado a este portal. É importante lembrar que o nome do pacote deve ser o mesmo que foi informado quando da sua criação. Para criar as *tabs* deve-se clicar em cima do *Portal Desktop* e em seguida na opção *add tabs*. Clicando-se agora em cima das *tabs* será mostrada a opção *add activity tracks* responsável por criar as atividades de cada etapa.

A figura 23 mostra as atividades criadas no pacote.

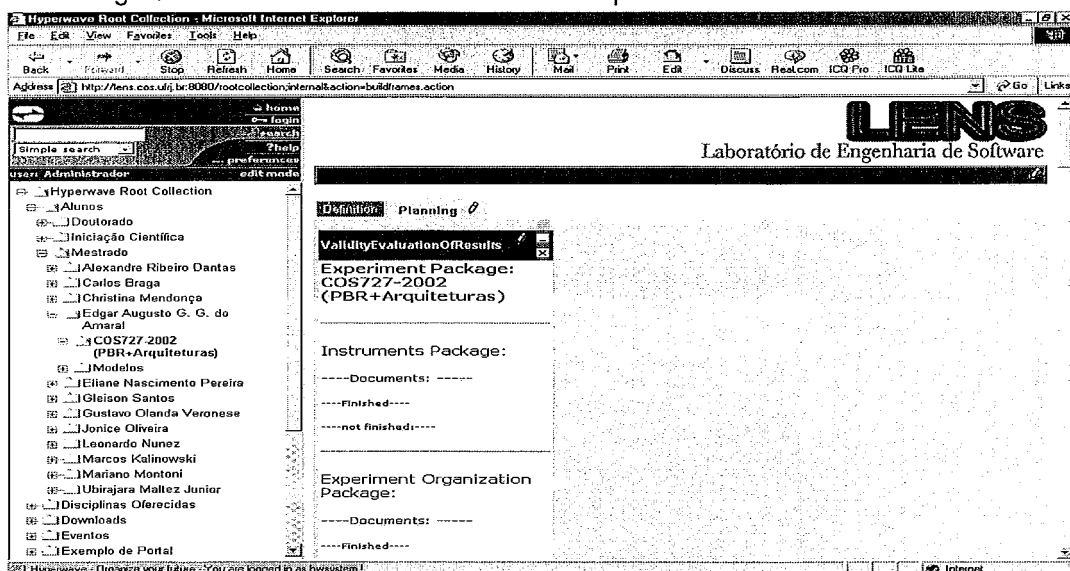


Figura 23 – Atividades criadas no pacote

6.5.4 – Empacotamento das informações no pacote de experimentos

O empacotamento das informações do experimento foi realizado baseado nos documentos disponíveis em meio magnético e papel, sendo que os formulários utilizados foram digitalizados para o empacotamento.

Para armazenar uma informação em um documento deve-se clicar na *tab* desejada, em seguida clicar no documento que terá as informações armazenadas, e posteriormente será mostrada uma interface conforme a figura 24.

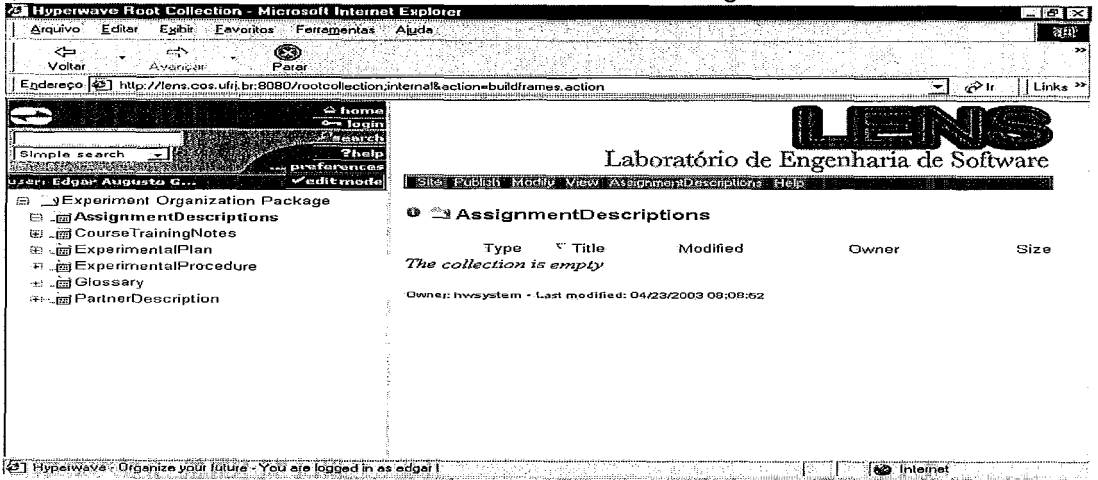


Figura 24 – Documento a ter informação armazenada

Deve-se então clicar no símbolo em vermelho, ao lado do nome do documento, e em seguida será mostrada uma interface com o nome de *Atributes* e com o nome de *Edit DC Members*, que ao ser clicado mostra os atributos do documento nos quais podem ser armazenadas informações, conforme mostra a figura 25.

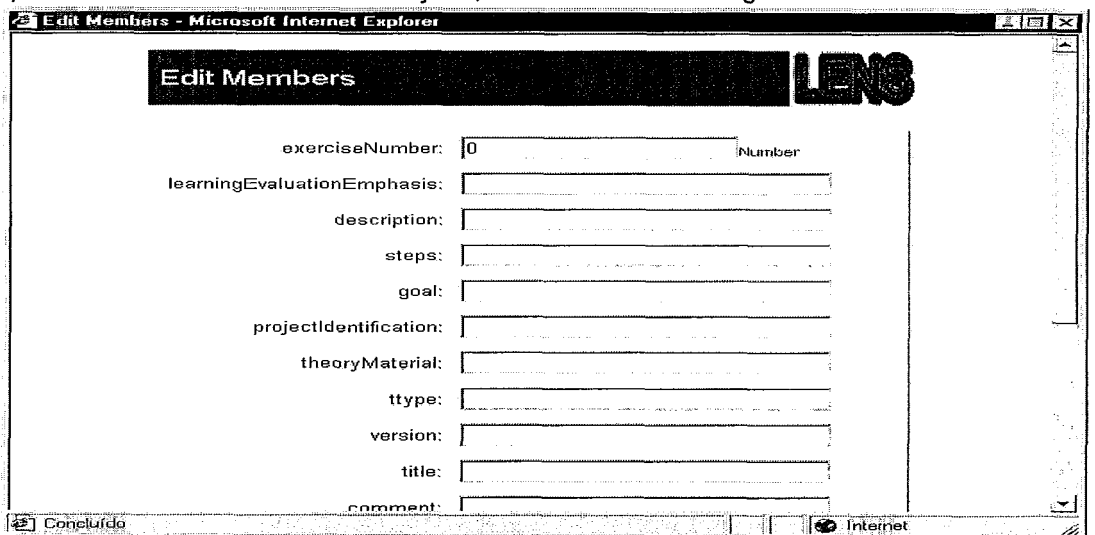


Figura 25 – Atributos de um documento

Neste experimento foram empacotadas informações nos seguintes documentos: *Experiment Package*, *Experiment Document* e *Experimental Plan*. A figura 26 mostra um documento empacotado.

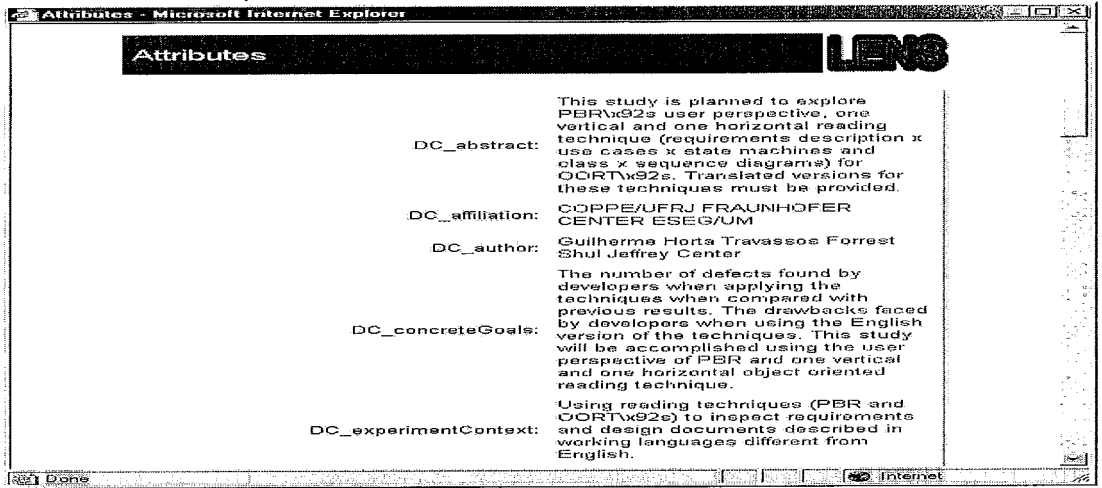


Figura 26 – Documento empacotado

O *Hyperwave* permite também que sejam anexados arquivos em documentos. O procedimento para anexar um arquivo é semelhante ao de armazenar informações em um documento, diferindo no momento em que aparecem as opções na barra de menu, deve-se escolher a opção *Publish* e em seguida a opção *File*. A opção *File* abre uma caixa de diálogo para ser encontrado o caminho onde o arquivo está e anexá-lo ao documento.

Nos documentos *Defect List Template*, *Questionnaire Template*, *Requirements Documents*, *Observational Note Template*, *Experimental Raw Result*, *Questionnaires* e *Defect List* foram anexados arquivos utilizados no experimento. A figura 27 mostra um documento com arquivos anexados.

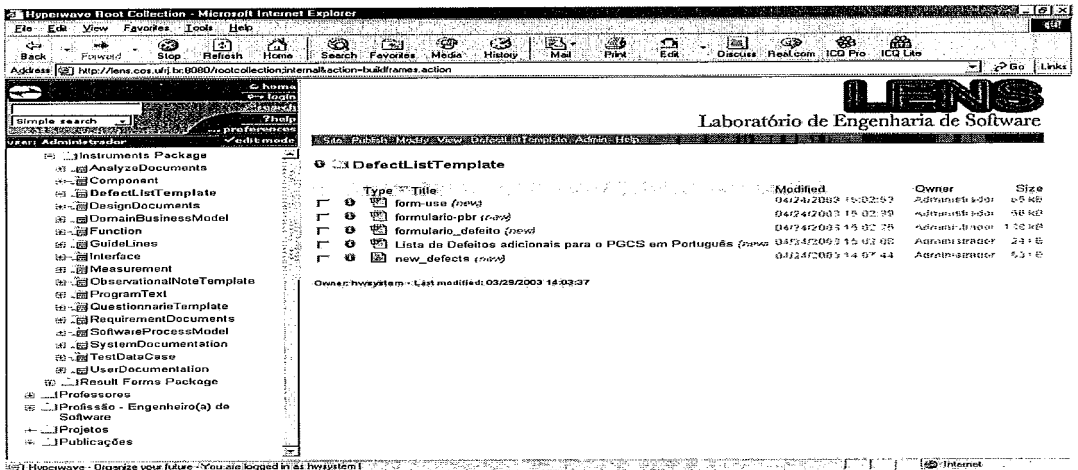


Figura 27 – Documento com arquivos anexados

6.6 – Conclusões

Este capítulo mostrou a instanciação do Modelo para Pacote de Experimentos e do Processo de Empacotamento de Experimentos propostos, na infra-estrutura *Hyperwave*. Na instanciação do Modelo foram utilizados mecanismos de herança, generalização e especialização presentes na própria infra-estrutura *Hyperwave*. Os mecanismos de agregação e relacionamento, que não são disponibilizados pelo *Hyperwave*, foram implementados com o uso de ponteiros e vetores respectivamente. Para representar os papéis na infra-estrutura foram criados grupos de usuários para cada papel participante do processo de execução e empacotamento de experimentos. Talvez esta não seja a melhor solução para o uso de papéis, entretanto foi a adotada como solução imediata.

O Processo de Empacotamento foi instanciado na infra-estrutura *Hyperwave* através da criação do *Portal Desktop*, *tabs* e *tracks*. As *tabs* representam as etapas do processo de execução e empacotamento de experimentos e as *tracks* representam as atividades de cada uma destas etapas.

Para avaliar o modelo e o processo instanciados na infra-estrutura *Hyperwave*, empacotou-se um experimento realizado em uma disciplina de engenharia de software experimental na COPPE/UFRJ.

O próximo capítulo apresenta as conclusões, contribuições, restrições e limitações, e trabalhos futuros que podem ser realizados na área de engenharia de software experimental.

Capítulo 7

Conclusões

Este capítulo apresenta as conclusões, contribuições, restrições e limitações, e os trabalhos futuros que podem ser realizados proveniente desta dissertação.

7.1 - Conclusões

Baseado na necessidade de realização de estudos experimentais na Engenharia de Software e entendendo que a criação de pacotes de experimentos representa uma característica importante neste contexto, esta tese descreveu um Modelo para Pacote de Experimentos (mostrando que informações são importantes de se ter quando da execução de um experimento) e Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos (definindo que etapas e atividades devem ser executadas para executar e empacotar as informações descritas no Modelo). Além disto, para apoiar o modelo e os processos, foi construído um protótipo de infra-estrutura computacional baseado na tecnologia do *Hyperwave*, contendo uma implementação do processo de empacotamento e uma base de experimentos.

Acreditamos que a disponibilização de experimentos o mais cedo possível pode levar a novas descobertas, identificação e aproximação dos pesquisadores de diversos locais e possibilidade que experimentos sejam repetidos e seus resultados observados sob diferentes contextos, melhorando a participação dos pesquisadores nas pesquisas científicas e reduzindo os esforços de elaboração de experimentos para a Engenharia de Software. Com isto, esperamos que a transferência de tecnologia possa ocorrer de forma mais suave e novos métodos e técnicas utilizadas ao longo dos processos de software possam vir acompanhados de indicações baseadas em dados concretos, fazendo com que a tomada de decisão por parte dos engenheiros de software seja mais realista.

7.2 – Contribuições

Dentre as principais contribuições deste trabalho, destacamos:

- 1) Descrição das informações e documentos necessários para um pacote de experimento, através da definição do Modelo para Pacote de Experimentos e sua descrição através da notação UML, facilitando sua compreensão por parte da comunidade acadêmica e sua avaliação deste modelo por experimentalistas;
- 2) Identificação dos papéis dos diferentes usuários dos documentos do pacote de um experimento e de seus relacionamentos;
- 3) Definição dos Processos para Execução e Empacotamento de Experimentos, identificando que atividades devem ser executadas, sua ordem, os documentos que servem como entrada e são produzidos como saída das atividades, os papéis envolvidos; e,
- 4) Construção de um protótipo de infra-estrutura para Empacotamento de Experimentos e Implementação do Processo para Empacotamento de Experimentos no *Hyperwave*.

Como contribuições secundárias deste trabalho, relacionadas à área de Engenharia de Software Experimental, destacamos:

- 1) Descrição das estratégias experimentais encontradas para a área e apresentação de referências na utilização destas estratégias podendo servir como base para consultas futuras;
- 2) Definição de um glossário inicial de termos em Português, que pode ser utilizado como ponto de partida para a elaboração de material de referência na área de Engenharia de Software Experimental no Brasil;
- 3) Aplicação da notação gráfica para representação de processos em mais uma situação de modelagem, o que permitirá sua avaliação e melhoria para uso futuro.

7.3 – Restrições e Limitações

Este trabalho apresentou também algumas restrições e limitações, dentre elas destacamos:

- 1) Preocupou-se somente com o armazenamento das informações na base de experimentos, não tratando da questão de manter-se estas informações a partir da repetição de experimentos;

- 2) Não se preocupou com a qualidade das informações armazenadas na base de experimentos;
- 3) Empacotou-se somente um experimento para avaliar o Processo de Empacotamento e o Modelo para Empacotamento de Experimentos instanciados na infra-estrutura *Hyperwave*.

7.4 – Trabalhos Futuros

Como perspectivas de trabalhos futuros conseqüentes desta tese, podemos citar:

- 1) Avaliar o processo de empacotamento de experimentos e o modelo para empacotamento de experimentos instanciados no *Hyperwave* através do empacotamento de mais experimentos na infra-estrutura construída;
- 2) Extensão da pesquisa relacionada ao processo de empacotamento para que posteriormente possibilite apoiar a repetição dos experimentos, pois atualmente o processo preocupa-se somente com a criação (empacotamento) de experimentos;
- 3) Tratar a questão de validação do pacote e da qualidade dos dados que estão sendo empacotados;
- 4) Tratar a questão do gerenciamento de acesso à base de experimentos e da dinâmica de papéis assumidos pelos diferentes participantes do processo;
- 5) Criar mecanismos de busca e recuperação de experimentos que já foram empacotados, facilitando desta forma a análise e repetição de experimentos na base de experimentos;

Este trabalho mostrou, além das contribuições que trouxe e dos trabalhos futuros que proporciona, a necessidade e importância da engenharia de software experimental na área de engenharia de software e percebe-se a crescente necessidade de definição de um ambiente de experimentação voltado à gerência de experimentos, apresentando algumas características como a facilidade de coleta de dados através do uso de ferramentas, avaliação de dados coletados, uso de ontologias para definição de termos utilizados no contexto da experimentação, utilização de métricas para avaliar os experimentos empacotados, definição de regras de gerenciamento de usuários e heurísticas de busca, dentre outras características.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, E.A.G.G., TRAVASSOS, G.H., 2002, “Em Busca de uma Abordagem para Empacotamento de Experimentos em Engenharia de Software”, *In: Anais da 2ª Jornada Ibero-Americana de Engenharia de software e Engenharia de Conhecimento*, Salvador, Bahia, Brasil, Outubro.
- AMARAL, E.A.G.G., TRAVASSOS, G.H., 2001, Empacotamento de Experimentos em Engenharia de Software *In: Anais do WTES'2001 (SBES) - Workshop de Teses em Engenharia de Software*, p.47–50, Rio de Janeiro.
- ANDREWS, K., KAPPE, F., MAURER, H., 1995, *Serving Information to the Web with Hyper-G*, Institute for Information Processing and Computer Supported New Media (IICM), Graz University of Technology, Áustria.
- BABBIE, E., 1990, *Survey Research Methods*, Wadsworth, ISBN 0-524-12672-3, 2ª. Edição.
- BARROS, M.O., WERNER, C.M.L., TRAVASSOS, G.H., 2003. “Supporting Risk Analysis on Software Projects”. *The Journal of Systems and Software*, accepted for publication, ed. Elsevier, ISSN 0164-1212.
- BARROS, M.O., WERNER, C.M.L., TRAVASSOS, G.H., 2002. “Um Estudo Experimental sobre a Utilização de Modelagem e Simulação no Apoio a Gerência de Projetos de Software”, *In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, Porto Alegre: Editora Evangraf Ltda, v.1. p.191–206, Gramado, Rio Grande do Sul, RS, Brasil.
- BARROS, M.O., 2001, *Gerenciamento de Projetos Baseado em Cenários: Uma Abordagem de Modelagem Dinâmica e Simulação*, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Engenharia de Sistemas e Computação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- BASILI, V.R., WEIS, D.M., 1981. "Evaluation of a Software Requirements Documents by Analysis of Change Data", In: Proceedings of the Fifth International Conference on Software Engineering, IEEE.
- BASILI, V.R., 1985, "Quantitative Evaluation of Software Engineering Methodology", In: Proceedings of the First Pan Pacific Computer Conference, Melbourne, Austrália, September.
- BASILI, V.R., 1992, Software Modeling and Measurement: The Goal Question Metric Paradigm, Computer Science Technical Report Series, CS-TR-2956 (UMIACS-TR-92-96), University of Maryland, College Park, Md., September.
- BASILI, V.R., CALDEIRA, G., ROMBACH, H.D., 1994a, "Experience Factory", Encyclopedia of Software Engineering, ed. J.J. Marciniak, Vol. I, pp. 469-476, Wiley.
- BASILI, V.R., CALDEIRA, G., ROMBACH, H.D., 1994b, "Goal Question Metrics Paradigm", Encyclopedia of Software Engineering, ed. J.J. Marciniak, Vol. I, pp. 528-532, Wiley.
- BASILI, V.R., 1996a, "The Role of Experimentation: Past, Present, Future". In: Proceedings 18th International Conference on Software Engineering, pp. 442-449, Berlin, Germany.
- BASILI, V. R., 1996b, Editorial, Empirical Software Engineering Journal, vol. 1, no. 3, Kluwer Academic Publishers.
- BASILI, V.R., SHULL, F., LANUBILE, F., 1999, "Building Knowledge Through Families of Experiments". IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 25, No. 4, July/August.
- BONFIM, C.S, 2001. Uma Ferramenta de Modelagem de Processos para um Sistema de Workflow em Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados a Organização. Monografia de Final do Curso de Ciência da Computação. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

- CAMPBELL, D.T., STANLEY, C., 1979a. Delineamentos Experimentais e Quase Experimentais de Pesquisa. Tradução de Renato Alberto T. Di Dio. São Paulo: EPU - Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- CAMPBELL, D.T., COOK, T.D., 1979b. Quasi-Experimentation, Design and Analysis Issues for Field Settings, Houghton Mifflin Company.
- CONRADI, R., BASILI, V.R., CARVER, J., SHULL, F., TRAVASSOS, G. H., 2000. A Pragmatical Documents Standard for an Experience Library: Roles, Documents, Contents and Structure. Technical Report, Computer Science Department, University of Maryland, April.
- CRONBACH, L.J., 1957, The Two Disciplines of Scientific Psychology, Classics in the History of Psychology, Toronto, Ontário.
- DALY, J., EMAM, K.E., MILLER, J., 1997, "Multi-method research in software engineering", IEEE Workshop on Empirical Studies of Software Maintenance (WESS '97), Bari, Italy, October 3.
- DELIGIANNIS, I.S.; SHEPPERD, M.; WEBSTER, S., ROUMELIOTIS, M. A. 2002, "Review of Experimental Investigations into Object-Oriented Technology". Empirical Software Engineering: An International Journal. Vol. 7, No. 3, Kluwer Academic Publishers, September.
- DENZIN, N.K., LINCOLN, Y.S., 1994. Handbook of Qualitative Research, Sage Publications, London, United Kingdom.
- FALBO, R.A., 1998, Integração de Conhecimento em Ambiente de Desenvolvimento de Software. Tese de Doutorado. COPPE/UFRJ, Engenharia de Sistemas e Computação. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- FARIAS, L.L., 2002, Planejamento de Riscos em Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados a Organização. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

- FENTON, N., PFLEEGER, S.L., GLASS, R.L., 1994, "Science and Substance: A Challenge to Software Engineers". IEEE Software, pp. 86-95, July.
- FENTON, N.E., PFLEEGER, S.L., 1997, "Software Metrics: A Rigorous and Practical Approach", International Press, 2nd. Edition, International Thomson Computer Press.
- FLOHR, U., 1995, "Hyper-G Organizes the Web". Byte Articles, November.
- FOWLER, M., SCOTT, K., 2000, UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. 2nd. Edition. Addison Wesley Longman, Inc.
- FRIEDMAN, L.W., Research Methods I: Quantitative Research in Information Systems. Baruch College Zicklin of Business, CIS U821. Disponível em <http://cisnet.baruch.cuny.edu/phd/u821.htm>
- GIBSON, V.R., SEAN, J.A., 1989, "System Structure and Software Maintenance Performance", Communications ACM, pp. 347-358, March.
- HIP, 2000, Hyperwave Information Portal Programmer's Guide, Hyperwave Guides, Hyperwave Information Management Inc., Munique, Alemanha.
- HIS, 2000, Hyperwave Information Server User's Guide, Hyperwave Guides, Hyperwave Information Management Inc., Munique, Alemanha.
- HUG, 1997, Hyperwave User's Handbook, Hyperwave Information Management GmbH, Munique, Alemanha.
- JABLONSKIS, Orlando, 2001, Disponível em <http://pegasus.cc.ucf.edu/~pjablons/331112p.html>. Último acesso em 28/07/2003.
- JOHNSON, P.M., 1997, Project LEAP: Lightweight, Empirical, Anti-measurement dysfunction and Portable Developer Improvement, In Department of Information and Computer Sciences. Universidade do Havaí, Honolulu.

- KERLINGER, F.N., 1973, Foundations of Behavioral Research. Holt, Rinehart & Winston, Inc. Second Edition.
- KITCHENHAM, B.A., PICKARD, L., PFLEEGER, S.L., 1995, "Case Studies for Method and Tool Evaluation". In IEEE Software, pp. 52-62, July.
- KITCHENHAM, B.A., 1996a, "Evaluating Software Engineering Methods and Tools", SIGSoft Software Engineering Notes, ACM Press, New York, pp. 11-15.
- KITCHENHAM, B.A., 1996b, DESMET: A method for evaluating software engineering methods and tools. Technical Report, Department of Computer Science, University of Keele, August.
- KITCHENHAM, B.A.; PFLEEGER, S.L.; PICKARD, L.M.; JONES, P.W.; HOAGLIN, D.C.; KHALED, E.E., JARRETT, R., 2002a, "Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering". IEEE Transactions on Software Engineering, pp. 721-734.
- KITCHENHAM, B.A., PFLEEGER, S.L., 2002b, "Principles of Survey Research, Part 5: Populations and Samples". ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, volume 27:5, September.
- LANUBILE, F., 1997, "Empirical Evaluation of Software Maintenance Technologies", Empirical Software Engineering Journal, vol. 2, no. 2, pp. 95-106.
- LEVY, P.S., LEMESHOW, S., 1999, Sampling of Populations: Methods and Applications. Wiley Series in Probability and Statistics, John Wiley & Sons, Third Edition.
- LOTT, C.M., ROMBACH, H.D., 1996, "Repeatable Software Engineering Experiments for Comparing Defect-Detection Techniques", Empirical Software Engineering Journal, vol. 1, no. 3, pp. 241-277.
- MARASCUILO, L.A., SERLIN, R.C., 1988, Statistical Methods for the Social and Behavioral Sciences. W. H. Freeman and Company, New York, USA.

MARTIN, L. A., 1997, The First Step, Technical Report D-4694, MIT System Dynamics Group, Cambridge, MA.

MARSZALEK, MAZANEK, MOHR, 2002, Em <http://www.twingroves.district96.k12.il.us/ScienceInternet/StepsToPrepare.htm>. Último acesso em 28/07/2003.

MITCHELL, J., URBAN, J.E., MCDONALD, R., 1987, "The Effect of Abstract Data Types on Program Development", *Computer*, pp. 85-88, August.

MONTGOMERY, D.C., 2001, Design and Analysis of Experiments. 5th. Edition, John Wiley & Sons.

MOOKERJEE, V.S., CHIANG, I.R., 2002, "A Dynamic Coordination Policy for Software System Construction". *IEEE Transactions On Software Engineering*, Vol. 28, No. 6, June.

PATERNOSTRO, L.C.B., 1995, Reconstituições de Informação. *Ciência da Informação*, Vol. 25, número 2.

PEREIRA, E.N., VERONESE, G.O., TRAVASSOS, G.H. "Implantação de Infra-estrutura para Implementação de Sistemas de Gerência de Conhecimento de Grupos de Pesquisa". In: Anais da 2ª Jornada Ibero-Americana de Engenharia de Software e Engenharia de Conhecimento. Salvador, Bahia, Brasil, Outubro.

PERRY, D.E.; PORTER, A.A., VOTTA, L.G., 2000, "Empirical Studies of Software Engineering: A Roadmap. The Future of Software Engineering". 22nd International Conference on Software Engineering, Limerick, Ireland, April.

PFLEEGER, S.L., 1994, "Experimental Design and Analysis in Software Engineering. Part 1-5". *ACM SIGSOFT, Software Engineering Notes*, vol. 19, no. 4, pp. 16-20.

PFLEEGER, S.L., 1999, "Albert Einstein and Empirical Software Engineering", *IEEE Computer*, October.

- PFLIEGER, S.L., 2001a, "Tutorial: Um curso rápido sobre estudos experimentais em Engenharia de Software". In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, SBES, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Outubro.
- PFLIEGER, S.L., 2001b, "Principles of Survey Research, Part 1: Turning Lemons into Lemonade". ACM SIGSOFT, Software Engineering Notes, volume 26:6, November.
- PFLIEGER, S.L., 2001c, Software Engineering: Theory and Practice. 2nd. Edition, Prentice-Hall.
- PRECHELT, L., UNGER, B., PHILIPPSEN, M., 2001, "A Controlled Experiment on Inheritance Depth as a Cost Factor for Code Maintenance". Journal of Systems and Software, November.
- PRESSMAN, R.S., 1997, Software Engineering: A Practitioner's Approach. Fourth Edition. McGraw-Hill.
- RAMIL, J.F.; LEHMAN, M.M, 2000, "Metrics of software evolution as effort predictors - a case study", In: Proceedings of International Conference on Software Maintenance (ICSM'00), pp 163 –172, San Jose, Ca, October 11-14.
- ROSENBAUM, P., 1995, Observational Studies. Springer-Verlag.
- SALLIE, M.H., HUMPHREY, M., 1990, "A controlled experiment to evaluate maintainability of object-oriented software". Technical Report NCSTRL.VATECH_CS//TR-90-30, Computer Science, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- SCANLAN, D.A., 1989, "Structured Flowcharts Outperform Pseudocode: An Experimental Comparison", IEEE Software, vol. 6, no. 5, pp.28-36, September.

- SHNEIDERMAN, B., MAYER, R., MCKAY, D., HELLER, P., 1977, "Experimental Investigations of the Utility of Detailed Flowcharts in Programming", Communications ACM, vol. 20, no. 6, pp.373-381, June.
- SOLINGEN, R.V., BERGHOUT, E., 1999, The Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement and Software Development, McGraw-Hill International.
- SHULL, F., CARVER, J., TRAVASSOS, G.H., 2001, "An Empirical Methodology for Introducing Software Processes". In: Proceedings of the 8th European Software Engineering Symposium and 9th ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering (FSE-9) and 8th European Software Engineering Conference (ESEC), Vienna, Austria, Setembro.
- SHULL, F., BASILI, V., CARVER, J., MALDONADO, J.C., TRAVASSOS, G.H., MENDONCA, M., FABBRI, S., 2002, "Replicating Software Engineering Experiments: Addressing the Tacit Knowledge Problem". In Proceedings of International Symposium on Empirical Software Engineering, IEEE Computer Society, pp. 7-16, Nara, Japan, October.
- SPECTOR, P., 1981, Research Designs, Sage Publications.
- TICHY, W.F., LUKOWICZ, P., PRECHELT, L., HEINZ, E.A., 1995, "Experimental Evaluation in Computer Science: A Quantitative Study". Journal of Systems and Software, 28(1):p. 9-18.
- THORNDIKE, E.L, MCCALL, W.A., CHAPMAN, J.C., 1916, "Ventilation in Relation to Mental Work". Tech. Coll. Contr. Educ., Nº 78.
- TICHY, W.F., 1998, "Should Computer Scientists Experiment More ?". IEEE Computer, 31(5), pp. 32-39.
- TRAVASSOS, G.H., SHULL, F., FREDERICKS, M., BASILI, V.R., 1999, "Detecting Defects in Object Oriented Designs: Using Reading Techniques to increase Software Quality". Acm Sigplan Notices, v.34, n.10, p.47 - 56, USA.

- TRAVASSOS, G.H., SHULL, F., CARVER, J., 2001a, "Working with UML: A Software Design Process Based on Inspections for the Unified Modeling Language" In: *Advances in Computers*, v.54. ISBN 0-12-012154-9.
- TRAVASSOS, G.H.; GUROV, D.; AMARAL, E.A.G.G., 2001b, Introdução à Engenharia de Software Experimental. In: Relatório Técnico ES-590/02-Abril, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ, disponível em <http://www.cos.ufrj.br/publicacoes>.
- VERGILIO, S.R., MALDONADO, J.C., JINO, M., 1995, "Um Experimento de Aplicação de Critérios Baseados em Fluxo de Dados no Teste de Programas C". In *XV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação e XXI Conferência Latinoamericana de Informática*, SBC, Canela, RS, Brasil, Agosto.
- VILLELA, K.L.; TRAVASSOS, G.H; ROCHA, A.R., 2001, "Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados a Organização". In: IDEAS 2001, Memórias do 4to. Workshop Ibero-americano de Engenharia de Requisitos e Ambientes de Software, v.1.p.216-225, San Jose, Costa Rica, Abril.
- VISAGGIO, G., 2002, "Knowledge Transfer Through Experience Packages", Departamento de Informática, Universidade de Bari, Itália. Disponível em www.iiese.fhg.de/network/ISERN/pub/technical_reports/isern-02-04.pdf.
- WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M.C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A., 2000. *Experimentation in Software Engineering: an Introduction*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- XEXEO, J.A.M., 2001, Sistema de Informação como Instrumento de Programas de Qualidade, Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Engenharia de Sistemas e Computação, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- YIN, R.K., 1994, *Case Study Research: Design and Methods*, Sage Publications, Inc., Volume 5, 2nd. Edition, Beverly Hills, California, USA.

- ZELKOWITZ, M.V., WALLACE, D., 1997, "Experimental Validation in Software Technology", *Information and Software Technology*, 39(11):p. 735-744.
- ZELKOWITZ, M.V., WALLACE, D.R., 1998a, "Experimental Models for Validating Technology", *IEEE Computer*, 31(5), pp. 23-31, May.
- ZELKOWITZ, M.V., WALLACE, D.R., BINKLEY, D.W., 1998b, "Culture Conflicts in Software Engineering Technology Transfer". In: *Proceedings of the 23rd, NASA Goddard Space Flight Center Software Engineering Workshop, USA, December 2-3.*
- ZELKOWITZ, M.V., WALLACE D.R., BINKLEY, D.W., 2003, "Experimental Validation of New Software Technology", In: Series Editor S.K Chang, *Lecture Notes On Empirical Software Engineering. Series On Software Engineering and Knowledge Engineering*, vol. 12, chapter 6, Singapore, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Apêndice A – Tradução e Resumo dos Métodos de Pesquisa Experimental

Este apêndice apresenta uma tradução e descrição dos métodos experimentais, referenciados na seção 2.5 – Métodos de Pesquisa Experimental.

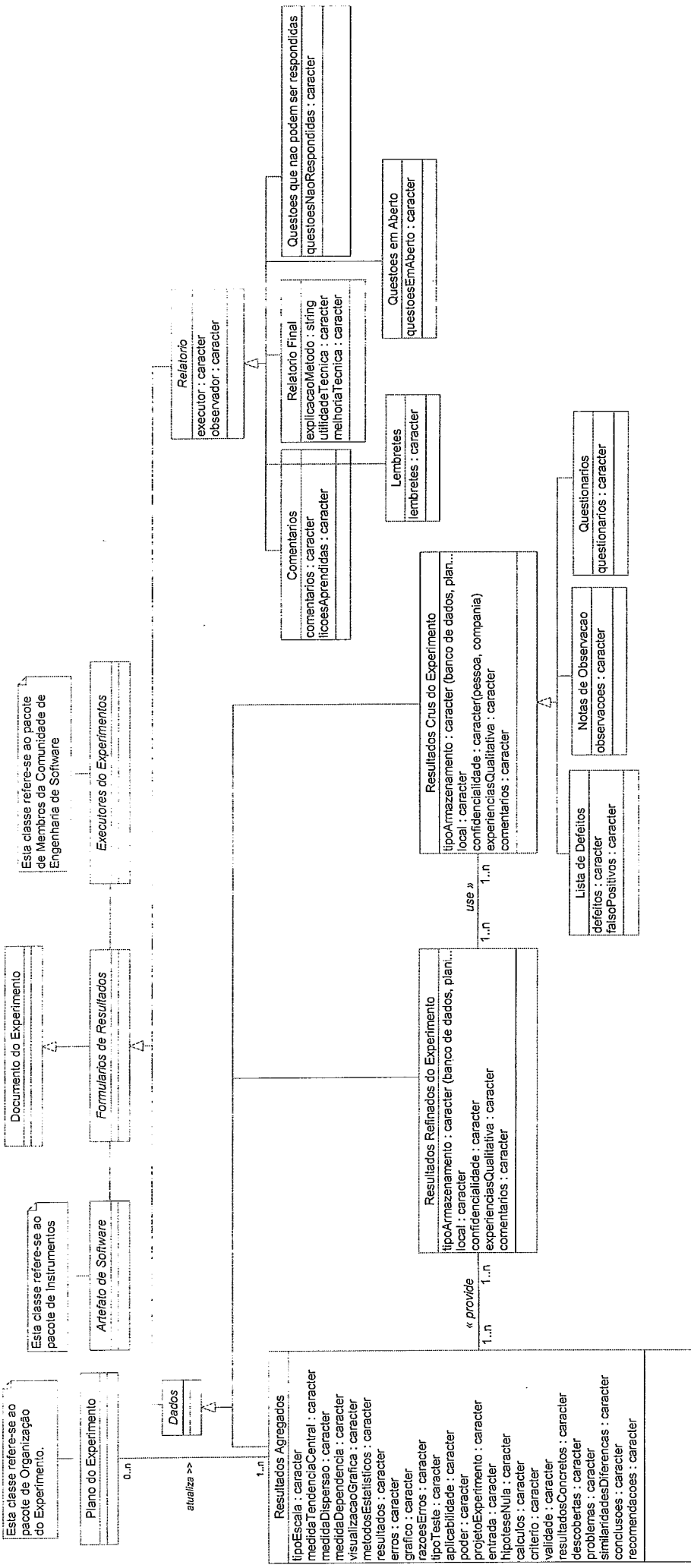
Tabela A.1 – Tradução e Descrição dos Métodos de Pesquisa Experimental

Inglês	Português	Resumo
<i>Assertion</i>	Assertiva	São estratégias onde os desenvolvedores desempenham o papel de participantes e de experimentalistas. Estas estratégias apresentam um viés em potencial, pois o objetivo não é entender a diferença entre dois tratamentos, mas mostrar que um tratamento em particular (como por exemplo, a nova tecnologia que está sendo desenvolvida) é superior.
<i>Case Study</i>	Estudo de Caso	Um projeto é monitorado e dados são coletados. Esta coleta de dados é realizada de acordo com um objetivo específico do projeto. Um determinado atributo é monitorado (por exemplo, confiabilidade, custo) e os dados são coletados com o propósito de medir este atributo (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Controlled Experiment</i>	Experimento Controlado	Um experimento controlado é quando todos os fatores que poderiam possivelmente influenciar ou mudar o resultado de um experimento são regulados, deixando descontrolada somente a variável a ser testada (MARSZALEK, 2002).
<i>Dynamic Analysis</i>	Análise Dinâmica	Um produto é executado com o propósito de avaliar seu desempenho. Muitos métodos são testados no produto através de depuração ou teste de código de tal forma que as características possam ser demonstradas e avaliadas quando o produto é executado (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Experiment</i>	Experimento	É uma forma de estudo experimental onde o pesquisador tem controle sobre algumas das condições na qual o estudo está sendo executado e controle também sobre as variáveis independentes sendo estudadas (BASILI <i>et al.</i> , 1999).
<i>Field Study</i>	Estudo de Campo	Um estudo de campo pode examinar dados coletados de vários projetos simultaneamente. Tipicamente, dados são coletados de cada atividade com o propósito de determinar a sua efetividade. Geralmente um grupo de fora vai monitorar as ações de cada grupo de participantes, ao passo que no estudo de caso, os próprios participantes executam as atividades de coleta de dados (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Legacy Data</i>	Dados	Dados de projetos anteriores são examinados com o

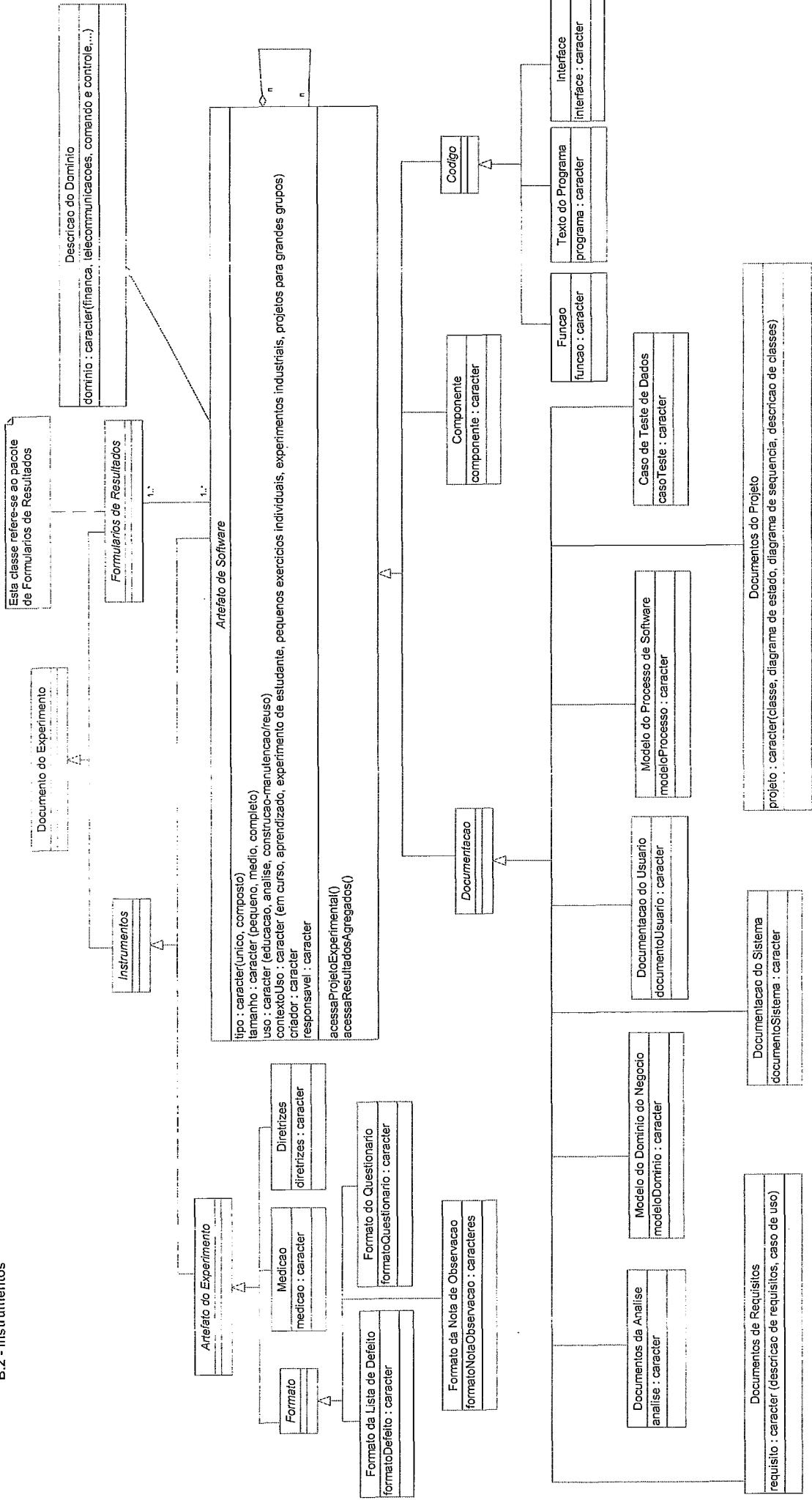
	Legados	propósito de entender a ordem de se aplicar as informações obtidas em um novo projeto em desenvolvimento. Os dados disponíveis incluem todos os artefatos envolvidos no produto, por exemplo, o programa fonte, a especificação, o projeto, teste, documentação, assim como os dados coletados no seu desenvolvimento (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Lessons Learned</i>	Lições Aprendidas	Dados qualitativos de projetos finalizados são examinados. Documentos de lições aprendidas são geralmente produzidos após a conclusão de um grande projeto industrial. Um estudo destes documentos geralmente revela aspectos qualitativos que podem ser usados para melhorar desenvolvimentos futuros (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Literature Search</i>	Pesquisa na Literatura	Estudos previamente publicados são examinados. Isto requer que o pesquisador analise os resultados de artigos e de outros documentos que estejam publicamente disponíveis, por exemplo, artigos de conferências e de jornais (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Observational Study</i> ⁹	Estudo Observacional	Coleta dados relevantes enquanto um projeto desenvolve-se. Há relativamente pouco controle sobre o processo de desenvolvimento, a não ser pelo fato de se usar a nova tecnologia que está sendo estudada (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Pre-Experimental</i>	Pré-Experimento	Neste caso não há nenhuma tentativa para estabelecer a equivalência entre grupos. Fornece menos controle que o experimento (JABLONSKIS, 2001)
<i>Project Monitoring</i>	Monitoramento de Projeto	Coleta e armazena dados do desenvolvimento durante o desenvolvimento do projeto. Os dados disponíveis serão qualquer coisa que o projeto gere sem tentar influenciar ou direcionar o processo de desenvolvimento ou métodos que estão sendo utilizados (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Quase-Experimental</i>	Quasi-Experimento	Experimentos que tem tratamento, medidas de saída e unidades experimentais, mas não usam assinalamentos aleatórios para criar as comparações a partir das quais mudanças no tratamento e na causa são inferidas (CAMPBEL e STANLEY, 1979a).
<i>Replicated Experiment</i>	Experimento Repetido	Desenvolve múltiplas versões de um produto. Em um experimento repetido vários projetos são supridos com participantes a fim de executar uma tarefa de várias formas. Variáveis de controle são definidas, por exemplo, duração e métodos utilizados, e validação estatística pode ser aplicada. Este é o clássico experimento científico onde processos similares são alterados repetidamente para ver os efeitos da mudança (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Simulation</i>	Simulação	Executa o produto com dados artificiais, pois pode-se avaliar uma tecnologia através da execução do produto usando um modelo do ambiente real. Desta forma pode-se prognosticar como o ambiente real vai reagir à nova tecnologia (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Static Analysis</i>	Análise Estática	Examina a estrutura do produto desenvolvido. Este é um caso especial de estudo de dados legados exceto pelo

⁹ DALY et al. (1997) também refere-se a esta estratégia como estudo de campo, correlacional, múltiplos casos e único caso.

		fato de centralizar os interesses no produto que foi desenvolvido, enquanto o método de Dados Legados também inclui a medição do processo de desenvolvimento (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Survey</i>	Pesquisa de Campo	Uma pesquisa de campo não é somente um questionário ou outro objeto para coletar dados. É um sistema amplo para coleta de informações com o propósito de descrever, comparar ou explicar conhecimento, atitudes e comportamento (PFLEEGER, 2001b).
<i>Synthetic Environment Experiments</i>	Experimento em Ambiente Artificial	Repete um fator em um cenário de laboratório. Em desenvolvimento de software, projetos são usualmente grandes e várias repetições de um projeto em um cenário real tem usualmente um custo proibitivo. Por esta razão, a maior parte das repetições são executadas em um cenário menor, onde só se aproxima do ambiente de grandes projetos (ZELKOWITZ e WALLACE, 1998a).
<i>Theoretical Analysis</i>	Análise Teórica	A validação consiste de provas lógicas derivadas de um conjunto específico de axiomas (ZELKOWITZ <i>et al.</i> , 1998b).



B.2 - Instrumentos



Apêndice C - Notação utilizada no Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos

Este apêndice apresenta a notação utilizada para representar o Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos descrito no capítulo 5 – Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos.

Processos podem ser representados como fluxos de trabalho, ou seja, como modelos automatizados do processo que especificam, por exemplo: as atividades que compõem o processo, a ordem e as condições que as atividades devem ser executadas e as ferramentas a serem utilizadas em cada atividade.

Os componentes fundamentais de um fluxo de trabalho são as atividades que devem ser completadas para atingir um determinado objetivo do processo. As atividades de um fluxo de trabalho são realizadas por papéis associados a cada atividade. Aos papéis são associados atores que podem ser participantes ou agentes automatizados. Atores executam as atividades determinadas para papéis assumidos. Os atores, em cada atividade manipulam dados ou documentos necessários para sua execução. E a definição de um fluxo de trabalho compreende a explicitação do encadeamento de atividades do processo, seus elementos relacionados (atores e dados manipulados) e critérios para indicar seu início e completude.

C.1 - Sintaxe e Semântica da Notação

Os elementos usados na representação são: *Processo, Início e Fim, Decisão, Grupo-Processo, Ator, Atividade Básica, Documento, Recurso/Produto, Conhecimento Explícito, Conhecimento Tácito, Base de Dados, Nota Explicativa, Associação (Relacionamento, Associação para nota Explicativa, Produto, Recurso, Fluxo).*

Um *Processo* representa os processos organizacionais. A um *Processo* estão associadas uma identificação e uma descrição. Este elemento é representado por um retângulo, conforme a figura C.1.

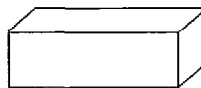


Figura C.1 – Processo

Os elementos *Início* e *Fim* representam o início e o fim de um processo quando detalhado em atividades.



Figura C.2 – *Início*



Figura C.3 – *Fim*

Uma *Decisão* descreve uma decisão a ser tomada ao nível de processo, grupo-processo ou atividade.



Figura C.4 – *Decisão*

O *Grupo-Processo* serve para organizar os processos organizacionais em grupos de processos segundo a interação que possuem. Este elemento é representado conforme a figura C.5.

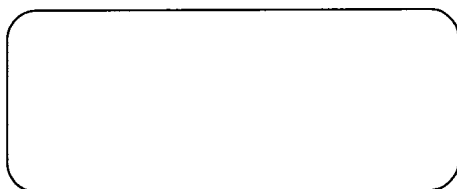


Figura C.5 – *Grupo-Processo*

O elemento *Ator* é utilizado para representar os papéis responsáveis pela execução das atividades. Um *Ator* tem uma área de atuação onde estão as atividades sob sua responsabilidade. Esta área é representada por um retângulo de bordas arredondadas, conforme a figura C.6.

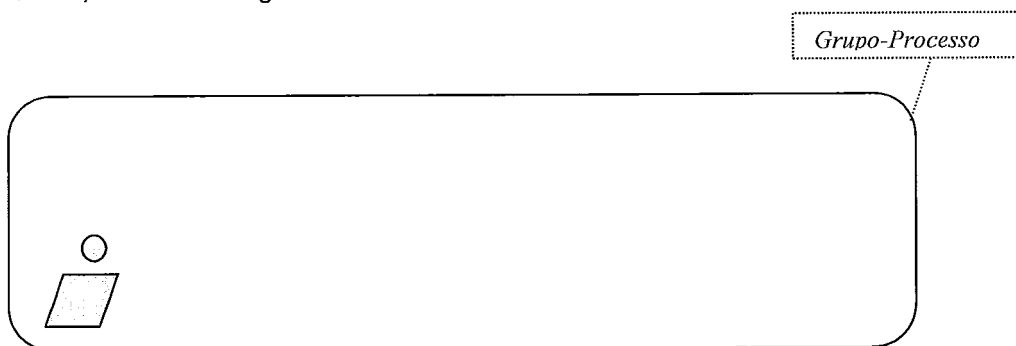


Figura C.6 – *Ator*

Atividades correspondem às tarefas que, executadas em conjunto, compõem a execução de um processo organizacional. A uma *Atividade* está associada uma identificação, uma descrição, os recursos necessários à sua execução e as saídas produzidas, o(s) *ator(es)* responsável(is) pela sua execução e as sub-atividades que a compõe. Utilizou-se a *Atividade Básica* (atividade atômica), representada conforme a figura C.7.

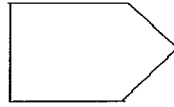


Figura C.7 – Atividade Básica

Os elementos *Recursos/Produtos* produzem a idéia de serem respectivamente, entradas e saídas das atividades. Os *Recursos* são os elementos necessários para executar uma atividade e produtos constituem-se nos elementos que são produzidos a partir da execução de uma atividade. É importante ressaltar a notação diferenciada para os seguintes *Recursos/Produtos*: *Conhecimento Explícito* e *Conhecimento Tácito*.

O elemento *Conhecimento Explícito* é o conhecimento que pode ser documentado.

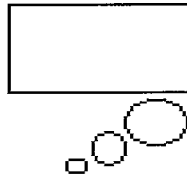


Figura C.8 – Conhecimento Explícito

O elemento *Conhecimento Tácito* representa um conhecimento genérico e, conseqüentemente, não pode ser documentado.



Figura C.9 – Conhecimento Tácito

O *Documento* é utilizado para representar os documentos que estão sendo utilizados (armazenados, recuperados, lidos) em um Sistema Eletrônico de Informações.

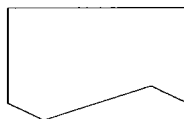


Figura C.10 – Documento

Uma *Base de Dados* é utilizada para representar o registro ou a recuperação de informações em um sistema eletrônico de informações. A este elemento estão associadas uma identificação e uma descrição.

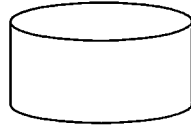


Figura C.11 – Base de Dados

A *Nota Explicativa* é utilizada para que sejam feitas considerações e/ou explicações no diagrama durante a modelagem dos processos. Uma *Nota Explicativa* pode ser conectada a qualquer outro elemento através de uma *Associação para Nota Explicativa*.

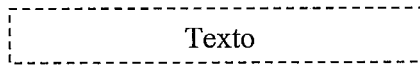


Figura C.12 – Nota Explicativa

O elemento *Associação* é responsável pela conexão entre os elementos de um modelo. São os seguintes os tipos de *Associação* utilizados:

- *Relacionamento*: corresponde, por exemplo, à ligação entre uma *Atividade* e um *Evento*;



Figura C.13 – Relacionamento

- *Associação para Nota Explicativa*: corresponde à ligação entre um elemento qualquer e uma *Nota Explicativa*;



Figura C.14 – Associação para Nota Explicativa

- *Produto*: mostra os produtos necessários a um processo ou atividade.



Figura C.15 – Produto

- *Recurso*: mostra os recursos provenientes de um processo ou atividade.



Figura C.16 – Recurso

- *Fluxo*: realiza a conexão entre os outros elementos, à exceção do *Ator* e do *Grupo-Processo*.

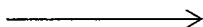


Figura C.17 – Fluxo

Apêndice D – Descrição das Etapas do Processo para Execução e Empacotamento de Experimentos

Este apêndice descreve as atividades das Etapas de Definição, Planejamento, Execução, Análise e Interpretação, descritas nas seções 5.2.1 – Etapa de Definição, 5.2.2 – Etapa de Planejamento, 5.2.3 – Etapa de Execução e 5.2.4 – Etapa de Análise e Interpretação.

Nas tabelas apresentadas neste apêndice o símbolo √ representa as informações armazenadas nos documentos e o símbolo X representa as informações que não foram armazenadas nos documentos.

D.1 – Etapa de Definição

D.1.1–Atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema

Esta atividade tem como objetivo definir os objetivos do experimento, podendo, em alguns casos, definir também os problemas específicos ou questões a serem respondidas pelo experimento. Uma declaração clara do problema contribui substancialmente para um melhor entendimento do fenômeno a ser estudado e à sua solução final (MONTGOMERY, 2001).

- **Atividade:** Reconhecimento e Declaração do Problema.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** nenhuma.
 - **Condição(ões):** nenhuma.

- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** são as informações sobre o objeto de estudo, propósito, foco de qualidade, perspectiva, contexto, sobre o documento inicial de

experimentação, sobre a organização, local, pessoas envolvidas, dentre outras. Estas informações são provenientes do conhecimento tácito do Projetista do Experimento que será formalizado.

▪ **Saída(s):**

- ✓ Pacote do Experimento - informações preenchidas: objetivo, organização, local, pessoa, data, razão, cultural e domínio.
- ✓ Documento do Experimento - informações preenchidas: tipo, língua, nomeArquivo, Autor, Afiliação, Título, Resumo, dataCriação, últimaDataMudança, Versão, Links, Conteúdo, Comentários.
- ✓ Descrição da Área Temática - informações preenchidas: Tema, áreaTécnica e formaMaterial.
- ✓ Plano do Experimento - informações preenchidas: Introdução, trabalhoAnterior, objetivoGeral, objetivoEspecífico.
- ✓ Procedimento do Experimento - informações preenchidas: questãoPesquisa e objetivoEspecífico.

• **Recurso:**

▪ **Pessoa(s):** Pesquisador.

- ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.

Responsabilidade(s): O Projetista do Experimento é responsável por disponibilizar as informações e verificar a sua consistência.

- ✓ **Papel:** Comitê Gestor.

Responsabilidade(s): O Comitê Gestor é responsável por verificar as informações referentes ao documento Descrição da Área Temática.

A tabela D.1 apresenta os documentos e informações produzidos nesta etapa.

Tabela D.1 – Documentos e informações produzidos na atividade de Reconhecimento e Declaração do Problema

Documentos	Informações	Armazenado
Pacote do Experimento	Objetivo	✓
	Organização	✓
	Local	✓
	Pessoa	✓
	Data	✓
	Razão	✓
	Cultural	✓
Documento do Experimento	Domínio	✓
	Tipo	✓
	Língua	✓
	nomeArquivo	✓
	Autor	✓
	Afiliação	✓
	Título	✓
	Resumo	✓
	dataCriação	✓
	últimaDataMudança	✓
	Versão	✓
	Links	✓
	Conteúdos	✓
Comentários	✓	
Descrição da Área Temática	Tema	✓
	áreaTécnica	✓
	formaMaterial	✓
Plano do Experimento	Introdução	✓
	trabalhoAnterior	✓
	objetivoGeral	✓
	objetivoEspecífico	✓
	hipóteseNula	X
	hipóteseAlternativa	X
	hipótesesVariáveis	X
	hipótesesCritérioDivisão	X
	variávelIndependente	X
	escalaMedidaVariávelIndependente	X
	faixaVariávelIndependente	X
	níveisEspecíficosVariávelIndependente	X
	variávelDependente	X
	escalaMedidaVariávelDependente	X
	faixaVariávelDependente	X
	Participantes	X
	Grupos	X
	experiênciasParticipantes	X
	variaçãoParticipantes	X
	variaçãoEventosAções	X
	técnicasProbabilísticasAmostragem	X
	técnicasNãoProbabilísticasAmostragem	X
	Objetos	X
	Medições	X
	Diretrizes	X
	recursoSoftware	X
	recursoHardware	X
	questõesMétricas	X
	questõesNãoPodemSerRespondidas	X
	questõesEmAberto	X
	oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes	X
	diretrizesTratamentos	X
	participantesGruposTratamentosNosObjetos	X
	validadeInterna	X
	validadeExterna	X
	validadeConclusão	X
	validadeConstrução	X
	Procedimento do Experimento	questãoPesquisa
objetivoEspecífico		✓
requisitoAssunto		X

D.1.2 – Atividade de Definição do Contexto

É importante definir o contexto no qual o experimento será executado de forma criteriosa observando o que se quer atingir com o estudo.

- **Atividade:** Definição do Contexto.
 - **Atividade(s) elementar(es):** Reconhecimento e Declaração.
 - **Pré-atividade(s):** Reconhecimento e Declaração do Problema.
 - **Condição:** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** são as informações do contexto do experimento, tipo de estudo experimental a ser realizado e dos parceiros no processo de experimentação. Estas informações são provenientes do conhecimento tácito do Projetista do Experimento que será formalizado.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Descrição dos Parceiros - informações preenchidas: Tipo, pessoaContato, Instituição, Endereço, Telefone, Fax, E-mail e endereçoInternet.
 - ✓ Glossário - informação preenchida: tipoEstudoEmpírico.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Engenheiro de Software.
 - ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal.
Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal fará o pedido de novos parceiros ao Comitê Gestor.
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.
Responsabilidade(s): O Projetista do Experimento é o responsável por disponibilizar as informações dos documentos Descrição dos Parceiros e Glossário.
 - ✓ **Papel:** Comitê Gestor.
Responsabilidade(s): O Comitê Gestor é o responsável por aceitar e rever os novos parceiros.

Tabela D.2 – Documentos e informações produzidos na Atividade de Definição do Contexto

Documentos	Informações	Armazenado
Descrição dos Parceiros	Tipo	√
	PessoaContato	√
	Instituição	√
	Endereço	√
	Telefone	√
	Fax	√
	E-mail	√
	EndereçoInternet	√
Glossário	Validade	X
	tipoEstudoEmpírico	√
	Defeito	X
	severidadeDefeito	X
	comportamentoOrientadoObjeto	X
	Comentário	X
	trocaExecutada	X
nívelConhecimentoDesejado	X	

D.1.3 – Atividade de Armazenamento das Informações de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição do Contexto

Esta atividade é responsável por armazenar as informações formalizadas pelas atividades de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição do Contexto.

- **Atividade:** Armazenamento das Informações de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição do Contexto.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Reconhecimento e Declaração do Problema e Definição do Contexto.
 - **Condição(ões):** as informações das atividades de Reconhecimento e Declaração do Problema e de Definição do Contexto já devem ter sido preenchidas.

- **Artefato:**
 - **Entrada(s):** São as informações sobre o objeto de estudo, propósito, foco de qualidade, perspectiva, contexto, sobre o documento inicial de experimentação, sobre a organização, local, pessoas envolvidas, dentre outras, provenientes da atividade de Reconhecimento e Declaração do

Problema. E as informações do contexto do experimento, tipo de estudo empírico a ser realizado e dos parceiros no processo de experimentação são provenientes da atividade de Definição do Contexto.

▪ **Saída(s):**

- ✓ Pacote do Experimento - informações armazenadas: Objetivo, Organização, Local, Pessoa, Data, Razão, Cultural, Domínio.
- ✓ Documento do Experimento - informações armazenadas: Tipo, Língua, nomeArquivo, Autor, Afiliação, Título, Resumo, dataCriação, últimaDataMudança, Versão, *Links*, Conteúdo, Comentários.
- ✓ Descrição da Área Temática - informações armazenadas: Tema, áreaTécnica, formaMaterial.
- ✓ Plano do Experimento - informações preenchidas: Introdução, trabalhoAnterior, objetivoGeral, objetivoEspecífico.
- ✓ Procedimento do Experimento - informações armazenadas: questãoPesquisa e objetivoEspecífico;
- ✓ Descrição dos Parceiros - informações armazenadas: Tipo, pessoaContato, Instituição, Endereço, Telefone, Fax, E-mail e endereçoInternet.
- ✓ Glossário - informação armazenada: tipoEstudoEmpírico.

● **Recurso:**

▪ **Pessoa:** Engenheiro de Software.

- ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal é o responsável por armazenar os artefatos de saída desta atividade.

▪ **Pessoa:** Pesquisador.

- ✓ **Papel:** Bibliotecário de Assunto Local.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário de Assunto Local será responsável por armazenar os artefatos de saída desta atividade referentes a sua localidade.

D.2 – Etapa de Planejamento

D.2.1 – Atividade de Definição de Hipóteses

As hipóteses devem ser definidas formalmente e os dados coletados durante a realização do experimento serão usados, se possível, para rejeitar as hipóteses. As conclusões poderão ser escritas a partir do momento que as hipóteses puderem (ou não) ser rejeitadas, baseadas no teste das hipóteses sob determinado nível de significado estatístico (WOHLIN *et al.*, 2000).

- **Atividade:** Definição de Hipóteses.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** nenhuma.
 - ✓ **Condição:** nenhuma.

- **Artefato:**
 - **Entrada(s):** são as informações sobre as hipóteses formuladas. Estas informações representam a habilidade necessária ao Projetista do Experimento para a realização desta atividade.

 - **Saída(s):**
 - ✓ Plano do Experimento – informação preenchida: hipóteseNula, hipóteseAlternativa, hipótesesVariáveis, hipótesesCritérioDivisão.

- **Recursos:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.
Responsabilidade(s): O Projetista do Experimento é o responsável por descrever as hipóteses do Plano do Experimento.

Tabela D.3 – Documentos e informações produzidos na atividade de Definição de Hipóteses

Documentos	Informações	Armazenado
Plano do Experimento	Introdução	✓
	trabalhoAnterior	✓
	objetivoGeral	✓
	objetivoEspecífico	✓
	hipóteseNula	✓
	hipóteseAlternativa	✓
	hipótesesVariáveis	✓
	hipótesesCritérioDivisão	✓
	variávelIndependente	X
	escalaMedidaVariávelIndependente	X
	faixaVariávelIndependente	X
	níveisEspecíficosVariávelIndependente	X
	variávelDependente	X
	escalaMedidaVariávelDependente	X
	faixaVariávelDependente	X
	Participantes	X
	Grupos	X
	experiênciasParticipantes	X
	variaçãoParticipantes	X
	variaçãoEventosAções	X
	técnicasProbabilísticasAmostragem	X
	técnicasNãoProbabilísticasAmostragem	X
	Objetos	X
	Medições	X
	Diretrizes	X
	recursoSoftware	X
	recursoHardware	X
	questõesMétricas	X
	questõesNãoPodemSerRespondidas	X
	questõesEmAberto	X
oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes	X	
diretrizesTratamentos	X	
participantesGruposTratamentosNosObjetos	X	
validadeInterna	X	
validadeExterna	X	
validadeConclusão	X	
validadeConstrução	X	

D.2.2 – Atividade de Seleção de Variáveis

Esta atividade consiste em determinar as variáveis dependentes e independentes que serão utilizadas em um experimento.

- **Atividade:** Seleção de Variáveis.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** Definição de Hipóteses.
 - ✓ **Condição:** nenhuma.
- **Artefatos:**

- **Entrada(s):** Consiste em ter informações sobre as variáveis dependentes e independentes. Estas informações representam a habilidade necessária ao Projetista do Experimento.
- **Saída(s):**
 - ✓ Plano do Experimento – informações preenchidas: variávelIndependente, escalaMedidaVariávelIndependente, faixaVariávelIndependente, níveisEspecíficosVariávelIndependente, variávelDependente, escalaMedidaVariávelDependente, faixaVariávelDependente.
- **Recursos:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.
 - Responsabilidade(s):** O Projetista do Experimento é o responsável por descrever as informações referentes as variáveis independentes e dependentes do Plano do Experimento.

Tabela D.4 – Documentos e informações produzidos na atividade de Seleção de Variáveis

Documentos	Informações	Armazenado
Plano do Experimento	Introdução	✓
	trabalhoAnterior	✓
	objetivoGeral	✓
	objetivoEspecífico	✓
	hipóteseNula	✓
	hipóteseAlternativa	✓
	hipótesesVariáveis	✓
	hipótesesCritérioDivisão	✓
	variávelIndependente	✓
	escalaMedidaVariávelIndependente	✓
	faixaVariávelIndependente	✓
	níveisEspecíficosVariávelIndependente	✓
	variávelDependente	✓
	escalaMedidaVariávelDependente	✓
	faixaVariávelDependente	✓
	Participantes	X
	Grupos	X
	experiênciasParticipantes	X
	variaçãoParticipantes	X
	variaçãoEventosAções	X
	técnicasProbabilísticasAmostragem	X
	técnicasNãoProbabilísticasAmostragem	X
	Objetos	X
	Medições	X
	Diretrizes	X
	recursoSoftware	X
	recursoHardware	X
	questõesMétricas	X
	questõesNãoPodemSerRespondidas	X
	questõesEmAberto	X
	oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes	X
	diretrizesTratamentos	X
	participantesGruposTratamentosNosObjetos	X
validadeInterna	X	
validadeExterna	X	
validadeConclusão	X	
validadeConstrução	X	

D.2.3 – Atividade de Seleção de Participantes

Esta atividade consiste em determinar os participantes que serão utilizados em um experimento.

- **Atividade:** Seleção de Participantes.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** Seleção de Variáveis.
 - ✓ **Condição:** nenhuma.

- **Artefato:**
 - **Entrada(s):** Consiste em ter informações sobre os participantes. Estas informações representam a habilidade necessária ao Projetista do Experimento.

 - **Saída(s):**
 - ✓ Plano do Experimento - informação preenchida: Participantes, Grupos, experiênciasParticipantes, variaçãoParticipantes, variaçãoEventosAções, técnicasProbabilísticasAmostragem, técnicasNãoProbabilísticasAmostragem.

- **Recursos:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.
 - Responsabilidade(s):** O Projetista do Experimento é o responsável por disponibilizar as informações referentes aos participantes, grupos, suas experiências e técnicas utilizadas.

Tabela D.5 – Documentos e informações produzidos na atividade de Seleção de Participantes

Documentos	Informações	Armazenado
Plano do Experimento	Introdução	√
	trabalhoAnterior	√
	objetivoGeral	√
	objetivoEspecífico	√
	hipóteseNula	√
	hipóteseAlternativa	√
	hipótesesVariáveis	√
	hipótesesCritérioDivisão	√
	variávelIndependente	√
	escalaMedidaVariávelIndependente	√
	faixaVariávelIndependente	√
	níveisEspecíficosVariávelIndependente	√
	variávelDependente	√
	escalaMedidaVariávelDependente	√
	faixaVariávelDependente	√
	Participantes	√
	Grupos	√
	experiênciasParticipantes	√
	variaçãoParticipantes	√
	variaçãoEventosAções	√
	técnicasProbabilísticasAmostragem	√
	técnicasNãoProbabilísticasAmostragem	√
	Objetos	X
	Medições	X
	Diretrizes	X
	recursoSoftware	X
	recursoHardware	X
	questõesMétricas	X
	questõesNãoPodemSerRespondidas	X
	questõesEmAberto	X
	oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes	X
	diretrizesTratamentos	X
	participantesGruposTratamentosNosObjetos	X
validadeInterna	X	
validadeExterna	X	
validadeConclusão	X	
validadeConstrução	X	

D.2.4 – Atividade de Escolha do Projeto do Experimento

Um experimento consiste em uma série de testes dos tratamentos estatísticos. Para obter o máximo de um experimento, a série de testes deve ser cuidadosamente planejada e projetada. O projeto de um experimento descreve como os testes estatísticos são organizados e executados.

- **Atividade:** Escolha do Projeto do Experimento.
 - **Atividade (s) elementar (es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** Seleção de participantes.
 - ✓ **Condição:** nenhuma.

- **Artefatos:**
 - **Entradas (s):** As informações necessárias a esta atividade dizem respeito a ter os problemas a serem investigados bem definidos. Estas informações representam a habilidade necessária ao Projetista do Experimento.

 - **Saídas (s):**
 - ✓ Plano do Experimento - informações preenchidas: Objetos, Medições, Diretrizes, recursoSoftware, recursoHardware, questõesMétricas, questõesNãoPodemSerRespondidas, QuestõesEmAberto, oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes, diretrizesTratamentos, participantesGruposTratamentosNosObjetos.
 - ✓ Procedimento do Experimento - informação preenchida: requisitoAssunto.

- **Recursos:**
 - **Pessoa (s):** Pesquisador.
 - ✓ **Papel (is):** Projetista do Experimento.

Responsabilidade(s): O Projetista do Experimento é o responsável por disponibilizar as informações do Plano do Experimento e do Procedimento do Experimento.

Tabela D.6 – Documentos e informações produzidos na atividade de Escolha do Projeto do Experimento

Documentos	Informações	Armazenado
Plano do Experimento	Introdução	√
	trabalhoAnterior	√
	objetivoGeral	√
	objetivoEspecífico	√
	hipóteseNula	√
	hipóteseAlternativa	√
	hipótesesVariáveis	√
	hipótesesCritérioDivisão	√
	variávelIndependente	√
	escalaMedidaVariávelIndependente	√
	faixaVariávelIndependente	√
	níveisEspecíficosVariávelIndependente	√
	variávelDependente	√
	escalaMedidaVariávelDependente	√
	faixaVariávelDependente	√
	Participantes	√
	Grupos	√
	experiênciasParticipantes	√
	variaçãoParticipantes	√
	variaçãoEventosAções	√
	técnicasProbabilísticasAmostragem	√
	técnicasNãoProbabilísticasAmostragem	√
	Objetos	√
	Medições	√
	Diretrizes	√
	recursoSoftware	√
	recursoHardware	√
	questõesMétricas	√
	questõesNãoPodemSerRespondidas	√
	questõesEmAberto	√
	oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes	√
	diretrizesTratamentos	√
participantesGruposTratamentosNosObjetos	√	
validadeInterna	X	
validadeExterna	X	
validadeConclusão	X	
validadeConstrução	X	
Procedimento do Experimento	questãoPesquisa	√
	objetivoEspecífico	√
	requisitoAssunto	√

D.2.5 – Atividade de Instrumentação

O objetivo geral da instrumentação é prover meios para executar e monitorar o experimento, sem afetar o seu controle. Os resultados do experimento devem ser o mesmo independentemente de como o experimento é instrumentado. Se a

instrumentação afeta a saída do experimento, então os resultados são inválidos (WOHLIN *et al.*, 2000).

- **Atividade:** Instrumentação.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** Instrumentação.
 - ✓ **Condição:** nenhuma.

- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** As informações necessárias a esta atividade dizem respeito aos objetos, diretrizes, formulários e questões a serem respondidas na execução do experimento. Estas informações representam a habilidade do Projetista do Experimento.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Artefato de Software - informações preenchidas: tipo, tamanho, uso, contextoUso, criador e responsável. Este documento concentra os seguintes documentos: Descrição do Domínio, Documentação, Componente e Código.
 - ✓ Descrição do Domínio - informação preenchida: domínio.
 - ✓ O documento Documentação concentra os seguintes documentos: Documentos de Requisitos, Documentos da Análise, Modelo do Domínio do Negócio, Documentação do Sistema, Documentação do Usuário, Modelo do Processo de Software, Documentos do Projeto, e Caso de Teste dos Dados.
 - ✓ Documentos de Requisitos: informação preenchida: requisito.
 - ✓ Documentos de Análise: informação preenchida: análise.
 - ✓ Documentos do Projeto: informação preenchida: projeto.
 - ✓ Modelo do Domínio do Negócio – informação preenchida: modeloDomínio.
 - ✓ Documentação do Sistema – informação preenchida: documentoSistema.
 - ✓ Documentação do Usuário – informação preenchida: documentoUsuário.
 - ✓ Modelo do Processo de Software: informação preenchida: modeloProcesso.
 - ✓ Caso de Teste – informação preenchida: casoTeste.
 - ✓ Componente – informação preenchida: componente.

- ✓ Texto do Programa – informação preenchida: programa.
- ✓ Função – informação preenchida: função.
- ✓ Interface – informação preenchida: interface.
- ✓ Glossário - informações preenchidas: defeito, severidadeDefeito, comportamentoOrientadoObjeto, Comentário, trocaExecutada, nívelConhecimentoDesejado.
- ✓ O documento Artefato do Experimento concentra os seguintes documentos: Formato, Medição e Diretrizes.
- ✓ O documento Formato, por sua vez concentra os seguintes documentos: Formato da Lista de Defeito, Formato da Nota de Observação e Formato do Questionário.
- ✓ Formato da Lista de Defeito – informação preenchida: formatoDefeito.
- ✓ Formato da Nota de Observação – informação preenchida: formatoNotaObservação.
- ✓ Formato do Questionário – informação preenchida: formatoQuestionário.
- ✓ Medição – informação preenchida: medição.
- ✓ Diretrizes – informação preenchida: diretrizes.

- **Recursos:**

- **Pessoa:** Pesquisador.

- ✓ **Papel:** Projetista do Experimento;

Responsabilidade(s): O Projetista do Experimento é o responsável por disponibilizar as informações relativas aos documentos Artefato de Software, Descrição do Domínio, Documentos de Requisitos, Documentos da Análise, Modelo do Domínio do Negócio, Documentação do Sistema, Documentação do Usuário, Modelo do Processo de Software, Documentos do Projeto, Caso de Teste dos Dados e Glossário.

Tabela D.7 – Documentos e informações produzidos na atividade de Instrumentação

Documentos	Atributos	Armazenado
Artefato de Software	Tipo	✓
	Tamanho	✓
	Uso	✓
	ContextoUso	✓
	Criador	✓
	Responsável	✓
Descrição do Domínio	Domínio	✓
Documentos de Requisitos	Requisito	✓
Documentos da Análise	Análise	✓
Modelo do Domínio do Negócio	modeloDomínio	✓
Documentação do Sistema	documentoSistema	✓
Documentação do Usuário	documentoUsuário	✓
Modelo do Processo de Software	modeloProcesso	✓
Caso de Teste dos Dados	casoTeste	✓
Documentos do Projeto	Projeto	✓
Glossário	Validade	X
	tipoEstudoEmpírico	✓
	Defeito	✓
	severidadeDefeito	✓
	comportamentoOrientadoObjeto	✓
	Comentário	✓
	trocaExecutada	✓
	nívelConhecimentoDesejado	✓
Formato da Lista de Defeito	formatoDefeito	✓
Formato da Nota de Observação	formatoObservação	✓
Formato do Questionário	formatoQuestionário	✓
Medição	Medição	✓
Diretrizes	Diretrizes	✓

D.2.6 – Atividade de Adequação da Validade dos Resultados

Uma questão fundamental relativa aos resultados de um experimento é quão válido os resultados são (MONTGOMERY, 2001), pois o grau de credibilidade de qualquer estudo depende da validade de como as conclusões são descritas (BASILI *et al.*, 1999).

- **Atividade:** Adequação da Validade dos Resultados.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** Instrumentação.
 - ✓ **Condição:** nenhuma.
- **Artefato:**
 - **Entrada(s):** As informações necessárias a esta atividade dizem respeito às ameaças a validade do resultado e os tipos de validade que podem ser utilizados. Estas informações representam o conhecimento tácito que será formalizado.

▪ **Saída(s):**

- ✓ Glossário - informação preenchida: Validade.
- ✓ Plano do Experimento - informação preenchida: validadeInterna, validadeExterna, validadeConclusão, validadeConstrução.

• **Recursos:**

▪ **Pessoa:** Pesquisador.

✓ **Papel:** Projetista do Experimento.

✓ **Responsabilidade(s):** O Projetista do Experimento é o responsável por descrever as questões referente a validação do experimento.

Tabela D.8 – Documentos e informações produzidos na atividade de Adequação da Validade dos Resultados

Documentos	Informações	Armazenado
Glossário	Validade	✓
	tipoEstudoEmpírico	✓
	Defeito	✓
	severidadeDefeito	✓
	comportamentoOrientadoObjeto	✓
	Comentário	✓
	trocaExecutada	✓
Plano do Experimento	nívelConhecimentoDesejado	✓
	Introdução	✓
	trabalhoAnterior	✓
	objetivoGeral	✓
	objetivoEspecífico	✓
	hipóteseNula	✓
	hipóteseAlternativa	✓
	hipótesesVariáveis	✓
	hipótesesCritérioDivisão	✓
	variávelIndependente	✓
	escalaMedidaVariávelIndependente	✓
	faixaVariávelIndependente	✓
	níveisEspecíficosVariávelIndependente	✓
	variávelDependente	✓
	escalaMedidaVariávelDependente	✓
	faixaVariávelDependente	✓
	Participantes	✓
	Grupos	✓
	experiênciasParticipantes	✓
	variaçãoParticipantes	✓
	variaçãoEventosAções	✓
	técnicasProbabilísticasAmostragem	✓
	técnicasNãoProbabilísticasAmostragem	✓
	Objetos	✓
	Medições	✓
	Diretrizes	✓
	recursoSoftware	✓
	recursoHardware	✓
	questõesMétricas	✓
	questõesNãoPodemSerRespondidas	✓
	questõesEmAberto	✓
	oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes	✓
	diretrizesTratamentos	✓
participantesGruposTratamentosNosObjetos	✓	
ValidadeInterna	✓	
ValidadeExterna	✓	
validadeConclusão	✓	
ValidadeConstrução	✓	

D.2.7 – Atividade de Armazenamento das Informações de Definição de Hipóteses, de Seleção de Variáveis, de Seleção de Participantes, de Escolha do Projeto do Experimento, de Instrumentação e da Adequação da validade dos resultados.

Esta atividade é responsável por armazenar as informações formalizadas pelas atividades de Definição de Hipóteses, de Seleção de Variáveis, de Seleção de Participantes, de Escolha do Projeto do Experimento, de Instrumentação e da Adequação da validade dos resultados.

- **Atividade:** Armazenamento das informações de Definição de Hipóteses, de Seleção de Variáveis, de Seleção de Participantes, de Escolha do Projeto do Experimento, de Instrumentação e da Adequação da validade dos resultados.
- **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** Definição de Hipóteses, Seleção de Variáveis, Seleção de Participantes, Escolha do Projeto do Experimento, Instrumentação e Adequação da validade dos resultados.
 - ✓ **Condição(ões):** as informações das pré-atividades já devem ter sido preenchidas.
- **Artefato:**
 - **Entrada(s):** Recebe as hipóteses formuladas provenientes da atividade de Definição de Hipóteses. Recebe as variáveis dependentes e independentes provenientes da atividade de Seleção de Variáveis. Recebe as informações sobre os participantes definidos para o experimento provenientes da atividade de Seleção de Participantes. Recebe as hipóteses existentes, métricas, objetos e participantes disponíveis provenientes da atividade de Escolha do Projeto do Experimento. Recebe objetos, diretrizes, formulários e questões a serem respondidas na execução do experimento provenientes da atividade de Instrumentação. Recebe informações de validade do resultado e os tipos de validade que podem ser utilizados provenientes da atividade de Adequação da Validade dos Resultados.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Plano do Experimento: informações armazenadas: Introdução, trabalhoAnterior, objetivoGeral, objetivoEspecífico, contextoExperimento, hipóteseNula, hipóteseAlternativa, hipótesesVariáveis,

hipótesesCritérioDivisão, variávelIndependente,
 escalaMedidaVariávelIndependente, faixaVariávelIndependente,
 níveisEspecíficosVariávelIndependente, variávelDependente,
 escalaMedidaVariávelDependente, faixaVariávelDependente,
 participantes, grupos, experiênciasParticipantes, variaçãoParticipantes,
 variaçãoEventosAções, técnicasProbabilísticasAmostragem,
 técnicasNãoProbabilísticasAmostragem, objetos, medições, diretrizes,
 recursoSoftware, recursoHardware, questõesMétricas,
 questõesNãoPodemSerRespondidas, QuestõesEmAberto,
 oQueDizerEOQueNãoDizerAosParticipantes, diretrizesTratamentos,
 participantesGruposTratamentosNosObjetos, validadeInterna,
 validadeExterna, validadeConclusão, validadeConstrução.

- ✓ Procedimento do Experimento - informação armazenada: requisitoIndivíduo.
- ✓ Artefato de Software - informações armazenadas: tipo, tamanho, uso, contextoUso, criador e responsável. O documento Artefato de Software concentra os seguintes documentos: Descrição do Domínio, Documentação, Componente e Código.
- ✓ Descrição do Domínio - informação armazenada: domínio.
- ✓ O documento Documentação concentra os seguintes documentos: Documentos de Requisitos, Documentos da Análise, Modelo do Domínio do Negócio, Documentação do Sistema, Documentação do Usuário, Modelo do Processo de Software, Documentos do Projeto, e Caso de Teste dos Dados.
- ✓ Documentos de Requisitos: informação preenchida: requisito.
- ✓ Documentos de Análise: informação preenchida: análise.
- ✓ Documentos do Projeto: informação preenchida: projeto.
- ✓ Modelo do Domínio do Negócio – informação preenchida: modeloDomínio.
- ✓ Documentação do Sistema – informação preenchida: documentoSistema.
- ✓ Documentação do Usuário – informação preenchida: documentoUsuário.
- ✓ Modelo do Processo de Software: informação preenchida: modeloProcesso.
- ✓ Caso de Teste – informação preenchida: casoTeste.
- ✓ Componente – informação preenchida: componente.

- ✓ Texto do Programa – informação preenchida: programa.
 - ✓ Função – informação preenchida: função.
 - ✓ Interface – informação preenchida: interface.
 - ✓ Glossário - informações armazenadas: defeito, severidadeDefeito, comportamentoOrientadoObjeto, comentário, trocaExecutada e nívelConhecimentoDesejado.
 - ✓ O documento Artefato do Experimento concentra os seguintes documentos: Formato, Medição e Diretrizes.
 - ✓ O documento Formato, por sua vez concentra os seguintes documentos: Formato da Lista de Defeito, Formato da Nota de Observação e Formato do Questionário.
 - ✓ Formato da Lista de Defeito – informação preenchida: formatoDefeito.
 - ✓ Formato da Nota de Observação – informação preenchida: formatoNotaObservação.
 - ✓ Formato do Questionário – informação preenchida: formatoQuestionário.
 - ✓ Medição – informação preenchida: medição.
 - ✓ Diretrizes – informação preenchida: diretrizes.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Engenheiro de Software.
 - ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal é o responsável por preencher os artefatos de saída.
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Bibliotecário de Assunto Local.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário de Assunto Local é responsável por preencher os artefatos de saída.

D.3 – Etapa de Execução

D.3.1–Atividade de Aplicação de Questionários e de Entrevistas

Um método de coleta de dados diz respeito aos questionários. Eles requerem relativamente um pequeno tempo de investimento do experimentador, mas às vezes não se consegue coletar a informação no nível de detalhe desejado. Enquanto que para projetar questionários efetivos leva algum tempo, o fato de que as mesmas

questões são mandadas para todos os participantes torna mais fácil de agregar as respostas a fim de dar uma visão instantânea das respostas (SHULL *et al.*, 2001).

- **Atividade:** Aplicação de Questionários e Entrevistas.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - ✓ **Pré-atividade(s):** nenhuma.
 - ✓ **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** instrumentos.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Notas do Curso de Treinamento - informações preenchidas: tipo, comentários, mudanças e teoria.
 - ✓ Descrição dos Exercícios - informações preenchidas: identificaçãoProjeto, númeroExercício, objetivo, passos, ênfaseAvaliaçãoAprendizado, descrição, materialTeórico.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Projetista do Experimento.
 - **Responsabilidade(s):** O Projetista do Experimento é o responsável por fornecer as informações a serem preenchidas nos documentos Notas do Curso de Treinamento e Descrição dos Exercícios.

Tabela D.9 – Documentos e informações armazenados na atividade de Aplicação de Questionários e de Entrevistas

Documentos	Atributos	Armazenado
Notas do Curso de Treinamento	Tipo	✓
	Comentários	✓
	Mudanças	✓
	Teoria	✓
Descrição dos Exercícios	identificaçãoProjeto	✓
	númeroExercício	✓
	Objetivo	✓
	Passos	✓
	ênfaseAvaliaçãoAprendizado	✓
	Descrição	✓
	materialTeórico	✓

D.3.2 – Atividade de Coleta de Dados

Os dados podem ser coletados manualmente pelos participantes que preenchem os formulários, manualmente suportados por ferramentas, em entrevistas ou automaticamente por ferramentas.

- **Atividade:** Coleta de Dados.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.

- **Pré-atividade(s):** Aplicação de Questionários e Entrevistas.
- **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):**
 - ✓ Questionários e entrevistas preenchidos.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Resultados Crus do Experimento - informações preenchidas: tipoArmazenamento, Local, Confidencialidade, experiênciasQualitativa, Comentários;
 - ✓ Formato da Lista de Defeito – preenchido com a informação: Defeitos;
 - ✓ Formato da Nota de Observação – preenchido com a informação: Observações;
 - ✓ Formato do Questionário – preenchido com a informação: Questões.
- **Recursos:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador.

Responsabilidade(s): O Agregador é o responsável por coletar as informações preenchidas nos documentos Resultados Crus do Experimento, Lista de Defeitos, Notas de Observação e Questionários.

Tabela D.10 – Documentos e informações armazenados na atividade de Coleta de Dados

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Crus do Experimento	tipoArmazenamento	✓
	Local	✓
	Confidencialidade	✓
	experiênciasQualitativa	✓
	Comentários	✓
Formato da Lista de Defeito	formatoDefeito	✓
Formato da Nota de Observação	formatoNotaObservação	✓
Formato do Questionário	formatoQuestionário	✓

D.3.3– Atividade de Validação dos Dados

Após a coleta dos dados o experimentador deve checar se os dados são razoáveis e se foram coletados corretamente, ou seja, se os participantes entenderam os formulários e, portanto os preencheram corretamente, ou ainda, se alguns participantes não participaram seriamente do experimento e por esta razão alguns dados devem ser removidos antes da análise (WOHLIN *et al.*, 2000).

- **Atividade:** Validação dos Dados.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.

- **Pré-atividade(s):** Coleta de Dados.
- **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** dados coletados.
 - **Saída(s):** Resultados Refinados do Experimento - informações preenchidas: tipoArmazenamento, Local, Confidencialidade, experiênciasQualitativa, Comentários.
- **Recursos:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador.
 - Responsabilidade(s):** O Agregador é o responsável por validar e refinar os dados preenchidos nos questionários e preencher o documento Resultados Refinados do Experimento com os dados refinados.

Tabela D.11 – Documentos e informações armazenados na atividade de Validação dos Dados

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Refinados do Experimento	tipoArmazenamento	√
	Local	√
	Confidencialidade	√
	experiênciasQualitativa	√
	Comentários	√

D.3.4 – Armazenamento das Informações de Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.

Esta atividade é responsável por armazenar as informações formalizadas pelas atividades de Aplicação de Questionários e de Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.

- **Atividade:** Armazenamento das Informações de Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados.
 - **Condição(ões):** as informações das atividades de Aplicação de Questionários e Entrevistas, Coleta de Dados e de Validação dos Dados devem estar disponíveis para serem armazenadas.

- **Artefato:**

- **Entrada(s):** são os instrumentos utilizados para a coleta de dados, provenientes da atividade de Aplicação de Questionários e Entrevistas. Questionários e entrevistas, provenientes da atividade de Coleta de Dados. E os dados validados, provenientes da atividade de Validação dos Dados.

- **Saída(s):**

- ✓ Notas do Curso de Treinamento - informações armazenadas: tipo, comentários, mudanças e teoria;
- ✓ Descrição dos Exercícios - informações armazenadas: identificaçãoProjeto, númeroExercício, objetivo, passos, ênfaseAvaliaçãoAprendizado, descrição, materialTeórico;
- ✓ Resultados Crus do Experimento - informações armazenadas: tipoArmazenamento, local, confidencialidade, experiênciasQualitativa, comentários;
- ✓ Lista de Defeitos – informação preenchida: defeitos;
- ✓ Nota de Observação – informação preenchida: observações;
- ✓ Questionário – questões;
- ✓ Resultados Refinados do Experimento - informações armazenadas: tipoArmazenamento, local, confidencialidade, experiênciasQualitativa, comentários.

- **Recurso:**

- **Pessoa:** Engenheiro de Software.

- ✓ **Papel:** Bibliotecário Principal.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal é o responsável por armazenar as informações geradas através dos artefatos de saída.

- **Pessoa:** Pesquisador.

- ✓ **Papel:** Bibliotecário de Assunto Local.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário de Assunto Local é responsável por armazenar as informações geradas através dos artefatos de saída.

D.4 – Etapa de Análise e Interpretação

D.4.1 – Atividade de Utilização de Estatística

Esta atividade consiste em utilizar métodos estatísticos para visualizar tendências centrais, dispersões e apresentação gráfica dos dados.

- **Atividade:** Utilização de Estatística.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** nenhuma.
 - **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** Resultados Refinados do Experimento.
 - **Saída(s):** Resultados Agregados – informações preenchidas: tipoEscala, medidaTendênciaCentral, medidaDispersão, medidaDependência, visualizaçãoGráfica.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador.

Responsabilidade(s): O Agregador é o responsável por entender e descrever a natureza dos dados.

Tabela D.12 – Documentos e informações armazenados na atividade de Utilização de Estatística

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Agregados	tipoEscala	√
	medidaTendênciaCentral	√
	medidaDispersão	√
	medidaDependência	√
	visualizaçãoGráfica	√
	metodosEstatisticos	X
	Resultados	X
	Erros	X
	Gráfico	X
	RazõesErros	X
	TipoTeste	X
	Aplicabilidade	X
	Poder	X
	projetoExperimento	X
	Entrada	X
	hipóteseNula	X
	Cálculos	X
	Critério	X
	Validade	X
	resultadosConcretos	X
Descobertas	X	
Problemas	X	
similaridadesDiferenças	X	
Conclusões	X	
Recomendações	X	

D.4.2 – Atividade de Redução do Conjunto de Dados

Consiste em utilizar métodos estatísticos nos dados de entrada com o propósito de identificar pontos de dados falsos, reduzindo-os a um conjunto de dados válidos.

- **Atividade:** Redução do Conjunto de Dados.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Utilização de Estatística.
 - **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** Resultados Refinados do Experimento.
 - **Saída(s):** Resultados Agregados – informações disponibilizadas: métodosEstatísticos, Resultados, Erros, Gráfico, razõesErros.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador.

Responsabilidade(s): O Agregador é o responsável por aplicar os métodos estatísticos aos dados de entrada.

Tabela D.13 – Documentos e informações armazenados na atividade de Redução do Conjunto de Dados

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Agregados	tipoEscala	√
	medidaTendênciaCentral	√
	medidaDispersão	√
	medidaDependência	√
	visualizaçãoGráfica	√
	metodosEstatisticos	√
	Resultados	√
	Erros	√
	Gráfico	√
	RazõesErros	√
	TipoTeste	X
	Aplicabilidade	X
	Poder	X
	projetoExperimento	X
	Entrada	X
	hipóteseNula	X
	Cálculos	X
	Critério	X
	Validade	X
	resultadosConcretos	X
Descobertas	X	
Problemas	X	
similaridadesDiferenças	X	
Conclusões	X	
Recomendações	X	

D.4.3 –Atividade de Teste de Hipótese

Esta atividade tem como objetivo verificar se é possível rejeitar uma determinada hipótese nula, baseada em uma amostra a partir de uma distribuição estatística.

- **Atividade:** Teste de Hipóteses.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Redução do Conjunto de Dados.
 - **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** Resultados Refinados do Experimento.
 - **Saída(s):** Resultados Agregados – informações disponibilizadas: tipoTeste, Aplicabilidade, Poder, projetoExperimento, Entrada, hipóteseNula, Cálculos, Critério.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador.

Responsabilidade(s): É o responsável por avaliar a hipótese nula.

Tabela D.14 – Documentos e informações armazenados na atividade de Teste de Hipótese

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Agregados	tipoEscala	√
	medidaTendênciaCentral	√
	medidaDispersão	√
	medidaDependência	√
	visualizaçãoGráfica	√
	metodosEstatisticos	√
	Resultados	√
	Erros	√
	Gráfico	√
	RazõesErros	√
	TipoTeste	√
	Aplicabilidade	√
	Poder	√
	projetoExperimento	√
	Entrada	√
	hipóteseNula	√
	Cálculos	√
	Critério	√
	Validade	X
	resultadosConcretos	X
Descobertas	X	
Problemas	X	
similaridadesDiferenças	X	
Conclusões	X	
Recomendações	X	

D.4.4 – Atividade de Geração de Conclusões

As conclusões de um experimento são descritas após a análise e interpretação dos dados de saída de um experimento.

- **Atividades:** Geração de Conclusões.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Teste de Hipótese.
 - **Condição(ões):** nenhuma.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** Resultados Refinados do Experimento.
 - **Saída(s):** Resultados Agregados – informações disponibilizadas: Validade, resultados Concretos, Descobertas, Problemas, similaridades Diferenças, Conclusões.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel:** Agregador;
 - **Responsabilidade(s):** É o responsável por disponibilizar as informações sobre a validade, os resultados concretos encontrados, conclusões, descobertas, problemas, e similaridades e diferenças em relação a experimentos anteriores.

Tabela D.15 – Documentos e informações armazenados na atividade de Geração de Conclusões

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Agregados	tipoEscala	√
	medidaTendênciaCentral	√
	medidaDispersão	√
	medidaDependência	√
	visualizaçãoGráfica	√
	metodosEstatisticos	√
	Resultados	√
	Erros	√
	Gráfico	√
	RazõesErros	√
	TipoTeste	√
	Aplicabilidade	√
	Poder	√
	projetoExperimento	√
	Entrada	√
	hipóteseNula	√
	Cálculos	√
	Critério	√
	Validade	√
	resultadosConcretos	√
Descobertas	√	
Problemas	√	
similaridadesDiferenças	√	
Conclusões	√	
Recomendações	X	

D.4.5 – Atividade de Geração de Recomendações

E finalmente as recomendações sobre as descobertas são apresentadas, bem como as perguntas mais freqüentes, comentários, questões em aberto e questões que não foram respondidas.

- **Atividade:** Geração de Recomendações.
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Geração de Conclusões.
 - **Condição(ões):** nenhuma.

- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** Resultados Refinados do Experimento.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Resultados Agregados – informação disponibilizada: Recomendações.
 - ✓ Relatório - para este documento são disponibilizadas as seguintes informações: Executor e Observador. A este documento Relatório estão associados os seguintes documentos: Lembretes, Comentários, Relatório Final, Questões em Aberto, Questões que não podem ser Respondidas.
 - ✓ Lembretes – informação disponibilizada: Lembretes.
 - ✓ Comentários – informação disponibilizada: Comentários.
 - ✓ Relatório Final – informações disponibilizadas: explicaçãoMétodo, utilidadeTécnica, melhoriaTécnica.
 - ✓ Questões em Aberto – informação disponibilizada: questõesEmAberto.
 - ✓ Questões que não podem ser Respondidas – informação disponibilizada: questõesNãoRespondidas.

- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Pesquisador.
 - ✓ **Papel (is):** Agregador.

Responsabilidade(s): O Agregador é o responsável por disponibilizar as informações que serão preenchidas nos documentos Resultados Agregados, Relatório, Lembretes, Comentários, Relatório Final, Questões em Aberto e Questões que não podem ser Respondidas.

Tabela D.16 – Documentos e informações armazenados na atividade de Geração de Recomendações

Documentos	Atributos	Armazenado
Resultados Agregados	tipoEscala	√
	medidaTendênciaCentral	√
	medidaDispersão	√
	medidaDependência	√
	visualizaçãoGráfica	√
	metodosEstatisticos	√
	Resultados	√
	Erros	√
	Gráfico	√
	RazõesErros	√
	TipoTeste	√
	Aplicabilidade	√
	Poder	√
	projetoExperimento	√
	Entrada	√
	hipóteseNula	√
	Cálculos	√
	Critério	√
	Validade	√
	resultadosConcretos	√
	Descobertas	√
Problemas	√	
similaridadesDiferenças	√	
Conclusões	√	
Recomendações	√	
Relatório	Executor	√
	Observador	√
Lembretes	Lembretes	√
Comentários	Comentários	√
Relatório Final	explicaçãoMétodo	√
	utilidadeTécnica	√
	melhoriaTécnica	√
Questões em Aberto	questõesEmAberto	√
Questões que não podem ser Respondidas	questõesNãoRespondidas	√

D.4.6 – Atividade de Armazenamento das Informações de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e Geração de Recomendações

Esta atividade é responsável por armazenar as informações formalizadas pelas atividades de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e de Geração de Recomendações.

- **Atividade:** Armazenamento das Informações de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e Geração de Recomendações;
 - **Atividade(s) elementar(es):** nenhuma.
 - **Pré-atividade(s):** Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e Geração de Recomendações.
 - **Condição(ões):** as informações das atividades de Utilização de Estatística, Redução do Conjunto de Dados, Teste de Hipóteses, Geração de Conclusões e de Geração de Recomendações devem estar disponíveis para serem armazenadas.
- **Artefatos:**
 - **Entrada(s):** são as informações dos Documentos Resultados Agregados e Relatórios que devem estar disponíveis para serem armazenadas.
 - **Saída(s):**
 - ✓ Resultados Agregados – armazenado com as seguintes informações: tipoEscala, medidaTendênciaCentral, medidaDispersão, medidaDependência, visualizaçãoGráfica, recomendações, métodosEstatísticos, Resultados, Erros, Gráfico, razõesErros, tipoTeste, Aplicabilidade, Poder, projetoExperimento, Entrada, hipóteseNula, Cálculos, Critério, Validade, resultadosConcretos, Descobertas, Problemas, similaridadesDiferenças, Conclusões, Recomendações.
 - ✓ Relatório - para este documento são armazenadas as seguintes informações: Executor e Observador. A este documento Relatório estão associados os seguintes documentos: Lembretes, Comentários, Relatório Final, Questões em Aberto, Questões que não podem ser Respondidas.
 - ✓ Lembretes – informação armazenada: Lembretes.
 - ✓ Comentários – informação armazenada: Comentários.
 - ✓ Relatório Final – informações armazenadas: explicaçãoMétodo, utilidadeTécnica, melhoriaTécnica.
 - ✓ Questões em Aberto – informação armazenada: questõesEmAberto.
 - ✓ Questões que não podem ser Respondidas – informação armazenada: questõesNãoRespondidas.
- **Recurso:**
 - **Pessoa:** Engenheiro de Software.

✓ **Papel (is):** Bibliotecário Principal.

Responsabilidade(s): O Bibliotecário Principal tem a responsabilidade de armazenar os artefatos de saída desta atividade.

▪ **Pessoa:** Pesquisador.

✓ **Papel:** Bibliotecário de Assunto Local;

Responsabilidade(s): O Bibliotecário de Assunto Local tem a responsabilidade de armazenar os artefatos de saída referentes a sua localidade.