

115652.5

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**A REUTILIZAÇÃO DE MODELOS
DE REQUISITOS DE SISTEMAS
POR ANALOGIA:
EXPERIMENTAÇÃO E CONCLUSÕES**

por
Sérgio Felipe Zirbes

Tese submetida como requisito parcial
para a obtenção do grau de
Doutor em Ciência da Computação



Prof. Dr. José Palazzo Moreira de Oliveira
Orientador

Porto Alegre, outubro de 1995

**UFRGS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
BIBLIOTECA**

CIP - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Zirbes, Sérgio Felipe

A Reutilização de Modelos de Requisitos de Sistemas por Analogia: Experimentação e Conclusões / Sérgio Felipe Zirbes. - Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1995

183 p. : il.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Porto Alegre, 1995. Oliveira, José Palazzo Moreira de, orient.

1. Reutilização de Modelos de Requisitos. 2. Reutilização por Analogia. 3. Paradigma Orientado a Objeto. 4. Paradigma Estruturado. 5. Reutilização de Especificações. 6. Diagramas de Objetos 7. Diagramas de Fluxo de Dados. I. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 Reitor: Prof. Hélgio Casses Trindade
 Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: Prof. Cláudio Scherer
 Diretor do Instituto de Informática: Prof. Roberto Tom Price
 Coordenador do CPGCC: Prof. José Palazzo Moreira de Oliveira
 Bibliotecária-Chefe do Instituto de Informática: Zita Prates de Oliveira

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	
INSTITUTO DE INFORMÁTICA	
BIBLIOTECA	
DATA:	RECEBIDO:
ASSINATURA:	ASSINATURA:
PROF.:	PROF.:
PROF.:	PROF.:
PROF.:	PROF.:
PROF.:	PROF.:

Para

Joana,

Carlos Felipe e Ana Leticia.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Sistema de Biblioteca da UFRGS

INF

05232209

681.32.063(043) Z81r

[000115652] Zirbes, Sergio Felipe. A
reutilizacao de modelos de requisitos de
sistemas por analogia : experimentacao e
conclusoes. 1995. 183 f. : il.

1996/03/11

AGRADECIMENTOS

A tese de doutorado agora concluída, é o último passo de uma longa caminhada de cinco anos. O mais importante de todos os inúmeros passos que foram dados ao longo do trajeto, entretanto, foi justamente o primeiro. Agradeço pois, de forma especial, ao pequeno grupo de amigos que me incentivou e convenceu de que a caminhada era possível: **Debora, Mauro, Mariza, Nicoletti, Neron e Granitoff**. Aos integrantes deste mesmo pequeno grupo agradeço as incontáveis vezes que me socorreram, cada um a seu modo, acompanhando-me por todo o percurso.

É claro que muitos outros ajudaram. Em especial, àqueles que, concretamente contribuíram para o sucesso deste trabalho, expresso minha gratidão.

Agradeço, pois:

- Ao colega e orientador Prof. Dr. José Palazzo Moreira de Oliveira, pela motivação inicial e orientação efetiva em todas as etapas da tese;
- À Professora Dra. Vera Lúcia Strube de Lima, Coordenadora do Mestrado em Informática e à Professora Dra. Karin Becker, ambas da PUC/RS, por terem viabilizado os experimentos que realizei com seus mestrandos em 1994;
- Ao colega Prof. Dr. Duncan Ruiz, por sua valiosa colaboração técnica em várias oportunidades e, especialmente, por possibilitar os experimentos com modelos de objetos, realizados no contexto da disciplina que ministra no Curso de Especialização em Informática na PUC/RS;
- Ao professor Dr. Luiz Klering não apenas por ter permitido, mas por ter incentivado e viabilizado a utilização do software SPPS, por ele desenvolvido durante sua tese de doutorado no PPGA/UFRGS;
- Ao Professor Dr. Norberto Hoppen, do Programa de Pós-Graduação em Administração, pelo incentivo constante e pelas inúmeras idéias ao longo do trabalho;
- Às amigas Professoras Doutoras Cora Helena Francisconi Pinto Ribeiro e Lia Goldstein Golendziner, com quem compartilhei estudos, dúvidas, desânimos, indignações, alegrias e muita camaradagem;
- Aos Professores Doutores Clesio Saraiva dos Santos, José Volkmer de Castilho, Roberto Tom Price e Lirio Schaeffer pelo incentivo e crítica construtiva;
- Ao Prof. Manoel Luiz Leão, de quem tenho recebido estímulo ao longo de toda minha carreira profissional, e a quem devo grande parte de meu perfil de profissional em informática.

- Ao Eng. Prof. Roberto Manoel J. Macedo, diretor do Centro de Processamento de Dados da UFRGS, pelo apoio sempre renovado, viabilizando a realização deste trabalho.
- Ao pessoal da biblioteca do Instituto de Informática da UFRGS, pela presteza com que sempre me auxiliaram. Em especial à Ida, por sua paciência e eficiência na revisão final da forma e aspectos bibliográficos da tese.
- Aos alunos/analistas dos cursos de Especialização Sintel/93 e Sintel/94 da UFRGS, Mestrado em Informática/94 da PUCRS, Especialização em Informática/94 da PUCRS, Mestrado em Informática/93 da UFRGS, e Especialização em Informática/94 na FEJ/UDESC em Joinville, por sua colaboração e participação nos experimentos no âmbito da pesquisa inserida na tese;
- Aos meus pais, Dalirio e Nadir Zirbes, pelos conceitos e ensinamentos que souberam transmitir, tornando possível esta e todas as demais realizações de minha vida;
- Aos meus queridos filhos Ana Leticia e Carlos Felipe, pela paciência e compreensão que demonstraram em todas as vezes que este trabalho deles cobrou tributo, quer pela falta de minha atenção, quer pelo nervosismo e ansiedade com que, não tão eventualmente, os contemplei;
- e sobretudo, à minha querida esposa e amiga Joana, que em todos os momentos soube apoiar, estimular e, eventualmente, consolar. Pela inabalável e, para mim, inexplicável confiança que sempre teve no sucesso deste trabalho. Por sua presença sempre constante ao meu lado, por seu amor e por sua compreensão.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS.....	11
RESUMO	12
ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO	16
2 ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE SISTEMAS.....	20
2.1 A Eliciação.....	20
2.2 A Modelagem	21
2.3 O Produto: Documento com os Requisitos do Sistema.....	23
2.4 Principais Requisitos de um Sistema de Informação.....	24
2.5 Linguagens de Representação de Requisitos	26
2.6 Novas perspectivas na análise de requisitos.....	27
3 REUTILIZAÇÃO DE MODELOS DE REQUISITOS	30
3.1 Reutilização de Software: conceitos iniciais.....	30
3.2 O Conceito de Reutilização de Requisitos.....	31
3.2.1 Considerações sobre o que reutilizar.....	32
3.2.2 Modelos do processo de reutilização.....	35
3.3 Teoria de Domínios e a Reutilização de Modelos de Requisitos.....	38
3.4 O Processo de Reutilização de Requisitos.	41
3.4.1 Análise dos Requisitos do Novo Sistema.	41
3.4.2 Criação de um Modelo Restrito do Novo Sistema.	42
3.4.3 Busca de Modelos Similares ao Modelo Restrito do Novo Sistema.....	43
3.4.4 Seleção do Modelo Similar Mais Adequado.....	43
3.4.5 Desenvolvimento do Modelo do Novo Sistema a partir do Modelo Similar.....	45
3.4.6 Geração do Novo Sistema.	46

3.5 Sistemas de Apoio à Reutilização de Modelos.....	46
3.5.1 Fundamentos de Ambientes de Apoio à Reutilização.....	46
3.5.2 O IRA - Sistema de Apoio ao Especialista na Reutilização.....	47
3.5.3 O Ambiente ITHACA.....	49
3.6 Implementação da Reutilização de Requisitos.....	50
3.6.1 A criação de um Programa de Reutilização de Requisitos nas empresas.....	52
4 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS DA TESE.....	55
4.1 Definição dos objetivos da pesquisa.....	55
4.1.1 Processo de concretização dos objetivos da pesquisa.....	56
4.1.2 O objetivo concreto da pesquisa.....	59
4.2 Experimentação na reutilização de modelos.....	60
4.2.1 Fundamentos metodológicos.....	60
4.3 Protocolo Experimental.....	62
4.3.1 O protocolo experimental e os efeitos da pesquisa.....	64
4.4 O plano de ação para a realização dos experimentos.....	66
5 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	68
5.1 As experiências no Paradigma Estruturado (PE).....	68
5.1.1 Características dos participantes dos experimentos.....	68
5.1.2 Critérios para composição das equipes.....	70
5.1.3 Características dos experimentos.....	70
5.1.3.1 Preparação prévia das turmas em modelagem.....	71
5.1.3.2 Descrição do material distribuído no experimento-1.....	71
5.1.3.3 Descrição do material distribuído no experimento-2.....	72
5.1.3.4 Instruções e comportamento durante os experimentos.....	73
5.1.4 Critérios e método de correção dos modelos desenvolvidos.....	74
5.1.5 Apropriação dos dados dos experimentos: caracterização das variáveis.....	75
5.2 As experiências no Paradigma Orientado a Objeto.....	77
5.2.1 Características dos participantes dos experimentos.....	77
5.2.2 Critérios para composição das equipes.....	78
5.2.3 Características dos experimentos.....	78
5.2.3.1 Preparação prévia das turmas em modelagem.....	78
5.2.3.2 Descrição do material distribuído no experimento-1.....	79
5.2.3.3 Descrição do material distribuído no experimento-2.....	79
5.2.3.4 Instruções e comportamento durante os experimentos.....	80
5.2.4 Critérios e métodos de correção dos modelos desenvolvidos.....	81
5.2.5 Apropriação dos dados dos experimentos: caracterização das variáveis.....	81

6 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS COM DFD'S	84
6.1 Caracterização e experiência dos participantes	84
6.2 Experimento-1	86
6.2.1 Completude e correção dos modelos	86
6.2.1.1 Efeitos sobre os tipos de erros na modelagem	88
6.2.2 Experiência dos participantes no experimento-1	90
6.2.3 Tempo consumido em cada etapa da modelagem	91
6.3 Experimento-2	93
6.3.1 Completude e correção dos modelos	95
6.3.1.1 Efeitos sobre os tipos de erros na modelagem	96
6.3.2 Experiência dos participantes no experimento-2	97
6.3.3 Tempo consumido em cada etapa da modelagem	98
6.4 Experimentos 1 e 2	99
6.4.1 Experimentos 1 e 2 como uma única amostra	100
6.4.1.1 Completude e correção dos modelos	100
6.4.1.2 Experiência dos participantes nos dois experimentos	103
6.4.1.3 Tempo consumido em cada etapa da modelagem	105
6.4.2 Experimentos 1 e 2 dispostos par a par	106
6.4.2.1 Comparação das médias das variáveis par a par	106
6.4.2.2 Teste t para duas amostras em par	107
7 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS COM DIAGRAMAS DE OBJETOS	111
7.1 Caracterização e experiência dos participantes	111
7.2 Experimentos 1 e 2	112
7.2.1 Variação da completude e correção dos modelos com o tipo de modelagem	113
7.2.1.1 A reutilização e seus efeitos sobre os diversos tipos de erros de modelagem	115
7.2.2 Comportamento das variáveis relativas à experiência dos participantes	116
7.2.3 Comportamento das variáveis relativas a tempo nas etapas da modelagem	116
8 ANÁLISE DA PESQUISA E CONCLUSÕES	119
8.1 Análise crítica dos resultados dos experimentos com DFD's	119
8.1.1 Validade interna e externa dos experimentos 1 e 2	119
8.1.2 Variações de AF em função do tipo de modelagem	120
8.1.3 Variações dos tipos de erros em função do tipo de modelagem	122
8.1.4 Variações dos tempos em função do tipo de modelagem	123
8.2 Análise crítica dos resultados dos experimentos com Modelos de Objetos	125
8.2.1 Validade interna e externa dos experimentos 1 e 2	125
8.2.2 Variações de AF em função do tipo de modelagem	126

8.2.3	Variações dos tipos de erros em função do tipo de modelagem.....	127
8.2.4	Variações dos tempos em função do tipo de modelagem.....	128
8.3	Conclusões.....	129
8.3.1	Resultados da análise estatística.....	129
8.3.2	Observações e impressões colhidas durante os experimentos.....	131
8.4	Pesquisa Futura.....	132
9	ANEXOS.....	134
9.1	Anexo 1 - Instruções de execução do Experimento-1/PE/SR.....	134
9.2	Anexo 2 - Instruções de execução do Experimento-1/PE/CR.....	137
9.3	Anexo 3 - Instruções de execução do Experimento-2/PE/SR.....	142
9.4	Anexo 4 - Instruções de execução do Experimento-2/PE/CR.....	145
9.5	Anexo 5 - Instruções de execução do Experimento-1/OO/SR.....	150
9.6	Anexo 6 - Instruções de execução do Experimento-1/OO/CR.....	152
9.7	Anexo 7 - Instruções de execução do Experimento-2/OO/SR.....	157
9.8	Anexo 8 - Instruções de execução do Experimento-2/OO/CR.....	159
9.9	Anexo 9 - Questionário prévio para participantes.....	164
9.10	Anexo 10 - Questionário de avaliação da reutilização.....	165
9.11	Anexo 11 - Tabela com os dados do Experimento-1/PE.....	166
9.12	Anexo 12 - Tabela com os dados do Experimento-2/PE.....	168
9.13	Anexo 13 - Tabela com dados dos experimentos 1 e 2 par a par.....	170
9.14	Anexo 14 - Tabela com os dados dos Experimentos no POO.....	171
10	BIBLIOGRAFIA.....	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - A Análise de Sistemas	20
Figura 2.2 - A modelagem.....	21
Figura 2.3 - Evolução dos Modelos	23
Figura 2.4 - Aceitação do Sistema pelo Usuário	24
Figura 3.1 - Reutilização nas diversas fases do ciclo de desenvolvimento.....	33
Figura 3.2 - Reutilização Adaptativa	35
Figura 3.3 - Reutilização Parametrizada.....	36
Figura 3.4 - Engenharia de Reutilização.....	36
Figura 3.5 - Domínios e sub-domínios.....	37
Figura 3.6 - O problema da organização de venda de produtos	39
Figura 3.7 - Criação e utilização da Biblioteca de Recursos Reutilizáveis.....	40
Figura 3.8 - Tarefa de reutilização e a infra-estrutura necessária.	41
Figura 3.9 - Modelos restritos de sistemas	44
Figura 3.10 - Estrutura do ambiente automatizado de apoio à reutilização.....	47
Figura 3.11 - O Inteligente Reuse Advisor.....	48
Figura 3.12 - A arquitetura do ambiente Ithaca	50
Figura 3.13 - Implementação do programa incremental de reutilização.	51
Figura 3.14 - Estágios do programa de reutilização incremental.....	52
Figura 3.15 - Distribuição de custos em um programa típico de reutilização.....	53
Figura 4.1 - Processo de modelagem por analogia.....	58
Figura 4.2 - Esquema dos experimentos em cada paradigma	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Experiência em análise dos participantes (PE).....	69
Tabela 5.2 - Curso formal dos participantes (PE)	69
Tabela 5.3 - Participantes por turma, tipo de modelagem e equipe (PE)	71
Tabela 6.1 - Caracterização dos participantes (PE)	85
Tabela 6.2 - Médias de AF por tipo de modelagem e turma (PE/1).....	87
Tabela 6.3 - Teste t para médias de AF com e sem reutilização (PE/1)	87
Tabela 6.4 - Redução dos erros com o tipo de modelagem (PE/1)	89
Tabela 6.5 - Teste t para variável P4 com e sem reutilização (PE/1).....	90
Tabela 6.6 - Experiência, avaliação do modelo e tipo de modelagem (PE/1).....	91
Tabela 6.7 - Análise dos tempos gastos por fase da modelagem (PE/1)	92
Tabela 6.8 - Teste t para tempos gastos nas etapas da modelagem (PE/1)	94
Tabela 6.9 - Variação das médias de AF por tipo de modelagem e turma (PE/2).....	95
Tabela 6.10 - Teste t para médias de AF (PE/2)	96
Tabela 6.11 - Redução dos erros em função do tipo de modelagem (PE/2)	96
Tabela 6.12 - Teste para variável P4 (PE/2).....	97
Tabela 6.13 - Experiência, avaliação do modelo e tipo de modelagem (PE/2).....	97
Tabela 6.14 - Análise dos tempos gastos nas fases da modelagem (PE/2).....	98
Tabela 6.15 - Teste t para médias de TC, com e sem reutilização (PE/2)	99
Tabela 6.16 - Médias de AF por tipo de modelagem e por turma (PE/G).....	101
Tabela 6.17 - Teste t para médias de AF com e sem reutilização (PE/G)	101
Tabela 6.18 - Redução dos erros em função do tipo de modelagem (PE/G)	102
Tabela 6.19 - Teste t para variáveis P1, P2, P3, P4 (PE/G)	103
Tabela 6.20 - Relação entre experiência dos participantes e AF (PE/G)	104
Tabela 6.21 - Teste t para médias de AF em relação a CP (PE/G).....	105
Tabela 6.22 - Tempos de modelagem com e sem reutilização (PE/G)	105
Tabela 6.23 - Variação das médias das variáveis (PE/PAR)	107
Tabela 6.24 - Teste t para médias de AF (PE/PAR)	108
Tabela 6.25 - Teste t para AF com diferença de médias = 12 (PE/PAR)	108
Tabela 6.26 - Teste t para variáveis TC e TA (PE/PAR).....	109
Tabela 6.27 - Teste t para variável tempo total, TT (PE/PAR).....	110
Tabela 7.1 - Caracterização dos participantes (OO)	112
Tabela 7.2 - Médias de AF com e sem reutilização (OO)	113
Tabela 7.3 - Teste t para médias de AF com e sem reutilização (OO)	114
Tabela 7.4 - Teste t para diferença de médias de AF (OO).....	114
Tabela 7.5 - Redução dos diversos tipos de erros (OO).....	115
Tabela 7.6 - Variação de AF e a experiência dos participantes (OO).....	116
Tabela 7.7 - Variação de tempos na modelagem com e sem reutilização (OO)	117
Tabela 7.8 - Teste t para médias de TA e TC com e sem reutilização (OO)	118
Tabela 8.1 - Variação de AF de acordo com o tipo de modelagem (PE/F)	120
Tabela 8.2 - Variação dos erros com o tipo de modelagem (PE/F).....	123
Tabela 8.3 - Variação dos tempos em função do tipo de modelagem (PE/F).....	124
Tabela 8.4 - Variação de AF de acordo com o tipo de modelagem (POO/F).....	126
Tabela 8.5 - Variação dos erros com o tipo de modelagem (POO/F)	128
Tabela 8.6 - Variação dos tempos em função do tipo de modelagem (POO/F).....	129

RESUMO

A exemplo de qualquer outra atividade que se destine a produzir um produto, a engenharia de software necessariamente passa por um fase inicial, onde é necessário definir o que será produzido. A análise de requisitos é esta fase inicial, e o produto dela resultante é a especificação do sistema a ser construído. As duas atividades básicas durante a análise de requisitos são a eliciação (busca ou descoberta das características do sistema) e a modelagem.

Uma especificação completa e consistente é condição indispensável para o adequado desenvolvimento de um sistema. Muitos têm sido, entretanto, os problemas enfrentados pelos analistas na execução desta tarefa. A variedade e complexidade dos requisitos, as limitações humanas e a dificuldade de comunicação entre usuários e analistas são as principais causas destas dificuldades. Ao considerarmos o ciclo de vida de um sistema de informação, verificamos que a atividade principal dos profissionais em computação é a transformação de uma determinada porção do ambiente do usuário, em um conjunto de modelos. Inicialmente, através de um modelo descritivo representamos a realidade. A partir dele derivamos um modelo das necessidades (especificação dos requisitos), transformando-o a seguir num modelo conceitual. Finalizando o ciclo de transformações, derivamos o modelo programado (software), que irá se constituir no sistema automatizado requerido.

Apesar da reconhecida importância da análise dos requisitos e da conseqüente representação destes requisitos em modelos, muito pouco se havia inovado nesta área até o final dos anos 80. Com a evolução do conceito de *reutilização de software* para *reutilização de especificações* ou *reutilização de modelos de requisitos*, finalmente surge não apenas um novo método, mas um novo paradigma: a reutilização sistemática (sempre que possível) de modelos integrantes de especificações de sistemas semelhantes ao que se pretende desenvolver. Muito se tem dito sobre esta nova forma de modelagem e um grande número de pesquisadores tem se dedicado a tornar mais simples e eficientes várias etapas do novo processo. Entretanto, para que a reutilização de modelos assuma seu papel como uma metodologia de uso geral e de plena aceitação, resta comprovar se, de fato, ele *produz software de melhor qualidade e confiabilidade, de forma mais produtiva*. A pesquisa descrita neste trabalho tem por objetivo investigar um dos aspectos envolvido nesta comprovação.

A experimentação viabilizou a comparação entre modelos de problemas construídos com reutilização, a partir dos modelos de problemas similares previamente construídos e postos à disposição dos analistas, e os modelos dos mesmos problemas elaborados sem nenhuma reutilização. A comparação entre os dois conjuntos de modelos permitiu concluir, nas condições propostas na pesquisa, serem os modelos construídos com reutilização mais completos e corretos do que os que foram construídos sem reutilização. A apropriação dos tempos gastos pelos analistas durante as diversas etapas da modelagem, permitiu considerações sobre o esforço necessário em cada um dos dois tipos de modelagem.

O protocolo experimental e a estratégia definida para a pesquisa possibilitaram também que medidas pudessem ser realizadas com duas séries de modelos,

onde a principal diferença era o grau de similaridade entre os modelos do problema reutilizado e os modelos do problema alvo. A variação da qualidade e completude dos dois conjuntos de modelos, bem como do esforço necessário para produzi-los, evidenciou uma questão fundamental do processo: a reutilização só terá efeitos realmente produtivos se realizada apenas com aplicações integrantes de domínios específicos e bem definidos, compartilhando, em alto grau, dados e procedimentos.

De acordo com as diretrizes da pesquisa, o processo de reutilização de modelos de requisitos foi investigado em duas metodologias de desenvolvimento: na metodologia estruturada a modelagem foi realizada com Diagramas de Fluxo de Dados (DFD's) e na metodologia orientada a objeto com Diagramas de Objetos. A pesquisa contou com a participação de 114 alunos/analistas, tendo sido construídos 175 conjuntos de modelos com diagramas de fluxo de dados e 23 modelos com diagramas de objeto. Sobre estas amostras foram realizadas as análises estatísticas pertinentes, buscando-se responder a um considerável número de questões existentes sobre o assunto.

Os resultados finais mostram a existência de uma série de benefícios na análise de requisitos com modelagem baseada na reutilização de modelos análogos. Mas, a pesquisa em seu todo mostra, também, as restrições e cuidados necessários para que estes benefícios de fato ocorram.

PALAVRAS-CHAVE: Reutilização de Modelos de Requisitos, Reutilização por Analogia, Paradigma Orientado a Objeto, Paradigma Estruturado, Reutilização de Especificações, Diagramas de Objetos, Diagramas de Fluxo de Dados.

**TITLE : "SYSTEMS REQUIREMENTS REUSE BY ANALOGY:
EXAMINATION AND CONCLUSIONS"**

ABSTRACT

System Engineering, as well as any other product oriented activity, starts by a clear definition of the product to be obtained. This initial activity is called Requirement Analysis and the resulting product consists of a system specification. The Requirement Analysis is divided in two separated phases: elicitation and modeling.

An appropriate system development definition relies in a complete, and consistent system specification phase. However, many problems have been faced by system analysts in the performance of such task, as a result of requirements complexity, and diversity, human limitations, and communication gap between users and developers. If we think of a system life cycle, we'll find out that the main activity performed by software engineers consists in the generation of models corresponding to specific parts of the users environment. This modeling activity starts by a descriptive model of the portion of reality from which the requirement model is derived, resulting in the system conceptual model. The last phase of this evolving modeling activity is the software required for the system implementation.

In spite of the importance of requirement analysis and modeling, very little research effort was put in these activities and none significant improvement in available methodologies were presented until the late 80s. Nevertheless, when the concepts applied in software reuse were also applied to system specification and requirements modeling, then a new paradigm was introduced, consisting in the specification of new systems based on systematic reuse of similar available system models. Research effort have been put in this new modeling technique in the aim of make it usable and reliable. However, only after this methodology is proved to produce better and reliable software in a more productive way, it would be world wide accepted by the scientific and technical community. The present work provides a critical analysis about the use of such requirement modeling technique.

Experimental modeling techniques based on the reuse of similar existing models are analyzed. Systems models were developed by system analyst with similar skills, with and without reusing previously existing models. The resulting models were compared in terms of correction, consumed time in each modeling phase, effort, etc.

An experimental protocol and a special strategy were defined in order to compare and to measure results obtained from the use of two different groups of models. The main difference between the two selected groups were the similarity level between the model available for reuse and the model to be developed. The diversity of resulting models in terms of quality and completeness, as well in the modeling effort, was a corroboration to the hypothesis that reuse effectiveness is related to similarity between domains, data and procedures of pre-existing models and applications being developed.

In this work, the reuse of requirements models is investigated in two different methodologies: in the first one, the modeling process is based on the use of

Data Flow Diagrams, as in the structured methodology; in the second methodology, based on Object Orientation, Object Diagrams are used for modeling purposes. The research was achieved with the cooperation of 114 students/analysts, resulting in 175 series of Data Flow Diagrams and 23 series of Object Diagrams. Proper statistical analysis were conducted with these samples, in order to clarify questions about requirements reuse.

According to the final results, modeling techniques based on the reuse of analogous models provide an improvement in requirement analysis, without disregarding restrictions resulting from differences in domain, data and procedures.

KEYWORDS: Requirements Reuse, Reuse by Analogy, Object-Oriented Paradigm, Structured Analysis, Specification Reuse, Object Diagrams, Data Flow Diagrams.

1 INTRODUÇÃO

No final da década de 1970, iniciavam-se profundas modificações no processo de desenvolvimento de sistemas de informação [ZIR 80]. A tendência da revolução que se anunciava, era a *adoção de métodos sistemáticos de desenvolvimento de sistemas*. Programadores e analistas que utilizavam a forma tradicional de desenvolvimento (pessoal, sem método definido e portanto impossível de ser reproduzida), pareciam ter seus dias contados. Apenas iniciava-se a era das *metodologias*. As novas idéias da *Análise Estruturada* [DeM 78, GAN 79, McM 84, YOU 90], possibilitaram a descrição dos requisitos dos sistemas de uma maneira capaz de torná-los passíveis de entendimento pelos *usuários* (participantes que passavam a adquirir importância no cenário da Análise de Sistemas). O desenvolvimento *conjunto* das aplicações entre usuários e analistas passou a ser um importante objetivo, traduzido depois em metodologias como o *JAD (Joynt Application Design)*[MOR 91]. Quase que na mesma época surgiam, com base no modelo entidade-relacionamento de Chen [CHE 76], uma série de métodos mais tarde reunidos numa outra metodologia, a *Engenharia de Informações* [FEL 88, KIP 93], cuja principal característica era a valorização dos *dados* ao invés do tradicional enfoque nas *funções* do sistema.

Com o Paradigma Orientado a Objeto (POO), ocorreu um processo bastante semelhante ao que ocorreu com os métodos estruturados: os primeiros avanços localizaram-se na programação. Só mais tarde os conceitos foram utilizados no projeto e análise de sistemas. A situação atual mostra a existência de um amplo leque de métodos e ferramentas de análise baseado no POO, sem que tenha surgido ainda uma metodologia predominante [SHL 88, RUM 91, BOO 91, WIR 90, JAC 92, COA 92], e sem que nenhuma delas seja utilizada comercialmente de forma significativa.

Paralelamente a este desenvolvimento no âmbito exclusivo da Engenharia de Software, buscava-se novas formas de especificar sistemas, com auxílio de conceitos provenientes da Inteligência Artificial (AI) [YEH 84, PAR 88, RIC 88, TAN 88, YAD 88, ZIR 90 e OLI 91]. Dois outros importantes tipos de sistemas surgiam: os Sistemas Especialistas (SE) [TRA 88, MAC 91 e SWA 91] ou Sistemas Baseados em Conhecimento (KBS - Knowledge Based Systems) [WEI 89, KEA 90 e SWA 90] e os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) [HUB 80, DeS 87, SAG 87, WAT 88, YAD 89 e VOG 90].

Todo este conjunto de métodos, ferramentas e metodologias está hoje sendo empregados em alguma medida nos vários produtos CASE (Computer-Aided Software Engineering) [McC 89] disponíveis no mercado. A cada uma destas maneiras de desenvolver sistemas corresponde um certo número de atividades dispostas de acordo com o que se convencionou chamar de *ciclo de vida* do desenvolvimento [YOU 90, GIR 90 e COA 92].

Entretanto, apesar da diversidade de conceitos e dos diferentes paradigmas que as sustentam, todas as metodologias possuem uma fase comum: a especificação dos requisitos do sistema [EDE 94]. As duas atividades desta etapa, a

eliciação e a modelagem, são essenciais para que se defina *o que* deve ser construído. O escopo desta tese de doutorado encontra-se justamente no entorno da modelagem dos requisitos de sistemas de informação. Inserida no contexto de uma nova revolução, baseada, agora, *no paradigma da reutilização sistemática* [FRA 94], tratará da *reutilização de modelos de requisitos por analogia* [MAI 92 e MAI 92a].

A *reutilização sistemática* [FRA 94], de acordo com o que ficou estabelecido na terceira conferência internacional sobre reutilização de software, realizada no Rio de Janeiro em novembro de 1994, baseia-se no conceito de **domínio**, *uma área de aplicações com sistemas que compartilham decisões de projeto (requisitos)*. A engenharia de domínio é o processo pelo qual identificam-se as similaridades e as desigualdades entre as aplicações do domínio [ARA 89]. Com base nestas informações podem ser definidos *os recursos reutilizáveis*, isto é, modelos de requisitos, especificações, subsistemas, decisões de projeto, etc., passíveis de serem reutilizados em novas aplicações no domínio. Após a identificação destes recursos e de sua validação, os mesmos são catalogados e inseridos numa *biblioteca de recursos reutilizáveis*, permitindo sua rápida e eficiente recuperação para novo uso em aplicações de arquitetura semelhante pertencentes ao domínio.

Podemos depreender, mesmo a partir da rápida visão geral da reutilização sistemática, que trata-se efetivamente de uma significativa evolução do processo de desenvolvimento de sistemas. A unidade de trabalho do engenheiro de software, que antes era um sistema particular, passa agora a ser um *domínio de aplicações* que compartilham um conjunto significativo de recursos.

Em uma empresa ou em um departamento podem existir vários conjuntos de aplicações similares. Maiden [MAI 92a] em sua tese de doutorado, trabalhou bastante este aspecto, definindo um universo de 22 destes *domínios abstratos*. O domínio por ele denominado de *gerência de recursos não renováveis*, por exemplo, é um deles. Todas as aplicações que envolvem produtos armazenados em um repositório físico (armazéns, pátios, prateleiras, etc.) que são emprestados a um usuário, utilizados por um certo tempo e depois devolvidos, podem ser vistas como integrantes deste domínio. É o caso de sistemas de gerência de bibliotecas, de locação de automóveis ou fitas de vídeo, de poltronas em casas de espetáculos, de vagas de estacionamento e assim por diante. Estes sistemas possuem características semelhantes, podem ser desenvolvidos com a mesma arquitetura básica e, o mais importante, prestam-se à *reutilização de recursos comuns*, desde que estes estejam disponíveis.

Outro importante aspecto associado à reutilização é sua possível transcendência aos limites de uma única organização. Pesquisadores do Centro Universitário de Informática, em Genebra, na Suíça [GIB 90], consideram ser o desenvolvimento de software uma atividade a ser desenvolvida no contexto de uma **comunidade de software**: "*grupos de pessoas envolvidas no desenvolvimento, disseminação e utilização de peças de software...*". Neste contexto, as aplicações seriam construídas a partir de componentes genéricos acumulados por comunidades nas quais o domínio destas aplicações sejam familiares. Transpondo assim os limites de uma única

organização, a reutilização em grande escala alcança um patamar onde a viabilidade econômica passa a ser mais efetiva.

Estratégia semelhante é a base do ITHACA, um grande projeto integrante do programa European Community's Esprit II [GIB 90, NIE 92], cujo objetivo é a construção de um ambiente para suportar o desenvolvimento de aplicações orientadas a objeto, em variados domínios de aplicação. Este ambiente inclui uma linguagem orientada a objeto com suporte em banco de dados, uma base de informações sobre software (Software Information Base - SIB), uma ferramenta que permite a busca e recuperação de informações sobre a SIB e ainda, algumas ferramentas de desenvolvimento de aplicações que operam a partir da SIB. No capítulo 3, onde são detalhados os conceitos inerentes à reutilização de requisitos, o projeto ITHACA é descrito em maiores detalhes.

A reutilização sistemática envolve uma série de atividades preliminares para criação da biblioteca de recursos reutilizáveis [PRI 91a]. A especificação dos requisitos de um novo sistema tem um ciclo de vida próprio [ARA 89, REU 89, WAT 91 e MAI 92a], envolvendo a eliciação destes requisitos, criação de seu modelo restrito, busca de modelos similares na biblioteca, seleção do modelo similar mais adequado, desenvolvimento do modelo do novo sistema.

Feitas todas estas considerações sobre a reutilização sistemática, isto é, concluída a definição de seu universo, torna-se possível, agora, definir o escopo da tese. ***O pressuposto básico da reutilização é que esta sistemática produza sistemas de maior qualidade e confiabilidade, e isto, de uma forma mais produtiva [FRA 94]. O objetivo primordial deste trabalho é a investigação empírica deste pressuposto, centrando-se, pois, na atividade de construção dos modelos.*** Pela impossibilidade de abordar, no âmbito da tese, todo o processo de reutilização, foram excluídas de seu escopo todas as demais atividades, desde a eliciação, até a seleção do modelo similar.

Trata-se da idealização, execução e análise de experimentos capazes de permitir a comparação de modelos de requisitos, referentes ao mesmo problema alvo, mas construídos em processos diferentes, com e sem reutilização. A comparação deverá permitir conclusões sobre diferenças na qualidade, completude e esforço nos dois métodos de desenvolvimento de especificações de requisitos. Buscou-se, ainda, subsídios para a definição de ferramentas de apoio automatizadas capazes de potencializar os eventuais benefícios da reutilização. Dois estudos foram realizados: no primeiro, utilizando-se Diagramas de Fluxo de Dados, alunos/analistas elaboraram 175 modelos, sendo 90 construídos desde o início, sem reutilização e 85 com reutilização de modelo similar; no segundo, utilizando-se Modelos de Objetos, obteve-se uma amostra menor, com 23 modelos, sendo 11 construídos sem e 12 com reutilização de modelo similar. Desde o início convém ressaltar *não ser o objetivo da tese comparar eficácia, eficiência e produtividade entre os paradigmas, mas sim comparar estes aspectos nas duas sistemáticas de construção de modelos, com e sem reutilização, no âmbito de cada um dos dois paradigmas.*

A estrutura desta tese de doutorado é descrita a seguir:

O capítulo 2 define e analisa conceitos referentes à especificação de requisitos de sistemas. As atividades de eliciação e modelagem são descritas, detalhando-se os procedimentos inerentes à elaboração de modelos de requisitos. O capítulo aborda ainda o conteúdo do produto final da fase, ou seja o documento com a especificação dos requisitos. Na última seção, novos aspectos relativos às especificações são analisados, introduzindo-se o conceito de reutilização de modelos.

A reutilização no contexto da Engenharia de Software é o tema do capítulo 3. São ressaltadas as diferenças entre a reutilização nas fases iniciais do ciclo de vida em relação à reutilização pura e simples de código. As atividades e as etapas da nova sistemática de elaboração das especificações são detalhadas e confrontadas com o ciclo de vida tradicional. A infra-estrutura necessária à reutilização efetiva num ambiente de desenvolvimento também é analisada.

O capítulo 4 encerra a proposta e os objetivos da tese. Define-se o protocolo experimental, estratégia pela qual serão regidos os experimentos de modelagem. As etapas e atividades inerentes a cada fase dos experimentos são detalhadas. É realizada ainda uma análise crítica do protocolo experimental, com vistas à sua eficácia frente a uma série de efeitos indesejáveis a experimentos do tipo proposto.

Os experimentos de modelagem realizados com ferramentas inerentes ao paradigma estruturado (DFD's) e ao paradigma orientado a objeto (modelos de objetos) são descritos no capítulo 5. Características dos participantes, descrição das experiências e do material utilizado em sua execução e critérios de avaliação dos modelos são, também, aspectos considerados neste capítulo.

A análise dos resultados dos experimentos é realizada no capítulo 6 (experimentos com DFD's) e capítulo 7 (experimentos com modelos de dados). Os dados foram organizados em tabelas, depois analisadas pelo software Excel. A completude e correção dos modelos com e sem reutilização são avaliadas e comparadas nos dois paradigmas. O mesmo ocorre com os tempos necessários à conclusão de cada etapa na modelagem. Buscam-se eventuais relações entre os resultados e a experiência dos participantes em análise.

O capítulo 8 contém as conclusões do trabalho. De forma criteriosa, busca-se extrapolar os resultados obtidos na pesquisa, aplicando-os ao processo genérico de reutilização de modelos de requisitos de sistemas. Os efeitos do grau de similaridade entre o problema alvo e o problema reutilizável em relação à qualidade e completude dos modelos resultantes são realçados. Aspectos que devem ser ainda pesquisados e idéias quanto à continuação futura do trabalho constituem a seção final do capítulo.

Os anexos ao final da tese são reproduções do material entregue a cada participante durante os diversos experimentos realizados no âmbito da pesquisa. Incluem, também, as tabelas com os dados das amostras.

2 ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE SISTEMAS

A reutilização de especificações, e mais particularmente a *reutilização de modelos de requisitos* se insere no amplo contexto da análise e especificação de requisitos, fase essencial da Análise de Sistemas, de acordo com os modernos conceitos da Engenharia de Software. O completo entendimento dos propósitos desta pesquisa requer, antes, algumas considerações sobre este escopo.

De acordo com abrangente pesquisa realizada por Júlio César Leite em [LEI 87], onde extensa bibliografia sobre o assunto foi analisada, a Análise de Requisitos é um *processo*, onde o que deve ser feito é *eliciado* e *modelado*. Este processo envolve-se com diferentes *visões* e utiliza uma combinação de *métodos*, *ferramentas* e *atores*. O *produto* deste processo é um *modelo*, a partir do qual um documento denominado *Requisitos do Sistema* é produzido. A figura 2.1 reproduz a concepção de Leite sobre a Análise de Requisitos.

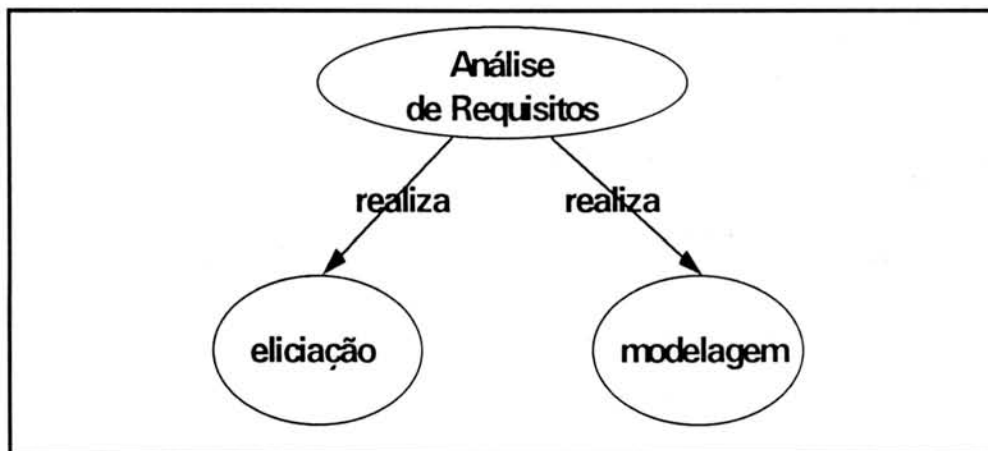


Figura 2.1 - A Análise de Sistemas (extraído de [LEI 87])

2.1 A Eliciação

A *eliciação* é a fase do ciclo de vida de sistemas de informação em que existe grande interação com o *usuário* do sistema. É ele o *especialista* nos procedimentos que o analista deve modelar. É ele ainda quem expressa suas necessidades de informação e quem aceitará ou não o sistema desenvolvido. O estabelecimento de uma forma efetiva de comunicação usuário-analista é condição essencial para o sucesso do projeto. No outro extremo do processo de análise de requisitos está o projetista, isto é, o construtor do sistema. Esta atividade do processo de análise de requisitos que se processa junto ao usuário, com todas as dificuldades inerentes à complexidade da comunicação humana, tem sido objeto de estudo de um grande numero de pesquisadores [DAV 82, HAR 85, OLV 87, WOO 87, FIC 89, JAC 89, STR 89, SUM 89, HAH 91, ORT 91, SAN 91, FIC 91]. Entretanto, o contexto da presente tese não abrange a eliciação, concentrando-se no segundo aspecto da análise de sistemas que é a modelagem.

2.2 A Modelagem

De acordo com o que vimos na seção anterior, a eliciação é o processo de identificação dos requisitos do sistema. A partir do conhecimento destes requisitos o analista os organiza e passa a representá-los em um *modelo*. Modelar implica em abstrair, isto é, em *representar simplificando*. Trata-se de uma representação abstrata, que, através de sua análise, permite a descrição e/ou previsão do comportamento do sistema que lhe deu origem. Na engenharia de sistemas, bem como em quase todas as outras áreas do conhecimento humano, a utilização de modelos é essencial. Mapas, globos, desenhos arquitetônicos e pautas musicais são alguns dos vários exemplos existentes. De acordo com Yourdon, [YOU 90], *a maior parte do trabalho do analista relaciona-se à elaboração de modelos, com o objetivo de:*

- * ressaltar as características importantes do sistema, desconsiderando as demais;
- * permitir que, em conjunto com o usuário, possa verificar se de fato captou adequadamente o ambiente do sistema, tornando possível discutir e avaliar alterações e correções dos requisitos com baixo custo e risco mínimo; e
- * verificar se a especificação engloba todas as informações necessárias à construção do sistema pelos projetistas e programadores.

Referindo-nos novamente ao trabalho de Leite, [LEI 87], verificamos que a modelagem é a atividade na qual o analista vai *formalizando* as informações obtidas durante a eliciação, buscando torná-las *processáveis*. A figura 2.2 evidencia os diversos aspectos envolvidos na modelagem.

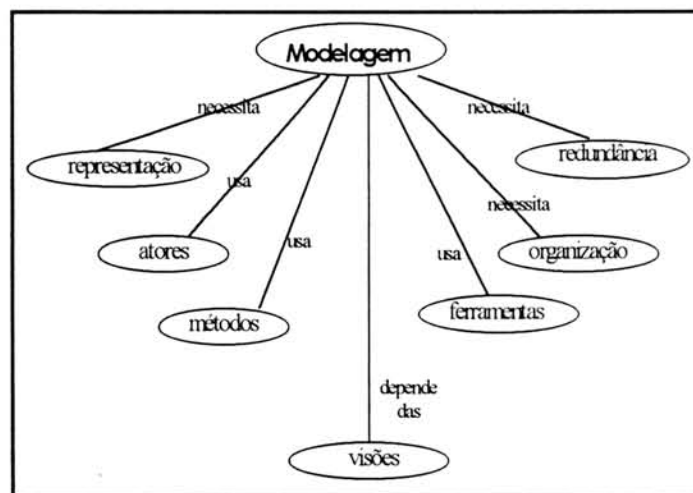


Figura 2.2 - A modelagem (extraído de [LEI 87])

A *representação* é o aspecto da modelagem que estabelece de que forma a semântica do modelo será expressa. Na modelagem, o analista procura evidenciar dois tipos de propriedades: estáticas e dinâmicas. As propriedades estáticas descrevem os

estados que o sistema alcança. Já as propriedades dinâmicas descrevem as transições entre estes estados [PET 89 e PER 91].

Ao analisarmos os diversos *métodos e ferramentas* de modelagem existentes, constatamos que, em sua maioria, são direcionadas para um ou outro grupo de propriedades. Modelos que representam as propriedades estáticas são conhecidos como modelos de dados, e tem no modelo entidade-relacionamento (ER) seu principal representante [CHE 76, SET 89 e BAI 89]. As propriedades dinâmicas dos sistemas de informação (suas funções...), são o alvo principal das técnicas iniciais da Análise Estruturada [DeM 78 e GAN 79], que utilizam diagramas de fluxo de dados (DFD's) para expressá-las.

As publicações mais recentes sobre a Análise Estruturada [YOU 90] e [PAL 91] bem como sobre a Engenharia de Informação [FEL 88], já buscam integrar, nos modelos que propõem, os dois aspectos. Aos Diagramas de Fluxo de Dados (DFD's), somam-se os Diagramas de Entidade-Relacionamento (DER's) e os Diagramas de Transição de Estados (DTE's).

A Análise Orientada a Objetos permite uma modelagem integradora, com as propriedades dinâmicas e estáticas sendo representadas num único modelo [COA 92]: o Modelo de Objetos. Neste tipo de modelagem, ao conjunto de *Classe-&-Objeto* com seus *atributos* (propriedades estáticas), vem juntar-se os *Serviços* e as *Conexões de Mensagem*, (propriedades dinâmicas).

Um dos aspectos interessantes da modelagem é o que Leite [LEI 87] denominou de *visões*, vários pontos de vista. Estas concepções, cuja representação introduz *redundância* nos modelos, decorre do fato de que são diferentes observadores (usuários e analistas, que realizam estes modelos. A consciência da existência destes pontos de vista deve conduzir a um processo de resolução de conflitos e a conseqüente unificação do modelo, que no final, deverá ficar mais completo, graças a *redundância* inicial [FIN 89, LEI 89 e ROB 89].

O modelo de requisitos resultante da modelagem deve ser passível de utilização tanto por usuários como por analistas e projetistas (*atores*). Sua *organização* é um aspecto fundamental para que este objetivo seja devidamente alcançado, tornando-o um documento de fácil entendimento para os usuários e, ao mesmo tempo, com rigor suficiente para permitir seu uso pelos projetistas.

Ao considerarmos o ciclo de vida de um sistema de informação, verificamos que a atividade principal dos profissionais em computação é a transformação de uma determinada realidade, em um conjunto de modelos. Inicialmente, através de um modelo descritivo representamos a porção do ambiente do usuário que queremos analisar. A partir dele derivamos um modelo das necessidades (especificação dos requisitos), transformando-o a seguir num modelo conceitual. Finalizando o ciclo de transformações, derivamos o modelo programado (software), que irá se constituir no sistema automatizado requerido [SHE 87]. Esta série de modelos é também representada esquematicamente na figura 2.3. Neste esquema, o mundo real é

representado por uma "nuvem", em função de não ser formalizável [SET 89]. Diante deste fato, a criação do modelo descritivo a partir do mundo real se dá sem critérios rígidos, o que é representado no esquema por um traço irregular. A transição entre o modelo descritivo e o modelo conceitual (formal, por definição) é representada por outro traço curvo, na medida em que o ponto de partida é, ainda, um modelo informal.

Observe-se que diante do fato de que o objetivo final é um *modelo computacional*, a formalização é gradativamente aumentada ao longo do processo de modelagem.

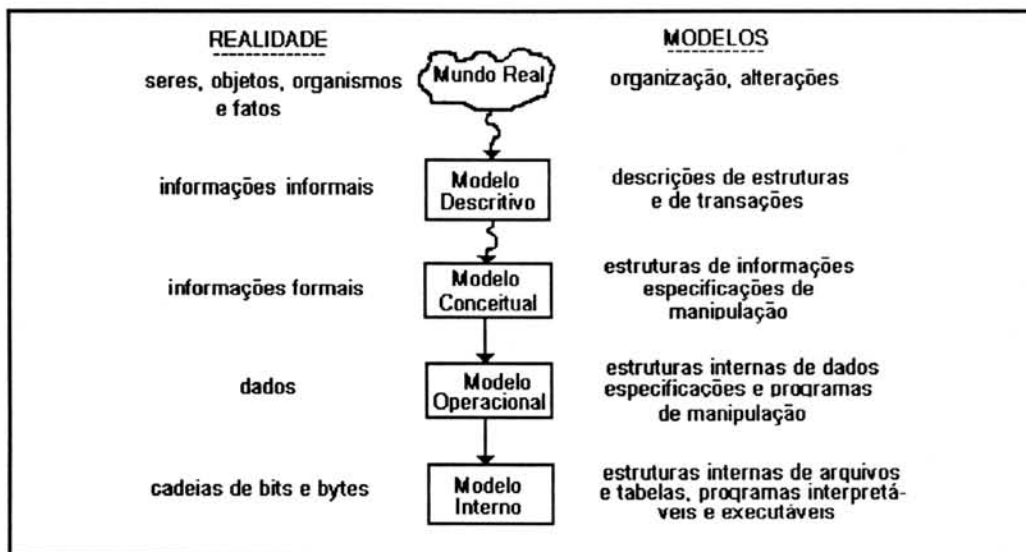


Figura 2.3 - Evolução dos Modelos

2.3 O Produto: Documento com os Requisitos do Sistema

O processo de determinação dos requisitos se encerra com a elaboração de um documento denominado *Especificação do Sistema*. Alguns autores preferem o termo *Requisitos* e outros diferenciam os dois termos, considerando *Requisitos* um documento informal e *Especificação* o documento formalizado. Neste trabalho, os termos serão utilizados indistintamente. Escrito em linguagem inteligível por usuários e analistas, o documento deve relacionar todos os requisitos do sistema. Seu conteúdo irá variar de acordo com a abordagem utilizada na modelagem do sistema [PAN 84].

A especificação do sistema deve ser um documento que traduz a concordância de usuários e analistas sobre *o que* deve ser construído. Por não considerar intencionalmente *como* o sistema deve ser construído, é considerado um documento essencialmente lógico. Outro aspecto de vital importância é o fato de que este documento terá, muitas vezes, a conotação de um contrato. Por outro lado, será em relação a este documento que o software desenvolvido será comparado [LEI 87]. A

documentação resultante deve ser a mais completa possível, mas escrita em linguagem agradável e acessível ao usuário.

A questão da validação entre a realidade e os diversos modelos é fundamental, na medida em que qualquer modelo é uma simplificação daquilo que representa.

A figura 2.4 detalha as etapas e tipos de validação possíveis entre cada uma delas:

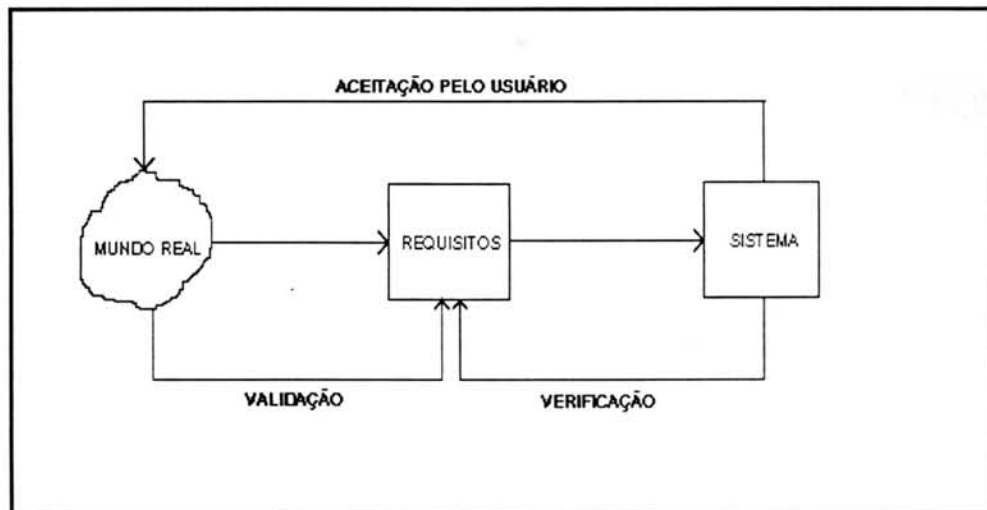


Figura 2.4 - Aceitação do Sistema pelo Usuário

A figura 2.4 evidencia a importância da especificação, na medida em que demonstra ser ela o ponto de partida para a construção do sistema. Os eventuais erros conceituais que não forem detectados irão dar origem a novos erros dentro dos modelos subsequentes, resultando em software inadequado ou incorreto. Outro conceito relacionado à especificação é o de sua *completude*. Somente a presença de todos os requisitos do sistema garantirá o término da especificação. Alguns autores [YOU 90], consideram que a especificação deve conter todas as informações necessárias, de modo a permitir que, a partir dela, seja possível construir o sistema, sem novos contatos com o usuário. Outra forma de ver esta questão é visualizar a especificação como entrada possível para um gerador automático de aplicações.

2.4 Principais Requisitos de um Sistema de Informação

A exemplo do ciclo de vida, o elenco dos principais requisitos de um sistema varia de acordo com a abordagem utilizada no seu desenvolvimento. A breve descrição realizada a seguir, é uma combinação (e adaptação...) das visões de vários autores [YEH 84, YAD 88, AND 89, FIC 89, RIC 89, ZUC 89, CAL 90, YOU 90 e FIC 91]. Convém ressaltar, entretanto, que a visão adotada é sócio-técnica, considerando não apenas o subsistema automatizado, mas também o subsistema humano,

decorrente do fato de que o software deverá localizar-se e adequar-se a um *ambiente* [RIC 89]. Os Requisitos do Sistema deverão incluir:

1. Descrição dos objetivos do sistema - razão pela qual o sistema está sendo solicitado e qual seu papel dentro dos objetivos mais gerais da empresa.
2. Relacionamento do sistema com seu ambiente - definição clara do contexto a ser analisado. Declaração das entidades externas e seu relacionamento com o sistema em desenvolvimento. As entidades externas incluem outros sistemas, instituições, pessoas, departamentos que não fazem parte do sistema mas que interagem com ele.
3. Modelo dos Dados - estrutura dos dados que serão utilizados no sistema. Esta parte dos requisitos relaciona-se com as propriedades estáticas do sistema.
4. Especificações Funcionais - detalhamento das funções que o sistema deve executar. Trata-se de operações e manipulações dos dados do sistema. Além da descrição dos procedimentos, requisitos relativos ao controle da seqüência de execução destes procedimentos deve ser incluída. As propriedades dinâmicas do sistema devem integrar os requisitos.
5. Definição de requisitos operacionais - são os requisitos relacionados com a *performance* do sistema: restrições de tempo de execução, requisitos de segurança e integridade, requisitos de instalação, dimensionamento de recursos de hardware, software e peopleware (recursos humanos necessários à operacionalização do sistema).
6. Condições de exceção e seu tratamento - instruções quanto aos procedimentos relativos a problemas e exceções do sistema. Dados sobre a localização e organização destas instruções.

O documento com a Análise dos Requisitos deve conter, ainda, alguns adendos. Entre estes, inclui-se um que contém instruções relativas a procedimentos e dados para o teste do sistema. Outro adendo que deve destacar-se é um documento detalhado sobre o impacto que o sistema terá sobre o usuário e seu ambiente: requisitos relativos a treinamento no uso do sistema e novos procedimentos relacionados e providências relativas a eventuais modificações organizacionais (mudança de organograma, com criação de novos setores, por exemplo) [ALF 77]. Quaisquer outros requisitos que não se incluem nas categorias mencionadas devem ser explicitados de forma a garantir que toda exigência sobre o sistema esteja contida no documento.

2.5 Linguagens de Representação de Requisitos

Uma linguagem de especificação de requisitos adequada, é condição essencial para que exista efetiva comunicação entre usuários, analistas e projetistas. Esta linguagem deve prover meios para a análise, manipulação e alteração dos requisitos. Para o usuário, o ideal é que esta linguagem seja simples, legível, isto é, de fácil entendimento. As linguagens naturais são mais agradáveis que linguagens de programação. Gráficos (DFD's, Tabelas, Árvores de Decisão, Diagramas E-R, Redes de Petri, etc.) são formas de expressar requisitos que se coadunam melhor com as características do usuário [DAV 88]. Para o projetista, entretanto, o essencial é que os requisitos não contenham ambigüidades, de forma a permitir seu correto entendimento.

Algumas abordagens da Análise de Requisitos, a exemplo da Análise Estruturada, procuram um meio termo entre estes dois extremos, propondo uma linguagem cujo vocabulário é um subconjunto do vocabulário de uma linguagem natural, e cuja sintaxe é a de uma linguagem estruturada de programação [YOU 90].

A adoção de duas linguagens, uma para o modelo descritivo e outra para o modelo conceitual (ver figura 2.3) é a estratégia defendida por muitos pesquisadores [FRA 91]. Durante a tarefa de eliciação, o analista interage com o usuário para produzir uma representação abstrata dos requisitos (modelo descritivo). Este modelo é subjetivo e está baseado nas percepções dos participantes. A linguagem a ser utilizada, passível de entendimento por usuários leigos, deve permitir a fácil discussão das necessidades e outros aspectos do sistema na visão e nível do usuário. Esta linguagem, *informal*, deve propiciar fácil manutenção dos requisitos, já que esta fase é por natureza bastante interativa. Este tipo de linguagem, tão adequado à eliciação, não preenche as necessidades dos projetistas. Estes necessitam de linguagens (e modelos) altamente ortogonais e não redundantes.

Durante a Análise dos Requisitos, o modelo descritivo deve ser verificado quanto a sua consistência, completude e correção. Estas operações realizam-se com mais facilidade se o modelo estiver descrito em uma linguagem *formal*, mais precisa e ortogonal. Linguagens formais utilizam uma base matemática e são utilizadas em associação com modelos formais dos requisitos. Considerando-se que o modelo final do sistema (o software) será escrito em uma linguagem de programação, formal por excelência, é bem mais fácil evitar erros e desentendimentos se derivarmos este software a partir de uma especificação escrita em linguagem formal [GRE 86].

As duas linguagens, *formal* e *informal*, detentoras de vantagens e desvantagens, recomendáveis, cada uma, a etapas específicas do processo de modelagem e elaboração dos Requisitos do Sistema eram consideradas, até recentemente, *estranhas*. A partir do final da década de 80, entretanto, começaram a proliferar idéias no sentido de considerá-las *complementares* [REU 89 e FRA 91]. Atualmente, duas propostas com este último enfoque podem ser encontradas:

1. Criação de linguagem única combinando as vantagens das abordagens formal e informal [YOU 90]. Nesta categoria incluem-se as tentativas de

formalização da Análise Estruturada através de sua associação a Redes de Petri ou Diagramas de Transição de Estados. Estas versões modernas da Análise Estruturada já são apoiadas por ferramentas CASE (Computer-Aided Software Engineering) [McC 89].

2. Derivação, de maneira mais ou menos automática, de linguagem e representação formal a partir de requisitos informalmente descritos [REU 89]. Esta alternativa, que inclui a utilização de um Sistema de Apoio ao Analista, um sistema especialista capaz de assistir o analista durante a formalização do modelo, será tratada com detalhe mais adiante.

2.6 Novas perspectivas na análise de requisitos

À medida em que o processo de desenvolvimento de sistemas torna-se cada vez mais automático, aumenta a importância da Análise de Requisitos. Entretanto, estudos recentes sobre a situação desta importante etapa no desenvolvimento de sistemas tem demonstrado que, durante os últimos 15 anos, surgiram muito poucas contribuições realmente inovadoras.

Das duas principais atividades na elaboração dos requisitos de sistemas, certamente a eliciação foi a que menos evoluiu. O aparecimento, no final dos anos 70, de metodologias que preocupavam-se essencialmente com a participação do usuário na definição dos requisitos foi o primeiro passo no sentido de melhorar a qualidade das especificações. Estas metodologias, a exemplo da Análise Estruturada e SADT, traziam consigo duas premissas muito significativas: *a consciência de que deveria existir uma especificação completa do sistema antes de seu desenvolvimento e a percepção de que sem a participação do usuário esta especificação tenderia a ser inadequada.*

A primeira premissa encerrava um período no qual sistemas eram desenvolvidos sem que seus requisitos estivessem claramente definidos. O analista baseava-se em suas próprias pressuposições, confiando em sua capacidade, habilidade e experiência. Os resultados deste equívoco fizeram-se sentir duramente quando do uso destes sistemas. Custos de manutenção altíssimos (da ordem de 70% do custo total) e mesmo a simples rejeição pelo usuário não eram ocorrências raras [YOU 90]. A constatação da importância da participação dos usuários [DAV 82 e IVE 84] traduziu-se no surgimento de novas ferramentas capazes de conferir à especificação características até então menosprezadas: legibilidade, clareza, modularidade e simplicidade [GUT 89, GEM 90, SAN 91 e ORT 91].

Considerações sobre as razões da lenta evolução desta atividade, conduzem certamente à natureza essencialmente humana da eliciação. Esta característica, centrada na intercomunicação pessoal, fruto da interação de usuários e analistas, pode ter afastado pesquisadores mais afeitos às atividades mais estruturadas das demais fases do ciclo de vida de sistemas. Assim, a partir da importância da participação de usuários na eliciação, fato amplamente aceito, vislumbra-se a busca de requisitos como uma atividade a ser conduzida *em grupo*. Analistas, representantes de usuários e especialistas através da realização de *reuniões sucessivas* devem elaborar a especificação do sistema

[BUI 86]. Novas regras, ferramentas e formas de apoio têm surgido em substituição aos subsídios elementares existentes quando a atividade centrava-se em entrevistas e questionários. Tornou-se imperioso buscar diretrizes capazes de aumentar a qualidade e eficiência das reuniões de trabalho. Neste sentido, tornam-se úteis, no contexto da eliciação, conceitos já bastante elaborados na área de SADG (Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo) [BOR 85, COO 87, BOS 89, BRA 89, GAL 90 e ANG 90]. O analista de requisitos deve conscientizar-se de todos os aspectos envolvidos no trabalho de grupos: produtividade, potencialização de conflitos, motivação, satisfação, efeitos de poder e influência. Deve utilizar e ter presente os efeitos que a mediação eletrônica introduz na participação do grupo. A utilização da *técnica de hipertexto* [DOE 90 e FIC 91] pode facilitar também a eliciação, permitindo o registro e organização das idéias elaboradas em reuniões do tipo *brainstorming* que objetivam a busca de novas soluções.

Considerando-se as atividades distintas realizadas na modelagem, foi na *representação* que ocorreram os avanços mais significativos. Técnicas de representação de requisitos foram aprimoradas, visando, através de sua formalização, a possibilidade de verificações automáticas de consistência, completude e exatidão. O aprimoramento dos modelos centrou a atividade dos pesquisadores durante a década de 80. A adoção preferencial de *modelos gráficos* do sistema (DFD', DER's, DTE's,) sobre as especificações narrativas foi também consequência desta percepção.

Algumas metodologias, e a Análise Estruturada é talvez o melhor exemplo, enfatizam ser fundamental que o projeto lógico do sistema (*o que fazer*) omita qualquer referência a *aspectos físicos* (instruções sobre *como fazer*), já que estes deveriam ser abordados apenas no projeto físico do sistema [YOU 90]. Existe, entretanto, um conjunto de aplicações nas quais a incerteza dos objetivos, problemas de comunicação e características de usuários podem tornar a definição prévia de todos os requisitos simplesmente inapropriada [BOAR 84]. Uma abordagem rigorosa nestas condições pode mostrar-se cara e ineficiente. A alternativa para estes casos é a *prototipação*, técnica na qual, uma vez obtidos os requisitos básicos do sistema, estes são implementados em um *protótipo*, que colocado em uso junto ao usuário, tem o objetivo de permitir que os requisitos sejam expandidos e refinados a medida que analistas e usuários obtenham um maior conhecimento sobre o sistema. O ciclo de vida tradicional de sistemas de aplicação (ciclo linear, onde as fases são realizadas em seqüência, uma após a outra) dá lugar a um novo ciclo, onde as fases são realizadas alternativamente várias vezes, à medida que o protótipo evolui.

Na década de 80 e início dos anos 90, diversos pesquisadores passaram a discutir a idéia de automatização na análise de requisitos [DAV 82a, GIN 85, DE 86, CHE 88 e KOP 91]. A evolução da Inteligência Artificial (IA) acabou possibilitando que alguns de seus paradigmas fossem incorporados aos sistemas de informação [KOW 84, ZIR 92], a exemplo de aquisição de conhecimento, busca heurística, aprendizado e raciocínio com incerteza [LAM 90, LEU 90, KIE 90, DEV 91 e GOL 91]. O próprio conceito de reutilização do conhecimento foi também discutido na área de IA [CHA 91]. Sistemas Especialistas (ou Sistemas Baseados em Conhecimento) tem, na aquisição do conhecimento, tarefa semelhante à busca de requisitos nos sistemas tradicionais. Neste

aspecto, houve uma mútua cooperação em termos de técnicas, métodos e estratégias [OLS 87]. Dentro deste tipo de cooperação entre IA e ES, encontram-se todos os sistemas especialistas que fornecem suporte ao analista em alguma das fases do ciclo de vida de sistemas [DAV 82, BOR 85, DUB 86, OLS 87, REU 89, WEI 89, NIS 89, YAD 89, KIE 90 e ZAV 91]. Especificamente, a noção de um *assistente automatizado* ou Sistema de Apoio ao Analista de Requisitos (SAAR) tem evoluído nos últimos anos. Finkelstein, Waters, Arango e outros pesquisadores [ARA 88 e FIN 89] relatam o desenvolvimento deste tipo de sistema especialista. Baseado no conceito de aquisição do conhecimento, este sistema interativo assistirá o analista durante todo o processo de análise dos requisitos [CAR 90]. O *Requirements Apprentice* (RA), criticará a especificação em desenvolvimento, sendo capaz, inclusive, de verificar inconsistências e incompletude.

Um dos mais importantes aspectos na evolução da análise de requisitos, entretanto, é o conceito de reutilização de modelos de requisitos (*early reuse*). De acordo com Frakes [FRA 94], estamos em meio a um *processo de troca de paradigma*. Isto envolveria não apenas o advento de novas idéias, métodos e pesquisas, mas também uma maneira mais poderosa de desenvolver sistemas. A questão crucial do novo paradigma é a identificação de *domínios*, famílias de sistemas que reünam características semelhantes, e que, justamente por isto, compartilhem um núcleo bastante significativo de requisitos. Uma vez identificados estes domínios e definidos seus requisitos, estes passariam a constituir-se em matéria prima para a construção de novas aplicações no domínio, através da reutilização de requisitos comuns. Existe portanto uma nova perspectiva na definição de requisitos: o processo tradicional de análise de um único sistema dá lugar a outro, onde a preocupação é com vários sistemas relacionados, compartilhando requisitos, diferindo apenas em determinados aspectos perfeitamente identificáveis. *A reutilização sistemática, desde as primeiras fases do ciclo de vida de sistemas de informação, com o reaproveitamento de modelos de requisitos, é, portanto, uma das grandes inovações atuais na Engenharia de Software.* No capítulo 3 serão analisados com mais profundidade os conceitos relativos a este tipo de reutilização.

3 REUTILIZAÇÃO DE MODELOS DE REQUISITOS

A história das idéias e do progresso intelectual fornece um paradigma natural para a reutilização, já que cada novo avanço repousa sobre o conhecimento prévio adquirido ao longo da existência humana. O processo de desenvolvimento de software, a exemplo do que ocorre em relação a outros processos de engenharia, norteia-se pelo mesmo paradigma.

Os primeiros prognósticos a respeito da reutilização de software, feitos há mais de 25 anos atrás, em uma conferência da NATO em 1969, projetavam o surgimento de uma indústria de software, embasada, a exemplo do que ocorre com a indústria de hardware, na simples substituição de módulos intercambiáveis, num processo de montagem [PAR 71 e WIR 71]. Entretanto, o primeiro grande congresso na área aconteceu só em 1983 (Workshop on Reusability in Programming, patrocinado pela ITT) quando a preocupação ainda era com a reutilização na programação. Nos anos seguintes ocorreram alguns avanços, mas questionava-se, ainda, se a reutilização poderia ser ou não, uma solução comercial para o desenvolvimento de sistemas [BIG 87, LEN 87, WOO 87, ARA 88a e STR 89]. Foi nos últimos seis anos, entretanto, que tecnologias como a *análise de domínios* [ARA 89] e *bibliotecas de software* [PRI 91 e PRI 91a] consolidaram-se, fazendo com que o conceito de reutilização passasse dos estágios iniciais, quando era pouco mais que uma idéia, para seu estágio atual, a *reutilização sistemática*, uma verdadeira estratégia de desenvolvimento [NEI 94]. O novo ciclo de vida, com as fases de *abstração*, *seleção*, *especialização e integração*, proposto no final dos anos 80, deixa o ambiente exclusivamente acadêmico e passa a integrar os processos de desenvolvimento de sistemas de empresas comerciais [BIG 92].

A seção 3.1 introduz alguns conceitos importantes no âmbito da reutilização, dando ênfase ao assunto desta tese, a reutilização de especificações, ou, mais especificamente, de modelos de requisitos.

3.1 Reutilização de Software: conceitos iniciais

A idéia de uma biblioteca (no sentido de um depósito, lugar onde se guardam produtos) de software, é intuitiva, quase, quando nos referimos à reutilização. Entretanto, mesmo que a consideremos em sua forma mais primitiva, como simples repositório de código, vários tipos de reutilização de seu conteúdo podem ser visualizados. No que se convencionou chamar de reutilização do tipo *caixa-preta (black-box reuse)*, os programas são inseridos em novos contextos, sem qualquer modificação. Exemplos de produtos deste tipo são rotinas de uso repetitivo, como a que expressa cifras e valores em frases por extenso. Já na reutilização do tipo *caixa-transparente (white-box reuse)*, o que se busca são programas ou módulos que, *adaptados*, possam ser reutilizados. É o caso, por exemplo, de algoritmos de classificação ou intercalação. O segundo caso é bastante diferente do primeiro, na medida em que requer instruções adicionais sobre *como* a função no algoritmo é realizada. Na reutilização tipo caixa-preta basta o conhecimento do *que* é feito.

Empresas com ambientes modernos e automatizados de desenvolvimento, com metodologias que implicam no uso de geradores de aplicação, dificilmente investiriam no desenvolvimento de um programa de reutilização de código. O surgimento de um novo conceito, a *reutilização nas fases iniciais (early-reuse)* certamente reflete esta realidade. Já nos primeiros passos da Engenharia de Software reconhecia-se a importância das etapas iniciais do ciclo de vida de sistemas [BRO 74] em relação à influência que exercem sobre as fases seguintes. Já que a implementação é feita a partir de projetos, e estes de especificações, criadas durante a análise de requisitos, é fácil imaginar que os recursos reutilizáveis serão tão mais úteis quanto mais cedo no ciclo de vida puderem ser reutilizados [NEI 94].

A estratégia de reutilização nas fases iniciais, entretanto, vai defrontar-se com um sério problema, inerente à sua própria natureza: os produtos das atividades nestas etapas são fortemente relacionados com o *domínio da aplicação*. Assim, a reutilização de especificações, de modelos de requisitos ou estratégias de projeto só pode ser realizada com sucesso entre aplicações da mesma família, ou seja aplicações que compartilhem requisitos e restrições. O noção de domínio é, pois, fundamental à reutilização nas fases iniciais.

3.2 O Conceito de Reutilização de Requisitos

"A chave para a reutilização de software é a abstração. O reutilizador de software em potencial deve ser capaz de descobrir a relação entre o que já é conhecido e o que se deve descobrir; entre as teorias e conceitos encontrados no software existente e aqueles que levam ao alcance de novos requisitos".

Para ilustrar este ponto de vista, expresso em [BOL 89], consideremos a diferença entre o projetista A, experiente e já há bastante tempo em determinada organização e o projetista B, recém formado e um iniciante neste domínio específico de aplicações. Mesmo que tenham recebido idêntica formação profissional, o desempenho dos dois, quando do desenvolvimento de um novo sistema no domínio, será bastante distinto. O conhecimento que só A dispõe, capaz de determinar seu melhor desempenho, pode ser estruturado da seguinte forma:

1. em relação ao desenvolvimento de sistemas em geral - traduz-se na habilidade em traçar planos de solução e na elaboração dos modelos correspondentes. Assume-se, atualmente, a existência de *padrões* na forma com que problemas diferentes são tratados. O projetista A possui um *arsenal de princípios teóricos e práticos* capaz de fornecer-lhe os subsídios necessários à resolução do problema [BOL 89].

2. em relação ao domínio das aplicações - reflete-se através de sua capacidade de captar mais rapidamente o problema, identificando com facilidade as entidades e procedimentos envolvidos. O conhecimento inerente

do ambiente das aplicações permite que o analista experiente dedique-se de imediato ao problema em si, ao passo que o iniciante terá que adquirir previamente a noção do contexto.

Observa-se, na realidade, que a diferença de desempenho dos dois projetistas se dá devido ao fato de que o projetista A *exerce um grau de reutilização de conceitos bem mais amplo*, já que dispõe de arsenal de conhecimentos prévios bastante superior ao do projetista B. Será difícil que o projetista B adquira rapidamente os mesmos conhecimentos, já que estes se encontram de forma difusa, em livros, manuais, na cabeça de projetistas mais experientes e nos próprios sistemas já desenvolvidos. Reunir, organizar e facilitar o acesso a todo o conhecimento sobre desenvolvimento de software em um determinado domínio, é o objetivo atual da pesquisa sobre reutilização. A noção de um ambiente automatizado, capaz de transferir ao analista iniciante todo este conhecimento, tornando mais rápido e eficiente o processo de desenvolvimento de sistemas, é dela decorrente e se traduz em objetivo mais concreto.

3.2.1 Considerações sobre o que reutilizar.

O estabelecimento de um ambiente automatizado de reutilização no desenvolvimento de software requer a definição clara e precisa *do que* reutilizar. A reutilização no processo de desenvolvimento de software, entretanto, é um conceito amplo. Se adotarmos a definição de [PET 91], para quem "*produto (asset) é um conjunto de recursos reutilizáveis relacionados entre si pelo fato de serem o resultado de vários estágios do ciclo de desenvolvimento de software, incluindo a análise de requisitos, projeto, codificação, casos de teste, documentação, etc.*", teremos uma primeira idéia desta amplitude.

As estratégias recentes para suporte automático do desenvolvimento de aplicações centram-se na idéia de guiar o desenvolvimento através de métodos pré-definidos apoiados por ferramentas inteligentes [BEL 93]. No ambiente DAIDA [JAR 92], decisões de projeto (requisitos não funcionais) são tratados como *metas* que orientam o projeto e justificam soluções particulares. No ambiente proposto, estas metas são refinadas em submetas e métodos são definidos para satisfazê-las. Outra abordagem é o suporte através de sistemas baseados em conhecimento, a exemplo de LaSSIE [DEV 91]. Neste caso, as informações relativas ao desenvolvimento de software são armazenadas em *frames*, estruturas básicas, a partir das quais novas peças de software são construídas.

É importante distinguir entre *reutilização do conhecimento necessário à geração de um produto* no desenvolvimento de software e a *reutilização do próprio produto deste processo* [GOL 91]. Num nível de abstração bastante alto, o do conhecimento envolvido no processo de desenvolvimento, podemos conceber a reutilização da própria experiência e capacidade de especialistas em desenvolvimento de sistemas. Incluem-se nesta categoria a reutilização de conhecimento ambiental e externo

em relação a um sistema específico, tais como novas tecnologias de software, metodologias de desenvolvimento de sistemas, forma com que sistemas são utilizados e aspectos próprios da área de aplicação.

Relativamente ao conhecimento inerente aos sistemas desenvolvidos, visualiza-se a reutilização de outros aspectos importantes, tais como decisões de projeto (tipos de solução) englobando a definição de esquemas de decomposição de problemas e escolha de algoritmos [ZIR 93]. Observa-se que este tipo de recurso reutilizável não pode ser captado a partir da análise de componentes anteriormente criados, pelo simples fato de que *ele não aparece explicitamente em nenhum destes produtos ou componentes*. A reutilização deste conhecimento é chamada de reutilização de projeto. No que diz respeito a produto, a reutilização se envolve com modelos, padrões e esquemas de solução, módulos, sub-rotinas, estruturas de dados e código. O esquema abaixo, adaptado de [GIR 91], proporciona uma visão abrangente das amplas possibilidades de reutilização.

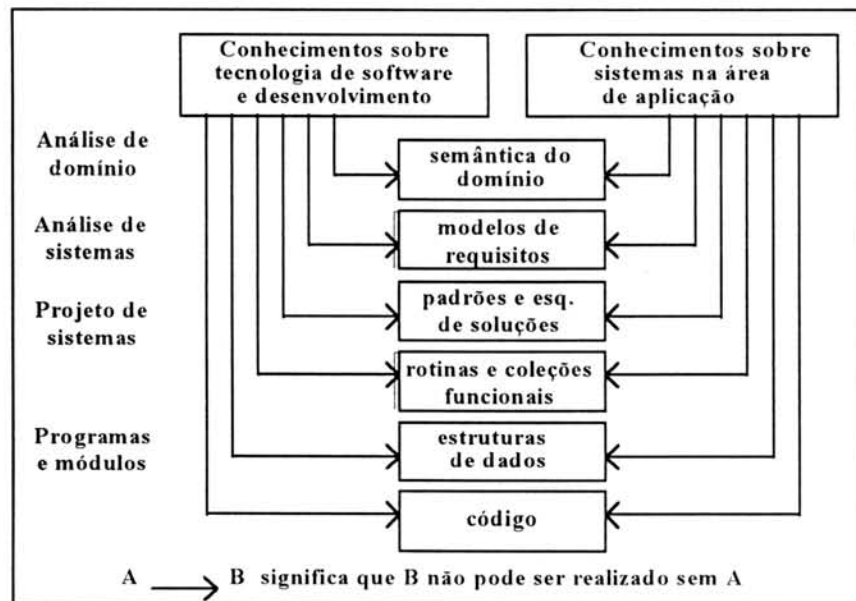


Figura 3.1 - Reutilização nas diversas fases do ciclo de desenvolvimento

De acordo com que foi analisado na seção 3.2.1, o conhecimento específico sobre determinado domínio, de muita utilidade no desenvolvimento de novas aplicações no domínio, *não se acha embutido nas ferramentas automatizadas de apoio*, exatamente por serem estas de uso mais ou menos geral. De acordo com [CAR 90], a descrição de um domínio deveria representar mais do que apenas características dos dados e das operações sobre eles. A semântica do domínio, a exemplo de termos, metas e regras comumente utilizados deveria ser representada através de técnicas de representação do conhecimento e linguagens de modelagem conceitual. A reutilização que ocorre no nível de *análise de domínio*, compreende o conhecimento da área da aplicação. *Frameworks*, ou núcleos reutilizáveis podem então ser definidos, sendo depois instanciados em sistemas específicos integrantes do mesmo domínio.

No que diz respeito à etapa de *análise de sistemas*, a reutilização pode ocorrer com qualquer um dos produtos gerados: especificações lógicas completas ou subconjuntos delas, tais como modelos de requisitos (diagramas, descrição de dados ou descrições lógicas de procedimentos). Um programa de reutilização de especificações (modelos de requisitos de sistemas) pressupõe que os principais recursos reutilizáveis sejam representações destes sistemas. Estas representações ou especificações são descrições informais ou semi-formais que depois de formalizadas deram origem a sistemas de aplicação. A Engenharia de Software postula que modelos de requisitos de sistemas devam incluir uma descrição dos objetivos do sistema, o relacionamento do sistema com seu ambiente, uma definição clara do contexto a ser analisado, um modelo dos dados manipulados, as especificações funcionais, a definição de requisitos operacionais, as condições de exceção e seu tratamento e alguns adendos (instruções para teste, requisitos de treinamento, procedimentos e providências relativas a eventuais modificações organizacionais) [LEI 87], [YOU 90] e [PAL 91]. Com base neste conceito de especificação serão definidos os recursos reutilizáveis.

As decisões de *projeto*, englobando tipo de soluções, esquemas de decomposição e outras estratégias de resolução de problemas constituem os *padrões reutilizáveis*. A reutilização de decisões de projeto, conceitualmente, assemelha-se à reutilização de componentes. Ao invés de código, entretanto, o que se pretende reutilizar são as próprias estratégias de solução de problemas. Em [GOL 90], sugere-se o desmembramento de uma especificação em um conjunto de passos que, numa seqüência adequada, são aplicados sobre um elenco inicial de fatos, até derivar a *meta* proposta. Eventuais modificações na seqüência de passos ou mesmo na natureza destes passos pode conduzir a solução de novos problemas.

De fato, a idéia de tratar produtos da etapa de projeto como planos de solução não é nova, tendo também sido analisada em [ARA 88] e [ARA 88a]. De acordo com [KAR 89], durante as várias fases do processo de especificação/projeto o especialista será confrontado com um *problema* possivelmente vago e mal definido ao qual ele tenta relacionar *planos de solução*. Planos que não violem aspectos fundamentais da solução geral serão aceitos, mediante refinamentos, modificações, etc.. Decorre daí que a recuperação de possíveis soluções não é feita através da busca de componentes individuais, mas sim de *planos de solução*, envolvendo mais de um componente interativo. Abordagem similar é utilizada na concepção do *Requirements Apprentice*, um sistema de apoio ao analista de requisitos descrito em [REU 89]: *uma especificação é essencialmente um plano para resolver um problema através do uso de um sistema automatizado*. Este plano é depois refinado nos seus sub-planos. Todos estes planos se sujeitam a um certo número de restrições que se originam na natureza do domínio da aplicação e da natureza dos planos específicos utilizados (requisitos funcionais e não-funcionais).

Na hipótese de que o analista/projetista venha a reutilizar recursos de projeto, ele deverá realizar uma busca orientada-a-problema no repertório de planos de solução previamente utilizados e que se encontram à sua disposição para novo uso. O resultado desta busca deverá ser um conjunto de componentes relacionados e interativos (e não componentes isolados). A solução recuperada estará em graus variáveis de especificidade/detalhe, dependendo do grau de similaridade do problema atual com os

problemas anteriores. A reutilização de um ou outro plano será decidida no contexto global da especificação/projeto, levando-se em consideração as restrições impostas pela natureza do problema e conseqüências da introdução do plano na solução global.

O nível correspondente a *programas e módulos* envolve rotinas, coleções funcionais e estruturas de dados [WOO 87]. Neste nível, dois grupos existem:

- *coleções funcionais*: conjunto de funções de aplicação reunidos em uma só unidade. Pertencem a uma área de aplicação, cobrindo-a significativamente. Podem ser utilizadas separadamente. O pacote de rotinas conhecido como SPSS (Statistical Package for Social Sciences) e o conjunto de facilidades oferecido por um editor de texto são exemplos conhecidos de todos os pesquisadores.
- *componentes* previamente construídos: quer de modelos, estruturas de dados ou código, realizado com reaproveitamento integral ou mediante adaptação, complementa o espectro da reutilização. Abstração de dados e de funções são conceitos fortemente associados a este tipo de reutilização.

Os experimentos realizados neste trabalho de doutorado concentram-se, como se verá no capítulo 4, **na reutilização de modelos de requisitos.**

3.2.2 Modelos do processo de reutilização.

Entretanto, não é apenas no *que* será reutilizado que reside toda amplitude do conceito. O processo pelo qual a *reutilização* será conduzida assume diferentes aspectos em função dos métodos e da infra-estrutura empregada. A representação do processo de reutilização através de três modelos abstratos [PET 91], permite a correta percepção das diferenças entre os mesmos. A proposição de três modelos distintos deve-se exatamente à amplitude do conceito original, capaz de abrigar diferentes abordagens: *reutilização adaptativa*, *reutilização parametrizada* e *engenharia de reutilização*. Cada uma destas abordagens define um processo capaz de permitir reutilização de software em alguma medida. A diferença entre eles está no investimento que demandam em sua implementação, bem como na quantidade e qualidade da reutilização que podem proporcionar.

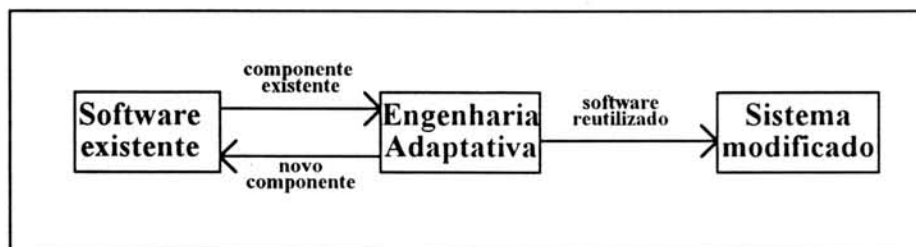


Figura 3.2 - Reutilização Adaptativa

O modelo da figura 3.2 evidencia uma *abordagem adaptativa* do processo de reutilização: componentes do domínio, previamente existentes, são reaproveitados para criar um sistema modificado quanto a seus requisitos iniciais. Componentes modificados significativamente são armazenados na base de software para futura reutilização. Trata-se, talvez, de uma das formas mais difundidas de reutilização, pois requer uma infra-estrutura relativamente simples. Entretanto, as organizações que praticam este tipo de reutilização sem possuírem bibliotecas especializadas, capazes de permitir com facilidade a seleção e busca de componentes, acabam não obtendo os benefícios potenciais do processo.

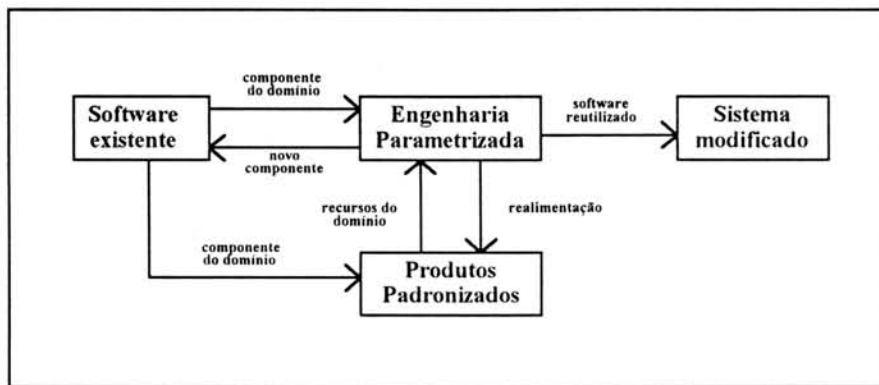


Figura 3.3 - Reutilização Parametrizada

Já no modelo da figura 3.3, correspondente ao processo parametrizado, os *componentes* (itens reutilizáveis em geral) passam a ser denominados *recursos* quando projetados com o objetivo específico de reutilização. Trata-se, pois, de uma otimização do processo anterior, recomendável sempre que a organização passar a desenvolver vários sistemas similares. Os recursos do domínio são modularizados e projetados de acordo com padrões que se mostraram úteis durante o processo de reutilização (conhecimento derivado mediante realimentação do processo).

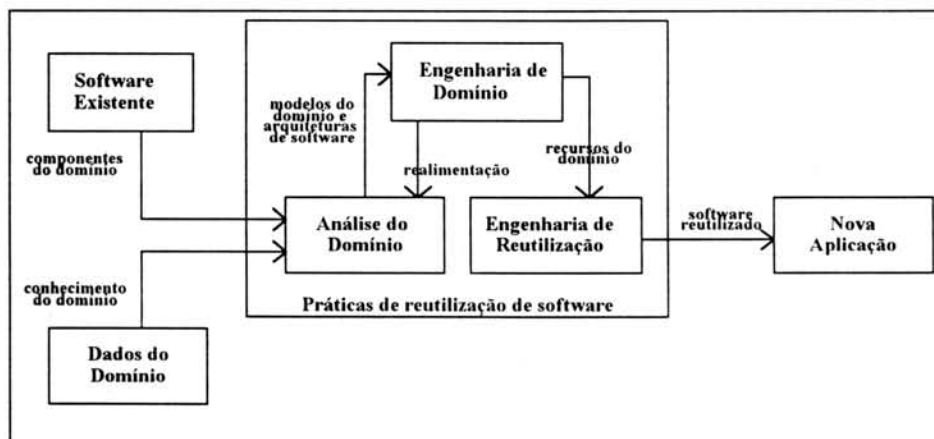


Figura 3.4 - Engenharia de Reutilização

A figura 3.4 representa o processo mais formal dos três, a *Engenharia de Reutilização*, realizada dentro de um *domínio particular*. A *análise de domínio* é realizada sobre os *dados do domínio* (base conceitual utilizada na solução de problemas no domínio, tecnologias relevantes em uso ou emergentes, conhecimento de especialistas sobre o domínio e o software já existente). O produto desta análise é um *modelo do domínio* (definição de funções, objetos, dados e relacionamentos no domínio) e uma ou mais *arquiteturas de software* (formas de organização dos elementos do modelo, capazes de suportá-lo). Os resultados desta fase são utilizados via *engenharia de domínio*, para construir e controlar uma biblioteca de recursos reutilizáveis. Ao *processo de engenharia de reutilização* correspondem atividades executadas em várias fases na adaptação dos recursos à uma nova aplicação. A realimentação no processo é fundamental para garantir a efetividade da reutilização. É por este meio que o modelo do domínio, as arquiteturas de software e os recursos podem ser atualizados e aprimorados (processo de aprendizado). A modelagem de *práticas de reutilização de software*, representadas na figura 3.4, é requisito essencial e introduz o formalismo necessário ao processo de reutilização do conhecimento.

3.3 Teoria de Domínios e a Reutilização de Modelos de Requisitos.

Existe, de acordo com o que foi analisado na seção anterior, o pressuposto de que é possível se aumentar consideravelmente a produtividade e a eficiência de equipes de desenvolvimento através do estabelecimento de um *programa de reutilização de modelos conceituais de sistemas já desenvolvidos, desde que estes modelos reflitam requisitos análogos aos de um outro sistema em desenvolvimento*. A nova especificação, obtida pela reutilização de outra similar, pode ser tratada de forma convencional ou automaticamente, de acordo com a metodologia utilizada pela empresa.

À constatação de que reutilizar modelos conceituais análogos ao modelo do sistema ora em desenvolvimento pode trazer consideráveis benefícios, segue-se a necessária avaliação do esforço necessário para viabilizar esta reutilização. A teoria de domínios será de grande utilidade na minimização deste esforço. A figura 3.5 ilustra o conceito de domínios e sub-domínios.

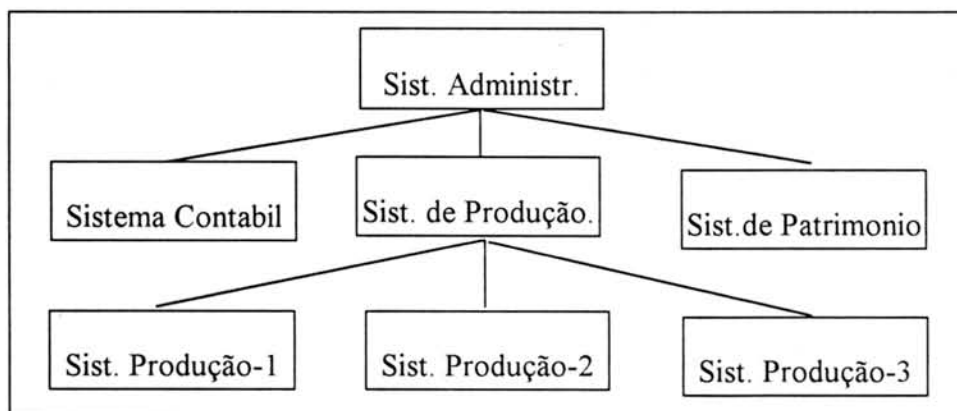


Figura 3-5 - Domínio e sub-domínios

No âmbito da Engenharia de Software, *um domínio é um conjunto de aplicações, correntes e futuras, caracterizadas por um conjunto comum de dados e objetivos relacionados* [PET 91]. A busca de informação apropriada para novo uso torna-se bem mais simples se realizada dentro do domínio correspondente à nova aplicação.

A identificação e caracterização de domínios, principal atividade da Análise de Domínios, pode ser facilitada pela utilização do conceito de *classes de sistemas*. Um sistema em particular pertence à determinada classe se possuir propriedades ou características visíveis que o identifiquem com os demais sistemas que integram esta classe. A busca e posterior reutilização de modelos similares é grandemente facilitada se realizada entre aplicações anteriormente desenvolvidas, *integrantes da mesma classe da nova aplicação* [CAR 90].

A prática da reutilização no desenvolvimento de novos sistemas pressupõe a existência de uma biblioteca, através do qual seja possível a identificação de similaridades e conseqüente seleção dos recursos reutilizáveis adequados. A organização desta biblioteca, a exemplo de qualquer outra, deve facilitar esta seleção. Uma das maneiras mais simples e naturais de se obter esta facilidade é organizar o catálogo através de domínios ou classes de recursos. A pesquisa pelo modelo similar de um sistema, será então realizada entre os modelos integrantes da classe a qual o novo sistema pertence. Maiden [MAI 92a], definiu em sua tese de doutorado 22 domínios abstratos, cada um capaz de representar tipos diversos de problemas simples. Alguns exemplos destes domínios abstratos são:

1. validação de objetos recebidos - objetos que vindos de fora, devem atender determinados requisitos para serem aceitos e guardados em um repositório. Procedimentos de *validação de pedidos de compra e verificação da qualidade de mercadorias recebidas* se incluem neste domínio.
2. alocação ou coleta manual - objetos são coletados ou alocados a conjuntos correspondentes a seu tipo. Deste domínio faz parte qualquer procedimento que vise *distribuição ou classificação de objetos segundo características específicas*.
3. programação de rotas (ou percursos) - objetos que se movem de forma pré-determinada. Procedimentos relativos à *programação de elevadores e de caminhões de entrega* se enquadram neste domínio abstrato.
4. gerência de recursos renováveis - recursos (objetos) são mantidos em um depósito. Vão sendo consumidos, e o estoque é renovado oportunamente. Pertencem a este domínio abstrato, procedimentos referentes ao *controle estoques de qualquer tipo*.

Aplicações são, na realidade, um conjunto de problemas simples. Um problema típico, como a **gerência de vendas de produtos**, pode ser visto como um

conjunto de pequenos problemas, cada um pertencente a um dos domínios abstratos. Neste exemplo, representado na figura 3.6, podemos verificar que:

1. A recepção e depósito das mercadorias, e a validação de pedidos de clientes emitidos por vendedores integram o domínio abstrato *validação de objetos recebidos*.
2. A manutenção de um estoque razoável de produtos no depósito é um procedimento do domínio *gerência de recursos renováveis*.
3. A retirada de produtos do depósito de acordo com os pedidos de clientes integra o domínio *alocação ou coleta manual*.
4. A programação de entrega, ou seja a otimização de carga e distribuição dos produtos por uma frota de caminhões é uma rotina do domínio *programação de rotas (percursos)*.

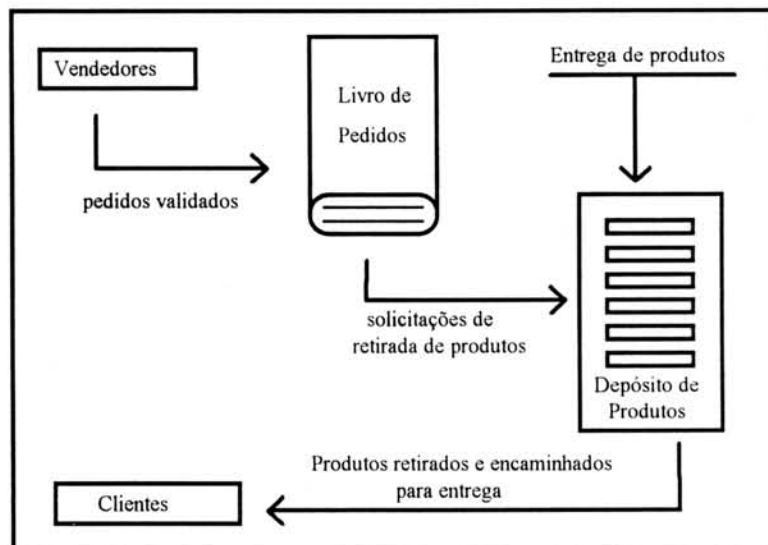


Figura 3.6 - O problema da organização de venda de produtos

Existem consideráveis diferenças entre a informação disponível em um determinado domínio e o conteúdo e forma da informação que deve ser armazenada para novo uso. Ao invés de ser implícita e informal, esta última deve ser *representada de forma explícita e formal*. O recurso reutilizável, bem como as instruções auxiliares para localizá-lo e manipulá-lo, constituem a *infra-estrutura de reutilização*. A criação desta infra-estrutura é denominada *processo da engenharia de domínio*, que é subdividido em três atividades distintas [ARA 89]:

- Análise de Domínio - identificação, aquisição e evolução da informação potencialmente reutilizável no domínio de um problema.
- Especificação da Infra-estrutura - definição de um ambiente que facilite o processo de reutilização.

- Implementação da Infra-estrutura - construção de uma biblioteca constituída de recursos reutilizáveis, definidos mediante a análise do domínio e codificados na forma definida na especificação da infra-estrutura.

A figura 3.7, adaptada de [BOL 89], representa, no contexto da Engenharia de Domínios, os passos na criação e utilização da biblioteca de recursos reutilizáveis.

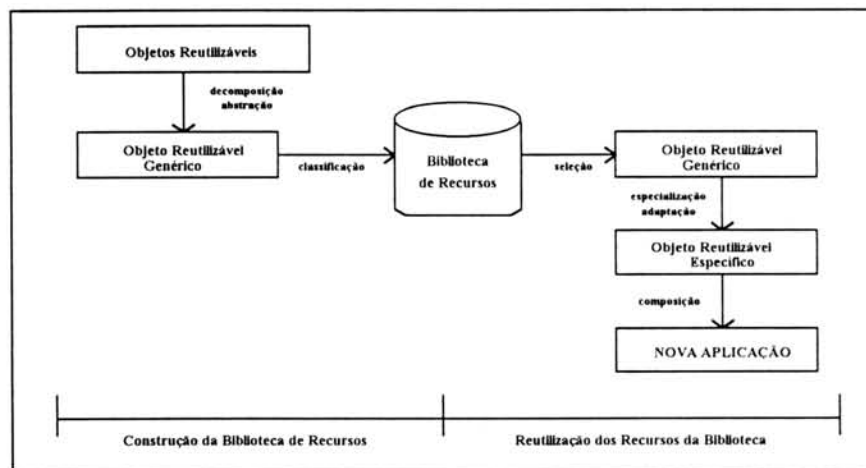


Figura 3.7 - Criação e utilização da Biblioteca de Recursos Reutilizáveis

Os recursos com potencial para reutilização devem ser armazenados e catalogados para posterior recuperação. O tipo e as características destas parcelas de conhecimento devem indicar qual o esquema mais apropriado à sua organização. Métodos de classificação normalmente associados a documentos e a bibliotecas podem ser particularmente úteis [BUR 87, LEN 87, PRI 87, PRI 91 e PRI 91a].

A representação do processo de reutilização da figura 3.7 indica a seqüência de etapas necessárias ao ciclo completo de reutilização. Estas etapas podem ser agrupadas em duas atividades principais: a construção de uma biblioteca de recursos e a posterior utilização destes recursos a partir da biblioteca. A primeira atividade implica na identificação, escolha e armazenamento dos conceitos reutilizáveis adequados ao domínio das aplicações. A seleção do conhecimento reutilizável e sua adaptação quando da elaboração de nova especificação resume as tarefas restantes no processo de reutilização. A idéia de similaridade, aliada aos conceitos de especialização ou adaptação é fundamental neste processo [BOL 89].

3.4 O Processo de Reutilização de Requisitos.

A figura 3.8 mostra a integração do processo de reutilização e a infraestrutura necessária à sua execução [ARA 89].

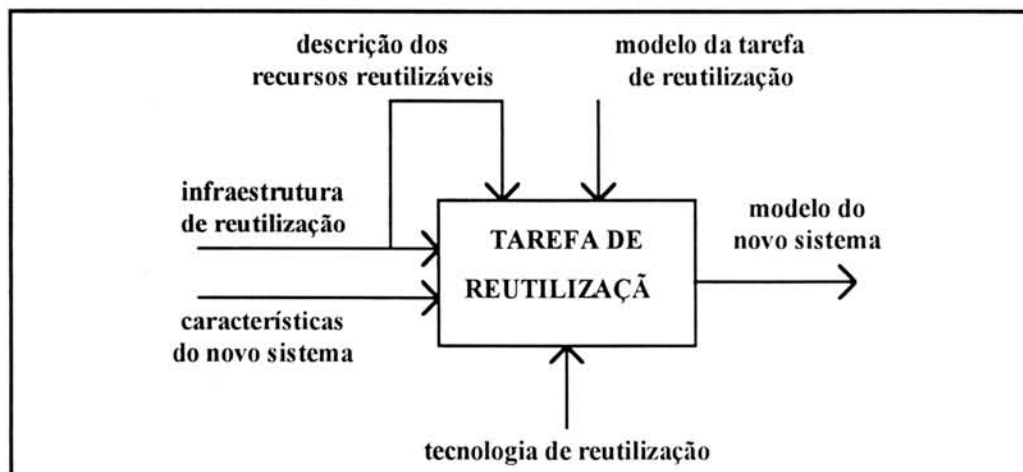


Figura 3.8 - Tarefa de reutilização e a infra-estrutura necessária.

O modelo da figura 3.8 segue a convenção utilizada em diagramas SADT [ROS 85]. A atividade principal é representada pelo retângulo. Nos quatro lados do retângulo localizam-se: as *entradas* (esquerda), *saídas* (direita), *controle* (topo) e *mecanismo* (abaixo).

De maneira geral, cinco etapas principais são realizadas durante o desenvolvimento de um sistema: análise de requisitos, elaboração do modelo lógico, elaboração do modelo físico, codificação e implementação. Sistemas construídos mediante a reutilização de especificações, tem seu ciclo de vida alterado em suas fases iniciais (análise de requisitos e modelo lógico). As atividades associadas ao paradigma da reutilização [MAI 92] que substituem as duas etapas iniciais do ciclo tradicional são descritas a seguir:

3.4.1 Análise dos Requisitos do Novo Sistema.

Considere-se, a título de exemplo, que seja necessário o desenvolvimento do seguinte subsistema:

Sistema de controle de vagas/inscrições em um curso acadêmico.

Características principais:

O sistema terá como entidades externas o administrador do curso e o estudante. O estudante fará a reserva de vaga, recebendo o correspondente comprovante de matrícula. Após o preenchimento das vagas, certo número de estudantes são arrolados numa lista de espera.

O administrador do curso informa o sistema sobre pedidos de cancelamento e o nome do estudante que deve ser alocado à vaga correspondente.

Esta descrição do novo subsistema requerido, embora caracterize seus principais requisitos, será de pouca utilidade na busca de um módulo similar, cadastrado na biblioteca de objetos reutilizáveis. Esta busca requer um modelo restrito, expresso na forma definida pela regra de catalogação utilizada na elaboração da biblioteca.

3.4.2 Criação de um Modelo Restrito do Novo Sistema.

Existem vários tipos de esquemas para classificação de sistemas [PRI 87]. Estes esquemas são, em sua grande maioria, direcionados a usuários finais e destinam-se a simples catalogação, sem o objetivo de reutilização. Os atributos escolhidos para caracterizar o sistema dizem respeito à área de aplicação, tipo de problema que visam solucionar e, não raro, dados físicos sobre o ambiente e equipamentos onde podem ser executados. Alguns exemplos típicos incluem o esquema da ACM Computing Reviews, taxinomia de Ciência e Engenharia da Computação da AFIPS, catálogos de funções estatísticas e outros catálogos comerciais de software [PRI 87]. Dentre os atributos que melhor se prestam à uma análise de similaridade está a função do módulo, ou seja, seus principais objetivos (ou requisitos). Se a estes dados anexarmos informação sobre a classe de aplicação do módulo, bem como uma caracterização do tipo de departamento ou área funcional da empresa para a qual foi desenvolvido, teremos uma tupla descritora deste módulo, capaz de representar sua existência em catálogos de recursos reutilizáveis [MAI 92]:

<objetivo do sistema, classe da aplicação, área funcional>

Se retomarmos o exemplo da seção anterior, onde definimos os principais requisitos de um sistema de controle de vagas em um curso acadêmico, teremos:

Sistema de controle de vagas em curso acadêmico.

<controle de vagas, aplicação acadêmica, Instituto de Informática>

A implementação de uma biblioteca baseada neste esquema requer como pré-requisito a definição das ocorrências possíveis para cada item da tupla. Verifica-se, pela análise deste descritor, que sua natureza contempla alguns dos aspectos essenciais à identificação de objetos reutilizáveis: é sucinto, em boa medida auto-explicativo, formal e sistemático.

Por outro lado, o descritor deve ser analisado também quanto a sua eficácia na busca de similaridade. Imagine-se a existência, na biblioteca de recursos, do seguinte módulo reutilizável:

Sistema de reserva de lugares em um teatro.

<reserva de lugares, aplicação gerencial, Teatro São Pedro>

A menos que um completo dicionário de sinônimos, integrante da infraestrutura de reutilização, faça a equiparação das palavras *controle* com *reserva* e *lugares* com *vagas*, dificilmente será realizada a associação correta para a identificação de similaridade. Mesmo que isto ocorra, resta decidir se o grau de similaridade é suficiente para tornar indicada a reutilização. Na próxima etapa do processo de reutilização será esta a questão principal.

3.4.3 Busca de Modelos Similares ao Modelo Restrito do Novo Sistema.

O descritor desenvolvido na seção 3.4.2 parece inadequado para o reconhecimento de modelos similares. O fato de que é sucinto, embora o recomende para a catalogação e recuperação, propicia apenas uma idéia muito superficial de seus objetivos. Pode servir, entretanto, a um propósito menos ambicioso: *identificar uma possível similaridade*. Se este descritor também servir como indexador de um modelo restrito do módulo reutilizável, será possível identificar o grau de similaridade pela comparação deste modelo com o modelo restrito do novo sistema. O exemplo das seções anteriores pode ser agora ampliado. A figura 3.9 corresponde aos modelos restritos do sistema de controle de vagas de um curso e do sistema de reserva de lugares em um teatro, na forma de um DFD contextual, utilizado na metodologia de Análise Estruturada [YOU 90].

3.4.4 Seleção do Modelo Similar Mais Adequado.

A identificação do modelo similar mais adequado, em ambientes organizados de acordo com o esquema proposto nas seções anteriores, onde utilizamos descritores que indexam modelos, é realizada por inspeção pelo especialista responsável pela construção do novo sistema. Neste tipo de abordagem, a experiência do especialista na técnica de reutilização é fundamental, determinando não apenas o tempo gasto nesta identificação, mas também o acerto da escolha do modelo mais similar. Em [MAI 92] são realizadas comparações entre resultados obtidos por equipes com diferentes graus de experiência na reutilização. De acordo com as experiências de Maiden, analistas menos experientes tendem a *copiar* o modelo análogo, sem de fato entender a analogia. Já os analistas mais experientes mostram-se mais propensos a analisar profundamente os modelos, de forma a transferir apenas o que é diretamente reutilizável.

O conceito de *medida do grau de similaridade*, por outro lado, está associado à *automatização* do processo de identificação do modelo reutilizável mais similar ao modelo a ser desenvolvido [FIS 87]. A atribuição de escores aos itens que descrevem o módulo foi uma das primeiras tentativas de se obter uma ordenação dos recursos em função de sua similaridade [BUR 87]. É importante ressaltar que a eficiência da automatização será tanto maior quanto mais específico for o domínio de aplicação da reutilização. O protótipo de um sistema de biblioteca que utiliza estes conceitos foi desenvolvido na Universidade da Califórnia, em Irvine [PRI 91].

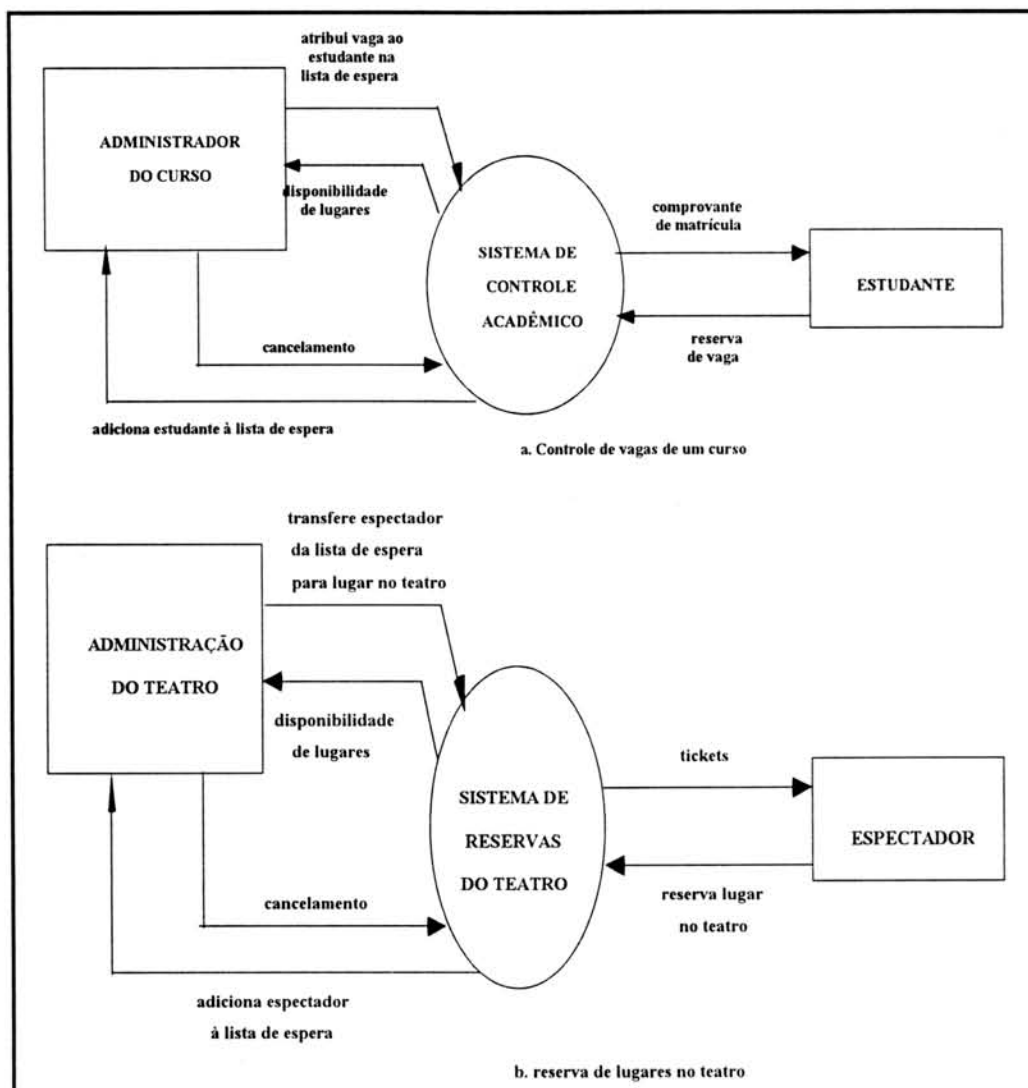


Figura 3.9 - Modelos restritos de sistemas

Baseando-se em um esquema de classificação facetado (com múltiplas perspectivas) semelhante ao apresentado na seção 3.4.2, o protótipo possui 3 componentes funcionais: formulação de consultas, recuperação e ordenação. A formulação da consulta é realizada através de um descritor do módulo desejado, contendo termos selecionados entre as ocorrências possíveis em cada item (ou faceta) da tupla. Durante a recuperação é utilizado um *thesaurus* que assegura a clareza dos termos. Se comprovada a existência na biblioteca de objetos similares, o protótipo devolve ao usuário uma relação ordenada dos objetos, classificados por uma medida do grau de similaridade. Este grau de similaridade pode ser obtido mediante a atribuição de pesos aos diversos itens da tupla.

3.4.5 Desenvolvimento do Modelo do Novo Sistema a partir do Modelo Similar.

Após ter sido identificado o modelo reutilizável adequado, este deve ser modificado ou incrementado de modo a refletir os requisitos do novo sistema. A derivação do novo modelo deve ser feita de acordo com as regras em vigor na organização. A utilização de modelos gráficos para representar o sistema, tais como Diagramas de Fluxo de Dados, mostra-se eficiente. As descrições narrativas, por sua natural tendência à falta de clareza, ambigüidades e redundâncias, mostram-se inadequadas, não só para a identificação de partes similares, mas também para o reaproveitamento destas partes. A semi-formalidade e natureza hierárquica dos diagramas (quer DFD's ou ER's), faz com que sejam apropriados à comparação e evolução dos modelos.

Outro aspecto importante, é a disponibilidade atual de diversas ferramentas automatizadas do tipo CASE (Computer-Aided Systems Engineering) capazes de suportar o projetista durante a criação, alteração e evolução destes diagramas. Feitas estas considerações, verifica-se que a organização de bibliotecas de modelos que utilizam técnicas gráficas são indicados à prática de reutilização. A evolução destes modelos em direção à especificação do novo sistema pode ser realizada com o auxílio da própria ferramenta que os desenvolveu. Maiores detalhes a respeito deste tipo de ferramentas pode ser obtido em [McC 89].

A natureza hierárquica dos diagramas, como foi referido, auxilia a atividade de reutilização. Uma das possíveis abordagens (com a seqüência de passos correspondentes) que pode ser utilizada durante esta etapa baseia-se exatamente na existência desta hierarquia:

- o especialista que realiza a reutilização deve iniciar pela análise de uma visão abrangente do modelo (um DFD contextual, por exemplo). O objetivo inicial é o dimensionamento e estruturação da parcela reutilizável.
- seleção de parte da especificação (módulo ou processo) para análise detalhada e reaproveitamento.
- particionamento do segmento da especificação; cada componente reutilizável é descrito. Documentação e esclarecimentos adicionais podem ser acessados.
- incorporação do objeto reutilizável ao novo modelo em desenvolvimento, se possível, através de ferramentas automatizadas de suporte à construção de modelos.
- seleção de outro módulo reutilizável e reinício do processo.

O procedimento sistemático descrito acima, será mais eficiente se acompanhado de uma assistência automatizada ao longo de todos os passos.

3.4.6 Geração do Novo Sistema.

Uma vez que tenha sido completado o modelo do novo sistema através do reaproveitamento de módulos reutilizáveis, retoma-se novamente o ciclo usual da Engenharia de Software. Se a organização possuir um gerador automático de aplicações, o novo modelo é a ele repassado originando o novo sistema físico, com programas e a infra-estrutura de banco de dados correspondente. Se, por outro lado, a metodologia em vigor prever o desenvolvimento tradicional, o modelo será entregue aos projetistas e programadores que desenvolverão o projeto físico, testes e a documentação correspondente.

É importante ressaltar que o produto final da reutilização de modelos de requisitos é *o novo modelo lógico do sistema*. As etapas subsequentes do ciclo de vida devem ser conduzidas de acordo com a metodologia em vigor na organização.

3.5 Sistemas de Apoio à Reutilização de Modelos.

A descrição das atividades integrantes do processo de reutilização, realizada na seção 3.4, permite constatar que ferramentas automatizadas de apoio teriam grande utilidade na maioria delas. O apoio inteligente se faz necessário para indicar recursos reutilizáveis adequados, fazer esclarecimentos sobre estes recursos e orientar o processo de derivação do novo sistema [FIS 87]. A seção 3.5.1 estabelece os fundamentos de um ambiente de apoio, com a conceituação correspondente. Nas seções subsequentes, são analisados dois ambientes de apoio à reutilização.

3.5.1 Fundamentos de Ambientes de Apoio à Reutilização.

O principal conceito a ser utilizado na construção destes ambiente, é o *paradigma de apoio* [DIE 92]. Este paradigma caracteriza os Sistemas de Apoio, que visam interagir, aconselhar, orientar e mesmo criticar o especialista que realiza determinado processo, *sem que pretendam substituí-lo*. O esquema representado na figura 3.10 mostra uma possível estrutura do ambiente de apoio à reutilização.

Os sistemas de apoio ao analista podem ser categorizados em função das atividades do analista ou projetista que suportam. Se o suporte se dá durante a fase de Análise de Requisitos, são denominados de SAAR, Sistemas de Apoio ao Analista de Requisitos [PAL 91].

Estendendo o conceito para o contexto da reutilização de modelos de requisitos, encontramos os Sistemas de Apoio à Reutilização. Nesta categoria encontra-se, por exemplo, o IRA (Intelligent Reuse Advisor) [MAI 92], que é uma sistema de apoio ao especialista que realiza a reutilização de recursos no desenvolvimento de novos sistemas. A estrutura do IRA será analisada a seguir.

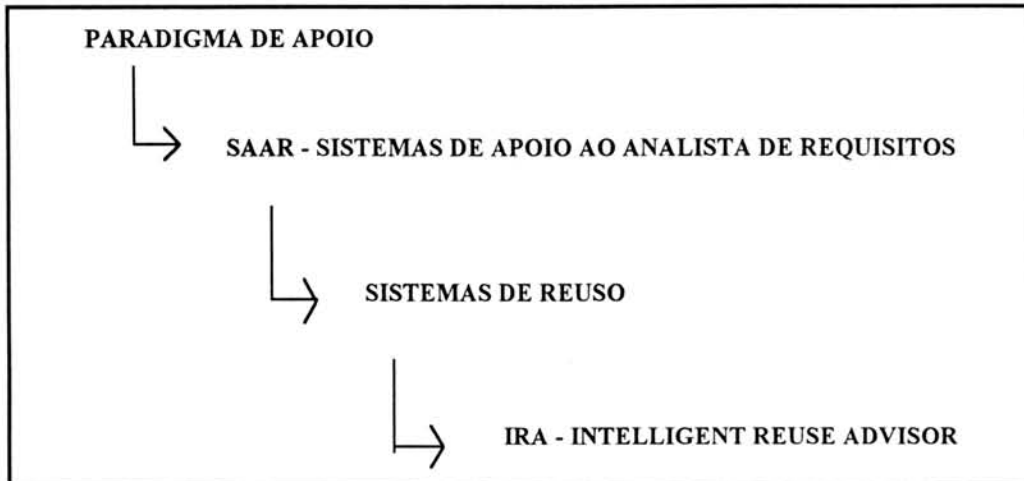


Figura 3.10 - Estrutura do ambiente automatizado de apoio à reutilização

3.5.2 O IRA - Sistema de Apoio ao Especialista na Reutilização.

A reutilização de modelos de requisitos (especificações) envolve três funções principais: categorização de um novo problema, seleção de modelos reutilizáveis pertencentes à mesma categoria e adaptação do modelo selecionado aos requisitos do novo sistema. O IRA tem três componentes, cada um deles dando suporte a uma destas funções:

- *O Identificador de problemas* faz a primeira interação com o engenheiro de software, dele recebendo a descrição dos principais requisitos do novo problema, baseada num conjunto pré-definido de predicados (atributos) abstratos. Estes predicados foram escolhidos de forma a propiciar fácil reconhecimento de analogias. A abstração realizada pelo engenheiro de software é apoiada através de exemplos fornecidos pelo IRA.

- *O mecanismo de analogias* tem sua função restringida pelo volume e qualidade do conhecimento que dispõe sobre o domínio da aplicação. Este módulo do IRA compara os predicados, buscando identificar um ou mais domínios abstratos condizentes com o novo problema. Emprega, ainda, conceitos heurísticos para ordená-los em função do *grau de similaridade*. Após ter realizado com sucesso esta categorização do problema alvo, este componente do IRA recupera modelos de requisitos reutilizáveis integrantes da mesma classe. A ordenação destes modelos é obtida pela comparação dos requisitos críticos e não-críticos.

- *O Consultor de Especificações* suporta o engenheiro de software em duas tarefas: seleção da especificação a partir do conjunto ordenado obtido pelo mecanismo de analogias e adaptação desta especificação aos requisitos do novo problema. Observe-se, que, *dentro do paradigma de apoio, o IRA não faz a seleção*. Provê, porém, todos os subsídios necessários para que o especialista possa fazer a seleção mais adequada. Além da sugestão da lista ordenada de modelos, o Consultor de Especificações enfatiza eventuais dificuldades que os modelos candidatos possam

apresentar quanto à sua adaptação ao novo problema. O conhecimento embutido no IRA, necessário à execução de tarefas de aconselhamento foram derivadas de experiências práticas de especialistas em reutilização. O uso de técnicas de suporte à construção de diagramas é incentivado durante a adaptação do modelo reutilizável.

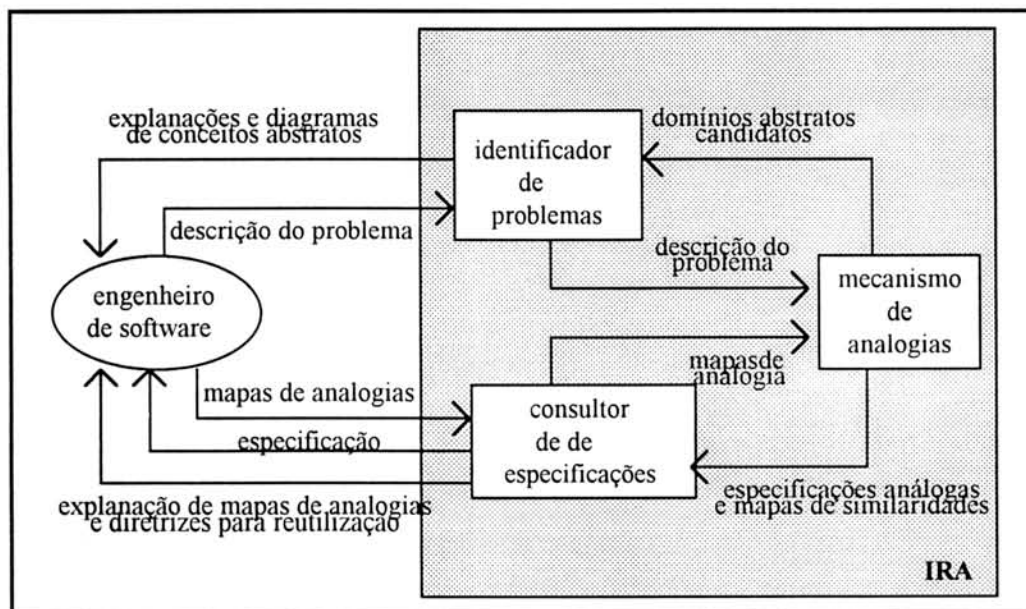


Figura 3.11 - O Intelligent Reuse Advisor

A utilização de ferramentas de apoio automatizadas traz grandes benefícios à reutilização, sistematizando e formalizando o processo. Cabe ressaltar que o uso de Sistemas de Apoio ao Analista de Requisitos, durante a reutilização, pode prevenir erros, quer na identificação de similaridades quer na derivação do sistema. Analistas inexperientes podem beneficiar-se com uso do conhecimento de outros especialistas já embutido no sistema de apoio.

O IRA, mesmo sendo ainda um protótipo, constitui-se em ótimo exemplo quanto às potencialidades de um SAAR dedicado à reutilização. O paradigma de apoio caracteriza fortemente as facilidades que proporciona, conferindo-lhe, por este meio, significativos méritos. Outros exemplos de sistemas semelhantes são o Requirements Apprentice, desenvolvido no MIT [REU 89 e WAT 91] e o AISS (Artificial Intelligence Based System Simulation) [AIK 90] e o sistema DRACO, desenvolvido por Peter Freeman e descrito em [BOL 89].

A tecnologia atualmente disponível na área de Inteligência Artificial propiciou o desenvolvimento de um novo tipo de apoio: *os sistemas de crítica* [SIL 92]. Estes sistemas caracterizam-se por discutir os pontos de vista do engenheiro de software, comparando-os com os que possuem em sua base de conhecimento. O novo

conhecimento, assim obtido, é integrado à cultura do engenheiro de software e ao sistema de crítica [SIL 92]. Alguns dos sistemas anteriormente referenciados, inclusive o IRA, já integram estes conceitos. A Inteligência Artificial pode também fornecer importantes subsídios em relação à forma de codificar conhecimento de especialistas. O paradigma orientado a objeto (PO) deverá também ser considerado, avaliando-se sua potencialidade de fornecer subsídios para definir a infra-estrutura de reutilização [GIR 90].

3.5.3 O ambiente ITHACA

ITHACA (Integrated Toolkit for Highly Advanced Computer Applications) é um projeto integrante do Programa Esprit II da Comunidade Européia, iniciado em janeiro de 1989 e concluído em dezembro de 1992 [FUG 91, NIE 92 e BEL 93]. Ithaca propõe um modelo de desenvolvimento de software no qual *engenheiros de aplicação* são responsáveis pelo desenvolvimento de componentes de software genéricos e reutilizáveis em domínios de aplicação específicos (**GAF's** - Generic Application Frames). Os clientes destes **GAF's** serão os *projetistas* (desenvolvedores de aplicações), que reutilizarão em seus projetos estes componentes, tornando-os específicos (**SAF's** - Specific Application Frames) [FUG 91].

O paradigma subjacente no Ithaca é o de que aplicações são desenvolvidas principalmente pela reutilização de dados de desenvolvimento (especificações, informações detalhadas de projeto, objetos executáveis, etc.). A reutilização afeta todas as etapas do ciclo de desenvolvimento e um método foi desenvolvido com o objetivo de suportar as atividades neste contexto. Novas aplicações são desenvolvidas mediante o acesso a componentes de antigas aplicações, disponíveis na **SIB**. Ithaca tem uma *abordagem orientada a objeto*, armazenando e tornando disponíveis na **SIB** (Software Information Base) componentes para as diversas fases de desenvolvimento.

Na **SIB** estão armazenadas, ainda, instruções para reutilização destes componentes. O conjunto de componentes e instruções para reutilização são organizadas em *classes*, definidas com auxílio do **F-ORM** (Functionality in the Objects with Roles Model). Esta biblioteca possui ainda uma interface para consulta sobre as classes armazenadas e um mecanismo para visualização de gráficos (browser).

O módulo **RECAST** (Requirements Collection and Specification Tool), por sua vez, é uma ferramenta que auxilia o projetista na especificação dos requisitos, permitindo que ele recupere componentes reutilizáveis para compor a especificação de uma nova aplicação. Os **GAF's** são recuperados e instanciados nos **SAF's**, permitindo seu uso em uma nova aplicação.

Vista (Visual Scripting Tool) é o módulo do Ithaca que permite a criação de novas especificações a partir de composição dos **SAF's**.

A **Visual ADL** suporta a etapa de projeto detalhado. As especificações **ADL** são diretamente mapeadas em classes através do **compilador ADL**, que gera o código na linguagem orientada a objeto **Cool**.

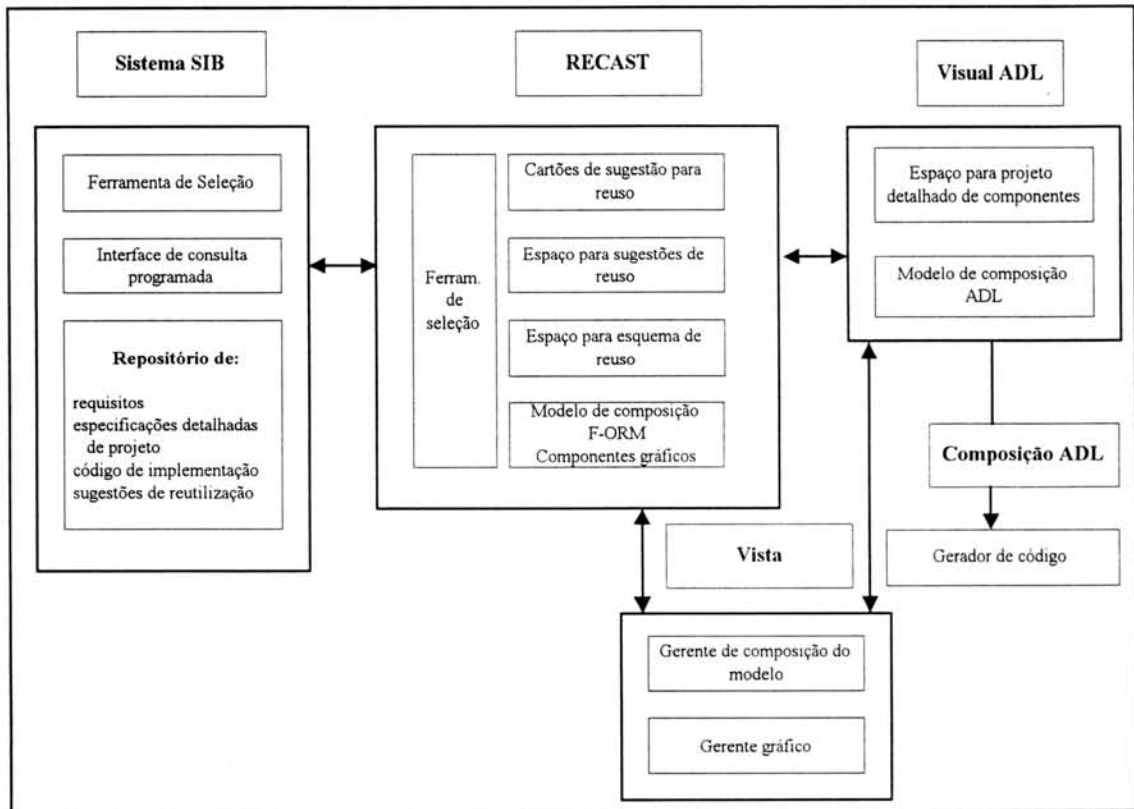


Figura 3.12 - A arquitetura do ambiente Ithaca

Uma das maiores contribuições do projeto Ithaca foi proporcionar a disseminação da idéia de que a reutilização de software poderia verificar-se não apenas nos limites de uma única organização, mas sim entre comunidades que compartilham as mesmas aplicações. Neste cenário ideal, as aplicações seriam baseadas em componentes genéricos de software, desenvolvidos em organizações com o mesmo domínio de aplicações [GIB 90]. O investimento na criação de produtos reutilizáveis seria plenamente recuperável em função da grande escala em que ocorreria sua reutilização.

3.6 Implementação da Reutilização de Requisitos.

A consciência de que a reutilização trará benefícios econômicos pode ser essencial à obtenção do apoio efetivo da alta direção da organização. Em [KAR 89] e [BAL 90], são discutidos os aspectos relacionados a custos na implementação de programas de reutilização. O valor do benefício obtido com a reutilização deve ser comparado com o custo correspondente ao esforço de reutilização [KAR 89]:

$$\text{benefício relativo da reutilização} = \frac{\text{valor adicionado pelo produto do reuso}}{\text{esforço de reutilização}}$$

Para efeito de planejamento, o benefício relativo da reutilização deverá ser estimado. Deve ser considerado o custo previsto na implantação do programa de reutilização e o custo para mantê-lo quando da sua utilização posterior. O valor adicionado pelo produto da reutilização deve ser obtido através da estimativa feita quanto ao índice de reutilização a ser alcançado pela organização.

O plano de implementação, detalhando todos os passos do programa, deverá ser realizado após o pleno convencimento da gerência da empresa quanto à conveniência da reutilização e da conseqüente alocação de recursos suficientes. O planejamento do programa incremental deve seguir os passos detalhados na figura 3.12.

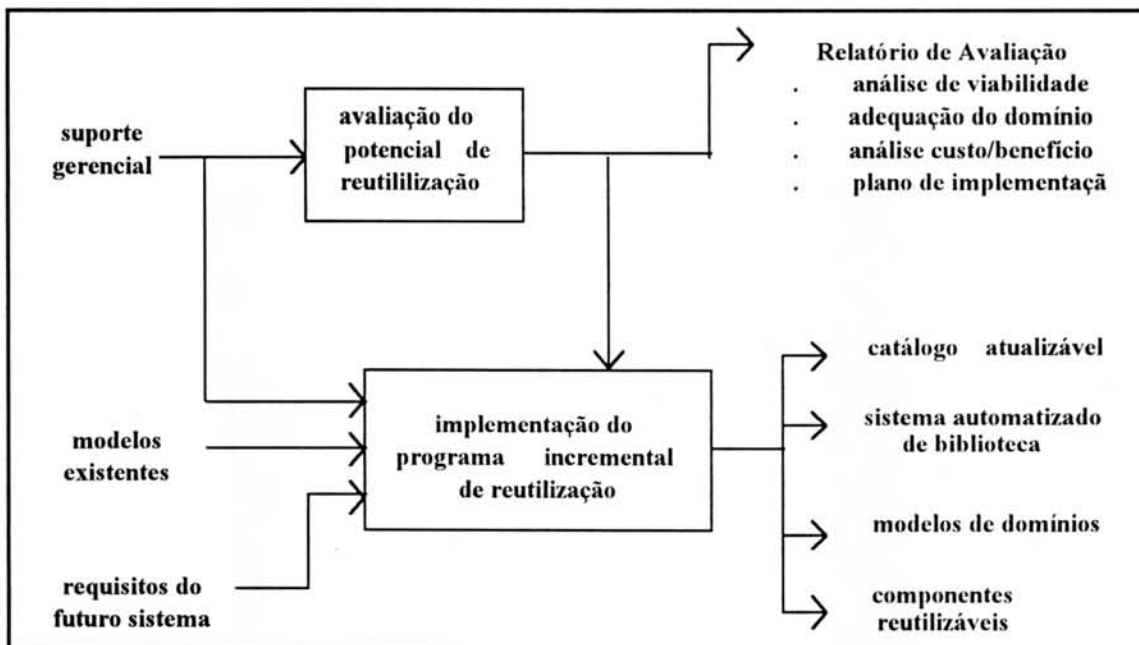


Figura 3.13 - Implementação do programa incremental de reutilização.

3.6.1 A criação de um Programa de Reutilização de Requisitos nas empresas.

Ainda de acordo com [PRI 91a] o programa pode ser implementado em uma organização através de quatro estágios sucessivos:

Estágio 1 - O início. O primeiro passo consiste na análise dos modelos de sistemas (especificações) desenvolvidos na organização, com vistas à identificação de

recursos reutilizáveis. A seleção destes recursos deve obedecer a critérios previamente estabelecidos. Cada item reutilizável é descrito informalmente, através de suas principais funções e dados manipulados. Com estas informações é gerado o primeiro resultado do programa: um catálogo preliminar, atualizável ao longo dos estágios seguintes. A simplicidade do primeiro estágio é intencional, na medida em que, mesmo requerendo pouco esforço da organização, permitirá, ao seu final, uma reavaliação consistente de seus recursos reutilizáveis.

Estágio 2 - Expansão. A medida em que novos recursos reutilizáveis forem sendo identificados, torna-se necessária a adoção de um processo de catalogação automático. A disponibilidade de um software de apoio à gerência de bibliotecas facilitará a manutenção, organização, atualização e distribuição do catálogo. Esta fase se caracteriza por exigir investimentos econômicos e de pessoal maiores que a anterior. Os especialistas que a conduzirão devem ter conhecimentos específicos na classificação de itens e na análise de domínios.

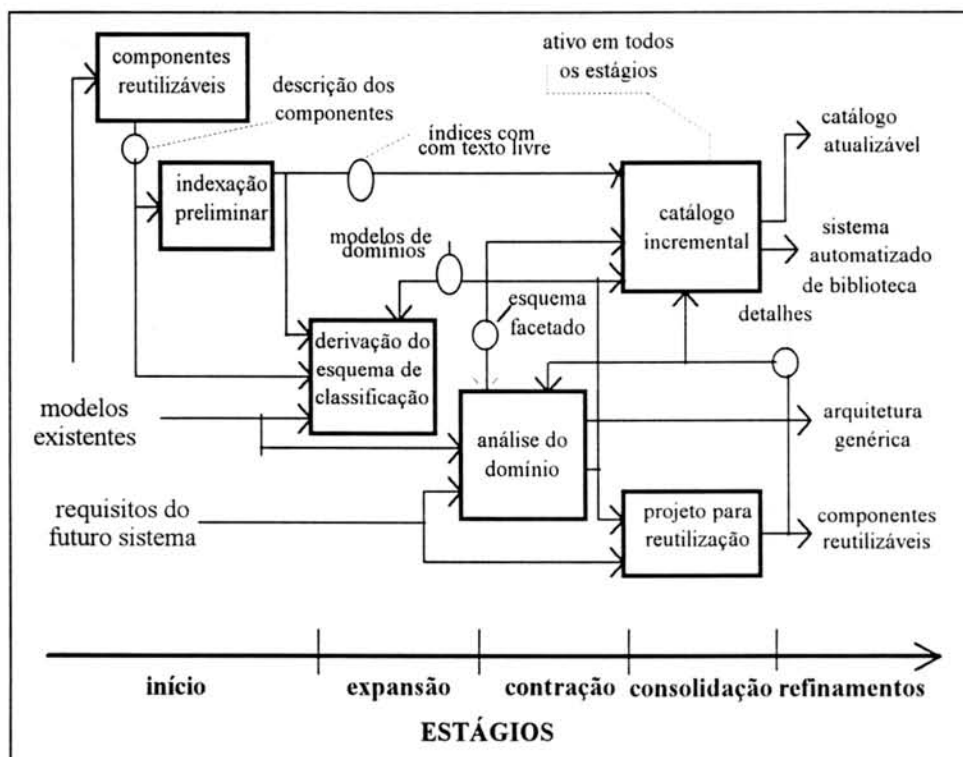


Figura 3.14 - Estágios do programa de reutilização incremental

Estágio 3 - Contração. A principal característica deste estágio é a crítica dos recursos reutilizáveis que integram a biblioteca. Uma análise mais detalhada dos domínios abrangidos no catálogo, bem como uma avaliação das futuras necessidades em sistemas permitirá que itens redundantes e sem uso efetivo sejam retirados do conjunto.

Por outro lado, o conhecimento do problema adquirido nos dois passos anteriores facilitará a identificação de módulos isolados que, se fossem integrados suportariam funções mais genéricas do domínio. O resultado é a contração e melhoria da qualidade da biblioteca. Além de especialistas em análise de domínios, esta fase requer também a intervenção de projetistas.

Estágio 4 - Consolidação (estado permanente). Após a identificação dos elementos essenciais para sistemas no domínio da organização, pode ter início a progressiva substituição dos recursos na biblioteca por componentes criados especialmente para suporte de funções específicas. Inicia-se aí o *desenvolvimento planejado de recursos reutilizáveis*, facilmente integráveis à biblioteca, já que projetados dentro dos padrões exigidos por sua arquitetura. Os próximos passos dentro do programa de reutilização não implicam necessariamente no aumento da coleção. Devem, entretanto, tornar os recursos mais eficientes e confiáveis. Dados sobre o percentual de reutilização na empresa e confiabilidade dos sistemas desenvolvidos servirão de realimentação para futuros refinamentos do programa.

O estabelecimento de um programa de reutilização de acordo com a sistemática proposta, demanda em torno de 4 anos. A relação entre recursos de investimento necessários ao longo dos estágios e sua distribuição no tempo são mostrados na figura 3.14 [PRI 91a].

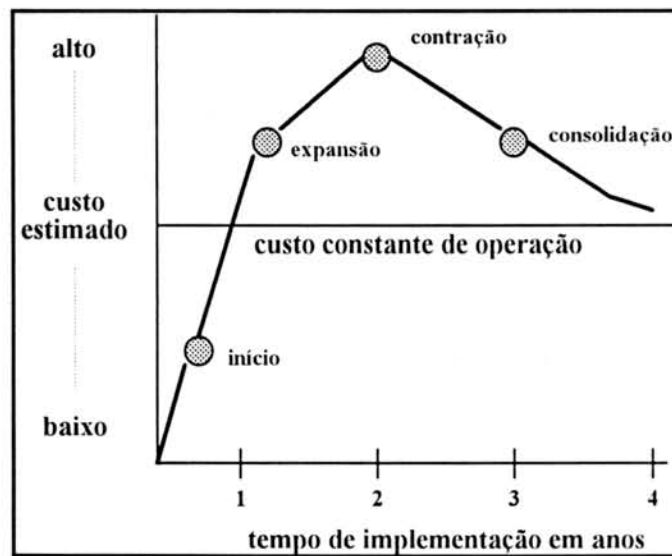


Figura 3.15 - Distribuição de custos em um programa típico de reutilização

A análise da figura demonstra a necessidade de um investimento inicial pequeno, característica esta que confere maior aplicabilidade ao plano.

Uma estrutura organizacional adequada é fundamental para o sucesso do programa de reutilização. Em cada um dos 4 estágios são requeridos conhecimentos específicos em diversas áreas do conhecimento. A estrutura de pessoal básica deverá prever [PRI 91]:

- *grupo de gerência do programa* - deve conduzir a estratégia, providenciar recursos e determinar a ocasião correta para o início de cada estágio.
- *grupo de identificação e qualificação de recursos* - identifica áreas potenciais para a reutilização, coletando e certificando recursos. Responsabiliza-se por novas entradas na biblioteca.
- *grupo de manutenção* - mantém e atualiza os componentes reutilizáveis.
- *grupo de desenvolvimento* - cria novos recursos de acordo com as necessidades.
- *grupo de apoio à reutilização* - assiste e treina analistas e engenheiros de software no uso da técnica de reutilização. Organiza testes e avaliações dos recursos reutilizáveis.
- *bibliotecário* - atualiza e distribui catálogos, classifica novos recursos, mantém a biblioteca e gerência as solicitações de itens do catálogo.

Os diversos grupos representados mostram os principais papéis desempenhados por especialistas durante o programa. O número de indivíduos em cada grupo é variável ao longo dos estágios, e várias atividades podem ser exercidas pela mesma pessoa. Novos integrantes são designados, até que, no estágio de consolidação, um ou mais especialistas participem em cada um dos grupos.

Convém ressaltar que este programa de reutilização é bastante modesto. Destina-se a possibilitar que a organização inicie um processo de aculturação no novo paradigma. Os benefícios efetivos da reutilização só serão atingidos quando a organização integrar-se a uma comunidade de outras empresas com o mesmo domínio de aplicações, podendo então com elas cooperar, dando início à reutilização em grande escala [GIB 90].

4 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS DA TESE.

No capítulo 3, foi realizada uma análise genérica do processo de reutilização na Engenharia de Software. Num procedimento próprio de trabalhos de tese, foi necessário delimitar o âmbito da pesquisa, já que o processo de reutilização, em sua totalidade, é uma nova forma de desenvolvimento de sistemas de informação. Sendo assim, cada uma de suas etapas possui um conjunto de atividades que devem ser analisadas e otimizadas. Para que o trabalho pudesse ter a profundidade necessária de forma a poder contribuir para o aprimoramento do estado da arte, restringiu-se bastante o escopo de sua atuação. As seções seguintes, descrevem, essencialmente, dois aspectos: o objetivo da pesquisa e a forma em que foi idealizada (o protocolo experimental).

4.1 Definição dos objetivos da pesquisa.

As justificativas para a realização de pesquisa em reutilização de software são bastante consistentes. Durante a Third International Conference on Software Reuse em novembro de 1994, Prieto-Diaz [PRI 94], surpreendeu a todos os presentes afirmando que *o sucesso definitivo da reutilização de software seria determinado pelo seu desaparecimento*. Em seguida esclareceu que este desaparecimento não virá por eliminação, mas por *integração*. De acordo com esse pesquisador, a reutilização sistemática conduziria a engenharia de software à sua maturidade. As três tendências básicas na reutilização de software são sua institucionalização pela indústria de software, sua integração no processo de desenvolvimento de sistemas e a padronização de métodos de análise e engenharia de domínios.

Entretanto, a substituição de um conjunto de procedimentos para se construir algo, só se justifica, se o novo conjunto de procedimentos trazer melhores resultados que o antigo. Abstraindo-se razões de ordem sócio-política, na maioria das vezes o *benefício* ou *ganho* no uso do procedimento é avaliado em termos de *custo e qualidade*. De acordo com [FRA 94], *o teste decisivo do paradigma de reutilização é determinar se ele efetivamente produz software de melhor qualidade e confiabilidade, de uma forma mais produtiva*. Desde logo este foi o objetivo principal da tese. A maneira mais evidente de concretizá-lo, seria comparar o desenvolvimento de um razoável número de sistemas de informação construídos de acordo com os procedimentos tradicionais, com os mesmos sistemas desenvolvidos com o auxílio do paradigma da reutilização. Entretanto, um trabalho semelhante novamente extrapolaria os limites práticos de uma tese de doutorado. A seção 4.1.1 mostra a evolução deste objetivo até constituir-se em propósito viável.

4.1.1 Processo de concretização dos objetivos da pesquisa

A simples existência de um propósito não o torna alcançável. Na busca de viabilizar o objetivo ainda demasiadamente amplo, algumas restrições e condições de

contorno tiveram que ser definidas. Os diversos aspectos analisados durante o processo desta concretização são resumidos a seguir:

1. Atividade do ciclo de vida. A análise do ciclo de vida da reutilização sistemática, apresentado no capítulo 3, permite identificar, com base nas diversas atividades do ciclo, uma série de aspectos que devem ser ainda melhor equacionados:

- classificação, catalogação e organização dos modelos dos sistemas desenvolvidos de maneira a formar uma biblioteca de modelos reutilizáveis;
- procedimentos de seleção de modelos já construídos com requisitos semelhantes ao modelo do problema alvo;
- identificar, entre os modelos semelhantes disponíveis, qual o de maior grau de analogia;
- delimitação no modelo a ser reutilizado da parcela efetivamente reutilizável;
- adaptação deste modelo restrito reutilizado, de forma a fazê-lo refletir o modelo completo do novo sistema.

Observa-se que cada um dos aspectos relacionados é por si só um problema a ser pesquisado. **Este trabalho, concentra-se no último aspecto, ou seja na tarefa de, a partir de um modelo similar previamente identificado e disponível, adaptá-lo de forma a refletir o modelo do problema alvo.** As razões para esta escolha decorrem do fato de que é esta a atividade que irá beneficiar-se das demais, isto é, *de onde surgirão eventualmente os benefícios da reutilização.* As demais tarefas fazem parte de uma infra-estrutura que visa facilitar exatamente a construção do novo modelo.

2. Participantes dos experimentos. Uma das maiores dificuldades em todo o trabalho foi justamente conseguir profissionais especializados em análise de sistemas que tivessem disponibilidade para participar da pesquisa. Após a realização de vários contatos sem sucesso com empresas de desenvolvimento de sistemas, **optou-se por realizar os experimentos com alunos/analistas de cursos de especialização em informática.** Esta opção, a mesma de Maiden [MAI 92], justifica-se, na medida em que estes alunos são, em sua quase totalidade, analistas ou engenheiros de software com alguma experiência em análise, já empregados em empresas que desenvolvem sistemas e que estão em busca de reciclagem. Estes alunos/analistas representam de forma adequada o universo dos analistas das empresas do mercado.

3. Problemas (aplicações) utilizados na modelagem. Como a pesquisa envolveria marcação de tempos, e seria realizada por alunos/analistas em disciplinas de cursos de especialização, **os problemas de modelagem escolhidos deveriam ser passíveis de desenvolvimento em períodos de duas horas de duração.** A realização dos modelos em aula, na presença do pesquisador, eliminaria fatores externos capazes de

influir no resultado. A análise realizada com vistas a validar esta decisão, considerou que a modelagem de problemas simples como os que foram utilizados continham elementos suficientes para permitir as conclusões que se constituíam no objetivo da pesquisa.

- 4. Método de reutilização.** A pesquisa centrou-se na reutilização de modelos por analogia, já que este processo de reutilização permite a transferência do conhecimento aplicado numa situação prévia para outro problema, similar ao anterior [HAL 89]. Além disso, o paradigma também foi proposto como uma solução para reutilização em larga escala por outros pesquisadores [FIN 88, MIR 91 e MAI 92]. **Os experimentos da tese, portanto, utilizarão um processo de reutilização de modelos de requisitos análogos aos dos problemas alvo, com base na similaridade existente em problemas que integram os mesmos domínios abstratos.** O conceito fundamental nesta abordagem é a *analogia*.

De acordo com Maiden em [MAI 92], podemos defini-lo da seguinte forma:

A resolução de problemas por analogia consiste na transferência de conhecimento, adquirido na resolução de problemas passados, de forma a construir com o conhecimento transferido soluções para novos problemas que compartilham aspectos significativos com as experiências anteriores.

O esquema básico da reutilização a ser adotado nos experimentos da tese, mostrado na figura 4.1, compõe-se das seguintes atividades:

1. Os participantes recebem a descrição narrativa de um problema alvo que devem modelar. Recebem ainda a descrição narrativa e o modelo (DFD's ou Modelos de Objetos, de acordo com o paradigma do experimento) representando os requisitos de um problema análogo.
 2. Após terem analisado a documentação recebida, identificado a similaridade e a parcela reutilizável do modelo, passam a construir, por adaptação, o modelo do problema alvo. Novas particularidades são adicionadas ao modelo adaptado, de forma a fazê-lo refletir o problema alvo. Esta forma de reutilização insere-se na categoria de *reutilização adaptativa*, descrita na seção 3.2.2.
- 5. Modelo reutilizável.** Havia basicamente duas formas de apresentação do modelo reutilizável: na forma de *template* abstrato ou na forma de especificação concreta. Na seção 3.3, foram feitas referências ao processo de criação e utilização dos recursos reutilizáveis. Quando do armazenamento em uma biblioteca, os recursos normalmente são colocados numa forma abstrata ou genérica, de maneira que possam servir para reutilização (mediante especialização) em um razoável número de aplicações pertencentes ao mesmo domínio abstrato. Já no caso de reutilização de modelos similares na forma concreta, isto é, sem que tenham passado pela etapa de abstração, o processo de modificação para refletir o novo problema é mais intenso. Maiden [MAI 92] em sua tese, preocupado em identificar modelos mentais (ou de raciocínio)

utilizados por engenheiros de software quando do reconhecimento da analogia entre dois ou mais procedimentos, pesquisou a reutilização nas duas formas. Suas conclusões foram de que *templates* abstratos se prestam melhor à identificação da analogia, mas conduzem a um número maior de erros durante o processo de adaptação do modelo em relação ao modelo reutilizável concreto. Considerando que a pesquisa está centrada sobre a tarefa de adaptar o modelo reutilizável para o modelo do problema alvo, **optou-se por utilizar os modelos em sua forma concreta, não abstraída.**

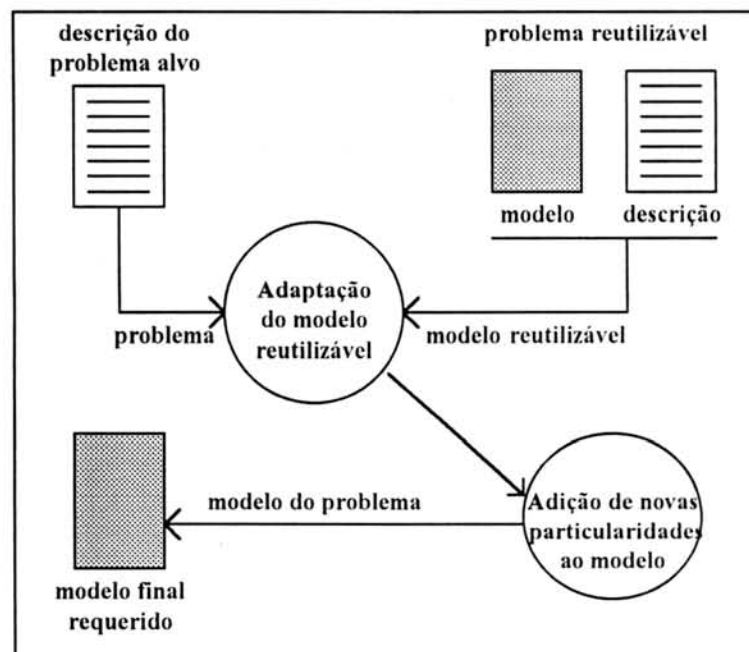


Figura 4.1- Processo de modelagem por analogia

- 6. Tipo de modelagem a ser utilizado:** a especificação de requisitos é um problema complexo e sujeito a erros. Especificações incompletas, inconsistentes e ambíguas tem sido a fonte de insucesso de um grande número de sistemas [MEY 85]. A pesquisa bibliográfica comentada realizada por Leite [LEI 87], fornece importantes subsídios sobre estas dificuldades. De forma complementar, em [RIB 90], nos defrontamos com o enorme leque de métodos de definição de requisitos existentes, sejam informais, semi-formais ou formais, orientados a dados, processos (funções) ou objetos.

A escolha do método de modelagem foi, sem dúvida, uma questão difícil. Prevaleceram, porém, as diretrizes gerais fixadas no início do trabalho: *a pesquisa deveria ser realizada com instrumentos de uso corrente no meio empresarial*. Esta restrição desde logo colocou fora de questão os métodos formais de especificação, já que estes restringem-se ao meio acadêmico. Por outro lado, a informalidade das especificações dificulta sua reutilização. Diante destas considerações, a escolha recaiu sobre métodos semi-formais. São, ainda hoje, os mais utilizados por engenheiros de

software no comércio e na indústria, em função de sua característica *amigável*. Além disso, são métodos gráficos suportados por um grande número de ferramentas CASE [McL 89]. De acordo com o que foi exposto na seção 3.4, os modelos gráficos são de fundamental importância ao reconhecimento da similaridade entre os procedimentos modelados. Mas, mesmo após esta primeira definição, a gama de possibilidades ainda era grande: Modelos de Jackson [JAC 83], Redes de Petri [HEU 88], Diagramas de Fluxo de Dados [ROS 77, GAN 79, DeM 89, YOU 90], Modelos Entidade-Relacionamento [FEL 88, KIP 93], Modelos de Objetos [RUM 91 e COA 92] e ainda outros modelos.

A opção por Diagramas de Fluxo de Dados foi feita em decorrência de ser esta a ferramenta de modelagem de requisitos mais difundida entre as empresas que desenvolvem software. As Redes de Petri, sem dúvida mais completas que os DFD's, tiveram que ser descartadas em função de seu desconhecimento pela grande maioria dos analistas de requisitos. Já os Modelos de Entidade-Relacionamento são bastante utilizados pelas empresas que aplicam a metodologia da Engenharia de Informações, constituindo-se, por isto, em modelagem candidata a ser utilizada na pesquisa. **Entretanto, a opção foi a utilização do Modelo de Objetos como segunda ferramenta de modelagem na pesquisa.** A escolha baseou-se em dois aspectos essenciais: *o fato de que o modelo de objetos pode ser visto como um modelo entidade-relacionamento acrescido dos aspectos dinâmicos do problema e o fato de existir, na prática, uma forte associação entre o paradigma de objetos e a reutilização de software.*

4.1.2 O objetivo concreto da pesquisa.

De acordo com o que foi exposto na seção anterior, **o principal objetivo da tese é comparar a qualidade, completude e a produtividade na modelagem de requisitos realizada de duas formas: sem reutilização e com reutilização de modelo similar correspondente a um problema integrante do mesmo domínio abstrato.** A análise foi conduzida através de **experimentação**, com os mesmos problemas sendo modelados em uma e outra forma. A avaliação dos dois conjuntos de modelos forneceu dados a partir dos quais foi possível avaliar **vantagens e desvantagens da reutilização por analogia.** A pesquisa centra-se sobre a atividade de **adaptação do modelo similar** de forma a fazer com que ele reflita o problema alvo. Os **participantes** dos experimentos são **alunos/analistas** de cursos de especialização e mestrado na área de informática. Os **problemas alvos** são suficientemente **simples** de forma a permitir sua **modelagem em período não superior a duas horas.** Os modelos reutilizáveis foram colocados na forma não abstraída, isto é, são **modelos concretos**, sendo que no experimento-1 a modelagem foi realizada com **Diagramas de Fluxo de Dados** [YOU 90] e no experimento-2 com **Modelo de Objetos** [COA 92].

Uma vez definidos claramente os objetivos da tese e fixadas suas condições de contorno, o plano de execução da pesquisa pode ser definido. O próximo passo foi definir como seria conduzida a experimentação.

4.2 Experimentação na reutilização de modelos.

A validação de uma teoria através do uso de experiências, passíveis de serem repetidas por outros pesquisadores, é um dos principais meios utilizados no desenvolvimento do conhecimento científico. Entretanto, apesar deste fato ser amplamente reconhecido, freqüentemente teorias são difundidas e aceitas sem que tenham sido comprovadas. Esta constatação é ainda mais verdadeira quando trata-se de teorias cuja validação é inerentemente difícil ou ainda com aquelas que, aparentemente passíveis de aceitação intuitiva, sugerem ser desnecessária sua comprovação [LEW 91]. A validação experimental largamente utilizada em Engenharia, Física, Biologia e Medicina, raramente é utilizada nos problemas relacionados com a Engenharia de Software.

Os estudos empíricos realizados por Maiden e Sutcliffe, a partir de 1990, entretanto, constituem-se em importante paradigma para análises deste tipo. Os experimentos realizados por Maiden, além de avaliar o processo de reutilização por analogia, buscam identificar as facilidades necessárias a um mecanismo de recuperação de especificações. O principal objetivo desta pesquisa era verificar como o suporte automatizado deve ser construído e de que forma pode ser utilizado mais eficientemente pelos engenheiros de software. De especial interesse eram os aspectos cognitivos envolvidos no comportamento de analistas durante o processo de construção de modelos por analogia, durante a especificação de requisitos. Abrangendo escopo similar ao estudado por Maiden, nossa pesquisa analisa os aspectos de produtividade envolvidos no processo de elaboração de modelos de requisitos de sistemas através da analogia com modelos similares previamente construídos [ZIR 93a]. Estes objetivos, detalhados na seção 4.1, requereram a adoção de um método de pesquisa, analisado no próximo item.

4.2.1 Fundamentos metodológicos.

Os projetos experimentais lidam com *problemas*, isto é, questões ou teorias que devem ser comprovadas. Estas questões, geralmente, fazem proposições a respeito de relações entre fenômenos e variáveis (substantivo que representa uma classe de objetos). De acordo com Kerlinger [KER 79], três critérios definem *problemas adequados* para pesquisa científica:

1. O problema deve expressar uma relação entre duas ou mais variáveis. Exemplificando um problema típico: determinação de como a produtividade na definição de requisitos se relaciona com a reutilização de modelos de requisitos similares previamente construídos;
2. Problemas adequados à experimentação podem ser apresentados na forma interrogativa. Exemplo: "a reutilização de modelos de requisitos similares aumenta a produtividade na definição dos requisitos de um problema?";
3. O problema deve implicar possibilidade de testagem empírica. Isto significa que deve ser possível se obter evidência real sobre a relação apresentada no

problema, isto é, que seja possível realizar medições sobre as variáveis envolvidas.

Sem dúvida, o terceiro aspecto é o mais importante, já que apresenta uma condição sem a qual torna-se impossível a realização de qualquer experimento. Exclui da pesquisa científica, mediante sua formulação, os conhecidos problemas que envolvem *juízos de valor*. Seria, por exemplo, totalmente inadequado pretender-se avaliar, através de um experimento científico, se a metodologia da Engenharia da Informação é *melhor* que a Análise Estruturada ou vice-versa. É evidente que o termo *melhor* deveria antes ter seu significado claramente definido, de modo a torná-lo quantificável.

Outro conceito fundamental na pesquisa científica é a *hipótese*. Ainda de acordo com Kerlinger, uma hipótese é um enunciado conjectural, das relações entre duas ou mais variáveis. São sentenças declarativas relacionando, de alguma forma, variáveis a outras variáveis. As hipóteses, a exemplo dos problemas, dos quais são formulações, devem ser testáveis para ser cientificamente úteis. Uma hipótese será passível de teste se as variáveis que ela relaciona são passíveis de serem medidas.

As hipóteses podem ser avaliadas adequadamente através de um *plano experimental*. É exatamente este plano, também chamado de definição operacional, que conduzirá o pesquisador do *nível das hipóteses e variáveis* para o *nível das observações* (e conseqüentes medições). Um plano experimental é, na realidade, um projeto da pesquisa. Busca fornecer todos os passos necessários à execução da experiência, de forma a torná-la válida. Formulada a hipótese, torna-se necessário definir detalhadamente as variáveis e a forma de medi-las.

Uma das grandes preocupações na formulação do plano é evitar que fatores não controlados na experiência venham afetar a *validade interna ou externa da experiência* [SPI 61 e CAM 69]. A validade interna diz respeito à garantia de uma correta interpretação dos dados da experiência em seu próprio âmbito, ao passo que a validade externa trata da garantia de podermos estender ou generalizar os resultados da experiência a outras populações ou situações. Os fatores que podem comprometer a validade da experiência são:

1. Validade interna:

- a. história: descontrole causado por fatos imprevistos ocorridos entre a 1ª e a 2ª medição.
- b. maturação: influências devido à passagem do tempo, como cansaço, desconforto.
- c. administração de testes: influência da experiência adquirida em um teste anterior sobre os resultados de outro posterior.

- d. instrumentação: efeitos devidos à modificação de instrumentos de medição durante as etapas da experiência.
- e. regressão estatística: associada à seleção de grupos cujos membros tenham sido escolhidos em função de apresentarem determinada condição extrema.
- f. seleção diferenciada: distorções causadas por amostras com características diferentes.
- g. mortalidade experimental: desequilíbrio das amostras devido à desistência de participantes.
- h. interação das anteriores.

2. Validade externa:

- a. efeito reativo ou de interação que um pré-teste exerce sobre a sensibilidade ou qualidade da reação do participante à variável experimental.
- b. efeitos da interação entre os critérios de seleção e a variável experimental.
- c. efeitos reativos dos dispositivos experimentais: as condições da experiência não permitem a generalização para situações isentas destas condições.
- e. interferência devida à repetição de experiências com mesmos grupos.

Com base nestes conceitos e fundamentos metodológicos, o próximo passo é a definição do plano ou *protocolo experimental*, o conjunto de diretrizes e etapas que constituem o corpo da pesquisa em si.

4.3 Protocolo Experimental

Um dos principais itens do plano experimental é o *tipo de projeto de pesquisa a ser adotado*. Dentre os três projetos experimentais propriamente ditos apresentados por Campbell e Stanley em [CAM 69], um dos que menos influência sofre em relação aos fatores que comprometem a validade interna e externa (item 4.2.1), é o denominado *projeto de pesquisa com grupo de controle e pós-teste*. Neste tipo de plano, busca-se comparar o comportamento observado em um grupo de indivíduos que não sofreu determinada ação externa (o grupo de controle) com o comportamento de outro grupo da mesma população que tenha sofrido a ação. Com base neste esquema básico, os experimentos serão desenvolvidos em dois paradigmas distintos: estruturado e orientado a objeto. **Em cada um dos paradigmas, os experimentos deverão**

desenrolar-se mediante a utilização de turmas de estudantes de especialização e mestrado, cada uma delas subdividida em dois grupos, de acordo com o esquema a seguir:

PARADIGMA ESTRUTURADO (Modelagem com Diagramas de Fluxo de Dados)

a. Experimento-1 (turmas Sintel93, Sintel94, Join e Puc1 - 101 modelos)

grupo G1 (sem reutilização)

modela: sistema de locação de veículos

grupo G2 (com reutilização)

modela: sistema de controle de locação de veículos

reutiliza: diagramas de um sistema de locação de fitas de vídeo

b. Experimento-2 (turmas Sintel94, Join e Puc1 - 74 modelos)

grupo G2 (sem reutilização)

modela: sistema de alocação de leitos hospitalares

grupo G1 (com reutilização)

modela: sistema de alocação de leitos hospitalares

reutiliza: diagramas de um sistema de emissão de passagens aéreas

PARADIGMA ORIENTADO A OBJETO (Modelagem com Modelos de Objetos)

a. Experimento-1 (turma Puc2 - 10 modelos)

grupo G1 (sem reutilização)

modela: sistema de controle de bibliotecas

grupo G2 (com reutilização)

modela: sistema de controle de bibliotecas

reutiliza: diagramas de um sistema de locação de fitas de vídeo

b. Experimento-2 (turma Puc2 - 13 modelos)

grupo G2 (sem reutilização)

modela: sistema de emissão de carteiras de motorista

grupo G1 (com reutilização)

modela: sistema de emissão de carteiras de motorista

reutiliza: diagramas de um sistema de emissão de registros de propriedade

Antes de colocar em prática o esquema de experimentos idealizado, foi necessário realizar uma série de atividades visando não apenas a preparação dos modelos e questionários, mas também sua validação:

- a. seleção de turmas que deverão ter em torno de 20 alunos, os quais serão alocados a 2 grupos, G1 e G2, com critério aleatório ou outro critério seletivo capaz de garantir que os dois grupos venham a ser constituídas por alunos que, em seu conjunto, tenham experiência semelhante.
- b. ao conjunto dos dois grupos serão ministradas aulas sobre os principais conceitos da Análise Estruturada ou Modelagem com Objetos (de acordo com o paradigma do experimento), com 2 ou 3 exercícios práticos de modelagem;

- c. ao conjunto dos dois grupos serão ministradas aulas com os conceitos básicos da reutilização.
- d. realização da experiência propriamente dita, com a construção, pelos dois grupos, de modelos de requisitos, com e sem reutilização, de acordo com o esquema abaixo:

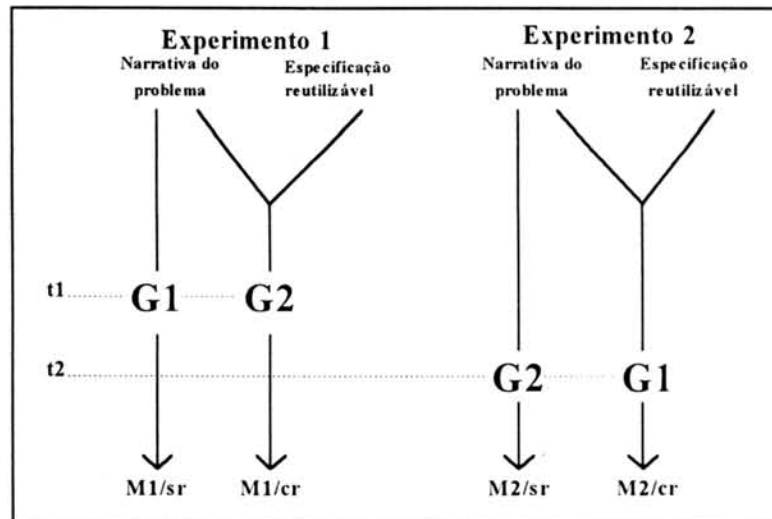


Figura 4.2 - Esquema dos experimentos em cada paradigma

- G1 - No momento t1, sem reutilização, a partir da narrativa do problema 1, constrói o modelo do problema alvo M1/sr. No momento t2, a partir da narrativa do problema 2, agora com reutilização, constrói o modelo do segundo problema-alvo, M2/cr.
- G2 - No momento t1, constrói o modelo do problema-alvo M1/cr com reutilização de modelo similar. No momento t2, constrói o modelo do segundo problema alvo, M2/sr, agora sem qualquer reutilização.

No final dos experimentos, em cada paradigma terão sido construídos 4 conjuntos de modelos, sendo dois deles sem reutilização e dois com reutilização. Ambos os grupos, G1 e G2 terão tido a oportunidade de exercitar a reutilização.

4.3.1 O protocolo experimental e os efeitos da pesquisa

Mediante a análise das condições em que serão conduzidas as experiências, com base no projeto de pesquisa *com grupo de controle e pós-teste* [CAM 69], pode-se verificar sua imunidade em relação a todos os efeitos que poderiam invalidá-la *internamente*:

- os efeitos indesejáveis passíveis de ocorrer devido à passagem de tempo (*história e maturação*) são neutralizados pela existência do grupo de controle, que como os demais grupos sofre o mesmo efeito.
- o efeito de *aprendizado* devido à repetição da modelagem mediante a construção de dois modelos (no Paradigma da Análise Estruturada e no Paradigma Orientado a Objeto) é anulada pelo fato de utilizarmos grupos de participantes diferentes com problemas diferentes.
- o efeito da *troca da instrumentação* aqui não deverá ocorrer, na medida em que os dois grupos G1 e G2 serão submetidos às mesmas aulas sobre Análise Estruturada e Orientação a Objeto.
- a distribuição de participantes de experiência em análise semelhante nos dois grupos, G1 e G2, deverá inibir os efeitos de *regressão estatística e seleção*, favorecendo que os grupos, em média, tenham habilidades semelhantes.
- a influência da *mortalidade experimental* não pode ser evitada *a priori*, mas o contexto de uma disciplina do pós-graduação confere considerável grau de certeza de que a grande maioria dos participantes concluirão a experiência.

Os efeitos que devem ser levados em consideração, quanto às possibilidades de estender ou generalizar as conclusões da pesquisa, dependem fundamentalmente dos tipos de conclusão pretendidos [WON 80 e STE 81]. Para realizar uma análise mais conclusiva a este respeito devem ser revistos os objetivos e condições da pesquisa:

- a propriedade de se utilizar grupos de alunos para a realização da experiência poderia comprometer a generalização dos resultados para analistas em empresas comerciais. Entretanto, diversos pesquisadores consideram ser comparáveis as habilidades destas duas populações, ao menos quanto a conclusões genéricas [LEW 91 e MAI 92]. Além disso, os alunos/analistas, em sua grande maioria, integram os quadros de desenvolvimento de alguma empresa.
- a ausência de um pré-teste no modelo de pesquisa escolhido evita uma possível sensibilização indesejável dos grupos de controle ao problema da reutilização.
- a constituição de grupos foi feita de forma a que tenham, em média, habilidades semelhantes. Isto permite que façamos generalizações para outras populações, também com habilidade média.
- cuidados redobrados devem ser considerados na generalização de *resultados numéricos* a partir do experimento. A condição particular da pesquisa poderá, aí sim, invalidar eventuais generalizações. Como

exemplo podemos citar a impropriedade de se tentar generalizar índices de aumento de produtividade eventualmente alcançados na experiência, considerando-se reutilização e não-reutilização. No máximo considerações quanto a aumentos relativos de produtividade poderão ser generalizados. Aspectos cognitivos e dificuldades no processo de reconhecimento de analogias e da reutilização em si, poderão, entretanto, ser deduzidos. Mesmo estes aspectos só poderão ser corretamente avaliados desde que haja o efetivo acompanhamento do processo através de observação direta. O uso de questionários deverá apenas *complementar* esta observação.

Definido claramente o objetivo da pesquisa e estabelecido o protocolo experimental, foi possível delinear-se uma estratégia, um plano de ação, capaz de viabilizar a execução dos experimentos.

4.4 O plano de ação para a realização dos experimentos.

Para que a realização dos experimentos nos dois paradigmas, com diagramas de fluxo de dados e com modelos de objetos pudesse ser levada a efeito, foi estabelecido um plano de ação, com diversas etapas, cada uma delas constituída de uma série de atividades.

1ª etapa: preparação de material para os participantes. Esta etapa objetivou a definição dos problemas alvo e dos modelos reutilizáveis. Também permitiu a preparação de uma disciplina de pós-graduação sobre reutilização de modelos, onde seria validado o material preparado. As atividades nesta etapa foram:

- a. especificação de quatro problemas alvo e quatro modelos reutilizáveis :** um para cada um dos dois grupos de cada turma no experimento-1 e no experimento-2, em cada um dos dois tipos de modelagem. Os problemas escolhidos foram:
- b. preparação de proposta de disciplina:** com o objetivo de validar o protocolo experimental e testar o material a ser distribuído nos experimentos, foi idealizada uma disciplina, de caráter opcional para alunos do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação.
- c. preparação de questionários para os participantes da pesquisa.** O primeiro questionário (Anexo 09) foi projetado de forma a identificar o conhecimento e experiência dos participantes. Foi entregue às diversas turmas que participaram dos experimentos previamente, de forma a permitir uma hierarquização dos alunos/analistas em função de sua experiência em informática. Estes dados foram utilizados mais tarde, durante os experimentos, para dividir cada turma em dois grupos com capacidade de desenvolvimento semelhantes. Já o segundo questionário (Anexo 10), a ser preenchido ao final da modelagem com reutilização, destinou-se a colher impressões do participante sobre o novo processo.

2ª etapa: desenvolvimento e acompanhamento da disciplina. A disciplina, cujo conteúdo foi preparado na primeira etapa, foi ministrada pelo Prof. Sérgio Felipe Zirbes, sob orientação do Prof. José Palazzo Moreira de Oliveira. No transcorrer da disciplina, vários conceitos foram revistos: aspectos relativos à percepção da analogia, dificuldade de adaptação do modelo, aspectos cognitivos no processo da reutilização. O próprio protocolo experimental foi testado e discutido com os alunos. Ao final da disciplina, de acordo com o propósito inicial, todos os aspectos da pesquisa haviam sido validados. Convém ressaltar que estes alunos não participaram dos experimentos de reutilização que foram posteriormente realizados.

3ª etapa: realização dos experimentos. No final de 1993 e até meados de 1994, foram realizados os experimentos: 4 turmas de alunos\analistas na modelagem com DFD's e 1 turma na modelagem com diagramas de objeto. O capítulo 5 descreve em detalhe a preparação e execução dos experimentos.

4ª etapa: apropriação e organização dos resultados. Os dados obtidos através da aplicação dos experimentos 1 e 2 nos dois paradigmas foram apropriados. Os modelos construídos durante os experimentos foram avaliados de acordo com critérios que serão detalhados nos capítulos 5 e 6. A partir desta avaliação, foram criadas tabelas com informações sobre os participantes, correção e completude dos modelos que realizaram, bem como o tempo consumido em cada atividade da modelagem. Sobre estas tabelas foram aplicadas análises estatísticas de forma a comparar os resultados obtidos na modelagem com e sem reutilização.

5ª etapa: análise estatística sobre os resultados. Os principais aspectos abordados na análise estatística foram:

- análise comparativa entre o esforço de derivação de novas especificações desde o início (sem reutilização) e com reutilização de especificação análoga;
- análise de aspectos relacionados com a completude e correção dos modelos construídos nos dois paradigmas de modelagem;
- conclusões relativas a vantagens e desvantagens da reutilização. Identificação de procedimentos críticos inerentes ao processo de reutilização e considerações sobre formas possíveis de otimizá-los.

5 CARACTERIZAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

No capítulo 4 referimos o objetivo desta pesquisa, definindo quais os aspectos da reutilização de modelos de requisitos que efetivamente buscamos analisar. Descrevemos a metodologia e o protocolo experimental adotado. É este capítulo 5, entretanto, o primeiro a tratar da pesquisa propriamente dita. À análise do processo de execução dos experimentos, segue-se a uma descrição de como os dados correspondentes aos resultados foram organizados de forma a constituir-se no ponto de partida para as análises realizadas nos capítulos seguintes. A reutilização de modelos foi analisada, como já referimos, em dois paradigmas diferentes: estruturado e orientado a objeto. O mesmo protocolo experimental foi utilizado nos dois casos.

5.1 As experiências no Paradigma Estruturado (PE)

De acordo com o protocolo experimental, dois experimentos foram conduzidos com DFD's: experimento-1 e experimento-2. Ambos os estudos incluíram modelagem com e sem reutilização. As seções seguintes descrevem os participantes, a forma com que os experimentos foram realizados, os critérios de avaliação dos modelos resultantes e a organização dos dados obtidos com os experimentos.

5.1.1 Características dos participantes dos experimentos

As experiências realizadas com modelagem através de DFD's tiveram a participação de quatro turmas distintas de alunos/analistas:

1. 29 alunos do curso de especialização em informática do Instituto de Informática/UFRGS denominado SINTEL - Sistemas de Informação e Telemática, no contexto de disciplinas de engenharia de software. A experiência foi realizada no final do ano de 1993. No âmbito da pesquisa, a turma passou a ser designada por *Sintel93*.
2. 29 alunos do mesmo curso de especialização, SINTEL, mas integrantes do grupo de 1994. A turma é identificada no trabalho por *Sintel94*.
3. 12 alunos do curso de Pós-Graduação em Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, turma de 1994, em disciplina especial. Trata-se da turma *Puc*.
4. 31 alunos de um curso de especialização em informática, da Faculdade de Engenharia de Joinville - Universidade do Estado de Santa Catarina realizado em Joinville - SC. Esta última turma passou a ser denominada de *Join*.

Em questionário prévio, expresso no Anexo 9, buscou-se definir a experiência profissional dos participantes em análise e programação, bem como seu conhecimento de técnicas e metodologias de desenvolvimento. Os diversos itens foram analisados, resultando na distribuição dos alunos em três grupos com relação a sua experiência em análise: 1 - com pouca experiência, 2 - com média experiência e 3 - com grande experiência. Os resultados estão sumariados na tabela 5.1, com os percentuais de cada categoria nas diversas turmas.

Tabela 5.1 - Experiência em análise dos participantes (PE)

Paradigma Estruturado					
Distribuição dos participantes por categoria de experiência					
Dadotese/plan3					
Participantes por turma					
Turma	Exp. = 1	Exp. = 2	Exp. = 3	Total	Média Exp.
Join	12	14	5	31	1,77
Puc	7	1	4	12	1,75
Sintel 93	9	15	5	29	1,86
Sintel 94	8	14	7	29	1,97
Total	36	44	21	101	1,85

A análise destes dados nos permite concluir serem as 4 turmas integradas por uma maioria de alunos/analistas de pouca e média experiência. Apenas 20 % deles poderiam ser considerados experientes em análise. É necessário ressaltar que os dados relativos à experiência dos participantes foram obtidos através de uma auto-avaliação solicitada no questionário entregue a eles antes dos experimentos (Anexo 09).

Objetivando caracterizar os participantes da experiência, o questionário prévio aplicado a cada turma solicitava dados sobre sua formação acadêmica. A tabela a seguir mostra a distribuição dos participantes em relação ao curso formal.

Tabela 5.2 - Curso formal dos participantes (PE)

Turma	Curso Formal em Informática	Outro Curso Formal	Total
Sintel93	19	10	29
Sintel94	22	7	29
Puc	10	2	12
Join	23	8	31
Total	74	27	101

Na tabela 5.2 verifica-se que em sua maioria os participantes dos experimentos no paradigma estruturado freqüentaram curso formal de graduação em informática (74 %) (cursos de bacharelado e tecnólogo, ênfase em análise, computação ou outra similar). Os demais (25 %), tiveram formação em outros cursos na área.

5.1.2 Critérios para composição dos grupos

As quatro turmas foram divididas em dois grupos, G1 e G2, cada um com metade dos integrantes da turma. Para que não surgissem tendências (*bias*) indesejáveis à pesquisa, era necessário garantir que os dois grupos em cada turma tivessem experiência de modelagem equivalentes. Considerando-se tratar-se de grupos estatisticamente pequenos, para os quais o critério de aleatoriedade talvez não fosse suficiente, esta equivalência foi garantida através de uma distribuição induzida. Tomou-se como base para a distribuição a experiência de cada aluno/analista, informação esta integrante do questionário prévio que cada um deles respondeu (Anexo 9). Com base nas informações sobre experiência profissional, experiência em análise e experiência em análise estruturada, os alunos/analistas foram classificados em três categorias: grande experiência (3), média experiência (2) e pequena experiência (1). Os dois grupos em cada turma foram, então, constituídos com números semelhantes de integrantes nas três categorias.

5.1.3 Características dos experimentos.

As experiências foram conduzidas de acordo com as especificações do protocolo experimental, constando, basicamente, da modelagem de pequenas aplicações através de DFD's, nos níveis contextual e 0. Cada turma de participantes foi dividida em dois grupos, G1 e G2. Cada participante de cada um dos grupos desenvolveu dois modelos de problemas diferentes, sendo o primeiro construído desde o início e o segundo desenvolvido com reutilização de diagramas de aplicação similar àquela em estudo. A adoção deste esquema permitiu a análise de 175 modelos, dos quais 90 modelados sem reutilização e 85 modelados com aproveitamento de modelo similar, como evidencia a tabela 5.3.

Os integrantes da turma *Sintel93* participaram apenas do experimento-1, o que significa que os alunos/analistas do grupo G1 desta turma desenvolveram modelos desde o início, enquanto que os do grupo G2 modelaram o mesmo problema mediante reutilização do modelo reutilizável 1. Todas as demais turmas participaram dos dois experimentos, o que permitiu que cada um de seus integrantes desenvolvesse modelos com e sem reutilização. As exceções, nestas turmas, ficaram por conta de uns poucos alunos que se fizeram presentes em apenas um dos dois experimentos.

Tabela 5.3 - Participantes por turma, tipo de modelagem e grupo (PE)

Turmas	Experimento-1		Experimento-2		Total
	Sr	Cr	Sr	Cr	
Sintel93	15	14			29
Sintel94	16	13	16	15	60
Puc	6	6	5	6	23
Join	14	17	18	14	63
Total	51	50	39	35	175

5.1.3.1 Preparação prévia das turmas em modelagem

Cada uma das quatro turmas de alunos/analistas foram preparadas mediante aulas sobre modelagem com Diagramas de Fluxo de Dados e sobre Reutilização de Modelos por Analogia. O programa das aulas que antecederam as experiências foi, com pequenas alterações de turma para turma, essencialmente o mesmo. A seqüência das aulas (com 90 minutos cada) foi a seguinte:

- 2 aulas teóricas de revisão dos aspectos da modelagem com DFD's.
- 1 aula com realização de dois exercícios de modelagem com DFD's.
- 2 aulas teóricas sobre reutilização de modelos por analogia.
- 1 aula com exercícios sobre reutilização de DFD's por analogia.

As aulas teóricas sobre reutilização abordaram os conceitos de domínio, classes de aplicações e procedimentos inerentes à reutilização por analogia [MAI 92]. Nos exercícios sobre reutilização, estes procedimentos foram aplicados. Este treinamento visou garantir que os integrantes dos experimentos tivessem, todos, conhecimento mínimo idêntico sobre as técnicas envolvidas.

5.1.3.2 Descrição do material distribuído no experimento-1

Para que o experimento-1 pudesse ser desenvolvido foram distribuídos dois cadernos de instruções: um para o grupo G1, que deveria modelar o problema 1 sem reutilização e outro para o grupo G2 que deveria modelar o mesmo problema 1, mas agora com reutilização do modelo reutilizável 1. A constituição dos dois cadernos (Anexos 01 e 02) é a seguinte:

a. Conjunto de instruções do grupo 1: modelagem sem reutilização.

1. Resumo dos principais aspectos envolvidos e exemplos de diagrama contextual e diagrama de nível 0.
2. Relação e descrição das etapas da construção de modelos de requisitos.
3. Descrição narrativa do problema 1: um sistema de controle das principais funções de uma locadora de veículos.
4. Tabela para apropriação dos tempos envolvidos nas diversas etapas da modelagem dos requisitos do problema 1.
5. Espaço para colocação de observações e anotações que o participante desejasse registrar.

b. Conjunto de instruções do grupo 2: modelagem com reutilização.

1. Resumo dos principais aspectos envolvidos e exemplos de diagrama contextual e diagrama de nível 0.
2. Relação e descrição das etapas envolvidas na construção de modelos de requisitos mediante reutilização de modelo análogo.
3. Descrição narrativa do problema 1: um sistema de controle das principais funções de uma locadora de veículos.
4. Descrição narrativa do problema reutilizável 1: um sistema de controle de uma locadora de vídeos.
5. Modelo Reutilizável 1: contendo os Diagramas Contextual e Nível 0 correspondentes ao problema reutilizável 1.
6. Tabela para apropriação dos tempos envolvidos nas diversas etapas da modelagem com reutilização do problema 1.
7. Questionário sobre os aspectos de interesse à pesquisa, envolvidos na modelagem com reutilização.

5.1.3.3 Descrição do material distribuído no experimento-2

O material distribuído no experimento-2, constou dos mesmos itens daquele distribuído no experimento-1 (Anexos 03 e 04). O que diferenciou os dois experimentos foi o problema a ser modelado, desta vez um Sistema de Controle de Leitões Hospitalares. Os alunos/analistas que deveriam modelar o problema com reutilização, foram induzidos a reaproveitar os diagramas contextual e nível 0 de um Sistema de Controle de Reserva de Passagens Aéreas.

O experimento-2 tinha fundamentalmente dois objetivos: aumentar o número de casos de reutilização para posterior análise e permitir que todos os integrantes das turmas pudessem exercitar a reutilização.

5.1.3.4 Instruções e comportamento durante os experimentos

Como já foi referido, com exceção da turma *Sintel93*, todas as demais participaram dos dois experimentos. Na data marcada para a realização do experimento-1 os alunos/analistas, em sala de aula, na presença deste pesquisador, já subdivididos nos grupos G1 e G2 recebiam o material correspondente. Os integrantes do grupo G1 recebiam o material relativo à modelagem do problema-1 desde o início. Já o grupo G2 recebia o material relativo à modelagem deste mesmo problema-1, mas com reutilização dos diagramas correspondentes ao problema reutilizável-1.

Em função de já terem sido feitos exercícios anteriores semelhantes, os alunos/analistas não tiveram dificuldades maiores para entender as instruções. A duração do experimento foi fixada em 120 minutos. A medida em que desenvolviam os modelos, com ou sem reutilização, conforme integrassem os grupos G1 ou G2, iam registrando os tempos gastos para a realização de cada etapa na planilha anexa ao material com este objetivo. As etapas para as quais os tempos deviam ser registrados eram:

1. T1 - tempo gasto para leitura da especificação narrativa do problema-alvo
2. T2 - tempo gasto para apreciação da especificação do problema-reutilizável
3. T3 - tempo gasto para elaboração do diagrama contextual
4. T4 - tempo gasto para elaboração do diagrama de nível 0
5. T5 - tempo gasto para revisão da modelagem
6. TT - tempo total despendido com a modelagem do problema-alvo.

O tempo T2 só era assinalado pelos participantes que reutilizavam modelos análogos. A medida em que concluíam a modelagem, entregavam o material de resposta, descrito a seguir:

a) Integrantes do grupo 1 (modelagem sem reutilização):

1. diagrama contextual
2. diagrama de nível 0
3. planilha de tempos
4. folha de observações

a) Integrantes do grupo 2 (modelagem com reutilização):

1. diagrama contextual
2. diagrama de nível 0
3. planilha de tempos
4. folha de observações
5. questionário sobre o processo de reutilização

Na realização do experimento-2, em outra data, repetiu-se o processo descrito acima. Entretanto, agora eram os integrantes do grupo 1 que recebiam o material para reutilização, enquanto que os demais elementos da turma, integrantes do grupo 2, recebiam o material para modelagem desde o início, sem reutilização.

O tempo de 120 minutos mostrou-se adequado para a duração dos experimentos. Praticamente todos os alunos/analistas entregavam seus trabalhos antes da hora fixada para término do trabalho. Observe-se que a planilha de tempos registra o tempo gasto em cada uma das etapas da modelagem.

5.1.4 Critérios e método de correção dos modelos desenvolvidos.

A completude e a adequação do modelo à realidade foram os principais aspectos considerados na avaliação dos modelos desenvolvidos pelos alunos/analistas. Para que a avaliação fosse isenta e objetiva, foi necessário definir critérios de correção também bastante objetivos. Com base na ampla literatura sobre Análise Estruturada, nas experiências análogas de Maiden [MAI 92] e em nossa experiência com esta técnica, desde 1980, foi possível a identificação do elenco de erros que costumam surgir durante as primeiras versões de modelos com Diagramas de Fluxo de Dados, quer nos diagramas contextuais, quer nos diagramas de nível 0. A distribuição dos pontos foi feita com base no grau de dificuldade inerente a cada tarefa. Como era do interesse da pesquisa avaliar a possível influência da reutilização diferenciadamente pelos aspectos *sintáticos e semânticos* da modelagem, definiu-se uma primeira estrutura para a correção: erros de modelagem envolvendo estes dois aspectos de cada um dos modelos.

O passo seguinte foi a distribuição e ponderação dos diversos tipos de erros nesta estrutura, resultando a lista representada a seguir:

Diagrama Contextual	(35)
1. Falha total no desenho do DFD contextual	-35
Erros de Sintaxe	(15)
2. Ausência de nomes de fluxos	-5
3. Mau uso de outros símbolos	-5
4. Quebra das regras de construção e visibilidade	-5
Erros de Semântica	(20)
5. Erro na identificação de terminadores	-10
6. Falha na identificação de interfaces	-10
Diagrama de nível 0	(65)
1. Falha total no desenho do DFD de nível 0	-65
Erros de Sintaxe	(25)
1. Ausência de nomes de fluxos	-5
2. Mau uso de outros símbolos	-10
3. Quebra das regras de construção e visibilidade	-10
Erros de Semântica	(40)
4. Erro na identificação dos principais processos	-15
5. Falha na identificação de arquivos e interfaces	-15
6. Desbalanceamento com o DFD contextual	-10

Os pontos expressos ao lado de cada tipo de erro correspondem ao número máximo de pontos que o aluno/analista pode *perder* devido a este erro. Assim, uma avaliação dos modelos igual a 100, equivale a uma modelagem sem erros. Ainda

exemplificando: a um conjunto de modelos onde o diagrama contextual estivesse correto e onde no diagrama de nível 0 houvesse erros semânticos, correspondentes a ausência do nome de alguns fluxos (-5) e erro na identificação dos principais processos (-15), a avaliação final seria de 80 $((100 - (5+15)))$.

5.1.5 Apropriação dos dados dos experimentos: caracterização das variáveis

Relativamente a cada um dos experimentos, foram levantados três conjuntos de dados: caracterização e experiência dos participantes, avaliação dos modelos construídos e tempos necessários para a execução das diversas etapas da modelagem.

O detalhamento deste conjunto de dados é realizado a seguir:

a) caracterização e experiência dos participantes: variáveis 01 a 11, identificando o participante, a turma a qual ele pertence, tipo de curso formal realizado, sua experiência em análise e o tipo de modelagem que elaborou.

01. Variável 1 (EX) - indicador do tipo de experimento: valores E1 ou E2.
02. Variável 2 (NS) - numeração seqüencial dos participantes no conjunto de dados.
03. Variável 3 (NT) - identificador do aluno/analista na turma: número seqüencial que identifica o aluno dentro da turma à qual ele pertence.
04. Variável 4 (TU) - turma a que pertence o participante: Join, Puc, Si93 ou Si94, de acordo com a caracterização realizada na seção 5.1.1 .
05. Variável 5 (CF) - indicador referindo se o aluno/analista tem ou não curso formal **na área**. Tem o valor 0 se o curso formal nada tiver a ver com computação e valor 1 se o curso for da área de informática.
06. Variável 6 (AN) - indicador da experiência em análise do participante. Será 1, 2 ou 3, conforme o aluno/analista tenha pouca, média ou grande experiência em análise.
07. Variável 7 (AE) - indicador da experiência em análise estruturada do participante. Será 1, 2 ou 3, conforme o aluno/analista tenha pouca, média ou grande experiência em análise estruturada.
08. Variável 8 (EP) - indicador da experiência profissional do participante (relacionado ao tempo em que o participante esteve empregado em empresas, exercendo atividades de programação e análise). Será 1, 2 ou 3, conforme o aluno/analista tenha pouca, média ou grande experiência profissional. Esta variável analisa a experiência *prática* do aluno.

09. Variável 9 (ET) - número correspondente à soma dos valores das variáveis relativas à experiência do participante (variáveis 6, 7 e 8. Valor utilizado como expressão da experiência global em análise do participante. Tem valor máximo possível igual a 9 (3 x 3) e mínimo igual a 3 (3 x 1).
10. Variável 10 (CP) - classe do participante, de acordo com o valor da variável 09. Se ET for igual a 9, 8 ou 7, recebe o valor 3. Se ET for igual a 6 ou 5, recebe o valor 2 e se ET for igual a 4 ou 3 recebe o valor 1. Trata-se de um indicador da experiência global do participante. Assim, os valores de CP, 3, 2 e 1, equivalem a grande, média e pequena experiência global em análise, respectivamente.
11. Variável 11 (TM) - tipo de modelagem realizada pelo participante. Se for modelagem desde o início, sem reutilização, recebe o valor 1. Se for modelagem com reutilização de modelo de aplicação similar, recebe o valor 2.

b. avaliação dos modelos construídos pelos participantes: as variáveis de número 12 a 16 referem-se aos pontos perdidos quantificados durante a avaliação da completude e correção dos modelos, de acordo com os critérios descritos na seção 5.1.4. A variável 17 corresponde a um valor avaliativo final do modelo, calculado pela diferença em relação a 100 do total de pontos perdidos (variável 16).

12. Variável 12 (P1) - pontos perdidos na avaliação do diagrama contextual do ponto de vista da sintaxe.
13. Variável 13 (P2) - pontos perdidos na avaliação do diagrama contextual do ponto de vista da semântica.
14. Variável 14 (P3) - pontos perdidos na avaliação do diagrama de nível 0 do ponto de vista da sintaxe.
15. Variável 15 (P4) - pontos perdidos na avaliação do diagrama de nível 0 do ponto de vista da semântica.
16. Variável 16 (PT) - total de pontos perdidos na avaliação dos diagramas contextual e de nível 0.
17. Variável 17 (AF) - avaliação final do modelo, calculada pela diferença entre 100 e o valor de PT (variável 16). Trata-se de um valor avaliativo (espécie de nota ou conceito) merecido pelo conjunto de modelos. Quanto mais alto o valor de AF, mais correto e completo terão sido os modelos elaborados pelo participante.

c. tempos necessários à execução das diversas etapas da modelagem: variáveis 18 a 23, correspondentes aos tempos, em minutos, gastos na execução de cada etapa da modelagem, registrados em planilha inserida no material distribuído aos participantes, descrita na seção 5.1.3.2.

18. Variável 18 (T1) - tempo em minutos que o participante levou para ler a especificação narrativa do problema alvo e compreender o problema.

19. Variável 19 (T2) - tempo em minutos que o participante levou para ler a especificação narrativa reutilizável e compreender a analogia.
20. Variável 20 (T3) - tempo em minutos que o participante levou para construir o diagrama contextual relativo ao problema alvo.
21. Variável 21 (T4) - tempo em minutos que o participante levou para construir o diagrama de nível 0 relativo ao problema alvo.
22. Variável 22 (T5) - tempo em minutos que o participante levou para revisar os diagramas construídos.
23. Variável 23 (TA) - tempo administrativo, ou seja o tempo gasto para ler instruções e rever o trabalho (soma de T1, T2 e T5).
24. Variável 24 (TC) - tempo consumido na efetiva construção do modelo, nos diagramas contextual e nível 0. Soma das variáveis T3 e T4).
25. Variável 25 (TT) - tempo total gasto em minutos na elaboração dos diagramas contextual e nível 0 (soma das variáveis 18 a 22).

Os dados correspondentes às variáveis enumeradas acima, nos experimentos E1 e E2 acham-se sumariados na tabela que integra os Anexos 11 e 12, respectivamente.

5.2 As experiências no Paradigma Orientado a Objeto

Um dos principais problemas para a realização de uma pesquisa com engenheiros de software na modelagem orientada a objeto foi, justamente, encontrar profissionais com algum conhecimento sobre o assunto. Os analistas das empresas de Porto Alegre tem muito pouca informação e nenhuma experiência sobre OO. Mesmo nas universidades, o assunto vem sendo estudado apenas nos níveis de Mestrado e Doutorado. A modelagem através de diagramas de objeto constituía-se, entretanto, em um importante aspecto da pesquisa, já que um de seus objetivos era justamente comparar os resultados em pelo menos dois métodos distintos de modelagem. A opção adotada, talvez a única disponível, foi a de realizar o experimento com uma turma de alunos/analistas de um curso de especialização. Os alunos/analistas foram instados a desenvolver modelos de requisitos de dados com e sem reutilização, utilizando diagramas de objeto.

5.2.1 Características dos participantes dos experimentos

Os dois experimentos no paradigma orientado a objeto foram realizados pelos 13 alunos da turma de 1994 do Curso de Especialização em Análise de Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC/RS, no contexto da disciplina Ambientes de Análise e Projeto Orientado a Objeto, sob a responsabilidade do

Professor Doutor Duncan Ruiz. Quando da realização dos experimentos os alunos/analistas tinham já recebido o conteúdo programático da disciplina, no que diz respeito aos fundamentos teóricos da análise orientada a objeto, de acordo com a metodologia de Coad e Yourdon [COA 92]. Havia ainda realizado uma série de exercícios práticos de modelagem.

Os alunos/analistas preencheram questionário prévio onde se pode determinar seu grau de experiência em análise e orientação a objeto, bem como sua experiência profissional. Estes três itens foram combinados, resultando em um único indicador da experiência: 1 para os de pouca experiência, 2 para os de média experiência e 3 para os de grande experiência. Quanto à formação, a distribuição é a seguinte: 7 participantes se graduaram em cursos formais da área de informática, enquanto que 6 realizaram cursos em outras áreas.

5.2.2 Critérios para composição dos grupos

A turma de 13 alunos foi dividida em dois grupos, G1 e G2. O indicador de experiência, já comentado na seção anterior, foi utilizada de forma a se distribuir os participantes pelas dois grupos de forma a torná-los equilibrados com relação a este item.

5.2.3 Características dos experimentos

No primeiro experimento 5 alunos/analistas reutilizaram e 5 alunos fizeram a modelagem desde o início. No segundo experimento, 7 reutilizaram e 6 elaboraram os modelos sem reutilização. No total, a amostra tem 23 casos, sendo 11 sem reutilização e 12 com reutilização.

5.2.3.1 Preparação prévia das turmas em modelagem

As aulas sobre análise e modelagem orientadas a objeto já haviam sido ministradas em função do próprio conteúdo programático da disciplina. Entretanto, antes do início dos experimentos foi ministrada aos participantes uma série adicional de aulas, com duração de 90 minutos cada:

- 1 aula teórica de revisão dos aspectos da modelagem orientada a objeto, de acordo com a metodologia de Coad-Yourdon [COA 92].
- 2 aulas teóricas sobre reutilização de modelos por analogia
- 1 aula com exercícios sobre reutilização de modelos de objetos por analogia

O objetivo destas aulas adicionais, a exemplo do que ocorreu na preparação dos experimentos no paradigma estruturado, foi garantir que todos os participantes dos experimentos que se seguiram tivessem um embasamento teórico semelhante.

O conteúdo teórico das aulas foi semelhante aquele descrito na seção 5.1.3.1, apenas tendo sido adaptado ao novo paradigma.

5.2.3.2 Descrição do material distribuído no experimento-1

Em cada um dos dois experimentos sobre reutilização de modelos de objetos foram distribuídos dois conjuntos de documentos: um para o grupo que deveria desenvolver os modelos desde o início e outro para o grupo que deveria reutilizar. Os dois cadernos (Anexo 05 e Anexo 06) tinham a seguinte organização:

a) Conjunto de instruções modelagem sem reutilização.

1. Instruções de Coad-Yourdon para elaboração de modelos de objetos.
2. Descrição narrativa do problema 1: um sistema de controle de bibliotecas.
3. Tabela para apropriação dos tempos gastos nas diversas etapas da modelagem dos requisitos do problema 1.
4. Espaço para observações e anotações dos participantes.

b) Conjunto de instruções para modelagem com reutilização.

1. Instruções de Coad-Yourdon para elaboração de modelos de objetos.
2. Instruções para reutilização de modelos de objetos.
3. Descrição narrativa do problema 1: um sistema de controle de bibliotecas.
4. Descrição narrativa do problema reutilizável 1: sistema de controle de locadoras de fitas de vídeo.
5. Modelo Reutilizável 1: contendo o Diagramas de Objetos correspondente ao problema reutilizável 1.
6. Tabela para apropriação dos tempos envolvidos nas diversas etapas da modelagem com reutilização do problema 1.
7. Questionário sobre os aspectos de interesse à pesquisa, envolvidos na modelagem com reutilização.

5.2.3.3 Descrição do material distribuído no experimento-2

O conteúdo do material distribuído no experimento-2, é bastante semelhante àquele distribuído no experimento-1 (Anexos 07 e 08). Novamente o que diferencia os dois experimentos é o problema a ser modelado. O problema alvo agora é um Sistema de Controle e Emissão de Carteiras de Motoristas. Os alunos/analistas que deveriam modelar o problema com reutilização, foram induzidos a reaproveitar os diagramas contextual e nível 0 de um Sistema de Controle e Registro de Propriedade de Veículos.

O experimento-2, a exemplo do que ocorreu quando da modelagem com DFD's, tinha fundamentalmente dois objetivos: aumentar o número de casos de reutilização para posterior análise e permitir que todos os integrantes das turmas pudessem exercitar a reutilização.

5.2.3.4 Instruções e comportamento durante os experimentos

Na data marcada para a realização do experimento-1 os alunos/analistas, em sala de aula, na presença deste pesquisador, já subdivididos nos grupos G1 e G2 recebiam o material correspondente. Os integrantes do grupo G1 recebiam o material relativo à modelagem do problema-1 desde o início. Já o grupo G2 recebia o material relativo à modelagem deste mesmo problema-1, mas com reutilização dos diagramas correspondentes ao problema reutilizável-1. A duração do experimento foi fixada em 120 minutos. A medida em que desenvolviam os modelos, com ou sem reutilização, conforme integrassem os grupos G1 ou G2, iam registrando os tempos gastos para a realização de cada etapa na planilha anexa ao material com este objetivo. As etapas para as quais os tempos foram registrados são uma mescla de atividades inerentes à reutilização e das atividades definidas no método de análise orientada a objeto [COA 92]:

1. T1 - tempo gasto para leitura da especificação narrativa do problema-alvo
2. T2 - tempo gasto para apreciação da especificação do problema-reutilizável
3. T3 - tempo gasto na identificação das classes e objetos reutilizáveis
4. T4 - tempo para identificação de novas classes e objetos
5. T5 - tempo gasto na construção do novo modelo de objetos
6. T6 - tempo gasto para rever o modelo
7. TT - tempo total despendido com a modelagem do problema-alvo.

Os tempos T2 e T3 só deviam ser preenchidos pelos participantes que estavam modelando com reutilização.

A medida em que concluíam a modelagem, entregavam o material de resposta, descrito a seguir:

a) Integrantes do grupo 1 (modelagem sem reutilização):

1. diagrama de objetos do problema-alvo
2. planilha de tempos
3. folha de observações

a) Integrantes do grupo 2 (modelagem com reutilização):

1. diagrama de objetos do problema alvo
2. planilha de tempos
3. folha de observações
4. questionário sobre o processo de reutilização

Na realização do experimento-2, em outra data, repetiu-se o processo descrito acima. Entretanto, agora eram os integrantes do grupo 1 que recebiam o material para reutilização, enquanto que os demais elementos da turma, integrantes do grupo 2, recebiam o material para modelagem desde o início, sem reutilização.

5.2.4 Critérios e métodos de correção dos modelos desenvolvidos

Nos experimentos realizados no Paradigma Orientada a Objetos, completude e a adequação do modelo à realidade foram, novamente, os principais aspectos considerados na avaliação dos modelos desenvolvidos pelos alunos/analistas. Foram identificados os principais erros que costumam surgir durante as primeiras versões de modelos orientados a objeto, diferenciando-os quanto a sua ocorrência na *modelagem de dados* ou na *modelagem dos aspectos dinâmicos do problema*.

O passo seguinte foi a distribuição e ponderação dos diversos tipos de erros nesta estrutura. Discutindo o assunto com o Prof. Duncan, responsável pela disciplina de Análise Orientada a Objeto na PUC, optamos por fazê-lo de acordo com os mesmos 5 níveis definidos na metodologia Análise Baseada em Objetos [COA 92]. A divisão entre modelos de dados e modelo dinâmico foi igualmente utilizada em consonância com a mesma metodologia.

Diagrama Orientado a Objeto	(100)
1. Falha total no modelo orientado a objeto	-100
Modelo de Dados	(60)
2. Identificação de classes e objetos	-20
3. Identificação das estruturas	-20
4. Atributos	-15
5. Assuntos	-5
Modelo Dinâmico	(40)
6. Identificação dos serviços	-20
7. Identificação das conexões de mensagem	-20

Os pontos expressos ao lado de cada tipo de erro correspondem ao número máximo de pontos que o aluno/analista pode *perder* devido a este erro. Aos itens *atributos e assuntos* foram atribuídos pesos menores em razão de se constituírem em tarefas mais simples. Assim, uma avaliação dos modelos igual a 100, equívale a uma modelagem sem erros. A um modelo de objetos com erros no modelo de dados (-30) e erros no modelo dinâmico (-20) a avaliação final seria de 50 (100 - 30 - 20).

A avaliação dos 23 modelos foi realizada por este pesquisador e depois revista pelo professor Duncan. As avaliações finais são o consenso dos dois professores.

5.2.5 Apropriação dos dados dos experimentos: caracterização das variáveis

Relativamente a cada um dos experimentos, foram levantados três conjuntos de dados: caracterização e experiência dos participantes, avaliação do modelo construídos e tempos necessários para a execução das diversas etapas da modelagem. O detalhamento deste conjunto de variáveis é realizado a seguir:

a) caracterização e experiência dos participantes: variáveis 01 a 10, identificando o participante, a turma a qual ele pertence, tipo de curso formal realizado, sua experiência em análise e o tipo de modelagem que elaborou.

01. Variável 1 (EX) - indicador do tipo de experimento: valores 1 ou 2.
02. Variável 2 (SG) - numeração seqüencial dos participantes no conjunto de dados.
03. Variável 3 (PTE) - identificador do participante (aluno/analista) na turma: número seqüencial que identifica o aluno dentro da turma à qual ele pertence.
04. Variável 4 (CF) - indicador referindo se o aluno/analista tem ou não curso formal **na área**. Tem o valor 1 para curso da área de informática e 0 para os demais cursos.
05. Variável 5 (AN) - indicador da experiência em análise do participante. Será 1, 2 ou 3, conforme o aluno/analista tenha pouca, média ou grande experiência em análise.
06. Variável 6 (OO) - indicador da experiência em orientação a objeto. Será 1, 2 ou 3, conforme o aluno/analista tenha pouca, média ou grande experiência.
07. Variável 7 (EP) - indicador da experiência profissional do participante. Será 1, 2 ou 3, conforme o aluno/analista tenha mais ou menos anos de emprego em empresas, nas funções de programador e analista.
08. Variável 8 (TP) - total de pontos correspondente à soma dos valores das variáveis relativas à experiência do participante (variáveis 5, 6 e 7). Valor utilizado como expressão da experiência global em análise do participante. Tem valor máximo possível igual a 9 (3 x 3) e mínimo igual a 3 (3 x 1).
9. Variável 9 (CL) - classe do participante, de acordo com o valor da variável 08. Se TP for igual a 9, 8 ou 7, recebe o valor 3. Se TP for igual a 6 ou 5, recebe o valor 2 e se TP for igual a 4 ou 3 recebe o valor 1. Trata-se de um indicador da experiência global do participante. Assim, os valores de CL, 3, 2 e 1, equivalem a grande, média e pequena experiência global em análise, respectivamente.
10. Variável 10 (TM) - tipo de modelagem realizada pelo participante. Se for modelagem desde o início, sem reutilização, recebe o valor 1. Se for modelagem com reutilização de modelo de aplicação similar, recebe o valor 2.

b. avaliação dos modelos construídos pelos participantes: as variáveis de número 11 a 18 referem-se aos pontos perdidos quantificados durante a avaliação da completude e correção dos modelos, de acordo com os critérios descritos na seção 5.1.4. A variável 18 corresponde a um valor avaliativo final do modelo, calculado pela diferença em relação a 100 do total de pontos perdidos (variável 17).

11. Variável 11 (CO) - pontos perdidos em função da definição de classes e objetos.
12. Variável 12 (ES) - pontos perdidos em relação à definição das estruturas.
13. Variável 13 (AT) - pontos perdidos pela definição dos atributos.
14. Variável 14 (AS) - pontos perdidos na definição dos assuntos.

15. Variável 15 (SE) - pontos perdidos na definição dos serviços.
16. Variável 16 (CM) - pontos perdidos na modelagem das conexões de mensagem.
17. Variável 17 (PT) - total de pontos perdidos na avaliação do modelo orientado a objeto (soma das variáveis 11 a 16).
18. Variável 18 (AF) - avaliação final do modelo, calculada pela diferença entre 100 e o valor de PT (variável 17). Trata-se de um valor avaliativo (espécie de nota ou conceito) merecido pelo conjunto de modelos. Quanto mais alto o valor de AF, mais correto e completo terá sido o modelo elaborado pelo participante.

c. tempos necessários à execução das diversas etapas da modelagem: variáveis 19 a 25, correspondentes aos tempos, em minutos, gastos na execução de cada etapa da modelagem, (de acordo com planilha descrita na seção 5.2.3.4 .

19. Variável 19 (T1) - tempo em minutos que o participante levou para ler a especificação narrativa do problema alvo e compreender o problema.
20. Variável 20 (T2) - tempo em minutos consumidos na leitura da especificação narrativa reutilizável e compreender a analogia.
21. Variável 21 (T3) - tempo em minutos para definir as classes e objetos reutilizáveis.
22. Variável 22 (T4) - tempo em minutos para identificar as novas classes e objetos.
23. Variável 23 (T5) - tempo em minutos para elaborar o novo modelo de objetos.
24. Variável 24 (T6) - tempo em minutos consumido na revisão do modelo.
25. Variável 25 (TT) - tempo total gasto em minutos na elaboração do modelo orientado a objeto (soma das variáveis 19 a 24).
26. Variável 26 (TA) - tempo administrativo, ou seja o tempo gasto para ler instruções e rever o trabalho (soma de T1, T2, T3 e T6).
27. Variável 27 (TC) - tempo de construção, a soma de T4 e T5. É o tempo gasto na identificação das classes e objetos e construção do diagrama correspondente.

Os dados correspondentes às variáveis enumeradas acima, nos experimentos 1 e 2 acham-se sumariados na tabela que integra o Anexo 14.

6 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS DE MODELAGEM COM DIAGRAMAS DE FLUXO DE DADOS

O objetivo dos experimentos, quer no paradigma estruturado (utilizando-se DFD's) quer no paradigma orientado a objeto (utilizando-se diagramas de objetos), foi sempre o de comparar a produtividade de alunos/analistas na modelagem de aplicações simples, **com e sem reutilização de modelos análogos**.

Utilizando-se o protocolo experimental descrito na seção 4.3., foram organizados dois experimentos, nos quais o objetivo dos participantes era a modelagem de uma aplicação simples mediante a construção de um diagrama contextual e de um diagrama de nível 0. O material distribuído aos alunos/analistas no início dos experimentos acha-se descrito nos Anexos 01, 02, 03 e 04, tendo sido detalhado no capítulo 5. Analisou-se ainda no capítulo 5 a divisão das diversas turmas de alunos/analistas em dois grupos, G1 e G2, de experiência equivalente. No transcorrer dos experimentos, o grupo G1 modelou a aplicação desde o início, sem reutilização de quaisquer modelos de comparação, ao passo que o grupo G2 fez a modelagem reutilizando os modelos de uma aplicação similar, fornecida em conjunto com a definição do problema.

A análise descritiva e comparativa dos resultados da modelagem de acordo com estes dois critérios é o objetivo deste capítulo. Esta avaliação será conduzida em três passos: análise do experimento-1, análise do experimento-2 e análise dos dois experimentos tomados em conjunto. De acordo com o protocolo experimental (seção 4.3), os alunos/analistas serão os mesmos nos dois experimentos, embora aplicando em cada um deles tipo de modelagem alternativo: os participantes que no experimento-1 não reutilizaram, desenvolvendo os modelos desde o início, no experimento-2 passam a reutilizar modelos análogos. Já os que reutilizaram no primeiro exercício construirão, no segundo, os modelos sem reutilização. Na próxima seção, apresentamos um resumo das características destes participantes.

6.1 Caracterização e experiência dos participantes

Com o objetivo de fornecer elementos sobre o perfil dos participantes dos experimentos, apresentamos na tabela 6.1 uma análise de frequência das variáveis que os caracterizam. Os dados foram tabulados em função do tipo de modelagem (TM), para que possa ser verificada a distribuição das variáveis relativas à experiência dos participantes pelos dois grupos nas diversas turmas.

Como vimos na seção 5.1.1, curso formal (CF) igual a 0 indica que o participante concluiu curso fora da área de informática (engenharia, matemática, administração, etc.). Já os participantes com CF igual a 1 cursaram Informática, Processamento de Dados, Análise de Sistemas ou afins. A distribuição de frequência

mostra que 27 (26,7 %) são oriundos de outras áreas e que 74 (73,3 %) são graduados em informática.

Tabela 6.1 - Caracterização dos participantes (PE)

Experimentos com Diagramas de Fluxo de Dados							
Análise das variáveis relativas à experiência dos participantes							
Dadotese/plan2							
CF				EP			
TM				TM			
Curso Formal	S/reut.	C/reut.	Total Global	Exp. Profissional	S/reut.	C/reut.	Total Global
0	14	13	27	1	16	15	31
1	37	37	74	2	25	27	52
Total Global	51	50	101	3	10	8	18
				Total Global	51	50	101
AN				ET			
TM				TM			
Exp. em análise	S/reut.	C/reut.	Total Global	Èscore de Exper.	S/reut.	C/reut.	Total Global
1	16	18	34	3	11	8	19
2	26	28	54	4	6	11	17
3	9	4	13	5	12	12	24
Total Global	51	50	101	6	9	11	20
				7	6	7	13
Contagem de AE				8			
TM				9			
Exp. em An. Estrut.	S/reut.	C/reut.	Total Global	Total Global	S/reut.	C/reut.	Total Global
1	27	31	58		51	50	101
2	19	16	35				
3	5	3	8				
Total Global	51	50	101				
Contagem de CP							
TM							
CP	I	R	Total Global				
1	17	19	36				
2	21	23	44				
3	13	8	21				
Total Global	51	50	101				

Considerando-se agora a variável experiência em análise (AN), verifica-se que 34 (33,7 %) tem pouca, 54 (53,4 %) tem média e 13 (12,9 %) tem muita experiência em análise. No que diz respeito especificamente à Análise Estruturada (AE), temos 58 (57,4 %) participantes com pouca, 35 (34,7 %) com média e 8 (7,9 %) com grande experiência. A experiência profissional (EP) apresenta distribuição algo diferente, com 31 participantes com pouca (30,7 %), 52 (51,5 %) com média e 18 (17,8 %) com grande experiência profissional. A variável ET (experiência total) tem o objetivo de fornecer um parâmetro global de experiência, ao passo que CP categoriza os participantes em função desta experiência global. Na análise de frequência desta última variável, temos uma idéia geral do perfil dos participantes, com 36 (35,6 %) inseridos na categoria de pouco experientes, 44 (43,6 %) na de média experiência e 21 (20,8 %) na de muita experiência.

A análise destes dados permite identificar o participante padrão da pesquisa como sendo um graduado em informática, com média experiência em análise, pouco conhecimento de análise estruturada e razoável experiência profissional.

A distribuição dos participantes pelos diversos grupos em cada turma, como ressaltamos no capítulo 5, é tal que em ambas temos capacidade (experiência) semelhantes.

6.2 Experimento-1

O experimento-1 constou da modelagem de um sistema de controle de uma locadora de veículos. Aos participantes que iriam reutilizar, foi distribuído um conjunto de modelos referente a um sistema de controle de uma locadora de vídeo. O material distribuído aos grupos G1 e G2 das diversas turmas acha-se descrito nos Anexos 01 e 02, respectivamente sob os títulos de **Experimento-1/SR - modelagem sem reutilização** e **Experimento-1/CR - modelagem com reutilização**. A descrição dos dados obtidos com a modelagem foi realizada na seção 5.1.5 e a tabela resultante da formatação destes mesmos dados está no Anexo 11. A análise estatística que será realizada nas seções seguintes será realizada sobre os dados que integram esta tabela.

6.2.1 Completude e correção dos modelos

Um dos aspectos importantes da pesquisa era determinar a efetiva influência do tipo de modelagem, com ou sem reutilização, sobre a correção e completude dos modelos construídos. No capítulo 5 evidenciamos ser a variável **AF**, avaliação final dos modelos, o dado que representa a medida destas características. Convém ressaltar que a maiores valores de AF correspondem modelos mais corretos e completos. A tabela 6.2 a seguir, mostra a variação da média de AF em relação ao tipo de modelagem em cada turma (as turmas foram caracterizadas no capítulo 5).

A análise da tabela 6.2 permite a formulação de uma série de considerações importantes sobre o comportamento da completude e correção (variável AF) dos modelos em função das turmas e tipo de modelagem (sem reutilização e com reutilização). A coluna com o título de *total global* refere-se aos dados do conjunto de modelos do experimento-1.

1. Comportamento das médias de AF entre as diversas turmas. Como se observa, em todas as turmas os resultados foram sensivelmente melhores com a reutilização. Entretanto, a turma que apresentou o maior índice de aprimoramento de seus modelos foi a Sintel/93, com 49,74 % de aumento na média de AF. Os demais índices foram, na ordem decrescente de adequação dos modelos, os obtidos na turma da Puc (44,42 %), Sintel/94 (25,35 %) e Joinville (19,85 %).

Tabela 6.2 - Médias de AF por tipo de modelagem e turma (PE/1)

Experimento-1				
Médias de AF na modelagem sem e com reutilização,				
Dadotese-plan1				
		TM.		
TU	Dados	S/reut.	C/reut.	Total Global
Join	Média de AF	67,50	80,9	74,8
	Contagem de AF	14,00	17,0	31,0
Puc	Média de AF	58,33	84,2	71,3
	Contagem de AF	6,00	6,0	12,0
Si93	Média de AF	57,67	86,4	71,6
	Contagem de AF	15,00	14,0	29,0
Si94	Média de AF	70,63	88,5	78,6
	Contagem de AF	16,00	13,0	29,0
Total Média de AF		64,51	84,8	74,6
Total Contagem de AF		51,00	50,0	101,0

2. Teste de significância das médias de AF. Antes de prosseguirmos na análise do experimento-1, é necessário eliminar a hipótese de que as diferenças entre as médias de AF entre o grupo que reutilizou e o que desenvolveu desde o início, sejam meramente casuais. Como estamos comparando médias de grupos diferentes, independentes, recomenda-se a utilização do teste t [SPI 61, WON 80 e STE 81]. Os resultados expressos na tabela a seguir foram obtidos com auxílio do software Excel versão 5.0, utilizando-se os dados do experimento-1.

Tabela 6.3 - Teste t para médias de AF com e sem reutilização (PE/1)

Experimento 1		
Comparação das médias de AF com e sem reutilização		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância = 0,01		
	AF c/reut	AF s/reut
Média	84,80	64,51
Variância	98,94	436,25
Observações	50	51
Hipótese da diferença de média	0	
gl	72	
Stat t	6,251935162	
P(T<=t) uni-caudal	1,28075E-08	
t crítico uni-caudal	2,37925633	
P(T<=t) bi-caudal	2,5615E-08	
t crítico bi-caudal	2,645847417	

Observando-se a tabela, verifica-se que o valor estatístico (Stat t) é maior que o valor de t crítico uni e bi-caudal. Constatamos, pois, que a hipótese de que a diferença entre as médias seja devida ao acaso (hipótese H_0 , médias iguais) deve ser rejeitada no nível de significância 0,01. **Podemos, portanto, concluir, com alta probabilidade de acerto, que a diferença entre as médias é devida à reutilização dos modelos análogos.**

6.2.1.1 Efeitos sobre os tipos de erros na modelagem

Uma vez constatada a influência positiva da reutilização sobre a correção e completude dos modelos, buscou-se investigar se este efeito se daria de forma semelhante com relação às deficiências sintáticas e semânticas nos modelos construídos, ou, se ao contrário, atuaria de forma diferente em cada um destes aspectos.

Num segundo passo investiga-se através do teste t, se o comportamento observado deve ser considerado casual ou não.

1. Relação entre natureza dos erros e tipo de modelagem utilizado. Novamente com base nos dados do experimento-1, o comportamento das variáveis P1, P2, P3 e P4 (ver detalhamento na seção 5.1.5) é analisado em relação ao tipo de modelagem utilizado (com ou sem reutilização) e dados em conjunto (total global). Os resultados estão evidenciados na tabela 6.4, a seguir.

Comparando-se os pontos perdidos em função de erros de modelagem entre alunos/ analistas que reutilizaram em relação aos que modelaram desde o início, sem reutilização, observa-se que, em todas as turmas, houve sensível redução dos erros de modelagem quando da reutilização.

Se tomarmos os resultados do experimento-1 no conjunto de todas as turmas (totais na parte inferior direita da tabela), constatamos que esta redução, nos erros de sintaxe, é de 96,36 % na construção do diagrama contextual e 81,95 % na construção do diagrama de nível 0. Já nos erros relacionados a aspectos dinâmicos, a redução, embora sensível e significativa, é menor: 46,76 % no diagrama contextual e 35,65 % no diagrama de nível 0.

Podemos verificar ainda que a maior redução dos erros sintáticos em relação aos semânticos se dá em todas as turmas, exceção feita a turma "Puc", onde a diminuição dos erros sintáticos (40,00 %) em relação à diminuição dos erros semânticos (46,88 %) é levemente menor. Mesmo assim, trata-se da menor turma, mais difícil de ser analisada isoladamente.

Tabela 6.4 - Redução dos erros com o tipo de modelagem (PE/1)

Experimento-1					
Análise comparativa das variáveis P1, P2, P3, P4 E PT					
Percentual de redução = $100 - (Cr * 100 / Sr)$					
Dadotese-planó					
		Modelagem			
TU	Dados	Sr	Cr	Total Global	% redução
Join	Contagem	14	17	31	
	Média de P1	0,71	0,29	0,48	58,82
	Média de P2	8,93	6,18	7,42	30,82
	Média de P3	8,93	2,35	5,32	73,65
	Média de P4	13,93	10,29	11,94	26,09
	Média de PT	32,50	19,12	25,16	41,18
Puc	Contagem	6,00	6,00	12,00	
	Média de P1	4,17	0,00	2,08	100,00
	Média de P2	12,00	2,00	7,00	83,33
	Média de P3	4,17	2,50	3,33	40,00
	Média de P4	21,33	11,33	16,33	46,88
	Média de PT	41,67	15,83	28,75	62,00
Si93	Contagem	15	14	29	
	Média de P1	6,00	0,00	3,10	100,00
	Média de P2	7,33	3,93	5,69	46,43
	Média de P3	17,67	2,50	10,34	85,85
	Média de P4	11,33	7,14	9,31	36,97
	Média de PT	42,33	13,57	28,45	67,94
Si94	Contagem	16	13	29	
	Média de P1	0,94	0,00	0,52	100,00
	Média de P2	5,00	2,31	3,79	53,85
	Média de P3	9,38	0,77	5,52	91,79
	Média de P4	14,06	8,46	11,55	39,83
	Média de PT	29,38	11,54	21,38	60,72
Total Contagem		51	50	101	
Total Média de P1		2,75	0,10	1,44	96,36
Total Média de P2		7,59	4,04	5,83	46,76
Total Média de P3		11,08	2,00	6,58	81,95
Total Média de P4		14,08	9,06	11,59	35,65
Total Média de PT		35,49	15,20	25,45	57,17

2. Teste de significância da variação das médias dos diversos tipos de erros com e sem reutilização. No item 2 da seção 6.2.1, verificamos que a variação de AF, dificilmente poderia ser considerada apenas casual. Ora, como AF é uma variável derivada do número de erros na modelagem (100 - PT) torna-se simples concluir que a variação da ocorrência de erros é também, com alta probabilidade decorrente do tipo de modelagem utilizado, ou seja, da reutilização. Apenas para exemplificar, a tabela 6.5 mostra o resultado do teste t para a variável P4 (erros semânticos no diagrama de nível 1).

Tabela 6.5 - Teste t para variável P4 com e sem reutilização (PE/1)

Experimento 1		
Comparação das médias de P4, com e sem reutilização		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância = 0,01 - dadotese/plan8		
	P4 s/reut	P4 c/reut
Média	14,08	9,06
Variância	77,11	42,96
Observações	51	50
Hipótese da diferença de média	0	
gl	92	
Stat t	3,259034976	
P(T<=t) uni-caudal	0,000783695	
t crítico uni-caudal	2,367560228	
P(T<=t) bi-caudal	0,001567389	
t crítico bi-caudal	2,630331437	

Realmente, observa-se que no nível de significância 0,01 novamente devemos rejeitar H_0 , concluindo que as médias são diferentes, devendo-se esta diferença ao tipo de modelagem utilizado (no caso, a reutilização de modelos análogos).

6.2.2 Experiência dos participantes no experimento-1

Havia uma expectativa quanto ao comportamento das variáveis relativas à experiência dos participantes: esperava-se que os participantes menos experientes em análise pudessem diminuir sua desvantagem em relação aos experientes através da reutilização. A evidência dos dados do experimento-1 não permite, entretanto, esta conclusão. A tabela 6.6 mostra a variação das médias de AN, AE, EP e CP, respectivamente experiência em análise, em análise estruturada, profissional e indicador global da experiência do participante, em função do tipo de modelagem.

Analisando-se inicialmente o que ocorre com AE (experiência em análise estruturada), verifica-se que os menos experientes (AE =1), beneficiaram-se mais do que os mais experientes (AE =2 e AE = 3) apresentando o maior índice de variação de AF nos dois tipos de modelagem. Com a experiência em análise, AN, ocorre algo semelhante. Verifica-se que a maior variação de AF ocorre com os participantes de pouca e média experiência. A variação de AF em relação à experiência profissional, entretanto, difere das anteriores. Neste caso, verifica-se menor variação de AF entre os participantes de experiência média, ficando esta em valores maiores quando a experiência profissional é pequena ou alta.

Ao analisarmos a variação de AF em relação a CP, variável que combina os três tipos de experiência num único índice, verificamos que os maiores índices de variação ocorrem entre os alunos/analistas de menor experiência (CP = 1 e CP = 2). Para este grupo, a diminuição dos erros é da ordem de 33 %, ao passo que esta variação para os de maior experiência (CP = 3) fica em torno de 24 %.

Tabela 6.6 - Experiência, avaliação do modelo e tipo de modelagem (PE/1)

Experimento 1									
Relação entre variáveis de experiência dos participantes, avaliação do modelo e tipo de modelagem									
Dados globais - dadotese/plan12									
		Modelagem					Modelagem		
CP	Dados	S/reut	C/reut	Var % de AF	AE	Dados	S/reut	C/reut	Var % de AF
1	Contagem	17	19		1	Contagem	27	31	
	Média de AF	63,82	85,00	33,18		Média de AF	62,78	84,68	34,88
2	Contagem	21	23		2	Contagem	19	16	
	Média de AF	65,00	86,30	32,78		Média de AF	68,16	86,56	27,00
3	Contagem	13	8		3	Contagem	5	3	
	Média de AF	64,62	80,00	23,81		Média de AF	60,00	76,67	27,78
		Modelagem					Modelagem		
AN	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF	EP	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF
1	Contagem	16	18		1	Contagem	16	15	
	Média de AF	66,88	86,39	29,18		Média de AF	62,81	86,67	37,98
2	Contagem	26	28		2	Contagem	25	27	
	Média de AF	62,12	84,46	35,98		Média de AF	66,00	83,52	26,54
3	Contagem	9	4		3	Contagem	10	8	
	Média de AF	67,22	80,00	19,01		Média de AF	63,50	85,63	34,84

É importante ressaltar, entretanto, que estas considerações não são conclusivas, já que o teste t, neste caso, não descarta a hipótese da casualidade H_0 , nem mesmo ao nível de significância de 0,05.

6.2.3 Tempo consumido em cada etapa da modelagem

Antes de aprofundarmos a análise dos tempos consumidos em cada etapa da construção dos modelos, na modelagem com e sem reutilização, convém ressaltar que estes dados provêm de planilha de tempos preenchidas pelos alunos/analistas participantes durante a elaboração dos modelos. Apesar da recomendação para que este registro fosse feito com o máximo de cuidado, devido à dificuldade inerente à esta tarefa, deve-se considerá-los **dados estimados**, e não dados medidos. Entretanto, o interesse principal neste aspecto, a comparação entre os resultados obtidos com os dois tipos de modelagem, pode ser realizada e é pertinente.

As variáveis de tempo, T3, T4, TA, TC e TT são analisadas comparativamente na modelagem com e sem reutilização na tabela 6.7. Com relação às médias das variáveis relativas aos tempos gastos para a conclusão das etapas da modelagem, **tomadas turma a turma**, verificamos serem razoavelmente semelhantes, de acordo com o que se deve esperar. O fato do problema modelado ter sido o mesmo, do material distribuído ser idêntico e do treinamento prévio ter sido equivalente deveria conduzir, talvez, a resultados ainda mais parecidos.

Tabela 6.7 - Análise dos tempos gastos por fase da modelagem (PE/1)

Experimento-1 - Análise dos tempos gastos nas fases da modelagem				
Comparação por turma, com e sem reutilização				
Variação de Sr em relação a Cr = 100 - (C/reut * 100 / S/reut)				
dadotese/plan14				
		Modelagem		
Turma	Dados	S/reut.	C/reut.	Var Sr/Cr
Join	Contagem	14	17	
	Média de T3	13,14	10,59	19,44
	Média de T4	25,86	14,35	44,49
	Média de TA	31,07	35,59	-14,54
	Média de TC	39,00	24,94	36,05
	Média de TT	70,07	60,53	13,62
Puc	Contagem	6	6	
	Média de T3	12,17	9,67	20,55
	Média de T4	25,00	20,00	20,00
	Média de TA	27,83	25,67	7,78
	Média de TC	37,17	29,67	20,18
	Média de TT	65,00	55,33	14,87
Si93	Contagem	15	14	
	Média de T3	11,93	11,57	3,03
	Média de T4	20,87	19,21	7,92
	Média de TA	40,00	33,07	17,32
	Média de TC	32,80	30,79	6,14
	Média de TT	72,80	63,86	12,28
Si94	Contagem	16	13	
	Média de T3	11,50	11,85	-3,01
	Média de T4	22,50	17,31	23,08
	Média de TA	30,06	33,46	-11,31
	Média de TC	34,00	29,15	14,25
	Média de TT	64,06	62,62	2,26
Total Contagem		51	50	
Total Média de T3		12,16	11,08	8,86
Total Média de T4		23,24	17,16	26,15
Total Média de TA		33,00	33,14	-0,42
Total Média de TC		35,39	28,24	20,21
Total Média de TT		68,39	61,38	10,25

A análise se torna mais relevante, no entanto, quando consideramos os dados do conjunto das quatro turmas, expressos na parte inferior da tabela. Os aspectos a considerar são os seguintes:

1. Houve uma diminuição de 10,25 % em TT (tempo total de construção do modelo, soma dos tempos de todas as etapas).

2. O tempo TA devido às atividades administrativas da modelagem (leitura das especificações e revisão), não se alterou, mesmo estando incluído o tempo gasto para leitura da especificação reutilizável, no caso da modelagem com reutilização.

3. A média da variável TC, tempo de construção do modelo (soma de T3 e T4), teve uma redução da ordem de 20 % quando da reutilização.

4. A variação de T4 (26,15 %) foi maior que a de T3 (8,86 %). Isto indica que a reutilização teria sido mais útil na tarefa mais complexa, isto é, na construção do diagrama de nível 0.

Constata-se, pois, que a redução de TT, embora pequena, foi conseguida através da redução do tempo de construção do modelo. A facilidade trazida pela reutilização dos modelos análogos facilitou a construção dos diagramas e compensou o aumento do tempo administrativo devido à leitura e compreensão da especificação reutilizável. A tabela 6.8 mostra o resultado do teste t para cada uma das variáveis de tempo analisadas.

Verifica-se que em apenas dois casos o teste t aponta para a rejeição de H_0 , a hipótese que indicaria a casualidade dos resultados. Ao nível de significância de 0,01, pode-se afirmar que ocorreu redução nos tempos gastos na construção do modelo, especialmente na elaboração do diagrama de nível 0, que é o mais complexo dos dois.

6.3 Experimento-2

No experimento-2, similar ao experimento-1 no que diz respeito a quase todos os aspectos, inverteu-se o tipo de modelagem utilizado pelos participantes. Os grupos G1 de cada turma, que no experimento-1 haviam elaborado seus modelos desde o início, agora deveriam construir seus modelos mediante reutilização de diagramas correspondentes à uma aplicação similar. Os grupos G2, que antes haviam reutilizado, agora deveriam desenvolver os modelos desde o início, sem reutilização. Uma das turmas que havia participado do experimento-1, não participou do experimento-2 (Sintel93). Um novo problema-alvo foi proposto, desta vez um sistema de controle de leitos hospitalares. Os modelos reutilizáveis correspondiam a um sistema de controle de reserva de passagens aéreas. O material distribuído aos grupos G1 e G2 acha-se reproduzido nos Anexos 03 e 04, com os títulos de **Experimento-2/CR - modelagem com reutilização** e **Experimento-2/SR - modelagem sem reutilização**. A tabela resultante da formatação dos dados do experimento-2 está no Anexo 12. Os procedimentos estatísticos terão, nesta seção, sua descrição abreviada, na medida em que são idênticos aqueles descritos na seção 6.2 relativamente ao experimento-1.

Tabela 6.8 - Teste t para tempos gastos nas etapas da modelagem (PE/1)

Experimento 1				
Análise dos tempos T3, T4, TA, TC e TT				
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes				
Nível de significância = 0,01				
	T3 s/reut.	T3 c/reut	T4 s/reut.	T4 c/reut.
Média	12,16	11,08	Média	23,24
Variância	37,85	24,52	Variância	75,14
Observações	51	50	Observações	51
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0
gl	95		gl	87
Stat t	0,9698969		Stat t	4,161903073
P(T<=t) uni-caudal	0,1672804		P(T<=t) uni-caudal	3,69685E-05
t crítico uni-caudal	2,3662415		t crítico uni-caudal	2,369979484
P(T<=t) bi-caudal	0,3345608		P(T<=t) bi-caudal	7,3937E-05
t crítico bi-caudal	2,6285852		t crítico bi-caudal	2,633532858
	TA s/reut.	TA c/reut.	TC s/reut	TC c/reut
Média	33,00	33,14	Média	35,39
Variância	184,00	190,00	Variância	164,12
Observações	51	50	Observações	51
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0
gl	99		gl	88
Stat t	-0,0514377		Stat t	3,294117649
P(T<=t) uni-caudal	0,4795402		P(T<=t) uni-caudal	0,000711734
t crítico uni-caudal	2,3646044		t crítico uni-caudal	2,369470167
P(T<=t) bi-caudal	0,9590804		P(T<=t) bi-caudal	0,001423468
t crítico bi-caudal	2,6264024		t crítico bi-caudal	2,632859832
	TT s/reut	TT c/reut		
Média	68,39	61,38		
Variância	336,52	299,83		
Observações	51	50		
Hipótese da diferença de média	0			
gl	99			
Stat t	1,9758327			
P(T<=t) uni-caudal	0,0254786			
t crítico uni-caudal	2,3646044			
P(T<=t) bi-caudal	0,0509571			
t crítico bi-caudal	2,6264024			

O objetivo principal ao analisarmos isoladamente o experimento-2 é o de compararmos seus resultados aos do experimento-1, buscando justificativas para eventuais diferenças.

6.3.1 Completude e correção dos modelos

A variação das médias de AF, variável que representa a completude e correção dos modelos construídos no experimento-2, acha-se descrita na tabela 6.9. A observação destes dados desde logo evidencia um resultado menos expressivo da reutilização do que no experimento-1. A seqüência dos itens analisados na seção 6.2.1 será mantida, de forma a permitir fácil comparação.

Tabela 6.9 - Variação das médias de AF por tipo de modelagem e turma (PE/2)

Experimento 2				
Comparação das médias de AF por tipo de modelagem e por turma				
dadtese2/plan1				
		Modelagem		
Turma	Dados	S/reut.	C/reut.	Total Global
Join	Contagem	18	14	32
	Média de AF	64,72	73,21	68,44
Puc	Contagem	5	6	11
	Média de AF	74,00	75,00	74,55
Si94	Contagem	16	15	31
	Média de AF	61,25	76,67	68,71
Total Contagem		39	35	74
Total Média de AF		64,49	75,00	69,46

1. Comportamento da média de AF entre as diversas turmas. Embora a média de AF sem reutilização (64,49) tenha permanecido praticamente igual a do experimento-1 (65,00), a média de AF com a reutilização (75,00) ficou bem aquém da obtida no experimento-1 (84,80). Em função deste resultado podem ser feitas as seguintes considerações:

- que os dois problemas tem grau de complexidade semelhante (como, aliás, se pretendia). Esta conclusão deriva do fato da média de AF na modelagem desde o início, sem reutilização, ter se mantido praticamente igual.
- que o *grau de similaridade* da aplicação reutilizável em relação ao problema alvo é menor do que no experimento-1. De fato, se analisarmos com cuidado as quatro especificações, veremos que existe um grau de similaridade menor entre o sistema de controle de leitos hospitalares e o sistema de controle de reserva de passagens aéreas do que aquele que existe entre o sistema de controle de uma locadora de veículos em relação a um sistema de controle de uma locadora de fitas de vídeo.

2. teste de significância das médias de AF. O resultado do teste t executado sobre os dados da amostra correspondente ao experimento-2 acha-se reproduzido na tabela 6.10 .

Tabela 6.10 - Teste t para médias de AF (PE/2)

Experimento 2		
Comparação entre médias de AF com e sem reutilização		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância = 0,01 - dadtese2/plan2		
	AfC/reut	Af s/reut
Média	75,00	64,49
Variância	88,24	282,62
Observações	35	39
Hipótese da diferença de média	0	
gl	61	
Stat t	3,36372818	
P(T<=t) uni-caudal	0,000666666	
t crítico uni-caudal	2,38904249	
P(T<=t) bi-caudal	0,00133332	
t crítico bi-caudal	2,65885319	

Verifica-se que, também no experimento-2 a hipótese da casualidade deve ser rejeitada no nível de significância de 0,01 .

6.3.1.1 Efeitos sobre os tipos de erros na modelagem

A análise da influência da modelagem com reutilização sobre os diversos tipos de erros no experimento-2 está descrita na tabela 6.11 . Os dados da amostra foram tabulados sem o detalhamento turma a turma, partindo-se de imediato para a análise geral.

Tabela 6.11 - Redução dos erros em função do tipo de modelagem (PE/2)

Experimento 2				
Redução dos diversos tipos de erros em função do tipo de modelagem				
Percentual de redução = $100 - (C/reut * 100 / S/reut)$				
Dadtese2/plan3				
	Modelagem			
Dados	S/reut	C/reut	Total Global	% redução
Contagem	39	35	74	
Média de P1	0,90	0,86	0,88	4,49
Média de P2	12,69	9,29	11,08	26,84
Média de P3	6,15	4,14	5,20	32,68
Média de P4	15,77	10,71	13,38	32,06
Média de PT	35,51	25,00	30,54	29,60

Novamente constatamos a redução nos diversos tipos de erros em função da reutilização. Os resultados, entretanto, foram bem menos significativos do que os que ocorreram no primeiro experimento. A média de PT (no experimento-1 de 57,17 %), diminuiu quase à metade (29,60 %). A hipótese aventada em relação a AF, quanto à

diminuição do grau de similaridade no experimento-2 parece ser novamente a justificativa adequada para o novo comportamento.

A hipótese da casualidade foi investigada apenas para a variável P4:

Tabela 6.12 - Teste para variável P4 (PE/2)

Experimento 2		
Comparação das médias de P4, com e sem reutilização		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância = 0,01 - dadtese2/plan4		
	P4 s/reut	P4 c/reut
Média	15,77	10,71
Variância	91,50	31,09
Observações	39	35
Hipótese da diferença de média	0	
gl	62	
Stat t	2,810708	
P(T<=t) uni-caudal	0,00330374	
t crítico uni-caudal	2,38800567	
P(T<=t) bi-caudal	0,00660748	
t crítico bi-caudal	2,65747076	

O teste t para a variável P4, tempo de construção do diagrama de nível 0, mostra que a variação da média pode ser atribuída à reutilização, descartando-se a hipótese da casualidade ao nível de significância de 0,01 .

6.3.2 Experiência dos participantes no experimento-2

Também no experimento-2 verificou-se que as maiores variações na completude e correção dos modelos com a reutilização ocorreram entre os participantes de **pouca e média experiência**. A tabela 6.13 mostra os dados relativos à variável CP, que agrega as experiências em análise, análise estruturada e profissional.

Tabela 6.13 - Experiência, avaliação do modelo e tipo de modelagem (PE/2)

Experimento 2				
Relação entre experiência e variação da completude e correção (AF)				
Dadtese2/plan5				
		Modelagem		
Classe de Exp.	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF
1	Contagem	14	9	
	Média de AF	65,00	78,33	20,51
2	Contagem	16	15	
	Média de AF	60,63	72,33	19,31
3	Contagem	9	11	
	Média de AF	70,56	75,91	7,59
Total Contagem		39	35	
Total Média de AF		64,49	75,00	16,30

O mesmo tipo de comportamento ocorreu com relação à experiência em Análise Estruturada, onde de maneira ainda mais expressiva, os mais beneficiados foram os de pouca experiência. A redução de AF para estes participantes foi de 22,45%, contra 8,21 % nos de média experiência e 6,40 % nos de grande experiência.

6.3.3 Tempo consumido em cada etapa da modelagem

A análise comparativa das médias das variáveis de tempo, T3, T4, TA, TC e TT na modelagem com e sem reutilização, pode ser realizada a partir da tabela 6.14.

Tabela 6.14 - Análise dos tempos gastos nas fases da modelagem (PE/2)

Experimento 2			
Comportamento das variáveis relativas a tempo.			
Variação da modelagem com e sem reutilização			
Dadtese2/plan6			
	Modelagem		
Dados	S/reut.	C/reut.	Variação %
Contagem	39	35	
Média de T3	11,95	12,34	-3,30
Média de T4	18,13	15,09	16,78
Média de TA	24,49	27,46	-12,13
Média de TC	30,08	27,43	8,81
Média de TT	54,56	54,89	-0,59

No cálculo das médias dos tempos foram considerados os dados do conjunto das quatro turmas. Os aspectos mais relevantes a evidenciar são os seguintes:

1. As médias dos tempos finais TT (tempo total de construção do modelo, soma dos tempos de todas as etapas) são praticamente iguais.

2. O tempo TA (atividades administrativas da modelagem: leitura das especificações e revisão), aumentou pouco, apenas 12,13 %. Deve-se ressaltar aqui que TA com reutilização inclui o tempo gasto para leitura da especificação reutilizável.

3. A redução na média de TC, neste experimento, foi de 8,81 %. No experimento-1 (seção 6.2.3), entretanto, a média da variável TC teve uma redução da ordem de 20 % quando da reutilização. Visualiza-se novamente aqui, como possível causa desta redução, os diferentes graus de similaridade entre o problema alvo e a especificação reutilizável nos dois experimentos.

4. A diminuição de T4 (16,78 %), e o leve aumento de T3 (3,3 %) reafirma o fato de que a reutilização parece ser mais útil na tarefa mais complexa, isto é, na construção do diagrama de nível 0.

Apesar do tempo adicional gasto na análise da especificação reutilizável, a exemplo do que ocorreu no experimento-1, a média de TT permaneceu quase igual nos dois tipos de modelagem. Isto só ocorreu em função de que a redução do tempo de construção do modelo acabou compensando as atividades adicionais.

A tabela 6.15 mostra o resultado do teste t para médias de TC, tempo de construção do modelo. Verifica-se que o teste t, já no nível de significância 0,05, aponta ainda para a aceitação de H_0 , a hipótese que indica a casualidade das diferenças.

Tabela 6.15 - Teste t para médias de TC, com e sem reutilização (PE/2)

Experimento 2		
Comparação das médias de TC, com e sem reutilização		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância = 0,05 - dadtese2/plan7		
	TC s/reut	TC c/reut.
Média	30,08	27,43
Variância	118,65	135,90
Observações	39	35
Hipótese da diferença de média	0	
gl	70	
Stat t	1,0063751	
P(T<=t) uni-caudal	0,15885068	
t crítico uni-caudal	1,66691507	
P(T<=t) bi-caudal	0,31770135	
t crítico bi-caudal	1,99443548	

Assim, mesmo que os resultados relativos a tempo no experimento-1 tenham sido semelhantes aos do experimento-2, neste último não é possível descartar a casualidade como causa das diferenças das médias dos tempos com e sem reutilização.

6.4 Experimentos 1 e 2

Nesta seção é feita uma análise dos 175 casos correspondentes ao experimento-1 (101 casos) e experimento-2 (74 casos) analisados em conjunto. Esta amostra global é, estatisticamente, mais representativa que cada uma delas em separado.

Algumas considerações preliminares devem ser feitas, estando todas relacionadas com o fato da análise ser agora realizada sobre os dados em conjunto:

1. Tratam-se de duas experiências *semelhantes*, tendo a modelagem em cada uma delas sido realizada sobre problemas alvo e aplicações reutilizáveis *diferentes*. Na descrição do protocolo experimental (seção 4.3), já eram feitas referências a este fato: as duas experiências não deveriam ser realizadas sobre as mesmas aplicações, caso contrário o efeito de aprendizado invalidaria seus resultados. Os alunos/analistas que já haviam participado da primeira experiência simplesmente transporiam o conhecimento

adquirido com o problema anterior para o segundo, mesmo utilizando técnica de modelagem alternativa.

2. De acordo com o que já foi verificado na análise individual das duas experiências, os dois problemas alvo tem *graus de dificuldade* bastante parecidos. Há, entretanto, evidências de que o *grau de similaridade* entre o problema alvo e o reutilizável, na segunda experiência é menor do que na primeira. Este fato pode ter sido determinante na obtenção de ganhos menores com a reutilização no experimento-2.

3. Mesmo utilizando tipos de modelagem alternativos, sobre problemas diferentes, não é possível descartar totalmente o efeito de aprendizado, já que os participantes são os mesmos, trazendo, portanto, para a segunda experiência, um pouco mais de familiaridade com a modelagem via DFD's.

Com o objetivo de tornar mais abrangente a pesquisa, a amostra global (dados dos dois experimentos tomados em conjunto) será também analisada. Os resultados inerentes a este conjunto maior de casos será mais representativo de um ambiente real de reutilização, onde nem sempre o modelo reutilizável será tão semelhante ao do problema alvo, como ocorreu no problema-1.

Na seção 6.4.1, os dados serão analisados como se fossem provenientes de uma única experiência. Num segundo momento, na seção 6.4.2, é realizada uma análise sobre uma nova organização dos dados das duas experiências: cada participante com os dados correspondentes à sua modelagem com e sem reutilização colocados, lado a lado. A tabela organizada desta forma, apresentada no Anexo 13, mostra os dados dos 66 participantes que participaram dos dois experimentos, tendo-se eliminado da amostra os dados daqueles que só participaram de uma delas. Esta nova amostra global permitirá a análise estatística conhecida como *de par em par*.

6.4.1 Experimentos 1 e 2 como uma única amostra

Os aspectos a serem analisados e verificados serão os mesmos referidos nas seções 6.2. e 6.3: impacto do tipo de modelagem na completude e correção dos modelos, eventuais diferenças na diminuição de tipos específicos de erros, variação dos resultados com a experiência dos participantes e distribuição dos tempos gastos nas diversas etapas da modelagem.

6.4.1.1 Completude e correção dos modelos

O comportamento da variável AF, representativa do grau de correção e completude dos modelos é agora investigado sobre os 175 casos da amostra global. A tabela 6.16 resume os dados resultantes desta análise:

Tabela 6.16 - Médias de AF por tipo de modelagem e por turma (PE/G)

Experimentos 1 e 2 em conjunto				
Comparação das médias de AF por tipo de modelagem e por turma				
Dadteger/plan1				
		Modelagem		Var % de AF
Turma	Dados	S/reut	C/reut	
Join	Contagem	32	31	17,41
	Média de AF	65,94	77,42	
Puc	Contagem	11	12	21,59
	Média de AF	65,45	79,58	
Si93	Contagem	15	14	49,88
	Média de AF	57,67	86,43	
Si94	Contagem	32	28	24,58
	Média de AF	65,94	82,14	
Total Contagem		90	85	25,22
Total Média de AF		64,50	80,76	

1. Comportamento das médias de AF entre as diversas turmas: O resultado mais significativo, com a maior variação de AF ocorreu na turma *Sintel93*, justamente a que não participou da experiência 2. É também esta turma a que apresentou menor média de AF na modelagem sem reutilização, o que sugere ter, no conjunto, menor experiência em Análise Estruturada. As outras três turmas tiveram ganhos semelhantes de AF, com a variação situando-se no intervalo de 17,41 % a 24,58 %. Na média de todos os participantes a melhoria nos diagramas em termos de correção e completude situou-se em 25 %.

2. Teste de significância das médias de AF. O teste t, realizado sobre toda a amostra, apresentou os resultados expressos na tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Teste t para médias de AF com e sem reutilização (PE/G)

Experimento 1 e 2 em conjunto		
Comparação das médias de AF com e sem reutilização		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância = 0,01 - dadteGER/plan2		
	AF c/reut	AF s/reut
Média	80,76	64,50
Variância	116,97	365,76
Observações	85	90
Hipótese da diferença de média	0	
gl	142	
Stat t	6,973387601	
P(T<=t) uni-caudal	5,38817E-11	
t crítico uni-caudal	2,352899173	
P(T<=t) bi-caudal	1,07763E-10	
t crítico bi-caudal	2,61090463	

Pode-se observar que a hipótese H_0 , pela qual as médias seriam diferentes apenas devido a casualidade é fortemente rejeitada ao nível de significância 0,01. Com ainda mais ênfase que nas análises isoladas de cada uma das experiências, podemos concluir que o tipo de modelagem, neste caso a reutilização de modelos análogos, propicia ganhos de completude e correção.

O próximo passo é investigar se esta influência se dá igualmente sobre os diversos tipos de erros de modelagem ou, se, ao contrário, privilegia um deles.

1. Relação entre natureza dos erros e tipo de modelagem utilizado. Na tabela 6.18 analisa-se as variáveis P1, P2, P3, P4 e PT, buscando-se definir o percentual de redução de cada uma delas mediante a reutilização.

Tabela 6.18 - Redução dos erros em função do tipo de modelagem (PE/G)

Experimento 1 e 2 em conjunto				
Redução dos erros em função do tipo de modelagem				
Dadteger/plan3				
	Modelagem			
Dados	S/reut.	C/reut.	Total Global	% redução
Contagem	90	85	175	
Média de P1	1,94	0,41	1,20	78,82
Média de P2	9,80	6,20	8,05	36,73
Média de P3	8,94	2,88	6,00	67,77
Média de P4	14,81	9,74	12,35	34,23
Média de PT	35,50	19,24	27,60	45,82

Observa-se que, com a reutilização, houve uma redução de 78,82 % nos erros sintáticos e de 36,73 nos erros semânticos no diagrama contextual. Já no diagrama de nível 0 a redução foi de 67,77 nos erros sintáticos e 34,23 nos erros semânticos. A tendência de uma influência diferenciada da reutilização novamente se manifesta: o ganho na correção dos diagramas é maior nos aspectos sintáticos que nos aspectos semânticos.

2. Teste t para análise da redução dos erros com e sem reutilização. Lembrando que PT é a soma dos pontos perdidos com os diversos tipos de erros, e que AF é uma variável diretamente relacionada a PT ($100 - PT$), propõe-se na tabela 6.19 a realização do teste t para as variáveis P1, P2, P3 e P4. O teste t para PT é o mesmo que o de AF.

A hipótese da casualidade H_0 deve ser rejeitada no nível de significância 0,01 em todas as variáveis. A diminuição no número de erros deve-se, com grande probabilidade, ao uso da técnica de modelagem com reutilização de modelos análogos.

Tabela 6.19 - Teste t para variáveis P1, P2, P3, P4 (PE/G)

Experimento 1 e 2 em conjunto					
Comparação das médias de P1, P2, P3 e P4 com s/reut.					
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes					
DnInteger/plan4					
	P1 s/reut	P1 c/reut		P2 s/reut	P2 c/reut
Média	1,94	0,41	Média	9,80	6,20
Variância	30,73	1,91	Variância	34,05	20,02
Observações	90	85	Observações	90	85
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0	
gl	101		gl	166	
Stat t	2,540723989		Stat t	4,594867939	
P(T<=t) uni-caudal	0,006292125		P(T<=t) uni-caudal	4,26554E-06	
t crítico uni-caudal	2,3638313		t crítico uni-caudal	2,349024726	
P(T<=t) bi-caudal	0,012584251		P(T<=t) bi-caudal	8,53108E-06	
t crítico bi-caudal	2,625383786		t crítico bi-caudal	2,60577508	
	P3 s/reut	P3 c/reut		P4 s/reut	P4 c/reut
Média	8,94	2,88	Média	14,81	9,74
Variância	253,09	16,89	Variância	83,10	38,31
Observações	90	85	Observações	90,00	85,00
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0	
gl	101		gl	157	
Stat t	3,493673033		Stat t	4,325129386	
P(T<=t) uni-caudal	0,000354334		P(T<=t) uni-caudal	1,35016E-05	
t crítico uni-caudal	2,3638313		t crítico uni-caudal	2,350334398	
P(T<=t) bi-caudal	0,000708669		P(T<=t) bi-caudal	2,70033E-05	
t crítico bi-caudal	2,625383786		t crítico bi-caudal	2,60750312	

6.4.1.2 Experiência dos participantes nos dois experimentos

Considerando-se a amostra global, as médias de AF são novamente analisadas, agora com vistas à identificar um possível relacionamento entre o ganho de completude e correção com a reutilização e as variáveis de experiência do participante, AN, AE, EP e CP. A tabela 6.20 apresenta estes dados.

Tabela 6.20 - Relação entre experiência dos participantes e AF (PE/G)

Experimento 1 e 2 em conjunto									
Relação entre as variáveis de experiência dos participantes, avaliação do modelo e tipo de modelagem									
Dadteger/plan5									
Modelagem					Modelagem				
CP	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF	AN	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF
1	Contagem	31	28		1	Contagem	27	28	
	Média de AF	64,35	82,86	28,75		Média de AF	66,67	83,21	24,82
2	Contagem	37	38		2	Contagem	49	45	
	Média de AF	63,11	80,79	28,02		Média de AF	62,24	80,56	29,42
3	Contagem	22	19		3	Contagem	14	12	
	Média de AF	67,05	77,63	15,79		Média de AF	68,21	75,83	11,17
Modelagem					Modelagem				
AE	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF	EP	Dados	S/reut.	C/reut.	Var % de AF
1	Contagem	53	48		1	Contagem	25	24	
	Média de AF	62,74	81,88	30,51		Média de AF	63,40	82,08	29,47
2	Contagem	29	30		2	Contagem	46	44	
	Média de AF	67,76	80,00	18,07		Média de AF	67,28	79,66	18,39
3	Contagem	8	7		3	Contagem	19	17	
	Média de AF	64,38	76,43	18,72		Média de AF	59,21	81,76	38,09

Verifica-se, pela análise das duas experiências em conjunto, que os participantes menos experientes são os que mais se beneficiam com a reutilização. Isto ocorre tanto para a experiência em análise, como, de forma mais marcante, para a experiência em análise estruturada. Já com relação à experiência profissional, variável EP, esta tendência não se manifesta.

A análise da variável CP e seu relacionamento com os benefícios da reutilização merecem ser aprofundados, na medida em que CP representa em conjunto a experiência em análise, análise estruturada e profissional. No canto esquerdo superior da tabela 6.20, verifica-se que os participantes de pouca e média experiência (CP = 1 e CP = 2) tiveram ganhos de completude e correção na ordem de 28 %. Já os de grande experiência apresentam os mesmos ganhos na ordem de 14 %. Buscando esclarecer se este resultado pode de fato ser atribuído à reutilização ou se é apenas casual, realizamos o teste t comparando duas médias de AF: médias dos que tem pouca ou média experiência com as médias dos que tem grande experiência. O resultado deste teste está expresso na tabela 6.21.

O primeiro teste, realizado entre os que **não reutilizaram**, mostra que a maior média de AF foi obtida entre os de **maior experiência**. O valor estatístico de t (- 0,8), entretanto, não é suficiente para que se possa descartar a hipótese da casualidade. Já entre os que **reutilizaram**, inverte-se a situação, com a média maior de AF ficando entre os participantes de **menor experiência**. Já neste segundo caso, o teste t com nível de significância de 0,05, apresenta o t estatístico superior ao t crítico uni-caudal, permitindo **supor uma influência da experiência dos participantes no ganho de completude e correção**. Na seção 6.4.2 será investigada esta influência mediante a comparação da médias de AF, com e sem reutilização, participante a participante.

Tabela 6.21 - Teste t para médias de AF em relação a CP (PE/G)

Experimento 1 e 2 analisados em conjunto			Experimento 1 e 2 analisados em conjunto		
Variação de AF entre os que não reutilizaram			Variação de AF entre os que reutilizaram		
Médias para CP =1 e 2 x Médias para CP = 3			Médias para CP =1 e 2 x Médias para CP = 3		
Teste-t: duas amostras presumindo var. diferentes			Teste-t: duas amostras presumindo var. diferentes		
DadtegCP/plan7			DadtegCP/plan7		
	CP = 1 ou 2	CP = 3		CP = 1 ou 2	CP = 3
Média de AF	63,68	67,05	Média de AF	81,67	77,63
Variância	402,70	256,33	Variância	128,72	67,69
Observações	68	22	Observações	66	19
Hipótese da dif.de média	0		Hipótese da dif.de média	0	
gl	44		gl	40	
Stat t	-0,80365594		Stat t	1,718551941	
P(T<=t) uni-caudal	0,212958118		P(T<=t) uni-caudal	0,04671406	
t critico uni-caudal	1,6700983		t critico uni-caudal	1,673665793	
P(T<=t) bi-caudal	0,425916236		P(T<=t) bi-caudal	0,09342812	
t critico bi-caudal	2,006254363		t critico bi-caudal	2,011897777	

6.4.1.3 Tempo consumido em cada etapa da modelagem

A tabela 6.22 mostra o comportamento das variáveis de tempo gasto na execução de cada etapa em função do tipo de modelagem (com e sem reutilização).

Mais uma vez verifica-se que o tempo que mais diminui corresponde justamente à tarefa mais complexa (T4), que é a construção do diagrama de nível 0. O tempo total de construção TC diminui em 15,66 %, mas o tempo total TT só diminui 5,92 %, graças ao aumento do tempo administrativo TA (5,08 %). As conclusões aqui pouco diferem das obtidas na análise em separado dos experimentos 1 e 2.

Tabela 6.22 - Tempos de modelagem com e sem reutilização (PE/G)

Experimento 1 e 2 em conjunto			
Relação entre tempos de modelagem com e sem a reutilização			
Datteger/plan8			
	Modelagem		Variação %
Dados	S/reut.	C/reut	
Contagem	90	85	
Média de T3	12,07	11,60	3,87
Média de T4	21,02	16,31	22,44
Média de TA	29,31	30,80	-5,08
Média de TC	33,09	27,91	15,66
Média de TT	62,40	58,71	5,92

6.4.2 Experimentos 1 e 2 dispostos par a par.

De acordo com o que foi analisado até agora, constata-se ter ocorrido, um ganho de completude e correção na modelagem de novas aplicações mediante reutilização de modelos análogos. Nesta seção será realizada a comparação direta do desempenho de cada participante, através da avaliação da qualidade de seus modelos construídos com e sem reutilização.

Os dados da pesquisa foram reorganizados resultando em um conjunto de 66 pares, um para cada participante, com os dados relativos à modelagem realizada com e sem reutilização (tabela no Anexo 13). Esta disposição permite uma nova série de análises estatísticas.

6.4.2.1 Comparação das médias das variáveis par a par

Com a nova disposição das variáveis, agora par a par, torna-se interessante comparar-se o comportamento das médias de cada uma delas, nos dois tipos de modelagem que cada participante realizou: desde o início, sem reutilização e com reutilização de modelos referentes à aplicações análogas. A tabela 6.23 foi organizada de forma a facilitar esta análise, permitindo uma série de observações sobre o comportamento da modelagem com e sem reutilização:

1. Comportamento dos erros e avaliação final do modelo: Para todas as variáveis relativas a pontos perdidos devido a **erros de modelagem** (P1, P2, P3, P4 e PT) houve **redução nas médias**. Isto significa que, de fato, a reutilização aumenta a completude e correção dos modelos. Como não poderia deixar de ser, isto transparece novamente no **aumento** de AF (calculada pela diferença entre 100 e a soma dos pontos perdidos P1, P2, P3 e P4).

Verifica-se, ainda, claramente, que as **maiores taxas de redução** ocorrem nos **erros de sintaxe** (P1 e P3). Entre as variáveis referentes aos erros semânticos, **P4** (erros semânticos na construção do diagrama de nível 0) tem a **maior redução**. Isto significa que o maior ganho com a reutilização se dá justamente na tarefa mais difícil da modelagem proposta na pesquisa.

2. Variáveis relativas a tempo: já com as variáveis relativas a tempo, ocorrem casos de redução e casos de aumento. **O tempo gasto na construção dos dois diagramas, TC** (soma de T3 e T4) é **menor com a reutilização**, com uma redução de 27,10 %. **O tempo administrativo TA** (soma de T1, T2 e T5), entretanto, é **maior com a reutilização**. Isto é um resultado esperado, pois, para efetuar a reutilização o engenheiro de software deve antes ler e entender a aplicação reutilizável e seus modelos.

O que talvez possa ser classificado como inesperado, é que a diminuição do tempo de construção quase seja suficiente para compensar o aumento do tempo administrativo, resultando em um tempo total (TT) semelhante nos dois tipos de modelagem (variação de apenas 6,11 %).

Tabela 6.23 - Variação das médias das variáveis (PE/PAR)

Experimentos 1 e 2 analisados em par				
Alteração das médias das variáveis da pesquisa com a reutilização				
Dadtepar/plan5				
Variável	S/reut.	C/reut.	% Diminuição	% Aumento
Contagem	66	66		
Média de P1	1,22	0,53	56,69	
Média de P2	7,38	6,70	9,24	
Média de P3	8,56	2,95	65,49	
Média de P4	14,59	10,12	30,63	
Média de PT	28,18	20,30	27,96	
Média de AF	58,64	79,70		35,92
Média de T3	8,79	11,32		28,79
Média de T4	18,95	15,68	17,27	
Média de TA	23,48	29,85		27,10
Média de TC	30,74	27,00	12,17	
Média de TT	53,58	56,85		6,11

6.4.2.2 Teste t para duas amostras em par

Para verificarmos se as tendências evidenciadas na seção anterior devem-se ou não apenas a casualidade, aplicaremos o teste t para amostras em par. Num primeiro momento analisaremos os erros e depois os tempos gastos na modelagem.

a) variações das médias dos erros de modelagem e de AF.

A tabela 6.24 mostra os resultados deste teste para as médias de AF com e sem reutilização.

A probabilidade de que a variação das médias seja casual é ínfima. No nível de significância de 0,01 podemos descartar a hipótese H_0 , e **considerar a que a completude e correção dos modelos aumenta com a reutilização.**

Tabela 6.24 - Teste t para médias de AF (PE/PAR)

Teste-t: duas amostras em par para médias de AF		
Nível de significância = 0,01 - diferença de médias = 0		
Comparação nas modelagens com e sem reutilização		
Dadtepar/plan l		
	AF c/reut.	AF s/reut.
Média	79,70	58,64
Variância	119,91	508,88
Observações	66	66
Correlação de Pearson	-0,26950753	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	65	
Stat t	6,198462057	
P(T<=t) uni-caudal	2,19962E-08	
t crítico uni-caudal	2,385095286	
P(T<=t) bi-caudal	4,39924E-08	
t crítico bi-caudal	2,653614501	

O mesmo teste realizado para diferença de médias = 0, pode ser realizado para diferenças numéricas detectadas. A variação das médias de AF é da ordem de 20. O teste t para diferenças de médias diferente de 0, porém, mostra que só se torna possível descartarmos a casualidade se reduzirmos a diferença de médias para 12. Os dados deste teste estão na tabela 6.25.

Tabela 6.25 - Teste t para AF com diferença de médias = 12 (PE/PAR)

Teste-t: duas amostras em par para médias de AF		
Nível de significância = 0,01 - diferença de médias = 12		
Comparação nas modelagens com e sem reutilização		
Dadtepar/plan l		
	AF c/reut	AF s/reut.
Média	79,70	58,64
Variância	119,91	508,88
Observações	66	66
Correlação de Pearson	-0,26950753	
Hipótese da diferença de média	12	
gl	65	
Stat t	2,666676482	
P(T<=t) uni-caudal	0,004828376	
t crítico uni-caudal	2,385095286	
P(T<=t) bi-caudal	0,009656752	
t crítico bi-caudal	2,653614501	

Este ultimo teste permite a seguinte afirmação: para uma diferença de médias de AF de 12, podemos descartar a casualidade e considerar a diferença devida a técnica da reutilização de modelos análogos. **Podemos, pois, concluir que a completude e correção dos modelos melhora em torno de 20% quando a modelagem é realizada com reutilização de modelos de aplicações análogas.**

b. variações das médias dos tempos gastos nas diversas etapas da modelagem

Relativamente aos tempos, o teste t será realizado apenas para TC, TA e TT. O que se pretende verificar é se as variações das médias destas variáveis devem ou não ser atribuídas à casualidade. A tabela 6. 26 analisa os dados do teste para TA e TC.

Tabela 6.26 - Teste t para variáveis TC e TA (PE/PAR)

Teste-t: duas amostras em par para médias de TA			Teste-t: duas amostras em par para médias de TC		
Nível de significância = 0,01 - diferença de médias = 0			Nível de significância = 0,05 - diferença de médias = 0		
Comparação nas modelagens com e sem reutilização			Comparação nas modelagens com e sem reutilização		
Dadtepar/plan2			Dadtepar/plan2		
	TA c/reut	TA s/reut.		TC c/reut.	TC s/reut.
Média	29,85	23,48	Média	27,00	30,74
Variância	123,02	186,44	Variância	98,58	149,27
Observações	66	66	Observações	66	66
Correlação de Pearson	0,05097989		Correlação de Pearson	0,253263308	
Hipótese da diferença de média	0		Hipótese da diferença de média	0	
gl	65		gl	65	
Stat t	3,015013047		Stat t	-2,226849662	
P(T<=t) uni-caudal	0,0018314		P(T<=t) uni-caudal	0,014713887	
t crítico uni-caudal	2,385095286		t crítico uni-caudal	1,668636287	
P(T<=t) bi-caudal	0,003662801		P(T<=t) bi-caudal	0,029427774	
t crítico bi-caudal	2,653614501		t crítico bi-caudal	1,997136678	

O resultado do teste t para a variação das médias de TA, o tempo administrativo, ao nível de significância 0,01, descarta a casualidade como justificativa para esta variação. Já com TC, só podemos descartar a casualidade ao nível de significância de 0,05 .

A interpretação destes resultados é a de que **TA aumenta em função da reutilização, e que existe uma tendência de redução em TC também como consequência deste tipo de modelagem.**

Apenas para confirmar a idéia de que TT (tempo total) não sofreu variação considerável em função da reutilização, a tabela 6.27 mostra o teste t correspondente.

De fato, de acordo com o que já se havia observado, a variação de TT mesmo no nível de significância 0,05 , deve ser considerada casual (o valor estatístico de t é inferior aos valores críticos uni e bi-caudais.

Tabela 6.27 - Teste t para variável tempo total, TT (PE/PAR)

Teste-t: duas amostras em par para médias de TT		
Nível de significância = 0,05 - diferença de médias = 0		
Comparação nas modelagens com e sem reutilização		
Dadtepar/plan2		
	TT c/reut.	TT s/reut
Média	56,85	53,58
Variância	255,02	440,56
Observações	66	66
Correlação de Pearson	0,130156477	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	65	
Stat t	1,077988526	
P(T<=t) uni-caudal	0,142511618	
t crítico uni-caudal	1,668636287	
P(T<=t) bi-caudal	0,285023235	
t crítico bi-caudal	1,997136678	

Pode-se pois concluir, com base nos dados da pesquisa, que o tempo total gasto na modelagem não varia em função da reutilização. A análise das razões e conseqüências deste fato será realizado no capítulo 8.

7 ANÁLISE DOS EXPERIMENTOS DE MODELAGEM COM DIAGRAMAS DE OBJETOS

Encontram-se disseminadas no meio acadêmico, atualmente, diversas metodologias de Orientação a Objeto [SHL 88, BAI 89, WIR 90, BOO 91, RUM 91, COA 92, JAC 92]. A realidade das empresas comerciais que desenvolvem sistemas de informação, entretanto, é bem diversa. Analistas e engenheiros de software tem ainda muito pouco conhecimento sobre análise no paradigma orientado a objetos e especificamente sobre diagramas de objeto. Esta ferramenta para especificação de requisitos de sistemas é muito pouco utilizada na prática. A opção por uma turma de alunos/analistas de um curso de especialização foi, portanto, novamente uma imposição.

A amostra sobre a qual realiza-se as análises estatísticas no paradigma orientado a objetos (POO), em consequência, é pequena. O número de casos que serão analisados certamente inibirá quaisquer conclusões mais abrangentes. Por outro lado, espera-se que as análises realizadas neste capítulo 7 possam fornecer material suficiente para a identificação de tendências comparáveis àquelas identificadas no capítulo 6, através dos experimentos no paradigma estruturado.

Eventuais comparações de desempenho entre modelagem com DFD's e modelagem com Diagramas de Objeto são desde logo descartadas. O objetivo da pesquisa não é comparar a produtividade entre os dois paradigmas, mas **sim verificar em que medida a produtividade é afetada pela reutilização em cada um deles.**

Os dois experimentos realizados com diagramas de objetos são semelhantes aos que foram realizados com DFD's. De acordo com o que foi exposto na seção 5.2, a turma de alunos foi dividida em 2 grupos. No primeiro experimento, o problema alvo é um *sistema de controle de bibliotecas*: o grupo 1 desenvolve o modelo de objetos correspondente, sem reutilização e o grupo 2 reutiliza, em sua modelagem, um diagrama de objetos correspondente a um *sistema de controle de locação de fitas de vídeo*. No segundo experimento, os participantes que já haviam reutilizado passam a desenvolver o modelo de objetos desde o início e os demais fazem a modelagem com reutilização. O novo alvo é um *sistema de controle e emissão de carteiras de motorista*. O modelo objeto reutilizável corresponde a um *sistema de controle e emissão de títulos de propriedade*.

7.1 Caracterização e experiência dos participantes

Os dados que caracterizam os participantes dos experimentos no POO acham-se sumariados na tabela 7.1 .

Tabela 7.1 - Caracterização dos participantes (OO)

Experimento com Modelo de Objetos							
Análise das variáveis relativas à experiência dos participantes							
Plpucoo2/plan2							
EP				CF			
Exp. Profissional	S/reut.	C/reut.	Total Global	Curso Formal	S/reut.	C/reut.	Total Global
1	4	5	9	0	5	5	10
2	7	7	14	1	6	7	13
Total Global	11	12	23	Total Global	11	12	23
OO				CL			
Exp. em OO	S/reut.	C/reut.	Total Global	Classe de exp.	S/reut.	C/reut.	Total Global
1	11	12	23	1	5	6	11
Total Global	11	12	23	2	6	6	12
				Total Global	11	12	23
AN							
Exp. em Análise	S/reut.	C/reut.	Total Global				
1	4	4	8				
2	6	7	13				
3	1	1	2				
Total Global	11	12	23				

No canto superior direito, através da contagem de CF, verifica-se que, dos 12 participantes, apenas 5 não tem curso formal de graduação na área de informática. A análise da variável EP mostra que 5 tem pouca e 7 tem média experiência profissional. Com relação à orientação a objeto, todos os participantes tem pouca experiência, na medida em que só tomaram contato com OO no curso de especialização. Apenas 1 aluno tem grande experiência em análise. Os demais ou tem experiência média (7) ou pequena (4) em análise de sistemas. Finalmente, pela classificação global dada por CL, concluímos que 6 tem pouca e 6 média experiência em engenharia de software.

As planilhas da tabela 7.1 mostram ainda que a distribuição dos alunos/analistas entre os dois grupos foi feita de forma a permitir que em ambos houvesse capacitação semelhante.

7.2 Experimentos 1 e 2

Devido ao pequeno número de participantes, os dados dos dois experimentos serão estudados como uma única amostra. As análises estatísticas sobre os 23 casos, 11 de modelagem desde o início e 12 de modelagem com reutilização, buscam evidenciar comportamento diferenciado entre médias da avaliação dos modelos (completude e correção), distribuição dos erros e tempos consumidos para elaborar cada etapa da modelagem.

7.2.1 Variação da completude e correção dos modelos com o tipo de modelagem

Através da comparação das médias de AF, variável que representa a completude e correção do modelo de objetos, busca-se identificar se a reutilização introduz um ganho significativo neste aspecto. A tabela 7.2 subsidia esta análise.

Tabela 7.2 - Médias de AF com e sem reutilização (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos				
Análise das médias de AF com e sem reutilização: experimentos 1 e 2				
Plpucoo2/plan2		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut.	C/reut.	Total Global
1	Contagem	5	5	10
	Média de AF	42,20	72,00	57,10
2	Contagem	6	7	13
	Média de AF	56,83	64,71	61,08
Total Contagem		11	12	23
Total Média de AF		50,18	67,75	59,35

Observando-se a planilha da tabela 7.2, é possível elaborar as seguintes conclusões sobre o comportamento de AF:

1. A média da avaliação final (AF) dos modelos em completude e correção, considerando-se os que modelaram desde o início, foi de 50,18. Já os que reutilizaram modelo análogo na modelagem do diagrama de objetos obtiveram média de 67,75, com um ganho de 35 %.

2. O ganho de AF no experimento-1 (70,6 %) foi bem mais significativo do que o ganho no experimento-2 (13,8 %). Aqui, a exemplo do que ocorreu nos experimentos com DFD's, pode-se formular a hipótese de que isto ocorreu em função do *grau de similaridade* do modelo reutilizável em relação ao problema alvo, menor no segundo experimento em relação ao primeiro. Este aspecto será reavaliado no capítulo 8.

Analisada a tendência de um ganho em AF devido à reutilização nos modelos de objetos, busca-se agora definir se é possível descartar a casualidade deste resultado. Os dados relativos ao teste t pertinente ao problema estão na tabela 7.3 .

Pode-se observar pelos dados do teste t que a diferença da média de AF não deve ser atribuída à casualidade, considerando-se um nível de significância de 0,01. De novo, a probabilidade de que H_0 (médias iguais) pudesse ser aceita é muito pequena.

Tabela 7.3 - Teste t para médias de AF com e sem reutilização (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância 0,01- diferença de médias = 0		
Plpucoo2/plan4		
	AF c/reut.	AF s/reut
Média	67,75	50,18
Variância	86,02	86,76
Observações	12	11
Hipótese da diferença de média	0	
gl	21	
Stat t	4,52761667	
P(T < = t) uni-caudal	9,2039E-05	
t crítico uni-caudal	2,51764504	
P(T < = t) bi-caudal	0,00018408	
t crítico bi-caudal	2,83136615	

Continuando a investigação, e já descartada a igualdade das médias foi pesquisado o valor da diferença das médias para o qual ainda se descarta a casualidade. Os resultados deste outro teste t, agora para a hipótese de *diferença de médias = 7*, está na tabela 7.4 .

Tabela 7.4 - Teste t para diferença de médias de AF (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos		
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes		
Nível de significância 0,01- diferença de médias = 0		
Plpucoo2/plan4		
	AF c/reut.	AF s/reut
Média	67,75	50,18
Variância	86,02	86,76
Observações	12	11
Hipótese da diferença de média	0	
gl	21	
Stat t	4,52761667	
P(T < = t) uni-caudal	9,2039E-05	
t crítico uni-caudal	2,51764504	
P(T < = t) bi-caudal	0,00018408	
t crítico bi-caudal	2,83136615	

Este último teste mostra que, para diferenças de médias de AF menores do que 7, com nível de significância = 0,01, a hipótese da casualidade não se sustenta.

Constata-se, pois, no âmbito da pesquisa, que a reutilização de modelos de objetos induz ganhos de completude e correção da ordem de pelo menos 15 %.

7.2.1.1 A reutilização e seus efeitos sobre os diversos tipos de erros de modelagem

Os diagramas de objetos, de acordo com a metodologia de Coad-Yourdon [COA 92], devem ser construídos em cinco níveis: Classe e objeto, estrutura, atributos, assuntos e serviços. O critério de correção dos modelos de objetos desenvolvidos pelos participantes dos experimentos com OO (apresentado na seção 5.2.4), classifica como *modelo de dados* os quatro primeiros níveis e como *modelo dinâmico* (de processamento) o último nível. No modelo dinâmico inclui-se ainda explicitamente as conexões de mensagens inerentes aos serviços. Esta seção busca investigar de que forma a reutilização afeta estes diferentes aspectos da modelagem, de acordo com os dados obtidos na correção dos modelos. A tabela 7.5 mostra a variação das médias de pontos perdidos em consequência de erros dos diversos tipos.

Tabela 7.5 - Redução dos diversos tipos de erros (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos				
Redução dos diversos tipos de erros com a reutilização				
P1pucoo2/plan5				
	Modelagem			
Dados	S/reut.	C/reut.	Total Global	Variação %
Contagem	11,00	12,00	23,00	
Média de CO	4,82	4,25	4,52	11,79
Média de ES	8,09	5,08	6,52	37,17
Média de AT	6,64	2,83	4,65	57,31
Média de AS	3,27	2,08	2,65	36,34
Média de SE	12,91	8,58	10,65	33,51
Média de CM	14,09	9,42	11,65	33,17
Média de PT	49,82	32,25	40,65	35,26

A exemplo do que já havia ocorrido com os modelos com Diagramas de Fluxo de Dados, os Diagramas de Objeto modelados com reutilização apresentam uma sensível redução em todos os tipos de erros. A menor variação nos erros ocorreu com a identificação de classes e objetos (11,79 %), enquanto que a maior se verificou na definição dos atributos (57,31 %). As demais reduções situaram-se próximas à média de redução do total de pontos perdidos com os erros (PT): uma redução de 35,26 %.

Como a média de AF, medida da correção e completude, é derivada de PT ($AF = 100 - PT$), já se pode antever que o teste t para médias de PT indicará que a redução, neste caso, também não deve ser unicamente atribuída à casualidade.

7.2.2 Comportamento das variáveis relativas à experiência dos participantes

Neste ponto da pesquisa, busca-se verificar se a experiência do participante em análise tem ou não relação com a redução da completude e correção dos modelos construídos na modelagem com reutilização. Como a experiência em análise orientada a objeto é a mesma para todos os participantes (seção 7.1), a investigação será feita apenas com relação à AN.

A tabela 7.6 mostra a variação de AF em função da experiência em análise (AN) do participante.

Tabela 7.6 - Variação de AF e a experiência dos participantes (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos				
Redução de AF na reutilização em função da exp. dos ptes.				
Plpucoc2/plan6				
Modelagem				
Exp. em Análise	Dados	S/reut.	C/reut.	Var. % de AF
1	Contagem	4	4	
	Média de AF	51,25	71,75	40,00
2	Contagem	6	7	
	Média de AF	48,00	65,43	36,31
3	Contagem	1	1	
	Média de AF	59,00	68,00	15,25

Os dados da tabela 7.6 indicam que há maior benefício com a reutilização (maior variação de AF), na modelagem feita pelos alunos/analistas de menor experiência (40 %). Observe-se que a diferença deste ganho em relação ao dos de média experiência (36,31 %) é pequena. Como só existem dois participantes com grande experiência, a variação de AF para esta categoria não tem qualquer valor estatístico.

7.2.3 Comportamento das variáveis relativas a tempo nas etapas da modelagem

O último aspecto a ser investigado nos experimentos com modelos de objetos é a variação dos tempos gastos em cada etapa da modelagem, com e sem reutilização. A tabela 7.7 evidencia os dados necessários a esta análise.

Tabela 7.7 - Variação dos tempos na modelagem com e sem reutilização (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos			
Variação dos tempos gastos nas etapas da modelagem			
Plpucoo2/plan7			
Modelagem			
Dados	S/reut.	C/reut.	Variação %
Contagem	11	12	
Média de T1	10,55	7,50	28,88
Média de T2	0,00	6,25	
Média de T3	0,00	7,92	
Média de T4	12,55	9,75	22,28
Média de T5	32,00	25,00	21,88
Média de T6	6,73	6,25	7,09
Média de TA	17,27	27,92	-61,62
Média de TC	44,55	34,75	21,99
Média de TT	61,82	62,67	-1,37

Observa-se na análise da tabela 7.7 que os tempos gastos na análise da especificação reutilizável (T2) e na identificação de classes e objetos reutilizáveis (T3), que só ocorrem na modelagem com reutilização, são determinantes para o acréscimo de TA (calculado pela soma de T1, T2, T3 e T6). Este acréscimo, de 61,62 %, entretanto, é quase neutralizado pelo decréscimo de TC (tempo de construção do modelo de objetos, obtido pela soma de T4 e T5), de 21,99 %.

Resumindo a avaliação do que ocorre com os tempos gastos nas diversas etapas da modelagem, podemos formular a hipótese de que, **se por um lado a reutilização diminui consideravelmente os tempos de construção do modelo de objetos, por outro os tempos administrativos adicionais que introduz anulam este benefício.**

O teste t será novamente utilizado para que se possa verificar se esta variação dos tempos TA e TC são ou não meramente casuais. A tabela 7.8 mostra os dados dos dois testes.

Os resultados do teste, tanto para TA como para TC, mostram que num nível de significância de 0,01, a hipótese de igualdade de médias H_0 , pode ser descartada. A reutilização surge como causa primeira para a diferença de médias dos tempos analisados nos dois tipos de modelagem.

Tabela 7.8 - Teste t para médias de TA e TC com e sem reutilização (OO)

Experimentos com Modelos de Objetos					
Teste-t: duas amostras presumindo variâncias diferentes					
Nível de significância 0,01- diferença de médias = 0					
Ppucoc2/plan8					
	TA s/reut.	TA c/reut.		Tc s/reut.	Tc c/reut.
Média	17,27	27,92	Média	44,55	27,92
Variância	51,02	73,54	Variância	257,67	73,54
Observações	11	12	Observações	11	12
Hipótese da dif. de média	0		Hipótese da dif. de média	0	
gl	21		gl	15	
Stat t	-3,243931792		Stat t	3,058864042	
P(T<=t) uni-caudal	0,001942945		P(T<=t) uni-caudal	0,003979128	
t crítico uni-caudal	2,517645044		t crítico uni-caudal	2,602482709	
P(T<=t) bi-caudal	0,00388589		P(T<=t) bi-caudal	0,007958256	
t crítico bi-caudal	2,831366146		t crítico bi-caudal	2,946726454	

A conclusão é mais uma vez semelhante àquela dos experimentos com diagrama de fluxo de dados: a reutilização de modelos análogos reduz o tempo de construção, mas este ganho é neutralizado pelo acréscimo de tempo administrativo consumido na análise da aplicação e dos modelos reutilizáveis.

8 ANÁLISE DA PESQUISA E CONCLUSÕES

O objetivo da análise dos resultados dos experimentos 1 e 2, tanto na modelagem com Diagramas de Fluxo de Dados como na modelagem com Diagrama de Objetos, realizada neste capítulo, é o de comparar a qualidade e completude dos modelos, e a produtividade dos participantes nos dois processos de modelagem, com e sem reutilização de modelos por analogia. Os resultados desta comparação serão então analisados e confrontados com as características de cada processo de modelagem, visando-se *explicar* e *justificar* eventuais vantagens de um processo sobre o outro. Dificuldades e problemas inerentes ao processo de reutilização deverão ser apontados, e, na última seção do capítulo são enumerados uma série de aspectos da reutilização sistemática que ainda requerem pesquisa adicional, delineando-se assim o roteiro para continuação do presente trabalho.

8.1 Análise crítica dos resultados dos experimentos com DFD's

De acordo com os objetivos iniciais da pesquisa, esta análise crítica será realizada internamente a cada um dos paradigmas de modelagem, e não de forma a confrontá-los, tarefa para a qual o protocolo experimental utilizado seria inadequado. Previamente à análise dos resultados, a seção 8.1.1 apresenta uma breve discussão sobre as características dos dois experimentos em relação aos fatores capazes de comprometer sua validade interna e externa (seção 4.2.1).

8.1.1 Validade interna e externa dos experimentos 1 e 2

Na seção 4.3.1, já analisamos os aspectos de validade do protocolo experimental utilizado na pesquisa, Entretanto, existem algumas diferenças básicas entre os experimentos 1 e 2. O experimento 2 foi realizado sempre, em todas as turmas, um determinado período de tempo após o experimento-1. Estes intervalos foram diferentes para cada turma, variando de um dia a uma semana. Já foi ressaltado que os problemas a serem modelados no experimento-2 foram diferentes daqueles utilizados no experimento-1. Convém lembrar, ainda, que os participantes do experimento-2 também participaram do experimento-1, embora com papéis invertidos (os participantes que reutilizaram no experimento-1 modelaram sem reutilização no experimento-2 e vice-versa). Feitas estas considerações, torna-se visível a existência de pelo menos dois aspectos que diferenciam os experimentos 1 e 2:

- a. **a questão do aprendizado** - quando os participantes realizaram o experimento-2, estavam já mais familiarizados com as técnicas de modelagem de diagramas e talvez de reutilização de diagramas do que no experimento-1.
- b. **a questão dos problemas serem diferentes** - a diferença eventual na complexidade do problema alvo entre os dois experimentos pode

conduzir a resultados diferentes. Este efeito seria ainda mais aumentado em função de eventual diferença no grau de similaridade dos problemas cujos modelos foram reutilizados nos dois experimentos. Durante a análise das conclusões da pesquisa, serão feitas maiores referências a estes dois aspectos.

8.1.2 Variações de AF em função do tipo de modelagem

Uma das variáveis mais importantes no contexto da experimentação proposta pela tese é AF, avaliação final do modelo, que mede o grau de completude e correção, de acordo com as diretrizes propostas no capítulo 5. Quanto mais alta for a média de AF para os modelos de uma determinada amostra, maior o grau de completude e correção destes modelos. A tabela 8.1 apresenta dados sobre AF em três amostras distintas: o experimento-1, o experimento-2 e o conjunto dos dois experimentos com Diagramas de Fluxo de Dados.

Tabela 8.1- Variação de AF de acordo com o tipo de modelagem (PE/F)

Experimentos com Diagramas de Fluxo de Dados				
Variação de média, desvio padrão, valores mínimo e máximo de AF				
Comparação dos dados obtidos com e sem reutilização				
Dadotese/plan17				
		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut.	C/reut.	Variação
1	Contagem	51	50	
	Média de AF	64,51	84,80	31,45
	DesvPad de AF	20,89	9,95	
	Máximo de AF	95	100	
	Mínimo de AF	15	60	
2	Contagem	39	35	
	Média de AF	64,49	75,00	16,30
	DesvPad de AF	16,81	9,39	
	Máximo de AF	95	95	
	Mínimo de AF	10	50	
Total Contagem		90	85	
Total Média de AF		64,50	80,76	25,22
Total DesvPad de AF		19,12	10,82	
Total Máximo de AF		95	100	
Total Mínimo de AF		10	50	

Com o objetivo de tornar mais claras as conclusões no paradigma estruturado, as mesmas serão apresentadas na mesma ordem, referenciando-se cada uma delas por um mnemônico comum:

a. experimento-1 - A tabela 8.1 mostra claramente que os diagramas construídos mediante reutilização de modelos análogos **são mais completos e corretos** do que os diagramas construídos desde o início, sem reutilização. A variação da média de AF, obtida no experimento-1, é de 31,45 %. A medida do desvio padrão, reduzida à metade com a reutilização, mostra que neste processo de modelagem os resultados foram mais homogêneos. Os participantes tiveram seu conhecimento nivelado num patamar relativamente alto (média de AF = 84,8). Os valores máximos e mínimos em cada tipo de modelagem, reforçam a mesma conclusão, isto é, de que a reutilização por analogia é um processo de modelagem que produz diagramas mais completos e corretos do que a modelagem desde o início.

b. experimento-2 - Todas as conclusões obtidas pela análise do experimento-1 são válidas para o experimento-2. Há, entretanto, uma diferença fundamental: **os ganhos em completude e correção caem à metade em relação aos do experimento-1: 16,3 %**. O próximo item analisa justamente as razões para esta diferença.

c. diferença no ganho de correção e amplitude entre os dois experimentos - A planilha 8.1 mostra que as médias de AF, sem reutilização, são praticamente iguais nos dois experimentos (64,51 e 64,49). Este fato demonstra que **os dois problemas alvo tem grau de complexidade semelhante**. Considerando-se a questão do aprendizado referida na seção 8.1.1, a igualdade das médias de AF nos dois experimentos pode sugerir que o segundo experimento é um pouco mais complexo que o primeiro. Assim, uma pequena diminuição do ganho em correção e amplitude no experimento-2 era de certa forma esperada. Entretanto, a variação da média de AF com e sem reutilização no experimento-2 foi mais ou menos a metade daquela obtida com o experimento-1, 16,3 %. Uma variação desta ordem não pode ser atribuída apenas a uma pequena diferença de complexidade (aliás compensada pela questão do aprendizado)

O que realmente justifica o ganho inferior é **a diferença no grau de similaridade entre os problemas alvo e os problemas cujos modelos foram reutilizados**. No primeiro caso, os dois sistemas eram muito semelhantes (controle de locação de fitas de vídeo e controle de locação de automóveis).

Para que se obtivesse o modelo final no experimento-1, bastava substituir os nomes dos terminadores e fluxos no diagrama contextual reutilizável. Já no diagrama de nível 0, era possível utilizar-se os mesmos processos bastando renomeá-los. As duas especificações narrativas tinham a mesma estrutura, ressaltando a analogia (ver Anexos 01 e 02).

No segundo experimento, entretanto, a similaridade embora considerável, era bem menor. Neste caso, o problema alvo era um sistema de controle de alocação de leitos em hospitais e o problema reutilizável era um sistema de controle de reserva de passagens aéreas. As duas descrições narrativas foram apresentadas numa forma não-estruturada (Anexos 03 e 04). Uma das diferenças básicas entre os dois problemas era a existência, no controle de leitos hospitalares, de um arquivo denominado *prontuário* onde devem ser armazenados todos os dados clínicos do paciente. Além deste arquivo deveria ser previsto outro, com os dados financeiros/administrativos. Vários alunos

analistas, ao reutilizar os diagramas do problema referente ao controle das passagens aéreas não foram capazes de verificar a existência adicional do *prontuário*. Simplesmente, num processo típico de *cópia*, já referenciado na bibliografia [NOV 88, CHI 89 e MAI 92], modelaram a solução com um arquivo único, misturando informações de caráter financeiro/administrativo e informações clínicas. Além disso, a ênfase no problema alvo era o *trâmite de documentação e o processo de pagamento*, ao passo que no problema reutilizável era *a reserva das passagens*. Além disso, a especificação narrativa do problema alvo continha detalhes de procedimentos que só seriam necessários nos níveis seguintes, não modelados no experimento.

A questão do grau de similaridade, conforme ficou demonstrado, é de fundamental importância ao sucesso do processo de reutilização.

8.1.3 Variações dos tipos de erros em função do tipo de modelagem

Outro objetivo importante da pesquisa foi verificar se a reutilização de modelos análogos inibia mais particularmente alguns tipos específicos de erros.

O esquema de avaliação dos modelos construídos durante os experimentos (seção 6.1.4), adotou a seguinte taxonomia: perda de pontos por erros sintáticos (P1) e semânticos (P2) no diagrama contextual e perda de pontos por erros sintáticos (P3) e semânticos (P4) no diagrama de nível 0. O total de pontos perdidos devido a erros, (PT) é simplesmente a soma de P1, P2, P3 e P4.

A tabela 8.2 apresenta os dados relativos aos erros na modelagem com e sem reutilização, no experimento-1, no experimento-2 e na amostra total dos dois experimentos em conjunto.

a. experimento-1 - reforçando-se o que já se afirmou no capítulo 6, a redução dos diversos tipos de erros na modelagem com reutilização é realmente considerável. Em média, os pontos perdidos devido a erros são reduzidos a menos da metade (de 35,49 a 15,20). Mais do que isto, os erros sintáticos são quase eliminados, com reduções da ordem de até 93 % no diagrama contextual. Já com os erros semânticos, ocorrem reduções da ordem de 47 %, também no diagrama contextual. Deduz-se a partir daí que a reutilização de modelos por analogia, reduz mais os erros sintáticos que os erros semânticos, servindo para ensinar os alunos/analistas menos experientes a construir modelos sintaticamente mais corretos.

b. experimento-2 - os dados do experimento-2, embora corroborem o fato de que a reutilização induz de fato à construção de modelos mais corretos e completos, não confirma serem os erros sintáticos os que maior redução sofrem.

Tabela 8.2 - Variação dos erros com o tipo de modelagem (PE/F)

Experimentos com Diagramas de Fluxo de Dados				
Variação dos vários tipos de erros, P1, P2, P3, P4 e PT				
Comparação dos dados obtidos com e sem reutilização				
Dadotese/plan18				
		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut.	C/reut.	Redução %
1	Contagem	51	50	
	Média de P1	2,75	0,10	96,36
	Média de P2	7,59	4,04	46,76
	Média de P3	11,08	2,00	81,95
	Média de P4	14,08	9,06	35,65
	Média de PT	35,49	15,20	57,17
2	Contagem	39	35	
	Média de P1	0,90	0,86	4,49
	Média de P2	12,69	9,29	26,84
	Média de P3	6,15	4,14	32,68
	Média de P4	15,77	10,71	32,06
	Média de PT	35,51	25,00	29,60
Total Contagem		90	85	
Total Média de P1		1,94	0,41	78,82
Total Média de P2		9,80	6,20	36,73
Total Média de P3		8,94	2,88	67,77
Total Média de P4		14,81	9,74	34,23
Total Média de PT		35,50	19,24	45,82

c. **diferença entre a diminuição de erros nos dois experimentos** - É importante ressaltar que no segundo experimento, os pontos perdidos em função de erros sintáticos (P1 e P3) foram bem menores do que no primeiro experimento. Isto pode ser explicado pela *questão do aprendizado*, referida na seção 8.1.1. Já os erros semânticos aumentaram no segundo experimento, provavelmente devido ao *menor grau de similaridade existente entre o problema alvo e o problema reutilizável*, fato já discutido na seção 8.1.2. Os dois fatores combinados acabaram determinando que no experimento-2 a redução dos erros não tivesse comportamento semelhante ao do experimento-1.

8.1.4 Variações dos tempos em função do tipo de modelagem

A questão dos tempos gastos por atividade nos dois processos de modelagem com e sem reutilização, é de fundamental importância. No capítulo 3 evidenciamos claramente que aos eventuais benefícios da reutilização iria contrapor-se um aumento no esforço de modelagem, devido às atividades adicionais inerentes ao segundo processo: afinal, é preciso ler e entender a especificação reutilizável antes de se tornar possível a reutilização. Para avaliar corretamente estas diferenças no esforço de modelagem, apropriamos, durante os experimentos, os tempos gastos pelos alunos/analistas em cada atividade. Isto foi feito através de uma planilha inserida no

material distribuído aos participantes, que as iam preenchendo a medida que realizavam as diversas atividades da modelagem. Além de verificar o tempo adicional gasto para ler e compreender a especificação análoga, buscava-se também verificar a variação do esforço que a reutilização determinaria sobre as tarefas comuns aos dois processos. O esquema da planilha permitiu a apropriação do tempo para ler a especificação narrativa do problema alvo (T1), tempo para ler e compreender a especificação reutilizável (T2), quando da modelagem com reutilização, tempo para construir o diagrama contextual (T3), tempo para construir o diagrama de nível 0 (T4), e tempo para revisão final dos dois diagramas (T5). Mais tarde, na consolidação das tabelas para análise estatística, foram criadas as variáveis **TA** (tempo administrativo = soma de T1, T2 e T5) e **TC** (tempo de construção = soma de T3 e T4). A tabela 8.3 fornece os dados relativos aos tempos consumidos em cada etapa nos dois processos de modelagem, nos dois experimentos.

Tabela 8.3 - Variação dos tempos em função do tipo de modelagem (PE/F)

Experimentos com Diagramas de Fluxo de Dados				
Variação dos tempos nas atividades, T3, T4, TA, TC e TT				
Comparação dos dados obtidos com e sem reutilização				
Dadotese/plan19				
		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut	C/reut	Variação
1	Contagem	51	50	
	Média de T3	12,16	11,08	8,86
	Média de T4	23,24	17,16	26,15
	Média de TA	33,00	33,14	-0,42
	Média de TC	35,39	28,24	20,21
	Média de TT	68,39	61,38	10,25
2	Contagem	39	35	
	Média de T3	11,95	12,34	-3,30
	Média de T4	18,13	15,09	16,78
	Média de TA	24,49	27,46	-12,13
	Média de TC	30,08	27,43	8,81
	Média de TT	54,56	54,89	-0,59
Total Contagem		90	85	
Total Média de T3		12,07	11,60	3,87
Total Média de T4		21,02	16,31	22,44
Total Média de TA		29,31	30,80	-5,08
Total Média de TC		33,09	27,91	15,66
Total Média de TT		62,40	58,71	5,92

a. experimento 1 - observa-se, em primeiro lugar, que o tempo total gasto na construção dos diagramas nos dois tipos de modelagem **difere muito pouco**. Já ressaltamos na seção 6.2.3, que o tempo que mais redução sofreu (26,15) foi justamente a tarefa mais difícil, que é a construção do diagrama de nível 0. Mas, a conclusão mais importante é a de que *a redução nos tempos de construção dos diagramas compensou a pequena variação nos tempos administrativos* (devida à necessidade de uma análise

adicional da aplicação reutilizável...), permitindo que a média do tempo total, variável TT diminuísse ainda na modelagem com reutilização. Além disso, num ambiente de efetiva reutilização, os recursos reutilizáveis serão utilizados várias vezes pelos mesmos analistas, o que determinará uma diminuição gradativa do tempo necessário à análise e entendimento do problema reutilizável.

b. experimento-2 - os resultados do experimento-2 mostram um comportamento diferente, na medida em que o tempo adicional devido a leitura e entendimento da especificação reutilizável não é mais compensado por uma diminuição no tempo de construção dos diagramas.

c. diferença na distribuição dos tempos nos experimento 1 e 2 - como já foi referido, uma complexidade um pouco maior do problema e um grau de similaridade menor entre o problema alvo e o problema reutilizável, fizeram com que a construção dos diagramas no experimento-2 fosse sensivelmente mais difícil do que no experimento-1. Isto fez com que a redução de TC fosse menor, causando a diferença dos resultados em relação ao experimento-1.

A análise realizada dos resultados dos experimentos no paradigma estruturado, com modelagem através de Diagramas de Fluxo de Dados, permite a seguinte constatação: **mediante reutilização de modelos análogos, foi possível a construção de diagramas mais corretos e completos, sem aumento considerável de esforço.**

8.2 Análise crítica dos resultados dos experimentos com Modelos de Objetos

O objetivo da pesquisa no que se refere aos dois experimentos com os diagramas de objetos, de acordo com a metodologia proposta por Coad & Yourdon [COA 92], foi o de verificar se os resultados obtidos na reutilização de diagramas de fluxo de dados poderiam ser estendidos também a outras ferramentas de modelagem. De acordo com as considerações realizadas no capítulo 4, a escolha dos diagramas de objetos, como segundo paradigma de modelagem se deu em razão de que estes modelos agregam aspectos do comportamento dinâmico do sistema aos aspectos estáticos modelados por outras ferramentas (modelo entidade-relacionamento, por exemplo). Mesmo com uma pequena amostra, composta de 23 modelos, algumas considerações importantes podem ser formuladas a partir da pesquisa no paradigma orientado a objeto.

8.2.1 Validade interna e externa dos experimentos 1 e 2

Os experimentos no POO foram feitos com o mesmo protocolo experimental e a mesma estratégia utilizada quando dos experimentos com diagramas de fluxo de dados. As considerações sobre validade interna e externa realizadas na seção

8.1.1 aplicam-se integralmente, já que, de novo, o experimento-2 foi realizado com um problema um pouco mais complexo e com reutilização de modelo com grau de similaridade menor do que no experimento-1. Novamente o experimento-1 deve ser considerado mais representativo do que o experimento-2, especialmente em função da *questão do aprendizado* já discutida na análise dos experimentos com DFD's.

8.2.2 Variações de AF em função do tipo de modelagem

A variação da completude e correção dos diagramas de objetos em decorrência da reutilização foi bastante diferente nos dois experimentos. A análise realizada sobre a tabela 8.4 busca justificar este resultado.

Tabela 8.4 - Variação de AF de acordo com o tipo de modelagem (POO)

Experimentos com Modelos de Objetos				
Variação da média, desvio padrão, valores mínimo e máximo de AF				
Comparação dos dados obtidos com e sem reutilização				
Plpucoo2/plan9				
		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut.	C/reut.	Variação
1	Contagem	5	5	
	Média de AF	42,20	72,00	70,62
	DesvPad de AF	6,50	10,44	
	Máximo de AF	48	89	
	Mínimo de AF	32	61	
2	Contagem	6	7	
	Média de AF	56,83	64,71	13,87
	DesvPad de AF	4,79	7,70	
	Máximo de AF	63	74	
	Mínimo de AF	49	55	
Total Contagem		11	12	
Total Média de AF		50,18	67,75	35,01
Total DesvPad de AF		9,31	9,27	
Total Máximo de AF		63	89	
Total Mínimo de AF		32	55	

No experimento-1 a variação da média de AF foi bastante alta, na ordem de 70 %. Como vimos na seção 7.2.1, o teste t elimina a hipótese da casualidade, o que implica ser possível admitir que a reutilização proporcionou uma grande melhoria na completude e correção dos diagramas de objetos. É preciso considerar que os valores máximos e mínimos de AF (48 e 32), indicam que os participantes do experimento tinham pouca experiência na modelagem orientada a objeto. De fato, de acordo com o exposto na seção 5.2.1, a experiência do grupo se limitava exclusivamente às aulas teóricas e exercícios práticos realizados em aula, nos dois meses que antecederam a realização dos experimentos. Nestas condições, pois, torna-se visível o efeito positivo da reutilização quando realizada por grupos pouco experientes.

Também no segundo experimento com diagrama de objetos a qualidade dos modelos aumentou com a reutilização. Entretanto, o ganho, neste caso, foi bem menor: uma variação de apenas 13,87 % em AF. No próximo item analisamos as causas deste comportamento.

Na planilha 8.4 verificamos que a média de AF na modelagem sem reutilização no experimento-2 (56,83) é superior a mesma média no experimento-1 (42,20). Ao analisarmos as especificações narrativas dos problemas alvo nos experimentos 1 e 2 (Anexos 5 e 7) verificamos que os requisitos do *sistema de controle de bibliotecas* e do *sistema de controle e emissão de carteiras de motorista* são igualmente simples. A diferença na média de AF, neste caso, deve ser atribuída ao *efeito aprendido*, referido na seção 8.1.1. Por outro lado, na análise das médias de AF, na modelagem com reutilização, verificamos que os participantes no segundo experimento obtiveram um índice menor (64,71) do que o obtido pelo grupo que reutilizou no primeiro experimento (72,00). Trata-se, novamente, do efeito da diferença do grau de similaridade entre problema alvo e problema reutilizável nos dois experimentos. No experimento-1, o *sistema de controle de biblioteca* e o sistema de controle de locações de fitas de vídeo são bastante similares (o que varia de fato é o nome do objeto e seus atributos, mas não os procedimentos ou *serviços* relacionados). O mesmo já não ocorre com o *sistema de emissão de títulos de propriedade* e o *sistema de emissão e controle de carteiras de motorista* utilizados no experimento-2 (Anexos 6 e 8). O problema alvo, neste caso, envolve um conjunto de procedimentos relativos à organização e apropriação de resultados do curso teórico de direção, sem similar no problema reutilizável. Repete-se claramente aqui o efeito já percebido no experimento-2 com diagramas de fluxo de dados.

8.2.3 Variações dos tipos de erros em função do tipo de modelagem

Neste ponto da pesquisa busca-se evidenciar uma eventual diferença no efeito da reutilização sobre os aspectos dinâmicos e estáticos do diagrama de objetos. A tabela 8.5 foi organizada com o objetivo de facilitar esta análise. A variável ME (de modelo estático), é a soma dos pontos perdidos pelos participantes na modelagem de *classes e objetos* (CO), *estruturas* (ES), *atributos* (AT) e *assuntos* (AS). Já MD (de modelo dinâmico), é a soma dos pontos perdidos na modelagem de *serviços* (SE) e *conexões de mensagem* (CM).

No experimento-1, onde o modelo do problema alvo e o modelo do problema reutilizável eram bastante similares, houve maior redução percentual na média de MD (59,35 %) do que na média de ME (42,54 %). Já no segundo experimento, os resultados são diferentes, com a redução da média de ME ficando em 31,14 % e a de MD em apenas 7,65 %.

Tabela 8.5: Variação dos erros com o tipo de modelagem (POO/F)

Experimentos com Modelos de Objetos				
Variação dos erros associados aos modelos estático e dinâmico				
Comparação dos dados obtidos com e sem reutilização				
Plpucoo2/plan10				
		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut.	C/reut.	Variação
1	Contagem	5	5	
	Máximo de ME	35	24	
	Mínimo de ME	21	5	
	Média de ME	26,80	15,40	42,54
	Máximo de MD	40	17	
	Mínimo de MD	25	6	
	Média de MD	31,00	12,60	59,35
2	Contagem	6	7	
	Máximo de ME	27	23	
	Mínimo de ME	15	4	
	Média de ME	19,50	13,43	31,14
	Máximo de MD	30	30	
	Mínimo de MD	20	8	
	Média de MD	23,67	21,86	7,65
Total Contagem		11	12	
Total Máximo de ME		35	24	
Total Mínimo de ME		15	4	
Total Média de ME		22,82	14,25	37,55
Total Máximo de MD		40	30	
Total Mínimo de MD		20	6	
Total Média de MD		27,00	18,00	33,33

A questão do grau de similaridade entre problema alvo e problema reutilizável, referido na seção 8.2.2, parece justificar a inversão ocorrida. Entretanto, não há subsídios suficientes para se afirmar haver de fato um efeito diferenciado da reutilização sobre os erros relacionados aos aspectos estáticos e dinâmicos do modelo.

8.2.4 Variações dos tempos em função do tipo de modelagem

Relativamente aos tempos gastos pelos participantes nas diversas atividades de modelagem com diagrama de objetos segundo os dois processos, com e sem reutilização, esperava-se a repetição do que ocorreu com os experimentos no paradigma estruturado: apenas uma pequena variação no tempo total da modelagem.

Tabela 8.6: Variação dos tempos em função do tipo de modelagem (POO/F)

Experimentos com Modelos de Objetos				
Variação dos tempos nas atividades durante a modelagem				
Comparação dos dados obtidos com e sem reutilização				
Plpuc002/plan11				
		Modelagem		
Experimento	Dados	S/reut.	C/reut.	Variação
1	Contagem	5	5	
	Média de TA	20,40	26,20	-28,43
	Média de TC	38,40	37,80	1,56
	Média de TT	58,80	64,00	-8,84
2	Contagem	6	7	
	Média de TA	14,67	29,14	-98,70
	Média de TC	49,67	32,57	34,42
	Média de TT	64,33	61,71	4,07
Total Contagem		11	12	
Total Média de TA		17,27	27,92	-61,62
Total Média de TC		44,55	34,75	21,99
Total Média de TT		61,82	62,67	-1,37

A tabela 8.6, embora mostre a ocorrência de pequenas alterações entre as médias no experimento-1 e no experimento-2, de fato confirma esta tendência.

8.3 Conclusões

A contribuição da pesquisa deve ser analisada em função de seu objetivo e escopo, delineados no capítulo 4, onde também foi definida e justificada a estratégia a ser utilizada na realização dos experimentos. As principais conclusões, resultados e contribuições da pesquisa serão apresentados em duas seções, de acordo com a origem das informações que lhes dão sustentação: resultados da análise estatística e observações colhidas durante os experimentos e nos questionários preenchidos por todos os alunos/analistas que participaram dos experimentos de modelagem reutilizando modelos análogos.

8.3.1 Resultados da análise estatística.

A realização de quatro experimentos, sendo dois com Diagramas de Fluxo de Dados e dois com Diagramas de Objetos, todos visando comparar resultados da modelagem com e sem reutilização, evidenciou, de acordo com o esperado, uma série de conclusões sobre o processo de modelagem de requisitos:

a. completude e correção dos modelos - Sem dúvida, a principal conclusão que a análise dos experimentos proporcionou foi a de que a modelagem de requisitos de sistemas de informação através da reutilização de modelos de requisitos de

sistemas análogos produz resultados mais completos e corretos do que a modelagem tradicional, sem reutilização. A análise do experimento-1, realizada na seção 6.2.1 mostrou-se que a média de AF nos modelos construídos com reutilização foi na ordem de 30 % mais alta do que a média de AF alcançada nos demais modelos. Entre as diversas turmas que participaram do experimento, o aumento da média de AF na modelagem com reutilização variou de 50 a 20 %. O teste t, realizado para verificar se estes resultados poderiam ser atribuídos ao acaso, negou esta hipótese, permitindo que o ganho em completude e correção fosse atribuído ao novo paradigma de modelagem.

b. efeitos da reutilização sobre os erros de modelagem - de acordo com a descrição dos experimentos, realizada na seção 5.1.4, os erros nos experimentos com DFD's foram diferenciados em sintáticos e semânticos. O experimento-1 permitiu concluir que na modelagem com reutilização ocorre uma maior redução dos erros relacionados a aspectos sintáticos da modelagem de DFD's (no modelo de nível 0, os erros sintáticos foram reduzidos em 82 % e os erros semânticos em 35 %). Novamente a hipótese do acaso foi excluída em função dos resultados do teste t.

c. tempos gastos nas diversas etapas da modelagem - os tempos gastos na leitura das especificações e revisões dos modelos, considerados tempos administrativos, não variaram muito nos dois tipos de modelagem, mesmo considerando-se o tempo adicional gasto com a especificação reutilizável. Por outro lado, os tempos efetivamente gastos para *construir* os diagramas contextual e nível 0 diminuíram na ordem de 20 % na modelagem com reutilização. As médias de TT, tempo total gasto pelos participantes nos dois tipos de modelagem foram semelhantes (diferença na ordem de 10 %). Conclui-se, aqui, que a diminuição dos tempos de construção dos modelos, basta para compensar o pequeno aumento do tempo administrativo devido a necessidade de ler e compreender o modelo reutilizável.

d. experiência dos participantes - de acordo com o que foi exposto na seção 6.2.2, a expectativa de que houvesse um benefício maior da reutilização entre os participantes de menor experiência, não pode ser comprovada. Embora os dados do experimento-1 mostrassem uma tendência nesta direção, o teste t não descartou a hipótese da casualidade para a variação das médias entre os participantes de menor e maior experiência.

e. a questão do benefício da reutilização - exclusivamente no âmbito dos experimentos, onde já haviam sido selecionados e postos à disposição dos participantes os modelos reutilizáveis, pode-se afirmar que na modelagem realizada com reutilização ocorreu o *benefício relativo* [KR 89] referido na seção 3.6. Mesmo aceitando-se que a média do tempo total na construção dos modelos com reutilização é levemente maior que a média correspondente na modelagem sem reutilização, as vantagens diretas (advindas da maior correção e completude dos modelos) e as indiretas (gastos menores com manutenção) compensam o esforço adicional.

f. os resultados dos experimentos com diagramas de objetos - no capítulo 7 analisamos detalhadamente os experimentos no POO, utilizando-se diagramas de objeto. Fazendo-se as ressalvas necessárias quanto ao tamanho da amostra e falta de experiência dos participantes com análise orientada a objeto, verifica-se que os

resultados destes experimentos confirmam as conclusões obtidas com a modelagem através de DFD's. Novamente os modelos construídos com reutilização foram mais completos e corretos e mais uma vez o aumento dos tempos administrativos foi compensado pela diminuição dos tempos gastos na construção dos modelos. Os resultados dos experimentos no POO e no Paradigma Estruturado permitem supor que com outros modelos, a exemplo dos Diagramas de Entidade Relacionamento, a reutilização tenha resultado semelhante.

f. o grau de similaridade dos modelos - ficou demonstrado também, a existência de uma série de pré-requisitos para que o benefício da reutilização seja expressivo. A realização do experimento-2 em ambos os paradigmas deixou claro que o grau de similaridade entre o modelo do problema alvo e o do problema reutilizável é fator decisivo no sucesso ou insucesso da modelagem com reutilização. As seções 6.3 (no que se refere aos experimentos com DFD's) e 7.2.1 (no que se refere aos diagramas de objeto), evidenciam resultados bastante conclusivos: quanto menor for o grau de similaridade entre o novo problema e o problema reutilizável, menores serão as diferenças na correção e completude entre os métodos de modelagem com e sem reutilização. De maneira contrária, os tempos na modelagem com reutilização aumentam em relação aos tempos na modelagem desde o início, sem reutilização, a medida que a similaridade diminui. Em outras palavras, **os benefícios da reutilização caem drasticamente com a diminuição do grau de similaridade.**

8.3.2 Observações e impressões colhidas durante os experimentos

A pesquisa desenvolvida no âmbito do Paradigma Estruturado, com a modelagem sendo feita com DFD's, envolveu, em média, cerca de 20 horas de contato em aula com cada uma das quatro turmas *Sintel93*, *Sintel94*, *Puc* e *Join*. Na preparação e realização dos dois experimentos no Paradigma Orientado a Objeto, foram gastos mais 25 horas com uma nova turma de curso de especialização da Puc. Foram, portanto, mais de 100 horas de contato direto com 114 analistas, a maioria deles empregados nas mais variadas empresas da Grande Porto Alegre, e de Joinville em Santa Catarina (seções 5.1.1 e 5.2.1), caracterizando sem dúvida, uma boa amostra do universo de analistas de nossas empresas de desenvolvimento. Das inúmeras informações obtidas durante as aulas prévias, da observação direta realizada durante os exercícios e experimentos, dos contatos informais e do questionário de avaliação preenchido pelos participantes após a modelagem com reutilização, surgiram uma série de considerações importantes que serão discutidas a seguir.

a. metodologias de desenvolvimento - a principal dificuldade observada no que se refere à reutilização foi a pouca familiaridade **prática** dos alunos/analistas com metodologias de desenvolvimento. Os sistemas de informação, na maioria das empresas, ainda são desenvolvidos pelos métodos tradicionais. Linguagens de quarta geração e ferramentas CASE - Computer-Aided Systems Engineering, são instrumentos de trabalho de uma pequena minoria dos alunos/analistas que participaram da pesquisa. Diante deste quadro, a modelagem através da reutilização parece bastante distante da realidade de suas atividades atuais. A expectativa prévia dos participantes, portanto, era a de que iriam participar de uma experiência acadêmica sem perspectiva, para eles, de utilização num futuro próximo.

b. a impressão dos alunos/analistas após os experimentos - à medida que, durante as aulas prévias, os alunos/analistas iam se familiarizando com a idéia de reutilização por analogia, seu interesse também crescia. No momento da divisão das turmas, no experimento-1, a frustração daqueles que deveriam modelar desde o início, sem reutilização só era neutralizada com a informação de que no experimento seguinte, com outro problema, os papéis seriam invertidos. A avaliação dos participantes após terem participado de um experimento com reutilização foi a melhor possível: todos os 114 responderam afirmativamente, quando perguntados sobre a visão que tinham das possibilidades práticas do processo de modelagem com reutilização por analogia. A maioria dos alunos/analistas tem alta expectativa de benefícios na reutilização de outros documentos e modelos integrantes das especificações, como dicionário de dados, especificação de processos, diagramas de entidade-relacionamento e diagramas de transição de estados.

c. a avaliação do processo de reutilização proposto - as etapas do processo de reutilização (Anexos 2 e 4) a serem seguidas pelos participantes dos experimentos, previamente validadas na disciplina ministrada no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da UFRGS no 2º semestre de 1993, foram consideradas adequadas pelos alunos/analistas durante os experimentos. Os subsídios apresentados para a compreensão da analogia, foram tidos como suficientes para os problemas simples apresentados. De acordo com os participantes, problemas mais complexos exigiriam documentação elucidativa adicional, tais como dicionário de dados, especificação de processos, diagramas de transição de estados, etc. .

Diante das considerações anteriores, a reutilização de modelos de requisitos por analogia surge como uma forma relativamente simples das empresas darem início a um programa de reutilização (seção 3.6). Desde que já exista uma metodologia de desenvolvimento na empresa, é possível iniciar o programa através da seleção de modelos de requisitos já desenvolvidos, capazes de se constituir no primeiro conjunto de recursos reutilizáveis. A partir daí, seguindo as fases descritas na seção 3.6.1, pode-se dar prosseguimento ao programa de implantação da nova sistemática de modelagem. A realização dos experimentos pelos 114 analistas, terá, sem dúvida, contagiado alguns deles, contribuindo para que os primeiros passos sejam dados em algumas empresas.

8.4 Pesquisa Futura.

Os experimentos realizados concentraram-se na análise de apenas uma das etapas do ciclo de vida da reutilização (ver seção 3.4). De acordo com as justificativas apresentadas no capítulo 4, o correto dimensionamento do escopo da pesquisa foi essencial à realização deste trabalho. Por outro lado, muitos são ainda os aspectos inerentes à reutilização sistemática que devem ser melhor investigados: identificação dos recursos reutilizáveis, decomposição e abstração deste recursos de forma a torná-los genéricos, classificação, catalogação e organização na biblioteca de modelos reutilizáveis e especialização e adaptação destes modelos a um problema específico.

Os resultados obtidos na comparação entre os experimentos 1 e 2 (item f, seção 8.3.1), mostram que a questão fundamental associada ao volume potencial do

benefício da reutilização, é exatamente o grau de similaridade entre os modelos reutilizáveis e os problemas a serem modelados. A correta identificação dos modelos mais similares parece ser fundamental. Os sistemas automatizados de apoio a esta tarefa (seção 3.5), podem vir a proporcionar ajuda essencial neste processo. Convém entretanto ressaltar, aliás como já o fez Maiden [MAI 92] quando analisou os aspectos cognitivos associados ao processo de reutilização por analogia, que os sistemas automatizados a exemplo do IRA (Intelligent Reuse Advisor) devem atuar dentro do *paradigma de apoio* [PAL 91 e DIE 92], funcionando como um conselheiro do analista de requisitos.

Entretanto, independentemente de uma possível automatização do processo, alguns aspectos essenciais quanto ao grau de similaridade devem ser analisados:

1. a taxonomia de domínios abstratos proposta por Maiden [MAI 92] baseia-se na funcionalidade dos problemas. Na modelagem com diagramas de fluxo de dados, a identificação da classe de problemas a qual pertence o problema alvo é um passo decisivo na busca de um problema similar. Mas, como determinar qual, dentre vários possíveis integrantes da mesma classe, é o problema cujo modelo venha a trazer maiores benefícios à reutilização? Que aspectos são de fato importantes na determinação do grau de analogia.?

2. no paradigma orientado a objeto, os domínios abstratos de Maiden tem a mesma importância? Ou, alternativamente, neste tipo de modelagem, o grau de similaridade seria determinado pelo número de objetos/classes compartilhados pelo problema alvo e pelo problema reutilizável?

Estes, são alguns dos aspectos que deverão dar continuidade ao presente trabalho na área de reutilização de modelos de requisitos.

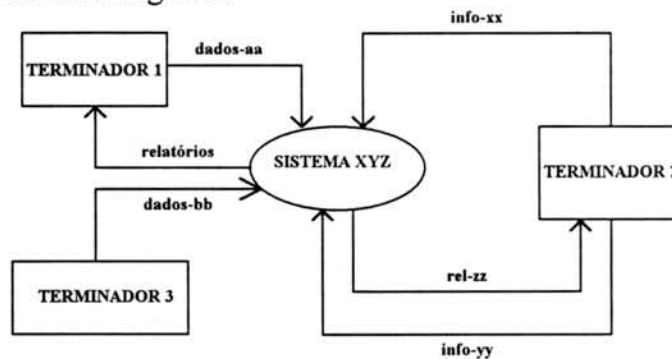
9 ANEXOS

9.1 Anexo 1: Instruções de execução do Experimento-1/PE/SR

I. INSTRUÇÕES PARA DESENHO DOS DIAGRAMAS CONTEXTUAL E NÍVEL 0.

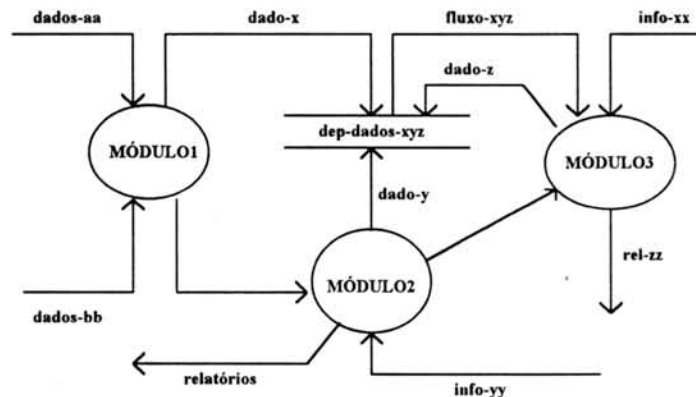
1. Diagrama Contextual

O diagrama contextual compõe-se de *um único processo* representando todo o sistema, de *terminadores* (entidades externas que interagem com o sistema, sem fazer parte integrante dele) e de *fluxos de interface* entre o sistema e seus terminadores. Sua forma característica é a seguinte:



2. Diagrama de nível 0

No diagrama de nível 0, fazemos o detalhamento do sistema em seus módulos principais. Além destes módulos, o diagrama mostra os interfaces entre eles e os depósitos de dados do sistema que são consultados/atualizados por mais de um processo neste nível. O diagrama de nível 0 característico, *balanceado* em relação ao contextual mostrado acima é:



II. INSTRUÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE REQUISITOS.

O processo de construção de modelos de requisitos consta de uma série de etapas, sugerindo-se que devam ser realizadas na seguinte ordem:

1. Leitura rápida da especificação narrativa do problema alvo, de forma a se poder identificar (*ou mesmo organizar uma lista de*) possíveis terminadores e interfaces do diagrama contextual.
2. Desenho do diagrama contextual do sistema alvo, acompanhado de referências à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 1.
3. Nova leitura, mais pausada, de forma a se poder identificar (*ou mesmo organizar uma lista de*) processos, arquivos necessários ao sistema e interfaces, elementos do nível 0.
4. Desenho do diagrama de nível 0 do sistema alvo, acompanhado de referências à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 3. Não esquecer de observar a *regra do balanceamento entre níveis*.
5. Revisão dos diagramas construídos, mediante referências à especificação de requisitos e demais documentos.

III. PROBLEMA ALVO: Sistema de Controle de uma Locadora de Veículos.

O sistema a ser desenvolvido deve automatizar as funções de reserva, locação e cobrança em uma companhia de aluguel de veículos. Os principais requisitos deste sistema são:

- Quando um cliente não é cadastrado, deve ser incluído no arquivo de clientes, com todos os dados necessários ao sistema. O cadastramento é realizado mediante a apresentação de alguns documentos.
- todo novo veículo ou equipamento adicional adquirido pela locadora, é anexado ao cadastro que contém todos os dados sobre os veículos/equipamentos disponíveis para locação, incluindo classes, preços, etc. Estas informações são fornecidas pela gerência da locadora.
- os veículos e equipamentos são retirados de um local e devolvidos ao mesmo local. É sempre exigida uma caução, em cheque. Os carros são entregues com o tanque cheio e devem ser devolvidos na mesma condição. Ao receber o carro, o cliente recebe ainda uma série de documentos (comprovantes de locação e do seguro, documentos do veículo, etc.).
- diferentes modelos de veículos são agrupados num pequeno conjunto de classes de veículos, com diferentes preços.
- estão disponíveis alguns planos diferentes de aluguel, com uma taxa especial para fins de semana, de modo a atrair clientes particulares (pessoas físicas, e não empresas). Clientes preferenciais (esta informação consta do arquivo de clientes), tem descontos de 10% no valor final da nota de locação.

- o preço pela utilização compõe-se de uma taxa diária fixa (por classe) à qual deve ser acrescido um valor calculado em função da quilometragem percorrida (valor também variável de acordo com a classe do veículo).
- os clientes podem escolher livremente, sem taxas adicionais carros de duas ou quatro portas, de não-fumantes ou fumantes. Equipamentos adicionais são taxados em separado, tais como *rack* para bagagem, reboque e assentos para crianças. Também é cobrada uma taxa correspondente ao prêmio de um seguro padrão, de valor variável com a classe do veículo.
- além de calcular os custos finais da locação, o sistema deverá controlar a reserva e a disponibilidade dos veículos.
- o sistema deve prever a emissão de alguns relatórios: 1) "relação de novas aquisições da empresa" uma espécie de catálogo com as características e preços de locação dos novos carros, a ser enviado para os clientes cadastrados; 2) relatório estatístico com as características dos veículos mais locados no mês e outros, para a gerência da locadora.

IV. APROPRIAÇÃO DO TEMPO GASTO POR ATIVIDADE DURANTE A MODELAGEM

Atividades	t2	t3	t4	t5	t total
1. leit. da esp. narrativa alvo					
2. leit. da esp. narrativa reutilizável					
3. constr. do novo diagr. contextual					
4. constr. do novo DFD nível 0					
5. revisão dos diagramas					
Tempos totais nas várias atividades					

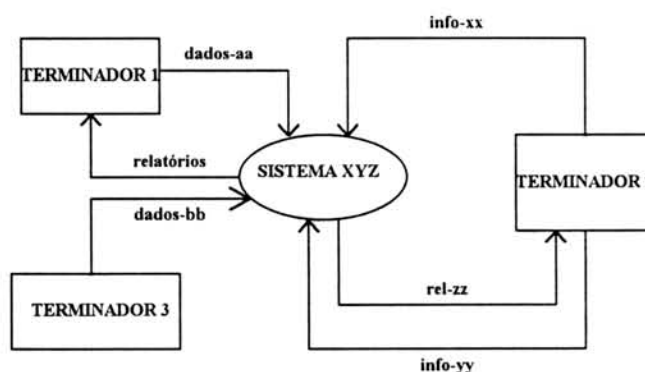
V. OBSERVAÇÕES:

9.2 Anexo 2: Instruções de execução do Experimento-1/PE/CR

I. INSTRUÇÕES PARA DESENHO DOS DIAGRAMAS CONTEXTUAL E NÍVEL 0.

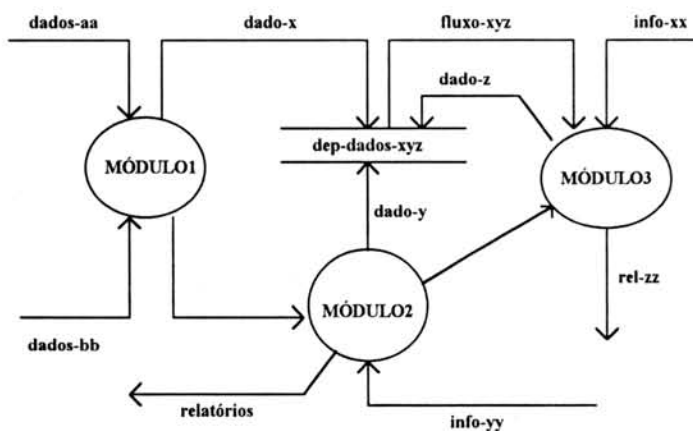
1. Diagrama Contextual

O diagrama contextual compõe-se de *um único processo* representando todo o sistema, de *terminadores* (entidades externas que interagem com o sistema, sem fazer parte integrante dele) e de *fluxos de interface* entre o sistema e seus terminadores. Sua forma característica é a seguinte:



2. Diagrama de nível 0

No diagrama de nível 0, fazemos o detalhamento do sistema em seus módulos principais. Além destes módulos, o diagrama mostra os interfaces entre eles e os depósitos de dados do sistema que são consultados/atualizados por mais de um processo neste nível. O diagrama de nível 0 característico, *balanceado* em relação ao contextual mostrado acima é:



II. AS ETAPAS DO PROCESSO DE REUTILIZAÇÃO

O processo de reutilização, por analogia, de modelos de requisitos consta de uma série de etapas, sugerindo-se que devam ser realizadas na seguinte ordem:

1. Leitura rápida da especificação narrativa do problema alvo.
2. Leitura rápida da especificação narrativa a ser reutilizada.
3. Nova leitura da especificação-alvo, mais pausada, gerando-se uma lista com os possíveis terminadores, processos, arquivos e fluxos de dados do diagrama contextual e nível 0.
4. Nova leitura da especificação a reutilizar, assinalando no DFD correspondente: a) os terminadores e interfaces que podem ser reutilizados no diagrama contextual e b) os processos, arquivos e interfaces reutilizáveis para o nível 0 do DFD do sistema alvo.
5. Desenho do diagrama contextual do sistema alvo, acompanhado de referências ao diagrama reutilizável, à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 3.
6. Desenho do diagrama de nível 0 do sistema alvo, acompanhado de referências ao diagrama de nível 0 a reutilizar, à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 3. Não esquecer de observar a *regra do balanceamento entre níveis*.
7. Revisão dos diagramas construídos, mediante referências às duas especificações de requisitos e demais documentos eventualmente anexados. Verificar *diferenças*.

III. PROBLEMA ALVO: Sistema de Controle de Uma Locadora de Veículos

O sistema a ser desenvolvido deve automatizar as funções de reserva, locação e cobrança em uma companhia de aluguel de veículos. Os principais requisitos deste sistema são:

- Quando um cliente não é cadastrado, deve ser incluído no arquivo de clientes, com todos os dados necessários ao sistema. O cadastramento exige a apresentação de documentos.
- todo novo veículo ou equipamento adicional adquirido pela locadora, é anexado ao cadastro que contém todos os dados sobre os veículos/equipamentos disponíveis para locação, incluindo classes, preços, etc. Estas informações são fornecidas pela gerência.
- os veículos e equipamentos são retirados de um local e devolvidos ao mesmo local. É sempre exigida uma caução, em cheque. Os carros são entregues com o tanque cheio e devem ser devolvidos na mesma condição. Ao receber o carro, o cliente recebe também alguns documentos (comprovantes de locação e seguro, documentos do veículo, etc.).
- diferentes modelos de veículos são agrupados num pequeno conjunto de classes de veículos, com diferentes preços.
- estão disponíveis alguns planos diferentes de aluguel, com uma taxa especial para fins de semana, de modo a atrair clientes particulares (pessoas físicas, e não empresas). Clientes preferenciais (esta informação consta do arquivo de clientes), tem descontos de 10% no valor final da nota de locação.

- o preço pela utilização compõe-se de uma taxa diária fixa (por classe) à qual deve ser acrescido um valor calculado em função da quilometragem percorrida (valor também variável de acordo com a classe do veículo).
- os clientes podem escolher livremente, sem taxas adicionais carros de duas ou quatro portas, de não-fumantes ou fumantes. Equipamentos adicionais (bagageiro, reboque, etc.) são taxados em separado. Também é cobrada uma taxa referente a um seguro padrão.
- além de calcular os custos finais da locação, o sistema deverá controlar a reserva e a disponibilidade dos veículos.
- o sistema deve prever a emissão de alguns relatórios: 1) "relação de novas aquisições da empresa" uma espécie de catálogo com as características e preços de locação dos novos carros, a ser enviado para os clientes cadastrados; 2) relatório estatístico com as características dos veículos mais locados no mês e outros, para a gerência da locadora.

IV. SISTEMA REUTILIZÁVEL : Sistema de Controle de uma Locadora de Vídeo

Deseja-se desenvolver um sistema simplificado de controle em uma locadora de fitas de vídeo. O trâmite contábil/financeiro com a distribuidora (pedidos, pagamento de faturas, etc.), será desenvolvido em módulo a parte. O sistema deverá prever as seguintes funções:

1. Cadastramento dos filmes recebidos da distribuidora. Os dados são fornecidos pela Gerência da Locadora. O cadastro de filmes deverá conter: código, nome, diretor, tipo (drama, comédia, aventura, suspense e erótico), atores principais e duração do filme. Deve ser prevista ainda a possibilidade do filme ter mais de uma cópia, e para cada cópia as seguintes informações: código da cópia, indicador de locação e se for o caso, data prevista para devolução, bem como um contador do número de locações da cópia até o momento. O indicador de locação deve conter o código do cliente que está no momento com a fita.
2. Cadastramento de clientes, no mínimo, com os seguintes dados: código, nome, endereço, telefone, pessoas autorizadas a retirar filmes em seu nome, relação de filmes em poder do cliente com datas previstas para devolução e relação de filmes já retirados e devolvidos pelo cliente.
3. Emissão de relatórios diversos: relação de "novidades da locadora", enviado aos clientes preferenciais, "pedidos de filmes em atraso", e outros (filmes em poder de clientes, relação dos clientes com seus dados principais, relação dos 20 filmes mais locados no mês, etc.), enviados à gerência da locadora.

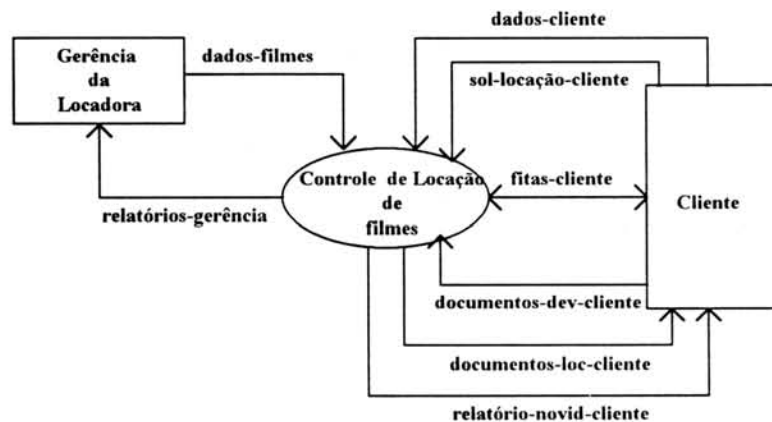
Um dos principais procedimentos na locadora é o atendimento de clientes. Cada vez que um cliente devolve fitas, a recepcionista deve verificar o tipo do cliente (comum ou preferencial). A diferença entre eles é o custo da locação: clientes preferenciais tem desconto de 10% . Toda vez que uma fita é locada, emite-se o documento de locação (*um comprovante de locação*). O pagamento é feito só na

devolução, em função dos dias em que cada filme ficou locado. Quando chega um cliente, três situações podem ocorrer:

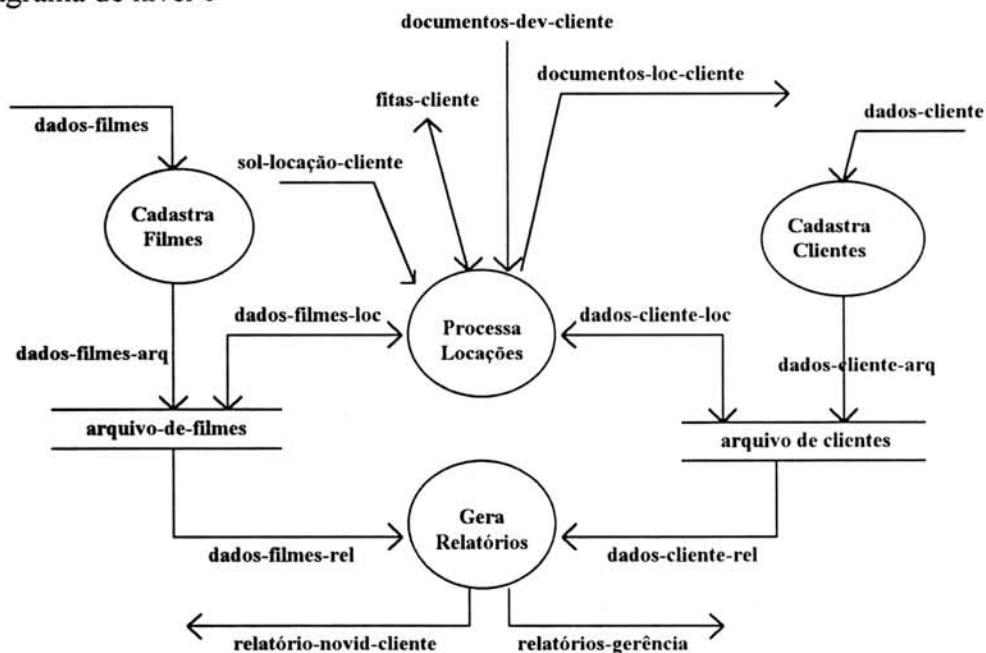
- o cliente não é cadastrado. Neste caso, deve-se proceder primeiro o cadastramento, que é realizado após a apresentação de alguns documentos pelo cliente.
- o cliente é cadastrado e está devolvendo fitas. As fitas são recebidas junto com os documentos de locação do cliente, o valor final da nota é calculado e cobrado. Se o cliente tiver "cartelas" em seu poder pode utilizá-las no pagamento. Se o pagamento for em cheque, o código do cliente deve ser registrado no verso. A nota com os valores pagos e discriminados por fita é arquivada para atualização de dados.
- o cliente é cadastrado e está retirando fitas. As fitas retiradas são relacionadas com a data prevista para devolução nos documentos de locação do cliente, com duas vias, uma que é entregue junto com as fitas para o cliente e outra para apropriação de dados e arquivamento.

V. DIAGRAMAS CONTEXTUAL E NÍVEL 0 PARA REUTILIZAÇÃO

1. Diagrama Contextual



2. Diagrama de nível 0



VI. APROPRIAÇÃO DO TEMPO GASTO POR ATIVIDADE DURANTE A REUTILIZAÇÃO

Atividades	t2	t3	t4	t5	t total
1. leit. da esp. narrativa alvo					
2. leit. da esp. narrativa reutilizável					
3. constr. do novo diagr. contextual					
4. constr. do novo DFD nível 0					
5. revisão dos diagramas					
Tempos totais nas várias atividades					

VII. QUESTIONÁRIO SOBRE O PROCESSO DE REUTILIZAÇÃO.

1. Descreva o *seu* processo de reutilização de modelos de requisitos: numere e seqüencie as fases.

2. Que tipos de subsídios, além dos que lhe foram oferecidos, poderiam facilitar a reutilização de modelos (no momento DFD's) no paradigma estruturado? Considere DD, descrição dos processos, DER, ferramentas automatizadas, etc..

3. Qual a sua expectativa frente aos resultados práticos da experiência de reutilização realizada:

- a. acha que complica mais ao invés de ajudar? Sim Não
 b. justifique a resposta

4. Qual a sua expectativa frente ao aumento de produtividade que a reutilização dos seguintes outros documentos de requisitos poderá oferecer no ambiente estruturado:

- a. Dicionário de Dados: grande médio pequeno nenhum
 b. Especificação dos processos: grande médio pequeno nenhum
 c. Diagrama E/R grande médio pequeno nenhum
 d. Diagrama de Estados (DTE) grande médio pequeno nenhum

5. Faça outros comentários, críticas e sugestões que julgar relevantes.

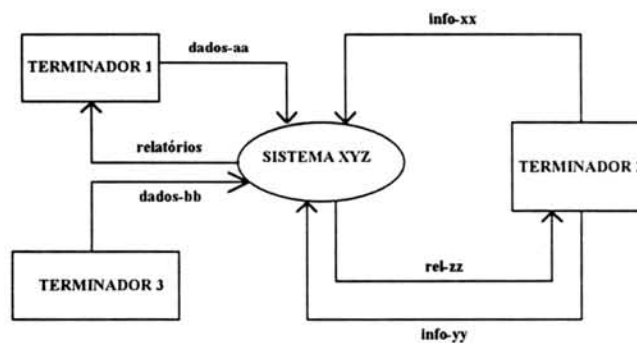
utilize o verso se necessário.

9.3 Anexo 3: Instruções de execução do Experimento-2/PE/SR

I. INSTRUÇÕES PARA DESENHO DOS DIAGRAMAS CONTEXTUAL E NÍVEL 0.

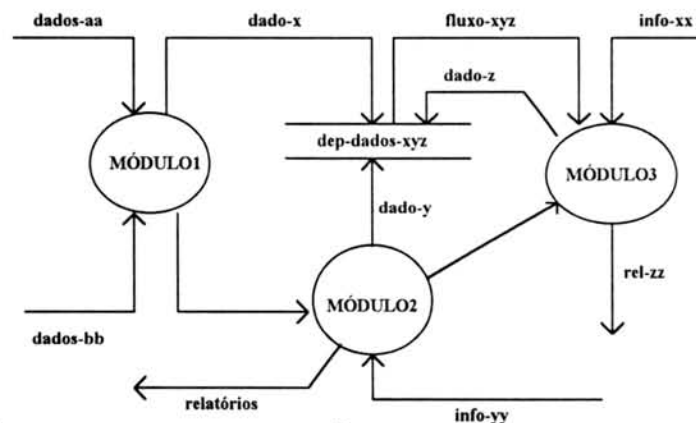
1. Diagrama Contextual

O diagrama contextual compõe-se de *um único processo* representando todo o sistema, de *terminadores* (entidades externas que interagem com o sistema, sem fazer parte integrante dele) e de *fluxos de interface* entre o sistema e seus terminadores. Sua forma característica é a seguinte:



2. Diagrama de nível 0

No diagrama de nível 0, fazemos o detalhamento do sistema em seus módulos principais. Além destes módulos, o diagrama mostra os interfaces entre eles e os depósitos de dados do sistema que são consultados/atualizados por mais de um processo neste nível. O diagrama de nível 0 característico, *balanceado* em relação ao contextual mostrado acima é:



II. INSTRUÇÕES PARA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE REQUISITOS.

O processo de construção de modelos de requisitos consta das seguintes etapas:

1. Leitura rápida da especificação narrativa do problema alvo, de forma a se poder identificar (*ou mesmo organizar uma lista de*) terminadores e interfaces do diagrama contextual.
2. Desenho do diagrama contextual do sistema alvo, acompanhado de referências à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 1.

3. Nova leitura, mais pausada, de forma a se poder identificar (*ou mesmo organizar uma lista de*) processos, arquivos necessários ao sistema e interfaces, elementos do nível 0.
4. Desenho do diagrama de nível 0 do sistema alvo, acompanhado de referências à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 3. Não esquecer de observar a *regra do balanceamento entre níveis*.
5. Revisão dos diagramas construídos, mediante referências à especificação de requisitos e demais documentos.

III - PROBLEMA ALVO: Controle da Alocação de Leitos em Hospitais.

Um hospital universitário resolveu informatizar todos os seus procedimentos. Um dos subsistemas a ser desenvolvido e o de controle de alocação de leitos. Após a obtenção de um pedido de baixa, fornecido por um dos médicos credenciados do hospital, o paciente ou responsável deve efetuar o pedido de reserva de um leito no Setor de Internação. Após a apresentação dos documentos exigidos (pedido de baixa, carteira de identidade, CIC e comprovante de convênio, se houver) é feita a escolha do tipo de leito requerido: comum, semi-privativo, privativo, luxo ou suite, e em que setor do hospital. O paciente recebe então um identificador do leito ao qual corresponde sua reserva. Em algumas épocas do ano, especialmente no inverno, o hospital fica lotado, devendo-se, por isto, prever a existência de uma lista de espera. Nesta lista são colocados os pacientes cuja situação é grave e que não podem aguardar outra data para a internação. Sempre que há uma alta de paciente, ou mesmo uma desistência de reserva, verifica-se a lista de espera em primeiro lugar, alocando-se o leito vago ao cabeça da lista. Caso o paciente desista da reserva, deve avisar o hospital, para que este a cancele. As reservas só são efetivamente confirmadas no momento da baixa do cliente, quando a documentação é novamente revisada e cobrada uma caução, cujo valor depende do tipo de leito escolhido pelo paciente. O paciente é, então, encaminhado ao setor correspondente, com os documentos de admissão, para ocupar o seu leito. Quando da alta, o paciente ou responsável deve comparecer novamente ao Setor de Internação, quando é apurada sua *Conta Hospitalar*. Neste momento, libera-se o leito para nova alocação. O hospital costuma ter sempre cinco leitos disponíveis para ocupação de emergência. Estes leitos só podem ser alocados mediante autorização expressa do médico-chefe de plantão. Por ordem do gerente administrativo do hospital, cada paciente internado no hospital deve ter um *prontuário*, que é aberto no momento da baixa. Nesta pasta são mantidos todos os documentos, exames, medicamentos prescritos, e outras informações médicas relevantes. Estes prontuários devem ser mantidos em arquivos na biblioteca organizada para este fim. O sistema deverá ainda fornecer os seguintes relatórios ao hospital:

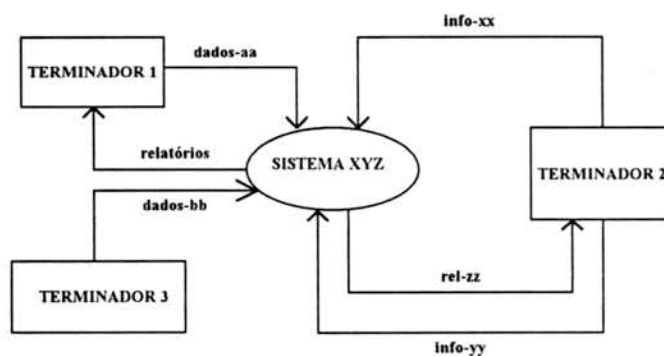
1. Mapa de alocação diário, por setor, de seus leitos. A cada nova baixa ou alta durante o dia, a enfermeira chefe do setor atualiza o mapa, de forma a ter sempre a situação atual das ocupações.
2. Relatório contábil, com totais auferidos através das cauções, emitido a cada 24 horas.
3. Estatísticas mensais da locação dos diversos leitos.

9.4 Anexo 4: Instruções de execução do Experimento-2/PE/CR

I. INSTRUÇÕES PARA DESENHO DOS DIAGRAMAS CONTEXTUAL E NÍVEL 0.

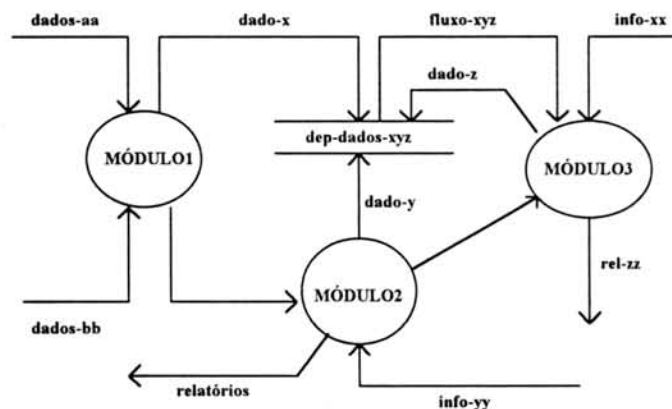
1. Diagrama Contextual

O diagrama contextual compõe-se de *um único processo* representando todo o sistema, de *terminadores* (entidades externas que interagem com o sistema, sem fazer parte integrante dele) e de *fluxos de interface* entre o sistema e seus terminadores.



2. Diagrama de nível 0

No diagrama de nível 0, fazemos o detalhamento do sistema em seus módulos principais. Além destes módulos, o diagrama mostra os interfaces entre eles e os depósitos de dados do sistema que são consultados/atualizados por mais de um processo neste nível. O diagrama de nível 0 característico, *balanceado* em relação ao contextual é:



II. INSTRUÇÕES PARA REUTILIZAÇÃO DE MODELOS DE REQUISITOS.

O processo de reutilização, por analogia, de modelos de requisitos consta de uma série de etapas, sugerindo-se que devam ser realizadas na seguinte ordem:

1. Leitura rápida da especificação narrativa do problema alvo.
2. Leitura rápida da especificação narrativa a ser reutilizada.

3. Nova leitura da especificação-alvo, mais pausada, gerando-se uma lista com os possíveis terminadores, processos, arquivos e fluxos de dados do diagrama contextual e nível 0.
4. Nova leitura da especificação a reutilizar, assinalando no DFD correspondente: a) os terminadores e interfaces que podem ser reutilizados no diagrama contextual e b) os processos, arquivos e interfaces reutilizáveis para o nível 0 do DFD do sistema alvo.
5. Desenho do diagrama contextual do sistema alvo, acompanhado de referências ao diagrama reutilizável, à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 3.
6. Desenho do diagrama de nível 0 do sistema alvo, acompanhado de referências ao diagrama de nível 0 a reutilizar, à especificação narrativa do sistema alvo e à lista elaborada no passo 3. Não esquecer de observar a *regra do balanceamento entre níveis*.
7. Revisão dos diagramas construídos, mediante referências às duas especificações de requisitos e demais documentos eventualmente anexados. Verificar *diferenças*.

III- PROBLEMA ALVO: Controle da Alocação de Leitos em Hospitais.

Um hospital universitário resolveu informatizar todos os seus procedimentos. Um dos subsistemas a ser desenvolvido e o de controle de alocação de leitos. Após a obtenção de um pedido de baixa, fornecido por um dos médicos credenciados do hospital, o paciente ou responsável deve efetuar o pedido de reserva de um leito no Setor de Internação. Após a apresentação dos documentos exigidos (pedido de baixa, carteira de identidade, CIC e comprovante de convênio, se houver) é feita a escolha do tipo de leito requerido: comum, semi-privativo, privativo, luxo ou suite, e em que setor do hospital. O paciente recebe então um identificador do leito ao qual corresponde sua reserva. Em algumas épocas do ano, especialmente no inverno, o hospital fica lotado, devendo-se, por isto, prever a existência de uma lista de espera. Nesta lista são colocados os pacientes cuja situação é grave e que não podem aguardar outra data para a internação. Sempre que há uma alta de paciente, ou mesmo uma desistência de reserva, verifica-se a lista de espera em primeiro lugar, alocando-se o leito vago ao cabeça da lista. Caso o paciente desista da reserva, deve avisar o hospital, para que este a cancele. As reservas só são efetivamente confirmadas no momento da baixa do cliente, quando a documentação é novamente revisada e cobrada uma caução, cujo valor depende do tipo de leito escolhido pelo paciente. O paciente é, então, encaminhado ao setor correspondente, com os documentos de admissão, para ocupar o seu leito. Quando da alta, o paciente ou responsável deve comparecer novamente ao Setor de Internação, quando é apurada sua *Conta Hospitalar*. Neste momento, libera-se o leito para nova internação. O hospital costuma ter sempre cinco leitos disponíveis para ocupação de emergência. Estes leitos só podem ser alocados mediante autorização expressa do médico-chefe de plantão. Por ordem do gerente administrativo do hospital, cada paciente internado no hospital deve ter um *prontuário*, que é aberto no momento da baixa. Nesta pasta são mantidos todos os documentos, exames, medicamentos prescritos, e outras informações médicas relevantes. Estes prontuários devem ser mantidos em arquivos na biblioteca organizada para este fim. O sistema deverá ainda fornecer os seguintes relatórios ao hospital:

1. Mapa de alocação diário, por setor, de seus leitos. A cada nova baixa ou alta durante o dia, a enfermeira chefe do setor atualiza o mapa, que reflete, sempre, a situação real das ocupações.
2. Relatório com totais auferidos através das cauções, emitido a cada 24 horas.
3. Estatísticas mensais da locação dos diversos leitos.

IV- PROBLEMA A REUTILIZAR: Sistema de Controle de Reservas de Passagens.

Em função da intensificação dos serviços oferecidos em um aeroporto de uma cidade do interior, tornou-se necessário automatizar o sistema de reservas de passagens. Os habitantes da cidade que pretendem viajar, terão agora diversas opções, em vôos atendidos pela companhia aérea que realiza vôos de/para a cidade.

Os dados de todos os vôos previstos pela companhia estão em um arquivo disponível ao sistema. A reserva de passagens tornou-se descentralizada, prevendo-se um posto no próprio aeroporto e outro no centro da cidade. Os dois pontos de reserva devem ser interligados, de forma a evitar possíveis problemas. Para efetuar uma reserva, o cliente deve identificar-se, fornecendo ao funcionário da companhia sua carteira de identidade. Faz então o pedido de reserva para determinado vôo (destino, data e horário, modalidade do vôo) As modalidades de vôo possíveis são: 1ª classe e turista. Cada reserva terá um limite de validade associado, no máximo até 24 horas antes do vôo solicitado. Durante este prazo, a reserva permanecerá alocada a este passageiro. Caso não haja confirmação (que implica no comparecimento do passageiro a um dos pontos de venda para receber e pagar a passagem) até o limite marcado, o passageiro perde a reserva, aumentando-se o número de vagas no vôo. Este processo deve ser realizado automaticamente pelo sistema. O pagamento correspondente é feito apenas no momento da confirmação da reserva pelo passageiro, que recebe então sua passagem.

Caso o passageiro solicite reserva em vôo com lotação esgotada, o atendente deve incluir o nome do solicitante em uma lista de espera, que pode comportar no máximo 20 pedidos de reservas. A medida que vão ocorrendo desistências de passageiros com reservas, são chamados os solicitantes que integram a lista de espera, por ordem de inclusão. Uma vez avisados da existência de vaga, os clientes fazem sua reserva, retomando-se o procedimento normal. Também poderão ocorrer desistências de passageiros que já confirmaram suas reservas. Estes, se o fizerem até meia hora antes do embarque, poderão solicitar vaga em outro vôo. Em qualquer caso, a desistência implica no aumento do número de vagas no vôo. Duas horas antes da hora marcada para o vôo, inicia-se o processo de recebimento de bagagens e emissão da autorização de embarque, no balcão do aeroporto. Caso o passageiro não comparecer no balcão até meia hora antes do vôo, mesmo que não haja desistência formal, perde o direito à passagem e sua vaga no vôo será atribuída ao próximo na lista de espera, presente ao aeroporto. É norma da companhia aérea que realiza os vôos, deixar sempre dois lugares livres até a hora do embarque, para atendimento de eventuais pedidos de emergência. Estes pedidos devem ser visados pelo superior da companhia no aeroporto. Também estes lugares são preenchidos pela lista de espera, caso não seja necessária a utilização dos mesmos. Após ter sido realizadas as últimas alterações referentes às reservas, isto é, após a chamada final de embarque, o sistema deve elaborar o *registro do vôo*, que contém dados (nome

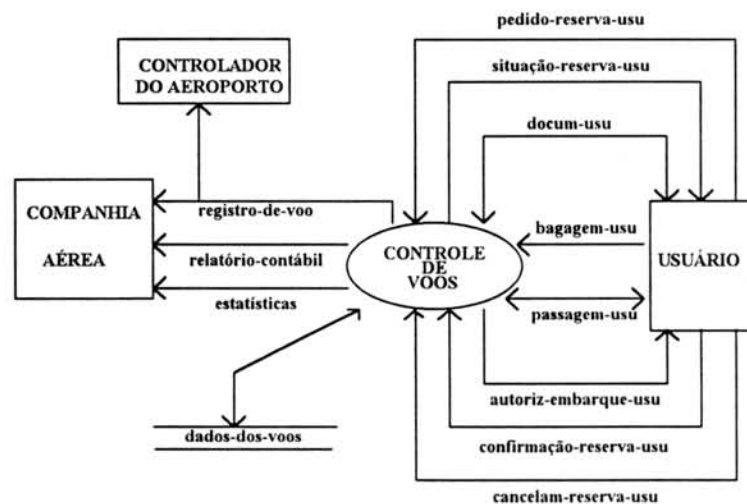
do passageiro, o número de sua identidade e o lugar a ele atribuído no voo) sobre todos os passageiros que, efetivamente, viajarão nele.

O sistema deve prever a manutenção dos dados constantes dos *registros dos diversos vôos de cada dia*, pelo prazo de um ano, a contar da data de sua realização. Além do controle automático da reserva de passagens, o sistema deverá fornecer os seguintes relatórios:

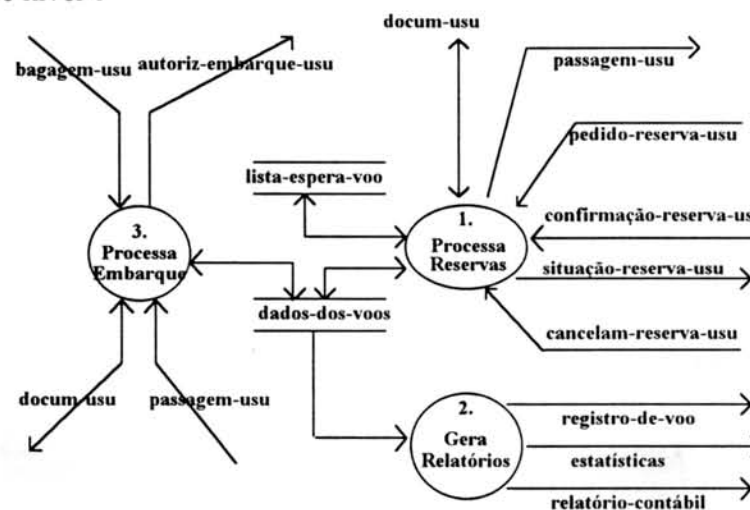
1. registro de cada vôo, com emissão antes da autorização para decolagem, para a companhia aérea e para o controlador do aeroporto.
2. relatório contábil, com totais auferidos em cada vôo, emitido a cada 24 horas, e também enviado a companhia aérea.
3. estatísticas mensais de lotação dos diversos vôos, para a companhia aérea.

V. DIAGRAMAS CONTEXTUAL E NÍVEL 0 PARA REUTILIZAÇÃO

1. Diagrama Contextual



2. Diagrama de nível 0



VI. APROPRIAÇÃO DO TEMPO GASTO POR ATIVIDADE DURANTE A MODELAGEM

Atividades	t2	t3	t4	t5	t total
1. leit. da esp. narrativa alvo					
2. leit. da esp. narrativa reutilizável					
3. constr. do novo diagr. contextual					
4. constr. do novo DFD nível 0					
5. revisão dos diagramas					
Tempos totais nas várias atividades					

VII. QUESTIONÁRIO SOBRE O PROCESSO DE REUTILIZAÇÃO.

1. Descreva o *seu* processo de reutilização de modelos de requisitos: numere e seqüencie as fases.

2. Que tipos de subsídios, além dos que lhe foram oferecidos, poderiam facilitar a reutilização de modelos (no momento DFD's) no paradigma estruturado? Considere DD, descrição dos processos, DER, ferramentas automatizadas, etc..

3. Qual a sua expectativa frente aos resultados práticos da experiência de reutilização realizada:

- a. acha que complica mais ao invés de ajudar? Sim Não
- b. justifique a resposta

4. Qual a sua expectativa frente ao aumento de produtividade que a reutilização dos seguintes outros documentos de requisitos poderá oferecer no ambiente estruturado:

- a. Dicionário de Dados: grande médio pequeno nenhum
- b. Especificação dos processos: grande médio pequeno nenhum
- c. Diagrama E/R grande médio pequeno nenhum
- d. Diagrama de Estados (DTE) grande médio pequeno nenhum

5. Faça outros comentários, críticas e sugestões que julgar relevantes.

utilize o verso se necessário.

9.5 Anexo 5: Instruções de execução do Experimento-1/OO/SR

I. INSTRUÇÕES DE COAD/YOURDON PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS

As atividades preconizadas por estes autores para a elaboração do modelo de objetos, já relacionadas na ordem em que devem ser executadas, são as seguintes:

- **identificação de objetos, classes e classes-&-objetos:** procurar estruturas, outros sistemas, dispositivos, coisas ou eventos lembrados, papéis executados, procedimentos operacionais, locais e unidades organizacionais.
- **identificação das estruturas:** generalização-especificação, todo-parte e estruturas múltiplas.
- **identificação dos assuntos:** para modelos extensos, definição de sub-domínios do problema.
- **identificação dos atributos dos objetos nas várias classes:** uma vez identificados os atributos, posicioná-los corretamente na classe-&-objeto que ele descreve melhor. Depois assinalar as *conexões de ocorrência*, com limites superior e inferior.
- **definição dos serviços:** identificar os estados dos objetos, os serviços requeridos e as conexões de mensagem.

II - PROBLEMA-ALVO: Sistema de Controle de Bibliotecas

O sistema deverá automatizar as funções de catálogo e empréstimo em uma pequena biblioteca pública de uma cidade do interior. Os dados a serem armazenados para *biblioteca* são: nome, cidade, endereço e telefone. Os atendentes das bibliotecas devem ser cadastrados com nome, endereço e turno de trabalho.

O acervo das bibliotecas é composto de livros, periódicos, jornais e revistas. Os livros, periódicos e revistas são catalogados com código, título, data de publicação e editora. Além destes dados comuns, para livros ainda devem ser registrados o autor, tipo (ficção e não ficção), assunto (informática, engenharia, etc.) e data de aquisição. Os periódicos e as revistas são classificados em dois tipos distintos: de consulta local ou passíveis de empréstimo. Jornais são adquiridos e colocados à disposição para consulta local, apenas, sem cadastramento.

Deve ser prevista a existência de quatro tipos diferentes de leitores: clientes preferenciais (aqueles que, ou contribuem mensalmente com uma pequena taxa de manutenção ou são remidos), professores das escolas públicas e privadas do município, alunos das mesmas escolas e clientes comuns. Todos devem ser cadastrados, com código, nome, tipo de cliente e endereço. Os professores tem ainda no cadastro dados sobre os títulos de periódicos e assuntos de livros de sua preferência, já que recebem, mensalmente, lista de aquisições relacionadas ao seu interesse. Os clientes preferenciais recebem trimestralmente uma lista de todos os livros adquiridos no período. O sistema deve manter para estes leitores a data de início de sua contribuição mensal. Após 5 anos, serão considerados *remidos*. Para os leitores que são alunos, o sistema deve manter a série e o nome da escola que freqüentam.

Caso o leitor interessado em algum item do acervo não seja cadastrado, o atendente deve antes providenciar sua inclusão no cadastro. Por ocasião de um empréstimo, o registro correspondente ao item deve ser atualizado, passando-o à condição de "emprestado". A data de empréstimo, a data de devolução, e a quem o

9.6 Anexo 6: Instruções de execução do Experimento-1/OO/CR

I. INSTRUÇÕES DE COAD/YOURDON PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS

As atividades preconizadas por estes autores para a elaboração do modelo de objetos, já relacionadas na ordem em que devem ser executadas, são as seguintes (pp. 189 a 199):

- **identificação de objetos, classes e classes-&-objetos:** procurar estruturas, outros sistemas, dispositivos, coisas ou eventos lembrados, papéis executados, procedimentos operacionais, locais e unidades organizacionais.
- **identificação das estruturas:** generalização-especificação, todo-parte e estruturas múltiplas.
- **identificação dos assuntos:** para modelos extensos, definição de sub-domínios do problema.
- **identificação dos atributos dos objetos nas várias classes:** uma vez identificados os atributos, posicioná-los corretamente na classe-&-objeto que ele descreve melhor. Depois assinalar as *conexões de ocorrência*, com limites superior e inferior.
- **definição dos serviços:** identificar os estados dos objetos, os serviços requeridos e as conexões de mensagem.

II. INSTRUÇÕES PARA REUTILIZAÇÃO DE MODELOS DE OBJETOS.

O experimento tem por objetivo analisar resultados de produtividade, correção e completude obtidos na modelagem feita através da reutilização de um modelo de objetos de um problema similar ao problema-alvo. Com este objetivo, são propostas duas aplicações: a primeira é o problema-alvo, um SISTEMA DE CONTROLE DE BIBLIOTECAS a segunda, cujo modelo pretende-se reutilizar, é um SISTEMA DE CONTROLE DE LOCADORAS DE FITAS DE VÍDEO. Trata-se de duas aplicações análogas e pretende-se analisar o custo benefício da reutilização. O processo de reutilização consta de uma série de etapas, sugerindo-se que devam ser realizadas na seguinte ordem:

1. Leitura da especificação narrativa do problema alvo.
2. Leitura da especificação narrativa a ser reutilizada.
3. Reconhecimento da analogia, com identificação dos objetos, classes, estruturas, assuntos, atributos e serviços comuns e/ou análogos. Considere os conceitos de abstração e generalização, inerentes ao POO.

4. Desenho do diagrama de objetos do sistema alvo, mediante consultas ao diagrama objeto a ser reutilizado e à especificação narrativa do sistema alvo.
5. Revisão do diagrama construído, mediante referências às duas especificações de requisitos e demais documentos eventualmente anexados.

III - PROBLEMA ALVO: Sistema de Controle de Bibliotecas

O sistema deverá automatizar as funções de catálogo e empréstimo em uma pequena biblioteca pública de uma cidade do interior. Os dados a serem armazenados para *biblioteca* são: nome, cidade, endereço e telefone. Os atendentes das bibliotecas devem ser cadastrados com nome, endereço e turno de trabalho.

O acervo das bibliotecas é composto de livros, periódicos, jornais e revistas. Os livros, periódicos e revistas são catalogados com código, título, data de publicação e editora. Além destes dados comuns, para livros ainda devem ser registrados o autor, tipo (ficção e não ficção), assunto (informática, engenharia, etc.) e data de aquisição. Os periódicos e as revistas são classificados em dois tipos distintos: de consulta local ou passíveis de empréstimo. Jornais são adquiridos e colocados à disposição para consulta local, apenas, sem cadastramento.

Deve ser prevista a existência de quatro tipos diferentes de leitores: clientes preferenciais (aqueles que, ou contribuem mensalmente com uma pequena taxa de manutenção ou são remidos), professores das escolas públicas e privadas do município, alunos das mesmas escolas e clientes comuns. Todos devem ser cadastrados, com código, nome, tipo de cliente e endereço.

Os professores tem ainda no cadastro dados sobre os títulos de periódicos e assuntos de livros de sua preferência, já que recebem, mensalmente, lista de aquisições relacionadas ao seu interesse. Os clientes preferenciais recebem trimestralmente uma lista de todos os livros adquiridos no período. O sistema deve manter para estes leitores a data de início de sua contribuição mensal. Após 5 anos, serão considerados *remidos*. Para os leitores que são alunos, o sistema deve manter a série e o nome da escola que freqüentam.

Caso o leitor interessado em algum item do acervo não seja cadastrado, o atendente deve antes providenciar sua inclusão no cadastro. Por ocasião de um empréstimo, o registro correspondente ao item deve ser atualizado, passando-o à condição de "emprestado". A data de empréstimo, a data de devolução, e a quem o mesmo foi feito, são informações atualizadas neste momento. Quando da devolução da obra, novamente é feito o registro adequado.

As bibliotecas periodicamente emitem uma listagem com os itens do acervo em atraso.

IV. PROBLEMA A REUTILIZAR: Controle de Locadoras de Fitas de Vídeo

A Locadora, cujos dados principais são razão social, gerente, endereço, telefone e fax, tem diversos atendentes. O sistema deve manter, para cada atendente, registro do nome, matrícula no INPS, horário de serviço (hora início e fim do compromisso diário com a locadora) e endereço. Deve ser prevista a situação em que o atendente é também cliente da locadora.

O sistema de controle deverá prever a locação, não apenas de fitas de vídeo, mas também de jogos para videogames e de Compact Disks (CD's). Para cada um destes produtos deverão ser mantidas as seguintes informações: código do produto, título, categoria (novo, semi-novo ou antigo).

Caso o produto seja locado, este fato deve ser assinalado por um indicador de alocação (que deverá conter o código do cliente que locar o produto). A data de locação também deverá ser anotada. Outros dados, próprios de cada produto, são:

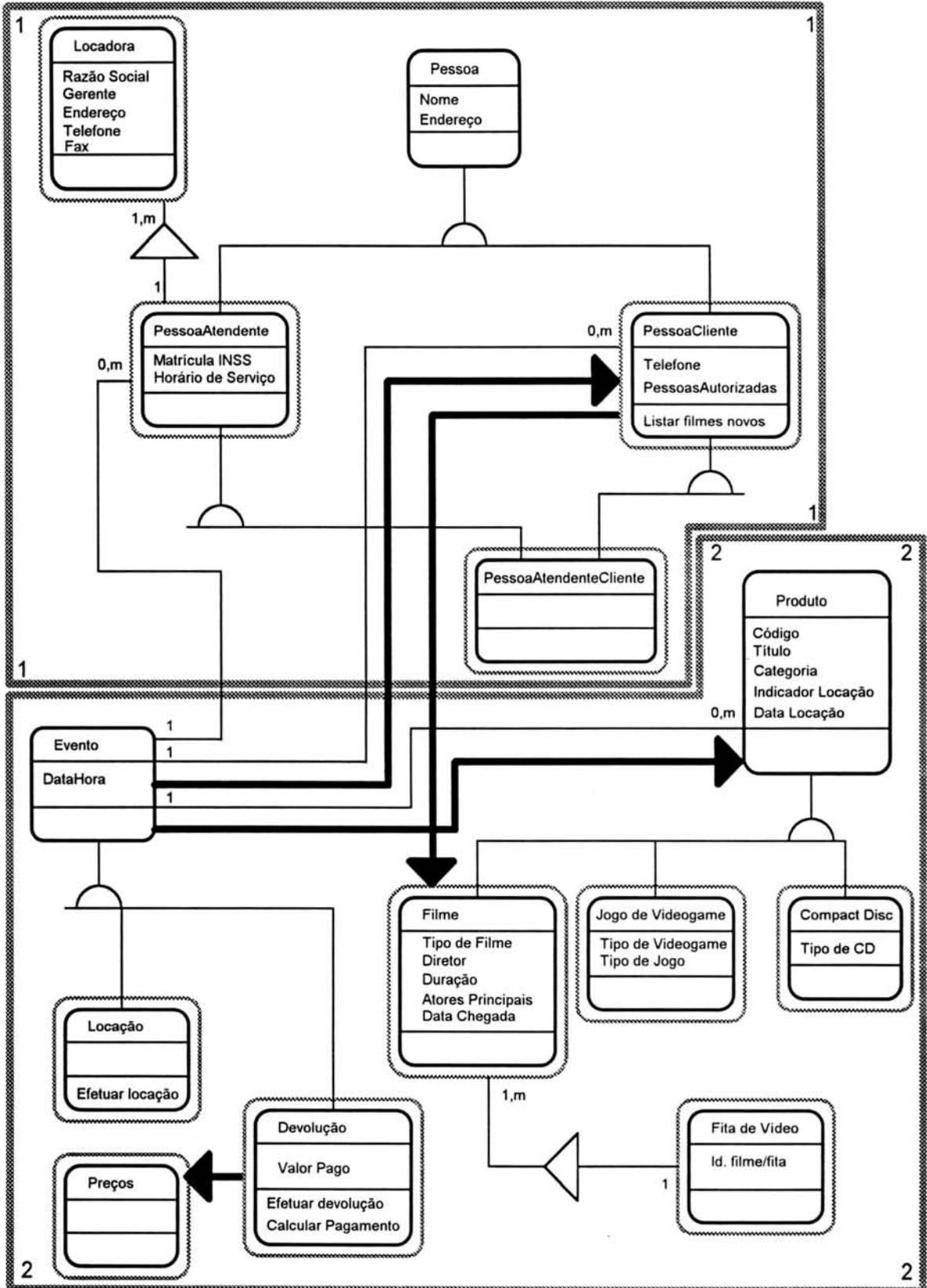
1. Filmes de vídeo: tipo de filme (drama, comédia, etc.), diretor, atores principais e duração do filme. Deve ser prevista ainda a possibilidade do filme ter mais de uma cópia (fita), e cada cópia/fita deverá ser identificada por um sub-código do filme.
2. Jogos de videogame: tipo de videogame e tipo de jogo.
3. Cd's: tipo do CD.

Sobre clientes, no mínimo, devem ser armazenados os seguintes dados: nome, endereço, telefone e pessoas autorizadas a retirar filmes em seu nome.

Os eventos que o sistema deve prever são de três tipos distintos: cadastramento de clientes, locação e devolução de produto. No cadastramento, o cliente deve fornecer todos os dados previstos acima. A locação, que só pode ocorrer para clientes cadastrados, deverá implicar na inserção das informações sobre a locação. Neste momento é emitida a nota de locação, em duas vias. Na devolução, o sistema deve calcular o preço da locação e emitir a nota para pagamento. O custo unitário (por dia) das locações são obtidos a partir de uma tabela com os preços de cada produto em função de sua categoria.

A cada vez que um novo cliente é cadastrado, o sistema deve emitir uma lista dos filmes mais recentes da locadora, isto é, aqueles recebidos até 60 dias antes do cadastramento.

IV. MODELO DE OBJETOS REUTILIZÁVEL.



VI. TABELA PARA APROPRIAÇÃO DOS TEMPOS GASTOS NAS ATIVIDADES.

Atividades	t1	t2	t3	t4	t5	total
1. leit. da esp. narrativa alvo						
2. leit. da esp. narrativa reutilizável						
3. identificação das classes-&-objetos						
4. identificação de novas classes-&-objetos						
5. constr. do novo modelo de objetos						
6. revisão do modelo						
Tempos totais nas várias atividades						

VII. QUESTIONÁRIO

1. Descreva o *seu* processo de reutilização de modelos de requisitos: numere e seqüencie as fases.

2. Que tipos de subsídios, além dos que lhe foram oferecidos, poderiam facilitar a reutilização de modelos no paradigma orientado a objeto? Considere diagramas de estado dos objetos, diagrama de serviços, ferramentas automatizadas, etc..

3. Qual a sua expectativa frente aos resultados práticos da experiência de reutilização realizada:

- a. acha que complica mais ao invés de ajudar? Sim Não
- b. justifique a resposta

4. Faça outros comentários, críticas e sugestões que julgar relevantes.

utilize o verso se necessário.

9.7 Anexo 7: Instruções de execução do Experimento-2/OO/SR

I. INSTRUÇÕES DE COAD/YOURDON PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS

As atividades preconizadas por estes autores para a elaboração do modelo de objetos, já relacionadas na ordem em que devem ser executadas, são as seguintes (pp. 189 a 199):

- **identificação de objetos, classes e classes-&-objetos:** procurar estruturas, outros sistemas, dispositivos, coisas ou eventos lembrados, papéis executados, procedimentos operacionais, locais e unidades organizacionais.
- **identificação das estruturas:** generalização-especificação, todo-parte e estruturas múltiplas.
- **identificação dos assuntos:** para modelos extensos, definição de sub-domínios do problema.
- **identificação dos atributos dos objetos nas várias classes:** uma vez identificados os atributos, posicioná-los corretamente na classe-&-objeto que ele descreve melhor. Depois assinalar as *conexões de ocorrência*, com limites superior e inferior.
- **definição dos serviços:** identificar os estados dos objetos, os serviços requeridos e as conexões de mensagem.

II - PROBLEMA ALVO: Sistema de Controle de Emissão de Carteiras de Motorista

Um município foi escolhido para sediar um projeto piloto de concessão de carteiras de habilitação. A forma de concessão destas carteiras será alterada: todos os pretendentes devem se inscrever em um curso de direção administrado pelo Departamento de Trânsito Local em convênio com a Prefeitura.

Os pretendentes receberão automaticamente sua habilitação, desde que concluam com aproveitamento e frequência o referido curso.

O sistema terá por objetivo o controle de ingresso no curso e a posterior emissão das carteiras de habilitação. O curso tem funcionários administrativos (encarregados da matrícula e emissão das carteiras) e instrutores (ministram as aulas teóricas e práticas e procedem as avaliações respectivas).

Cada pretendente se inscreve para a categoria que deseja: motociclista, motorista amador e motorista profissional. Esta última divide-se em duas subcategorias: profissional comum e profissional especializado (para cargas perigosas).

O sistema deverá fornecer e gerenciar informações sobre os seguintes itens:

funcionário administrativo: nome e cargo.

instrutor: nome e qualificação.

pretendente: nome, endereço, telefone, data de nascimento, categoria pretendida.

cursos: são realizados mensalmente. As inscrições são oferecidas em turmas relacionadas às categorias (turma-motociclista, turma-amador, etc.). Cada turma/categoria tem seu próprio número de horas/aula teóricas e práticas, relação de alunos. Cada aluno tem frequência e notas de avaliações. Os programas de cada turma são:

turma/categoria motociclista: sinalização e prática de motocicleta.

turma/categoria amador: sinalização e prática de automóvel.

turma/categoria profissional: sinalização, prática de veículo pesado e mecânica. Para motoristas profissionais especializados será exigido ainda instruções sobre 1^{os} socorros e transporte perigoso.

inscrição: nome, categoria, data de início, taxa.

emissão da carteira: nome, categoria, período de validade e taxa.

O sistema deverá emitir ainda, para cada categoria/turma, a lista de chamada correspondente.

III. TABELA PARA APROPRIAÇÃO DOS TEMPOS GASTOS NAS ATIVIDADES.

Atividades	t1	t2	t3	t4	t5	total
1. leit. da esp. narrativa alvo						
2. leit. da esp. narrativa reutilizável						
3. identificação das classes-&-objetos reutilizáveis						
4. identificação de novas classes-&-objetos						
5. constr. do novo modelo de objetos						
6. revisão do modelo						
Tempos totais nas várias atividades						

IV. OBSERVAÇÕES

9.8 Anexo 8: Instruções de execução do Experimento-2/OO/CR

I. INSTRUÇÕES DE COAD/YOURDON PARA ELABORAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS

As atividades preconizadas por estes autores para a elaboração do modelo de objetos, já relacionadas na ordem em que devem ser executadas, são as seguintes (pp. 189 a 199):

- **identificação de objetos, classes e classes-&-objetos:** procurar estruturas, outros sistemas, dispositivos, coisas ou eventos lembrados, papéis executados, procedimentos operacionais, locais e unidades organizacionais.
- **identificação das estruturas:** generalização-especificação, todo-parte e estruturas múltiplas.
- **identificação dos assuntos:** para modelos extensos, definição de sub-domínios do problema.
- **identificação dos atributos dos objetos nas várias classes:** uma vez identificados os atributos, posicioná-los corretamente na classe-&-objeto que ele descreve melhor. Depois assinalar as *conexões de ocorrência*, com limites superior e inferior.
- **definição dos serviços:** identificar os estados dos objetos, os serviços requeridos e as conexões de mensagem.

II. INSTRUÇÕES PARA REUTILIZAÇÃO DE MODELOS DE OBJETOS.

O experimento tem por objetivo analisar resultados de produtividade, correção e completude obtidos na modelagem feita através da reutilização de um modelo de objetos de um problema similar ao problema-alvo. Com este objetivo, são propostas duas aplicações: a primeira é o problema-alvo, um SISTEMA DE CONTROLE DE BIBLIOTECAS e a segunda, cujo modelo pretende-se reutilizar, é um SISTEMA DE CONTROLE DE LOCADORAS DE FITAS DE VÍDEO. Trata-se de duas aplicações análogas e pretende-se analisar o custo benefício da reutilização. O processo de reutilização consta de uma série de etapas, sugerindo-se que devam ser realizadas na seguinte ordem:

1. Leitura da especificação narrativa do problema alvo.
2. Leitura da especificação narrativa a ser reutilizada.
3. Reconhecimento da analogia, com identificação dos objetos, classes, estruturas, assuntos, atributos e serviços comuns e/ou análogos. Considere os conceitos de abstração e generalização, inerentes ao POO.
4. Desenho do diagrama de objetos do sistema alvo, mediante consultas ao diagrama objeto a ser reutilizado e à especificação narrativa do sistema alvo.
5. Revisão do diagrama construído, mediante referências às duas especificações de requisitos e demais documentos eventualmente anexados.

III - PROBLEMA ALVO: Sistema de Controle de Emissão de Carteiras de Motoristas

Um município foi escolhido para sediar um projeto piloto de concessão de carteiras de habilitação. A forma de concessão das carteiras de motorista será alterada: todos os pretendentes devem se inscrever em um *curso de direção* administrado pelo Departamento de Trânsito Local. Os pretendentes receberão automaticamente sua habilitação, desde que conclua com aproveitamento e frequência o referido curso.

O sistema a ser desenvolvido terá por objetivo o controle de ingresso no curso e a posterior emissão das carteiras de habilitação. O curso tem funcionários administrativos (encarregados da matrícula e emissão das carteiras) e instrutores (ministram as aulas teóricas e práticas e procedem as avaliações respectivas).

Cada pretendente se inscreve para a categoria que deseja: motociclista, motorista amador e motorista profissional. Esta última divide-se em duas subcategorias: profissional comum e profissional especializado (para cargas perigosas). O sistema deverá fornecer e gerenciar informações sobre os seguintes itens:

funcionário administrativo: nome e cargo.

instrutor: nome e qualificação.

pretendente: nome, endereço, telefone, data de nascimento, categoria pretendida.

curso: são realizados mensalmente. As inscrições são oferecidas em turmas relacionadas às categorias (turma-motociclista, turma-amador, etc.). Para cada turma/categoria existe determinado número de horas/aula teóricas e práticas, relação de alunos, e para cada aluno frequência, e resultado das avaliações. As exigências (programas) de cada turma são diferentes:

turma/categoria motociclista: sinalização e prática de motocicleta.

turma/categoria amador: sinalização e prática de automóvel.

turma/categoria profissional: sinalização, prática de veículo pesado e mecânica. Para motoristas profissionais especializados será exigido ainda instruções sobre 1^{os} socorros e transporte perigoso.

inscrição: nome, categoria, data de início, taxa.

emissão da carteira: nome, categoria, período de validade e taxa.

O sistema deverá emitir ainda, para cada categoria/turma, a lista de chamada..

IV. PROBLEMA A REUTILIZAR: Sistema de Registro de Propriedade de Veículos

O exemplo de registro de propriedade vem da prática, com a aplicação de princípios baseados em objetos durante o desenvolvimento de um sistema de registro de propriedade de veículos motorizados.

Declaração do problema. O sistema mantém informações sobre o seguinte:

Organização: nome, gerente, endereço, telefone

Escriturário: nome legal, endereço, nome de usuário, autorização, data inicial, data final

Proprietário: nome legal, endereço, telefone

Título: número, evidência de propriedade, título cedido, data e hora de título, taxa

Registro: data e hora, data e hora inicial, data e hora final, placa (emissor, ano, tipo, número), chassi (ano, tipo, número), taxa.

Veículo: número, ano, marca, modelo, cor, custo; e,

para caminhões: número de passageiros, quilometragem, potência, peso temporário bruto;

para motocicletas: número de passageiros, quilometragem;

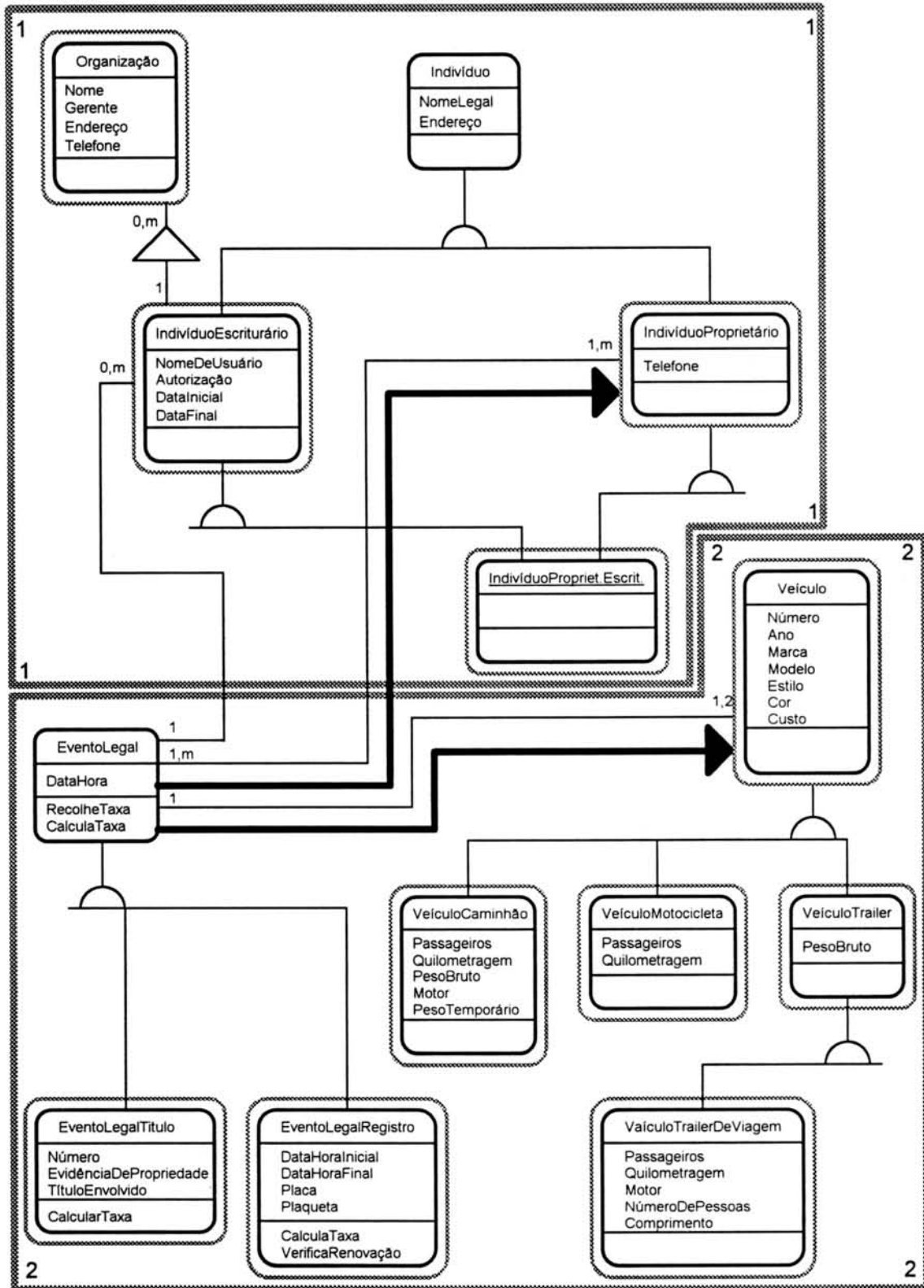
para *trailers*: peso bruto;

para *trailers* de viagem: número de passageiros, quilometragem, potência, número do chassi, tamanho.

Os Escriturários são responsáveis pelos registros e títulos emitidos (mais as taxas correspondentes). Cada Escriturário pertence a uma organização (jurisdição, região ou comarca).

O sistema emite relatórios de renovações de registros.

V. MODELO DE OBJETOS REUTILIZÁVEL



VI. TABELA PARA APROPRIAÇÃO DOS TEMPOS GASTOS NAS ATIVIDADES.

Atividades	t1	t2	t3	t4	t5	total
1. leit. da esp. narrativa alvo						
2. leit. da esp. narrativa reutilizáveis.						
3. identificação das classes-&-objetos reutilizáveis						
4. identificação de novas classes-&-objetos						
5. constr. do novo modelo de objetos						
6. revisão do modelo						
Tempos totais nas várias atividades						

VII. QUESTIONÁRIO

1. Descreva o *seu* processo de reutilização de modelos de requisitos: numere e seqüencie fases.

2. Que tipos de subsídios, além dos que lhe foram oferecidos, poderiam facilitar a reutilização de modelos no paradigma orientado a objeto? Considere diagramas de estado dos objetos, diagrama de serviços, ferramentas automatizadas, etc..

3. Qual a sua expectativa frente aos resultados práticos da experiência de reutilização realizada:

- a. acha que complica mais ao invés de ajudar? Sim Não
- b. justifique a resposta

4. Faça outros comentários, críticas e sugestões que julgar relevantes.

9.9 Anexo 9: Questionário prévio para participantes

REUTILIZAÇÃO DE ESPECIFICAÇÕES - PARADIGMA ORIENTADO A OBJETO QUESTIONÁRIO PARA DETERMINAÇÃO DA EXPERIÊNCIA DOS ALUNOS.

Nome do Aluno: _____ Nº Mat./Inscr.: _____
 Curso de Graduação que realizou: _____ Instit.: _____
 Outros cursos _____

1. Conhecimentos formais.

a. Linguagens de Programação

Cobol () - Pascal () - C () - C++ () - Prolog () - Lisp () - Eiffel () - Clipper ()

Outras: _____

b. Metodologias de Análise e Projeto

Análise Estruturada () - Eng. da Informação () - Orient. a Objeto: Rumbaugh ()

Outras: _____

c. Diagramação e outras técnicas

DFD () - DD () - ER () - DTE () - DHF () - Diag. Objeto () - Warnier () - Jackson ()

Outras: _____

2. Experiência prática: Citar as empresas em que trabalhou, detalhando para cada uma delas, tempo de permanência, tipo e número de sistemas desenvolvidos, metodologia, linguagens, técnicas utilizadas e outros detalhes que julgar importantes.

a. Programação: _____

b. Análise e Projeto: _____
 _____ mais detalhes, no verso

3. Auto Avaliação:

Você se considera:	um analista	experiente	()
		mais ou menos experiente	()
		inexperiente	()
	um programador	experiente	()
		mais ou menos experiente	()
		inexperiente	()

9.10 Anexo 10: Questionário de avaliação da reutilização

1. Descreva o *seu* processo de reutilização de modelos de requisitos: numere as fases.

2. Que tipos de subsídios, além dos que lhe foram oferecidos, poderiam facilitar a reutilização de modelos (no momento DFD's) no paradigma estruturado? Considere DD, descrição dos processos, DER, ferramentas automatizadas, etc..

3. Qual a sua expectativa frente aos resultados práticos da experiência de reutilização realizada:

- a. acha que complica mais ao invés de ajudar? Sim Não
 b. justifique a resposta

4. Qual a sua expectativa frente ao aumento de produtividade que a reutilização dos seguintes outros documentos de requisitos poderá oferecer no ambiente estruturado:

- a. Dicionário de Dados: grande médio pequeno nenhum
 b. Especificação dos processos: grande médio pequeno nenhum
 c. Diagrama E/R grande médio pequeno nenhum
 d. Diagrama de Estados (DTE) grande médio pequeno nenhum

5. Faça outros comentários, críticas e sugestões que julgar relevantes.

utilize o verso se necessário.

9.11 Anexo 11: Tabela com os dados do Experimento-1/PE

DADOS DO EXPERIMENTO 1																								
Dados Pte.				Classificação do Pte.						Av. dos DFD's						Planilha de tempos								
EX	NS	NT	TU	CF	AN	AE	EP	ET	C	TM	P1	P2	P3	P4	PT	AF	T1	T2	T3	T4	T5	TA	TC	TT
E1	1	23	Join	0	2	3	3	8	3	I	0	0	10	15	25	75	30	0	8	40	3	33	48	81
E1	2	20	Join	1	3	2	2	7	3	I	0	5	5	10	20	80	10	0	15	30	5	15	45	60
E1	3	21	Join	1	3	2	2	7	3	I	0	10	0	5	15	85	27	0	11	15	5	32	26	58
E1	4	22	Join	1	2	2	2	6	2	I	0	15	5	10	30	70	12	0	22	34	5	17	56	73
E1	5	24	Join	1	2	1	2	5	2	I	10	5	65	0	80	20	13	0	6	19	10	23	25	48
E1	6	27	Join	0	2	2	2	6	2	I	0	5	5	10	20	80	32	0	13	25	25	57	38	95
E1	7	25	Join	1	1	2	2	5	2	I	0	0	0	15	15	85	15	0	10	30	13	28	40	68
E1	8	29	Join	1	2	2	1	5	2	I	0	10	0	15	25	75	21	0	15	20	10	31	35	66
E1	9	30	Join	1	2	2	1	5	2	I	0	10	15	15	40	60	13	0	3	14	11	24	17	41
E1	10	31	Join	0	1	1	2	4	1	I	0	15	0	25	40	60	15	0	10	20	30	45	30	75
E1	11	34	Join	0	2	1	1	4	1	I	0	20	0	30	50	50	25	0	10	20	12	37	30	67
E1	12	32	Join	1	1	1	1	3	1	I	0	0	15	0	15	85	10	0	10	30	12	22	40	62
E1	13	33	Join	1	1	1	1	3	1	I	0	20	0	30	50	50	30	0	20	20	10	40	40	80
E1	14	35	Join	1	1	1	1	3	1	I	0	10	5	15	30	70	26	0	31	45	5	31	76	107
E1	15	8	Puc	1	3	3	3	9	3	I	5	15	5	20	45	55	14	0	12	26	3	17	38	55
E1	16	9	Puc	1	2	2	3	7	3	I	0	15	5	25	45	55	19	0	6	20	12	31	26	57
E1	17	4	Puc	1	2	2	2	6	2	I	0	7	0	8	15	85	20	0	10	13	9	29	23	52
E1	18	1	Puc	1	1	2	1	4	1	I	10	5	5	25	45	55	23	0	9	16	11	34	25	59
E1	19	3	Puc	0	1	1	1	3	1	I	5	15	10	20	50	50	14	0	19	30	8	22	49	71
E1	20	12	Puc	0	1	1	1	3	1	I	5	15	0	30	50	50	34	0	17	45	0	34	62	96
E1	21	29	Si93	1	3	2	3	8	3	I	0	0	10	0	10	90	50	0	10	15	30	80	25	105
E1	22	24	Si93	1	2	3	2	7	3	I	10	10	15	25	60	40	40	0	20	30	15	55	50	105
E1	23	13	Si93	1	2	2	3	7	3	I	0	10	5	10	25	75	16	0	8	9	9	25	17	42
E1	24	16	Si93	1	2	2	2	6	2	I	25	10	20	15	70	30	22	0	3	10	10	32	13	45
E1	25	20	Si93	1	2	2	2	6	2	I	0	10	5	15	30	70	31	0	10	16	22	53	26	79
E1	26	8	Si93	1	2	2	2	6	2	I	0	10	10	20	40	60	20	0	11	26	3	23	37	60
E1	27	4	Si93	0	2	2	2	6	2	I	20	0	65	0	85	15	25	0	10	10	0	25	20	45
E1	28	25	Si93	1	2	1	2	5	2	I	0	10	10	5	25	75	25	0	10	30	6	31	40	71
E1	29	7	Si93	0	2	1	2	5	2	I	35	0	10	25	70	30	23	0	18	13	10	33	31	64
E1	30	32	Si93	0	2	1	2	5	2	I	0	5	5	10	20	80	20	0	15	30	10	30	45	75
E1	31	40	Si93	1	2	1	1	4	1	I	0	15	15	20	50	50	30	0	10	30	15	45	40	85
E1	32	27	Si93	1	1	1	2	4	1	I	0	5	5	15	85	18	0	10	22	5	23	32	55	
E1	33	5	Si93	0	1	1	1	3	1	I	0	0	20	10	30	70	26	0	8	30	10	36	38	74
E1	34	11	Si93	0	1	1	1	3	1	I	0	15	65	0	80	20	30	0	30	20	30	60	50	110
E1	35	39	Si93	1	1	1	1	3	1	I	0	10	5	10	25	75	24	0	6	22	25	49	28	77
E1	36	08	Si94	1	3	3	3	9	3	I	5	5	10	15	35	65	25	0	20	35	5	30	55	85
E1	37	23	Si94	0	3	2	3	8	3	I	0	5	10	10	25	75	45	0	20	25	5	50	45	95
E1	38	15	Si94	1	2	3	3	8	3	I	5	5	20	35	65	35	0	10	20	15	50	30	80	
E1	39	26	Si94	1	3	2	3	8	3	I	0	5	10	20	35	65	21	0	9	15	5	26	24	50
E1	40	18	Si94	1	3	1	3	7	3	I	0	20	65	0	85	15	24	0	10	15	0	24	25	49
E1	41	35	Si94	1	3	1	2	6	2	I	0	0	10	15	25	75	14	0	5	21	22	36	26	62
E1	42	07	Si94	1	2	2	2	6	2	I	0	5	0	10	15	85	12	0	10	20	2	14	30	44
E1	43	21	Si94	1	2	1	2	5	2	I	0	0	10	10	20	80	26	0	10	15	25	51	25	76
E1	44	30	Si94	1	2	1	2	5	2	I	0	0	0	10	10	90	31	0	21	28	8	39	49	88
E1	45	04	Si94	1	2	1	2	5	2	I	0	5	0	10	15	85	17	0	11	20	4	21	31	52
E1	46	16	Si94	1	2	1	2	5	2	I	5	10	20	30	65	35	14	0	3	21	20	34	24	58
E1	47	36	Si94	0	2	1	2	5	2	I	0	5	0	15	20	80	23	0	10	15	10	33	25	58
E1	48	28	Si94	1	1	1	2	4	1	I	0	5	10	15	30	70	7	0	14	39	5	12	53	65
E1	49	11	Si94	1	1	1	1	3	1	I	0	0	0	5	5	95	17	0	7	17	3	20	24	44
E1	50	29	Si94	1	1	1	1	3	1	I	0	5	0	10	15	85	18	0	6	24	0	18	30	48
E1	51	27	Si94	0	1	1	1	3	1	I	0	5	0	30	35	65	13	0	18	30	10	23	48	71
E1	52	1	Join	1	3	2	3	8	3	R	0	5	0	5	10	90	9	4	5	15	5	18	20	38
E1	53	3	Join	0	2	3	2	7	3	R	0	5	0	10	15	85	24	10	5	15	2	36	20	56
E1	54	2	Join	1	2	2	2	6	2	R	0	10	0	20	30	70	15	7	5	10	5	27	15	42
E1	55	17	Join	1	2	2	2	6	2	R	0	5	0	10	15	85	25	8	12	20	15	48	32	80

DADOS DO EXPERIMENTO 1 - Continuação																								
Dados Pte.				Class.do Pte.							Av. dos DFD's						Planilha de tempos							
EX	NS	NT	TU	CF	AN	AE	EP	ET	C	TM	P1	P2	P3	P4	PT	AF	T1	T2	T3	T4	T5	TA	TC	TT
E1	56	4	Join	1	2	2	2	6	2	R	0	5	0	5	10	90	20	5	10	12	5	30	22	52
E1	57	5	Join	0	3	1	2	6	2	R	5	15	0	15	35	65	29	5	10	15	44	78	25	103
E1	58	6	Join	1	2	1	2	5	2	R	0	5	0	20	25	75	13	5	19	20	20	38	39	77
E1	59	18	Join	0	2	1	2	5	2	R	0	10	5	15	30	70	18	8	25	20	12	38	45	83
E1	60	11	Join	1	2	1	2	5	2	R	0	0	5	0	5	95	28	13	3	13	3	44	16	60
E1	61	12	Join	1	2	1	2	5	2	R	0	5	0	5	10	90	15	5	12	15	12	32	27	59
E1	62	8	Join	1	2	1	1	4	1	R	0	5	5	10	20	80	25	10	20	20	0	35	40	75
E1	63	9	Join	1	1	1	2	4	1	R	0	0	15	15	30	70	10	12	13	15	4	26	28	54
E1	64	10	Join	1	1	2	1	4	1	R	0	5	0	0	5	95	14	5	5	8	10	29	13	42
E1	65	13	Join	0	2	1	1	4	1	R	0	5	0	10	15	85	10	19	12	13	15	44	25	69
E1	66	14	Join	1	1	1	2	4	1	R	0	10	10	20	40	60	15	4	6	11	13	32	17	49
E1	67	15	Join	1	1	1	1	3	1	R	0	10	0	10	20	80	10	5	8	7	10	25	15	40
E1	68	16	Join	1	1	1	1	3	1	R	0	5	0	5	10	90	15	5	10	15	5	25	25	50
E1	69	5	Puc	1	2	3	2	7	3	R	0	0	10	10	20	80	14	9	13	26	8	31	39	70
E1	70	10	Puc	1	2	3	2	7	3	R	0	7	0	28	35	65	10	2	8	26	5	17	34	51
E1	71	2	Puc	1	1	2	1	4	1	R	0	0	5	10	15	85	15	8	5	15	17	40	20	60
E1	72	7	Puc	1	1	1	2	4	1	R	0	5	0	10	15	85	10	8	9	17	7	25	26	51
E1	73	11	Puc	1	1	1	1	3	1	R	0	0	0	10	10	90	10	6	10	10	7	23	20	43
E1	74	6	Puc	1	1	1	1	3	1	R	0	0	0	0	0	100	11	2	13	26	5	18	39	57
E1	75	19	Si93	1	2	2	3	7	3	R	0	5	5	10	20	80	18	7	20	20	5	30	40	70
E1	76	14	Si93	1	3	1	3	7	3	R	0	5	0	10	15	85	12	5	10	10	3	20	20	40
E1	77	12	Si93	1	2	2	2	6	2	R	0	5	0	10	15	85	8	5	20	25	2	15	45	60
E1	78	38	Si93	1	2	2	2	6	2	R	0	0	0	0	0	100	35	15	13	25	5	55	38	93
E1	79	23	Si93	1	2	2	2	6	2	R	0	5	5	0	10	90	15	10	10	20	10	35	30	65
E1	80	26	Si93	0	2	2	2	6	2	R	0	0	0	0	0	100	6	5	8	10	8	19	18	37
E1	81	18	Si93	1	1	2	2	5	2	R	0	5	0	0	5	95	14	4	4	10	16	34	14	48
E1	82	3	Si93	0	2	1	2	5	2	R	0	5	0	10	15	85	10	6	10	15	2	18	25	43
E1	83	22	Si93	1	2	2	1	5	2	R	0	0	5	10	15	85	4	2	6	20	4	10	26	36
E1	84	9	Si93	1	1	2	2	5	2	R	0	5	5	10	20	80	15	2	11	22	50	67	33	100
E1	85	28	Si93	1	2	1	1	4	1	R	0	10	5	20	35	65	24	18	18	11	10	52	29	81
E1	86	1	Si93	0	1	1	1	3	1	R	0	5	0	0	5	95	24	5	12	26	1	30	38	68
E1	87	31	Si93	0	1	1	1	3	1	R	0	0	10	0	10	90	20	20	5	30	5	45	35	80
E1	88	2	Si93	0	1	1	1	3	1	R	0	5	0	20	25	75	16	12	15	25	5	33	40	73
E1	89	09	Si94	1	3	2	2	7	3	R	0	0	10	10	20	80	30	9	10	15	10	49	25	74
E1	90	25	Si94	1	2	2	3	7	3	R	0	10	0	15	25	75	25	7	15	22	5	37	37	74
E1	91	02	Si94	1	2	1	3	6	2	R	0	5	0	10	15	85	12	3	10	12	3	18	22	40
E1	92	13	Si94	0	2	1	3	6	2	R	0	0	0	10	10	90	35	20	15	25	0	55	40	95
E1	93	05	Si94	0	2	1	3	6	2	R	0	0	0	5	5	95	30	8	15	20	6	44	35	79
E1	94	14	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	0	0	0	0	100	14	2	12	13	2	18	25	43
E1	95	24	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	0	0	10	10	90	16	3	10	17	6	25	27	52
E1	96	12	Si94	1	1	1	3	5	2	R	0	5	0	10	15	85	18	10	10	13	20	48	23	71
E1	97	22	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	5	0	15	20	80	12	2	8	24	2	16	32	48
E1	98	34	Si94	1	2	1	1	4	1	R	0	5	0	5	10	90	15	10	9	14	2	27	23	50
E1	99	03	Si94	1	1	1	2	4	1	R	0	0	0	10	10	90	19	4	22	12	10	33	34	67
E1	100	31	Si94	0	1	1	2	4	1	R	0	0	0	5	5	95	25	7	8	18	5	37	26	63
E1	101	17	Si94	0	1	1	1	3	1	R	0	0	0	5	5	95	19	4	10	20	5	28	30	58

9.12 Anexo 12: Tabela com os dados do Experimento-2/PE

DADOS DO EXPERIMENTO 2																								
EX	Dados Pte.			Classificação do Pte.							Av. dos DFD's					Planilha de tempos								
	NS	NT	TU	CF	AN	AE	EP	ET	C	TM	P1	P2	P3	P4	PT	AF	T1	T2	T3	T4	T5	TA	TC	TT
E2	1	1	Join	1	3	2	3	8	3	I	0	10	0	10	20	80	18	0	20	20	10	28	40	68
E2	2	3	Join	0	2	3	2	7	3	I	0	10	0	10	20	80	17	0	7	26	12	29	33	62
E2	3	2	Join	1	2	2	2	6	2	I	5	10	5	15	35	65	10	0	5	10	5	15	15	30
E2	4	17	Join	1	2	2	2	6	2	I	0	20	10	35	65	35	20	0	10	15	20	40	25	65
E2	5	4	Join	1	2	2	2	6	2	I	0	5	0	0	5	95	8	0	15	20	5	13	35	48
E2	6	5	Join	0	3	1	2	6	2	I	0	15	5	25	45	55	30	0	15	25	5	35	40	75
E2	7	6	Join	1	2	1	2	5	2	I	0	15	10	10	35	65	25	0	25	40	0	25	65	90
E2	8	7	Join	0	2	1	2	5	2	I	0	10	5	10	25	75	25	0	5	15	7	32	20	52
E2	9	18	Join	0	2	1	2	5	1	I	0	20	0	30	50	50	17	0	13	15	10	27	28	55
E2	10	11	Join	1	2	1	2	5	2	I	0	10	0	5	15	85	17	0	9	6	21	38	15	53
E2	11	12	Join	1	2	1	2	5	2	I	0	15	0	25	40	60	22	0	15	15	18	40	30	70
E2	12	8	Join	1	2	1	1	4	1	I	0	15	5	25	45	55	15	0	15	20	0	15	35	50
E2	13	9	Join	1	1	1	2	4	1	I	0	15	10	15	40	60	15	0	8	14	0	15	22	37
E2	14	10	Join	1	1	2	1	4	1	I	0	10	0	35	45	55	27	0	10	20	20	47	30	77
E2	15	13	Join	0	2	1	1	4	1	I	0	15	0	20	35	65	17	0	9	15	0	17	24	41
E2	16	14	Join	1	1	1	2	4	1	I	0	15	0	20	35	65	11	0	7	5	12	23	12	35
E2	17	15	Join	1	1	1	1	3	1	I	0	15	0	30	45	55	15	0	15	10	0	15	25	40
E2	18	16	Join	1	1	1	1	3	1	I	5	10	5	15	35	65	10	0	10	15	5	15	25	40
E2	19	5	Puc	1	2	3	2	7	3	I	0	10	10	10	30	70	15	0	14	13	7	22	27	49
E2	20	10	Puc	1	2	3	2	7	3	I	15	10	5	5	35	65	9	0	19	20	5	14	39	53
E2	21	7	Puc	1	1	1	2	4	1	I	0	5	5	10	20	80	15	0	7	18	3	18	25	43
E2	22	11	Puc	1	1	1	1	3	1	I	0	10	5	5	20	80	12	0	11	22	3	15	33	48
E2	23	6	Puc	1	1	1	1	3	1	I	0	10	5	10	25	75	7	0	7	25	6	13	32	45
E2	24	32	Si94	1	3	2	3	8	3	I	0	15	5	15	35	65	12	0	20	30	10	22	50	72
E2	25	09	Si94	1	3	2	2	7	3	I	0	10	5	10	25	75	23	0	7	15	10	33	22	55
E2	26	06	Si94	1	2	2	3	7	3	I	0	10	0	25	35	65	6	0	8	20	15	21	28	49
E2	27	25	Si94	1	2	2	3	7	3	I	0	15	0	20	35	65	11	0	10	22	11	22	32	54
E2	28	19	Si94	0	2	2	3	7	3	I	0	10	5	15	30	70	14	0	12	31	3	17	43	60
E2	29	10	Si94	1	3	1	2	6	2	I	0	5	0	20	25	75	20	0	10	30	5	25	40	65
E2	30	02	Si94	1	2	1	3	6	2	I	0	15	65	0	80	20	10	0	10	25	10	20	35	55
E2	31	13	Si94	0	2	1	3	6	2	I	0	20	0	20	40	60	10	0	30	23	0	10	53	63
E2	32	05	Si94	0	2	1	3	6	2	I	0	25	65	0	90	10	27	0	20	11	8	35	31	66
E2	33	14	Si94	1	2	1	2	5	2	I	0	10	0	0	10	90	15	0	12	6	15	30	18	48
E2	34	24	Si94	1	2	1	2	5	2	I	0	10	0	10	20	80	11	0	10	13	5	16	23	39
E2	35	12	Si94	1	1	1	3	5	2	I	0	20	5	20	45	55	22	0	9	15	0	22	24	46
E2	36	22	Si94	1	2	1	2	5	2	I	10	15	0	30	55	45	12	0	12	7	15	27	19	46
E2	37	34	Si94	1	2	1	1	4	1	I	0	10	5	20	35	65	27	0	8	20	12	39	28	67
E2	38	31	Si94	0	1	1	2	4	1	I	0	10	0	15	25	75	20	0	10	25	7	27	35	62
E2	39	17	Si94	0	1	1	1	3	1	I	0	15	0	20	35	65	20	0	7	10	18	38	17	55
E2	40	23	Join	0	2	3	3	8	3	R	0	10	5	10	25	75	9	7	12	25	5	21	37	58

DADOS DO EXPERIMENTO 2 - Continuação																								
EX	Dados Pte.			Classificação do Pte.							Av. dos DFD's						Planilha de tempos							
	NS	NT	TU	CF	AN	AE	EP	ET	C	TM	P1	P2	P3	P4	PT	AF	T1	T2	T3	T4	T5	TA	TC	TT
E2	41	20	Join	1	3	2	2	7	3	R	0	15	5	20	40	60	15	5	5	15	5	25	20	45
E2	42	21	Join	1	3	2	2	7	3	R	0	15	5	10	30	70	12	3	8	12	3	18	20	38
E2	43	22	Join	1	2	2	2	6	2	R	0	5	5	15	25	75	10	3	12	13	1	14	25	39
E2	44	26	Join	0	2	2	2	6	2	R	0	10	5	10	25	75	15	5	15	15	5	25	30	55
E2	45	27	Join	0	2	2	2	6	2	R	0	10	0	15	25	75	15	5	10	15	0	20	25	45
E2	46	24	Join	1	2	1	2	5	2	R	0	10	5	10	25	75	14	6	12	8	5	25	20	45
E2	47	25	Join	1	1	2	2	5	2	R	0	15	5	10	30	70	28	4	19	46	10	42	65	107
E2	48	28	Join	0	2	1	2	5	2	R	0	10	5	10	25	75	30	15	25	25	10	55	50	105
E2	49	29	Join	1	2	2	1	5	2	R	5	10	5	15	35	65	16	13	6	10	3	32	16	48
E2	50	30	Join	1	2	2	1	5	2	R	0	10	5	15	30	70	11	6	5	5	8	25	10	35
E2	51	31	Join	0	1	1	2	4	1	R	5	10	0	5	20	80	20	5	10	10	20	45	20	65
E2	52	32	Join	1	1	1	1	3	1	R	5	0	0	10	15	85	17	2	18	15	10	29	33	62
E2	53	33	Join	1	1	1	1	3	1	R	5	10	0	10	25	75	15	5	5	10	10	30	15	45
E2	54	8	Puc	1	3	3	3	9	3	R	0	10	15	5	30	70	13	8	10	18	5	26	28	54
E2	55	9	Puc	1	2	2	3	7	3	R	0	5	0	5	10	90	13	16	12	15	3	32	27	59
E2	56	4	Puc	1	2	2	2	6	2	R	0	10	5	10	25	75	14	13	13	13	3	30	26	56
E2	57	1	Puc	1	1	2	1	4	1	R	5	15	10	10	40	60	15	7	12	18	5	27	30	57
E2	58	3	Puc	0	1	1	1	3	1	R	0	10	10	0	20	80	10	5	25	16	4	19	41	60
E2	59	12	Puc	0	1	1	1	3	1	R	5	5	5	10	25	75	20	6	24	20	0	26	44	70
E2	60	08	Si94	1	3	3	3	9	3	R	0	5	0	10	15	85	20	5	15	10	15	40	25	65
E2	61	23	Si94	0	3	2	3	8	3	R	0	5	0	10	15	85	15	5	20	30	5	25	50	75
E2	62	15	Si94	1	2	3	3	8	3	R	0	15	5	5	25	75	26	4	13	17	0	30	30	60
E2	63	26	Si94	1	3	2	3	8	3	R	0	5	5	15	25	75	12	3	18	12	5	20	30	50
E2	64	01	Si94	1	2	2	3	7	3	R	0	10	0	20	30	70	15	2	10	15	15	32	25	57
E2	65	18	Si94	1	3	1	3	7	3	R	0	10	0	10	20	80	15	4	15	15	10	29	30	59
E2	66	35	Si94	1	3	1	2	6	2	R	0	15	5	15	35	65	16	4	15	12	5	25	27	52
E2	67	21	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	10	5	10	25	75	10	5	5	10	10	25	15	40
E2	68	30	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	10	20	20	50	50	11	7	12	20	10	28	32	60
E2	69	04	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	5	0	5	10	90	7	5	8	11	1	13	19	32
E2	70	16	Si94	1	2	1	2	5	2	R	0	10	5	5	20	80	15	4	5	7	5	24	12	36
E2	71	36	Si94	0	2	1	2	5	2	R	0	10	5	15	30	70	20	10	10	15	5	35	25	60
E2	72	28	Si94	1	1	1	2	4	1	R	0	5	0	5	10	90	9	2	6	9	5	16	15	31
E2	73	11	Si94	1	1	1	1	3	1	R	0	10	0	25	35	65	18	6	12	6	3	27	18	45
E2	74	29	Si94	1	1	1	1	3	1	R	0	5	0	0	5	95	14	12	10	15	0	26	25	51

9.13 Anexo 13: Tabela com dados dos experimentos 1 e 2 par a par

EXPERIMENTO 1 EMPAR COMEXPERIMENTO 2																																								
EX	NS	NT	TU	CF	AN	AE	EP	ET	CP	TM	P1	P2	P3	P4	PT	AF	T1	T2	T3	T4	T5	TA	TC	TT	EX	M	P1r	P2r	P3r	P4r	PTr	AF	T1r	T2r	T3r	T4r	T5r	A	TC	TTr
E2	1	1	Join	1	3	2	3	8	3	1	0	10	0	10	20	80	18	0	20	20	10	28	40	68	E1	R	0	5	0	5	10	90	9	4	5	15	5	18	20	38
E2	2	2	Join	1	2	2	2	6	2	1	5	10	5	15	35	65	10	0	5	10	5	15	15	30	E1	R	0	10	0	20	30	70	15	7	5	10	5	27	15	42
E2	3	3	Join	0	2	3	2	7	3	1	0	10	0	10	20	80	17	0	7	26	12	29	33	62	E1	R	0	5	0	10	15	85	24	10	5	15	2	36	20	56
E2	4	4	Join	1	2	2	2	6	2	1	0	5	0	0	5	95	8	0	15	20	5	13	35	48	E1	R	0	5	0	5	10	90	20	5	10	12	5	30	22	52
E2	5	5	Join	0	3	1	2	6	2	1	0	15	5	25	45	55	30	0	15	25	5	35	40	75	E1	R	5	15	0	15	35	65	29	5	10	15	44	78	25	103
E2	6	6	Join	1	2	1	2	5	2	1	0	15	10	10	35	65	25	0	25	40	0	25	65	90	E1	R	0	5	0	20	25	75	13	5	19	20	20	38	39	77
E2	7	8	Join	1	2	1	1	4	1	1	0	15	5	25	45	55	15	0	15	20	0	15	35	50	E1	R	0	5	5	10	20	80	25	10	20	20	0	35	40	75
E2	8	9	Join	1	1	1	2	4	1	1	0	15	10	15	40	60	15	0	8	14	0	15	22	37	E1	R	0	0	15	15	30	70	10	12	13	15	4	26	28	54
E2	9	10	Join	1	1	1	1	4	1	1	0	10	0	35	45	55	27	0	10	20	20	47	30	77	E1	R	0	5	0	0	5	95	14	5	5	8	10	29	13	42
E2	10	11	Join	1	2	1	2	5	2	1	0	10	0	5	15	85	17	0	9	6	21	38	15	53	E1	R	0	0	5	0	5	95	28	13	3	13	3	44	16	60
E2	11	12	Join	1	2	1	2	5	2	1	0	15	0	25	40	60	22	0	15	15	18	40	30	70	E1	R	0	5	0	5	10	90	15	5	12	15	12	32	27	59
E2	12	13	Join	0	2	1	1	4	1	1	0	15	0	20	35	65	17	0	9	15	0	17	24	41	E1	R	0	5	0	10	15	85	10	19	12	13	15	44	25	69
E2	13	14	Join	1	1	1	2	4	1	1	0	15	0	20	35	65	11	0	7	5	12	23	12	35	E1	R	0	10	10	20	40	60	15	4	6	11	13	32	17	49
E2	14	15	Join	1	1	1	1	3	1	1	0	15	0	30	45	55	15	0	15	10	0	15	25	40	E1	R	0	10	0	10	20	80	10	5	8	7	10	25	15	40
E2	15	16	Join	1	1	1	1	3	1	1	5	10	5	15	35	65	10	0	10	15	5	15	25	40	E1	R	0	5	0	5	10	90	15	5	10	15	5	25	25	50
E2	16	17	Join	1	2	2	2	6	2	1	0	20	10	35	65	35	20	0	10	15	20	40	25	65	E1	R	0	5	0	10	15	85	25	8	12	20	15	48	32	80
E2	17	18	Join	0	2	1	2	5	2	1	0	20	0	30	50	50	17	0	13	15	10	27	28	55	E1	R	0	10	5	15	30	70	18	8	25	20	12	38	45	83
E1	18	20	Join	1	3	2	2	7	3	1	0	5	5	10	20	80	10	0	15	30	5	15	45	60	E2	R	0	15	5	20	40	60	15	5	5	15	5	25	20	45
E1	19	21	Join	1	3	2	2	7	3	1	0	10	0	5	15	85	27	0	11	15	5	32	26	58	E2	R	0	15	5	10	30	70	12	3	8	12	3	18	20	38
E1	20	22	Join	1	2	2	2	6	2	1	0	15	5	10	30	70	12	0	22	34	5	17	56	73	E2	R	0	5	5	15	25	75	10	3	12	13	1	14	25	39
E1	21	23	Join	0	2	3	3	8	3	1	0	0	10	15	25	75	30	0	8	40	3	33	48	81	E2	R	0	10	5	10	25	75	9	7	12	25	5	21	37	58
E2	22	24	Join	1	2	1	2	5	2	1	10	5	65	0	80	20	13	0	6	19	10	23	25	48	E2	R	0	10	5	10	25	75	14	6	12	8	5	25	20	45
E1	23	25	Join	1	1	2	2	5	2	1	0	0	0	15	15	85	15	0	10	30	13	28	40	68	E2	R	0	15	5	10	30	70	28	4	19	46	10	42	65	107
E1	24	27	Join	0	2	2	2	6	2	1	0	5	5	10	20	80	32	0	13	25	25	57	38	95	E2	R	0	10	0	15	25	75	15	5	10	15	0	20	25	45
E1	25	29	Join	1	2	2	1	5	2	1	0	10	0	15	25	75	21	0	15	20	10	31	35	66	E2	R	5	10	5	15	35	65	16	13	6	10	3	32	16	48
E1	26	30	Join	1	2	2	1	5	2	1	0	10	15	15	40	60	13	0	3	14	11	24	17	41	E2	R	0	10	5	15	30	70	11	6	5	8	25	10	35	
E1	27	31	Join	0	1	1	2	4	1	1	0	15	0	25	40	60	15	0	10	20	30	45	30	75	E2	R	5	10	0	5	20	80	20	5	10	20	45	20	65	
E1	28	32	Join	1	1	1	1	3	1	1	0	0	15	0	15	85	10	0	10	30	12	22	40	62	E2	R	5	0	0	10	15	85	17	2	18	15	10	29	33	62
E1	29	33	Join	1	1	1	1	3	1	1	0	20	0	30	50	50	30	0	20	20	10	40	40	80	E2	R	5	10	0	10	25	75	15	5	5	10	10	30	15	45
E1	30	1	Puc	1	1	2	1	4	1	1	10	5	25	45	55	23	0	9	16	11	34	25	59	E2	R	5	15	10	10	40	60	15	7	12	18	5	27	30	57	
E1	31	3	Puc	0	1	1	1	3	1	1	5	15	10	20	50	50	14	0	19	30	8	22	49	71	E2	R	0	10	10	0	20	80	10	5	25	16	4	19	41	60
E1	32	4	Puc	1	2	2	2	6	2	1	0	7	0	8	15	85	20	0	10	13	9	29	23	52	E2	R	0	10	5	10	25	75	14	13	13	13	3	30	26	56
E2	33	5	Puc	1	2	3	2	7	3	1	1	0	10	10	10	30	70	15	0	14	13	7	22	27	E2	R	0	0	10	10	20	80	14	9	13	26	8	31	39	70
E2	34	6	Puc	1	1	1	1	3	1	1	1	0	10	5	10	25	75	7	0	7	25	6	13	32	E2	R	0	0	0	0	100	11	2	13	26	5	18	39	57	
E2	35	7	Puc	1	1	1	2	4	1	1	1	0	5	5	10	20	80	15	0	7	18	3	18	25	E2	R	0	5	0	10	15	85	10	8	9	17	7	25	26	51
E1	36	8	Puc	1	3	3	3	9	3	1	5	15	5	20	45	55	14	0	12	26	3	17	38	55	E2	R	0	10	15	5	30	70	13	8	10	18	5	26	28	54
E1	37	9	Puc	1	2	2	2	7	3	1	0	15	5	25	45	55	19	0	10	12	31	26	57	E2	R	0	5	0	5	10	90	13	16	12	15	3	32	27	59	
E2	38	10	Puc	1	2	3	2	7	3	1	15	10	5	5	35	65	9	0	19	20	5	14	39	E2	R	0	7	0	28	35	65	10	2	8	26	5	17	34	51	
E2	39	11	Puc	1	1	1	1	3	1	1	1	0	10	5	5	20	80	12	0	11	22	3	15	33	E2	R	0	0	0	10	10	90	6	10	10	7	23	20	43	
E1	40	12	Puc	0	1	1	1	3	1	1	5	15	0	30	50	50	34	0	17	45	0	34	62	96	E2	R	5	5	5	10	25	75	20	6	24	20	0	26	44	70
E2	41	02	S94	1	2	1	3	6	2	1	1	0	15	65	0	80	20	10	0	10	25	10	20	35	E2	R	0	5	0	10	15	85	12	3	10	12	3	18	22	40
E1	42	04	S94	1	2	1	2	5	2	1	0	5	0	10	15	85	17	0	11	20	4	21	31	52	E2	R	0	5	0	5	10	90	7	5	8	11	1	13	19	32
E2	43	05	S94	0	2	1	3	6	2	1	1	0	25	65	0	90	10	27	0	20	11	8	35	31	E2	R	0	0	0	5	5	95	30	8	15	20	6	44	35	79
E1	44	08	S94	1	3	3	3	9	3	1	5	10	15	35	65	25	0	20	35	5	30	55	85	E2	R	0	5	0	10	15	85	20	5	15	10	15	40	25	65	
E2	45	09	S94	1	3	2	2</																																	

9.14 Anexo 14: Tabela com os dados dos Experimentos no POO

P L A N I L H A P U C / O O - Experimentos 1 e 2																												
Dados do Participante										Avaliação dos Modelos de Objetos										Planilha de tempos								
EX	SG	T	CF	AN	OO	EP	TP	C	T	C	ES	AT	AS	SE	CM	ME	MD	PT	AF	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TT	TA	TC
1	1	5	0	1	1	1	3	1	I	10	10	10	5	10	15	35	25	60	40	10	0	0	25	40	10	85	20	65
2	2	9	1	1	1	2	4	1	I	2	10	10	5	10	14	27	24	51	49	18	0	0	5	23	3	49	21	28
2	3	10	0	2	1	1	4	1	I	2	6	4	5	6	14	17	20	37	63	7	0	0	0	51	3	61	10	51
2	4	11	0	1	1	2	4	1	I	2	10	10	0	10	10	22	20	42	58	13	0	0	15	44	8	80	21	59
2	5	12	0	1	1	1	3	1	I	2	10	8	0	12	10	20	22	42	58	3	0	0	14	44	6	67	9	58
1	6	1	1	2	1	1	4	2	I	8	10	5	5	20	20	28	40	68	32	15	0	0	5	15	5	40	20	20
1	7	2	1	2	1	2	5	2	I	10	10	5	2	5	20	27	25	52	48	18	0	0	24	20	14	76	32	44
1	8	3	1	2	1	2	5	2	I	8	8	0	5	15	20	21	35	56	44	5	0	0	10	10	5	30	10	20
1	9	4	0	2	1	2	5	2	I	5	10	3	5	20	10	23	30	53	47	15	0	0	3	40	5	63	20	43
2	10	7	1	3	1	2	6	2	I	2	2	8	3	14	12	15	26	41	59	7	0	0	7	35	11	60	18	42
2	11	8	1	2	1	2	5	2	I	2	3	10	1	20	10	16	30	46	54	5	0	0	30	30	4	69	9	60
1	12	9	1	1	1	2	4	1	R	6	5	3	0	7	10	14	17	31	69	10	3	3	7	19	3	45	19	26
1	13	10	0	2	1	1	4	1	R	8	6	5	5	5	10	24	15	39	61	10	5	9	5	30	15	74	39	35
1	14	12	0	1	1	1	3	1	R	5	0	0	0	3	3	5	6	11	89	8	3	9	7	40	5	72	25	47
2	15	1	1	2	1	1	4	1	R	2	10	0	0	14	10	12	24	36	64	5	5	5	5	15	5	40	20	20
2	16	5	0	1	1	1	3	1	R	0	6	2	0	10	10	8	20	28	72	10	10	20	15	30	0	85	40	45
2	17	6	0	1	1	1	3	1	R	6	0	2	5	10	20	13	30	43	57	5	5	8	10	20	10	58	28	30
1	18	7	1	3	1	2	6	2	R	6	6	5	0	8	7	17	15	32	68	5	10	10	15	13	9	62	34	28
1	19	8	1	2	1	2	5	2	R	6	6	5	0	5	5	17	10	27	73	5	5	4	4	49	0	67	14	53
2	20	2	1	2	1	2	5	2	R	2	6	8	5	2	6	21	8	29	71	8	6	7	17	16	0	54	21	33
2	21	3	1	2	1	2	5	2	R	2	6	0	5	17	10	13	27	40	60	5	4	5	20	20	20	74	34	40
2	22	4	0	2	1	2	5	2	R	6	10	2	5	20	2	23	22	45	55	14	7	7	8	13	8	57	36	21
2	23	13	1	2	1	2	5	2	R	2	0	2	0	2	20	4	22	26	74	5	12	8	4	35	0	64	25	39

10 BIBLIOGRAFIA

- [AIK 90] AIKEN, M. W. AI Based Simulation in Reusability. **Software Engineering Notes**, New York, v.15, n.5, p.23-27, Oct. 1990.
- [ALF 77] ALFORD, M. W. A Requirements Engineering Methodology for Real-Time Processing Requirements. **IEEE Transaction on Software Engineering**, New York, v.3 n.1, p.60-9, Jan. 1977.
- [AND 89] ANDERSON, J. S. ; FICKAS, S. A Proposed Perspective Shift: Viewing Specification Design as a Planning Problem. **Software Engineering Notes**, New York, v.14 n.3, p.177-184, May 89.
- [ANG 90] ANGEHRN, A. A. ; LÜTHI, H. Intelligent Decision Support Systems. **Interfaces**, Providence, RI, v.20, n.6, p.17-28, Nov./Dec. 1990.
- [ARA 88] ARANGO, G., FREEMAN, P. Application of Artificial Intelligence. **Software Engineering Notes**, New York, v.13, n.1, p. 32-8, Jan. 1988.
- [ARA 88a] ARANGO, G., BAXTER, I. ; FREEMAN, P. A Framework for Incremental Progress in the Application of AI to SE. **Software Engineering Notes**, New York, v.13, n.1, p.46-50, Jan. 1988.
- ✓ [ARA 89] ARANGO, G. Domain Analysis - From Art to Engineering Discipline. **Software Engineering Notes**, New York, v. 14, n.3, p.152-159, May. 89. ?
- ✓ [BAI 89] BAILIN, S. C. An Object-Oriented Requirements Specification Method. **Communications of the ACM**, New York, v.32, n.5, p.608-623, May 1989.
- [BAL 90] BALDA, D. Cost Estimation Models for Reuse and Prototype Software Development Life-cycles. **Software Engineering Notes**, New York, v.15, n.3, p.42-50, July 1990.
- [BEL 93] BELLINZONA, R. et al. Reuse of Specifications and Designs in a Development Information System. In: IFIP WG 8.1 Working Conference on Information System Development Process. September. of 1993, Como, Italy. **Proceedings...**[S.l.: s.n.], 1993.
- [BIG 87] BIGGERSTAFF, T. ; RICHTER, C. Reusability Frramework, Assessment, and Directions. **IEEE Software**, Los Alamitos, v. 4, n. 2, p.41-49, 1987.
- ✓ [BIG 92] BIGGERSTAFF, T. An Assessment and Analysis of Software Reuse, **Advances in Computers**, v. 34. Academic Press, 1992.
- [BOA 84] BOAR , B. M. **Application Prototyping: A Requirements Definition Strategy for the 80's**. New York: John Wiley & Sons., 1984.

- ✓ [BOL 89] BOLDYREFF, C. Reuse, Software Concepts, Descriptive Methods and the Practioner Project. **Software Engineering Notes**, New York, v. 14, n. 2, p.25-31, Apr. 1989.
- [BOO 91] BOOCH, G. **Object Oriented Design with Applications**. Redwood City: Benjamin/Cummings, 1991.
- [BOR 85] BORGIDA, A., ; GREENSPAN, S. ; MYLOPOULOS, J. Knowledge Representation as the Basis for Requirements Specifications. **Computer**, Los Alamitos, v.18, n. 4, p.82-91, Apr. 1985.
- [BOS 89] BOSTROM, R. P. Successful Application of Communication Techniques to Improve the System Development Process. **Information & Management**, Amsterdam, v.16, n.5, p.279-285, Mar. 1989.
- [BRA 89] BRADEN, B. et al. Developing an Expert Systems Strategy. **MIS Quarterly**, Mineapolis, p.459-469, Dec. 1989.
- [BRO 74] BROOKS JR., F. P. The Mythical Man-month. **Datamation**, New York, v. 20, n. 12, p.44-52, Dec. 1974.
- [BUI 86] BUI, T. X. ; JARKE, M. CommunicationsDesign for Co-oP: a Group Decision Support System. **ACM Transactions on Office Information Systems**, New York, v.4, n.2, p.81-103, Apr. 1986.
- BUR 87] BURTON, B. A. et al. The Reusable Software Library. **IEEE Software**, Los Alamitos, p.25-33, July 1987.
- [CAL 90] CALVEZ, J. P. **Spécification et Conception des Systèmes**. Paris: Masson, 1990.
- [CAM 69] CAMPBELL, D. ; STANLEY, J. **Experimental and quasi-experimental designs for research**. Chicago: Rand McNally, 1969.
- \ [CAR 90] CARASIK, R. P. et al. Domain Description Grammar: Application of Linguistic Semantics. **Software Engineering Notes**, New York, v.15, n.5, p.28-43, Oct. 1990.
- \ [CAR 90] CARLSON D. A. ; RAM, S. HyperIntelligence: The Next Frontier. **Communication of the ACM**, New York, v.33, n.3, p.311-321, Mar. 1990.
- [CHA 91] CHADHA, S. R. et al. Using Existing Knowledge Sources [Cases] to Build an Expert System. **Expert Systems**, Mineapolis, v.08, n.01, p.3-12, Feb. 1991.
- [CHE 76] CHEN, P. P. . The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data. **ACM Transactions On Database Systems**, New York, v.1, n.1, p.9-36, Mar. 1976.
- [CHE 88] CHEN, Y. An Entity-Relationship Approach to Decision Support And Expert Systems. **Decision Support Systems**, Amsterdam, v. 04, n.88, p. 225-234, Apr. 1988.

- [CHI 89] CHI, M. T. H. et al. Self-Explanations: How Student Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. **Cognitive Science**, Norwood, N. J., n. 13, p. 145-182, 1989.
- [COA 92] COAD, P. ; YOURDON, E. . **Análise Baseada em Objetos**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- [COO 87] COOK, P. et al. Project Nick: Meetings Augmentation and Analysis. **ACM Transactions on Office Information Systems**, New York, v.5, n.2, p.132-145, Apr. 1987.
- [DAV 82] DAVIS, G. B. Strategies for Information Requirements Determination. **IBM Systems Journal**, Armonk, N. Y., v.21, n.1, p.4-30, 1982.
- [DAV 82a] DAVIS, A. M. Rapyd Prototyping Using Executable Requirements Specification. **Software Engineering Notes**, New York, v.07, n.5, p.39-44, Dec. 1982.
- [DAV 88] DAVIS, A. M. A Comparison of Techniques for the Specification of External System Behavior. **Communications of the ACM**, New York, v.31, n.9, p.1098-1115, Sept. 1988.
- [DE 86] DE, S. Providing Effective Decision Support: Modeling Users and Their Requirements. **Decision Support Systems**, Amsterdam, v. 02, n.04, p. 309-319, 1986.
- [DeM 78] DeMARCO, T. **Structured Analysis and System Specification**. New Jersey: Prentice-Hall, 1978.
- [DeM 89] DeMARCO, T. **Análise Estruturada e Especificação de Sistema**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.
- [DeS 87] DeSANCTIS, G. ; GALLUPE, R. B. A foundation for the study of Group Decision Support Systems. **Management Science**, Minnesota, v.33, n.5, p. 589-609, May 1987.
- [DEV 91] DEVANBU, R. J. et al. LASSIE: A Knowledge-Based Software Information System. **Communications of the ACM**, New York, v. 34, n.5, p.34-49, May 1991.
- [DIE 92] DIEFENTHAELER, R. **O Desenvolvimento e a Utilização de Sistemas Baseados em Conhecimento Segundo o Paradigma de Apoio**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, Fev. 1992. Dissertação de Mestrado.
- [DOE 91] DOEDGE, G. M. **Hipertexto: Um Protótipo Implementado em ZIM para Suporte de Análise de Requisitos**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1991.
- [DUB 86] DUBOIS, E. et al. A Knowledge Representation Language for Requirements Engineering. **Proceedings of the IEEE**, New York, v.74, n.10, p.1431-44, Oct. 1986.

- [EDE 94] EDELWEISS, N. **Sistemas de Informações de Escritórios**: Um Modelo para Especificações Temporais. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1994. Tese de Doutorado.
- [FEL 88] FELICIANO NETO, A. et al. **Engenharia da informação**: Metodologia, Técnicas e Ferramentas. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- [FIC 89] FICHMAN, V. **O Uso de Grupos na Definição de Requisitos de Sistemas de Informação**. Porto Alegre, CPGCC da UFRGS, 1991. (T.I., 218).
- [FIC 91] FICHMAN, V. **Especificação de uma Ferramenta para Análise de Requisitos em Sistemas de Informação de Escritórios Baseada no Uso de Hipertexto**. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, 1991. Projeto de Diplomação.
- [FIN 88] FINKELSTEIN, A. Reuse of Formatted Requirements Specification. **Software Engineering Journal**, New York, v.3, n.3, p.186-197, 1988.
- [FIN 89] FINKELSTEIN, A. ; FUCKS, H. Multy-Party Specification. **Software Engineering Notes**, New York, v.14, n.5, p.185-195, May 1989.
- [FIS 87] FISCHER, G. Cognitive View of Reuse and Redesign. **IEEE Software**, Los Alamitos, p. 60-72, July 1987.
- [FRA 91] FRASER, M. D. et al. Informal and Formal Requirements Specification Languages: Bridging the Gap. **IEEE Transactions on Software Engineering**, v.17, n.5, p.454-466, May 1991.
- [FRA 94] FRAKES, W. Systematic Software Reuse: a Paradigm Shift. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE REUSE, 3., 1994, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1994. 235p. p.2-3.
- [FRE 91] FREEMAN, P. A. ; GUDEL, M. Building a Foundation for the Future of Software Engineering. **Communications of the ACM**, New York, v.34, n.5, p.31-33, May 1991.
- [FUG 91] FUGINI, M., G. et al. **Application Development through Reuse**: the Ithaca Tools Environment. Milano: Politecnico de Milano, 1991 (ITHACA ESPRIT Project).
- [GAL 90] GALLUPE, R. B. ; MKEEN, J. D. Enhancing Computer-Mediated Communication: An Experimental Investigation into the Use of a Froup Decision Support System for Face-to-Face versus Remote Meetings. **Information & Management**, Amsterdam, v.18, n.1, p.01-13, Jan. 1990.
- [GAN 79] GANE, C. ; SARSON, T. **Structured Systems Analysis**: Tools and Techniques. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1979.

- [GEM 90] GEMOETS, L. A. ; MAHMOOD, M. A. Effect of the Quality of User Documentation on User Satisfaction with Information Systems. **Information & Management**, Amsterdam, v.18, n.1, p.47-53, Jan. 1990.
- [GIB 90] GIBBS, S. et al. Class Management for Software Communities. **Communications of the ACM**, New York, v.33, n.9, p.90-103, Sept. 1990.
- [GIN 85] GINZBERG, M. J. ; ARIAV, G. **Methodologies for DSS Analysis and Design: A Contingency Approach to their Application**. [S.l.: s.n.], 1985.
- [GIR 90] GIRARDI, M. D. **Uma Ferramenta de Apoio à Reutilização de Software no Desenvolvimento Orientado a Objeto**. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, dez. 1990. Tese de Mestrado.
- [GOL 91] GOLUMBIC, M. C. et al. A Knowledge Representation Language for University Requirements. **Decision Support Systems**, Amsterdam, n.7, p.34-45, 1991.
- [GRE 86] GREENSPAN, S. L. ; BORGIDA, A. ; MYLOPOULOS, J. A Requirements Modeling Language and Its Logic. **Information Systems**, New York, v.11, n.1, p.9-23, 1986.
- [GUT 89] GUTIERREZ, O. Experimental Techniques for Information Requirements Analysis. **Information and Management**, Amsterdam, n.16, p.31-43, 1989.
- [HAH 91] HAHN, U. et al. Teamwork Support in A Knowledge-Based Information System Environemnt. **IEEE Transactions on Software Engineering**, New York, v.17, n.5, p.467-481, May 1991.
- [HAL 89] HALL, R. P. Computational Approaches to Analogical Reasoning: A Comparative Analysis. **Artificial Intelligence**, Amsterdam, n. 39, p.39-120, 1989.
- [HAR 85] HART, A. Knowledge Elicitation: Issues and Methods. **Computer Aided Design**, Surrey: England, v.17, n.9, p. 455-464, Nov. 1985.
- [HEU 88] HEUSER , C. A. **Modelagem Conceitual de Sistemas**. Buenos Aires: Kapelusz, 1988.
- [HUB 80] HUBER, G. P. **Managerial Decision Making**. Glenview: Scott, Foresman and Company, 1980. 228 p.
- [IVE 84] IVES, B. ; OLSON, M. User Involmment and MIS Success: a Review of Research. **Management Science**, Minnesota, v.30, n.5, p.586-603, May 1984.
- [JAC 83] JACKSON, M. **Systems Development**. New Jersey: Prentice-Hall International, 1983.

- [JAC 92] JACOBSON, I. et al. **Object-Oriented Software Engineering: a Use Case Driven Approach**. New York: Addison Wesley, 1992.
- [JAR 92] JARKE, M. et al. DAIDA: An Environment for Evolving Information Systems. **ACM Transactions on Information Systems**, New York, v.10, n.1, Jan. 1992.
- [KAR 89] KARAKOSTAS, V. Requirements for CASE Tools in Early Software Reuse. **Software Engineering Notes**, New York, v.14, n.2, p. 39-41, Apr. 1989.
- [KEA 90] KEARNEY, M. Making Knowledge Engineering Productive. **AI Expert San Francisco**, v.05, n. 07, p.47-51, 1990.
- [KEE 78] KEEN, P. ; S. MORTON, M. **Decision Support Systems: an organizational perspective**. Addison-Wesley, 1978.
- [KER 79] KERLINGER, F. N. **Metodologia da Pesquisa em Ciências Sociais: um tratamento conceitual**. São Paulo: EPU da EDUSP, 1979.
- [KIE 90] KIERULF, A. et al. Smart Game Board and Go Explorer: A Study in Software and Knowledge Engineering. **Communication of the ACM**, New York, v.33, n.2, p.152-166, Feb. 1990.
- [KIP 93] KIPPER E. F. et al. **Engenharia de Informações: Conceitos, técnicas e métodos**. Porto Alegre: Sagra: D. C. LUZZATTO, 1993.
- [KOP 91] KOPP JR. R. V., LOBATO, D. M. Sistemas inteligentes de Apoio à Decisão. In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 1991, 23-27 Set., São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sucesu, 1991. p.506-513.
- [KOW 84] KOWALSKI, R. AI and Software Engineering. **Datamation**, New York, v.30, n.18, p. 92-102, 1984.
- [KRA 88] KRAMER, J. ; NG, K. Animation of Requirements Specifications. **Software Practice Experience**, Sussex, England, v.18, n.8, p.749-774 Aug. 1988.
- [LAM 90] LAMBERTI, D. M. ; WALLACE, W. A. Intelligent Interface Design: An Empirical Assessment of Knowledge Presentation in Expert Systems. **MIS Quarterly**, Mineapolis, p.279-313, Sept. 1990.
- [LEI 87] LEITE, J. **A Survey on Requirements Analysis**. Irvine, California: Department of Information and Computer Science, University of California, 1987. (RTP-070, June, 21, 1987)
- [LEI 89] LEITE, J. Viewpoint Analysis: A Case Study. **Software Engineering Notes**, New York, v.14, n.5, p.111-119, May 1989.
- [LEN 87] LENZ, M. et al. Software Reuse through Building Box. **IEEE Software**, Los Alamitos, p. 34-42, July 1987.
- [LEU 90] LEUNG, K. ; S., WONG, M. H. An Expert-System Shell Using Structured Knowledge: An Object-Oriented Approach. **Computer**, Los Alamitos, v.23, n.3, p.38-47, Mar. 1990.

- [LEW 91] LEWIS, J.A. et al. An Empirical Study of the Object-Oriented Paradigm and Software Reuse. **SIGPLAN NOTICES**, New York, v.16, n.11, p.184-196, Oct. 1991. Trabalho apresentado na Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications, 1991, Oct. p.6-11, Phoenix.
- [MAC 91] MACHADO, R. J. Sistemas Especialistas Conexionistas. In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 24, 1991, 23-27 set., São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sucesu, 1991. p.471-477.
- ✓ [MAI 92] MAIDEN, N. A. ; SUTCLIFFE, A. G. Exploiting Reusable Specifications through Analogy. **Communication of the ACM**, New York, v.35, n.4, p.55-64, Apr. 1992.
- [MAI 92a] MAIDEN, N. A. **Analogical Specification Reuse During Requirements Analysis**. London: Department of Business Computing, City University, School of Informatics, 1992. Tese de Doutorado.
- [McC 89] McCLURE, C. **Case in Software Automation**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1989.
- [McM 84] MCMENAMIN, S. ; PALMER, J. **Essential Systems Analysis**. [S.l.]: Prentice-Hall, 1984.
- [MEY 85] MEYER, B. On Formalism of Specifications. **IEEE Software**, Los Alamitos, p.6-26, 1985.
- [MIR 91] MIRIYALA, K. ; HARANDI, M. T. Automatic Derivation of Formal Software Specifications from Informal descriptions, **IEEE Transactions on Software Engineering**, New York, v.17, n.10, p.1126-1142, 1991.
- [MOR 91] MORAIS, F. Técnicas de Reunião JAD (Joint Application Design). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS, 6., nov. 1991. **Anais...** São Paulo: Sucesu, 1991.
- [NAR 91] NARAYANAN, A. ; JIN, Y. Object- Oriented Representations, Causal Reasoning and Expert Systems. **Expert Systems**, San Francisco, v.08, n.01, p.13-17, 1991.
- ✓ [NEI 94] NEIGHBORS, J. M. An Assessment of Reuse Technology after Ten Years. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE REUSE, 3., 3-6 nov. 1994, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1994. 235p., p.6-13.
- [NEU 89] NEUMANN, P. G. Plans in Specification and What to Do About Them. **Software Engineering Notes**, New York, v. 14, n.3, May. 89.

- [NIE 92] NIERSTRASZ, O. et al . Component-Oriented Software Development. **Communication of the ACM**, New York, v.35, n.9, p.160-165, Sept. 1992.
- [NIS 89] NISKIER, C. et al. A Look to PRISMA: Towards Pluralistic Knowledge-Based Environments for Software Specification Acquisition. **Software Engineering Notes**, New York, v. 14, n.3, p.128-136, May 89.
- [NOV 88] NOVICK, L. R. Analogical Transfer, Problem Similarity, and Expertise. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, Arlington, VA, v. 14, n. 3, p.510-520, 1988.
- [OLI 91] OLIVEIRA, J. P. M. ; ZIRBES, S. F. Sistemas de Apoio ao Especialista: Combinação das Facilidades dos Sistemas de Apoio à Decisão e Sistemas Especialistas. 484-492.
- [OLS 87] OLSON, J. R. ; RUETER, H. H. Extracting Expertise from Experts: Methods for Knowledge Acquisition. **Expert Systems**, San Francisco, v.4, n.3, p.152-168, Aug. 1987.
- [ORT 91] ORTOLANI, L. F. B. Especificando Sistemas de Qualidade com Usuários Através da Modelagem do Negócio. . In: CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 24, setembro de 1991, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sucesu, 1991. p.171-179.
- [PAL 91] PALMER, T. F. ; McMENAMIM, S. M. **Análise Essencial de Sistemas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- [PAN 84] PANKO, R. R. 38 Offices: Analyzing Needs in Individual Offices. **ACM Transactions on Office Information Systems**, New York, v.2, n.3, p.226-231, July 1984.
- [PAR 71] PARNAS, D. On the Criteria to be Used in Decomposing Systems into Modules. **Communications of the ACM**, New York, v.15, n.12, p.1053-1078, 1971.
- [PAR 88] PARTDRIDGE, D. Artificial Intelligence and Software Engineering: A Survey of Possibilities. **Information and Software Technology**, London, v.30, n.03, p.146-151, 1988.
- [PER 91] PERRY, D. ; KAISER, G. E. Models of Software Development Environments. **IEEE Transactions on Software Engineering**, New York, v.17, n.03, p.283-295, Mar. 1991.
- [PET 89] PETERS, L. Timing Extensions to Structured Analysis for Real Time Systems. **Software Engineering Notes**, New York, v. 14, n.3, p.83-90, May 89.
- [PET 91] PETERSON, A. S. Model-based Software Reuse Terminology. **Software Engineering Notes**, New, York, v.16, n.2, p. 45-51, Apr. 1991.
- [POO 91] POO, C. ; LU, H. Multi-Domain Expert Systems. **Expert Systems**, San Francisco, v.08, n.02, p.67-73, 1991.

- [PRI 87] PRIETO-DÍAZ, R. ; FREEMAN, P. Classifying Software for Reusability. **IEEE Software**, Los Alamitos. v.4, n.1, p.6-16, Jan. 1987.
- ✓ [PRI 91] PRIETO-DÍAZ, R. Implementing Faceted Classification for Software Reuse. **Communications of the ACM**, v.34, n.5, p.90-97, May 1991.
- ✓ [PRI 91a] PRIETO-DÍAZ, R. Making Software Reuse Work: An Implementation Model. **SIGSOFT Software Engineering Notes**, New York, v.16, n.3, p.61-68, July 1991.
- [PRI 94] PRIETO-DÍAZ, R. The Disappearance of Software Reuse, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE REUSE, 3., 1994, 3-6 nov., Rio de Janeiro. **Proceedings...** Los Alamitos, California: IEEE Computer Society Press, 1994. 235p. , p.2-3.
- [REU 89] REUBENSTEIN, H. , B. ; WATERS, R. C. The Requirements Apprentice: An Initial Scenario **Sofyware Engineering Notes**, New York, v.14, n.5, p.211-8, May 1989.
- [RIB 90] RIBEIRO, A. L. **Uma Avaliação dos Métodos de Definição de Requisitos de Engenharia de Software**, Porto Alegre: PGCC da UFRGS, abril 1990. (T.I.).
- [RIC 88] RICH, E. **Inteligência Artificial**. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- [RIC 89] RICHTER, G. Uma Perspectiva Sistêmica sobre a Engenharia de Softwarwe. **Revista de Informatica Teórica e Aplicada**, Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1989, v.01, n.01, Out. 1989.
- [ROB 89] ROBINSON, W. N. Integrating Multiple Specifications Using Domain Goals. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE SPECIFICATION AND DESIGN, 5., 1989, May 19-20, Pittsburgh. **Proceedings...** Software Engineering Notes v.14, n.3, p.219-226 May 1989.
- [ROS 85] ROSS, D. T. Applications and Extensisons of SADT. **Computer**, Los Alamitos, v.18, n.4, p.25-34, Apr. 1985.
- [RUM 91] RUMBAUGH J. et al. **Object-Oriented Modeling and Design**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- [SAG 87] SAGE, A. P. Information System Engineering for Distributed Decisionmaking. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics**, New York, v.17, n.06, p.920-936 11/12 1987.
- [SAN 91] SANTOS, A. C. Uma Abordagem Metodológica para Sistemas de Informação Baseada em Fatores Humanos e participação de Usuários. CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, 24., 1991, set. 23-27, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sucesu 1991. p162-170.
- [SCO 88] SCOTT, P. C. Requirements Analysis Assisted by Logic Modelling. **Decision Support Systems**, Amsterdam, v.04, n.01, p.17-25, 1988.
- [SET 89] SETZER, V. W. **Bancos de Dados**. São Paulo: E. Blücher, 1989.

- [SHE 87] SHEMER, I. Systems Analysis: A Systemic Analysis of a Conceptual Model. **Communications of the ACM**, New York, v.30, n.6, p.506-512, June 1987.
- [SHL 88] SCHLAER S. ; MELLOR, S. J. **Object-Oriented Systems Analysis**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1988.
- [SIL 92] SILVERMAN, B. G. Survey of Expert Critiquing Systems: Practical and Theoretical Frontiers. **Communication of the ACM**, New York, v.35, n.4, p.106-127, Apr. 1992.
- [SPI 61] SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1961.
- [STE 81] STEVENSON, W. J. **Estatística Aplicada à Administração**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1981.
- [STR 89] STRAUB, D. W. ; WETHERBE, J. C. Information Technologies for the 1990s: An Organizational Impact Perspective. **Communications of the ACM**, New York, v.32, n.11, p.1328-1339, Nov. 1989.
- [SUM 89] SUMMERSGILL, R. ; BROWNE, D. P. Human Factors: Its Place in System Development Methods. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SOFTWARE SPECIFICATION AND DESIGN, 5., 1989, May 19-20, Pittsburgh. **Proceedings...** Software Engineering Notes v.14, n.3, p.227-234, May 1989.
- [SWA 90] SWAFFIELD, G. Applying Systems Analysis Techniques to Knowledge Engineering. **Expert Systems**, San Francisco, California, v.07, n.02, p.82-93, 1990.
- [SWA 91] SWARTOUT, W. et al. Design for Explainable Expert Systems. **IEEE Expert**, São Francisco, California, v.06, n.03, p.58-64, 1991.
- [TAN 88] TANIK, M. M. ; YUN, D. Y. Y. Interactions Between Expert Systems and Software Engineering. **IEEE Expert**, California, v.03, n.04, p.5-6, 1988.
- [TRA 88] TRAHAND, J. ; HOPPEN, N. Sistemas Especialistas e Apoio à Decisão em Administração. **Revista de Administração**, São Paulo, v.23, n.2, p.11-20, abr./jun. 1988.
- [VOG 90] VOGEL, D. ; NUNAMAKER, J. Group Decision Support System Impact: Multi-Methodological Exploration. **Information & Management**, Amsterdam, v.18, n.1, p.15-28, Jan. 1990.
- [WAE 90] WAEMA, T. ; WALSHAM, G. Information Systems Strategy Formulation. **Information & Management**, Amsterdam, n.18, p.29-39, 1990.
- [WAT 88] WATSON, R. I. et al. Using a DSS to Facilitate Group Consensus: Some Intended and Unintended Consequences. **MIS Quarterly**, Mineapolis, p. 463-478, september 1988.

- [WAT 91] WATERS, R. C. ; TAN, Y. M. Toward a Design Apprentice: Supporting Reuse and Evolution in Software Design. **Software Engineering Notes**, New York, v.16, n.2, p.33-44, Apr. 1991.
- [WEI 89] WEITZEL, J. R. ; KERSCHBERG, L. Developing Knowledge-Based Systems: Reorganizing the System Development Life Cycle. **Communications of the ACM**, New York, v.32, n.4, p.482-488, Apr. 1989.
- [WIR 71] WIRTH, N. Program Development by Stepwise Refinement. **Communications of the ACM**, New York, v.14, n.4, p.221-227, 1971.
- [WIR 90] WIRFS-BROCK R. J. et al. **Designing Object-Oriented Software**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.
- [WON 80] WONNACOTT, T. H. ; WONNACOTT, R. J. **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980.
- [WOO 87] WOODFIELD, S. N. et al. Can Programmers Reuse Software? **IEEE Software**, Los Alamitos, p.51-59, July 1987.
- [YAD 88] YADAV, S. B. et al. Comparison of Analysis Techniques for Information Requirement Determination. **Communications of the ACM**, New York, v.31, n.9, p.1090-1097, Sept. 1988.
- [YAD 89] YADAV, S. B. ; CHAND, D. R. An Expert Modeling Support System for Modeling an Object System to Specify its Information Requirements. **Decision Support Systems**, Amsterdam, v.05, n.01, p.29-45, 1989.
- [YEH 84] YEH, R. T. et al. Software Requirements: New Directions and Perspectives. In: **Handbook of Software Engineering**, New York: Van Nostrand, p.519-543, 1984.
- [YOU 90] YOURDON, E. **Análise Estruturada Moderna**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- [ZAV 91] ZAVE, P. An Insider's Evaluation of PAISLey. **IEEE Transactions on Software Engineering**, New York, v.17, n.03, p.212:225, Mar. 1991.
- [ZIR 80] ZIRBES, S., F. **Engenharia de Software: Aspectos Técnicos e Gerenciais....** Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1980. Dissertação de Mestrado
- [ZIR 90] ZIRBES, S. F. **Análise das Tecnologias de Software Adequadas à Solução de Problemas Estruturados e Pouco Estruturados no Ambiente Empresarial**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, Dez. 1990. (T.I. 201).
- [ZIR 92] ZIRBES, S. F. **Análise da Contribuição de Sistemas Baseados em Conhecimento e Sistemas de Apoio à Decisão em Grupo à Eliciação dos Requisitos de Sistemas**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, Out. 1992. (Relatório de Pesquisa, n.219).

- [ZIR 93] ZIRBES, S. F. **Reutilização de Modelos de Requisitos de Sistemas**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, Mar. 1993. (Relatório de Pesquisa, n.218).
- [ZIR 93a] ZIRBES, S. F. **Validação Experimental de Alternativas de Reutilização de Modelos**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, Ago. 1993. (Relatório de Pesquisa, n.217).
- [ZUC 89] ZUCCONI, L. Techniques and Experiences Capturing Requirements for Several Real-Time Applications. **Software Engineering Notes**, New York, v.14, n.6, p.51-55, Oct. 1989.

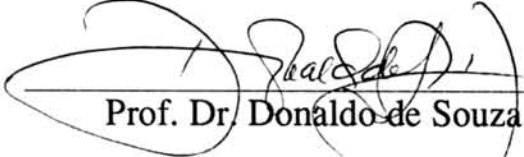


*A Reutilização de Modelos de Requisitos de Sistemas por Analogia:
Experimentação e Conclusões.*

por

Sérgio Felipe Zirbes


Defesa de Tese apresentada aos Senhores:



Prof. Dr. Donaldo de Souza Dias (COPPE/AD)



Profa. Dra. Karin Becker (PUC/RS)




Prof. Dr. Clesio Saraiva dos Santos

Vista e permitida a impressão.
Porto Alegre, 08/12/95.



Prof. Dr. José Palazzo Moreira de Oliveira,
Orientador.



Prof. José Palazzo Moreira de Oliveira
Coordenador do Curso de Pós Graduação
em Ciência da Computação - CPGCC
Instituto de Informática - UFRGS