

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Leonardo M. B. Lima

MODELAGEM DE INFORMAÇÕES PARA A FASE DE PROJETO INFORMACIONAL DE PRODUTOS

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica - Área de Projeto de Sistemas Mecânicos, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. André Ogliari

Co-orientado: Prof. Dr. Fernando Antonio Forcellini

Florianópolis
2002

Leonardo M. B. Lima

MODELAGEM DE INFORMAÇÕES PARA A FASE DE PROJETO INFORMACIONAL DE PRODUTOS

Esta Dissertação foi julgada para a obtenção do título de

Mestre em Engenharia

Especialidade em Engenharia Mecânica e aprovada em sua forma final pelo Programa de
Pós-graduação em Engenharia Mecânica

André Ogliari, Dr. Eng. - Orientador

Fernando A. Forcellini, Dr. Eng. - Co-orientador

José A. Bellini da Cunha Neto, Dr. - Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Nelson Back, Ph.D. – Presidente

Edison da Rosa, Dr. Eng

Altamir Dias, Dr. Eng.

Florianópolis, 01 de julho de 2002

“Dedico este trabalho à minha família, que mesmo longe sempre me apoiou: aos meus pais Fernando e Lília, aos meus irmãos Renato, Heloísa e Rodrigo, à esposa de meu irmão Laila (in memoriam) e ao mais novo membro da família, a minha sobrinha Laila”

Agradecimentos

À sociedade brasileira (na figura da CAPES) pelo apoio financeiro.

Ao departamento de engenharia mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina e aos seus professores.

Ao meu orientador, Prof. André Ogliari, pelas confiança e liberdade concedidas e pela orientação imaginativa mas, ainda assim, precisa.

Ao meu co-orientador, Prof. Fernando Forcellini, pelas críticas que resultaram em uma melhor abordagem de questões polêmicas da pesquisa.

A André D. Wilbert, que participou do desenvolvimento da pesquisa na qualidade de bolsista de iniciação científica.

A Raimundo Ricardo M. da Cunha pelas longas discussões e contribuições para o trabalho.

Aos amigos Valdeon Sozo e Alexandre Dors Hoffmeister pelo singular convívio durante o curso de mestrado.

Ao amigo Airton dos Santos Alonço pelos encorajamentos e aconselhamentos e a Leonardo Romano pelas observações e críticas construtivas.

Aos colegas Luiz Fernando Segalin, Cristiano V. Ferreira, César Vinadé e demais integrantes do NeDIP pelos muitos e múltiplos auxílios.

A Sérgio Elarrat pelo companheirismo, aconselhamento e momentos divertidos compartilhados durante mais de um ano e meio de convívio.

A Graciela Brocardo, minha namorada, cuja inquebrantável força de espírito e cuja maneira de ser sem meios-sentimentos foram forças motrizes para mim, e sem cujo apoio este trabalho não poderia ter sido concluído.

“Uma cidade, um campo, de longe, são uma cidade e um campo; mas, à medida que nos aproximamos, são casas, árvores, telhados, folhas, plantas, formigas, pernas de formigas, até o infinito.”

Blaise Pascal (1623-1662)

“Tudo já foi dito uma vez, mas como ninguém escuta é preciso dizer de novo”

André Gide (1869-1951)

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA	1
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	4
1.3 ASPECTOS HISTÓRICOS	6
1.4 JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO	7
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	10
2. ESTADO DA ARTE	12
2.1 TEORIA DE PROJETO	12
2.1.1 Modelos descritivos do processo de projeto	14
2.1.2 Modelos prescritivos do processo de projeto	15
2.1.3 Modelos computacionais, representações, análise e projeto para o ciclo de vida	17
2.2 A FASE INICIAL DO PROCESSO DE PROJETO	19
2.2.1 Aspectos da fase inicial de projeto encontrados nas abordagens clássicas	20
2.2.2 Projeto Informacional	22
2.2.3 Engenharia de Requisitos	24
2.3 MODELOS APLICADOS AO PROJETO INFORMACIONAL	30
2.3.1 Criação de sistemas CAD	30
2.3.2 O modelo de informações do PI	31
2.3.3 Taxonomias de Projeto	33
2.3.4 O modelo cromossômico	36
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
3. MODELAGEM DE INFORMAÇÕES	45
3.1 GENERALIDADES	45
3.1.1 Taxonomias	48
3.2 MODELOS DE INFORMAÇÃO, BASES DE DADOS E SISTEMAS CAD . .	50
3.2.1 Bases de dados - aspectos gerais	51
3.3 JUSTIFICATIVA PARA A ABORDAGEM DE MODELAGEM	56
3.4 MODELAGEM COM IDEF1X	57
3.4.1 Resumo histórico	57
3.4.2 Administração de dados como recursos	59
3.4.3 Conceito do Esquema das Três Vistas	60
3.4.4 Objetivos da modelagem de Dados	62
3.5 DIRETRIZES PARA A MODELAGEM COM IDEF1X	63
3.5.1 Fase Zero - iniciação do projeto	63
3.5.2 Componentes de um modelo IDEF1X	67
3.5.3 Fase Um - Definição das entidades	68
3.5.4 Fase Dois - Definição de Relacionamentos	71
3.5.5 Fase Três - Definição das chaves	78

4. MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DO PROJETO INFORMACIONAL	86
4.1 PESQUISA DE INFORMAÇÕES	88
4.1.1 Identificação dos documentos fonte	88
4.1.2 Identificação das candidatas a entidades	89
4.1.3 Filtragem das candidatas a entidade	90
4.2 DESENVOLVIMENTO DA TAXONOMIA DO PROJETO INFORMACIONAL.	92
4.3 CRIAÇÃO DO MODELO BASE	95
4.3.1 Identificação dos relacionamentos entre entidades	95
4.3.2 Definição dos relacionamentos	97
4.3.3 Construção do diagrama de nível de entidade	98
4.4 REFINAMENTO DO MODELO	106
4.4.1 Resolução de relacionamentos não específicos	106
4.4.2 Identificação e migração das chaves e população com atributos	109
5. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO	113
5.1 ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO	113
5.2 CRIAÇÃO DA BASE DE DADOS	114
5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA SERVIDOR	114
5.4 INTERFACES DA METODOLOGIA DE PROJETO INFORMACIONAL . . .	118
5.4.1 Cadastro do cliente	118
5.4.2 Cadastro do produto a ser projetado	120
5.4.3 Determinação do ciclo de vida	121
5.4.4 Escolha dos atributos para o produto	123
5.4.5 Definição das necessidades para o produto	125
5.4.6 Determinação dos requisitos	126
5.4.7 Valoração dos requisitos de cliente	128
5.4.8 Preenchimento da casa da qualidade	130
5.5 OBSERVAÇÕES FINAIS	131
6. APLICAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA	134
6.1 TESTE ALPHA DO SISTEMA COMPUTACIONAL	134
6.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA EM UM PROJETO REAL	138
6.3 COMENTÁRIOS SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS	140
7. CONCLUSÕES	145
7.1 CONCLUSÕES ACERCA DO PROCESSO DE MODELAGEM	146
7.2 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO	147
7.3 CONCLUSÕES SOBRE A FERRAMENTA	148
7.4 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	149
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
9 BIBLIOGRAFIA	157
Apêndice A - Material de modelagem	161
A.1 MODELO IDEF0 DO PROCESSO DE PROJETO INFORMACIONAL	161
A.2 GLOSSÁRIO DE TERMOS DOS PROJETO INFORMACIONAL	162
A.3 LISTA DE CANDIDATAS A ENTIDADES	173
A.4 DEFINIÇÃO DOS RELACIONAMENTOS	175

Apêndice B - Material do estudo de caso para teste alpha do WinPI	183
B.1 ROTEIROS PARA O ESTUDO DE CASO	183
B.1.1 Roteiro para o cliente 1	183
B.1.2 Roteiro para o cliente 2	185
B.1.3 Roteiro para o cliente 3	187
B.1.4 Roteiro para o cliente 4	189
B.1.5 Roteiro para o cliente 5	191
B.2 MEMÓRIA DE PROJETO	193

Lista de Figuras

1.1	Capacidade do modelo de absorver informações do produto ao ser projetado.	5
1.2	Modelagem do produto dentro da evolução do desenvolvimento de produtos.(adaptado de Krause <i>et al.</i> [32])	6
1.3	Primeira consideração no contexto da estrutura geral dos elementos metodológicos para o projeto sistemático de produtos. (adaptado de Ogliari[41])	9
1.4	Questões de pesquisa a serem respondidas para o PI.	10
1.5	Estrutura da Dissertação.	11
2.1	Classificação das áreas de pesquisa em projeto.(adaptado de Finger & Dixon [14] [15])	14
2.2	Processo de projeto segundo diversos autores e o modelo de consenso.(adaptado de Ogliari [41])	17
2.3	Os fatores de qualidade e o modelo de Kano.(extraído de Baxter [2])	22
2.4	Fluxograma do processo de projeto informacional segundo Fonseca [16].	23
2.5	Fluxograma dos processos de projeto e manufatura segundo Zeid.(adaptado de Zeid [54])	31
2.6	Modelo simplificado das informações presentes na proposta de Fonseca [16].(figura adaptada do original)	32
2.7	Diagrama Entidade-Relacionamento para especificações de projeto.(traduzido de Malmqvist & Schachinger [34])	38
2.8	Diagrama Entidade-Relacionamento para especificações de projeto.(traduzido de Malmqvist & Svensson [35])	40
2.9	Diagrama Entidade-Relacionamento para as especificações de projeto e o modelo do produto.(traduzido de Malmqvist & Schachinger [34])	41
2.10	Estrutura básica do QFD de quatro fases, esquema (à esquerda) e diagrama ER (à direita).(traduzido de Malmqvist & Svensson [35])	42
2.11	Esquema da matriz da Casa da Qualidade (primeira matriz do QFD) e diagrama ER associado.(traduzido e adaptado de Malmqvist & Svensson [35])	42
3.1	Diferentes visões quanto à modelagem de produtos. (extraído de Isaksson <i>et al.</i> [27])	46
3.2	Grafo conceitual ligado a uma rede semântica (adaptado de Sowa [47]).	47
3.3	Esquema tridimensional para classificação dos modelos conceituais (adaptado de Rolland e Prakash [43]).	51
3.4	Estrutura de dados em base de dados relacional. (Zeid [54])	53
3.5	Estrutura de dados em bancos de dados hierárquicos. (Zeid [54])	54
3.6	Estrutura de dados em bancos de dados em rede. (Zeid [54])	54
3.7	Componentes de informação. (adaptado de NIST [38])	60
3.8	Visão tradicional de dados. (adaptado de NIST [38])	61
3.9	Abordagem dos três esquemas. (adaptado de NIST [38])	61
3.10	Modelos de dados semânticos. (adaptado de NIST [38])	62
3.11	Organização da equipe. (adaptado de NIST [38])	65

3.12	Conceitos básicos de modelagem. (adaptado de NIST [38])	67
3.13	Sintaxe das entidades. (adaptado de NIST [38])	68
3.14	Sintetizando uma Entidade. (adaptado de NIST [38])	69
3.15	Exemplo do quadro de entidades. (adaptado de NIST [38])	70
3.16	Tipos de relacionamentos entre entidades. (adaptado de Kern [29])	72
3.17	Cardinalidades dos relacionamentos especificadores. (adaptado de Kern [29])	73
3.18	Matriz de Relacionamento entre Entidades. (adaptado de NIST [38])	75
3.19	Diagrama de nível de entidade.	77
3.20	Diagrama de Referência (FEO). (adaptado de NIST [38])	77
3.21	Sintaxe dos atributos e chave primária. (adaptado de NIST [38])	79
3.22	Refinamento de um relacionamento não-específico. (adaptado de NIST [38])	80
3.23	Tipos de chaves. (adaptado de NIST [38])	82
3.24	Migração da chave primária para uma entidade dependente de identificação. (adaptado de NIST [38])	84
3.25	Exportação de atributos chave.	84
4.1	Fluxograma do processo de modelagem.	87
4.2	Rascunho do processo de criação da taxonomia do projeto informacional.	93
4.3	Taxonomia do Projeto Informacional.	94
4.4	Processo de identificação dos relacionamentos entre entidades.	95
4.5	Matriz de relacionamento entre entidades.	96
4.6	Grupo de entidades de clientes.	99
4.7	Grupo de entidades do ciclo-de-vida.	99
4.8	Modelo IDEF1X para a fase de projeto informacional.	100
4.9	Matriz de relacionamentos entre entidades após filtragem de relacionamentos indiretos.	102
4.10	Modelo IDEF1X para a fase de projeto informacional (Revisão 1).	103
4.11	Grupo de entidades de informações de projeto.	104
4.12	Modelo IDEF1X para a fase de projeto informacional (Revisão 2).	105
4.13	Refinamento dos Relacionamentos não-específicos entre entidades da categoria informação.	106
4.14	Refinamento de relacionamentos não específicos entre entidades.	107
4.15	Significado físico das entidades de relação.	107
4.16	Modelo IDEF1X com os relacionamentos não específicos refinados.	108
4.17	Matriz de relacionamento entre entidades e atributos.	111
4.18	Modelo IDEF1X para a fase de projeto informacional (Revisão 3).	112
5.1	Modelo de implementação do sistema computacional de projeto informacional.	113
5.2	Interface do servidor do programa de projeto informacional para Windows TM (WinPI).	115
5.3	Modulo de comunicação em rede dos dados da base (tabelas de clientes).	115
5.4	Modulo de comunicação em rede (<i>TRemoteDataModules</i>) dos dados da base (tabelas de informações de projeto).	116
5.5	Interface do cliente do programa de projeto informacional para Windows TM (WinPI), ainda no ambiente de desenvolvimento.	117
5.6	Modulo cliente de acesso aos dados do servidor.	117
5.7	Interface de acesso e edição dos dados de clientes.	119
5.8	Ícones de identificação dos tipos de cliente.	120
5.9	Interface de acesso e edição dos dados de produtos.	120
5.10	Ícones de identificação dos tipos de produtos.	121
5.11	Interface de edição do ciclo de vida do produto a ser projetado.	122

5.12	Interface de edição e/ou seleção dos atributos básicos para o produto.	123
5.13	Ícones de identificação dos tipos de informação.	124
5.14	Interface de edição e/ou seleção dos atributos do ciclo-de-vida para o produto. . .	124
5.15	Interface de edição e/ou seleção dos atributos específicos para o produto.	125
5.16	Interface de edição e/ou seleção das necessidades dos cliente para o produto. . .	126
5.17	Interface de edição e/ou seleção dos requisitos de cliente para o produto.	127
5.18	Interface de edição e/ou seleção dos requisitos de projeto para o produto.	128
5.19	Método para valoração dos requisitos de cliente.	129
5.20	Interface da casa da qualidade.	131
5.21	Primeira página do relatório gerado para o estudo de caso do teste alpha.	132
5.22	Página do relatório gerado para o estudo de caso do teste alpha, mostrando requisitos de projeto definidos para o produto.	133
6.1	Preenchimento da matriz de avaliação dos requisitos de cliente realizada pelo cliente 1.	137
6.2	Matriz de avaliação dos requisitos de cliente combinada (ou total), com as parciais preenchidas pelos clientes do projeto.	139
6.3	Abordagem de mapeamento das informações de projeto.	140
7.1	a) Falha na externalização do conhecimento. b) Impossibilidade de reconstituição da informação.	146
7.2	Processo de evolução do conhecimento.	148
A.1	Modelo IDEF0 simplificado do processo de Projeto Informacional segundo Fonseca [16].	161

Lista de Tabelas

1.1	Modelo total segmentado do produto.(Adaptado de Krause <i>et al.</i> [32])	7
2.1	Síntese das atividades e problemas potenciais na utilização da primeira matriz do QFD. (extraído de Ogliari[40])	19
2.2	Tópicos de pesquisa em RE.(Adaptado da síntese realizada por Zave [53]) . . .	25
2.3	Síntese dos aspectos envolvidos na atividade de RE.(Adaptado da síntese realizada por Nuseibeh e Easterbrook [39])	26
2.4	Frequência das informações para cada sessão de análise de protocolo. (traduzido de Aldrich & Stauffer [1])	34
2.5	Composição da entidade ‘requisito’.(adaptado de Malmqvist & Schachinger [34])	39
2.6	Relações entre as entidades ‘requisito’.(adaptado de Malmqvist & Schachinger [34])	39
3.1	Histórico dos sistemas de bases de dados. (traduzido de Ullman [52])	52
4.1	Lista de documentos fonte.	88
4.2	Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (parte da tab. A.1)	90
4.3	Lista de candidatas a entidades extraídas da tabela A.2 (inclusa no apêndice A), com seus respectivos números de ocorrências.	91
4.4	Definição dos relacionamentos entre entidades.(parte da tabela A.3)	98
6.1	Resultados obtidos no teste utilizando um estudo de caso de projeto informacional de um reator de plasma desenvolvido por Fonseca [16].	135
6.2	Avaliações do sistema realizadas pelos participantes do teste alpha.	141
A.1	Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados.	162
A.2	Lista de candidatas a entidades, com seus respectivos números de ocorrências. .	173
A.3	Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades.	175

Lista de Abreviações e Símbolos

- BD** Base de dados
- BDE** *Borland Database Engine*
- CAD** *Computer Aided Design*
- CAE** *Computer Aided Engineering*
- CAID** *Computer Aided Informational Design*
- CAM** *Computer Aided Manufacture*
- DBMS** *DataBase Management System*
- DFx** *Design for x (reliability, assemblability etc.)*
- DML** *Data Manipulation Language*
- DDL** *Data Definition Language*
- ELK** *method for ELiciting Knowledge from customers*
- ER** Entidade-Relacionamento
- ERA** Entidade-Relacionamento-Atributo
- FIPS** *Federal Information Processing Standard*
- GPDM** *General-Purpose Data Model*
- HoQ** *House of Quality*
- IA** Inteligência Artificial
- ICAM** *Integrated Computer Aided Manufacturing*
- IDEF0** *Integration Definition for Function Modeling*
- IDEF1X** *Integration Definition for Information Modeling*
- LDDT** *Logical Database Design Technique*
- MOOSE** *Methodology Of Organizing Specifications in Engineering*
- NeDIP** Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
- NIAM** *Nijssen's Information Analysis Method*
- NIST** *National Institute of Standards and Technology*

NFRs *Non-Functional Requirements*

PI Projeto Informacional

PC Projeto Conceitual

PP Projeto Preliminar

PD Projeto Detalhado

QFD *Quality Function Deployment*

OODBMS *Object Oriented DataBase Management System*

ORDBMS *Object-Relational DataBase Management System*

RAM *Random Access Memory*

RDBMS *Relational DataBase Management System*

RE *Requirements Engineering*

RT *Requirements Traceability*

SDM *Special Data Model*

SEPI Sistema de apoio a obtenção das Especificações de Projeto de produtos Industriais

SGBD Sistema Gerenciador de Base de Dados

SWEBOK *Software Engineering Body of Knowledge*

UoD *Universe of Discourse*

UML *Unified Modeling Language*

PRci Peso do requisito de cliente em função das avaliações do *iésimo* cliente

PRc Peso do final requisito de cliente computado através da média das avaliações de todos os clientes

PRpi Peso do requisito de projeto em função das avaliações do *iésimo* cliente

PRp Peso do requisito de projeto computado através da média das avaliações de todos os clientes

V_{ij} Valor da avaliação na posição ij da matriz

V_{max} Valor máximo das avaliações realizadas

V_{min} Valor mínimo das avaliações realizadas

PRpti Peso do requisito de projeto avaliado contra outros requisitos de projeto em função das avaliações do *iésimo* cliente

PRpt Peso do requisito de projeto avaliado contra outros requisitos de projeto

T_{ij} Valor da avaliação na posição ij da matriz triangular do telhado

Resumo

Este trabalho descreve o processo de modelagem das informações de projeto em sua fase inicial. O processo de projeto é visto como um processo de transformação de informações. Nesse processo, o projetista deve estar apto não apenas a desenvolver e aplicar métodos como também a identificar e correlacionar informações, seja pelo uso, ou não, de métodos. Sabe-se que a qualidade do produto resultante do processo de projeto depende da qualidade das informações adquiridas e geradas ao longo do mesmo, principalmente ao longo de suas fases iniciais. No caso do projeto conceitual, as informações são relativamente mais ‘concretas’, consistindo basicamente da árvore de funções e meios e de modelos icônicos bi e tridimensionais. No caso do projeto informacional, lida-se com informações essencialmente abstratas e tais como: necessidades, requisitos, atributos etc. Buscou-se verificar quais são, de fato, as informações que podem ser utilizadas no projeto informacional, quais são relevantes e devem ser utilizadas e quais as relações e dependências óbvias entre elas. A modelagem resultou em um modelo entidade-relacionamento das informações de projeto informacional, usado para implementar um sistema computacional utilizando um sistema de bases de dados relacional para o projeto informacional de produtos. A base de dados foi modelada através de uma metodologia de modelagem baseada no método IDEF1X (Integration Definition for Information Modeling) e o sistema foi implementado empregando-se o Delphi e o Paradox. Com os resultados desse trabalho viabiliza-se, para as fases iniciais do projeto, a integridade das informações de projeto e de suas relações, possibilitando o rastreamento das soluções geradas com relação aos requisitos de projeto. O sistema resultante foi avaliado em estudos de caso para a definição das especificações de projeto de produtos e os resultados são apresentados na forma de novas funcionalidades ao programa, bem como de potenciais trabalhos de pesquisa.

Abstract

This essay describes the process of modelling design information in the design process initial phase. The design process can be seen as a process of transforming information. In this process, the designer should not just be able to develop and apply design methods but also be able to identify and to correlate information, for the use, or not, within methods. It is known that the quality of the product resulting from the design process depends of the quality of the information acquired and generated throughout, and mainly during its initial phases. When it comes to conceptual design, information are relatively more ‘concrete’, consisting basically of the functions and means tree and of bi and three-dimensional iconic models. On the other hand, informational design works with essentially abstract kinds of information, such as: needs, requirements, attributes etc. The research involved verification of which are, in fact, the information that can be used in informational design, which are important and should be used, and what are the relationships and obvious dependences among them. Modelling resulted in an entity-relationship information model of informational design. Latter this model has been used to implement a computational system using relational database management system for the informational design of products. The database has been modelled through a modelling methodology based on the IDEF1X methodology (Integration Definition for Information Modeling), and the system has been implemented using Delphi and Paradox. The results obtained through the modelling and implementation efforts renders, for the early design phases, design information integrity and relationships mapping, making possible to trace the solutions generated relating to the design requirements. The resulting system has been evaluated in case studies for the definition of products design specifications and the results are presented in the form of new functionalities of the software, as well as further potential development research.

Résumé

Cette dissertation décrit le processus de modelage des informations de projet dans sa phase initiale. Le processus de projet est vu comme un processus de transformation d'informations. Dans ce processus, les projetistes ne devraient pas seulement être capables de développer et appliquer des méthodes mais aussi bien d'identifier et de mettre en corrélation les informations, soyez à travers de l'usage des méthodes, ou pas. Il est su que la qualité du produit résultant du processus de projet dépend directement de la qualité des informations achetées et produit dans le même, principalement dans ses phases initiaux. Dans le cas du projet conceptuel, les informations sont relativement plus 'concret', elles consistent de l'arbre de fonctions et moyens fondamentalement et des modèles graphique à deux et à trois dimensions. Dans le cas du projet informationale, on travaille avec des informations essentiellement abstrait, telles que: les besoins, les réquisits, les attributes etc. La recherche a verifié lesquels sont, en fait, les informations qui peuvent être utilisés dans le projet informationale, lesquels sont importants et est-ce qu'ils devraient être utilisés et quelles sont les corrélations et dépendances évidentes parmi eux. Du travail a résulté un modèle entité-rélation des informations du projet informationale. Le modèle a été utilisé pour l'implementation d'un système d'ordinateur qui utilise une base de données relationelle pour le projet informationale de produits. La base de données à été modelée an utilisant une methodologie de modelage basée au méthode IDEF1X (Integration Definition for Information Modeling) et le système a été construit avec le Delphi et le Paradox. Avec les résultats obtenus dans ce travail, pour les phases initiaux du projet, la integrité des informations de projet et des ses relations, on va possibilité le dépistement des solutions géré et relative aux réquisits de projet. Le système résultant a été évalué avec des études de cas pour spécifier des produits e les résultats sont presentées comme des nouvelles fontionalités du programme et comme des recommandations pour des travaux de recherches potenteilles.

“Solving a problem simply means representing it so as to make the solution transparent.”

Saul Amarel

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Os profissionais que trabalham na área de projeto, e mesmo fora dela, sabem tratar-se de uma atividade complexa a de especificar algo que muitas vezes ainda nem existe. Mesmo assim, muitos autores de teoria de projeto buscam sistematizar e metodizar esta atividade. Foi nesse intuito que se desenvolveu a metodologia de projeto para transformação de informações na fase inicial do processo de projeto chamada Projeto Informacional (PI), a qual será discutida ao longo deste trabalho.

O tema abordado é delicado, pois se propõe a modelar informações referentes a uma metodologia introduzida recentemente na área de projeto (o PI). Além disso, encontra-se barreiras tais como a questão do suporte a atividades criativas, que envolvem processos cognitivos ainda mal compreendidos pelos pesquisadores. Porém, o desenvolvimento de novas metodologias, entre elas a metodologia desenvolvida para o PI, tem ocasionado a criação de sistemas computacionais que visam lhes dar suporte e que utilizam sistemas de base de dados, dois aspectos diretamente relacionados à modelagem de informações.

Deseja-se enfatizar que o presente trabalho propõe-se a tratar, não dos aspectos metodológicos da obtenção das especificações, mas sim da modelagem das informações inerentes ao processo de PI. Porém, tornou-se necessário expor questões metodológicas para dar suporte ao trabalho central de modelagem.

O tema proposto para este trabalho, o da modelagem de produtos na fase do projeto informacional, buscou solucionar problemas tais como a falta de um modelo de informações formalizado, a viabilidade de uma metodologia para o desenvolvimento do modelo e de uma estratégia para a implementação de sistemas computacionais.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA

O presente trabalho se insere na linha de pesquisa que se denomina ‘metodologia de projeto’, dentro do Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP). No entanto, o mesmo não trata diretamente sobre a ‘sistematização do processo de projeto’, enfoque, em geral,

dado nos trabalhos desenvolvidos no NeDIP, preocupa-se mais com quais são as informações inerentes ao processo e de que maneira podem ser organizadas do que com a forma através da qual as informações serão obtidas.

Pode-se ver a inserção de novas informações e métodos dentro do processo de projeto (em engenharia, em particular, a engenharia mecânica) como a origem da classificação das fases do processo de projeto adotada atualmente no NeDIP, as quais foram denominadas projeto informacional (PI), Projeto Conceitual (PC), Projeto Preliminar (PP) e Projeto Detalhado (PD). Assim, o PI, vem ‘formalizar’ a existência no processo de projeto de um nível mais abstrato de informações, caracterizado pela identificação e pelo estabelecimento de relações entre informações tais como o ciclo de vida do produto, atributos, requisitos *etc.* os quais (informações e relações) dão origem às especificações de projeto.

Se entendermos o processo de projeto como a busca de soluções para o problema de projeto em níveis de abstração decrescentes, a proposta metodológica do projeto informacional pode ser vista como uma estruturação das atividades necessárias para a especificação do problema de projeto, ou seja, a solução para o problema de projeto em seu maior grau de abstração. Porém, a solução de problemas envolve, não apenas processos, mas também informações. É baseado neste aspecto que se propõe que não basta estudar e sistematizar os processos, sendo necessário também estudar e organizar o conteúdo de informações.

Em termos do projeto em engenharia, é preciso distinguir as informações geradas no PI do conjunto total de informações de projeto. O processo de projeto como um todo consiste na transformação de informações até o ponto em que esteja configurado o produto capaz de satisfazer as necessidades dos clientes, ser fabricado, funcionar corretamente, não agredir o meio ambiente *etc.* O PI parte de um problema de projeto e tem como resultado as informações necessárias à concepção, refinamento e detalhamento do projeto do produto, principalmente, sob a forma de especificações de projeto. Assim, faz-se necessário o estudo das informações inerentes à fase inicial do processo de projeto e das maneiras através das quais organizar estas informações, a fim de torná-las mais disponíveis, tanto do ponto de vista de implementação de *softwares*, quanto do ponto de vista evolutivo (agregação de novas informações) e de identificação da necessidade de desenvolvimento de novos métodos para tratar as informações modeladas.

Finalmente, resume-se o contexto deste trabalho à identificação das informações do projeto informacional e dos seus inter-relacionamentos. Neste sentido, o problema envolve a aplicação de uma metodologia para a identificação e a modelagem das informações. Embora exista uma grande diferença entre, por exemplo, produtos de plástico injetado, máquinas agrícolas e sistemas de controle para reatores nucleares, deve-se buscar evitar a dependência de um domínio em particular, tornando a solução mais abrangente. Compreende-se que a busca pela independência de um domínio particular pode resultar em modelos genéricos ao ponto de torná-los inadequados a aplicações específicas, no entanto, acredita-se que seja mais fácil adaptar (especializar) um modelo genérico a uma aplicação particular do que adaptar um modelo específico a outros domínios de aplicação, o que pode levar a um elevado grau

de reestruturação do modelo. Além disso, devido à característica abstrata da fase inicial de projeto, a criação de um modelo genérico deverá, ainda assim, ser suficientemente abrangente para abrigar a uma gama de produtos e domínios de aplicação.

A análise contínua do processo de projeto, com vistas ao desenvolvimento de novas metodologias de projeto, traz como consequência a distinção de novos tipos de informação cada vez mais abstratos, sendo que muitos deles desenvolvem-se em paralelo e desordenadamente, da mesma maneira que os métodos para tratá-los. Assim foi com a inclusão da “voz do consumidor” como fonte para a elaboração das especificações de projeto, com a análise do ciclo de vida dos produtos, com os *check-lists* e com as taxonomias de projeto. Com isso criou-se também uma multidão de termos e significados.

Uma questão inicial constitui exatamente a catalogação e a organização deste universo de termos e significados. Aqui, observa-se que os pesquisadores realizam, dentro do escopo dos seus trabalhos, uma identificação bastante cuidadosa dos termos que aplicam. Porém, em geral, estes termos encontram-se ‘espalhados’ ao longo de dissertações, teses e livros, sendo, portanto, difícil ter-se uma visão geral destes termos.

Devido a uma questão de foco, a diversidade de termos e significados é tratada de uma maneira que se pode considerar ‘secundária’ pelos pesquisadores, em detrimento do estudo dos processos. De um modo geral, pode-se afirmar que os modelos desenvolvidos para a fase inicial do processo de projeto não vão a fundo na questão da modelagem e, quando realizados, visam à validação da metodologia, sem considerar a validação do próprio modelo de informações. Bases de dados são implementadas para armazenar dados e acabam por não atingir o objetivo maior de representar informações.

Com relação à estratégia de implementação, observa-se que sistemas computacionais podem ser implementados, em geral, de duas maneiras:

- 1) Através de arquivos de dados estruturados. Neste caso o próprio sistema computacional cuida dos aspectos de armazenamento, acesso, integridade e semântica dos dados gravados em um arquivo com formato pré-definido. Esta estratégia normalmente é utilizada em sistemas que trabalham com coisas que independem entre si, por exemplo, os desenhos geométricos de uma bicicleta e de um carro. É claro que, quando o modelo tende a se tornar complexo, caso dos modelos 3D, um sistema de base de dados pode melhorar aspectos como: velocidade de acesso/busca de dados e garantia da integridade dos mesmos. No entanto, mesmo nestes casos, em geral, tem-se arquivos separados por objeto¹ (assim os arquivos da base de dados também serão independentes para cada objeto), não sendo necessário introduzir no modelo aspectos de propriedade (no sentido de posse) dos dados.
- 2) Através de sistemas de base de dados. Neste caso um Sistema Gerenciador de Base de Dados (SGBD) cuida dos aspectos de armazenagem, acesso, manutenção da integridade e, já traz embutido aspectos de semântica dos dados. Esta estratégia é normalmente

¹No sentido gramatical da palavra.

utilizada em sistemas que trabalham com coisas que podem compartilhar informações, por exemplo, o planejamento da linha de produtos de uma determinada empresa, onde cada produto individual pode compartilhar características com os outros produtos da linha. Nestes casos, tem-se um sistema que armazena informações de todos os objetos trabalhados, sendo necessário, porém, introduzir no modelo aspectos de propriedade das informações.

Finalmente, outro problema causado pela não definição de uma estratégia de implementação é, por exemplo, a ocorrência de sistemas concebidos para armazenar informações comuns a uma gama de produtos, implementados em sistemas de base de dados cujos arquivos são recriados a cada novo projeto, ou seja, uma mistura das abordagens. Portanto, um dos problemas a serem resolvidos pela modelagem é a definição da estratégia de acordo com a necessidade de utilização do sistema.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Com base nos problemas expostos anteriormente, propõe-se que o objetivo principal seja o estudo das informações de projeto e de como organizá-las a fim de se obter um modelo para a definição de produtos na fase de projeto informacional.

O desenvolvimento do trabalho leva em conta uma análise formal do conteúdo de informação do PI, bem como do seu processo de transformação. Assim sendo, o estudo em questão dá margem a questões mais específicas como: o sistema de classificação de informações a ser utilizado e o modelo de integração para as futuras categorias de informação.

Em vista do objetivo principal descrito anteriormente, três pontos de apoio são indicados para a presente dissertação:

- Levantamento e análise taxonômica dos tipos de informações de projeto informacional, incluindo as informações referentes aos clientes, ao ciclo de vida e ao próprio produto.
- Desenvolvimento de um modelo capaz de representar diversos tipos de produtos na fase de PI, a fim de melhorar a recuperação de informações.
- Implementação de um sistema computacional baseado no modelo desenvolvido.

Com relação ao porque do primeiro item, pode-se citar Simon [46], o qual trata a ciência do projeto como instrumento da criação do artificial e diz que o primeiro passo para a compreensão de qualquer conjunto de fenômenos é o adequado conhecimento das ‘coisas’ que o compõem, ou seja, o desenvolvimento de uma taxonomia (Simon, pág. 154 [46]).

Ogliari[41] diz que: “é necessário, em primeiro lugar, identificar e caracterizar o tipo de informação que é tratada durante a concepção de produtos. Como há, sem dúvida, uma grande variedade de diferentes tipos, critérios adequados para a sua categorização são imprescindíveis.”

Messac & Chen [37] ressaltam que a disciplina de projeto em engenharia atingiu um ponto em sua evolução no qual a clareza e a concisão do seu ‘lexicon’ (dicionário) devem ser

considerados uma prioridade, questionando até que ponto a convivência com a ambigüidade pode estar atrasando a evolução da disciplina de projeto em engenharia.

Em seguida, cada uma das informações identificadas e caracterizadas deve ser devidamente alocada, identificando-se, assim, o seu papel no conjunto. Acredita-se que por mais pertinentes e bem descritas que sejam as informações identificadas, se as mesmas forem tratadas isoladamente perdem o contexto e, conseqüentemente, parte de seu poder informativo, aproximando-se do *status* de dados e passando a requerer análises para obter-se novamente informações.

O modelo de informações que se pretende desenvolver pressupõe a possibilidade de se descrever, em dado momento, o estado de informações do projeto informacional do produto, ou seja, dentro do universo de informações modeladas deve ser possível representar as informações do produto geradas pela equipe de projeto durante o projeto informacional (Figura 1.1). Assim, existem três possibilidades: a) O modelo de informações é mais abrangente que o conjunto de informações para o produto que se está projetando, b) O modelo de informações coincide com as informações do produto ou c) Não é possível incluir todas as informações que se deseja para o produto utilizando-se o modelo de informações proposto.

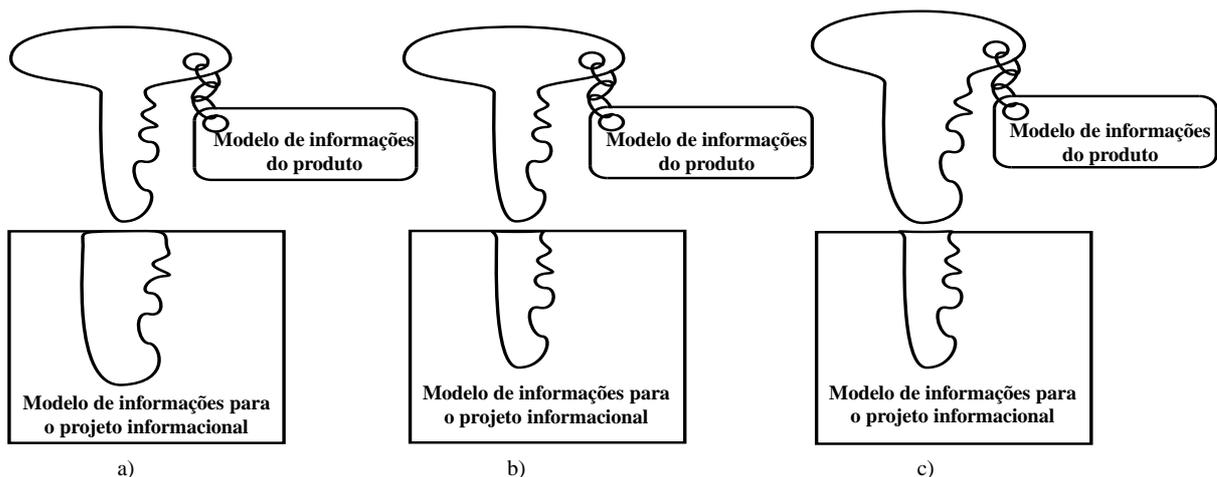


Figura 1.1 : Capacidade do modelo de absorver informações do produto ao ser projetado.

Finalmente, para que o resultado do esforço de modelagem se torne palpável, é necessária a sua utilização de alguma maneira. Poder-se-ia utilizar um processo manual, no qual o projetista poderia inserir manualmente as informações, de acordo com o modelo desenvolvido, à medida em que um determinado projeto informacional de produto fosse realizado. Porém, atualmente, a automatização destes processos encontra-se grandemente facilitada em termos de recursos computacionais; motivo pelo qual propõe-se que seja desenvolvido um software para a implementação do modelo desenvolvido.

Através do atendimento dos objetivos espera-se contribuir para o desenvolvimento do processo de projeto informacional e melhorar o seu suporte computacional. Além de, como conseqüência, dar origem a um sistema *Computer Aided Informational Design* (CAID) já com vistas à sua integração aos sistemas CAxD/CAx, contribuindo para a integração total dos sistemas.

1.3 ASPECTOS HISTÓRICOS

A figura 1.2 traz em uma escala temporal a evolução no desenvolvimento de produtos observada ao longo dos últimos 150 anos. Krause *et al.*[32] iniciam o histórico pela construção de máquinas, ocorrida na transição entre o artesanato e a produção industrial, em torno de meados do século XIX e quando ainda não haviam modelos abstratos para as avaliações de uso, desenvolvidos no século seguinte. Logo após este período, tem-se até 1950 uma ênfase bastante forte no desenho técnico de peças e o início dos métodos gerais de ensino. (fig. 1.2)

Na segunda metade do século XX, com o advento da computação, surgem os modelos geométricos; no campo da avaliação econômica, têm-se a utilização do ensino de metodologias de projeto; surgem, também os algoritmos computacionais para análise dos produtos (principalmente cálculos dimensionais através de métodos matemáticos). A partir da segunda metade do século XX, observa-se a tendência do aumento no grau de abstração no processo de projeto.

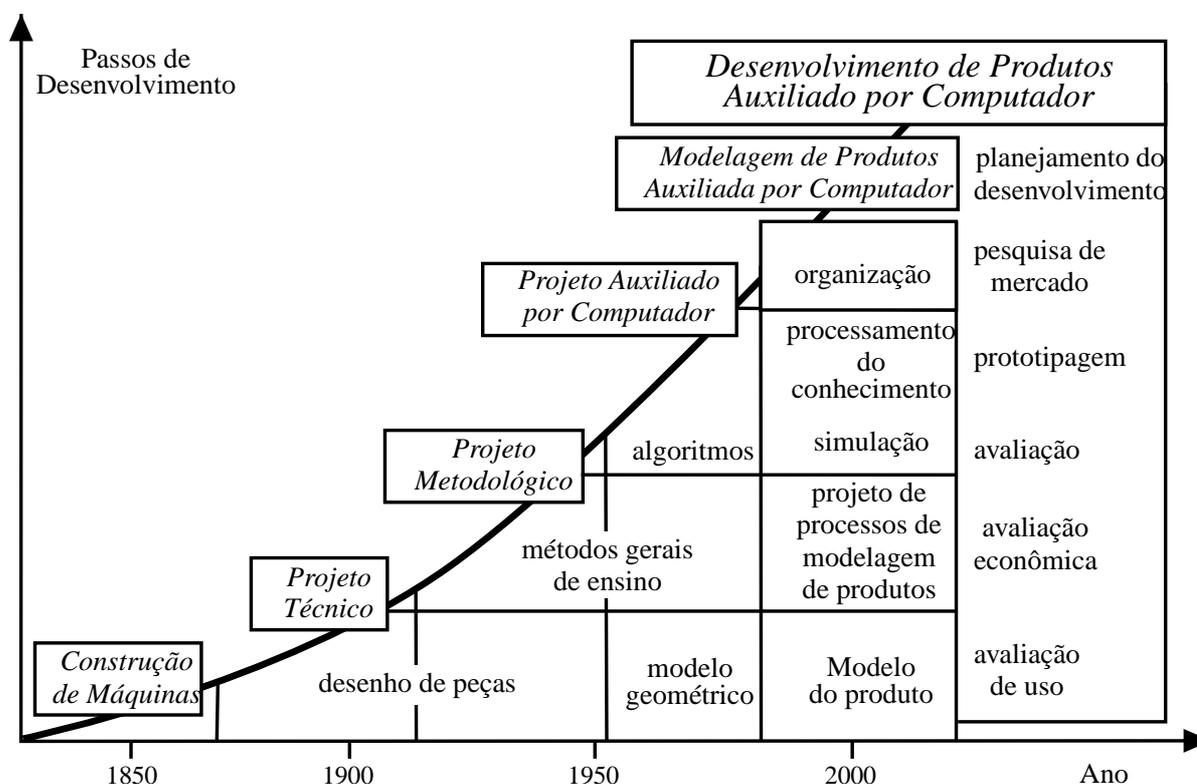


Figura 1.2 : Modelagem do produto dentro da evolução do desenvolvimento de produtos.(adaptado de Krause *et al.*[32])

Antes do final do século XX, os autores chamam a atenção para o surgimento dos modelos do produto, no campo da avaliação do uso; no campo da avaliação econômica, começam a ser desenvolvidos novos processos de modelagem do produto; as técnicas de simulação e processamento do conhecimento evoluem e principia-se a organização (auxiliada por computador) do processo de desenvolvimento do produto. O momento atual é marcado por estas últimas tendências, há uma ênfase na aquisição de meta-conhecimento.

Observa-se que os passos dados no desenvolvimento, mostrados na figura 1.2, não são substituídos mas sim acrescentados de novos passos, *e.g.*, o desenho técnico de peças continua

a ocorrer dentro do modelo geométrico e a modelagem geométrica continua a ocorrer dentro da modelagem do produto.

Krause *et al.* [32] descrevem através de uma figura o que chamam de *modelo total segmentado do produto*, no qual são indicados ‘submodelos’ do produto e também as suas fases de realização. A figura encontra-se resumida na forma da tabela 1.1.

Tabela 1.1 : Modelo total segmentado do produto.(Adaptado de Krause *et al.* [32])

Modelo Total Segmentado do Produto	1º passo	2º passo	3º passo
Modelo do projeto	X		
Modelo do processo	X		
Modelo de qualidade	X		
Modelo da concepção		X	
Modelo dos requisitos		X	
Modelo do cliente			X
Modelo do mercado			X
Modelo do ambiente		X	
Modelo do setor		X	
Modelo do fornecedor		X	
Modelo de uso			X

* A linha de separação central delimita os chamados modelos internos com relação à organização (acima) e modelos externos com relação à mesma (abaixo).

Segundo os autores, é necessário adotar uma abordagem evolutiva para o desenvolvimento e a implementação do modelo total segmentado do produto. De modo que, no estágio final, o modelo integrado contenha uma descrição completa dos produtos e seus componentes.

1.4 JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO

Simon [45], em seu artigo “*The structure of ill structured problems*”, coloca a questão da solução de problemas (e de certa forma da própria atividade de modelagem) da seguinte maneira:

*“Nevertheless, there is merit to the claim that much problem solving effort is directed at structuring problems, and only a fraction of it at solving problems once they are structured.”*²

Um objetivo que há muito se impõe aos pesquisadores da área de projetos é o desenvolvimento de um sistema de modelagem do produto que, baseado em uma teoria de projeto, seja capaz de capturar todas as informações geradas durante o processo de

²Ainda assim, há mérito na afirmativa de que grande parte do esforço empregado na resolução de um problema ocorre durante a sua estruturação, enquanto somente uma fração ocorre durante a solução propriamente dita.

projeto, desde as necessidades dos clientes até os desenhos geométricos de componentes (Malmqvist & Svensson[35]).

Os dois autores citados apresentam a necessidade primária em que consiste a modelagem: uma solução estruturada para os problemas que se deseja resolver. Analisando a proposta de Simon, dentro de um campo mais filosófico, pode-se afirmar que: mesmo nas soluções intuitivas ('não-estruturadas') dadas a determinados problemas, ocorreu anteriormente algum tipo de estruturação, pois a estrutura de solução poderia ser representada em um modelo dos processos mentais realizados pela pessoa (caso esses processos fossem conhecidos) e, portanto, aquilo que chamamos de intuitivo ou não estruturado (durante a solução de um problema) é, na verdade, fruto do desconhecimento dos processos cognitivos. No campo da prática, a proposta de Malmqvist e Svensson representa a busca por conhecer tais estruturas e processos internos, adicionando a eles mais uma importante característica: a da explicação. Um modelo bem concebido deve ser auto-explicativo e, portanto, possibilitar a identificação dos porquês (ou pelo menos a seqüência) de tomada de decisões durante o projeto do produto.

A relevância do tema pode também ser avaliada pelas opiniões (fundamentadas) de Krause *et al.* [32]. Segundo os autores, a importância da modelagem de produtos tem sido reconhecida pela comunidade científica (e também no campo da prática). Para eles, há uma forte tendência rumo à utilização de modelos do produto e ao estudo dos processos de desenvolvimento de modelos do produto.

Krause *et al.* [32] argumentam que, embora a modelagem de produtos não seja um tema recente, o rápido desenvolvimento de tecnologias de informação e o aumento na demanda por produtividade no desenvolvimento de produtos ocasionou o aparecimento de novos termos e na ampliação de escopos neste tópico.

Assumindo-se que todo o conteúdo de informações produzido durante a atividade projeto possa ser modelado (em um ou vários modelos), pressupõe-se que o processo de projeto terá sido tão melhor realizado/sistematizado, quanto mais integrados, completos e fiéis ao processo de transformação das informações forem os modelos desenvolvidos para utilização ao longo do mesmo. O fato de não existir um modelo consolidado para a fase inicial do processo de projeto (PI) também justifica a iniciativa, podendo trazer benefícios com relação a aclarar a maneira de se integrar tal modelo às fases seguintes do processo de projeto.

Segundo Eastman & Fereshetian [13], um modelo de informações bem desenvolvido facilita a representação de informações e relacionamentos complexos, dentro de um dado domínio de projeto, além de propiciar outras vantagens tais como a sua utilização para a confecção de novas ferramentas CAD/CAM e o desenvolvimento de tradutores para os sistemas CAD existentes (*e.g.*, padrões de troca de dados/informações).

No início de seu texto, Ogliari[41] diz que a sistematização do projeto conceitual de produtos auxiliada por computador depende do estudo e da estruturação dos chamados 'elementos metodológicos', ou seja, dos **processos, informações e meios** de projeto. O autor parte do princípio de que os elementos metodológicos podem ser estruturados num processo de transformação de informações, que se constitui no processo de projeto de produtos.

O processo, assim concebido, consiste nas “informações de entrada... suportadas por algum meio de projeto... processadas de acordo com as ações ou atividades prescritas pela metodologia de projeto”. Observa-se que o autor põs em foco os aspectos metodológicos, ainda que na definição dada a frase “suportadas por algum meio de projeto” indique a necessidade de desenvolvimento de **modelos de informação para os produtos**.

Portanto a discussão anterior dá origem à primeira consideração importante para a realização do presente trabalho, destacada abaixo e representada na figura 1.3:

“Se as informações são processadas de acordo com ações ou atividades prescritas por uma metodologia, então, estas mesmas informações possuem uma estrutura que lhes é conferida pelo processo de aplicação da metodologia.”

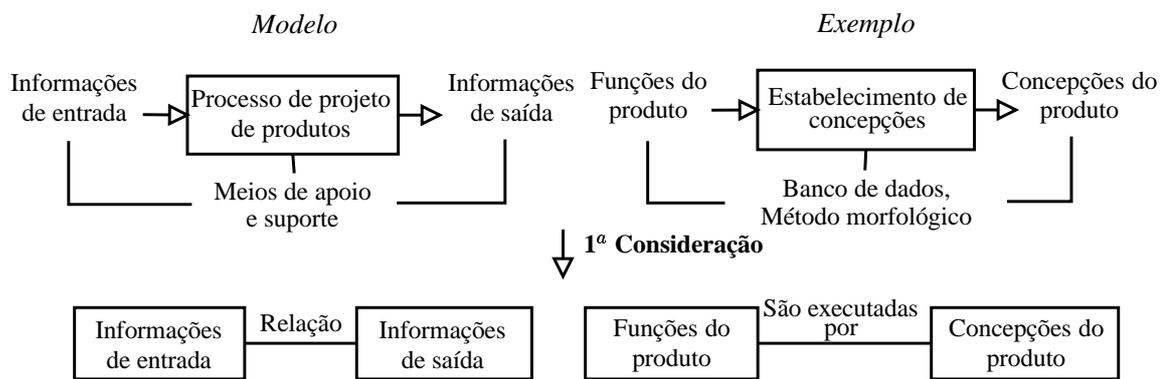


Figura 1.3 : Primeira consideração no contexto da estrutura geral dos elementos metodológicos para o projeto sistemático de produtos. (adaptado de Ogliari[41])

Observa-se também que o autor está ciente dos aspectos de modelagem das informações quando diz que a operacionalização do processo de projeto através de ferramentas computacionais implica no levantamento e estabelecimento de “informações claras, objetivas e bem estruturadas” e que “numa ferramenta computacional isso depende da linguagem utilizada para a configuração de arquivos e de base de dados”. Porém, acredita-se que o autor concentra a sua análise em aspectos de implementação ao contrário da modelagem³. Prefere-se interpretar a ‘linguagem’ citada pelo autor como a ‘lógica’ ou o ‘significado/semântica’ ao contrário do sentido de linguagens de programação / base de dados tais como C++, Delphi, Java etc. para programação e Paradox, MySQL, SQL Server etc. para implementação de bases de dados. Neste sentido, acredita-se que deva existir uma estrutura ‘ótima’ para a configuração de arquivos e bases de dados, que independa da linguagem de implementação. A argumentação realizada até este ponto nos leva a uma segunda consideração:

“A criação de um modelo de informações, utilizando elementos construtivos universais, é possível e pode ser implementado em qualquer linguagem de

³Ainda que na seqüência o autor diga que as informações são representadas através de linguagens escrita, simbólica, de programação etc. e que um conjunto de informações associado a uma dada linguagem de representação pode constituir-se num modelo, prescreve, para a criação do modelo de informações, que as mesmas sejam identificadas e caracterizadas (entende-se que o autor se referiu à sua descrição), para colocá-las na forma de base de dados.

programação / sistema de base de dados (respeitadas as limitações de cada ferramenta de implementação)”

Baseado nas considerações de que as informações possuem estrutura e de que esta estrutura pode ser modelada, resta desenvolver o trabalho de pesquisa. Há algumas questões fundamentais que a pesquisa (enquanto pesquisa) deve responder, questões tais como: o que, porque, para que, como, onde, com o que, quando e quem (Figura 1.4). O trabalho de tese desenvolvido por Fonseca[16] buscou responder a cada uma destas questões com relação à proposta de uma nova fase do processo de projeto, a qual o mesmo denominou Projeto Informacional. Dentro do PI, o ‘o que’, o ‘quem’, o ‘onde’ e o ‘quando’ representam algumas das informações geradas durante o próprio processo. Assim, ao realizar de maneira informal o tratamento destas informações, criou também os precedentes para uma modelagem sistematizada destas, principalmente do ‘o que’ do projeto informacional.

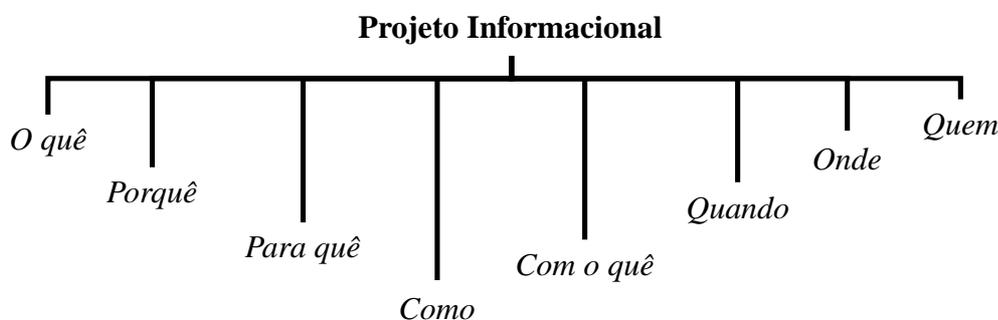


Figura 1.4 : Questões de pesquisa a serem respondidas para o PI.

Os parágrafos e capítulos seguintes destinam-se a responder as mesmas questões colocadas no parágrafo anterior, porém agora dentro do contexto desse trabalho. Deve ficar claro que dentre os objetivos (os ‘para que’) deste trabalho não constam os aspectos do projeto informacional ligados às questões: ‘por que’, ‘como’, ‘com o que’, além de quaisquer outras questões ligadas aos aspectos metodológicos de processo do projeto informacional (tratados na tese escrita por Fonseca [16]).

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho desenvolvido apresenta a estrutura mostrada na figura 1.5. O capítulo 2 apresenta uma revisão dos tópicos principais em projeto e também da *Requirements Engineering* (RE). Inicialmente, é realizada uma discussão, com o propósito de localizar o leitor, sobre o processo de projeto e, dentro deste, da sua fase inicial (ou do projeto informacional). Finalmente, serão discutidas aplicações em modelagem de informações na fase inicial do processo de projeto encontradas na literatura.

O capítulo 3 apresenta conceitos gerais de modelagem, alternativas e a proposta para a resolução do problema de modelagem. O quarto capítulo apresenta o desenvolvimento do modelo do produto, baseado nas diretrizes traçadas no terceiro capítulo e utilizando informações do segundo capítulo.

Baseado no quarto capítulo, o quinto descreve o desenvolvimento do sistema computacional que utiliza o modelo desenvolvido. O sexto capítulo apresenta testes realizados utilizando o sistema computacional, com a finalidade de avaliar o modelo desenvolvido.

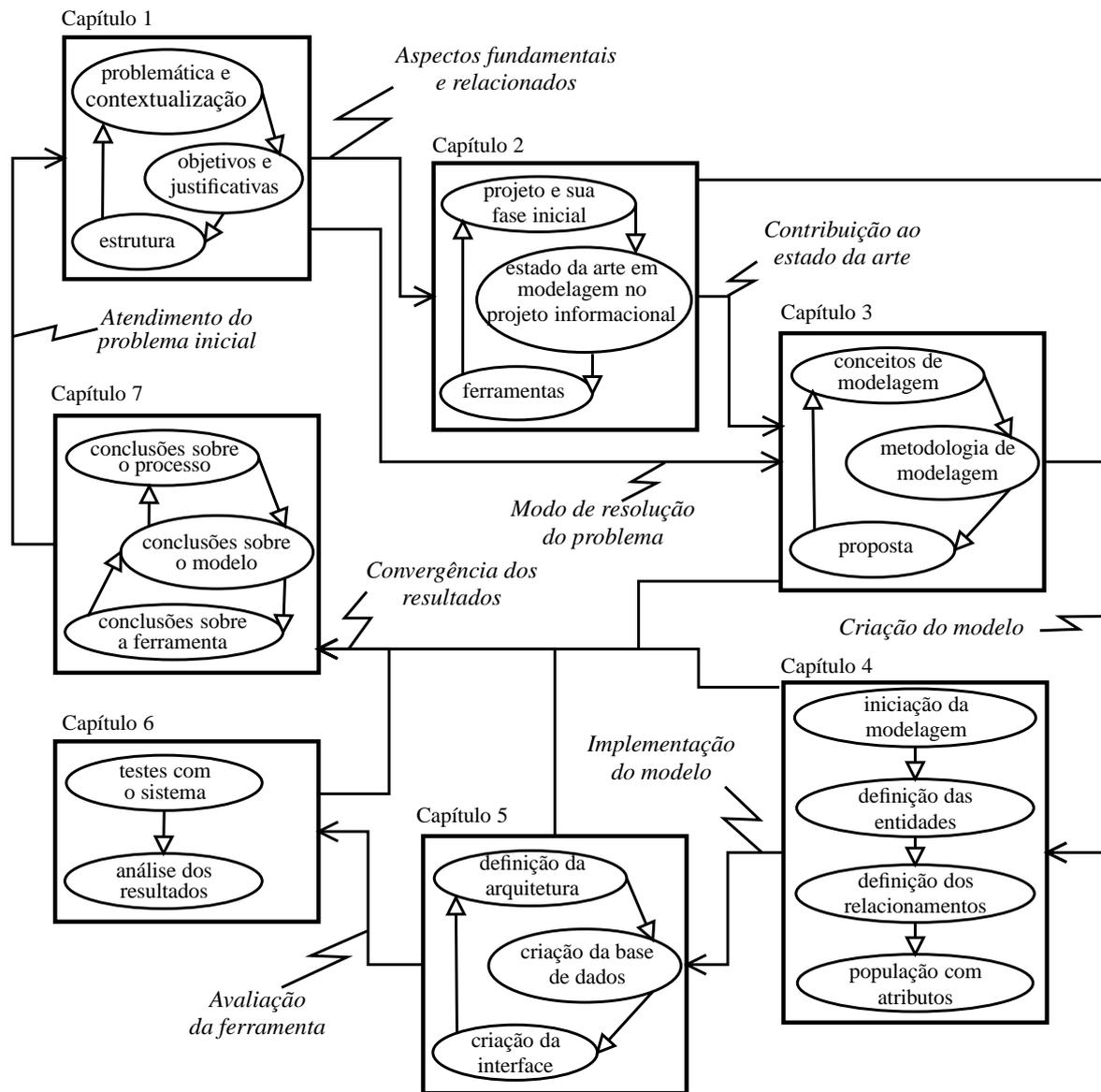


Figura 1.5 : Estrutura da Dissertação.

Finalmente, o último capítulo busca verificar/ratificar a solução dos problemas expostos no primeiro capítulo, apresentando conclusões quanto ao processo de desenvolvimento do modelo, quanto ao próprio modelo e quanto à ferramenta de projeto criada, com base nos capítulos anteriores.

“When the problem space is subject to modification during problem solving, provision must be made for accepting and assimilating information . . . ”

Herbert A. Simon

Capítulo 2

ESTADO DA ARTE

Este capítulo pretende explorar as maneiras pelas quais vários autores abordam teoria e prática de projeto. Mais especificamente, será abordado o projeto na sua fase inicial, explorando os diferentes aspectos presentes na literatura e uma revisão da atividade de desenvolvimento de modelos de produtos nesta fase. No entanto, o tema ‘teoria de projeto’ é mais abrangente do que será tratado nesta revisão e, assim, o objetivo principal desta revisão foi prover uma visão geral do processo de projeto e discutir pontos que são importantes para o presente trabalho.

2.1 TEORIA DE PROJETO

O tema projeto foi e continua a ser amplamente discutido desde a segunda metade do século XX. Desde então, alguns autores têm defendido a criação de uma *teoria de projeto*, o que levou Hooker[24] a argumentar se é possível a existência uma teoria de projeto. O questionamento é importante, pois facilita a compreensão da forma com que as metodologias de projeto se apresentam atualmente.

Segundo Hooker, uma teoria representa um esforço para tornar o mundo inteligível: é uma descrição explanatória da maneira como as coisas são. As teorias não são (necessariamente) insubstanciadas, é comum se tratar determinados assuntos como sendo ‘fato’ ou ‘teoria’, como se uma teoria fosse especulativa e um fato, ao contrário, fosse algo estabelecido. De acordo com o autor, isso está incorreto em diversos níveis: acima de tudo, faz-se uma confusão entre a descrição e o que é descrito; um fato não necessita ser estabelecido, por exemplo, se o céu é azul, isto é um fato, independente do nosso conhecimento dele; por outro lado, uma teoria pode estar firmemente estabelecida como, por exemplo, a teoria do eletromagnetismo de Maxwell.

O principal argumento é de que a noção de uma teoria de projeto é problemática, pois o projeto, assim como a medicina ou a administração, é uma prática. Enquanto a química e/ou a física são definidas por um conjunto de fenômenos que se propõem a estudar, o projeto é

definido por uma tarefa que se propõe a realizar. A teoria química é claramente possível, pois pode-se organizar o conjunto dos fenômenos químicos de forma sistemática. Porém, não é tão óbvio que se possa reduzir o conhecimento da prática da química a uma teoria.

Pode-se, até, compreender teoricamente o fenômeno sócio-psicológico da prática de projeto, porém, o autor diz ser impossível, por razões que derivam de pensamentos recentes da ciência filosófica, reduzir a prática de projeto a uma teoria.

Hooker argumenta ser impossível reduzir a prática de projeto a uma teoria por diversas razões, entre elas, a principal, o fato de que a prática precede a teoria. Deste modo, a criação de uma teoria (o que também constitui um ato de projetar) depende do conhecimento da prática, a qual não é estática, ao contrário, evolui com o passar do tempo.

Apesar desta impossibilidade, é possível identificar uma forma sob a qual a teoria de projeto é possível. As artes práticas, como o projeto, a medicina e assim por diante, são tipicamente assistidas por teorias de suporte que definem técnicas e uma compreensão básica dos fenômenos que se está tentando influenciar. Estas teorias, em geral, fazem parte de outras ciências (daí a multidisciplinaridade apontada pelos autores da área de projeto). Ainda assim, uma teoria de suporte pode investigar os fenômenos e empregar um nível ou estilo de análise que seja único para a prática em questão.

Para Hooker[24], o projeto é a passagem de uma descrição funcional para uma descrição física¹ de um artefato, ou seja, quando uma pessoa inicia com uma descrição daquilo que uma coisa deve fazer e desenvolve uma descrição física de uma coisa que o faz, ela está projetando.

Portanto, uma vez que o projeto é fundamentalmente uma prática, uma teoria de projeto deve organizar o conhecimento da prática de projeto. Porém, há dois sentidos distintos no que se refere ao “conhecimento da prática de projeto”. Um diz respeito ao conhecimento do *fenômeno sócio-psicológico da prática*² de projeto, outro refere-se ao *conhecimento*³ que o projetista deve possuir para exercer a prática de projeto.

É possível identificar ambos os aspectos na classificação das áreas de pesquisa em projeto realizada por Finger & Dixon [14] [15]. Segundo os autores, um campo de conhecimento maduro faz com que a sua comunidade científica compartilhe uma visão comum do que seriam metodologias de pesquisa apropriadas, ou seja, quais questões são difíceis e precisam ser respondidas e o que constitui a pesquisa de qualidade. Enquanto isso, em um campo de conhecimento emergente como o de projeto, tal consenso não existe, gerando o caos e a expectativa de que novos e revolucionários paradigmas emergirão. Por isso, recomenda-se que o leitor procure identificar os aspectos fundamentais da classificação apresentada pelos autores.

Os autores dividem as áreas de pesquisa em teoria e metodologia de projeto em seis categorias:

- modelos descritivos do processo de projeto;

¹O autor reconhece que o termo descrição física é limitado, pois uma pessoa pode projetar coisas não-físicas tais como *softwares*, organizações, estratégias e até mesmo teorias, sendo que o importante é estabelecer um elo de semelhança.

²O comportamento, os processos mentais executados por uma pessoa quando projeta.

³Acerca da estrutura constitutiva dos produtos, suas características intrínsecas e os tipos de informação que deverão ser gerados.

- modelos prescritivos do processo de projeto;
- modelos computacionais do processo de projeto;
- linguagens, representações e ambiente de projeto;
- análise para o suporte a tomada de decisões;
- projeto para manufatura e outros aspectos do ciclo de vida, tais como, confiabilidade, manutenibilidade etc.

Conjugando-se a classificação de Hooker e Finger & Dixon, as áreas de pesquisa em projeto podem ser organizadas como mostra a figura 2.1.

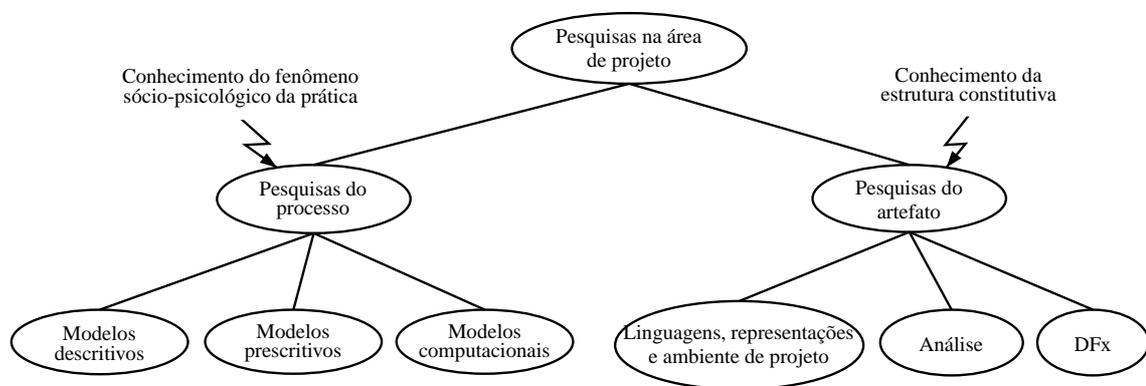


Figura 2.1 : Classificação das áreas de pesquisa em projeto.(adaptado de Finger & Dixon [14] [15])

2.1.1 Modelos descritivos do processo de projeto

Os modelos descritivos do processo de projeto abordam a questão de como as pessoas projetam, ou seja, quais processos, estratégias e métodos de solução de problemas os projetistas utilizam. Dentro dos modelos descritivos, as pesquisas podem ser divididas em duas correntes: uma que busca informações sobre como os projetistas projetam e outra que constrói modelos dos processos cognitivos, sendo que os modelos dos processos cognitivos são entendidos como modelos que descrevem, simulam ou emulam os processos mentais utilizados pelo projetista enquanto projeta.

No primeiro caso, uma corrente importante é a dos estudos que realizam a análise de protocolo. Hooker [24] critica a construção de teorias sócio-psicológico baseadas neste tipo de pesquisa, pois um projetista pode saber projetar sem conhecer muito sobre como outros projetistas se comportam. Por outro lado, pode-se conhecer muito acerca do que os projetistas fazem e pouco de como projetar – particularmente se eles próprios (os projetistas pesquisados) souberem pouco de como projetar. No entanto, Hooker admite que a construção destes tipos de modelos é legítima e importante, pois pode auxiliar na aprendizagem sobre como projetar melhor e eliminar vícios. Um exemplo disto pode ser extraído de Finger & Dixon [14]: a

conclusão a que chegaram Ullman e Dietterich (*apud* Finger & Dixon [14]) de que os projetistas tendem a prender-se a uma única solução, melhorando-a e consertando-a ao invés de gerar novas alternativas, contrapondo-se à visão tradicional de como o processo de projeto deve ser conduzido.

A segunda corrente, dos modelos cognitivos, busca principalmente construir modelos computacionais que descrevam, simulem ou emulem as habilidades utilizadas pelas pessoas para resolver problemas de projeto. Um modelo cognitivo descreve um processo formado por um conjunto de comportamentos que constituem uma habilidade.

Observa-se que as áreas de pesquisas descritas anteriormente enquadram-se naquilo que Hooker descreve como a criação de modelos sócio-psicológico do processo de projeto.

2.1.2 Modelos prescritivos do processo de projeto

Existem também os modelos prescritivos, os quais não se baseiam na observação formal do processo de projeto, mas que, intuitivamente, fazem sentido para muitos projetistas. De acordo com Finger & Dixon, muitas escolas de projeto formaram-se em torno de sistemas prescritivos e citam as escolas formadas a partir dos trabalhos de Ostrofsky, Rzevski, Beitz e Hubka.

Os modelos prescritivos do processo de projeto podem ser divididos também em duas correntes: aqueles que prescrevem a maneira como o processo de projeto deve ser realizado e aqueles que prescrevem quais atributos o artefato projetado deve possuir. De acordo com os autores (Finger & Dixon [14]), um extenso corpo de conhecimento foi publicado na língua alemã, tendo apenas uma pequena parte sido traduzida para o inglês. As principais publicações traduzidas para inglês foram *Principles of Engineering Design* de Hubka e *Engineering Design* de Pahl & Beitz ⁴

Ao contrário dos modelos descritivos que buscam representar o processo de projeto como ele é, os modelos prescritivos apresentam proposições de como o processo de projeto deveria ser. Uma hipótese em geral assumida pelos pesquisadores desta área é de que se projetistas seguirem o processo prescrito melhores resultados serão obtidos.

Juster (*apud* Finger & Dixon [14]) enumera elementos comuns às teorias de diversos autores:

- A criatividade e o esforço desenvolvidos por um projetista dependem do tipo de projeto. Os problemas de projeto são divididos em três tipos:
 - Projetos novos ou originais;
 - Projetos de transição ou adaptativos e
 - Projetos extensionais ou variantes.

- o processo de projeto é uma progressão com iterações ao longo dos seguintes estágios:

⁴Pahl e Beitz têm também publicações mais recentes sob o título *Engineering Design: a systematic approach* [42] e Hubka publicou em conjunto com Eder *Theory of technical systems: a total concept theory for engineering design* [26].

- Reconhecimento da necessidade;
 - Especificação de requisitos;
 - Concepção (ou formulação do conceito no sentido de concepção);
 - Seleção do conceito;
 - Incorporação (embodiment) dos detalhes de projeto e
 - Produção, vendas e manutenção.
- No projeto há três estágios de raciocínio:
- *Divergência*: neste estágio a ênfase está em estender os limites do projeto. O projeto é instável, mal definido e nenhum tipo de avaliação é realizada;
 - *Transformação*: o problema torna-se delimitado, decisões são tomadas, o problema é decomposto e objetivos secundários são modificados;
 - *Convergência*: neste estágio finalmente ocorre a redução progressiva das incertezas secundárias até o aparecimento de uma única solução de projeto.

De acordo com o autor, é comum os projetistas adotarem práticas que diferem do processo prescrito. Tal discrepância é atribuída tanto aos projetistas por não serem suficientemente sistemáticos para seguirem o processo prescrito quanto à teoria por não ser realista nas suas recomendações para a ordenação do processo.

Ogliari[41] aponta que os modelos prescritivos do processo de projeto em geral são mostrados na forma de fluxogramas, que caracterizam os seus aspectos procedural e iterativo. O autor faz uma comparação entre as fases e informações propostas por diversos autores e propõe o chamado *modelo de consenso*, como apresentado na figura 2.2.

De acordo com o modelo de consenso, o processo de projeto inicia-se com as informações de mercado: interesses e/ou manifestações dos clientes do projeto, ou seja, das pessoas e/ou organizações relacionadas direta ou indiretamente ao projeto/produto. As informações, inicialmente genéricas e qualitativas, são transformadas em especificações de projeto durante o processo denominado projeto informacional do produto.

Em seguida, na fase de projeto conceitual do produto é obtida a concepção que melhor satisfaz às especificações obtidas na fase inicial. O resultado desta fase é uma representação do produto que abrange as suas funcionalidades principais e os princípios de solução adotados, através de esquemas e/ou esboços.

As duas fases seguintes, de projeto preliminar e projeto detalhado constituem refinamentos da solução encontrada. O projeto preliminar trata da disposição e da avaliação preliminar das dimensões dos componentes principais do produto. O projeto detalhado é responsável por pormenorizar e documentar todas as características do produto a fim de que seja possível fabricá-lo.

Em função do foco do trabalho, não serão discutidas com maior extensão as metodologias de projeto que prescrevem as diversas fases apresentadas na figura 2.2, visto que estas fazem

parte de textos clássicos na literatura de projeto (Pahl & Beitz, Hubka & Eder, Ullman, Back etc.).

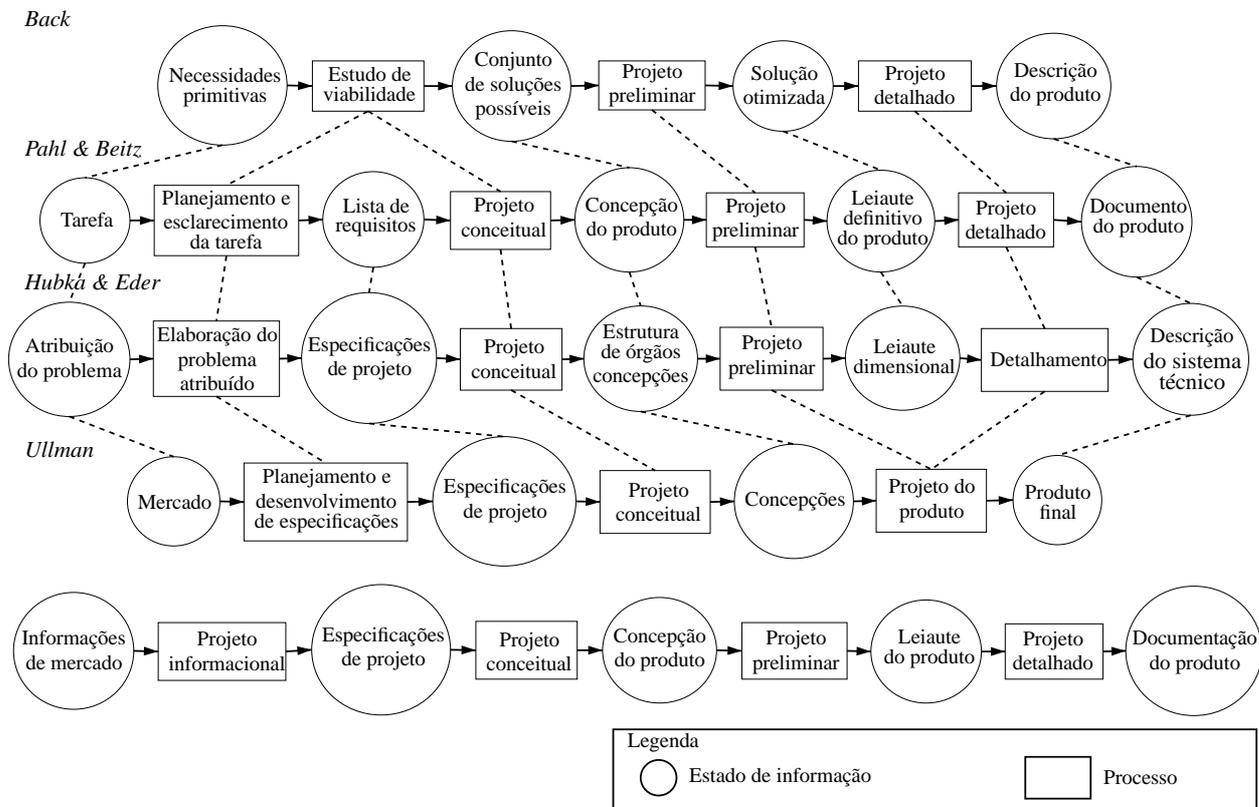


Figura 2.2 : Processo de projeto segundo diversos autores e o modelo de consenso.(adaptado de Ogliari [41])

Finger & Dixon falam também nos modelos prescritivos do artefato projetado⁵. Os autores descrevem dois sistemas axiomáticos que prescrevem os atributos que os artefatos devem possuir. O primeiro deles, o **projeto axiomático** de Suh, baseia-se em dois axiomas: o da independência e o da informação. De acordo com esta proposta, um bom projeto realiza-se através de princípios de solução funcionalmente independentes e da maneira mais simples através da minimização do conteúdo de informação. O segundo sistema axiomático é a **perda da qualidade** de Taguchi; neste, um bom projeto é aquele que minimiza a perda da qualidade ao longo do ciclo de vida, sendo que a perda da qualidade é definida como o desvio em relação a um desempenho desejado preestabelecido.

2.1.3 Modelos computacionais, representações, análise e projeto para o ciclo de vida

Os modelos computacionais são diferentes dos modelos cognitivos (segunda corrente dos modelos descritivos) no sentido de que, seja através de palavras ou de código computacional, expressam um método pelo qual é possível automatizar (em geral computacionalmente) uma

⁵Segundo a argumentação de Hooker, neste ponto saímos dos modelos sócio-psicológico e entramos na linha dos modelos dos conhecimentos que os projetista deve possuir para exercer a prática de projeto.

determinada tarefa de projeto, porém, no modelo computacional a observação de como os projetistas raciocinam não é uma condição necessária para o desenvolvimento do modelo.

Os modelos computacionais podem ser divididos em duas categorias: a dos processos de projeto automatizados (que tomam decisões de projeto) e a dos processos de análise de projetos, que produzem informações nas quais decisões de projeto e avaliações podem ser baseadas. Finger & Dixon apontam que os modelos computacionais em geral são específicos para uma classe bem definida de problemas de projeto. Incluem, na sua revisão, os modelos computacionais para projeto paramétrico, de configuração e o conceitual ou preliminar (que por pertencerem a fases posteriores àquela que se pretende estudar, não serão aqui discutidos).

Resta falar sobre as áreas de pesquisa do projeto que Finger & Dixon [15] classificam como: representações, análise e projeto para o ciclo de vida. Estas estão ligadas a questões de representação da forma, representação do comportamento ou funcional, representações baseadas em *features* e modelos dos produtos na parte de linguagens, representações e ambientes. Finger & Dixon apresentam uma revisão sobre interfaces com métodos de otimização, análise de elementos finitos e análise em fases iniciais do processo projeto, na parte de análise como suporte ao projeto. Finalmente, os autores concluem com uma análise das metodologias de projeto para o ciclo de vida.

Nestas áreas de pesquisa, Finger & Dixon enfocam, principalmente, as fases preliminar e detalhada. Na parte de representação da forma, falam da modelagem sólida em sistemas CAD e dos dicionários de formas (*shape grammars*). A parte de representação do comportamento descreve principalmente técnicas utilizadas no projeto conceitual para geração de soluções e no projeto preliminar para configuração física (leiaute). Na questão das *features*, ressaltam a associação de forma geométrica a funções (comportamento).

Na revisão sobre modelos do produto, os autores apontam o fato de que os sistemas computacionais não mais representam apenas um meio para análise dos projetos, mas tornaram-se também um meio para representação dos produtos. Lembram que, desde o início da década de oitenta, pesquisadores vêm trabalhando no desenvolvimento de modelos que combinem representações geométricas, conhecimento semântico e modelos de engenharia em *bases de dados de engenharia* ou *modelos do produto*.

A discussão realizada até o presente momento teve dois objetivos: situar o leitor com relação às áreas de projeto e estabelecer o fato da maior ênfase ser dada aos processos (que Hooker [24] chama modelos sócio-psicológicos), visto que a maior quantidade e as mais importantes publicações dos autores da área de projeto podem ser classificadas nesta área, e não na modelagem da estrutura constitutiva dos produtos (ou o que Hooker chama de conhecimentos necessários para desenvolver um projeto), que começam a avançar da modelagem sólida (principalmente projeto preliminar e detalhado) em direção à modelagem do comportamento (principalmente no projeto conceitual). A revisão realizada por Finger & Dixon reflete a realidade da tendência apontada por Krause *et al.* [32] mostrada na figura 1.2, porém (em função de estarem mais próximos temporalmente) apresentam-se ainda muito vinculados ao paradigma anterior na questão da modelagem.

2.2 A FASE INICIAL DO PROCESSO DE PROJETO

Percebe-se a partir da figura 2.2 que autores, tais como Back, Pahl & Beitz, Ullman etc. embora fossem unânimes quanto a existência de uma fase inicial, esta não possuía (como no caso do projeto conceitual) um status real de fase do processo de projeto e, nem mesmo um nome comum. Este é um dos motivos pelo qual é comum entre os autores de projeto a abordagem através de métodos e técnicas de auxílio à geração das especificações tais como a elaboração de *check-lists* e taxonomias e a utilização da casa da qualidade, em detrimento a uma abordagem mais abrangente.

Com relação à principal técnica defendida pelos vários autores da área de projeto, que é a casa da qualidade (a primeira matriz do QFD), Ogliari [40] realiza uma revisão da literatura na qual aborda o seu processo de construção. O autor divide a tarefa em seis etapas: levantamento e sistematização dos desejos dos consumidores, planejamento da qualidade, tradução dos desejos em características de engenharia, relacionamento entre os desejos dos consumidores e as características de engenharia, determinação dos compromissos entre as características de engenharia e o planejamento técnico do produto.

O autor expõe ao longo do texto questões, limitações, métodos e recomendações próprias e, principalmente, encontradas na literatura para a execução das tarefas enumeradas anteriormente. Uma síntese dos estudos é apresentada na tabela 2.1.

Tabela 2.1 : Síntese das atividades e problemas potenciais na utilização da primeira matriz do QFD. (extraído de Ogliari[40])

<i>Atividades na HoQ</i>	<i>Problemas potenciais</i>	<i>Sugestões</i>
Levantamento e sistematização dos desejos dos consumidores	mecanismos para a identificação e classificação dos consumidores;	<i>brainstorming</i>
	mecanismos para a aquisição e classificação dos desejos dos consumidores;	fluxograma dos processos da empresa
Planejamento da qualidade desejada	mecanismos de atribuição de valores para os desejos dos consumidores	– preferências dos consumidores – questionários – método de Akao – comparação aos pares – julgamento da equipe
	tipo de escalas de valoração	escalas com menor número de divisões
Tradução dos desejos dos consumidores em características de engenharia	mecanismos para a interpretação dos desejos dos consumidores na forma de termos técnicos	– auxílios à tradução – <i>brainstorming</i> – debate em grupo
	sistematização das características de engenharia	– análise do caráter crítico – método KJ
Relacionamentos entre desejos dos consumidores e características de engenharia	identificar critérios, pelos quais os relacionamentos possam ser atribuídos	– análise dos dados – análise estatística
	registrar e recuperar informações sobre o processo de atribuição de um dado relacionamento	—

Tabela 2.1 : Síntese das atividades e problemas potenciais na utilização da primeira matriz do QFD. (continuação)

<i>Atividades na HoQ</i>	<i>Problemas potenciais</i>	<i>Sugestões</i>
Determinação dos compromissos entre as características de engenharia	identificar critérios, pelos quais os relacionamentos possam ser atribuídos	—
	registrar e recuperar informações sobre o processo de atribuição de um dado relacionamento	—
	estabelecer mecanismos para o aproveitamento efetivo das informações do telhado da casa da qualidade	—
Planejamento técnico do produto	determinação de critérios para a utilização das características de engenharia classificadas no desenvolvimento do produto	—
	determinação de informações típicas e suficientes para a especificação de problemas de projeto	—

Na tabela 2.1 observa-se uma clara ausência de sugestões para as últimas atividades do processo de elaboração da casa da qualidade. Em parte porque estas atividades estão relacionadas a aspectos funcionais do produto ainda inexistentes, de modo que a utilização das características de engenharia no desenvolvimento do produto é um problema futuro e, como os ambientes de desenvolvimento conceitual não incorporam a casa da qualidade, estas considerações são deixadas ao encargo da experiência do projetista. Conclui-se que a casa da qualidade, embora seja uma ferramenta importante, constitui apenas uma maneira de organizar graficamente dados de projeto, necessitando de interpretação caso se queira compreender o porquê de determinado registro, ou seja, não é capaz de fornecer explicações para as informações registradas.

A revisão realizada pelo autor incluiu uma extensa bibliografia que aborda a fase inicial de projeto, por isso, os problemas e sugestões para soluções, apontados pelo autor, caracterizam de modo geral esta fase. Existem, ainda, trabalhos descritos na literatura técnica especializada, revisados nos itens seguintes, que buscam resolver alguns dos problemas apontados.

2.2.1 Aspectos da fase inicial de projeto encontrados nas abordagens clássicas

Para que se possa explorar a questão da modelagem é preciso antes ter uma visão do tipo de informações geradas durante o processo de projeto informacional.

A área de metodologia de projeto é uma área que tem evoluído rapidamente e com uma multiplicidade de formas. Analisando-se alguns dos principais autores em teoria de projeto do produto, observa-se claramente o caráter evolutivo e complementar dos trabalhos desenvolvidos nesta área. Em seguida expõem-se pontos de vista de diversos autores quanto à fase inicial do processo de projeto.

A natureza, necessidade e forma pela qual iniciou-se a sistematização do processo de projeto são discutidas por Pahl e Beitz [42] (pág. 4 a 19). Os autores, citam, por exemplo, as

contribuições dadas por Kesselring e o seu método das aproximações sucessivas, cujo principal elemento constituía-se na avaliação de formas variantes. De acordo com Pahl e Beitz [42], a fase inicial do projeto consiste na ‘clarificação da tarefa’, que envolve a coleta de informações quanto às necessidades que deverão ser incorporadas no produto, assim como das restrições que deverão ser impostas (Pahl e Beitz [42], pág. 40). Para os autores o desenvolvimento de um produto precisa ser planejado através da: análise da situação e definição dos objetivos da empresa, descoberta de idéias para novos produtos, seleção e definição do produto; e da clarificação da tarefa: especificações do produto - lista de requisitos (Pahl e Beitz [42], pág. 45 a 56). Embora os autores dêem algumas indicações da natureza das informações na fase inicial de projeto, o seu trabalho está mais voltado à proposição de métodos e à sistematização destes.

Hubka e Eder [26] pesquisaram o desenvolvimento dos sistemas técnicos. Entre as principais contribuições da teoria dos sistemas técnicos os autores ressaltam o estabelecimento de uma base comum para a coordenação e compreensão dos sistemas técnicos e o seu potencial como fonte de conhecimento para o projeto de engenharia e a ciência do projeto (Hubka e Eder [26], pág. 211). Propõem uma classificação baseada no sistema de classificação da biologia (*e.g.*, sistema técnico, super-filo, filo, classe, família, genus, sub-genus, série e tamanho seriado) e critérios para análise de sistemas (*e.g.*, função, modo de ação, grau de abstração, grau de complexidade)(Hubka e Eder [26], pág. 213 e 225). Classificam as transformações realizadas pelos sistemas técnicos em três grupos: material, energia e informação (dados e comandos) (Hubka e Eder [26], pág. 234). Ressaltam que a listagem completa das propriedades pode ser melhor obtida considerando-se classes de propriedades; observam que todos os sistemas técnicos possuem todos os tipos de propriedades, tenham elas sido planejadas conscientemente de acordo com os requisitos, ou não.

A necessidade pode ter, segundo Ullman [51], três fontes: o mercado, o desenvolvimento de uma nova tecnologia ou a necessidade oriunda de um sistema maior (Ullman [51], pág. 91). É colocado que, para a maioria dos projetos, o primeiro passo é a formação da equipe de projeto. O planejamento / desenvolvimento das especificações inicia-se com o desenvolvimento das necessidades do consumidor (o mercado), os quais são utilizados posteriormente para avaliar a concorrência e gerar os requisitos de engenharia ou especificações que finalmente determinarão a qualidade do futuro produto (Ullman [51], pág. 93).

Roozenburg e Eekels [44] lembram que o projeto do produto faz parte de um processo maior chamado ‘desenvolvimento do produto’. Segundo os autores, a especificação de projeto não deve determinar uma solução em particular para o problema de projeto, ela deve fornecer critérios através dos quais o ‘valor’ ou a ‘qualidade’ dos resultados (intermediários) do processo de projeto possam ser avaliados (Roozenburg e Eekels [44], Pág. 131). Enunciam propriedades chamadas ‘desejáveis’ no conjunto das especificações de projeto: validade, ‘completeza’ (completeness), operacionalidade, não - redundância, concisão e praticabilidade (Roozenburg e Eekels [44], pág. 143 a 148). Propõem a utilização do ciclo básico em projeto análise -> síntese -> avaliação.

Magrab [33] ressalta que a observação dos hábitos de compra dos consumidores aponta

que as decisões sobre os produtos são baseadas em atributos que podem ser arranjados em oito categorias, identificadas pelo acrônimo \$APPEALS ('atratividades'), os quais são: custo, disponibilidade, aparência, desempenho, facilidade de uso, garantia, custo do ciclo de vida e padrões sociais. Cita também quatro níveis para as necessidades dos consumidores: esperadas, verbalizadas, não-verbalizadas e excitadoras (Magrab [33], pág. 89 a 92). Recomenda a utilização do método do QFD e da Casa da Qualidade.

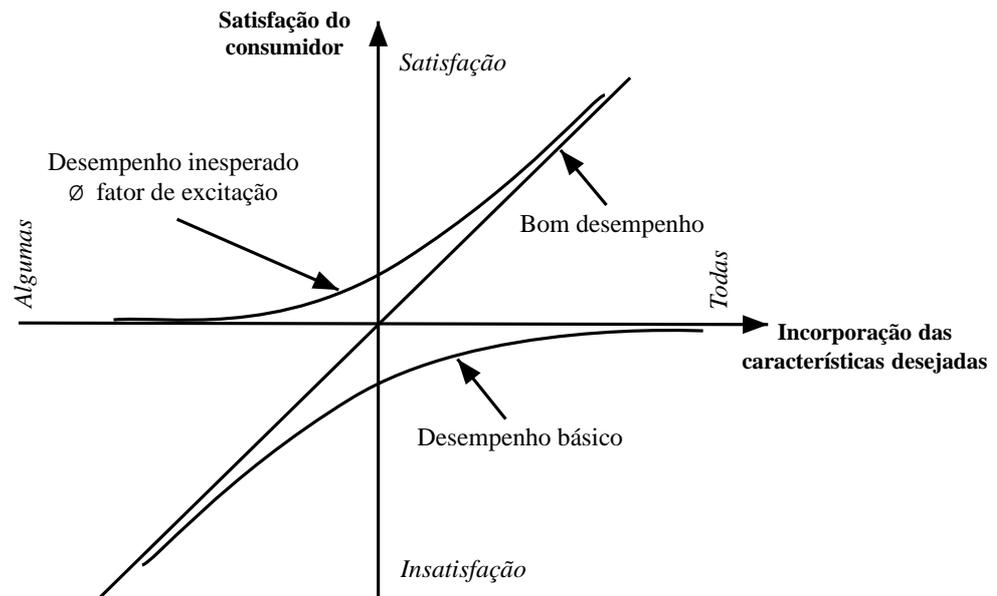


Figura 2.3 : Os fatores de qualidade e o modelo de Kano.(extraído de Baxter [2])

Baxter [2] diz que o primeiro fator a ser levado em consideração é a percepção do consumidor sobre a qualidade do produto. Fala das expectativas básicas, dos fatores de excitação e fator desempenho do produto, cujo relacionamento é mostrado na chamada curva de Kano (ver Figura 2.3). Diz que a classificação das necessidades não é estática no tempo. Ao converter as necessidades em objetivos técnicos, é preciso conseguir o equilíbrio entre utilidade, precisão e fidelidade. Define as especificações do projeto como algo que “procura antecipar tudo o que poderia causar o fracasso comercial do produto. Essas causas são removidas durante a elaboração dos requisitos de projeto.” Sugere como procedimento quatro etapas: levantamento de informações, especificação preliminar, revisão da especificação e versão final da especificação (Baxter [2], pág. 221 a 222).

2.2.2 Projeto Informacional

Diversos autores da área de projeto tratam da questão do início do processo, no entanto, o PI constitui, até então, um dos poucos que tem por objetivo a sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos. Por esse motivo vai-se discutir alguns

pontos do Projeto Informacional⁶.

Inicialmente, Fonseca [16] realiza extensa revisão dos conceitos das necessidades humanas, da estrutura constitutiva dos produtos industriais, estrutura do processo de projeto e do estado da arte com relação à obtenção das especificações de projeto de produtos.

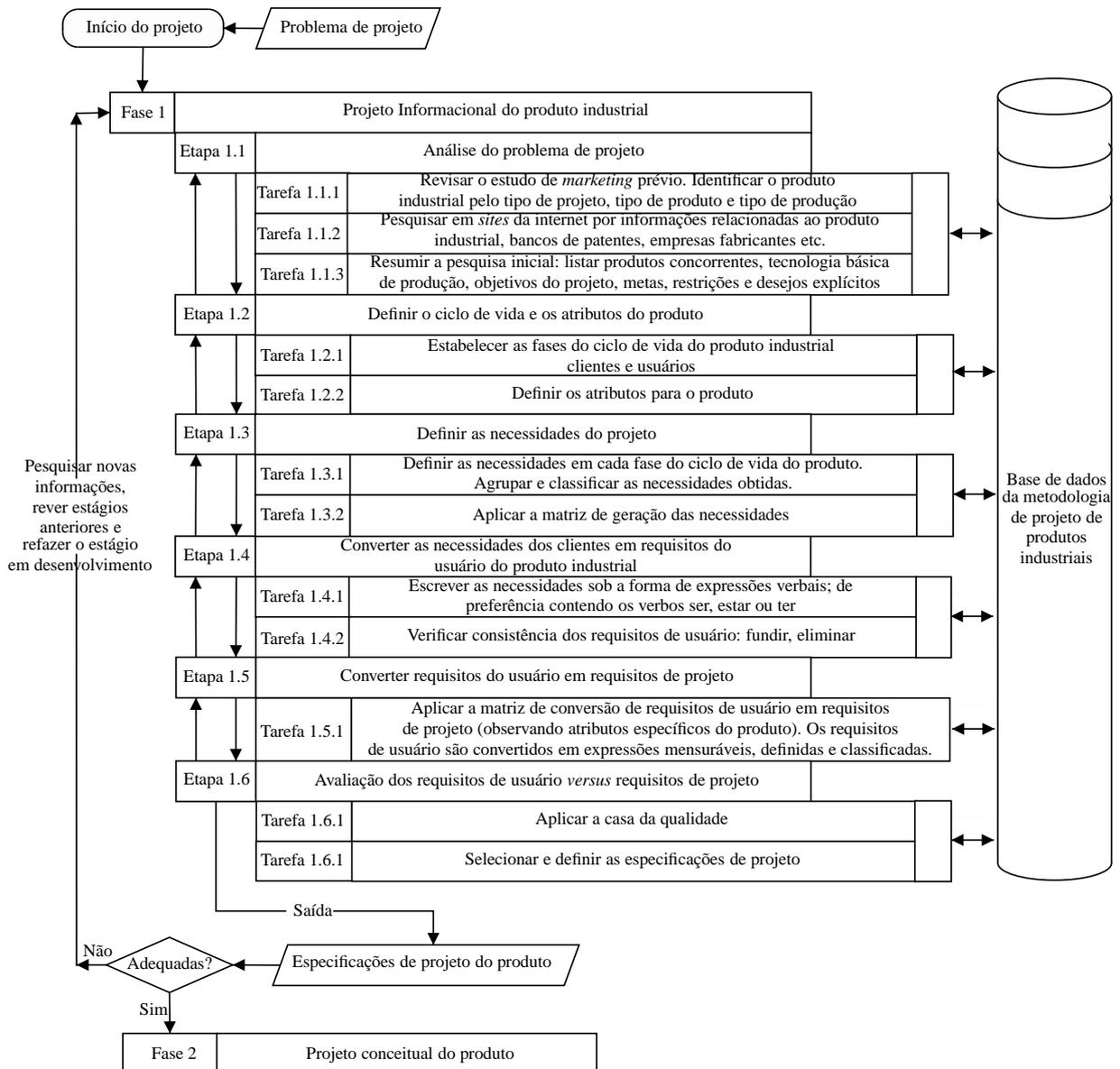


Figura 2.4 : Fluxograma do processo de projeto informacional segundo Fonseca [16].

Para o autor, o desenvolvimento de produtos é “o conjunto de atividades voltadas ao projeto, produção e lançamento de produtos industriais, atendendo às condições de mercado, abrangendo desde a definição primária do produto, segundo captado dos clientes e usuários potenciais, até sua incorporação plena no mercado”. A fase de projeto informacional está inserida entre a atividade de pesquisa inicial do mercado e as atividades posteriores de projeto.

A pesquisa de mercado responsabiliza-se por, a partir de informações mínimas do produto, agregar informações até a formação de uma “idéia do produto”, que passará a constituir o

⁶Porém não será aprofundada a discussão em torno da teoria de projeto que introduziu o projeto informacional, pelo que, para uma leitura completa sobre o tema, o leitor deverá se referir à Tese defendida por Fonseca [16].

problema de projeto. A partir daí, o projeto informacional transcorre como um sistema de transformação de informações, no qual as necessidades são identificadas e transformadas em categorias de informação que o autor classifica como ‘relevantes’ e ‘realmente existentes’, tais como requisitos de usuário, requisitos de projeto e especificações. Uma síntese do processo proposto por Fonseca é mostrado na forma de um fluxograma na figura 2.4.

2.2.3 Engenharia de Requisitos

A presente seção abre um parênteses na exposição do estado da arte da área de projeto em engenharia mecânica. Vai-se expor conceitos da engenharia de softwares, mais especificamente de uma subárea denominada Engenharia de Requisitos (RE - *Requirements Engineering*), com vistas a determinar a existência de técnicas da RE que sejam úteis na fase inicial do processo de projeto.

Na engenharia de softwares o tema da elaboração das especificações de projeto tem sido amplamente discutido, sendo descrito na literatura técnica através do termo Engenharia de Requisitos (RE - *Requirements Engineering*, SWEBOK [50], Jarke e Pohl [28], Nuseibeh e Easterbrook [39]). Nas palavras de Jarke e Pohl [28]:

*“Within software engineering, requirements engineering (RE) has traditionally been responsible for the kind of task which transforms a fuzzy initial idea into a precise system specification.”*⁷

Abaixo encontra-se outra definição de RE dada por Zave [53]:

*“Requirements engineering is the branch of software engineering concerned with the real-world goals for, functions of, and constraints on software systems. It is also concerned with the relationship of these factors to precise specifications of software behavior, and to their evolution over time and across software families.”*⁸

Nuseibeh e Easterbrook [39] referem-se à RE como:

*“The primary measure of success of a software system is the degree to which it meets the purpose for which it was intended. Broadly speaking, software systems requirements engineering (RE) is the process of discovering that purpose, by identifying stakeholders and their needs, and documenting these in a form that is amenable to analysis, communication, and subsequent implementation.”*⁹

⁷Na engenharia de *softwares*, a engenharia de requisitos (RE) tem, tradicionalmente, sido responsável pelo tipo de tarefa que transforma um idéia inicial difusa em uma especificação precisa do sistema.

⁸A engenharia de requisitos é o ramo da engenharia de *softwares* que se ocupa dos reais objetivos para, funções de e restrições sobre sistemas computacionais. Ela se ocupa também das relações entre estes fatores e da precisa especificação do comportamento do sistema, com a sua evolução ao longo do tempo e através das famílias de *softwares*.

⁹A principal medida do sucesso de um *software* é o grau com que ele é capaz de atender o propósito para o qual foi desenvolvido. De modo geral, a engenharia de requisitos (RE) de *softwares* é o processo de descoberta desse propósito, através da identificação dos participantes no processo (*stakeholders*) e de suas necessidades, documentando-as em uma forma passível de análise, comunicação e implementação subsequente.

Observa-se, a partir das definições da RE e do PI reproduzidas anteriormente, o paralelo entre os dois. Nas palavras do próprio Fonseca [16]:

“A abordagem da pesquisa será, em qualquer caso, direcionada ao processo de projeto na fase inicial, aos procedimentos metodológicos dentro da fase, aos métodos e técnicas (ferramentas) a serem usadas na própria fase inicial e relativos a como usar estas ferramentas para apoiar a equipe de projeto na obtenção das especificações de projeto do produto que está sendo desenvolvido.”

Alguns dos tópicos normalmente considerados como parte da RE incluem:

- *Tarefas que devem ser realizadas*: elicitação de informações de clientes, validação, especificação.
- *Problemas que devem ser resolvidos*: barreiras na comunicação, incompletude (‘incompleteza’), inconsistência.
- *Métodos e ferramentas*: linguagens formais e algoritmos de análise, prototipagem, métricas, rastreabilidade.
- *Modos de contribuir com o conhecimento*: descrições da prática atual, estudos de caso, experimentos controlados.
- *Tipos de sistemas*: sistemas dependentes (*embedded*), sistemas onde a segurança é crítica, sistemas distribuídos, etc.

Uma lista típica de tópicos de pesquisa em RE contém todos estes itens e outros mais e, de modo geral, objetiva ser abrangente, mas também gera confusão. Zave [53] criou uma classificação das áreas de pesquisa em RE apresentadas na tabela 2.2. Observa-se que a classificação de Zave aplica-se à fase inicial do processo de projeto, devendo-se ler sistema técnico em lugar de sistema computacional na tabela 2.2.

Tabela 2.2 : Tópicos de pesquisa em RE.(Adaptado da síntese realizada por Zave [53])

<i>Problemas em RE</i>
1) Investigação de metas, funções e restrições em um sistema computacional
1.1) <i>Barreiras na comunicação</i>
1.2) <i>Estratégias para converter requisitos vagos</i>
1.3) <i>Compreensão de prioridades e gamas de satisfação</i>
1.4) <i>Estratégias para alocação de requisitos entre o sistema e os vários agentes de seu ambiente</i>
1.5) <i>Estimativa de custos, riscos, e cronogramas</i>
1.6) <i>Estratégias para assegurar a completude (‘completeza’)</i>
2) Problemas relacionados à especificação do comportamento de sistemas computacionais
2.1) <i>Integração de múltiplas visões e representações</i>
2.2) <i>Avaliação de estratégias alternativas para satisfazer requisitos</i>
2.3) <i>Obtenção de especificações completas, consistentes e não-ambíguas</i>

Tabela 2.2 : Tópicos de pesquisa em RE.(continuação)

2.4) <i>Garantir que o sistema especificado satisfará as exigências</i>
2.5) <i>Obtenção de especificações que são apropriadas para o projeto e as atividades de implementação</i>
3) Problemas na administração da evolução de sistemas e famílias de sistemas
3.1) <i>Reutilização de requisitos durante fases evolutivas</i>
3.2) <i>Reutilização de requisitos para o desenvolvimento de sistemas semelhantes</i>
3.3) <i>Reengenharia de requisitos</i>
<i>Soluções em RE</i>
a)Relatórios do estado da prática
b)Solução orientada ao processo
c)Solução orientada ao produto
d)Estudo de caso que aplica uma solução proposta a um exemplo significativo
e)Avaliação ou comparação de soluções propostas
f)Solução orientada a métricas

Através da síntese apresentada na tabela 2.2 observa-se que o tratamento dado aos requisitos de projeto, em todos os seus aspectos: obtenção, modelagem, análise, avaliação etc., chega a ser mais aprofundado que no projeto mecânico. A explicação que se pode dar para isto encontra-se na natureza dos sistemas computacionais: codificação de informações, requerendo, portanto, maiores cuidados com as informações que dão origem ao sistema.

A RE como descrita por Nuseibeh e Easterbrook [39] possui algumas atividades centrais: extração, modelagem e análise, comunicação, concordância e evolução de requisitos. Os aspectos principais destas tarefas podem ser agrupadas em uma tabela (tabela 2.3), similar à tabela 2.1 proposta por Ogliari[40].

Tabela 2.3 : Síntese dos aspectos envolvidos na atividade de RE.(Adaptado da síntese realizada por Nuseibeh e Easterbrook [39])

<i>Atividades</i>	<i>Problemas potenciais</i>
A RE como um todo	O desenvolvimento da RE se dá no contexto das atividades humanas, portanto, precisa ser sensível à percepção de mundo das pessoas, às suas interações e às influências que elas sofrem e exercem sobre o meio. Um problema principal são as barreiras na comunicação citadas por Zave.
<i>Soluções possíveis</i>	Utilização das ciências sociais e cognitivas para prover os fundamentos teóricos e técnicas práticas: <ul style="list-style-type: none"> – <i>A Psicologia cognitiva</i>: auxilia na compressão das pessoas e de suas dificuldades em descrever suas necessidades. Por exemplo, na compreensão do conhecimento tácito envolvido; – <i>A Antropologia</i>: provê uma abordagem metodológica de observação das atividades humanas(técnicas etnográficas¹⁰), auxiliando no desenvolvimento da compreensão de como os produtos se inserem no contexto das atividades humanas; – <i>A Sociologia</i>: no presente contexto, visa a compreender as mudanças políticas e culturais decorrentes da inserção de novas tecnologias; – <i>A Lingüística</i>: importante pois a RE envolve principalmente processos de comunicação e transformações de informações baseadas em aspectos semânticos e sintáticos.

¹⁰A etnologia constitui um ramo da antropologia que estuda e compara diferentes culturas. Dentro da etnologia, a etnografia é o estudo descritivo da sociedades humanas (Houaiss [25]) e se utiliza de técnicas denominadas etnográficas.

Tabela 2.3 : Síntese dos aspectos envolvidos na atividade da RE.(continuação)

Atividades	Problemas potenciais
A RE como um todo	O elemento filosófico que está relacionado com a interpretação da terminologia abrangente dos clientes: os conceitos, os diferentes pontos de vista e metas.
Soluções possíveis	Compreensão das convicções dos clientes (estudo epistemológico), a busca por aquilo que é observável no mundo (estudo fenomenológico) e o questionamento quanto ao que pode ser objetivamente concordado como verdadeiro (estudo ontológico).
Elicitação de requisitos	Descobrir que problema precisa ser resolvido.
Soluções possíveis	Além do suporte teórico dado pelas ciências sociais e cognitivas, a introdução de métricas e a avaliação ou comparação de múltiplas soluções, propostas por Zave (ver tab 2.2).
Elicitação de requisitos	A identificação de <i>stakeholders</i> ¹¹ , identificação e classificação de usuários, de metas e tarefas e cenários (<i>use-cases</i>). <i>Stakeholders</i> incluem clientes ou consumidores (que pagam pelo sistema), o fomentador (que projeta, constrói e mantém o sistema) e usuários (que interagem com o sistema para realizar o seu trabalho). Os usuários também não são homogêneos e parte do processo envolve a identificação das necessidades de diferentes classes de usuário.
Soluções possíveis	<p>Distingue-se várias classes de técnicas de elicitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Técnicas tradicionais</i>: incluem o uso de questionários e pesquisas, entrevistas, e análise de documentação existente, como fluxos organizacionais, modelos de processos ou padrões, usuários ou outros manuais de sistemas existentes. – <i>Técnicas de elicitação em grupo</i>: utilizam dinâmica de grupo para obter acordos entre <i>stakeholders</i> gerando uma compreensão mais rica das necessidades. Elas incluem a geração de idéias e grupos de foco, assim como seminários. – <i>Prototipagem</i>: utilizado na elicitação quando há muita incerteza sobre os requisitos, ou quando a avaliação inicial de <i>stakeholders</i> é necessária. A <i>prototipagem</i> também pode ser combinado com outras técnicas, como exemplo, pode-se usar um protótipo para provocar discussão em uma técnica de elicitação de grupo, ou como a base para um questionário ou análise de protocolo do tipo pensar-em-voz-alta (<i>think-aloud protocol</i>). – <i>Modelo dirigido</i>: técnica que provê um modelo específico do tipo de informação a ser obtido, e usa este modelo para dirigir o processo de elicitação. Incluem modelos baseados em metas e modelos baseados no uso. – <i>Técnicas cognitivas</i>: incluem uma série de técnicas desenvolvidas originalmente para aquisição de conhecimento para sistemas baseados no conhecimento. Tais técnicas incluem a análise de protocolo¹², <i>laddering</i>¹³, ordenação de cartões¹⁴, matrizes de repertório¹⁵. – <i>Técnicas contextuais</i>: emergiram nos anos 90 como uma alternativa às técnicas tradicionais e cognitivas. Estas incluem o uso de técnicas etnográficas, como a observação participante. Elas também incluem a etnometodologia e a análise de conversação para identificar padrões em conversação e interação.

¹¹Indivíduos ou organizações que ganham ou perdem com o sucesso ou o fracasso de um sistema; todos os envolvidos pelo desenvolvimento do produto.

¹²Um perito pensa em voz alta enquanto executa uma tarefa, para proporcionar ao observador perspicácias nos processos cognitivos executados durante a tarefa

¹³Sondagens utilizadas para extrair estrutura e conteúdo de conhecimento de *stakeholders*

¹⁴Os *stakeholders* ordenam cartões em grupos nos quais cada um tem nome de alguma entidade de domínio

¹⁵A construção de uma matriz de atributos para entidades, pedindo aos *stakeholders* atributos aplicáveis para entidades.

Tabela 2.3 : Síntese dos aspectos envolvidos na atividade da RE.(continuação)

Atividades	Problemas potenciais
Modelagem e análise de requisitos	A modelagem ¹⁶ é uma atividade fundamental em RE. Vários textos sobre a RE tratam quase somente dos métodos de modelagem e das técnicas de análise a eles associadas. A pergunta fundamental que deve ser feita com relação a uma abordagem de modelagem é: ‘para que serve este modelo?’, e a resposta deve sempre enfatizar o tipo de análise e argumentação que o modelo pode oferecer.
<i>Soluções possíveis</i>	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Modelagem do empreendimento</i>: o contexto da maioria das atividades de RE e sistemas de <i>software</i> é uma organização na qual o desenvolvimento acontece ou na qual um sistema operará. – <i>Modelagem de dados</i>: sistemas computacionais grandes, em especial os sistemas de informação, usam e geram grandes volumes de dados. Este conteúdo precisa ser entendido, manipulado e administrado. É preciso cuidado ao decidir que informações o sistema precisará representar, e como as informações armazenadas correspondem aos fenômenos do mundo real. Tradicionalmente, a modelagem através de Entidade-Relacionamento-Atributo (ERA) é usada para este tipo de modelagem e análise, porém a modelagem orientada a objetos, utilizando classes e hierarquias de objeto, vem progressivamente suplantando as técnicas de ERA. – <i>Modelagem do comportamento</i>: a modelagem de requisitos freqüentemente envolve a modelagem do comportamento dinâmico ou funcional de <i>stakeholders</i> e sistemas. – <i>Modelagem do domínio</i>: um modelo do domínio provê uma descrição abstrata do contexto no qual um sistema operará. Modelos de domínio explícitos permitem o raciocínio detalhado sobre aquilo que é assumido a respeito do domínio e oportuniza a reutilização de requisitos dentro de um domínio. – <i>Modelagem de requisitos não-funcionais(NFRs)</i>: requisitos não-funcionais (também denominados requisitos da qualidade) são, em geral, mais difíceis de expressar de um modo mensurável, tornando-os mais difíceis de se analisar. Em particular, NFRs tendem a ser propriedades de um sistema como um todo e, conseqüentemente, não podem ser verificados para componentes individuais. Há um esforço crescente de pesquisas voltadas aos tipos particulares de NFRs como segurança, confiabilidade e usabilidade. – <i>Análise de modelos de requisitos</i>: um benefício primário da modelagem de requisitos é a viabilização da análise de requisitos. Técnicas de análise que têm sido investigadas em RE incluem animação de requisitos, raciocínio automatizado (por exemplo, raciocínio analógico e baseado em casos e crítica baseada em conhecimento), verificação da consistência (por exemplo, verificação do modelo), e uma variedade de técnicas para validação e verificação (V&V).
Comunicação de requisitos	A RE não é apenas o processo de descobrir e especificar requisitos, mas também um processo que visa facilitar a comunicação efetiva destes requisitos entre diferentes <i>stakeholders</i> . O modo através do qual são documentados os requisitos realiza um papel importante ao assegurar que eles poderão ser lidos, analisados, (re-)escritos e validados.
<i>Soluções possíveis</i>	<p>O foco da pesquisa na documentação de requisitos está freqüentemente em idiomas de especificação e notações, com uma variedade de idiomas formais, semi-formais e informais sugerida para este propósito. Da lógica à linguagem natural, as diferentes linguagens têm diferente capacidades expressivas e de argumentação.</p> <p>É crescentemente reconhecida a importância da administração de requisitos - a habilidade, não só de obter e anotar requisitos mas também de fazê-lo de forma legível e rastreável por outras pessoas, a fim de administrar a sua evolução com o passar do tempo.</p> <p>A rastreabilidade de requisitos (RT) é outro fator principal que determina o quão fácil será ler, navegar, encontrar e modificar a documentação de requisitos. Gotel define a rastreabilidade de requisitos como ‘a habilidade para descrever e seguir a vida de um requisito tanto para adiante como para trás (i.e., de suas origens, através de seu desenvolvimento e especificação, através do seu desenvolvimento subsequente e uso, e através de todos os períodos de refinamentos sucessivos e iterações em quaisquer destas fases)’. A RT encontra-se no centro da prática da administração de requisitos, pois pode estabelecer a razão de ser de um requisitos e pode servir de base para ferramentas que analisem as conseqüências e os impactos de mudanças.</p>

¹⁶A construção de descrições abstratas amenas à interpretação

Tabela 2.3 : Síntese dos aspectos envolvidos na atividade da RE.(continuação)

Atividades		Problemas potenciais
Concordância de requisitos		Uma vez que os requisitos são elicitados e modelados, manter completo acordo entre todos os <i>stakeholders</i> pode ser um problema, especialmente se os <i>stakeholders</i> têm metas divergentes. Portanto, já que a validação é o processo de assegurar que requisitos e modelos representem de maneira precisa as necessidades dos <i>stakeholder</i> . Descrever os requisitos explicitamente não só é uma condição prévia necessária para validar requisitos, mas também para solucionar conflitos entre os <i>stakeholders</i> .
Soluções possíveis	Técnicas como inspeção e análise formal tendem a se concentrar na coerência das descrições de requisitos: eles são consistentes e estruturalmente completos? O método formal SCR ilustra esta abordagem.	

Observa-se que há um paralelo entre as técnicas de elicitação utilizadas na RE e na fase inicial do projeto mecânico. Assim, como no projeto mecânico, na RE também são utilizados questionários estruturados, entrevistas e *check-lists*, consideradas como técnicas tradicionais pela RE. Por serem recomendadas nos principais livros texto de projeto mecânico, pode-se considerá-las como técnicas tradicionais também nesta área. Por outro lado, técnicas de grupo (como o *brainstorming*) são prescritas, principalmente, para a fase de projeto conceitual e não para a fase de desenvolvimento das especificações, embora Ogliari [40] apresente na tabela 2.1 sejam sugeridas as utilizações deste e de outros métodos como suporte às atividades na casa da qualidade.

Pesquisas conduzidas por Stauffer *et al.* levaram a criação de protótipos para a elicitação de requisitos (na forma de taxonomias de projeto). Nestas pesquisas as taxonomias têm sido utilizadas como um suporte à elaboração de questionários e em sessões de análise de protocolo, exatamente como sugerido na descrição da técnica de *prototyping* da RE.(Stauffer *et al.* [48] [49] [17] [18] [20] [19] [1])

Das técnicas cognitivas, citadas para a RE, as principais que têm sido utilizadas no projeto mecânico (até onde se pôde verificar) são a técnica da análise de protocolo e a técnica da ordenação de cartões (equivalente no projeto mecânico ao método KJ¹⁷). Finalmente, não se tem notícia da utilização de técnicas contextuais no projeto mecânico.

Outro aspecto da RE, a modelagem e a análise de requisitos, considerada fundamental na RE, pode-se dizer que não se apresenta com a mesma intensidade nas fases iniciais do projeto mecânico. Os modelos que na RE podem ser usados para representar uma gama inteira de produtos, apenas começaram a ser introduzidos no projeto mecânico através de pesquisas como a dos sistemas técnicos de Hubka, a do modelo cromossômico de Andreassen e as pesquisas de Malmqvist *et al.* (apresentadas posteriormente). Além disso, muitas abordagens de modelagem são usadas na RE como ferramentas de elicitação onde a notação utilizada na modelagem e os modelos parciais produzidos são usados como diretrizes para a obtenção de informações adicionais, características pouco ou praticamente inexistentes no projeto mecânico. Finalmente, na parte de modelagem em RE são introduzidos os *stakeholders* (ou clientes) junto com suas

¹⁷Buur [4] descreve o método desenvolvido pelo antropólogo J. Kawakita, que em linhas gerais consiste em agrupar e estabelecer relações entre conceitos, informações, fatos *etc.*

características particulares, como fator importante na engenharia de requisitos.

Outra característica importante da RE é a busca pela rastreabilidade na documentação de requisitos como um dos meios de alcançar integridade e perfeição na documentação, e principalmente com um papel importante na administração de mudanças em produtos.

Porém, o paralelo entre a RE e o projeto informacional não é perfeito com relação ao escopo. A questão da modelagem de requisitos não-funcionais sugere que os 'requisitos' podem estar mais próximos das informações utilizadas no projeto conceitual que no projeto informacional. Além disso, as abordagens dadas à elaboração das especificações na RE e no, ainda recente, PI seguem linhas diferentes. Talvez pelo fato da RE ter como objetivo um software, assemelhando-se mais ao projeto de um serviço, foi adotado o paradigma dos modelos de informações para a obtenção dos requisitos (*requirements elicitation*), enquanto o PI tem como objetivo um 'hardware' (ou artefato, Simon, pp. 6-22 [46], ou sistema técnico, Hubka e Eder, pp. 7-8 [26]), apresentando um paradigma de modelagem de processos para obter os requisitos.

2.3 MODELOS APLICADOS AO PROJETO INFORMACIONAL

Apesar de escassos na literatura, alguns exemplos de modelos aplicados à fase inicial do processo de projeto podem ser encontrados. Os principais compreendem o modelo cromossômico, cuja pesquisa é conduzida por Malmqvist e pesquisadores associados ([34] [35]), os estudos taxonômicos conduzidos por Stauffer *et al.* ([48] [49] [17] [18] [20] [19] [1]) e o modelo do sistema computacional criado por Fonseca [16] para o projeto informacional.

2.3.1 Criação de sistemas CAD

Zeid [54] resumiu na forma de um fluxograma, apresentado na figura 2.5, as principais partes dos processos de projeto e manufatura. O processo de projeto, que é o foco deste trabalho, inicia nas necessidades de projeto e passa pela elaboração de definições de projeto, especificações e requisitos, obtenção de informações relevantes e análise de viabilidade, concepção, modelagem e simulação, análise, otimização, avaliação, comunicação e documentação do projeto.

Segundo o autor, as fases dos processos de projeto e manufatura mostradas na figura 2.5 servem como base para a definição das ferramentas que um sistema CAD/CAM deve fornecer aos engenheiros. O autor considera os processos de CAD e CAM como subconjuntos dos processos de projeto e manufatura respectivamente.

E, além disso, o processo de projeto divide-se em duas etapas: síntese e análise do projeto. O processo de CAD, assim entendido, compreende basicamente todas as atividades de análise e apenas algumas das atividades de síntese.

Cada uma destas fases distingue-se das outras por possuir características próprias, principalmente em função do grau de desenvolvimento (materialização/abstração) do produto. É em função das particularidades de cada fase (e inclusive das etapas e tarefas que ela

compreende) que os sistemas computacionais são desenvolvidos ou adaptados.

Zeid coloca as atividade iniciais do processo de projeto essencialmente como processos de síntese (ver fig. 2.5) e as atividades finais como processos de análise. Embora o esquema apresentado na fig. 2.5 seja de 1990, observa-se que ele ainda reflete, em linhas gerais, as funcionalidades dos sistemas CAD atuais. Apesar de reconhecidas pelo autor como atividades de síntese pertencentes ao processo de projeto, as fases anteriores ao projeto conceitual não são consideradas como passíveis de automatização ou suporte por meios computacionais.

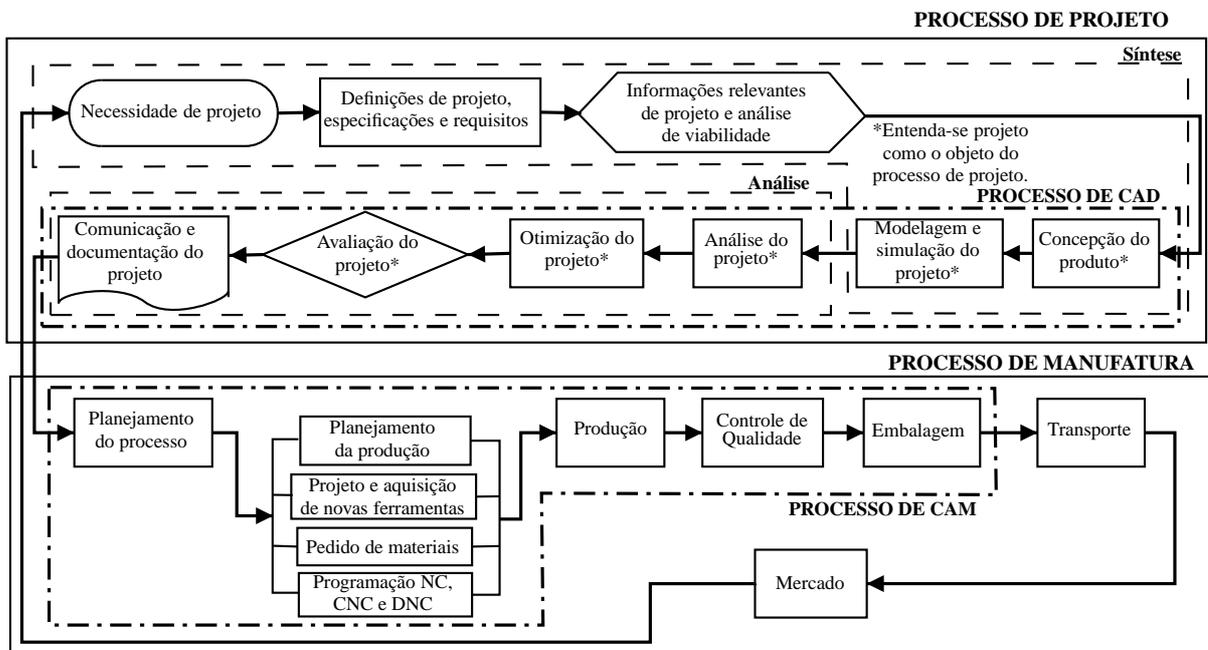


Figura 2.5 : Fluxograma dos processos de projeto e manufatura segundo Zeid.(adaptado de Zeid [54])

No entanto, a tendência natural, que tem sido observada, é a informatização de processos em todas as áreas de atividades humanas, em todas as áreas do conhecimento. Por isso, acredita-se que o surgimento de sistemas computacionais de apoio a todas as fases do processo de projeto é uma consequência natural do avanço da informatização da sociedade. A informatização, por sua vez, está em geral associada com a construção de modelos, seja na forma de algoritmos, estruturas de dados *etc.*, resultando no surgimento de sistemas computacionais e também de modelos para as fases iniciais e excluídas do processo de CAD dentro do paradigma anterior. Alguns desses modelos são apresentados e criticados a seguir.

2.3.2 O modelo de informações do PI

Antes que se inicie a análise do estado da arte no projeto informacional, é importante observar que o termo ‘projeto informacional’ foi cunhado por A. J. H. Fonseca [16], recentemente, em sua Tese de doutorado. A maior parte dos autores modernos trata a fase de obtenção das especificações de projeto como uma fase de clarificação da tarefa e recomenda como principais técnicas a utilização de questionários estruturados, de *check - lists*, da casa da qualidade e da análise do ciclo de vida do produto.

Fonseca [16] propõe uma terminologia e definições tais como: cliente, usuário, consumidor, necessidades, requisitos, etc. Para o autor a fase de projeto informacional pode ser considerada como um mapeamento entre informações de natureza diversa (figura 2.6). Fala ainda em características destas informações, por exemplo, as especificações de projeto: constitutivas, tipológicas, classificatórias, desejáveis e diretivas. No projeto informacional proposto por Fonseca estão descritos modelos hierárquicos de classificação de produtos industriais além do modelo proposto por este autor para a descrição do produto em termos do ciclo de vida (Fonseca [16], pág. 41 a 48). Utiliza a casa da qualidade no processo de avaliação dos requisitos de projeto em função dos requisitos de usuário.

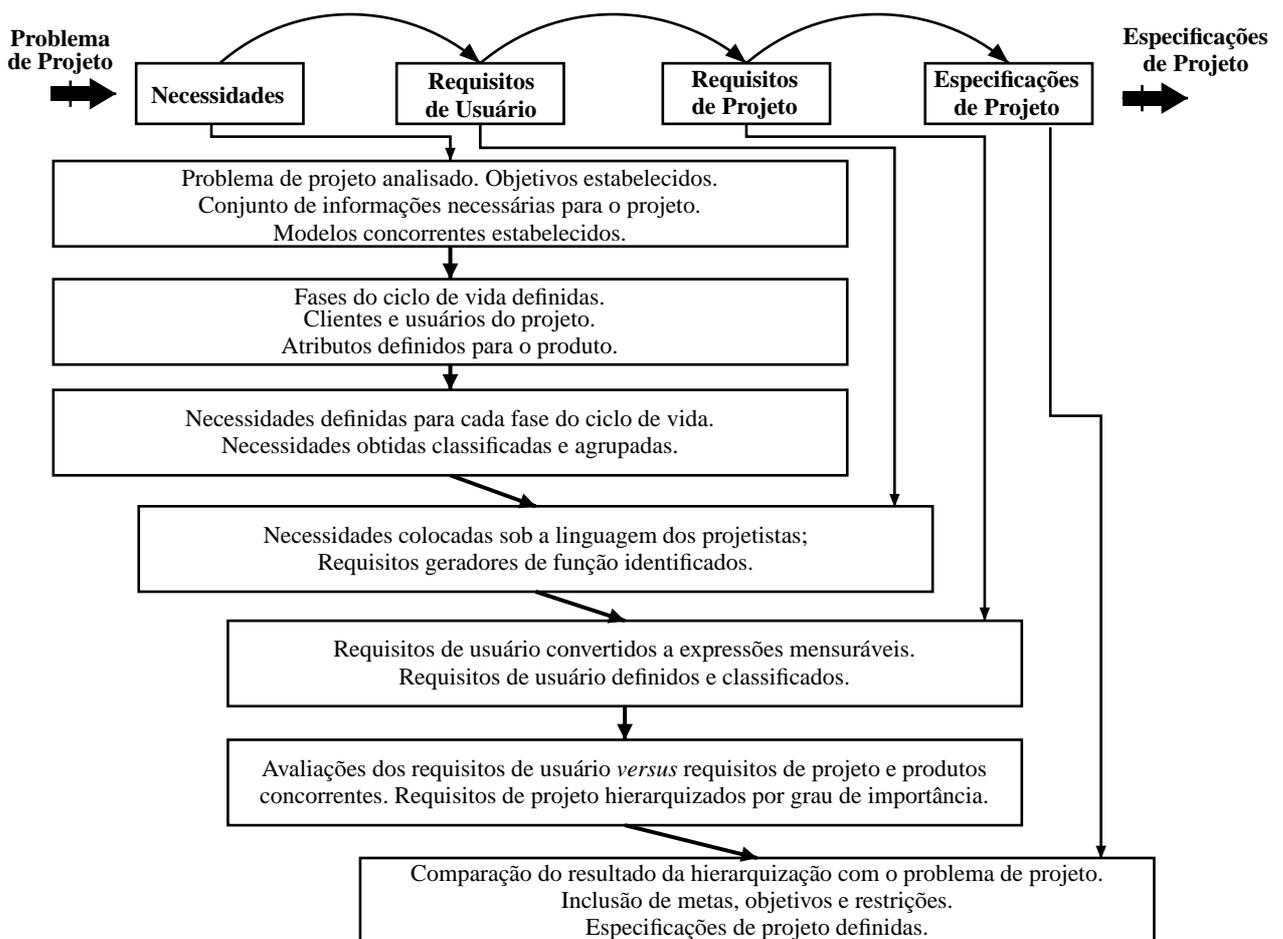


Figura 2.6 : Modelo simplificado das informações presentes na proposta de Fonseca [16].(figura adaptada do original)

Considera-se a Tese desenvolvida por Fonseca [16], que trata do assunto específico 'Projeto Informacional', como um trabalho de referência sobre a fase inicial do processo de projeto. Porém, na Tese foi dada maior ênfase ao processo de transformação da informação (e.g., métodos e técnicas) e menor ênfase aos tipos de dados e à sua organização propriamente dita. O sistema computacional (SEPI - Sistema de Apoio a Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais) desenvolvido por Fonseca utilizou-se de um banco de dados Paradox 7.0 implementado através de uma interface escrita em Delphi [3]. A estrutura (simplificada) do modelo de informações resultante é mostrada na figura 2.6.

Existem algumas outras tabelas e arquivos auxiliares tais como ‘questões’ (check-lists), ‘patentes’ e ‘tecnologias’, porém estas não são utilizadas diretamente na transformação da informação. Observou-se que o modelo desenvolvido não explorou a gama de tipos de classificações propostas pelo autor. Observou-se ainda que, considerando-se a forma de implementação, utilizando um banco de dados relacional, o sistema computacional desenvolvido não conseguiu representar de forma abrangente a metodologia proposta pelo autor, introduzindo perdas de conteúdo de informação ao longo do desenvolvimento do projeto informacional. Isto pode ser explicado em termos do foco na atividade: o autor enfocou principalmente aspectos metodológicos do processo, tratando o modelo de informações de maneira ‘secundária’. Ainda assim, o trabalho do autor representa um avanço significativo na área e devido à sua riqueza de conteúdo presta-se a análises, agora sob o ponto de vista da modelagem das informações do projeto informacional.

2.3.3 Taxonomias de Projeto

Stauffer *et al.* [48] [49] [17] [18] [20] [19] [1] publicaram uma série de artigos e trabalhos relatando pesquisas no campo da definição do produto (PDP - processo de definição do produto).

Aldrich & Stauffer [1], por exemplo, conduziram um experimento para determinar a melhor maneira de representar a informação que é usada por projetistas durante o processo de definição de produto. Para tanto, os autores registraram uma sessão para análise de protocolo em tempo-real com um engenheiro de projeto e um cliente enquanto eles desenvolviam requisitos de produto para um novo pedal de bateria (instrumento musical). Desta sessão, foi desenvolvida uma representação mestra, mostrada abaixo:

Requisito do cliente: expectativa particular que os clientes têm com relação ao produto.

Ponto de referência: extensão na qual outros produtos satisfazem as exigências de cliente.

Compromisso: influência que uma característica do produto tem sobre outras características.

Especificações de projeto do produto: exigências que o engenheiro fixa para o produto para satisfazer o cliente.

Fonte: materiais de referência e argumentos que o engenheiro usa para fixar valores de especificação de projeto do produto.

A representação mestra desenvolvida baseou-se nos dados obtidos por um engenheiro profissional que reprojeteu um pedal de bateria (instrumento musical) existente para satisfazer melhor às expectativas dos clientes. As informações foram providas por um especialista no instrumento com uma grande interação com outros clientes, um vendedor, por esse motivo escolhido para a experiência. A partir desta interação foi gerada uma lista de especificações de projeto para o pedal. A representação mestra de informações foi deduzida com o objetivo classificar (qualificar) as informações obtidas na experiência.

Em seguida, foram registradas três sessões para análises de protocolo adicionais. O objetivo foi testar a representação mestra. Durante as sessões adicionais outros três engenheiros projetaram produtos (diferentes) cujas informações de definição do produto foram apresentadas a eles na forma da representação mestra.

Os dados coletados durante as três experiências de análise de protocolo foram analisados com o objetivo de verificar a representação mestra de informações. Três juízes independentes realizaram a análise para assegurar a confiabilidade. A análise foi executada em duas sessões. Na primeira, os juízes trabalharam independentemente, distribuindo as informações entre as várias categorias do esquema de representação. Na segunda sessão, eles compararam os resultados entre si, discutindo as discrepâncias. Durante a discussão, foi permitido aos três juízes revisar quaisquer categorizações que eles julgassem estar incorretas. O grau de concordância entre os juízes resultou na verificação da representação mestra e também na identificação de informações não pertencentes às categorias do esquema.

Os resultados indicaram que todas as categorias registraram no mínimo 5% das informações, mostrando que as categorias foram úteis. A tabela 2.4 apresenta os dados para cada sessão de análise de protocolo, e as porcentagens das informações pertencentes a cada categoria. Também foi incluída a soma das três sessões na “coluna combinada”.

Tabela 2.4 : Frequência das informações para cada sessão de análise de protocolo. (traduzido de Aldrich & Stauffer [1])

	protocolo 1		protocolo 2		protocolo 3		combinado	
Requisitos do cliente	3	(16%)	15	(26%)	7	(15%)	25	(20%)
Pontos de referência	2	(10%)	4	(7%)	9	(20%)	15	(12%)
Compromisso	2	(10%)	9	(15%)	3	(7%)	14	(12%)
Especificações de projeto	6	(32%)	25	(42%)	13	(29%)	44	(36%)
Fontes	3	(16%)	3	(5%)	4	(9%)	10	(8%)
Outros	3	(16%)	3	(5%)	9	(20%)	15	(12%)
Total	19	(100%)	59	(100%)	45	(100%)	123	(100%)

As sessões de análise de protocolo foram divididas em faixas de tempo e analisadas para determinar quais categorias de informação eram utilizadas no início do projeto, indicando precedência sobre as outras. Também foi examinado com que frequência cada categoria foi utilizada. Categorias acessadas frequentemente pelos participantes (indicado pela porcentagem mais alta) foram vistas como mais importantes. Então, as categorias foram rearranjadas:

Requisito do cliente:

Declaração: declaração sumária realizada pelo cliente.

Descrição: descrição detalhada requisito do cliente.

Criticalidade: a criticalidade indica quão importante é satisfazer o requisito do cliente.

Especificação do Produto:

Atributo de projeto: aquilo que o produto deve ter a fim de satisfazer o cliente.

Valores de objetivo: valor mensurável do atributo de projeto.

Compromisso: impacto que um atributo de projeto tem sobre os outros.

Ponto de referência:

Próprio: até que ponto o produto da própria pessoa satisfaz os atributos de projeto.

Competição: até que ponto os produtos da competição satisfazem os requisitos de projeto.

Comparação: uma avaliação quantitativa de produtos.

Fonte: materiais de referência e argumentos que o engenheiro usa para fixar valores de especificação do produto.

Outros: informação opcional, dependente da situação.

Em resumo, uma análise de protocolo de tempo-real foi usada para desenvolver uma representação mestra das informações. Em seguida, a representação mestra foi verificada através de mais sessões de análise de protocolo. Nestas as informações de projeto foram apresentadas aos participantes das sessões na forma da representação mestra e utilizadas por eles para projetar produtos diferentes. Finalmente, foi examinada a importância de cada tipo de informação.

De acordo com os autores a representação proposta é equivalente em muitos pontos às informações fornecidas na Casa da Qualidade (HoQ), contudo passou a incluir muita informação não registrada na HoQ permitindo que pessoas que não participaram do processo de elaboração compreendam o que foi feito, ao contrário da HoQ. Como a representação não é limitada a um formato simbólico, qualquer esquema de avaliação pode ser usado. O resultado final é uma representação de informações que pode ser usada em um banco de dados durante o processo de definição de produto.

Para a modelagem de informações na fase inicial do processo de projeto, considera-se o estudo conduzido por Aldrich e Stauffer [1] e descrito anteriormente como sendo o mais relevante para o presente trabalho, por isso, foi descrito com maior detalhe. No entanto, outras pesquisas foram conduzidas por Stauffer e pesquisadores associados que conduziram à criação de uma taxonomia extensa e complexa do processo de projeto.

Gershenson & Stauffer [19], por exemplo, desenvolveram estudos taxonômicos nos quais dividiram os requisitos¹⁸ em quatro categorias:

- Requisitos do usuário final
- Requisitos regulatórios (legais)
- Requisitos técnicos
- Requisitos corporativos

De acordo com os autores os requisitos técnicos e regulatórios são bem documentados e as informações associadas fáceis de encontrar, por isso não foram desenvolvidos. A taxonomia

¹⁸O termo original usado pelos autores, *requirement*, pode ser traduzido tanto como requisito quanto como necessidade, pois na literatura dos autores não é feita distinção entre um e outro.

dos requisitos dos usuários finais foi criada primeiro (Hauge & Stauffer [22]) e a taxonomia que classifica as necessidades da empresa que impactam o projeto de produtos é descrita por Gershenson & Stauffer [19]. Os autores chamam as últimas de necessidades corporativas. Em contraste com as necessidades dos usuários, as necessidades corporativas vêm de fontes internas como *marketing*, finanças, fabricação e uso. A taxonomia das necessidades corporativas fornece um método organizado para se agrupar, administrar e recuperar as necessidades.

O desenvolvimento das taxonomias descritas nos artigos de Stauffer *et al.* baseiam-se em definições utilizadas em taxonomias de muitos campos diferentes do conhecimento. De acordo com autores, as taxonomias são comumente utilizadas para classificar corpos de conhecimento extensos. A classificação introduz ordem e clareza à informação (Derr, 1973 - *apud* Gershenson & Stauffer [19] [18]).

Os autores observam que qualquer taxonomia criada seria muito abrangente para ser usada em apenas um produto ou muito específica para ser usada em mais de um produto. Assim, a taxonomia foi desenvolvida para uso em uma metodologia com o objetivo de administrar as informações de definição de produtos. Tal metodologia foi chamada *Methodology Of Organizing Specifications in Engineering* (MOOSE).

Os principais motivos apresentados pelos autores para a realização das pesquisas foram: a estimativa de que cerca de quinze a setenta por cento do trabalho de engenharia é dedicado atualmente a localizar as informações de projeto durante o processo de desenvolvimento de produtos e o esforço no sentido de melhorar o desdobramento da função qualidade (QFD). Para os autores, o esquema de representação gráfico conhecido como a Casa da Qualidade (HoQ), existente no QFD, precisa ter sua representação de informações aumentada com um banco de dados on-line dedicado a arquivar vários tipos de informação presentes na definição de produtos. Segundo os autores, a literatura aborda como representar o conhecimento de projeto, porém maior ênfase é colocada em como devem ser apresentadas informações em aplicações de computador e não em que informações devem ser armazenadas. A literatura apresenta muitas ferramentas computacionais de projeto, porém, a fundamentação do conteúdo da informação que eles apresentam não é discutido.

2.3.4 O modelo cromossômico

Malmqvist e Schachinger [34] publicaram um trabalho cujo objetivo era desenvolver um sistema para a modelagem de produtos, no qual toda a informação gerada durante o processo de projeto pudesse ser representada. Tal informação pode variar desde informações mais abstratas como especificações de projeto até informações mais detalhadas tais como os modelos geométricos. Ainda segundo esses autores, tal sistema seria vantajoso com relação aos sistemas comerciais existentes, pois simplificaria a reutilização e o reprojeção de antigas soluções, facilitando também a verificação quanto ao atendimento dos requisitos pelo sistema desenvolvido. Finalmente, os autores lembram que um modelo integrado do produto é de fundamental importância para a engenharia simultânea, pois introduz uma representação “Compartilhada” do projeto em desenvolvimento para os membros da equipe.

O sistema para modelagem do produto desenvolvido por Malmqvist e pesquisadores associados baseou-se no modelo cromossômico desenvolvido por Andreasen (1992), o qual fundamenta-se na teoria de sistemas técnicos de Hubka e Eder (1988) (apud Malmqvist & Schachinger,[34]). Em artigo publicado em 1997 [34], o autor trata de como os dados das especificações de projeto são gerenciados pelo sistema. Os principais pontos incluem: os requisitos básicos para especificações de projetos, modelos de dados para itens de especificações e o relacionamento entre dois itens das especificações de projeto e outros modelos do produto, tais como o funcional, de órgãos e estrutura e componentes e os modelos de simulação em serviço.

A primeira parte do trabalho desenvolvido por Malmqvist e Schachinger [34] tem como objetivo esclarecer quais informações devem ser incluídas em uma especificação de projeto e de, além disso, formular esta informação em um diagrama entidade-relacionamento. Segundo os autores, as especificações de projetos definem a tarefa de desenvolvimento do projeto, incluindo requisitos, objetivos e informações relevantes. O seu objetivo é identificar as necessidades dos clientes, garantindo que nenhum requisito que tenha origem em um envolvido no projeto (stakeholder), fase do ciclo de vida ou aspecto do produto seja esquecido durante o processo de desenvolvimento. Outro objetivo é estabelecer a capacidade de se analisar as conseqüências da modificação dos requisitos.

São citadas também as formas através das quais se procede à determinação das especificações de projeto. Estas, são segundo os autores, de três tipos: métodos para obtenção das necessidades dos clientes, métodos para a tradução das necessidades dos clientes em requisitos de engenharia e *check-lists* que têm por objetivo garantir que nenhuma informação vital tenha sido esquecida.

Malmqvist e Schachinger [34] acrescentam que é importante reconhecer que a especificação é uma entidade dinâmica a qual muda e se expande durante o processo projeto. Os requisitos pouco específicos e independentes de forma, utilizados durante o processo de projeto conceitual, podem vir a ser concretizados em requisitos dependentes de forma, nas fases seguintes do processo de projeto, a fim de possibilitar o restabelecimento de metas para o projeto preliminar. Além disso, mesmo após a fase inicial do projeto, poderá ser necessário adicionar novos requisitos durante os processos de tomada de decisão. Para os autores uma especificação de projeto consiste de: (ver figura 2.7)

- metadados: um conjunto padrão de atributos, tais como: identidade, nome do produto ou subsistema, descrição, versão, status etc.
- requisitos: A especificação de projeto é decomposta em um conjunto de requisitos.
- documentos de referência: A especificação de projeto pode ainda referir-se a um conjunto de documentos de vários tipos, tais como projetos antigos, pesquisas com consumidores, legislação e normas.

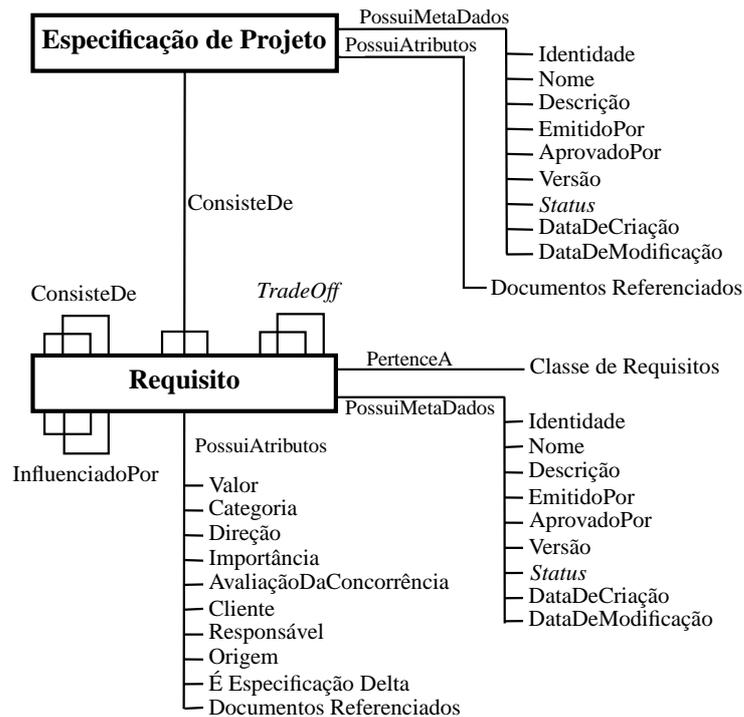


Figura 2.7 : Diagrama Entidade-Relacionamento para especificações de projeto.(traduzido de Malmqvist & Schachinger [34])

Os metadados são um conjunto de informações sobre uma especificação, necessidade, requisito etc. que têm o objetivo de identificar de forma única uma especificação, diferenciando uma especificação de outra, um requisito de outro. É importante observar que os metadados são informações que caracterizam e identificam, mas que não agregam valor à informação a que se referem, ou seja, no caso de uma especificação, não contém informações que serão utilizadas no projeto do produto.

Quando uma especificação faz referência (através de uma relação *ConsisteDe*) a um requisito, semanticamente é como se ela agregasse em si as informações pertencentes àquele requisito. As referências são realizadas entre tipos de informação diferentes e também entre dois ou mais grupos de informação do mesmo tipo. Como exemplo, *ConsisteDe* que liga o tipo requisito a si próprio indica que um requisito pode ser composto de um ou mais outros requisitos. Outro exemplo, é a relação *InfluenciadoPor* que neste caso possui a mesma conotação da relação estabelecida no telhado da casa da qualidade e possui um atributo que é o *Grau* em que se dá a influência.

Os documentos de referência podem ser de natureza diversa, geralmente serão únicos para cada especificação e ainda conterão informações que poderão ser utilizadas no projeto do produto (ao contrário dos metadados). Porque motivo os autores deram um *status* de atributo aos documentos de referência? A segunda característica, de ser único para cada especificação, faz com que se torne desnecessária a criação de um tipo especial de informação ‘documento de referência’ com o qual o tipo especificação teria de estabelecer uma relação. A terceira característica citada, o tipo de informação que poderá ser utilizada no projeto, descaracteriza ‘documento de referência’ como um metadado. Portanto ‘documento de referência’ deve ser

um atributo da especificação, que fisicamente não tem diferença com relação a um metadado, a diferença neste caso é apenas semântica, ao contrário da relação que é bastante distinta física e semanticamente.

Cada requisito individual é descrito por:

Tabela 2.5 : Composição da entidade ‘requisito’. (adaptado de Malmqvist & Schachinger [34])

<i>Descriptor</i>		<i>Significado</i>
Metadados		Informações que identificam aspectos ou características das entidades.
Atributos		Dados particulares da informação contida na entidade.
Atributos	valor	Cada requisito terá um valor, unidade e tolerância especificada.
	classe de requisito	Exemplo de classe de requisito.
	categoria	Requisitos podem ser classificados como demandas (que pode-se sub-classificar em requisitos funcionais e restrições), desejo (ou objetivo), opções ou informações.
	direção	O atributo direção para a um requisito da categoria de desejos e fornece uma diretriz para o seu valor. Por exemplo, pode ser desejável minimizar ou maximizar o valor de um requisito, ou atingir um valor a alvo especificado.
	importância	A importância de um atributo pode ser medida por meio de uma escala.
	avaliação da concorrência	Este atributo define uma lista de marcas com valores associados para o requisito.
	cliente (stakeholder)	O stakeholder é a entidade que requer o requisito, por exemplo, o consumidor ou o governo.
	origem	A origem do requisito é documentada como original, derivada devido a um processo de decisão, compensadora ou de interface.
	ÉSpecDelta	Este atributo marca o requisito que foi modificado desde o último modelo do produto. Isto é o útil em situações de reprojeção.
	documentos referenciados	Podem também ser anexados ao requisito.

Além disso os autores dizem ser necessário poder estabelecer certas relações entre os requisitos:

Tabela 2.6 : Relações entre as entidades ‘requisito’. (adaptado de Malmqvist & Schachinger [34])

<i>Relação</i>	<i>Significado</i>
ConsisteDe	Um requisito pode consistir de sub-requisitos. Os autores citam Svendsen e Thorp Hansen, os quais estabelecem três tipos básicos de mecanismos de decomposição para requisitos: um requisito pode ser decomposto por distribuição, o qual é relevante apenas para alguns subsistemas, ou pode ser decomposto por magnitude, de forma que um valor do requisito para o sistema é igual à soma dos requisitos dos subsistemas. Exemplos típicos do último são o custo e o peso. Finalmente, um requisito pode ser decomposto por transformação onde a propriedade do tipo do requisito é transformada. Este tipo de decomposição depende da solução escolhida e do contexto.
CompromissoCom	Na prática, os requisitos não são independentes. Assim, o conflito entre requisitos (correspondente ao telhado da casa da qualidade) tem grande possibilidade de ocorrer. Em projetos originais, relações de compromisso têm grande chance de ocorrer durante o processo de projeto.
InfluenciadoPor	A influência entre requisito é utilizada aqui de uma forma similar à tradução atributos dos clientes de características de engenharia na casa da qualidade, i.e., dentro da matriz da casa da qualidade.

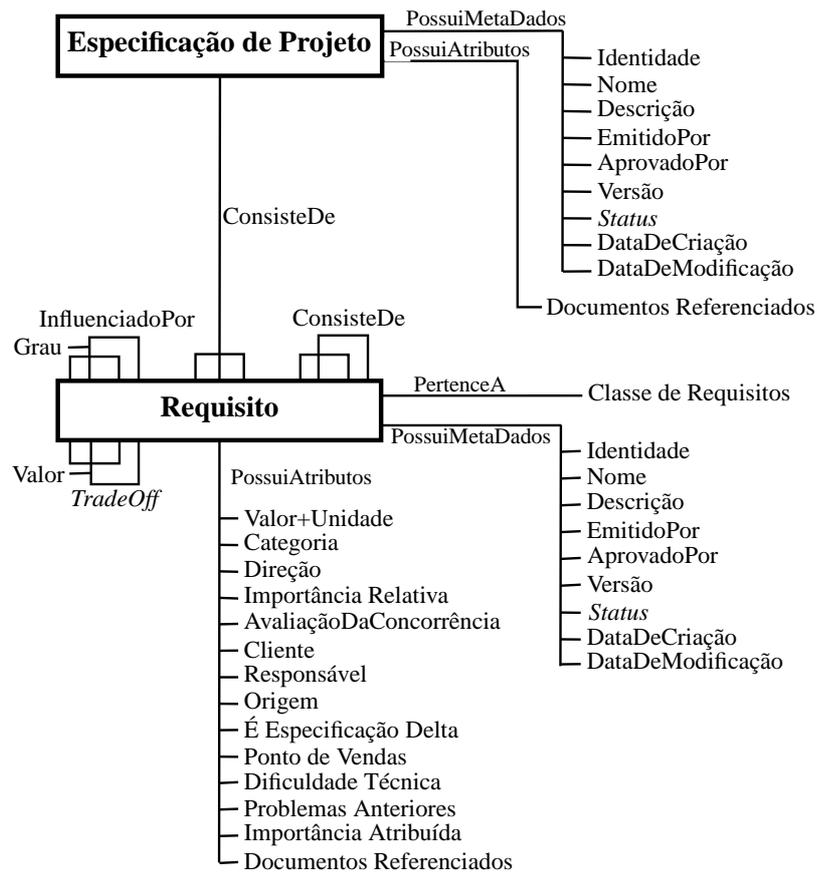


Figura 2.8 : Diagrama Entidade-Relacionamento para especificações de projeto.(traduzido de Malmqvist & Svensson [35])

De acordo com o modelo dos autores, o modelo das especificações não faz parte do modelo do produto, mas sim estabelece relações com ele. A descrição de um sistema técnico necessita de quatro modelos: as estruturas de processos, funções, órgãos e componentes (fig. 2.9). De acordo com os autores, o modelo cromossômico expande este modelo adicionando informações “genéticas”: através de relações causais, estabelecidas através de relacionamentos entre os modelos (*e.g.*, os processos determinam as funções, as funções são realizadas pelos órgãos e os órgãos são materializados pelos componentes), as origens das características de projeto são capturadas. Outros modelos auxiliares (*e.g.*, o modelo das especificações e os modelos de diferentes sistemas pertencentes a fases do ciclo-de-vida, como manufatura de partes, montagem etc.) são citados pelos autores como necessários para a completa ‘derivação’ das propriedades do produto (peso, custo etc.).

A teoria deve também ser responsável por um processo de projeto mais flexível, pois ‘o cromossomo do produto (conjunto das características de projeto) deve ser visto como mapeamento básico, através do qual o progresso do projeto deve ser acompanhado. Quando o processo estiver finalizado, todas as características de projeto estarão definidas, porém a seqüência das atividades de projeto, vistas como navegações no modelo, não terá sido prescrita.’

As relações entre o conteúdo do modelo de especificações e o modelo do produto podem ser representadas através de quatro relacionamentos:

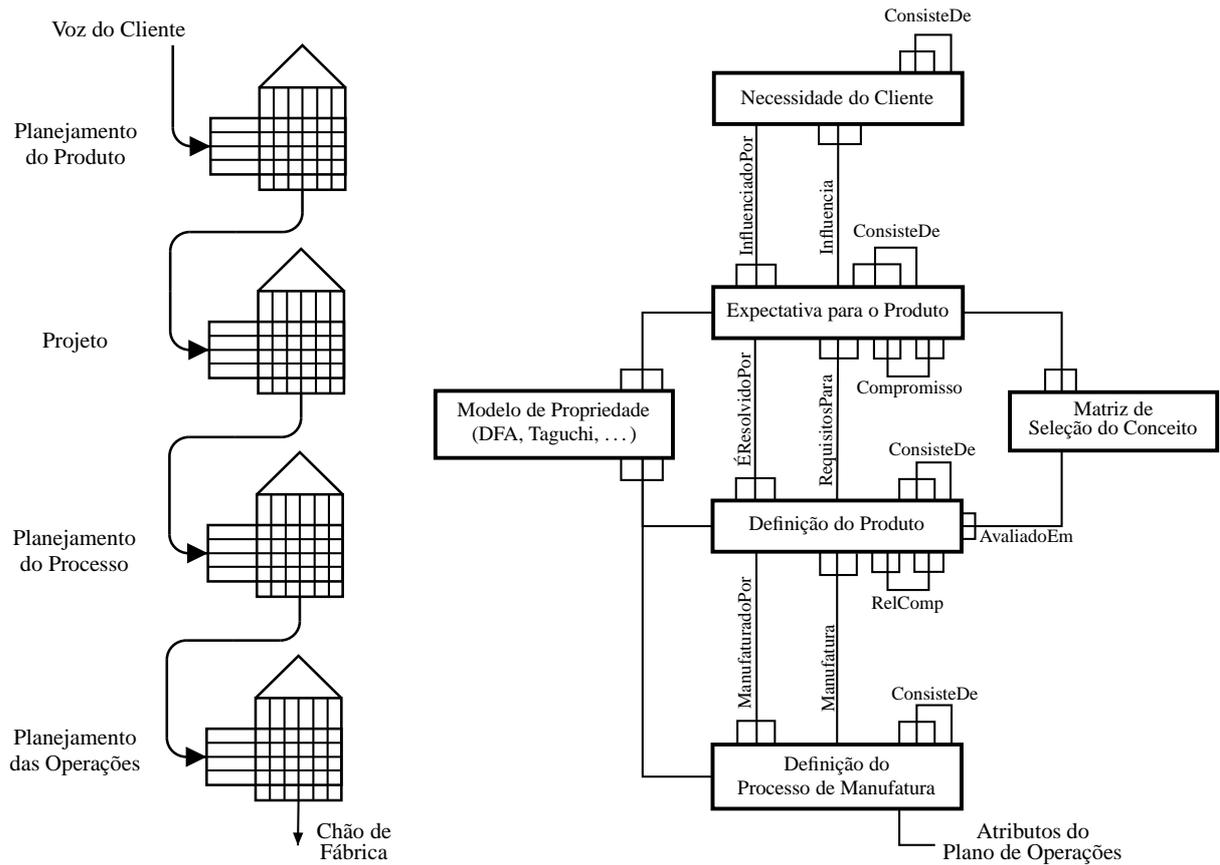


Figura 2.10 : Estrutura básica do QFD de quatro fases, esquema (à esquerda) e diagrama ER (à direita).(traduzido de Malmqvist & Svensson [35])

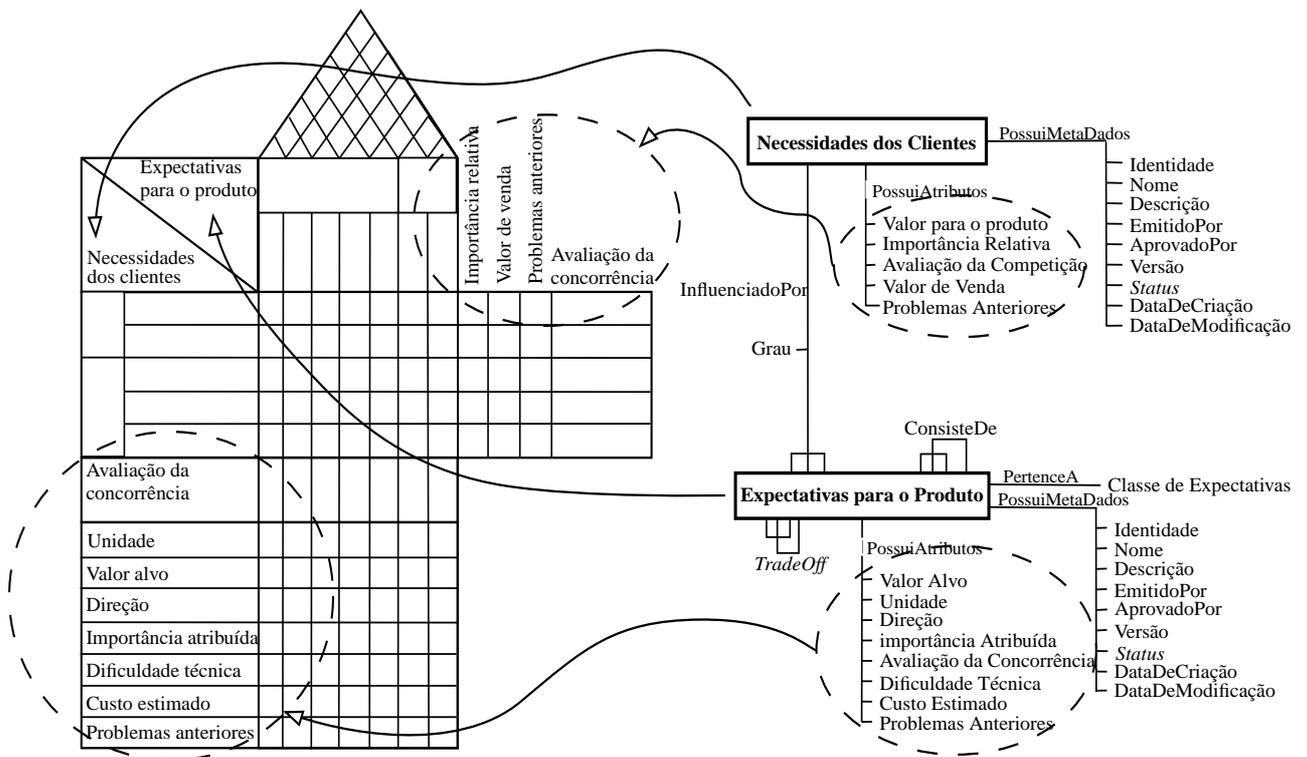


Figura 2.11 : Esquema da matriz da Casa da Qualidade (primeira matriz do QFD) e diagrama ER associado.(traduzido e adaptado de Malmqvist & Svensson [35])

As principais vantagens do modelo cromossômico, de acordo com os autores, são:

Abrangência. O modelo cromossômico é capaz de absorver o conteúdo de informações presentes no método QFD. Ele serve como base para o desenvolvimento de modelos integrados de produto adequados a todas as fases do processo de projeto.

Padronização. O modelo cromossômico gera uma terminologia mais refinada para a modelagem de produtos.

Rastreabilidade. Através do modelo as decisões tomadas durante o projeto podem ser registradas. O estabelecimento de relações entre os requisitos de projeto e o modelo do produto facilitam o projeto decorrente de mudanças nos requisitos.

As principais desvantagens do modelo são colocadas como a dificuldade de registrar o modelo (necessitando obrigatoriamente de uma implementação computacional), mantê-lo atualizado e analisá-lo no papel, pois tais modelos podem crescer demasiadamente e resultar redes (*networks*) complexas de objetos e relações e a necessidade de métodos de visualização mais efetivos.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo resumiu um conjunto de conhecimentos que subsidiam a criação de sistemas CAD para a fase inicial do processo de projeto e, para isso, pode-se utilizar a metodologia desenvolvida para o projeto informacional (que sistematiza os conhecimentos do que deve ser feito), e as técnicas da RE (principalmente de modelagem de dados, e.g., a modelagem conceitual), para sistematizar o conhecimento acerca daquilo que será projetado.

Observa-se que o trabalho que se propõe realizar constitui, até certo ponto, um retrabalho com relação às pesquisas de Malmqvist *et. al.*. No entanto, o modelo cromossômico foi idealizado para abranger a todas as fases do processo de projeto e, portanto, não realiza um trabalho intensivo na fase inicial do processo de projeto, *i.e.*, no projeto informacional.

Observa-se também que possivelmente a RE possui na atualidade um estado da técnica mais avançado com relação à obtenção, modelagem e validação de requisitos. Entretanto, por ter sido pouco explorada, a aplicação de técnicas de RE na fase inicial de projeto ainda não está clara.

Uma diferença significativa deste ramo da engenharia de *softwares* para as abordagens prescritivas tradicionais de projeto em engenharia (principalmente mecânica) é a inexistência na engenharia de *softwares* de uma fase considerada como o projeto conceitual. Pode-se dizer que a lacuna do projeto conceitual na engenharia de *softwares* é preenchida pela RE, ou por uma subárea da RE: a modelagem conceitual. Por esse motivo, a RE preocupa-se principalmente com a identificação e a modelagem de *requisitos funcionais*, o que pode contribuir para a fase projeto conceitual em engenharia, mas pode não produzir benefícios adicionais para o projeto informacional.

Além do que foi exposto anteriormente, pesquisadores da área de RE encontram e relatam dificuldades inerentes a fase inicial do processo de projeto similares às relatada por autores de projeto (em engenharia), por exemplo, tanto pesquisadores do projeto quanto pesquisadores da RE reconhecem que os clientes podem não saber o que desejam com relação a um determinado produto, têm dificuldade de verbalizar as suas necessidades, assim como, os próprios projetistas ou engenheiros (de requisitos) têm dificuldade de compreendê-las e podem traduzi-las de maneira errônea, em função que não pertencerem ao contexto do cliente.

Finalmente, observa-se que: a utilização de termos múltiplos para designar coisas iguais e/ou semelhantes (problema discutido por Messac e Chen [37]) fica claro quando se tenta traçar um paralelo entre a RE e o PI. Por exemplo, a ‘concorrência’ requisitos *versus* necessidades. A RE não utiliza o termo necessidade, no entanto, muitos dos ‘requisitos’ da RE são de fato necessidades.

Ainda assim, algumas vantagens introduzida pelas técnicas RE já começam a se fazer presente, por exemplo, a rastreabilidade presente na teoria da RE foi implementada e é um dos fatores que suportam a teoria do modelo cromossômico proposta por Malmqvist *et al.* [34] [35].

Sabe-se que para a criação de sistemas devem ser observados ambos os aspectos discutidos na revisão apresentada: processos (métodos) e dados (informações). No entanto, objetivo principal do trabalho requer um aprofundamento no tema modelagem de informações. O capítulo seguinte apresenta conceitos básicos, a evolução dos modelos de informação, estruturas de dados *etc.* além de justificativas para a adoção de uma técnica de modelagem em particular e encerra-se com a apresentação da técnica escolhida.

“When the exact ordering of parts is in mind, it is usually better called: STRUCTURE”

Lancelot L. White

Capítulo 3

MODELAGEM DE INFORMAÇÕES

O objetivo deste capítulo é expor alguns conceitos e fundamentos da modelagem de informações, estruturas de dados e bases de dados, visando o entendimento do assunto e direcionar a pesquisa.

De acordo com Krause *et al.* [32] a década passada ficou marcada por grandes investimentos no uso de sistemas computacionais para o suporte ao desenvolvimento de produtos, às operações de chão-de-fábrica e às atividades administrativas. No entanto, muitas vezes o retorno ou foi muito baixo ou não atingiu o desejado em termos da redução do tempo entre o início do desenvolvimento do produto e a sua colocação no mercado, do aumento da qualidade, da redução dos custos e da diminuição de impactos ambientais. Por isso, segundo os autores, é importante discutir a mudança de paradigma, a fim de justificar as pesquisas nesta área. A questão da modelagem é o tema central na mudança de paradigma apontada pelos autores.

3.1 GENERALIDADES

Como foi dito no primeiro capítulo, um dos primeiros passos para a solução de um problema é a organização das idéias. Até mesmo a compreensão depende do quão bem somos capazes de identificar os diferentes aspectos de uma questão. Desta forma, a proposta encontrada em Isaksson *et al.* [27], mostrada na figura 3.1, apresenta diferentes visões que devem ser levadas em consideração no estudo da modelagem de informações de um produto.

Como representar o conhecimento? Essa é certamente uma das questões mais profunda e largamente pesquisadas. As pesquisas em Inteligência Artificial (IA) e linguagem natural vêm contribuindo para o desenvolvimento de modelos que buscam representar o conhecimento humano. Nenhum dos modelos propostos até o presente momento atingiu o objetivo de representar fielmente a estrutura de dados que guarda as informações no cérebro do homem (se é que existe tal estrutura). No entanto, desenvolveram-se teorias e técnicas de modelagem capazes

de auxiliar-nos a exprimir e compreender melhor um determinado conjunto de conhecimentos que se queira estudar.

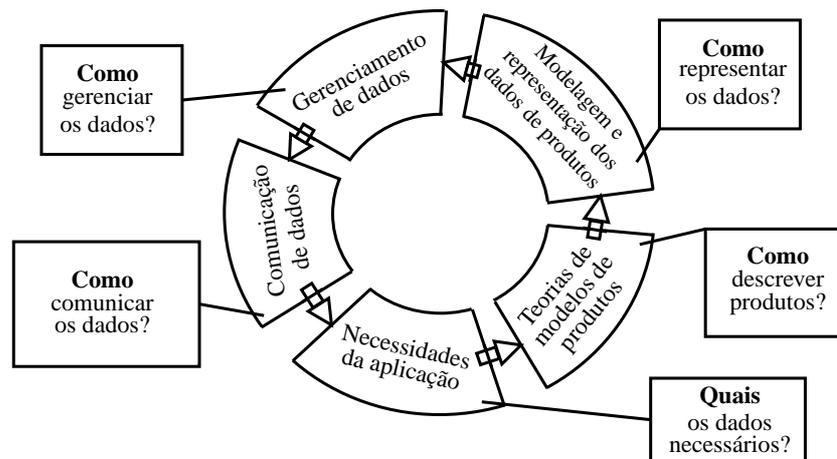


Figura 3.1 : Diferentes visões quanto à modelagem de produtos.

(extraído de Isaksson *et al.* [27])

Sowa[47] expõe uma série de questões que envolvem as pesquisas nesta área do conhecimento: o que é o conhecimento? O que há na mente das pessoas quando elas sabem algo? O conhecimento pode ser expresso por palavras? Se pode, como alguém sabe coisas que são mais fáceis de fazer do que de falar, tais como amarrar o cadarço do sapato ou chutar uma bola? Se o conhecimento não é expresso através de palavras, como pode ser transmitido através da linguagem? Qual a relação o conhecimento e o mundo exterior? Quais as relações entre o mundo exterior, o conhecimento interno na mente e a linguagem utilizada para expressar o conhecimento acerca do mundo exterior?

Além dessas questões clássicas, Sowa diz que com o advento da computação surgiram as seguintes novas questões: o conhecimento pode ser programado em computadores digitais? Os computadores podem codificar e decodificar o conhecimento na forma da linguagem natural? O conhecimento codificado nos computadores pode ser usado pelos sistemas para interagir de forma mais natural e flexível entre si e com as pessoas?

Pode-se observar algumas características com relação ao conhecimento: o conhecimento sobre algo é a habilidade de formar um modelo mental que seja acurado na representação daquilo que se conhece, bem como das ações que podem ser realizadas por ela e sobre ela e também, o conhecimento, é mais que a codificação estática de fatos, inclui a habilidade de usar os fatos para interagir com o mundo exterior.

Foram observadas duas coisas fundamentais para determinar de que forma criar abstrações do mundo: a) a existência de conceitos, que ligam uma determinada forma de representação a alguma que existe, *e.g.* a palavra ‘cão’ representa um tipo de animal conhecido pelo homem e as palavras ‘amor’ e ‘ódio’ representam condições internas das pessoas, e b) a observação da existência de relações entre os conceitos, *e.g.* ‘amor’ é uma condição oposta a ‘ódio’ e, portanto, possui uma relação definida com a primeira: relação de contrariedade. Esses dois ‘construtores’ foram responsáveis (sob uma visão simplista) pelo surgimento do conceito de rede semântica e dos grafos conceituais.

A rede semântica é formada por conceitos e por grafos conceituais, os grafos podem ser vistos como conjuntos de conceitos e relacionamentos que os conceitos têm entre si. Um grafo conceitual não possui significado quando isolado da rede semântica que lhe provê a ligação com o contexto, a linguagem, a emoção, os episódios etc. (Sowa [47]). A figura 3.2 é um exemplo dado por Sowa de um grafo conceitual, onde as linhas tracejadas ligam os nós do grafo a outras partes da rede semântica. (para uma discussão completa sobre o assunto ver Sowa [47])

Uma das maneiras que têm sido utilizadas para representar o conhecimento é a construção de modelos, os quais, de acordo com Sowa, são 'abstrações da realidade'. Craik (*apud* Sowa[47]) vê o cérebro como um sistema que constrói modelos, assim, cada organismo carrega consigo um modelo incompleto da realidade externa e das suas próprias ações possíveis. A simulação de tal sistema levou Minsky (*apud* Sowa[47]) a propor a noção de quadros (*frames*), padrões pré-fabricados cuja união seria capaz de formar um ou mais modelos mentais. O quadro seria uma idéia sobre um determinado conceito, *e.g.*, quando falamos o nome pedra podemos associar a pedra um quadro contendo conhecimentos tais como: pedaço de rocha formadas por minerais e que pode rolar ou ser utilizada para ser arremessada contra algo.

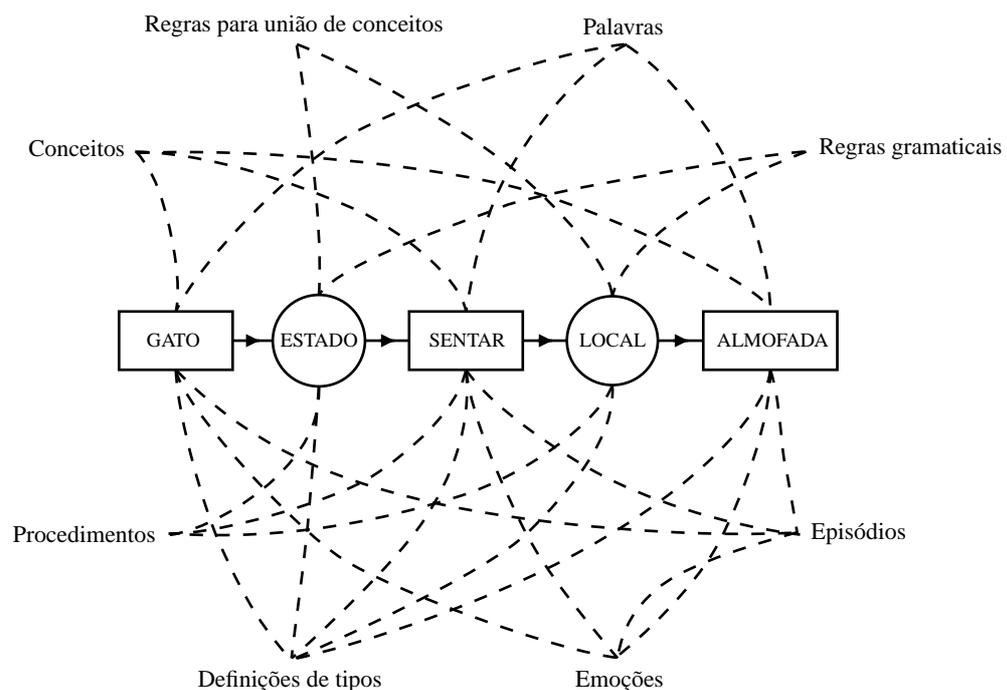


Figura 3.2 : Grafo conceitual ligado a uma rede semântica (adaptado de Sowa [47]).

Estes conceitos e outros mais foram responsáveis pelo surgimento e pela evolução de estruturas de armazenamento de dados em computadores, linguagens de programação e diversos tipos de *modelos conceituais*. Os modelos conceituais são uma espécie de mistura de grafos conceituais e *frames*. Em 1976, Chen [5] introduziu um dos modelos conceituais mais importantes de que se tem notícia: o modelo Entidade-Relacionamento, também chamado Entidade-Relacionamento-Atributo. O modelo Entidade-Relacionamento (ER) é um esquema gráfico que indica através de uma simbologia própria as entidades (conceitos), os relacionamentos entre as entidades e propriedades das entidades, chamadas

de atributos das entidades. Diversas simbologias foram propostas para o modelo ER (além da original, proposta por Chen), no entanto, estas modificações ocorrem principalmente nas definições (especializações) de relacionamentos e atributos, adicionando funcionalidades algumas vezes (Chen [7]). A principal aplicação dos modelos ER se deu e ainda ocorre na modelagem de informações para a implementação de bases de dados relacionais.

A introdução do conceito de *frames* no campo das linguagens de programação originou o que se conhece atualmente como ‘programação orientada a objetos’. Devido às suas raízes comuns a orientação a objetos apresenta construções em comum com os modelos ER. Na programação orientada a objetos o construtor denominado ‘entidade’ na ER passa a chamar-se ‘objeto’ e os relacionamentos passam a ser gerenciados internamente pelos objetos através de mensagens passadas entre os objetos, também conhecidos como eventos.

Em 1989, King [31] fez uma crítica à fé cega e ao excesso de propaganda que foi criada em torno da orientação a objetos. O autor dizia, então, que o novo conceito era importante e que chegava no momento certo, porém que não havia uma concordância quanto ao que significava ‘orientação a objetos’. Por essa razão, muitos projetos de pesquisa que se diziam orientados a objetos poderiam ser perfeitamente classificados como projetos de modelagem semântica.

A diferença fundamental entre modelos semânticos e orientados a objetos é, segundo o autor, que: os modelos semânticos buscam prover abstrações estruturais (estáticas), enquanto modelos orientados a objetos são voltados às abstrações comportamentais (dinâmicas). Como principais exemplos de modelos semânticos, o autor cita os modelos binário de Abrial, o entidade relacionamento de Chen, o semântico de dados de Hammer e McLeod e o modelo funcional de Kerschberg e Pacheco.

Neste trabalho, entende-se por modelo um esquema que representa parcial ou completamente coisas do mundo real e/ou da imaginação do homem. Por informação entende-se a forma através da qual se codifica e organiza o conhecimento acerca de alguma coisa a fim de transmiti-lo e utilizando-se dos dois conceitos define-se um modelo de informações como um esquema através do qual é possível transmitir um conjunto de informações. Neste contexto, o modelo de informações para o projeto informacional é um esquema que representa informações, codificadas e organizadas a partir dos conhecimentos que são utilizados no processo de projeto informacional. A presente pesquisa, compreende, portanto, os aspectos de ‘modelagem e representação de dados de produtos’ e aspectos de ‘necessidade da aplicação’, mostrados anteriormente na fig. 3.1.

3.1.1 Taxonomias

Eastman e Fereshetian [13] definem como o objetivo de toda modelagem de dados e informações a descrição do universo do discurso (UoD - *Universe of Discourse*) e dizem que na maioria dos modelos de informações a representação do UoD consiste na criação de uma estrutura de elementos e conexões, de forma a permitir ao usuário (ou ao especialista) a expressão, de modo preciso, do seu entendimento de alguma parte relevante do seu universo de conhecimentos.

O aspecto da modelagem de informações é importante, porém é preciso não esquecer que um modelo representa informações que podem variar de pertinentes e corretas a inúteis e, pior ainda, incorretas. A qualidade da informação que estará contida em um modelo depende da qualidade não apenas do trabalho de modelagem, mas principalmente da qualidade da informação contida nas fontes utilizadas para gerá-lo. Acredita-se que uma maneira de minimizar o problema da qualidade da informação que está sendo modelada seja através da classificação taxonômica do UoD.

A classificação é a tarefa de alocar objetos semelhantes em grupos reconhecíveis. Facilita a referência a eles e a transmissão de informação sobre eles (Jeffrey, 1982 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]). É importante observar, entretanto, que nunca é possível classificar um assunto por inteiro. Só é possível classificar o nosso conhecimento dele. Esta limitação implica que uma taxonomia de qualquer assunto não é nem exaustiva nem objetiva.

Freqüentemente, taxonomias são, formal ou informalmente, usadas no projeto em engenharia como um modo de organizar informações. As aplicações de *Computer Aided Engineering* (CAE) que orientam o usuário através de *menus*, possuem escolhas que constituem uma taxonomia. De acordo com os autores, uma taxonomia bastante conhecida no campo de projeto mecânico é a taxonomia de Ullman do projeto mecânico (Ullman, 1989 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]). Ullman divide todos os problemas de projeto em partes que podem ser solucionadas e caracteriza (i.e., classifica) o processo de projeto. A taxonomia resultante classifica problemas de projeto e ferramentas para resolver os problemas em termos de ambiente, problema, processo e abordagem de pesquisa. Porém, esta taxonomia não classifica as necessidades para o produto. Stauffer e Slaughterbeck-Hyde (1989 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]) discutem uma taxonomia que inclui considerações de projeto para o ciclo-de-vida. Eles sugerem o uso da taxonomia para as necessidades mas não as desenvolvem. A VDI 2221 apresenta uma taxonomia para o desenvolvimento das necessidades de projeto

As taxonomias são comuns a muitos campos da ciência. As regras para a criação de uma taxonomia têm duas linhas comuns. Derr (1973 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]) diz que as classes devem ser mutuamente exclusivas e exaustivas. Dunn e Everett (1982 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]) dizem que um “[t]axon (ou uma classe) é uma informação de qualquer grau que é suficientemente distinta para ser merecedora de dar nome a uma categoria”. Isto torna subjetiva a tarefa de criar a classificação. Além disso, Slaughterbeck-Hyde (1989 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]) discutem outras características das características, tais como ‘profundidade’ ou ‘estrutura paralela’, como considerações importantes no desenvolvimento de uma taxonomia. De modo geral, pode-se dizer que existem três características principais de uma taxonomia: a completude (*completeness*), a ortogonalidade perceptual e a estrutura paralela. Cada um destes itens é importante para a construção de uma taxonomia útil:

- *Completude*: uma taxonomia deve ser “exaustiva em um domínio”, ou seja, deve ser receptiva a qualquer elemento de seu domínio. A completude é impossível de ser obtida mas é útil como uma meta. É importante que uma taxonomia inclua toda a informação necessária para se obter um produto de qualidade. Porém, armazenar informação em

excesso é prejudicial ao processo de projeto, pois força os projetistas a considerarem informações que ainda não têm um sentido no contexto e ainda não se traduzem em atributos do produto, resultando em perda de tempo na elicitação e no projeto.

- *Ortogonalidade perceptual*: uma taxonomia é perceptualmente ortogonal quando cada categoria é percebida como sendo mutuamente exclusiva com relação às outras. Então, nenhuma informação deve ser percebida como sendo pertencente a duas ou mais categorias. A avaliação da ortogonalidade de um conjunto de categorias é subjetiva e depende do domínio. Não existem regras ou metodologias para o desenvolvimento de uma taxonomia perceptualmente ortogonal.
- *Estrutura paralela*: está relacionada às hierarquias de classificação. Informações pertencentes a um nível superior da taxonomia são mais abrangentes ou gerais que aquelas pertencentes a um nível mais baixo. É importante tornar os níveis hierárquicos de cada ramificação da taxonomia uniformes nos seus graus de abstração. Esta uniformidade facilita a administração e o entendimento da taxonomia. “É de conhecimento comum que a informação de projeto possui vários níveis de abstração ao longo do processo de projeto. Porém, não há um comum acordo quanto à categorização ou ao entendimento destes níveis de abstração” (Baya, 1994 - *apud* Gershenson & Stauffer [19]).

3.2 MODELOS DE INFORMAÇÃO, BASES DE DADOS E SISTEMAS CAD

A modelagem de que falam Eastman e Fereshetian [13] é conhecida na Engenharia de Requisitos (*Requirements Engineering* - RE) como modelagem conceitual (ou *conceptual - conceptual modelling*). De acordo com Rolland e Prakash [43] o esquema conceitual desempenha um papel central no ciclo de vida da organização da informação e, a comunidade científica desenvolveu um grande número de modelos conceituais, resultando na necessidade de classificá-los. Segundo os autores esta variedade surgiu em função da necessidade de capturar da melhor forma possível os diversos aspectos da semântica do mundo real. Assim, os autores citam o sistema de classificação desenvolvido por Olle *et al.* (1988, *apud* Rolland e Prakash [43]), no qual os modelos podem ser orientados ao processo (*process-oriented*), orientados aos dados (*data-oriented*) ou orientados ao comportamento (*behaviour-oriented*). As três dimensões, colocadas na forma de um espaço tridimensional (Fig. 3.3) permitem posicionar alguns dos tipos de modelos conceituais mais familiares.

Apesar de que em todas as fases do projeto (e nos sistemas CAD principalmente) deve ocorrer a modelagem de informações e dados associados referentes ao produto, ocorre que há poucos relatos da utilização de modelos conceituais nas fases iniciais do processo de projeto. Dentre os modelos conceituais ‘orientados a processos’ os mais ‘comuns’ são os modelos IDEF0 (do tipo ER - Entidade Relacionamento), Redes de Petri e orientados a objetos, que têm sido utilizados para modelar o processo de projeto e suas atividades, enquanto que os modelos mais ‘orientados a dados’: IDEF1X (do tipo ER), NIAM (também do tipo ER), EXPRESS (baseado no modelo ER) e mesmo os orientados a objetos, têm sido utilizados para modelar

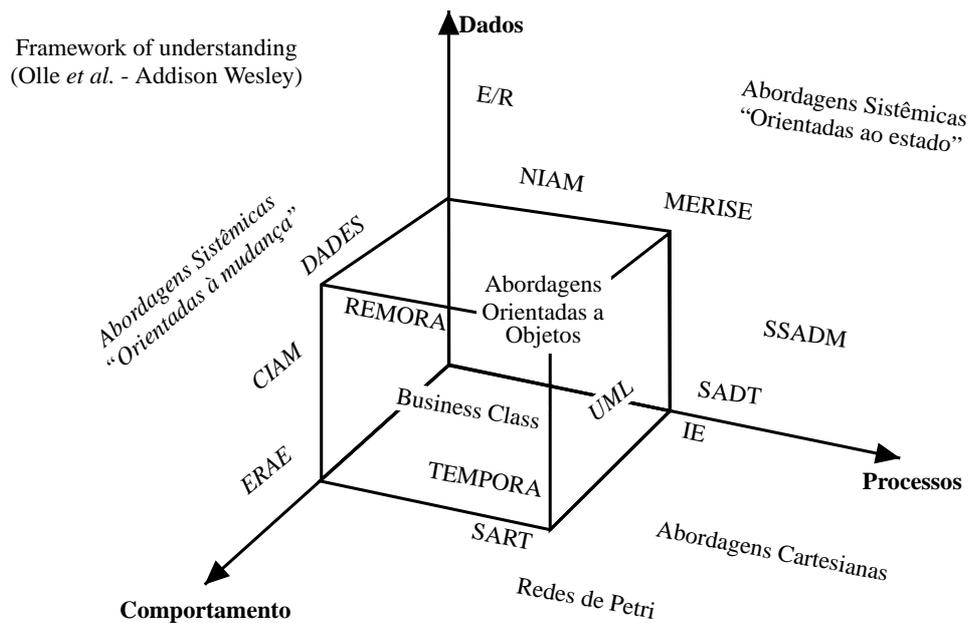


Figura 3.3 : Esquema tridimensional para classificação dos modelos conceituais (adaptado de Rolland e Prakash [43]).

dados em fases mais avançadas (projeto preliminar/detalhado), onde os dados são melhor definidos, consistindo principalmente de informações geométricas. De modo que, até então, o processo de projeto como todo tem sido atendido pela criação de modelos centrados nos processos, porém os modelos de dados não têm sido estendidos às suas fases iniciais.

Todo o conteúdo de informações produzido durante a atividade de projeto pode ser considerado como um modelo (ou estar em vários modelos) do produto criado. Pressupõe-se que o processo de projeto terá sido tão melhor realizado / sistematizado, quanto mais integrados, completos e fiéis ao processo de transformação das informações forem os modelos desenvolvidos ao longo do mesmo.

Hoffmann e Joan-Arinyo [23] propõem a utilização de um modelo mestre (MM - *master model*) como um repositório orientado a objetos capaz de prover mecanismos essenciais para a manutenção da integridade e da consistência das estruturas de informações armazenadas. Para os autores, o modelo mestre possui diversos clientes, entre os quais o sistema CAD através do qual é criado e modificado o modelo geométrico do produto. O modelo geométrico constitui apenas uma das estruturas de informações no modelo mestre do produto proposto pelos autores, sendo possível a existência de outras estruturas de informação e, entre elas, a do projeto informacional.

3.2.1 Bases de dados - aspectos gerais

Há um interesse contínuo em bases de dados (BDs) (Zeid [54], Eastman & Fereshetian [13], Hoffmann & Joan-Arinyo [23]) do produto que organizem dados discretos de manufatura e processamento dos dados associados. Segundo Eastman & Fereshetian [13], a principal motivação para a utilização de bases de dados é

a crescente complexidade do desenvolvimento e manutenção de sistemas integrados nesta área de aplicação. Para Hoffmann & Joan-Arinyo [23] um problema central na criação/utilização de tais bases de dados diz respeito à implementação de mecanismos e modelos de informação para o armazenamento e recuperação de dados de CAD, assim como encontrar estruturas adequadas aos diferentes tipos de informações e necessidades de processo na manufatura e ciclo de vida do produto.

De acordo com Eastman & Fereshetian [13], um modelo de dados é a representação conceitual da implementação física de uma base de dados. Segundo os autores, alguns modelos atendem objetivos particulares e, por isso, são chamados SDMs (*Special Data Models*). Outros buscam a generalidade e são chamados GPDMs (*General-Purpose Data Models*).

Ainda de acordo com os autores, os sistemas de base de dados possuem uma camada intermediária constituída de software de gerenciamento (DBMS - *DataBase Management System*). A DBMS é responsável pelo acesso à base de dados (BD) para uso e/ou modificação dos dados, sincronização do acesso de usuários, criação de arquivos, verificação de usuários ilegais, etc.

Ullman [52] fala na importância da DBMS como sistema de programação e da integração que deve existir entre o sistema de base de dados e outros *softwares* como compiladores e o próprio sistema operacional. O autor classifica como sistemas avançados de bases de dados (*enhanced DBMS's*) as bases de objetos (*object bases*) e bases de conhecimento (*knowledge bases* - existentes em sistemas que empregam inteligência artificial). O autor aponta algumas questões importantes relativas a bases de dados como: se são orientadas a objetos ou a valores, se suportam linguagem declarativa de busca e se separam a linguagem de manipulação de dados (DML - *Data Manipulation Language*) da linguagem de implementação (DDL - *Data Definition Language*) ou integram as duas, características resumidas na tabela 3.1, que mostra a evolução histórica dos sistemas de bases de dados.

Tabela 3.1 : Histórico dos sistemas de bases de dados. (traduzido de Ullman [52])

Década	Sistemas	Orientação	Declarativa?	DML/implem.
1960	Modelos hierárquico e em rede	Objeto	Não	Separada
1970	Modelo relacional	Valor	Sim	Separada
1980	OO-DBMS	Objeto	Não	Integrada
1990	KBMS*	Valor	Sim	Integrada

* *Knowledge-Base Management System*; integra a DBMS e o sistema de engenharia do conhecimento, e.g., sistema especialista, rede neural, algoritmo genético, etc.

A seguir descreve-se as estruturas de dados mais conhecidas presentes na literatura.

Estruturas de dados

Primeiramente, estruturas de dados são definidas como o conjunto de tipos de dados ou elementos que possuem um conjunto definido de relações. A aplicação destas relações aos

elementos do conjunto dá sentido ao objeto representado. Do ponto de vista dos sistemas CAD/CAM, uma estrutura de dados é um esquema, lógica ou seqüência de passos desenvolvido para atingir determinada representação gráfica, não-gráfica e/ou objetivo de programação (Zeid [54]). Em geral, um modelo de dados é definido como um formalismo matemático composto por duas partes: uma notação para descrever os dados e um conjunto de operações usadas para manipular os dados (Ullman [52]).

Uma base de dados (*database*) é definida como uma coleção organizada de dados armazenados na memória de longa duração na forma de arquivos ou ‘coleções’ de arquivos. Diversas são as vantagens de se utilizar bases de dados (BDs): com elas se consegue eliminar redundâncias, melhorar a padronização, aplicar restrições com vistas à segurança, manter a integridade dos dados e ainda verificar requisitos conflitantes.

Os principais tipos de bases de dados são:

- Modelo de relacionamento de entidades: foi um dos primeiros GPDMs desenvolvidos e uma primeira tentativa de fornecer múltiplas abstrações, combinando características tanto do modelo relacional quanto do modelo em rede. Neste, considera-se o mundo como consistindo de entidades que se relacionam, onde entidades são ‘coisas’ que podem ser distinguidas umas das outras (Eastman & Fereshetian [13]). Ullman [52] diz que este modelo foi desenvolvido com o propósito de servir como notação para a concepção de modelos antes da implementação em qualquer que seja a base de dados escolhida. Para o autor, em última análise, pode-se argumentar que este modelo não constitui um modelo de dados. Atualmente o IDEF1X, o NIAM e o EXPRESS utilizam este conceito.
- Base de dados relacional: os dados são armazenados em tabelas (*tables*), que se relacionam. A figura 3.4 mostra um exemplo no qual uma tabela armazena conjuntos de pontos, outra armazena conjuntos de linhas, relacionadas à tabela de pontos através das suas respectivas numerações e a terceira armazena superfícies constituídas de elementos tipo linha, obtidos da tabela de linhas.

Relação de pontos.

Ponto	x	y
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
3	x_3	y_3
4	x_4	y_4
5	x_5	y_5
6	x_6	y_6
7	x_7	y_7
8	x_8	y_8

Relação de linhas/curvas.

Linha	Ponto inicial	Ponto final
A	1	4
B	1	2
C	2	3
D	3	4
E	5	6
F	6	7
G	7	8

Relação de superfícies.

Superfície	Linha/curva	Tipo
S_1	A	linha
	B	linha
	C	linha
	D	linha
S_2	E	linha
	F	linha
	G	linha
	D	linha

Figura 3.4 : Estrutura de dados em base de dados relacional. (Zeid [54])

- Base de dados hierárquica: os dados são armazenados na forma de uma árvore. A figura 3.5 mostra um exemplo no qual o objeto representa a raiz da árvore e a estrutura se desdobra em quatro níveis: superfícies, arestas, vértices e pontos.

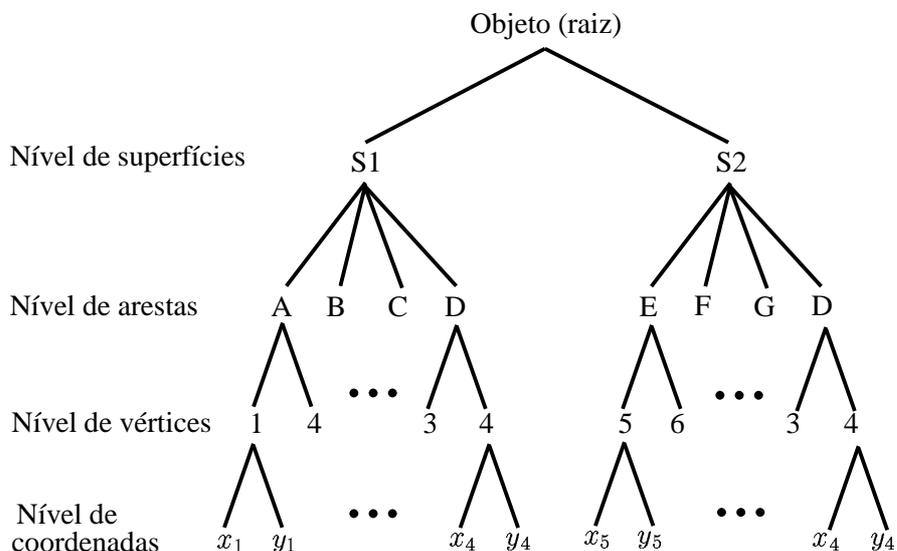


Figura 3.5 : Estrutura de dados em bancos de dados hierárquicos. (Zeid [54])

- Bases de dados em rede: os dados são vinculados de forma a possuir relações muitos-para-muitos (*many-to-many*). A figura 3.6 mostra um exemplo no qual dados de superfície, arestas e vértices formam uma rede para representar o objeto.

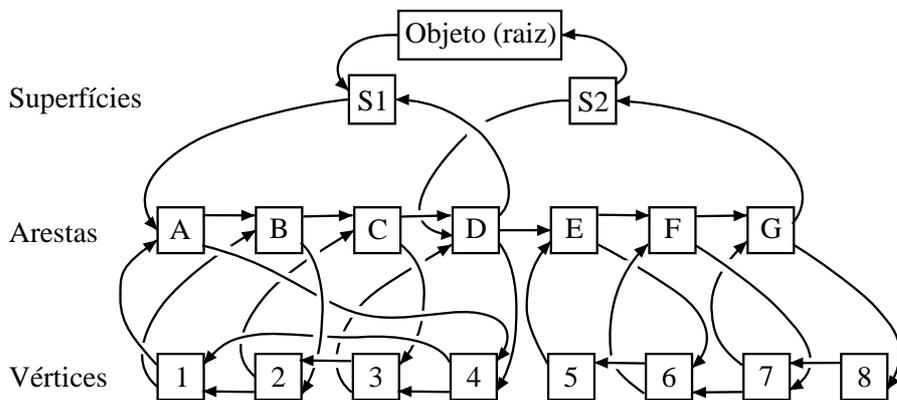


Figura 3.6 : Estrutura de dados em bancos de dados em rede. (Zeid [54])

- Base de dados orientada a objetos: nesta as unidades de armazenamento são objetos. Os objetos, pela sua capacidade de dados e funcionalidades, formam a base para se garantir a integridade da base de dados quanto à inserção, remoção ou modificação dos objetos componentes. O modelo orientado a objetos deve ser capaz de capturar toda a semântica dos objetos. As BDs orientadas a objetos incluem o modelo de relacionamento de entidades, representação de objetos complexos, representação molecular de objetos e modelos de dados abstratos.

Com o paradigma da programação orientada a objetos, existem hoje diversas aplicações para construção de bases de dados orientadas a objetos e estas têm sido largamente utilizadas na construção de sistema CAD/CAM.

A seguir encontram-se algumas das funcionalidades e especificações necessárias às bases de dados para a construção de aplicações CAD/CAM: (adaptado de Zeid [54])

- Suporte a múltiplas aplicações de engenharia, do projeto informacional a operações de manufatura;
- Modificação e extensão dinâmicas da base de dados e de sua associatividade;
- Permitir a iteratividade inerente ao processo de projeto. Bases de dados de CAD devem permitir o armazenamento das múltiplas soluções que podem existir para um projeto em particular.
- Múltiplos usuários devem poder acessar, simultaneamente se necessário, a base de dados. Principalmente na fase de projeto informacional, é freqüentemente necessária a presença de pessoas de outros setores da empresa como *marketing*, vendas e manufatura, podendo também ser envolvidas pessoas externas à empresa como transportadores, assistências técnicas e mesmo os próprios usuários.
- Liberdade no seqüenciamento das atividades de projeto. A base de dados não deve impor restrições quanto à seqüência das atividades pois projetos diferentes, em geral, requerem diferentes seqüências de projeto.
- Facilidade de acesso. Programas e aplicativos que necessitem de dados da BD não devem necessitar de um conhecimento excessivo quanto à sua estrutura para extrair os dados necessários.

Após a introdução da estrutura de dados relacional, por Codd [12] em 1970, as duas outras estruturas de dados principais existentes na época, as estruturas hierárquica e em rede, praticamente deixaram de ser utilizadas. Diversas razões são apontadas para o sucesso das bases de dados relacionais (*Relational DataBase Management System – RDBMS*): a existência de um modelo matemático que formaliza as operações na base de dados, a facilidade de criação de bases de dados com o modelo relacional (o modelo relacional é bastante intuitivo) e ainda a diminuição de redundâncias no armazenamento de dados. Por outro lado, as bases de dados hierárquicas implicam em elevada redundância dos dados e facilmente geram desbalanceamento dos níveis hierárquicos dificultando a busca por informações. As bases de dados em rede têm o problema de serem muito complexas, difíceis de programar e realizar operações básicas nos dados da base.

Com o surgimento da orientação a objetos, iniciaram-se as propostas de bases de dados orientadas a objetos (*Object Oriented DataBase Management System – OODBMS*), no entanto, até o presente, as bases de dados relacionais são mais amplamente utilizadas em sistemas comerciais de grande porte. As bases de dados orientadas a objetos têm o problema da

complexidade, não são tão velozes na manipulação de dados quanto as relacionais, levando, inclusive, ao surgimento de bases de dados objeto-relacionais (*Object-Relational DataBase Management System – ORDBMS*).

3.3 JUSTIFICATIVA PARA A ABORDAGEM DE MODELAGEM

Baseado na revisão realizada, nota-se que o modelo de informações para o projeto informacional poderá utilizar uma abordagem de modelagem semântica (entre as quais o modelo ER é o principal) ou uma abordagem de modelagem orientada a objetos (por exemplo a UML). No primeiro caso, a modelagem estaria voltada à implementação em um sistema de base de dados relacional enquanto, no segundo caso, um sistema de base de dados de objetos ou de base de dados objeto-relacional.

Ao analisar-se as diferenças apontadas por King [31] com relação às informações que possivelmente constituirão o modelo de informações que se deseja criar, observa-se que, no nível da armazenagem de informações, a maioria das informações típicas do projeto informacional (*e.g.*, necessidades, requisitos, especificações etc.) não têm comportamentos definidos, ou pelo menos conhecidos, que possam ser implementados no nível da estrutura de dados. Acredita-se que a característica dinâmica dos modelos orientados a objetos seja mais adequada à implementação da interface do sistema. Uma exceção possível seria a inclusão no modelo dos clientes (*e.g.*, usuários, projetistas etc.), nesse caso duas possibilidades devem ser consideradas: se modelados como agentes, os clientes possuem comportamentos (que, no entanto, são também difíceis de definir) e, se modelados como repositórios de informações dos clientes (pessoas reais) que entrarão em contato com o modelo de informações, ocorre a situação descrita no caso das informações típicas.

É importante observar que ao desenvolver o modelo de informações do projeto informacional, vai-se trabalhar uma camada abaixo da camada de implementação do sistema computacional. Dadas as possibilidades citadas, percebe-se que são grandes as chances de que os modelos semântico (ER) e orientado a objetos venham a ser, afinal, equivalentes. Essa observação baseia-se principalmente na indefinição do comportamento da informações de projeto em uma camada inferior à da aplicação, que tornaria o modelo orientado a objetos uma estrutura de informações equivalente ao modelo semântico ER. Utilizando-se o princípio da lâmina de Occam (Gibbs [21]), que diz que quando duas teorias competem e geram os mesmo resultados, a mais simples delas é a melhor. Certamente, a questão filosófica envolvida nesta decisão pode vir a ser contestada, porém, há uma questão prática que deve ser considerada: a consolidação dos sistemas de bases de dados relacionais, para os quais os modelos semânticos são mais adequados (têm tradução direta) que os modelos orientados a objetos.

Ao escolher um modelo ER para a criação do modelo de informações, deu-se preferência ao IDEF1X em função do seu caráter de norma padrão. Na apresentação da técnica de modelagem que será realizada a seguir, um breve resumo histórico do IDEF1X ajuda a compreender melhor os motivos da escolha do método.

3.4 MODELAGEM COM IDEF1X

3.4.1 Resumo histórico

O *Integration Definition for Information Modeling* (IDEF1X), ou definição integrada para a modelagem de informações, foi formalizado como uma norma federal americana para o processamento de informações (*Federal Information Processing Standard* (FIPS)). A norma FIPS 184 [38] baseou-se no *Integration Information Support System* (IISS), Volume V - *Common Data Model Subsystem, Part 4 - Information Modeling Manual - IDEF1 Extended*, 1 (IDEF1X) de novembro de 1985.

A norma descreve a linguagem de modelagem IDEF1X (semântica e sintaxe), assim como regras e técnicas associadas, para o desenvolvimento de um modelo lógico de dados. O uso desta norma permite a construção de modelos semânticos de dados com o objetivo de suportar o gerenciamento de dados como recursos, a integração de sistemas de informação e a construção de bases de dados computacionais.

De acordo com o documento, a necessidade de modelos semânticos de dados foi reconhecido primeiramente pela força aérea americana em meados da década de 70, como resultado do programa chamado *Integrated Computer Aided Manufacturing* (ICAM). O objetivo desse programa era o aumento na produtividade através da aplicação sistemática de tecnologia computacional. O programa ICAM identificou a necessidade de melhores técnicas para análise e comunicação entre as pessoas envolvidas no aumento da produtividade. Como resultado, o programa ICAM desenvolveu uma série de técnicas conhecidas como métodos IDEF (Definição ICAM), os quais incluíam:

- a) IDEF0: usado para construir “modelos funcionais”, os quais consistem de representações estruturadas de atividades ou processos.
- b) IDEF1: utilizado para produzir “modelos de informação”, os quais representam a estrutura e a semântica das informações no contexto do sistema.
- c) IDEF2: usado para produzir “modelos dinâmicos” que representam as características que variam com o tempo dentro do sistema.

A abordagem inicial para a modelagem de informações IDEF (IDEF1) foi publicado pelo programa ICAM em 1981, baseado em pesquisas correntes e em necessidades da indústria. As raízes teóricas para esta abordagem derivaram do trabalho pioneiro de E. F. Codd [12] sobre a teoria relacional e de P. P. S. Chen [5] [6] sobre o modelo entidade-relacionamento. A técnica IDEF1 inicial baseou-se no trabalho de R. R. Brown e de T. L. Ramey da Hughes Aircraft e de D. S. Coleman da D. Appleton Company, com revisão crítica e influência de C. W. Bachman, P. P. S. Chen, M. A. Melkanoff, e G. M. Nijssen.

Aplicações na indústria levaram ao desenvolvimento, em 1982, da *Logical Database Design Technique* (LDDT) por R. G. Brown do Database Design Group. A técnica baseou-se no modelo relacional de E. F. Codd, no modelo entidade-relacionamento de P. P. S. Chen e nos

conceitos de generalização de J. M. Smith e D. C. P. Smith. Resultou em modelos de múltiplos níveis e em um conjunto de gráficos para representar a vista conceitual das informações. A LDDT possuía muitas características em comum com o IDEF1, introduziu melhorias na semântica e nas construções gráficas e melhoramentos na modelagem de informações. Sob a responsabilidade técnica de M. E. S. Loomis da D. Appleton Company, um substancial subconjunto da LDDT foi combinado com a metodologia do IDEF1 e publicado pelo programa ICAM em 1985. Esta técnica foi chamada ‘IDEF1 Estendido’ ou simplesmente IDEF1X.

O objetivo principal do IDEF1X é dar suporte à integração. A abordagem para a integração focaliza na captura, no gerenciamento e no uso de uma única definição semântica dos recursos de dados, chamados de “Esquema Conceitual”. O “esquema conceitual” provê uma única definição integrada dos dados, os quais são imparciais (com relação à aplicações) e independentes da maneira como os dados são armazenados ou acessados fisicamente. O objetivo primário do esquema conceitual é dar uma definição consistente do significado e do inter-relacionamento dos dados, que pode ser usada para integrar, compartilhar e gerenciar a integridade dos dados. Um esquema conceitual deve possuir três características importantes:

- a) Deve ser consistente com a infra-estrutura do negócio e deve ser verdadeiro para todas as áreas de aplicação.
- b) Deve ser extensível, de modo que, novos dados possam ser definidos sem alterar os dados definidos previamente.
- c) Deve poder ser transformado tanto para vistas do usuário como para uma variedade de estruturas de armazenamento e acesso de dados.

A abordagem IDEF1X:

O IDEF1X é uma técnica de modelagem semântica de dados. A técnica IDEF1X foi desenvolvida para satisfazer aos seguintes requisitos:

- 1) Dar suporte ao desenvolvimento de esquemas conceituais: a sintaxe do IDEF1X suporta as construções semânticas necessárias ao desenvolvimento do esquema conceitual. Um modelo IDEF1X plenamente desenvolvido possui as características desejáveis de ser consistente, extensível e transformável.
- 2) Ser uma linguagem coerente: O IDEF1X tem uma estrutura simples, clara e consistente com conceitos semânticos distintos. A sintaxe e a semântica do IDEF1X são relativamente fáceis de serem aprendidas e, ainda assim, poderosas e robustas.
- 3) Ser ensinável: a modelagem semântica de dados é um conceito novo para muitos usuários potenciais do IDEF1X. Portanto, a ‘ensinabilidade’ da linguagem foi uma consideração importante. A linguagem foi projetada para ser ensinada e utilizada por profissionais do negócio e analistas de sistemas, assim como por administradores de dados e projetistas de

bases de dados. Portanto, pode servir como uma ferramenta efetiva de comunicação para equipes multidisciplinares.

- 4) Ser testada e aprovada: o IDEF1X baseia-se em anos de experiência com técnicas anteriores e foi exaustivamente testado tanto em projetos desenvolvidos pela força aérea americana quanto na indústria privada.
- 5) Ser automatizável: os diagramas IDEF1X podem ser gerados através de uma variedade de pacotes gráficos. Adicionalmente, um dicionário foi desenvolvido pela força aérea americana para utilizar o esquema conceitual no desenvolvimento de aplicações e no processamento de transações em um ambiente heterogêneo e distribuído. *Softwares* comerciais estão disponíveis para suportar o refinamento, a análise e o gerenciamento de modelos IDEF1X.

Em seguida, vai-se apresentar de forma sucinta a os componentes e a técnica para se desenvolver um modelo IDEF1X. O conteúdo apresentado teve como fonte principal a publicação original FIPS 184 (NIST [38]), porém foram consultados também os trabalhos publicados por Kern [29] [30] e Chen [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]. Foram incluídas também críticas e comentários do próprio autor que aparecem como notas de rodapé, e alguns dos exemplos originais foram substituídos por outros dentro do domínio de aplicação da dissertação. A seguir apresenta-se um resumo dos principais conceitos, da sintaxe e da semântica do IDEF1X.

3.4.2 Administração de dados como recursos

Nas últimas décadas, tem aumentada a consciência das empresas com relação à necessidade de se administrar dados como um recurso. Para satisfazer a exigência de flexibilidade, requerida pela competição em ambientes de negócio muito dinâmicos, as companhias precisam realinhar continuamente suas organizações e procedimentos para, assim, se ajustarem aos avanços em tecnologia e mudanças dos mercados. Para realizá-lo, as companhias precisam reconhecer e administrar a infra-estrutura dos seus negócios, o que inclui entender os dados e o conhecimento associado exigidos para dirigir o negócio.

Muitas companhias formaram grupos especiais, como Administração de Dados ou Administração de Recurso de Informação para tentar resolver o problema de administrar dados. A dificuldade dos trabalhos deles, porém, é composto pelo crescimento rápido e diverso dos mesmos dados. Além disso, um estudo do ICAM mostrou que os dados que já existem são geralmente incompatíveis, assíncronos, inflexíveis, inacessíveis e divergentes com relação às necessidades dos negócios atuais.

Para se administrar dados, tem-se que entender suas características básicas. Dados podem ser imaginados como uma representação simbólica de fatos que possuem significados. Um fato sem um significado não tem valor e um fato ao qual se atribua um significado errado pode ser desastroso. Então, o enfoque da administração de dados deve estar no significado associado aos dados.

Informação pode ser definida como “uma agregação de dados para um propósito específico ou dentro de um contexto específico” (ver fig. 3.7). Isto implica que podem ser criados muitos tipos diferentes de informação a partir dos mesmos dados. Estatisticamente, se tivermos 400 dados distintos, podemos combiná-los de 10^{869} (400!) maneiras diferentes, para criar informações diversas. Assim, a estratégia para se administrar os recursos de informação tem que focar a administração dos significados aplicados a dados decorrentes de fatos, em lugar de tentar controlar ou limitar a criação de informação.

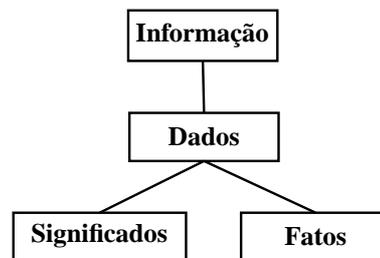


Figura 3.7 : Componentes de informação. (adaptado de NIST [38])

3.4.3 Conceito do Esquema das Três Vistas

Ao longo dos anos, a habilidade e interesse em construir sistemas de informação cresceu tremendamente. Porém, em sua maior parte, a abordagem tradicional da construção de sistemas enfocou a definição de dados a partir de duas visões distintas, a visão de usuário e a visão computacional. Do ponto de vista do usuário, que será chamado o “esquema externo”, dados são definidos no contexto de relatórios e telas projetadas para ajudar os indivíduos a realizar os seus trabalhos específicos. A estrutura de dados exigida, do ponto de vista do uso, muda com o ambiente empresarial e as preferências individuais do usuário. Do ponto de vista computacional, que será chamado o “esquema interno”, dados são definidos em termos de estruturas de arquivo para armazenamento e recuperação. A estrutura de dados exigida para armazenamento no computador depende da tecnologia específica empregada e da necessidade de processamento eficiente de dados.

Estas duas visões de dados foram utilizadas e definidas por analistas, durante vários anos, para cada aplicação individual, na medida em que necessidades empresariais específicas surgiam (ver fig. 3.8). Tipicamente, o esquema interno definido para uma aplicação inicial não pode ser usado prontamente em aplicações subseqüentes, resultando freqüentemente na criação de redundâncias e incompatibilidades na definição dos mesmos dados. A necessidade de flexibilidade, porém, conduziu à introdução de Sistemas de Administração de Base de Dados (DBMSs), que permitem acesso aleatório a partes logicamente conectadas de dados. Embora as DBMSs tenham melhorado significativamente a inter-operabilidade dos dados, somente o uso de um DBMS não garante uma definição consistente dos dados. Além disso, a maioria das grandes companhias tiveram que desenvolver bancos de dados múltiplos que freqüentemente estão sob o controle de DBMSs diferentes e ainda possuem problemas de redundância e inconsistência.

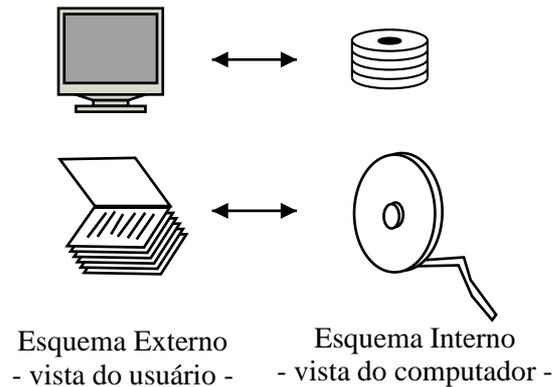


Figura 3.8 : Visão tradicional de dados. (adaptado de NIST [38])

O reconhecimento deste problema conduziu o Grupo de Estudo em Sistemas de Administração de Bases de Dados, ANSI/X3/SPARC, a concluir que um ambiente de administração de dados ideal depende de uma terceira visão dos dados. Esta visão, chamada “esquema conceitual” constitui uma única definição integrada dos dados no contexto de um empreendimento que é imparcial quanto a forma de implementação da aplicação e é independente de como os dados são armazenados ou acessados fisicamente (ver fig. 3.9). O objetivo principal do esquema conceitual é prover uma definição consistente dos significados e inter-relacionamento de dados a qual possa ser usada para integrar, compartilhar, e administrar a integridade de dados.

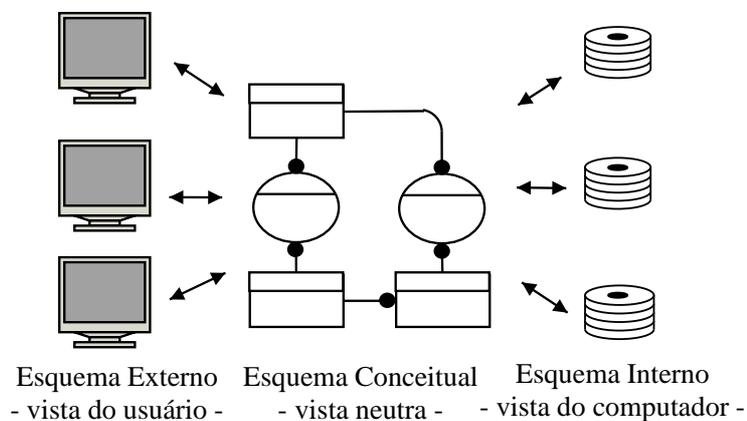


Figura 3.9 : Abordagem dos três esquemas. (adaptado de NIST [38])

Um esquema conceitual tem que ter três características importantes:

- deve ser consistente com a infra-estrutura do negócio e deve ser verdadeiro para todas as áreas de aplicação.
- deve ser extensível, tal que, possam ser definidos dados novos sem alterar dados previamente definidos.
- deve ser transformável tanto para a vista do usuário quanto para uma variedade de estruturas de armazenamento e acesso de dados.

3.4.4 Objetivos da modelagem de Dados

A estrutura lógica de dados de um DBMS, seja ela hierárquica, em rede, ou relacional, não pode satisfazer completamente as exigências de uma definição conceitual de dados porque tem âmbito limitado e é influenciada pela estratégia de implementação empregada pelo DBMS. Então, a necessidade de definir dados a partir de uma visão conceitual conduziu ao desenvolvimento de técnicas que modelam dados semanticamente. Quer dizer, técnicas para definir o significado de dados dentro do contexto de seu inter-relacionamentos com outros dados.

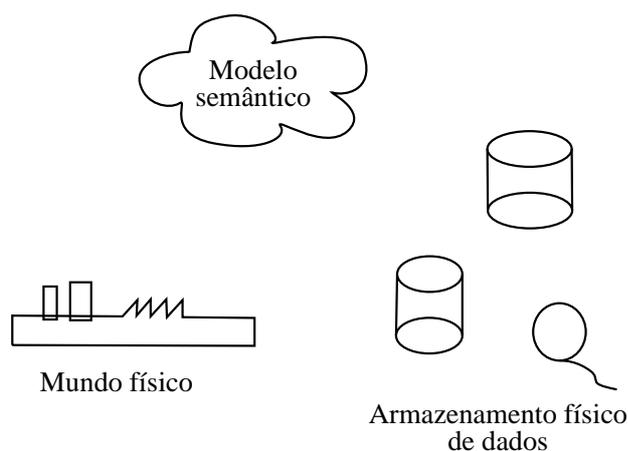


Figura 3.10 : Modelos de dados semânticos. (adaptado de NIST [38])

Como ilustrado na figura 3.10, o mundo real, em termos de recursos, idéias, eventos, etc. , é simbolicamente definido dentro de mecanismos de armazenamento de dados físicos. Um modelo de dados semântico é uma abstração que define como os símbolos armazenados relacionam-se com o mundo real. Assim, o modelo deve ser uma verdadeira representação do mundo real. Um modelo de dados semântico pode servir a muitos propósitos. Alguns objetivos-chave incluem:

a) Planejamento de recursos de dados

Um modelo de dados preliminar pode ser usado para prover uma visão global dos dados. O modelo pode ser analisado para identificar e definir o escopo de projetos para construir recursos de dados compartilhados.

b) Construção de bases de dados inter-operáveis

Um modelo completamente desenvolvido pode ser usado para definir uma visão de dados independente de aplicações, que pode ser validada por usuários e então ser transformada em um projeto de base de dados física para quaisquer das várias tecnologias de DBMS. Além de gerar bases de dados que são consistentes e inter-operáveis, os custos de desenvolvimento podem ser drasticamente reduzidos pela modelagem de dados.

c) Avaliação de software comercial

Considerando que um modelo de dados na verdade representa a infra-estrutura de uma organização, softwares comerciais podem ser avaliados contra o modelo de dados de uma companhia para identificar possíveis inconsistências entre a infra-estrutura suportada pelo software e o modo como a companhia realmente trabalha.

d) Integração de bases de dados existentes

Definindo-se os conteúdos de bases de dados existentes através de modelos de dados semânticos, uma definição integrada de dados pode ser derivada. Com a tecnologia apropriada, o esquema conceitual resultante pode ser usado para controlar o processamento de transações em ambientes de bases de dados distribuídas.

3.5 DIRETRIZES PARA A MODELAGEM COM IDEF1X

3.5.1 Fase Zero - iniciação do projeto

O modelo de dados IDEF1X deve ser descrito e deve ser definido em termos de suas limitações e suas ambições. O modelador é uma das influências primárias no desenvolvimento do escopo do modelo. Juntos, o modelador e o gerente do projeto desdobram o plano para alcançar os objetivos da Fase Zero. Estes objetivos incluem:

- a) Definição do Projeto - uma declaração geral do que tem que ser feito, por que, e como será feito.
- b) Material Fonte - um plano para a aquisição de material de fonte, incluindo indexação e arquivamento.
- c) Convenções do autor - uma declaração fundamental das convenções (métodos opcionais) através das quais o autor escolhe construir e administrar o modelo.

Os produtos destes objetivos, somados a outras informações descritivas e explicativas, se tornam os produtos da Fase Zero.

Estabelecimento dos objetivos da modelagem

O objetivo da modelagem é composto por duas declarações:

- a) Declaração de propósito - uma declaração que define preocupações do modelo, i.e., seus limites de contextualização.
- b) Declaração de escopo - uma declaração que expressa os limites funcionais do modelo.

Uma das preocupações primárias refletida pelo objetivo definido para a modelagem deve a referência temporal para o modelo. O modelo será um modelo das atividades atuais (i.e., um modelo COMO-É) ou será um modelo do que se busca através de mudanças futuras (i.e., um

modelo COMO-SERÁ)? A descrição formal de um domínio de problema para um projeto de modelagem IDEF1X pode incluir a revisão, construção, modificação e/ou elaboração de um ou mais modelos IDEF0 (modelo de atividade). Tipicamente, um modelo IDEF0 já existe e pode servir como uma base para o domínio de problema. Embora o objetivo da modelagem de dados seja estabelecer uma visão imparcial da infra-estrutura de dados subjacente, é importante para cada modelo ter um escopo estabelecido, o que ajuda a identificar os dados específicos que são de interesse.

O escopo pode estar relacionado a um tipo de usuário (por exemplo um comprador ou engenheiro de projeto), uma função empresarial (*e.g.* A liberação de um desenho de engenharia ou de uma agenda de compras) ou um tipo de dado (por exemplo dados de definição geométrica de produtos ou dados financeiros). A declaração de escopo junto com a declaração de propósito definem o objetivo da modelagem. A seguir tem-se um exemplo de um objetivo de modelagem:

“O propósito deste modelo é definir os dados atualmente (COMO-É) usados por um supervisor de célula de manufatura para fabricar e testar partes compostas de aeronaves.”

Embora o escopo possa ser limitado a um único tipo de usuário, devem ser envolvidos outros usuários no processo de modelagem para assegurar o desenvolvimento de uma visão imparcial.

Desenvolvimento do plano de modelagem

O plano de modelagem esboça as tarefas a serem realizadas e a seqüência na qual elas devem ser realizadas. As tarefas são dispostas de acordo com as tarefas globais do esforço de modelagem:

- a) Planejamento do projeto
- b) Coleta dos dados
- c) Definição das entidades
- d) Definição dos relacionamentos
- e) Definição dos atributos chave
- f) Preenchimento dos atributos não-chave
- g) Validação do modelo
- h) Revisão de aceitação

O plano de modelagem serve como uma base para nomear tarefas, prever marcos do desenvolvimento, e estimativas válidas para o esforço de modelagem.

Organização da equipe

O valor de um modelo não pode ser medido através de maneira absoluta, mas apenas em termos de sua aceitabilidade por peritos e leigos dentro da comunidade para a qual foi construído. Isto é realizado por meio de dois mecanismos: uma revisão constante da evolução do modelo por parte dos peritos provê uma medida de validade daquele modelo dentro do ambiente particular desses peritos e, uma revisão periódica do modelo por um comitê de peritos e leigos provê um consenso “corporativo”.

Na medida do possível, os construtores do modelo devem ser tidos como responsáveis pelo o que o modelo diz. Assume-se que nada é deixado ao encargo da imaginação do leitor do modelo. Nem ao leitor é dada a liberdade de tirar conclusões fora do escopo da declaração do modelo. Isto força o modelador a considerar cuidadosamente cada elemento de dado somado ao modelo.

A organização da equipe é realizada de modo a apoiar estes princípios básicos e prover os controles de projeto exigidos. A organização da equipe IDEF1X tem cinco papéis fundamentais:

- a) O do gerente de projeto
- b) O do modelador
- c) O das fontes de informação
- d) O dos peritos no assunto
- e) O do comitê de revisão e aceitação

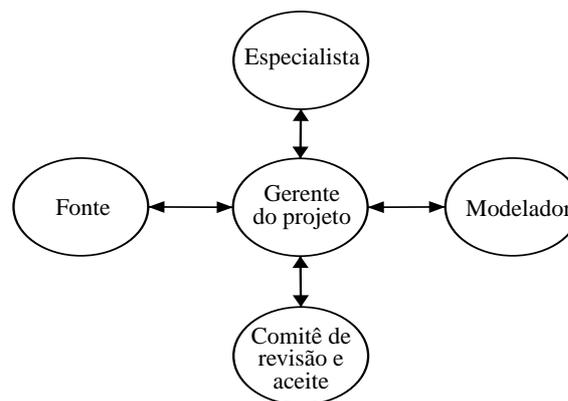


Figura 3.11 : Organização da equipe. (adaptado de NIST [38])

O propósito de se incumbir um papel, independente de quem foi incumbido, é a determinação da responsabilidade. Embora a meta principal do modelador seja ter o modelo aprovado pelo comitê de revisão, o modelador reporta-se ao gerente de projeto, não ao comitê de revisão. Deste modo os interesses contraditórios do modelador, comitê de revisão e gerente de projeto são resolvidos. A figura 3.11 ilustra a organização funcional da equipe de projeto, com o gerente de projeto como o núcleo de toda a atividade de projeto.

Coleta de material de fonte

O modelador deve inicialmente determinar que tipo de material selecionar; a partir de que fontes coletar as informações. Frequentemente, o escopo e o contexto do modelo IDEF1X são baseados em uma análise de um modelo de função IDEF0. Um nó de função principal, em geral, representa uma concentração de informações que são representativas do domínio do problema.

Identificadas as áreas funcionais e selecionadas as categorias de informação primárias de interesse, pode-se alocar os indivíduos dentro da equipe para participarem do processo de coleta de dados. A coleta de dados pode ser realizada de vários modos, inclusive através de entrevistas com indivíduos que possuam os conhecimentos necessários; observação de atividades, avaliação de documentos, políticas e procedimentos, modelos de informação específicos para cada aplicação etc.

O material fonte pode ser de uma variedade de formas e pode ser bastante difuso ao longo de uma organização. Materiais fonte podem incluir:

- a) Resultados de entrevista
- b) Resultados de observação
- c) Políticas e procedimentos
- d) Produções de sistemas existentes (relatórios e telas)
- e) Introdução a sistemas existentes (entrada de dados forma e telas)
- f) Especificações de arquivos de bases de dados para sistemas existentes

Independentemente do método usado, o objetivo do modelador é neste momento estabelecer um plano para a coleta de documentação representativa que reflita a informação pertinente para o propósito e ponto de vista do modelo. Uma vez coletada, cada parte desta documentação deve ser marcada de tal modo que possa ser localizada a sua fonte. Esta documentação, junto com a documentação que é descoberta durante a modelagem, será constantemente referenciada ao longo das várias fases de desenvolvimento do modelo.

Convenções de autor

Convenções de autor são liberdades concedidas ao modelador (o autor) para auxiliar no desenvolvimento do modelo, seus *kits* de revisão, e outras apresentações. Elas podem ser usadas para facilitar a compreensão e a avaliação de qualquer parte do modelo. Por exemplo, uma convenção de nomes padrão pode ser adotada para entidades e nomes de atributos.

Convenções do autor podem assumir várias formas e podem aparecer em vários lugares. Mas o aspecto mais importante de tudo é o que as convenções do autor não são:

- a) Convenções do autor não são extensões formais da técnica
- b) Convenções do autor não são violações da técnica

3.5.2 Componentes de um modelo IDEF1X

A partir desta seção, a metodologia será apresentada em conjunto com os construtores e com a sintaxe para a elaboração de modelos IDEF1X. Um modelo IDEF1X compreende uma ou mais vistas, compostas de diagramas e definições de entidades e domínios (atributos). Os diagramas construídos utilizam componentes padronizados, onde cada componente possui sintaxe e semântica próprias, bem como regras que governam o seu uso.

Os construtores básicos de um modelo ER são:

- a) Itens sobre os quais dados são mantidos, por exemplo, pessoas, lugares, idéias, eventos, etc. representados por uma caixa;
- b) Relações entre esses itens, representadas por linhas que conectam as caixas; e
- c) Características desses itens, representadas por nomes de atributo dentro das caixas.

Os construtores básicos são mostrados na figura 3.12, e são expandidos no item 3.5.2 (seção normativa do documento FIPS 184, NIST, 1993) deste texto.

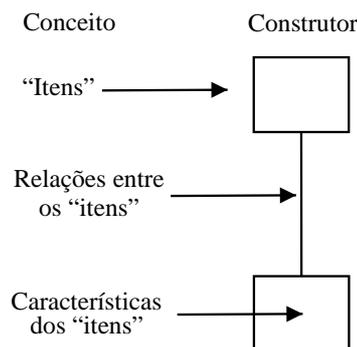


Figura 3.12 : Conceitos básicos de modelagem. (adaptado de NIST [38])

Os conceitos básicos são especializados na metodologia do IDEF1X, de modo que os componentes de um diagrama IDEF1X são:

- a) Entidades
 - 1) Entidades independentes
 - 2) Entidades dependentes
- b) Relacionamentos
 - 1) Relacionamentos com conexão identificadora
 - 2) Relacionamentos com conexão não-identificadora
 - 3) Relacionamentos de categorização
 - 4) Relacionamentos não-específicos

c) Atributos / chaves

- 1) Atributos
- 2) Chaves primárias
- 3) Chaves alternativas
- 4) Chaves estrangeiras

d) Anotações

Novamente, cada um destes elementos será apresentado nas seções seguintes.

3.5.3 Fase Um - Definição das entidades

O objetivo de Fase Um é identificar e definir as entidades que atuam no domínio do problema que está sendo modelado. O primeiro passo neste processo é a identificação de entidades.

Identificação de entidades

Uma entidade¹ representa um conjunto de ‘coisas’ reais ou abstratas (pessoas, objetos físicos, lugares, eventos, idéias, combinações de ‘coisas’ etc.), os quais possuem atributos (características) em comum. A cada membro do conjunto representado pela entidade dá-se o nome de instância da entidade. Um objeto ou ‘coisa’ do mundo real pode ser representado por instâncias de uma ou mais entidades. Por exemplo, João pode ser uma instância tanto da entidade PROJETISTA como da entidade FABRICANTE.

Uma entidade pode ser independente caso sua existência não esteja condicionada à existência de outra entidade, ou dependente caso contrário. Significa que para que possa existir uma instância de um entidade dependente é preciso que exista(m) instância(s) da(s) entidade(s) da(s) qual(quais) ela depende.

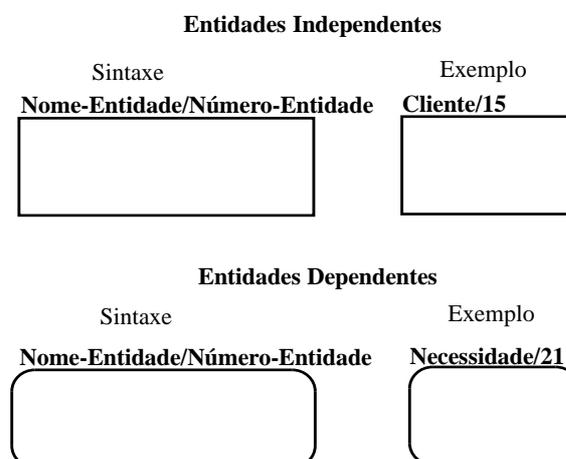


Figura 3.13 : Sintaxe das entidades. (adaptado de NIST [38])

¹O conceito de ‘entidade’ é similar ao conceito de ‘objeto’ da programação orientada a objetos, exceto pelo fato de que objetos incluem ‘comportamento’ (na forma de métodos).

Entidades são representadas por caixas simples (ver fig. 3.13), se são independentes, e caixas com cantos arredondados, se são dependentes. Acima da caixa é colocado o nome da entidade (substantivo identificador único e no singular). É permitido o uso de acrônimos e números (identificadores únicos e separados por /). Uma definição formal e lista de sinônimos ou *aliases* devem ser apresentados no glossário. Uma entidade pode ser inserida em qualquer número de diagramas, porém aparecerá somente uma única vez em cada um.

Uma “entidade” dentro do contexto de um modelo IDEF1X representa um conjunto de “coisas” que têm dados associado a elas, onde, uma “coisa” pode ser um indivíduo, uma substância física, um evento, uma ação, uma idéia, uma noção, um ponto, um lugar, etc. Os membros do conjunto representados pela entidade têm um conjunto comum de atributos ou características. Por exemplo, todos os membros do conjunto de clientes têm um número de cliente, nome, e outros atributos comuns.

A maioria das entidades pode ser diretamente ou indiretamente identificada a partir do material fonte coletado durante a Fase Zero. Para entidades não definidas previamente em modelos anteriores, o modelador têm que identificar primeiramente dentro da lista de material fonte os nomes daquelas coisas que representem potencialmente entidades viáveis. Um modo de identificar entidades viáveis é a verificação de ocorrências de substantivos no material fonte. Por exemplo, termos tais como necessidade, especificação, cliente, requisito etc. seriam nesta fase considerados potencialmente viáveis como entidades.

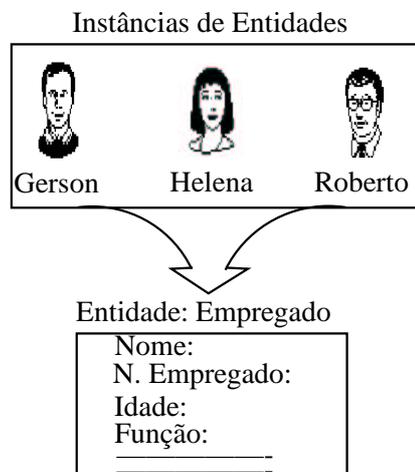


Figura 3.14 : Sintetizando uma Entidade. (adaptado de NIST [38])

Entidades são o resultado de uma síntese de instâncias de entidade básicas que se tornam os membros da entidade. Isto significa que qualquer número de instâncias da entidade, as quais possuem as mesmas características, são representadas como uma entidade. Um exemplo deste conceito é mostrado na figura 3.14. Cada instância de uma entidade é um membro da entidade, cada um com o mesmo tipo de informação identificadora. Para ajudar a separar entidades de não-entidades, o modelador deve, para cada uma das candidatas a entidade, fazer as seguintes perguntas:

- a) Pode ser descrita? (Tem qualidades?)
- b) Há várias instâncias dela?
- c) Uma instância pode ser separada/identificada de outra?
- d) Se refere a algo ou descreve algo? (Uma resposta “sim” caracteriza um atributo em lugar de uma entidade.)

Ao término desta análise, o modelador terá definido um quadro de entidades inicial. Este quadro contém todos os nomes de entidades dentro do contexto do modelo conhecido neste momento.

Durante a construção do quadro de entidades, ele atribui um nome de identificação para cada entrada e registra uma referência para sua fonte. Ele também pode atribuir um número de identificação como parte do nome de entidade. Deste modo, a rastreabilidade da informação é mantida, a integridade do quadro permanece intacta, e a administração do quadro é relativamente fácil. Uma amostra de um quadro de entidades é mostrada pela Figura 3.15.

Número	Nome da Entidade	Material Fonte - Número de registro
E1	projeto	1
E2	mercado	1
E3	produto	1
E4	cliente	1
E5	usuário	1
E6	especialista	1
E7	característica	1
E8	preferência	1
E9	consumidor	1

Figura 3.15 : Exemplo do quadro de entidades. (adaptado de NIST [38])

É provável que nem todos os nomes da lista permanecerão como entidades ao final do processo de modelagem. Além disso, várias novas entidades serão somadas a esta lista e farão parte do modelo de informação com o progresso da modelagem e a melhora na compreensão da informação.

Nomes de entidades descobertos em fases posteriores devem ser somados ao quadro de entidades e podem ser atribuídos um número de identificação próprio. Um dos produtos da Fase Um é o quadro de entidades, que deve ser atualizado para permanecer viável.

Definição das entidades

O próximo resultado a ser obtido na Fase Um é o começo do glossário de entidades. Durante a Fase Um, o glossário é somente uma coleção das definições de entidade.

Os componentes de uma definição de entidade incluem:

- a) Nome da entidade

b) Definição da entidade

Esta é uma definição da entidade, comumente usada no empreendimento. Não tem o objetivo de ser um dicionário. Como o significado da informação refletido no modelo é específico ao ponto de vista do modelo e o contexto do modelo definido é definido na Fase Zero, seria sem sentido (além gerar confusão) incluir definições fora do escopo da Fase Zero.

c) Pseudônimos de entidades

Esta é uma lista de outros nomes pelos quais a entidade poderia ser conhecida. A única regra é que a definição associada com o nome de entidade tem que se aplicar exatamente a cada um dos pseudônimos na lista.

Definições de entidade são mais facilmente organizadas e completadas realizando-se primeiramente as que requerem menor quantidade de pesquisa. Assim, o volume de páginas de glossário surgirá em um menor período de tempo.

3.5.4 Fase Dois - Definição de Relacionamentos

O objetivo de Fase Dois é identificar e definir as relações básicas entre entidades. Nesta fase da modelagem, algumas relações podem ser não-específicas e requererão refinamento adicional em fases subsequentes. Os resultados primários da Fase Dois são:

- a) Matriz de relação
- b) Definições de relação
- c) Diagramas de nível de entidade

Identificação dos relacionamentos entre entidades

Uma “relação” pode ser definida simplesmente como uma associação ou conexão entre duas entidades. Mais especificamente, isto é chamado uma “relação binária”. Na modelagem com IDEF1X restringe-se as relações à forma binária porque esta é mais fácil de definir e entender que relações ‘n-árias’. Elas também têm uma representação gráfica direta. A desvantagem é uma certa dificuldade em se representar relações n-árias. Porém, não há perda de poder visto que uma relação n-ária pode ser expressa usando-se n relações binárias.

Uma instância de relação é a associação ou conexão entre duas instâncias de entidade. Uma relação IDEF1X representa o conjunto do mesmo tipo de instâncias de relação entre duas entidades. Porém, duas instâncias da mesma entidade podem estabelecer mais de um tipo de relação.

O nome da relação é uma frase pequena, tipicamente uma frase verbal com uma conjunção para a segunda entidade mencionada. Esta frase reflete o significado da relação representado. Frequentemente, o nome de relação é formada simplesmente por um único verbo.

Tipos de relacionamentos

O objetivo do modelo IDEF1X não é descrever todas as relações possíveis mas definir o inter-relacionamento entre entidades em termos de relações de dependência de existência (a relação pai-filho). Quer dizer, uma associação entre um tipo de entidade pai e um tipo de entidade filha, nos quais cada instância do pai é associada a zero, uma ou mais instâncias da entidade filha e cada instância da entidade filha é associada com exatamente uma instância da entidade pai. Em outras palavras, a existência da entidade filha depende da existência da entidade pai (no caso dos relacionamentos especificadores).

A figura 3.16 mostra os tipos de relacionamentos, juntamente com os seus construtores (abaixo do nome do tipo de relacionamento).

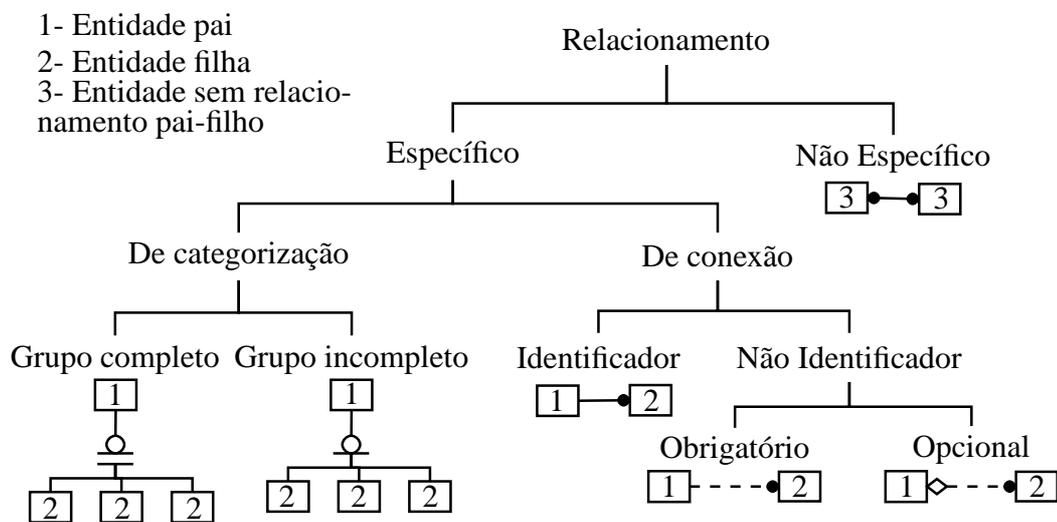


Figura 3.16 : Tipos de relacionamentos entre entidades. (adaptado de Kern [29])

Se entidade pai e entidade filha representam o mesmo objeto real, então a entidade pai é uma entidade genérica e a filha é uma entidade de categoria. Para cada instância da entidade de categoria, há sempre uma instância da entidade genérica. Para cada instância da entidade genérica, pode haver zero ou uma instância da categoria. Pode-se associar várias entidades de categoria a uma entidade genérica dentro de um agrupamento de categorização, mas só uma categoria se aplica a uma determinada instância da entidade genérica.

No início do desenvolvimento do modelo pode não ser possível representar todas as relações como pai-filho ou relações de categorização. Portanto, na Fase Dois, podem ser atribuídas relações não-específicas. Relações não-específicas levam a forma geral de zero, um ou mais para zero, um ou mais (N:M). Nenhuma entidade, com este tipo de relacionamento, é dependente de outra para sua existência.

Relacionamentos de categorização

Relacionamentos de categorização são específicos (determinam quantidade: grupo completo, grupo incompleto) e são utilizados para representar estruturas nas quais uma

entidade é um “tipo” (categoria) derivado de uma outra entidade. Entidades são utilizadas para representar a noção de “coisas sobre as quais necessita-se de informações”. Uma vez que algumas coisas do mundo real são categorias de outras coisas, algumas entidades precisam ser categorias de outras entidades.

Um relacionamento de categorização é uma associação entre uma entidade, chamada “entidade genérica”, e outra entidade chamada “entidade de categoria”. Cada instância da entidade genérica pode ser associada a apenas uma instância de apenas uma das entidades de categoria, assim como cada instância de uma entidade de categoria está associada a apenas uma instância da entidade genérica, o que implica dizer que as entidades de categoria são mutuamente exclusivas.

Em um grupo completo, cada instância da entidade está associada a uma instância de uma entidade de categoria, *i.e.*, todas as categorias possíveis encontram-se presentes. Em um grupo incompleto, uma instância da entidade genérica pode existir sem estar necessariamente associada a uma instância de uma entidade de categoria, *i.e.*, algumas categorias foram omitidas ou não são conhecidas.

Relacionamentos de conexão

Um relacionamento de conexão é também chamado relacionamento “pai-filho”. Constitui uma generalização dos relacionamentos de categorização pois permitem outros tipos de relacionamentos entre pais e filhos, que não “é do tipo”. Um relacionamento de conexão é específico pois determina as quantidades das entidades associadas através da cardinalidade (ver fig. 3.17). Uma associação ou relacionamento no qual uma instância de uma entidade (pai) é associada a zero, uma ou mais instâncias de uma entidade (filha), sendo cada instância da entidade filha associada a apenas zero ou uma instâncias da entidade paterna. Os relacionamentos de conexão específicos podem ser identificadores, não identificadores obrigatórios ou não identificadores opcionais.

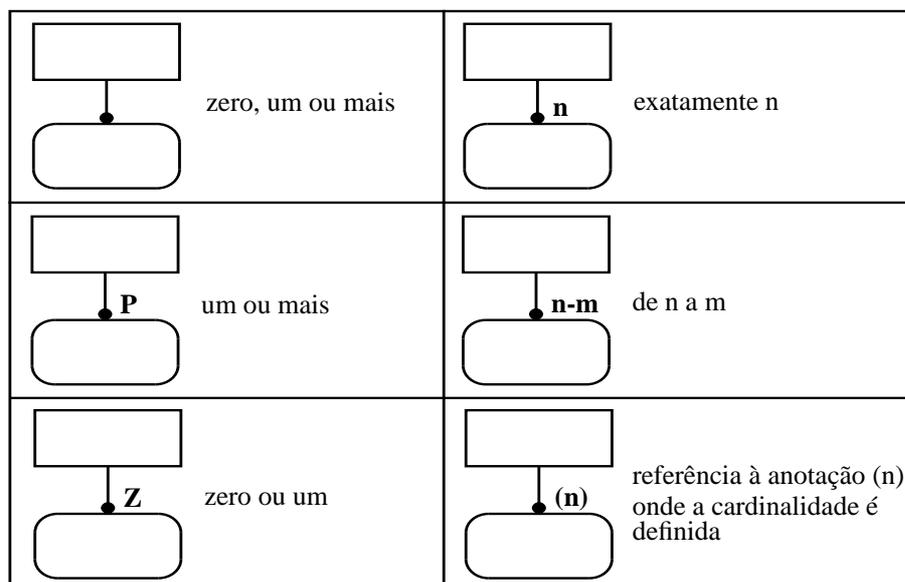


Figura 3.17 : Cardinalidades dos relacionamentos especificadores. (adaptado de Kern [29])

Os relacionamentos de conexão específicos e identificadores são aqueles nos quais uma instância da entidade filha é identificada através da sua relação com a entidade paterna. Nestes cada instância da entidade filha está associada a apenas uma instância da entidade paterna. Em um relacionamento identificador, a ocorrência de uma instância da entidade filha está condicionada à ocorrência de uma instância da entidade paterna.

Quando toda instância da entidade filha pode ser identificada sem que se conheça a entidade paterna à qual está associada, o relacionamento é do tipo não identificador. Relacionamentos não identificadores podem ser obrigatórios ou opcionais. No relacionamento identificador obrigatório é preciso que haja a ocorrência de uma instância da entidade pai, à qual a instância da entidade filha estará associada. No opcional, a instância da entidade filha não precisa estar associada a uma instância da entidade paterna.

Relacionamentos não específicos

Relacionamentos não específicos são utilizados para representar relações muitos para muitos em diagramas entidade-relacionamento de alto nível. Tanto os relacionamentos de categorização quanto os de conexão são considerados específicos, pois definem precisamente como instâncias de uma entidade relacionam-se com instâncias de outra entidade. Nas vistas que incorporam chaves e atributos todas os relacionamentos devem ser do tipo específico. No entanto, na fase inicial do desenvolvimento de um modelo, frequentemente é útil identificar relacionamentos não específicos entre entidades.

Um relacionamento não específico, também chamado “muitos para muitos”, é uma associação na qual cada instância da primeira entidade está associada a zero, uma ou mais instâncias da segunda entidade e, cada instância da segunda entidade está associada a zero, uma ou mais instâncias da primeira entidade. Por exemplo, se um cliente pode ter diversas necessidades e uma mesma necessidade puder partir de diversos clientes, então o relacionamento entre clientes e necessidades deve ser expresso como um relacionamento não específico.

Matriz de relacionamentos entre entidades

O primeiro passo na Fase Dois é identificar as relações que são observadas entre os membros das várias entidades. Esta tarefa pode requerer o desenvolvimento de uma matriz de relacionamentos como mostrado na figura 3.18. O modelador fixa os fatores predeterminados (neste caso todas as entidades) posicionado ao longo de um dos eixos e, um segundo conjunto de fatores (neste caso, também todas as entidades) é registrado ao longo do outro eixo. Um “X” colocado nos pontos de cruzamento de duas entradas é usado para indicar uma possível relação entre as entidades envolvidas. Neste momento, a natureza da relação não tem importância; o fato que uma relação pode existir é suficiente.

A tendência geral de modeladores inexperientes é de especificar um número excessivo de relações entre as entidades. Deve-se manter em mente que a meta é definir o modelo em termos de relações pai-filho. Deve-se evitar identificar relações indiretas.

	Produto	Cliente	Ciclo de vida do produto	Necessidade	Requisito	Especificação de projeto	Atributo
Produto			8	8	8		8
Cliente				8	8		
Ciclo de vida do produto	8						8
Necessidade	8	8			8		
Requisito	8	8		8		8	
Especificação de projeto					8		
Atributo	8		8				

Figura 3.18 : Matriz de Relacionamento entre Entidades. (adaptado de NIST [38])

Modeladores mais experientes podem preferir esboçar diagramas de nível de entidade em lugar de construir a matriz de relacionamentos. Porém, é importante definir relações na medida em que elas são identificadas.

Definição dos relacionamentos

O próximo passo é definir os relacionamentos que foram identificados. Estas definições incluem:

- a) Indicação de dependências
- b) Nome do relacionamento
- c) Declarações narrativas sobre a relação

Como resultado de definir as relações, algumas relações podem ser abandonadas e novas relações adicionadas. Para estabelecer dependência, a relação entre duas entidades deve ser examinada em ambas as direções. Isto é feito para se determinar a cardinalidade em cada extremo da relação. Para determinar a cardinalidade, assume-se a existência de uma instância de uma das entidades. Então determina-se quantas instâncias específicas da segunda entidade podem ser relacionadas à primeira. Repete-se esta análise invertendo-se as entidades.

Tomando-se como exemplo o relacionamento entre as entidades ESPECIFICAÇÃO e REQUISITO. Um membro do conjunto de especificações pode originar-se de apenas um membro do conjunto de requisitos. Analisando-se na direção contrária, um membro do conjunto de requisitos pode originar apenas um membro do conjunto de especificações. Assim, uma cardinalidade de um para um (1:1) existe entre as entidades ESPECIFICAÇÃO e REQUISITO.

Uma vez que as cardinalidades do relacionamento tenham sido estabelecidas, o modelador tem que selecionar um nome e pode também desenvolver uma definição para a relação. Tendo sido selecionado um nome para a relação, o modelador deve poder ler as relações e produzir uma oração significativa, definindo ou descrevendo a relação entre as duas entidades.

No estabelecimento de uma relação específica, há sempre uma entidade pai e uma entidade filha; o nome de relação é interpretado primeiro a partir da entidade pai, somente então é interpretada no sentido que vai da entidade filha para a entidade pai. Se uma relação de categorização existe entre as entidades, isto implica que ambas as entidades se referem ao mesmo objeto real e a cardinalidade da entidade filha (ou entidade de categoria) é sempre zero ou um. O nome de relação é omitido desde que o nome “pode ser um” está implícito. Por exemplo, PROJETAISTA pode ser um CLIENTE INTERNO.

No caso de uma relação não-específica, pode haver dois nomes para a relação, um para cada entidade, separados por uma “/”. Neste caso, os nomes de relação são interpretados de cima para baixo ou da direita para a esquerda, dependendo das posições relativas das entidades no diagrama, e então em sentido contrário.

Nomes de relação têm que levar significado. Deve haver alguma substância naquilo que eles expressam. A definição da relação é uma declaração textual que explica o significado de relação. As mesmas regras de definição que também aplica às definições de entidade se aplicam à definição do relacionamento:

- a) Eles devem ser específicos
- b) Eles devem ser concisos
- c) Eles devem ser significantes

Construção dos diagramas de nível de entidade

Na medida em que são definidas as relações, o modelador pode começar a construir os diagramas de nível de entidade para descrever as relações graficamente. Um exemplo de um diagrama de nível de entidade é mostrado na figura 3.19. Nesta fase da modelagem, todas as entidades são mostradas como caixas com cantos vivos e relações não-específicas são permitidas. O número e escopo dos diagramas de nível de entidade podem variar e podem depender do tamanho do modelo e o enfoque de revisores individuais. Se possível, um único diagrama que descreva todas as entidades e os seus relacionamentos são úteis para estabelecer o contexto e assegurar a consistência. Se diagramas múltiplos forem gerados, o modelador precisa garantir que os diagramas sejam consistentes entre si. A combinação de diagramas de nível de entidade deve descrever tudo aquilo que foi definido nas relações.

Neste momento, a informação disponível para cada entidade inclui o seguinte:

- a) A definição da entidade
- b) Os nomes dos relacionamentos e definições opcionais (para ambas as entidades pai e relações de filiação)

c) Representação em um ou mais diagramas de nível de entidade

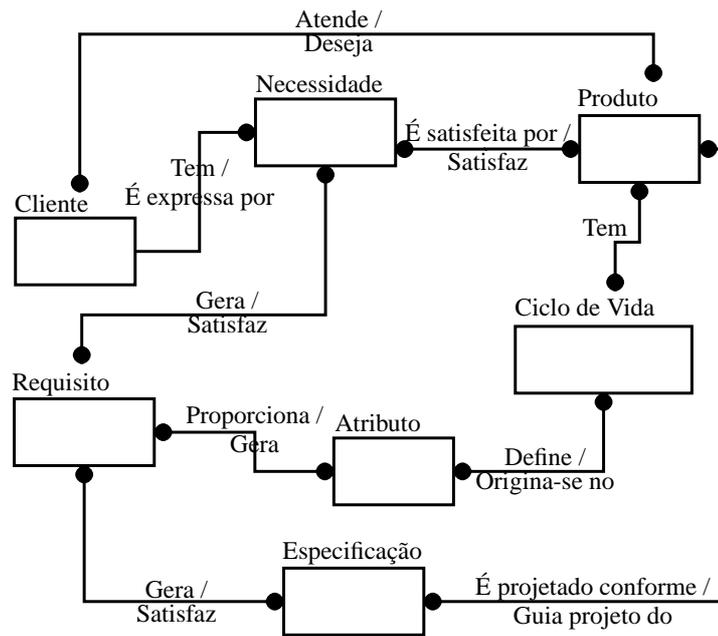


Figura 3.19 : Diagrama de nível de entidade.

A informação sobre uma entidade pode ser ampliada pela adição de diagramas de referência (diagramas apenas expositivos, às vezes chamados FEOs), à descrição do modelador. Estes diagramas são plataformas para discussão entre o modelador e os revisores. Eles oferecem ao modelador a possibilidade de documentar a razão, discutir problemas, analisar alternativas e olhar os diversos aspectos de desenvolvimento do modelo. Um exemplo de um diagrama de referência é mostrado na figura 3.20. Esta figura descreve as alternativas disponíveis na seleção de uma relação e está marcado com a preferência do modelador.

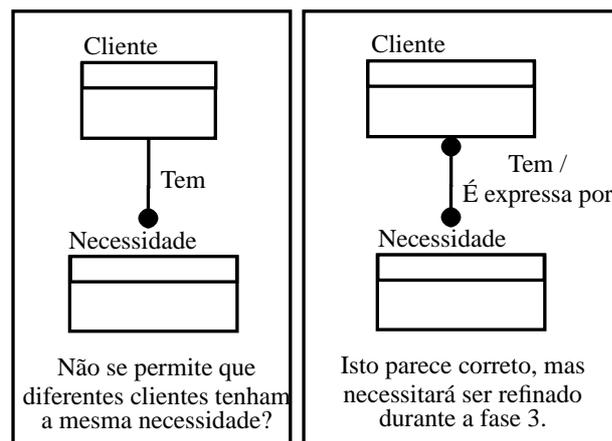


Figura 3.20 : Diagrama de Referência (FEO). (adaptado de NIST [38])

Neste estágio, o modelador compilou informação suficiente para começar a validação formal. Os diagramas de nível de entidades (ainda com as relações não específicas, na sua maioria) e os diagramas de entidade (caso existam) podem ser submetidos ao comitê de revisão e aceite (ver fig. 3.11).

3.5.5 Fase Três - Definição das chaves

Os objetivos de Fase Três são:

- a) Refinar as relações não-específicas da Fase Dois.
- b) Definir atributos chave para cada entidade.
- c) Migrar chaves primárias para estabelecer chaves estrangeiras.
- d) Validar relações e chaves.

Para que se possa compreender esta seção e as seções seguintes, é necessário introduzir os conceitos de domínio, vista e atributo.

Domínios

Um domínio é considerado como uma classe para a qual há um conjunto fixo e possivelmente infinito de instâncias. Por exemplo, *Endereço IP* pode ser considerado um domínio onde o conjunto de valores válidos precisam satisfazer a definição de um endereço IP (*e.g.*, o identificador único de uma máquina pertencente a uma rede). Um domínio pode ser base ou tipado. Por exemplo, frequência pode ser o domínio base para os seguintes domínios tipados: frequência de rádio, frequência sonora, os quais podem ser domínios base para: *ultra-high frequency* (UHF), *very-high frequency* (VHF) e *high frequency* (HF) no caso das frequências de rádio e ultra-sônico, audível e sub-sônico no caso das frequências sonoras. Cada instância de um domínio possui um valor único no contexto do próprio domínio. Portanto o domínio Endereço IP não pode possuir duas instâncias com o mesmo valor.

A um domínio base pode ser atribuído um tipo de dado, o qual pode ser: seqüência de caracteres, numérico ou lógico (verdadeiro ou falso). Outros tipos de dados tais como data, horário, binário etc. podem ser utilizados, no entanto, o padrão IDEF1X inclui somente os três primeiros como padrão.

Domínios base também podem ter regras de formação definidas para o domínio. As regras de domínio são utilizadas para restringir os valores aceitáveis para o domínio².

Vistas

Uma 'vista' IDEF1X é um conjunto de entidades e seus domínios (atributos) agregados com algum propósito. Uma vista pode cobrir toda a área de interesse ou apenas parte dela. Um modelo IDEF1X pode compreender uma ou mais vistas (em geral representadas em diagramas que representam a semântica da vista modelada), e definições de entidades e domínios (atributos) usados nas vistas. No IDEF1X, entidades e domínios são definidos em um glossário comum e mapeados entre si nas vistas.

²Do ponto de vista da construção de sistema de informação essa é uma característica importante, por exemplo, quando se diz que um requisito de cliente deve ser uma expressão contendo os verbos ser, estar ou ter, essa é na verdade uma regra de formação do atributo (domínio) expressão da entidade requisito de cliente.

Atributos

Um domínio associado a uma entidade em uma vista é chamado um atributo da entidade. Em uma vista IDEF1X, atributos são associados a entidades específicas e representam uma característica ou propriedade associada ao conjunto de coisas reais ou abstratas representadas pela entidade (ver item 3.5.3). Uma instância de um atributo é uma característica em particular de uma instância da entidade que possui o atributo. Um atributo é caracterizado tanto pelo tipo de dado quanto pelo valor que recebe, chamado “valor do atributo”.

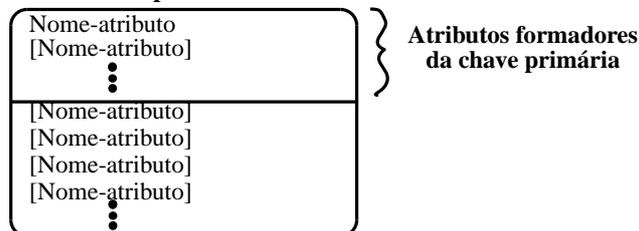
Uma entidade precisa possuir atributo(s) capaz(es) de identificar de maneira única cada ocorrência (instância) da entidade. Este(s) atributo(s) são denominados “chave primária” da entidade. Além dos atributos que pertencem à própria entidade, outros atributos ‘migrados’ podem estar presentes na entidade através de um relacionamento específico com outra entidade, ou através de um relacionamento de categorização.

Cada atributo é identificado por um único nome (substantivo e no singular), podendo ser representados por abreviações e acrônimos. Uma definição formal e listagem dos sinônimos e acrônimos devem ser apresentadas no glossário.

O atributo é representado através da sua inclusão no interior da caixa da entidade à qual ele está associado. Atributos que definem a chave primária são colocados na parte superior da caixa e separados dos demais por uma linha horizontal (ver fig. 3.21).

Sintaxe dos atributos e da chave primária

Entidades Dependentes



Exemplo

Cliente/15

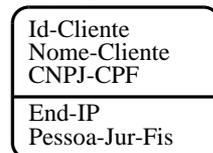


Figura 3.21 : Sintaxe dos atributos e chave primária. (adaptado de NIST [38])

Resolução de Relacionamentos Não-Específicos

O primeiro passo nesta fase é assegurar que todos os relacionamentos não-específicos, observados na Fase Dois, foram refinados. Para isso, a Fase Três requer que apenas uma forma de relação específica seja usada; ou uma conexão específica (relação pai-filho) ou uma relação de categorização. Para satisfazer a esta exigência, o modelador pode fazer uso de alternativas para o refinamento. Diagramas alternativos de refinamento geralmente são divididos em duas partes: uma porção que indica o assunto do refinamento (a relação não-específica a ser refinada),

e uma porção contendo a alternativa de refinamento. Um exemplo de uma alternativa de refinamento em que aparece um relacionamento muitos-para-muitos é exibido na Figura 3.22.

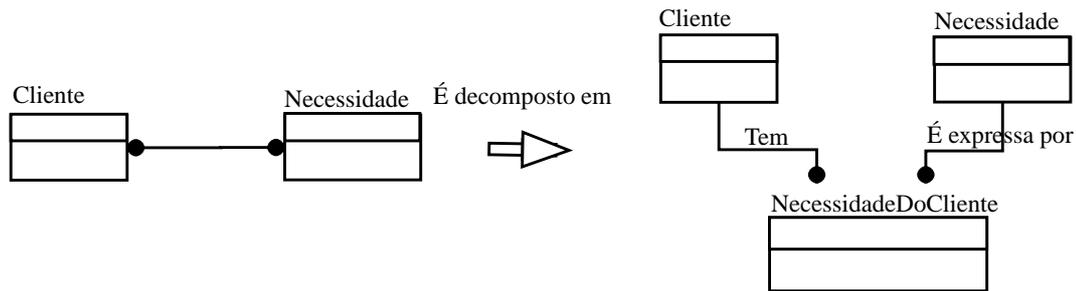


Figura 3.22 : Refinamento de um relacionamento não-específico. (adaptado de NIST [38])

O processo de refinamento de relacionamentos traduz ou converte cada relação não-específica em duas relações específicas. Entidades novas são criadas durante o processo. O relacionamento não-específico mostrado na figura 3.22 indica que um CLIENTE pode ter muitas NECESSIDADES e uma NECESSIDADE pode ser a mesma para muitos CLIENTES. Porém, nós não podemos identificar qual NECESSIDADE qual CLIENTE expressou até que se tenha introduzido uma terceira entidade, NECESSIDADE DO CLIENTE, para solucionar o relacionamento não-específico. Cada instância da entidade NECESSIDADE DO CLIENTE relaciona-se com exatamente uma NECESSIDADE e um CLIENTE.

Em fases anteriores, foram trabalhadas o que se pode chamar informalmente de “entidades naturais”. Uma entidade natural é uma entidade que provavelmente estará evidenciada nos dados do material fonte.

É durante a Fase Três que começam a aparecer as “entidades associativas” ou o que pode ser informalmente chamado “entidades de relação”. Entidades de relação são usadas para solucionar relações não-específicas e geralmente representam pares ordenados de coisas que têm as mesmas características básicas (identificador sem igual, atributos, etc.) como entidades naturais. Embora a entidade NECESSIDADE DO CLIENTE do exemplo anterior possa parecer uma entidade natural, ela representa na verdade o emparelhamento de CLIENTES com NECESSIDADES. Uma diferença sutil entre as entidades natural e de relação está nos nomes de entidade. Tipicamente, o nome de entidade para entidades naturais é uma frase substantiva comum singular (*e.g.*, cliente, necessidade etc.). Por outro lado, o nome das entidades de intersecção pode ser uma frase substantiva composta (*e.g.*, necessidade do cliente).

A entidade de relação é de natureza mais abstrata e, geralmente, resulta da aplicação de regras que governam a validade de entidades, aplicadas inicialmente na Fase Três. A primeira destas regras é a regra que requer refinamento de todos os relacionamentos não-específicos. O processo de refinamento é o primeiro e principal passo em direção à concretização da estrutura de dados integrada.

Este processo de refinamento envolve vários passos elementares:

- a) O desenvolvimento de uma ou mais alternativas de refinamento para cada relação não-específica.

- b) A seleção pelo modelador de uma alternativa preferida que será incluída no modelo da Fase Três.
- c) A atualização das informações da Fase Um para incluir as novas entidades que resultaram do refinamento.
- d) A atualização das informações da Fase Dois para definir relações associadas com as novas entidades.

Identificação de atributos chave

A Fase Três da metodologia IDEF1X opera também na identificação e definição de elementos de dados pertencentes a instâncias de entidade e chamados chaves candidatas, chaves primárias, chaves alternativas, e chaves estrangeiras. O propósito deste passo é identificar valores de atributo que identifiquem de maneira exclusiva cada instância de uma entidade.

É importante, neste momento, que a definição e o significado dos termos instância do atributo e atributo sejam esclarecidos. Uma instância de atributo é uma propriedade ou característica de uma instância de entidade. Instâncias de atributo são compostas de um nome e um valor. Em outras palavras, uma instância de atributo é um elemento de informação que é conhecido sobre uma instância de entidade particular. Instâncias de atributo são descritores; quer dizer, eles tendem a ser adjetivos.

Um atributo representa uma coleção de instâncias de atributo do mesmo tipo, que se aplica a todas as instâncias de entidade da mesma entidade. Nomes de atributo são frases substantivas descritivas e tipicamente singulares.

As instâncias de atributo pertencem às instâncias de entidade, mas os atributos pertencem à entidade. Assim, uma associação de propriedade é estabelecida entre uma entidade e algum número de atributos.

Um atributo tem apenas um dono dentro de uma vista. O dono é a entidade na qual o atributo se origina. Um atributo representa o uso de uma instância de atributo para descrever uma propriedade específica de uma instância de entidade específica. Adicionalmente, alguns atributos representam o uso de uma instância de atributo para auxiliar exclusivamente na identificação de uma instância de entidade específica. Estes são informalmente chamado de atributos chave.

O enfoque da Fase Três está na identificação dos atributos chave dentro do contexto do modelo em desenvolvimento. Durante a Fase Quatro serão identificados e definidos os atributos não-chave.

Um ou mais atributos chave formam a chave de uma entidade. Uma chave é definida como um ou mais atributos chaves usados para identificar exclusivamente cada instância de uma entidade. O CPF/CNPJ (Cadastro de Pessoa Física / Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica) é um exemplo de um atributo chave que pode ser usado como uma chave de uma entidade CLIENTE. Cada cliente é identificado de todos os outros clientes por um número de CPF/CNPJ.

Então, pode-se dizer que o atributo de CLIENTE-CPF/CNPJ é uma chave que identifica exclusivamente cada membro da entidade CLIENTE.

Algumas entidades têm mais de um grupo de atributos que podem ser usados para distinguir uma instância da entidade de outra. Por exemplo, considere a entidade CLIENTE com os atributos CLIENTE-CPF/CNPJ e CLIENTE-NOME, o quais são por si só candidatas a atributos chave. Para tal entidade, uma das candidatas a atributo chave é selecionada para uso na migração de chave primária e é designada como a chave primária. As outras são chamadas chaves alternativas. Se uma entidade tem apenas uma candidata a atributo chave, esta é automaticamente a chave primária. Assim, toda entidade tem uma chave primária, e algumas têm também chaves alternativas. Qualquer um dos tipos de atributo chave descritos anteriormente pode ser usado para identificar instâncias de entidade exclusivamente, mas apenas a chave primária é usada na migração de chave.

No diagrama, uma linha horizontal é desenhada no interior da caixa da entidade e a chave primária é mostrada dentro da caixa, sobre aquela linha. Se há mais de um atributo em uma chave primária (por exemplo, 'número do projeto' e 'número da tarefa' são ambos necessários para identificar tarefas de projeto), eles todos aparecem sobre a linha. Se uma entidade tem uma chave alternativa, atribui-se a chave alternativa um número identificador. No diagrama este número aparece entre parênteses que seguem cada atributo que faz parte da chave alternativa. Se um atributo pertence a mais de uma chave alternativa, cada dos números aparece nos parênteses. Se um atributo pertence a uma chave alternativa e também à chave primária, este aparece sobre a linha horizontal seguido por seu número de chave alternativa. Se não pertence à chave primária, aparece abaixo da linha. Exemplos das várias formas de chaves são mostrados na figura 3.23.

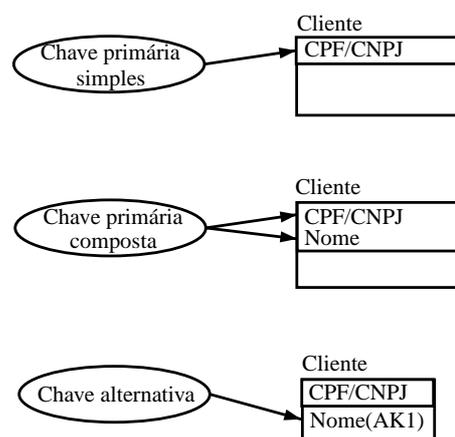


Figura 3.23 : Tipos de chaves. (adaptado de NIST [38])

O processo de identificação de chaves consiste de:

- Identificar os atributos candidatos a chave(s) para uma entidade.
- Selecionar um como a chave primária para a entidade.
- Marcar as chaves alternativas para a entidade.

Uma vez que algumas candidatas a chaves podem ser o resultado da migração de chaves primárias, a identificação da chave é um processo iterativo. Inicia com todas as entidades que não são filhas ou categorias derivadas em qualquer relação. Estas normalmente são aquelas cujas chaves candidatas são mais óbvias. Estas são também os pontos de partida para migração de chave primária porque elas não contêm nenhuma chave estrangeira.

A migração de chaves primárias é o processo de reproduzir a chave primária de uma entidade em outra entidade relacionada. A réplica é chamada uma chave estrangeira. O valor da chave estrangeira em cada instância da entidade relacionada é idêntica ao valor da chave primária na instância relacionada da primeira entidade. É assim que um atributo de uma entidade passa a ser compartilhado por outra. Três regras governam a migração de chaves primárias:

- a) A migração sempre acontece do pai (ou entidade genérica) para o filho (ou entidade de categoria) em uma relação.
- b) A chave primária inteira (quer dizer, todos os atributos que fazem parte da chave primária) tem que migrar uma vez para cada relação compartilhada pelo par de entidades.
- c) Atributos não-chave nunca migram.

Cada atributo em uma chave estrangeira corresponde a um atributo na chave primária da entidade pai ou entidade genérica. Em uma relação de categorização, a chave primária da entidade de categoria deve ser idêntica à chave da entidade genérica (embora um papel possa ser atribuído através do nome do relacionamento). Em outros tipos de relacionamentos, o atributo chave estrangeiro pode fazer parte da chave primária da entidade filha, mas não necessariamente. Não se considera que os atributos chave estrangeiros sejam possuídos pelas entidades para as quais eles migraram, porque eles são reflexos de atributos nas entidades pai. Assim, cada atributo em uma entidade ou é possuído por aquela entidade ou pertence a uma chave estrangeira naquela entidade.

Nos diagramas do modelo, as chaves estrangeiras são representadas da mesma maneira que chaves alternativas, *i.e.*, a sigla “(FK)” aparece depois de cada atributo que pertence à chave estrangeira. Se o atributo também pertencer à chave primária, estará acima da linha horizontal; se não, estará abaixo. As entidades podem ser migradas mais de uma vez entre duas entidades, neste caso, o nome do atributo deve ser identificado com o nome do papel (*role*) que ele desempenha na relação.

Se a chave primária de uma entidade filha tiver todos os seus atributos pertencentes a uma chave estrangeira, é dito que a entidade filha é “dependente de identificação” com relação à entidade pai e a relação é chamada uma “relação” identificadora. Se qualquer atributo de uma chave estrangeira não pertencer à chave primária da entidade filha, a filha não depende de identificação pelo pai, e a relação é chamada “não-identificadora”. Nos diagramas das fases três e quatro, apenas as relações identificadoras são mostradas como linhas sólidas; as relações não-identificadoras são representadas por linhas tracejadas.

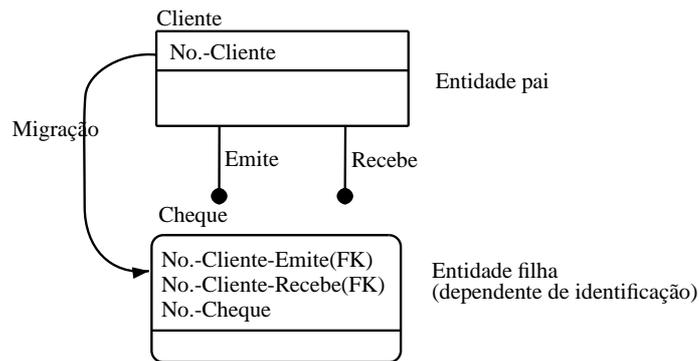
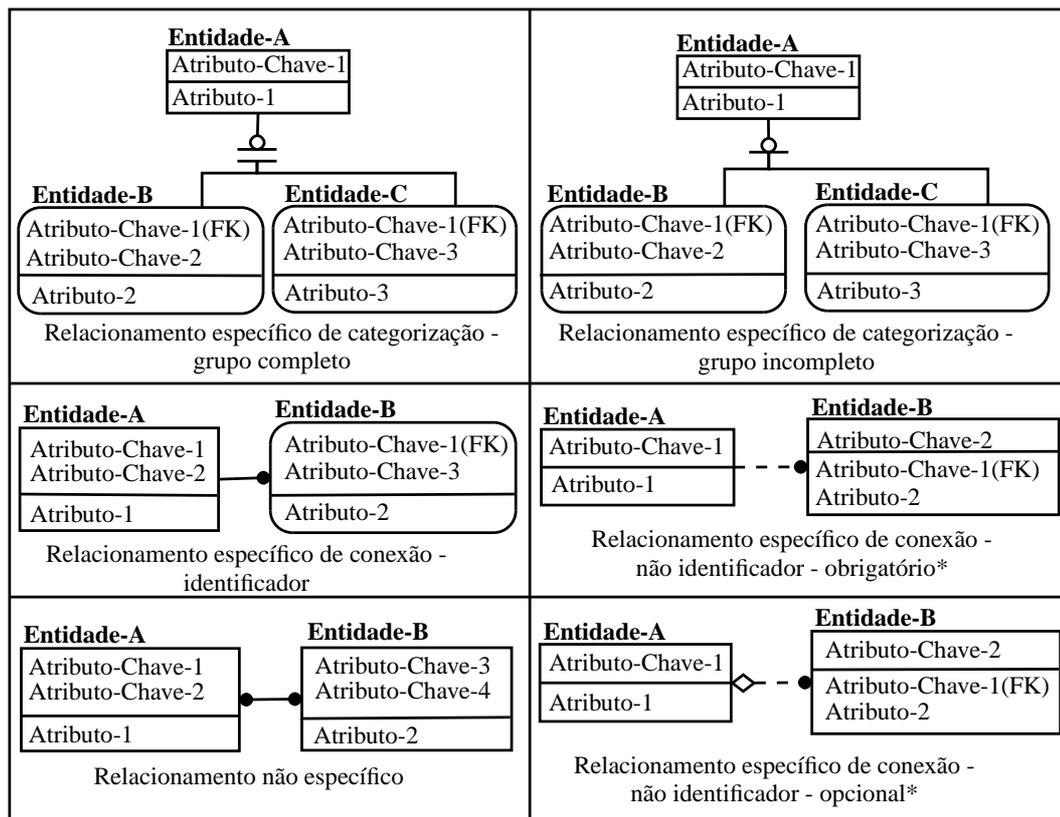


Figura 3.24 : Migração da chave primária para uma entidade dependente de identificação.
(adaptado de NIST [38])

A figura 3.24 mostra um exemplo de migração de atributo chave no caso de um relacionamento identificador. Mostra também a migração do mesmo tipo de atributo chave duas vezes, e como devem ser identificados na entidades filha. As regras para migração de atributos chave, como um todo, são mostradas na figura 3.25.



*Estes relacionamentos possuem as mesmas regras para exportação de chaves, porém são diferentes semanticamente (ver *relacionamentos de conexão* na pág. 73).

Figura 3.25 : Exportação de atributos chave.

Dependendo do tipo de relacionamento que se estabelece entre duas entidades, os atributos que compõem a chave primária de uma entidade paterna serão exportados para o campo de atributos chave da entidade filha, ou para o campo de atributos comuns da entidade

filha, aparecendo marcados com um '(FK)' (*Foreign Key* - Chave Estrangeira), ou não serão exportados, de acordo com a figura 3.25.

É difícil expor o conceito de migração de chaves sem falar no sistema de armazenamento físico dos dados. No armazenamento físico (em bases de dados relacionais), cada entidade corresponde a uma 'tabela', ou seja, um arquivo em disco com estrutura própria. Cada 'entrada' em uma tabela corresponde a uma instância da entidade representada pela tabela. Na prática, a existência de um relacionamento específico ocorre porque as tabelas que representam as entidades possuem valores de campo (nas suas entradas) que associam entradas de uma tabela às entradas de outra tabela. Por exemplo, imagine-se que uma entrada (instância) da tabela necessidade seja: [IDNec=11, Expressão= barato, ValorAtribuído= 95], e uma entrada na tabela de requisitos de cliente seja: [IDReqCli= 19, IDNec= 11, Expressão= ter preço baixo], nesse caso, pode-se determinar qual necessidade é satisfeita por qual requisito de cliente, ainda que estejam armazenadas em arquivos diferentes.

Os resultados da Fase Três São descritos em um ou mais diagramas da Fase Três (nível baseado em chaves). Além de adicionar as definições de atributos chave, se expandirá e refinará durante a Fase Três definições de entidade e relacionamentos.

A metodologia IDEF1X prevê passos adicionais que não serão discutidos aqui pois não trazem contribuições ao entendimento dos modelos ER criados através da metodologia. Esses passos adicionais referem-se principalmente ao refinamento e à validação de relacionamentos (através de regras lógicas), principalmente na eliminação de relacionamentos redundantes.

A parte final da norma do IDEF1X diz respeito a documentação e validação do modelo desenvolvido. A parte de documento envolve a definição de "kits" com formulários padrão para a apresentação dos diagramas IDEF1X e também descreve as informações que devem constar da documentação. A parte de validação descreve o processo chamado "procedimento *walk-through*", um conjunto de atividades que podem e devem ser realizadas pelos membros do projeto para a validação do modelo, incluindo revisões pelos especialistas e gerenciamento do 'status' do modelo, ou seja, se o modelo é uma proposta, é recomendado, é final etc.

A metodologia do IDEF1X descrita será utilizada, com algumas adaptações, no próximo capítulo para o desenvolvimento do modelo do produto para a fase de projeto informacional. As adaptações e o motivo que levou a modificar-se a metodologia original são expostos no início do referido capítulo.

“Everything should be made as simple as possible, but not simpler.”

Albert Einstein

Capítulo 4

MODELAGEM DE INFORMAÇÕES DO PROJETO INFORMACIONAL

O capítulo que se inicia trata da adaptação do IDEF1X descrito no capítulo anterior e da aplicação da metodologia de modelagem resultante, apresentando os resultados obtidos na sua aplicação às informações inerentes ao processo de PI, ou seja, este capítulo refere-se a maneira com que foi realizada a modelagem propriamente dita das informações do PI.

Metodologia de modelagem

A metodologia de modelagem oficial do IDEF1X, publicada na norma FIPS 184 [38] pelo NIST, foi elaborada com vistas a suprir as necessidades de grandes organizações. Tal metodologia prevê a realização da modelagem por uma equipe e com a emissão de documentação própria durante as várias fases do processo. No contexto do presente trabalho, determinadas características e recursos da proposta oficial tornam-se excessivos em termos da estrutura organizacional da pesquisa para elaboração de um trabalho de mestrado.

Tornou-se necessária uma ‘simplificação’ da metodologia oficial, a fim de adequá-la ao desenvolvimento do trabalho. O critério utilizado na simplificação foi o de manter as atividades fundamentais para o desenvolvimento do modelo, principalmente das atividades de geração, definição e organização dos seus construtores: entidades, relacionamentos, atributos (chave e comuns). Foram retiradas da metodologia tarefas administrativas como organização de equipe e emissão de documentos oficiais. A metodologia resultante é apresentada na forma de um fluxograma, mostrado na fig.4.1.

O desenvolvimento do modelo começou com a identificação do problema, que foi discutido no capítulo 1, e será concluído a implementação e a realização de aplicações com um software que utiliza uma base de dados que implementa o modelo de informações obtido. Por esse motivo, a Fase 1 do projeto (modelagem), que é tratada neste capítulo, aparece no fluxograma após a exposição do problema de projeto, considerada como cumprida. A simbologia adotada nessa representação é oriunda de Maribondo [36].

A Fase de modelagem possui cinco etapas: pesquisa de informações, criação de uma taxonomia, criação de um modelo base, refinamento do modelo e a finalização do modelo. Destas cinco etapas, apenas a segunda é estranha à metodologia oficial do IDEF1X, tendo sido introduzido em função de sua importância, ressaltada no capítulo 2.

A primeira etapa consiste na identificação de informações e envolve identificar fontes de informação e coletar aquelas que são relevantes para a modelagem. A segunda etapa é uma etapa de classificação das informações coletadas e é subsidiada pela revisão sobre taxonomias realizada no capítulo 3, item 3.1.1. A terceira etapa consiste em modelar os relacionamentos entre as informações coletadas, resultando na construção do diagrama IDEF1X base, que será evoluído nas etapas posteriores. Finalmente, a quarta e a quinta etapas implicaram na resolução de relacionamentos não específicos, identificação de atributos chave e migração de chaves e população do modelo IDEF1X com atributos não chave.

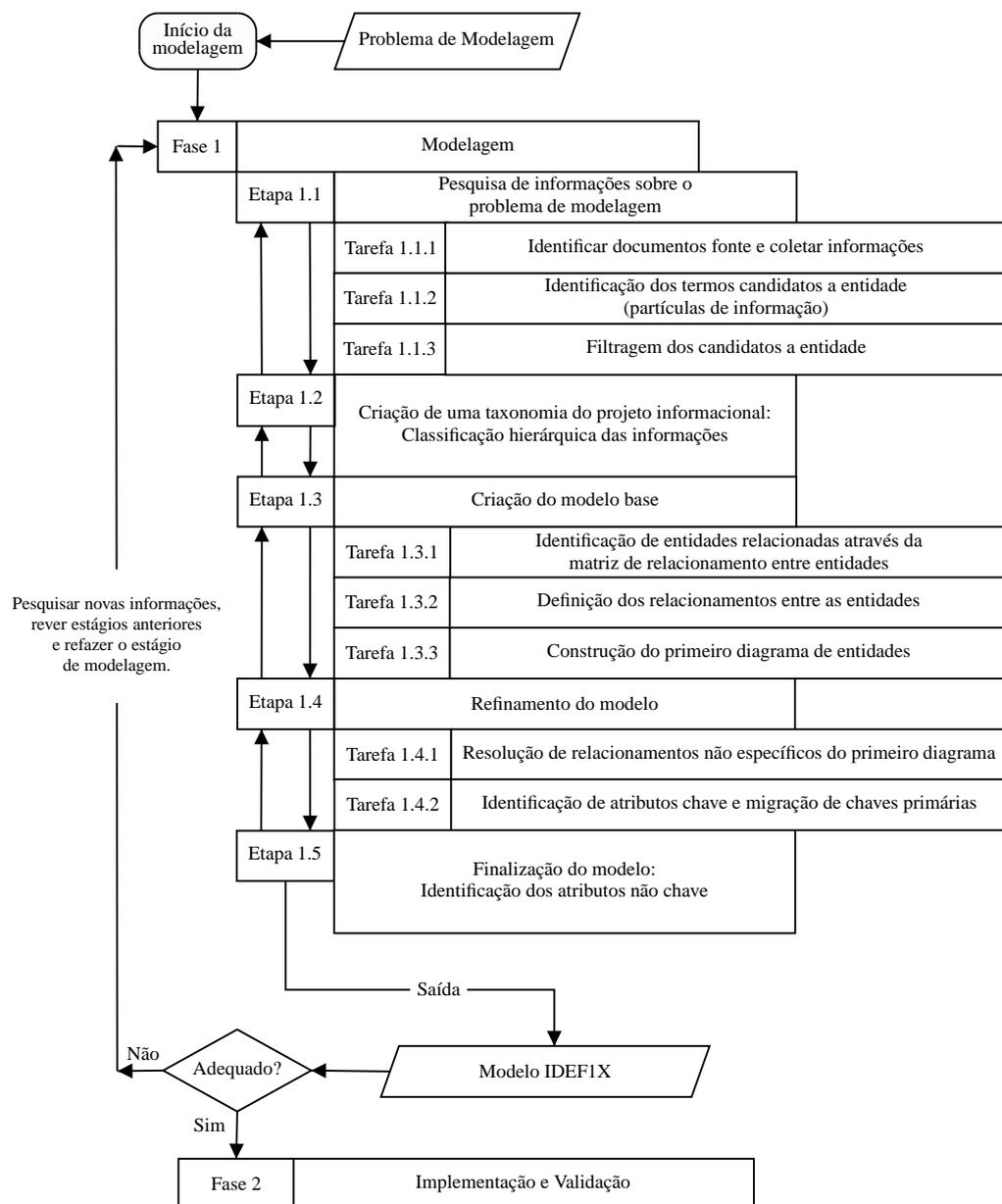


Figura 4.1 : Fluxograma do processo de modelagem.

A partir da identificação das informações, o desenvolvimento de uma taxonomia e do modelo de entidade-relacionamento (ER) constituem em essência tarefas de modelagem (análise da informação). A diferença entre a taxonomia e o modelo ER está no nível de abstração. Enquanto o primeiro identifica somente relações hierárquicas, através do agrupamento de informações correlatas, o segundo é capaz de expressar muitos outros tipos de relações (consultar capítulo 3), como será visto mais adiante. Por esse motivo, o processo de modelagem continuará com o desenvolvimento da taxonomia do projeto informacional, em seguida à fase de identificação das informações. Finalmente, após o desenvolvimento da taxonomia, o processo praticamente resume-se à utilização da metodologia proposta na documentação da FIPS 184 (NIST [38]).

4.1 PESQUISA DE INFORMAÇÕES

4.1.1 Identificação dos documentos fonte

A presente pesquisa originou-se da pesquisa anterior realizada por Fonseca [16], o que torna a Tese desenvolvida pelo autor o principal documento fonte. Levando-se em consideração as diretrizes expostas no item 3.5.1 do Capítulo 3, observa-se que não se encontram disponíveis modelos IDEF0 do projeto informacional, no entanto as informações base para a construção do modelo encontram-se na Tese desenvolvida por Fonseca [16]. A Tese fornece a base teórica e o sistema computacional desenvolvido pelo autor, sendo que a arquitetura do mesmo encontra-se disponível para análise. Porém, é interessante para a modelagem, em função da aceitabilidade do modelo pela comunidade (*e.g.*, validação), que informações de outros documentos fonte sejam comparadas àquelas obtidas a partir do documento base. Os documentos fonte propostos encontram-se listados na tabela 4.1.

Tabela 4.1 : Lista de documentos fonte.

Documento fonte(nome do autor)	N.
Fonseca [16]	1
Stauffer <i>et al.</i> [48] [49] [17] [18] [20] [19] [1]	2
Malmqvist <i>et al.</i> [34] [35]	3
Hubka e Eder [26]	4
Messac e Chen [37]	5
Ullman [51]	6

A metodologia de modelagem com o IDEF1X proposta pelo NIST (capítulo 3) não explicita de que maneira são obtidas as informações para a construção do modelo, apenas indica que pode-se obtê-las através de documentos considerados importantes sobre o tema, entrevistas com especialistas da área *etc.* Por isso, adotou-se neste trabalho uma técnica de análise de conteúdo, descrita a seguir.

Selecionados os materiais a partir dos quais realizar a modelagem, foi iniciada uma leitura dos mesmos com vistas a extração daqueles conceitos que possuíam maior probabilidade

de dar origem a entidades. Esta avaliação caracterizou-se pela subjetividade, e baseou-se no conhecimento do modelador e no contexto em que se inseria a informação no documento fonte.

A fim de ganhar tempo e agregar um maior valor ao modelo textual da fase de projeto informacional, procurou-se extrair dos documentos fonte as informações na forma conceito-definição, onde o conceito é um substantivo ou frase curta que o representa e a definição é um texto curto que o define. A tabela gerada encontra-se reproduzida na íntegra no apêndice A, tabela A.1 enquanto um fragmento da tabela foi extraído e é mostrado a título de ilustração na tabela 4.2. Com base nas informações extraídas do documento fonte principal a metodologia do PI foi colocada na forma de um fluxograma (ver figura 2.4) e, a partir do fluxograma, foi gerado um modelo IDEF0 do processo de projeto informacional, incluso no apêndice A (fig. A.1)

4.1.2 Identificação das candidatas a entidades

Observou-se que a identificação das candidatas a entidades constituía um processo envolvendo julgamentos subjetivos. Um fator principal a ser considerado era o contato prévio do modelador e sua experiência com o *software* de PI desenvolvido por Fonseca. Por isso, além das recomendações do item 3.5.3 do capítulo 3 na página 69, utilizou-se de duas regras heurísticas para a identificação das candidatas:

- Buscou-se evitar pré-concepções quanto a quais seriam as candidatas mais prováveis.
- Buscou-se identificar no texto substantivos (Chen [8]) relevantes para a compreensão do tema de projeto informacional.

A tabela 4.2, que é parte da tabela A.1 incluída no apêndice A, ilustra a maneira como foram identificadas e extraídas as informações contidas no texto original. Na tabela, a primeira coluna numera seqüencialmente as candidatas a entidade, a segunda coluna lista a informação candidata a entidade, a terceira coluna traz um breve texto (extraído do texto original) que explica/conceitua a informação da segunda coluna e a última coluna indica de qual documento fonte foi extraída a informação. Ratificando-se, novamente, a busca por evitar pré-conceitos e quebrar o paradigma das informações fortemente estabelecidas, e.g., necessidades, atributos, requisitos, etc.

Dentro dos textos da terceira coluna encontram-se destacadas, através de caracteres em itálico, outro conjunto de informações que foram julgadas como possíveis categorias de informação (entidades). Nos casos em que a candidata identificada no texto explanatório de outra candidata possuía uma entrada própria na tabela, o número da sua entrada foi anotado como um índice ao lado da palavra. Esta última ação foi importante para o desenvolvimento posterior do modelo que será novamente discutida no item de identificação dos relacionamentos entre entidades.

Tabela 4.2 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (parte da tab. A.1)

N.	Informação	Descrição	Fonte
15	cliente	<i>pessoa</i> ⁵ ou instituição que precisa de bens ou serviços relacionados ao <i>projeto</i> . Os <i>clientes</i> ¹⁵ , normalmente, estabelecem relações como parceiros	1
16	usuário	<i>pessoa</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>produto</i> ⁵¹ , direta ou indiretamente. Os <i>usuários</i> ¹⁶ atuam sobre o <i>produto</i> ⁵¹ , posteriormente ao <i>projeto</i>	1
17	cliente interno	todo o <i>pessoal</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>desenvolvimento do produto</i> ¹ , que pertença aos <i>setores produtivos</i> (<i>atividades</i> que agregam valor), seja dentro ou fora da <i>empresa</i> onde é executado o <i>projeto</i> . É o caso do <i>pessoal</i> ⁵ de <i>marketing</i> ² , dos <i>projetistas</i> , dos <i>fabricantes</i> , <i>montadores</i> , <i>transportadores</i> e do <i>pessoal</i> ⁵ de <i>armazenamento</i>	1
18	cliente externo	todo o <i>pessoal</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>desenvolvimento do produto</i> ¹ e que pertençam aos <i>setores de consumo</i> . É o caso dos <i>usuários</i> ¹⁶ <i>diretos</i> e <i>indiretos</i> do <i>produto</i> ⁵¹ , do <i>pessoal</i> ⁵ de <i>manutenção</i> , <i>desativação</i> , <i>reciclagem</i> e <i>descarte</i>	1
19	cliente intermediário	todo <i>pessoal</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>desenvolvimento do produto</i> ¹ , pertencente aos <i>setores do mercado</i> . É o caso dos <i>comerciantes atacadistas</i> , <i>varejistas</i> , dos <i>vendedores</i> e <i>compradores</i> ¹³ de todo tipo	1
20	promotor	<i>pessoa</i> ⁵ <i>física</i> ou <i>jurídica</i> , que encarrega a execução do <i>projeto</i>	1
21	necessidades	Aquelas <i>expressões</i> espontâneas dos <i>usuários</i> ¹⁶ potenciais dos <i>produto</i> ⁵¹ s, ou das distintas <i>categorias de clientes</i> ⁵ , relacionadas com o <i>projeto</i> ou o com o <i>produto</i> ⁵¹ . A <i>necessidade</i> , como expressão espontânea de desejos dos <i>clientes internos</i> ¹⁷ , <i>externos</i> ¹⁸ e <i>intermediários</i> ¹⁹ , implica num conceito amplo, que vai desde <i>expressões</i> confusas e ambíguas, até frases diretas, com fundamento técnico específico	1

Definição das entidades

Devido à maneira através da qual foi realizada a identificação das candidatas a entidades, estas se encontravam já parcialmente definidas. Tal foi o caso dos conceitos extraídos dos documentos fonte, tais como: cliente, usuário, necessidade, requisito, atributo etc. Objetivando manter o significado e não introduzir novos conceitos, o autor decidiu não redefinir os conceitos apresentados na tabela.

4.1.3 Filtragem das candidatas a entidade

De posse das informações extraídas dos documentos fonte, foi realizada uma triagem dos termos que poderiam dar origem a entidades. Como cada entrada na tabela passou a ser constituída de um conceito e sua respectiva definição, os conceitos foram automaticamente selecionados como candidatos a entidades e, além deles, outros termos, em função dos quais os primeiro foram definidos, foram também selecionados.

Tabela 4.3 : Lista de candidatas a entidades extraídas da tabela A.2 (inclusa no apêndice A), com seus respectivos números de ocorrências.

12 projeto	1 cliente interno	1 operação
5 mercado	4 desenvolvimento do produto	1 manutenção
11 produto	1 empresa	13 especificações de projeto
4 clientes	3 projetistas	5 metas
6 usuários	1 fabricantes	5 objetivos
2 especialistas	1 montadores	5 restrições
3 características	1 transportadores	4 equipe de projeto
1 preferências	1 armazenamento	8 especificações
2 consumidores	1 cliente externo	3 soluções de projeto
1 pesquisa de mercado	1 usuários diretos	1 requisitos
5 problema de projeto	1 usuários indiretos	1 especificação de projeto
4 seqüência metodológica	1 pessoal de manutenção	1 grupo de projeto
1 passos	1 pessoal de desativação	1 projetista
3 tarefas	1 pessoal de reciclagem	3 forma
3 etapas	1 pessoal de descarte	1 equipe de projeto.
5 fases	1 cliente intermediário	2 metas alvos
2 atividade de projeto	1 vendedores	1 especificação de projeto.
3 processo de projeto	3 promotor	2 materiais
2 fase	4 necessidades	1 ciclo de vida
2 ciclo de vida do produto	1 clientes internos	2 ferramentas
2 etapa	1 clientes externos	3 máquina
1 tarefa	1 clientes intermediários	4 sistema técnico
1 passo	3 requisito	1 atributo
2 descarte	1 objetivos de projeto	7 atributos
2 cliente	3 requisito de usuário	4 atributos gerais
2 usuário	5 requisitos de projeto	4 atributos básicos
2 comprador	1 produtores	3 atributos do ciclo de vida
3 consumidor	2 dimensões	3 atributos específicos
7 pessoal	2 parte	
2 compradores	2 funcionamento	

Verificou-se que alguns dos termos selecionados ocorriam múltiplas vezes¹, pois foram destacados do texto tanto na forma de conceito (com sua respectiva definição), quanto no campo de definição de algum outro conceito.

Uma vez encerrada a atividade de obtenção da tabela 4.2 (ou da tabela A.1), cada uma das candidatas a entidade foi extraída dos textos apresentados na tabela e colocada seqüencialmente em um arquivo texto (resultando em uma listagem inicial de mais de 300 termos). Em seguida, foi utilizado um programa com um algoritmo simples, porém escrito especificamente para esta tarefa, que removeu as entradas repetidas, colocando ao lado de cada entrada da lista o número de repetições da candidata a entidade. A listagem gerada pelo filtro originou a tabela incluída no apêndice A, item A.3 (tabela A.2), da qual foi extraída a tabela 4.3.

Observou-se que apenas um número reduzido de termos (da tabela A.2) apresentava um número de repetições superior a 1. A ‘filtragem’ foi realizada com dois objetivos: tentar

¹Inclusive com pequenas diferenças como singular/plural e feminino/masculino de uma mesma palavra, o que foi levado em consideração na escolha final das candidatas a entidades

identificar as candidatas a entidade mais importantes (e portanto mais representativas) e selecionar aquelas candidatas que apresentavam relações com outras candidatas.

Em função do próprio conceito do modelo a ser desenvolvido (entidade- relacionamento), não havia sentido em manter aquelas candidatas a entidade que ocorriam uma única vez. Ainda assim, foi realizada uma avaliação crítica (subjativa), baseada nos critérios listados no item 3.5.3 do capítulo 3, na página 69, que resultou na eliminação algumas candidatas a entidade que apresentavam índice de repetição superior a 1 e na manutenção de algumas das candidatas a entidade com índice de repetição unitário. Essa foi, em suma, a operação que resultou na tabela 4.3 contendo as candidatas a entidade mais prováveis.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA TAXONOMIA DO PROJETO INFORMACIONAL.

Tornou-se clara a dificuldade intrínseca em se classificar um domínio de conhecimento tal como o do projeto informacional que, segundo Messac e Chen [37], ocorre devido ao fato de que a maioria dos seus conceitos é abstrata e depende de uma análise subjativa.

Ao se recortar tiras de papel com cada uma das entradas da tabela 4.3 e agrupando-as em categorias afins obtém-se a figura 4.2. Os termos similares ou equivalentes foram distribuídos em um folha de papel e circundados por traços na cor vermelha, obtendo um ‘*status*’ semelhante ao das categorias representadas por termos ímpares (ou ‘sozinhos’). As categorias subordinadas hierarquicamente foram unidas por linhas também na cor vermelha. Os itens que se entendeu representarem propriedades ou pertencerem à outras categorias presentes no esquema foram ligados a eles por linhas verdes. Assim, ‘materiais’ e ‘forma’ (com relação ao projeto informacional), são entendidos como itens pertencentes à categoria dos atributos específicos. Da mesma maneira, fase, etapa, tarefa e passo, são entendidos como propriedades que caracterizam um item do ciclo de vida, e não como categorias de informação. Finalmente, procurou-se ‘encabeçar’ os agrupamentos de termos equivalentes pelo termo julgado mais apropriado.

Em seguida, notou-se que algumas das categorias criadas da maneira descrita acima, não apresentavam, na opinião do modelador, relação com a metodologia do projeto informacional, no sentido de não serem informações presentes na metodologia do mesmo. Neste passo, foram eliminados os seguintes termos: empresa, ferramentas, equipe e soluções de projeto. Finalmente observou-se que o item do ciclo de vida ‘desenvolvimento do produto’ possuía duas categorias: ‘pesquisa de mercado’ e ‘projeto’, o que está correto do ponto de vista da modelagem. Do ponto de vista da metodologia do projeto informacional, a fase de pesquisa de mercado não deve ser levada em consideração, pois ela determina que atributos, necessidades *etc.* o produto deve possuir mas não requer para si própria que o produto possua ou satisfaça a nenhum destes tipos de informação. Por exemplo, a fase de armazenamento pode requerer que o produto possua um atributo tal como ‘embalabilidade’ ou, ser ‘embalável’. Portanto, excluiu-se o item ‘pesquisa de mercado’ e, junto com ele, o item ‘desenvolvimento do produto’, por passar a possuir somente uma subcategoria.

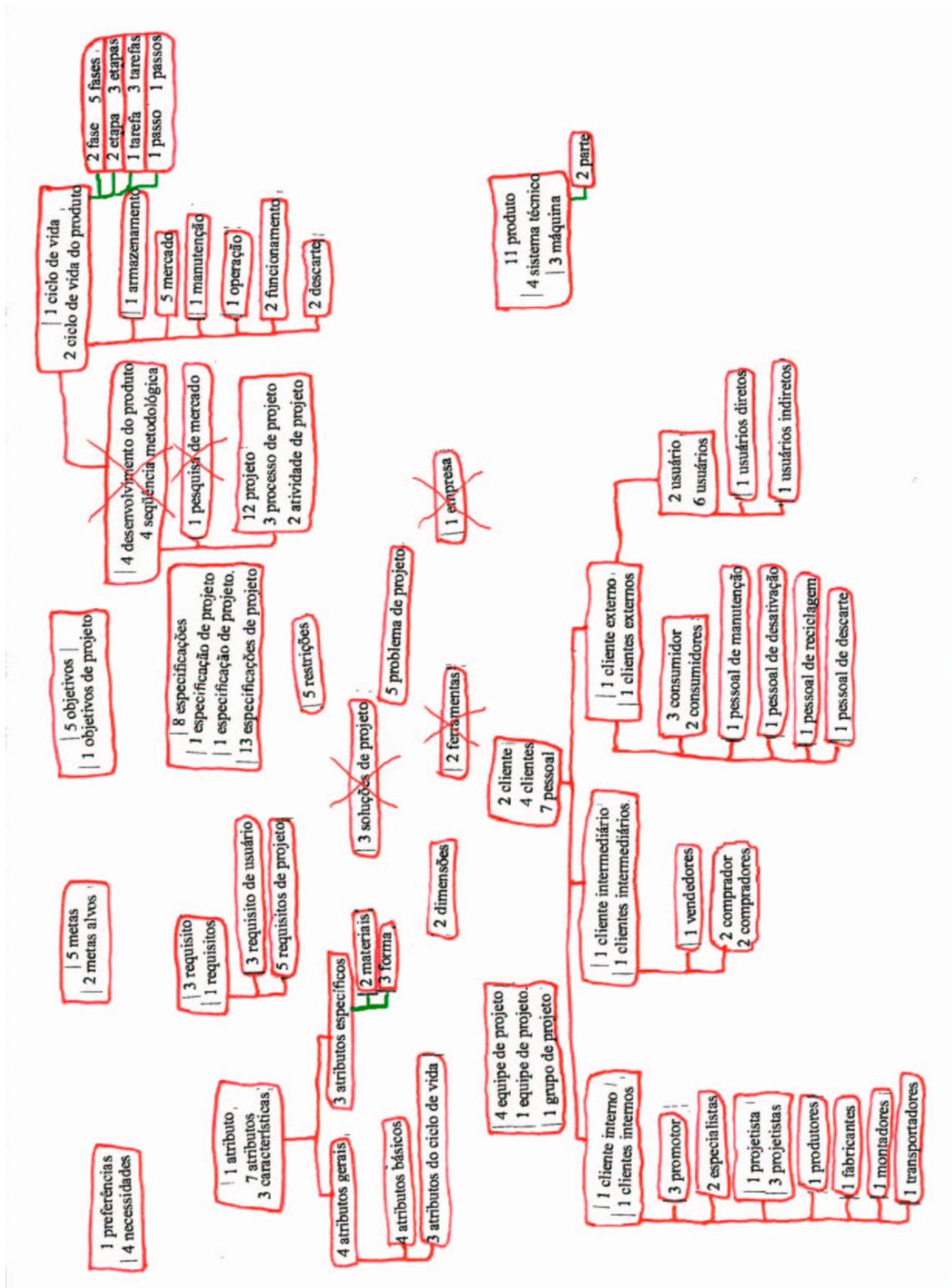


Figura 4.2 : Rascunho do processo de criação da taxonomia do projeto informacional.

A taxonomia resultante, cujo diagrama em árvore é mostrado na figura 4.3, foi desenvolvida a partir da lista final de entidades e obtida pelo processo descrito anteriormente. As categorias de informação foram agrupadas de acordo com as indicações fornecidas na tabela 4.2 e de acordo com a própria avaliação do modelador, e.g., ‘Aqueles expressões espontâneas ...relacionadas com o projeto ou o com o produto’, resultou na categoria de informação ‘Necessidades do Produto do Processo de Projeto Informacional’. Seguindo-se as

ramificações pode-se facilmente identificar as categorias de informação. Por exemplo, 'Projeto Informacional possui categoria de Cliente Externo do Descarte', onde Descarte é uma 'folha' (*leaf*) na árvore, da mesma maneira que 'Requisito' é uma categoria de Projeto Informacional.

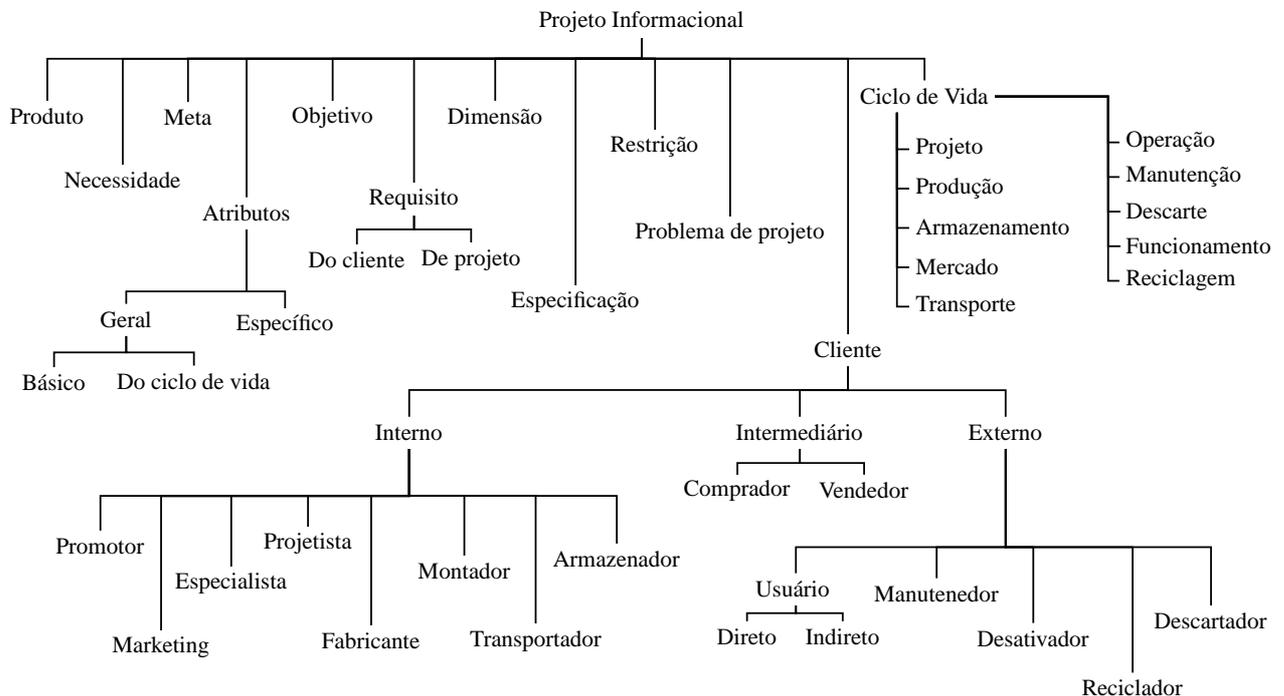


Figura 4.3 : Taxonomia do Projeto Informacional.

O item 3.1.1, do capítulo 3, expõe algumas propriedades das taxonomias. Pode-se afirmar que a mais difícil de se obter é a completude taxonômica e, quanto a isto, parece não haver muito o que fazer. Entretanto, a completude não é a única propriedade difícil de se obter. Também a questão da ortogonalidade perceptual criou um problema: como fazer se, por exemplo, um cliente inicia um projeto dentro de uma categoria e depois troca de categoria? Imagine-se a seguinte situação: Um engenheiro do setor de manufatura é convidado a participar do projeto desde a sua fase inicial, como deve ser classificado? Como um cliente interno da produção ou como um cliente interno projetista? Assim, pode-se dizer que uma pessoa que trabalhe como engenheiro de manufatura pode ser classificado também como um projetista quando estiver participando de uma equipe de projeto e, portanto, as duas categorias taxonômicas não seriam ortogonais ou mutuamente exclusivas. Utilizou-se do seguinte argumento para resolver o problema: o fato de que, para os fins do projeto informacional, é maior o interesse em se analisar 'papéis' do que cargos propriamente ditos. Assim, um engenheiro de manufatura pode, em dado momento, exercer o papel de cliente interno da manufatura e, um outro momento, exercer o papel de projetista (como membro da equipe de projeto).

Observa-se, finalmente, que a taxonomia é capaz de indicar os tipos de informação necessárias, porém não é capaz de indicar as muitas relações existentes entre as diversas categorias de informações.

4.3 CRIAÇÃO DO MODELO BASE

4.3.1 Identificação dos relacionamentos entre entidades

Durante a definição das entidades mostrada no item 4.1.2, cujo exemplo foi dado na tabela 4.2, observou-se que muitos dos conceitos eram definidos em função de outros termos presentes na tabela, caracterizando relacionamentos entre os conceitos. A figura 4.4 exemplifica o processo de identificação dos relacionamentos.

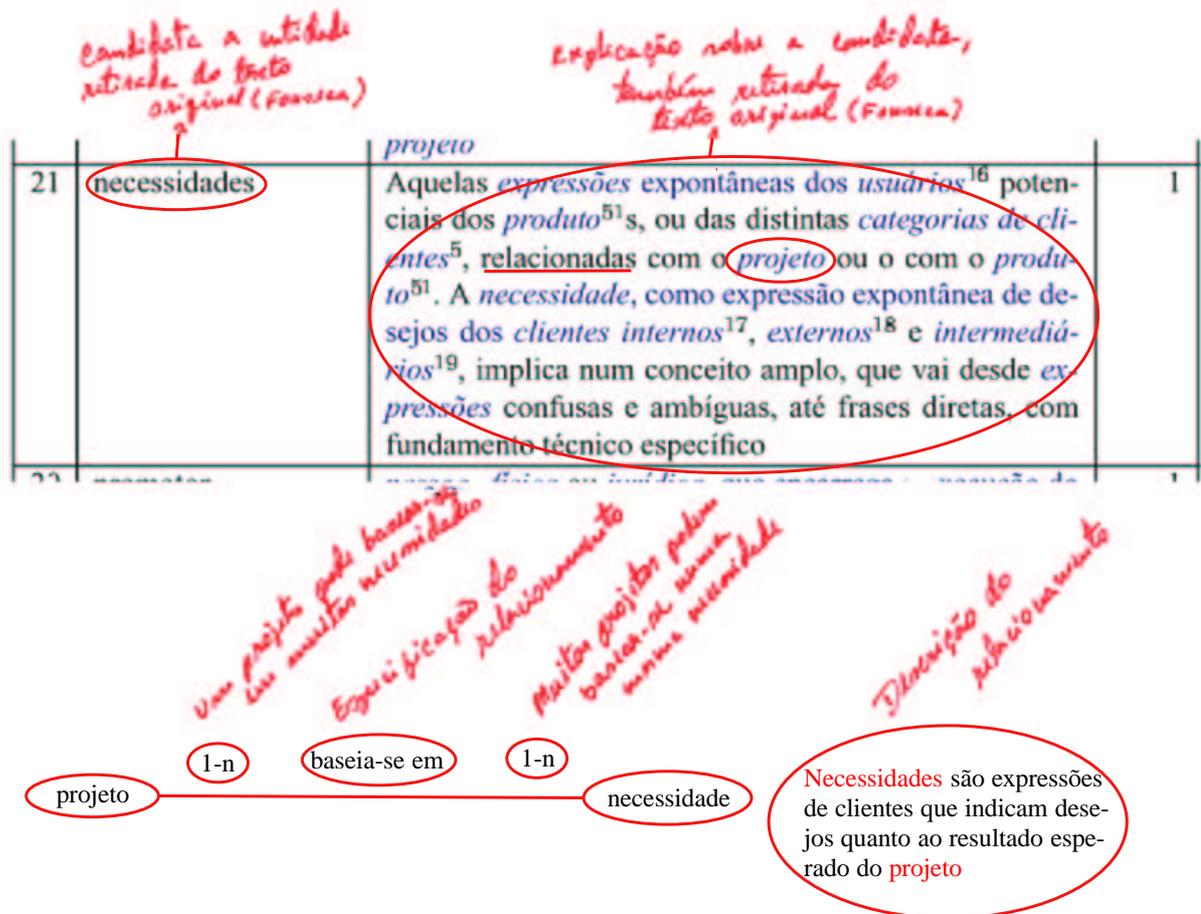


Figura 4.4 : Processo de identificação dos relacionamentos entre entidades.

A figura 4.4 é um esquema dos processos de identificação e definição dos relacionamentos utilizando exemplos retirados das tabelas A.1 e A.3 do apêndice A. No esquema, foi utilizada a tabela A.3 por ser mais completa e, embora fosse possível fazer a passagem mostrada, realizou-se ainda um passo intermediário, requerido pela metodologia do IDEF1X, que foi a construção da matriz de relacionamentos mostrada na figura 4.5. Assim, a matriz de relacionamentos foi construída observando-se as referências cruzadas descritas no item de identificação das candidatas a entidades.

Relacionamento entre entidades	X - Existe relação																																
	projeto	mercado	produto	cliente	usuário	especialista	problema de projeto	ciclo de vida	descarte	comprador	cliente interno	projetista	cliente externo	cliente intermediário	promotor	necessidade	requisito	requisito do cliente	requisito de projeto	dimensão	especificação	meta	objetivo	restrição	atributo	atributo geral	atributo do ciclo de vida	atributo básico	atributo específico				
projeto	X			X	X		X				X				X	X					X				X			X					
mercado		X				X	X_p					X_{pd}	X															X					
produto			X			X	X	X					X												X	X	X	X	X				
cliente	X			X												X		X							X	X							
usuário	X		X		X								X			X		X							X	X							
especialista		X	X			X																X	X	X									
problema de projeto		X_p					X															X	X	X									
ciclo de vida	X		X				X	X																X	X	X							
descarte							X	X																									
comprador									X																								
cliente interno	X									X		X				X																	
projetista		X_{pd}									X	X							X														
cliente externo	X	X	X		X								X			X																	
cliente intermediário		X								X				X		X																	
promotor	X													X	X																		
necessidade	X		X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X							X							
requisito																X	X	X	X														
requisito do cliente				X	X							X				X	X	X	X				X_j										
requisito de projeto													X				X	X	X														
dimensão																			X	X												X	
especificação	X																		X	X													
meta							X												X	X													
objetivo							X										X_j																
restrição							X												X														
atributo	X		X				X																		X	X	X	X	X	X	X	X	X
atributo geral			X	X	X		X									X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
atributo do ciclo de vida			X				X																		X	X	X	X	X	X	X	X	X
atributo básico	X	X	X																						X	X	X	X	X	X	X	X	X
atributo específico			X																	X					X	X							

X_p Pesquisa de Mercado

X_j Objetivo do Projeto

X_{pd} Pesquisa de Mercado X Departamento de Projeto

Figura 4.5 : Matriz de relacionamento entre entidades.

Na matriz, as entidades são colocadas sequencialmente nas colunas vertical e horizontal. A diagonal principal da matriz não é preenchida. Os outros pontos de cruzamento utilizam um **X** para ratificar a existência de um relacionamento. Algumas exceções à marcação de **X** simples foram encontradas. Por exemplo, a lista de candidatas continha a entrada 'pesquisa de mercado'.

e, no texto original ‘pesquisa de mercado’ está relacionada com ‘problema de projeto’. Assim, algumas ‘extrapolações’ foram feitas, tais como considerar que se pesquisa de mercado estava relacionada com problema de projeto, então, é possível que o item do ciclo de vida ‘mercado’ também possua relação com problema de projeto. Estas considerações foram destacadas na matriz através de índices para os quais as informações originais são discriminadas na legenda.

A matriz de relacionamentos reflete a identificação das referências cruzadas destacadas na tabela 4.2, porém não é suficiente para determinar a existência e a natureza do relacionamento. Por isso, buscou-se definir um a um cada relacionamento identificado, através de análises do texto original e de avaliações de cunho subjetivo. Observou-se ainda que o processo de construção da matriz relacionamentos e definição dos mesmos tornou-se iterativo. Na medida em que, ao tentar definir um relacionamento, verificava-se a impossibilidade de fazê-lo ou que se tratava de um relacionamento indireto, fazia-se também a remoção da marcação do relacionamento na matriz. Em casos extremos, onde não foi possível definir nenhum relacionamento para uma determinada entidade, removeu-se também a sua entrada na matriz. A figura 4.5 apresenta a matriz final resultante desse processo e, portanto não contém diversas entradas e marcações que foram removidas em função da tabela A.3.

4.3.2 Definição dos relacionamentos

A fim de definir os relacionamentos, foi criada uma tabela onde, para cada relacionamento entre entidades, foi inserida uma entrada contendo os nomes das entidades, a cardinalidade do relacionamento, o seu nome e a sua definição. Para alguns itens não se conseguiu definir o relacionamento e a entrada correspondente na tabela foi deixada em branco. O fragmento mostrado na tabela 4.4 ilustra o processo de definição dos relacionamentos entre entidades.

A tabela completa contendo as definições dos relacionamentos foi incluída no apêndice A, tabela A.3. Durante o preenchimento da tabela observou-se a existência de alguns relacionamentos indiretos (um fato natural, de acordo com o material sobre modelagem com IDEF1X apresentado no capítulo 3, item 3.5.4). Tais ocorrências foram anotadas no campo de definição do relacionamento, indicando o item através do qual o relacionamento tornava-se indireto.

A interpretação do texto original extraído das fontes relacionadas criou, em alguns casos, problemas quanto à definição de relacionamentos entre as entidades destacadas do texto. Por exemplo, a relação de número 71 da tabela A.3 (incluída no exemplo da tabela 4.4) originou-se na entrada número 21 da tabela A.1 (exemplificada na tabela 4.2). O texto da tabela aponta um relacionamento entre a candidata a entidade ‘necessidade’ e a outra candidata ‘projeto’. Apesar das experiências anteriores com ocorrências deste tipo em relações inexistentes ou indiretas, neste caso, houve ainda a dificuldade em estabelecer a existência da relação, pois o texto permite mais de uma interpretação. Se considerarmos que o autor posicionou a vírgula com propriedade, então a relação existe e a frase ‘relacionadas com o projeto ou com o produto’ (ver tabela apresentada no item A.2, entrada n. 21) refere-se às ‘expressões espontâneas dos usuários potenciais do produto, ou das distintas categorias de clientes’. Se for desconsiderada

a vírgula, então a primeira frase refere-se, de fato, à ‘distintas categorias de clientes’ e neste caso a relação entre ‘necessidade’ e ‘processo de projeto’ inexistente. Nestes casos, prevaleceu o julgamento subjetivo do modelador.

Tabela 4.4 : Definição dos relacionamentos entre entidades.(parte da tabela A.3)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
31	Cliente	1 - n	1	Pessoal	É uma categoria de	Cientes são Pessoas físicas ou jurídicas afetadas pelo desenvolvimento do produto.
32		1 - n	1 - n	Desenvolvimento do produto	Fornecer subsídios para o / condiciona	O Desenvolvimento do produto é voltado à satisfação das necessidades dos Clientes.
33		1 - n	1 - n	Necessidade	Tem	As Necessidades são os desejos expressos dos Clientes quanto ao produto.
...
36	Usuário	1	1	Consumidor	É um tipo de	Usuários e compradores pertencem à categoria mais geral de Consumidores.
37				Pessoal		Relação indireta. Contemplada em 36.
38				Desenvolvimento do produto		Relação indireta. Contemplada em 14.
...
70	Processo de projeto	1-n	1-n	Pessoal	Envolve	Pessoal é a denominação utilizada para identificar os participantes diretos e indiretos do Processo de projeto.
71				Necessidade		Relação indireta. Contemplada em?

C1 - Cardinalidade da entidade 1

C2 - Cardinalidade da entidade 2

4.3.3 Construção do diagrama de nível de entidade

Para a construção do primeiro diagrama de entidades foi utilizada a matriz de relacionamentos descrita anteriormente. Em função da taxonomia desenvolvida anteriormente, criou-se logo de início os grupos de cliente e ciclo-de-vida, mostrados nas figuras 4.6 e 4.7.

Observe-se na figura 4.6 que o grupo de cliente é fechado com relação aos clientes internos, intermediários e externos, sendo estas as únicas categorias permitidas. As subcategorias de clientes internos, intermediários e externos admitem novos componentes, por isso utilizam uma simbologia de grupo aberto.

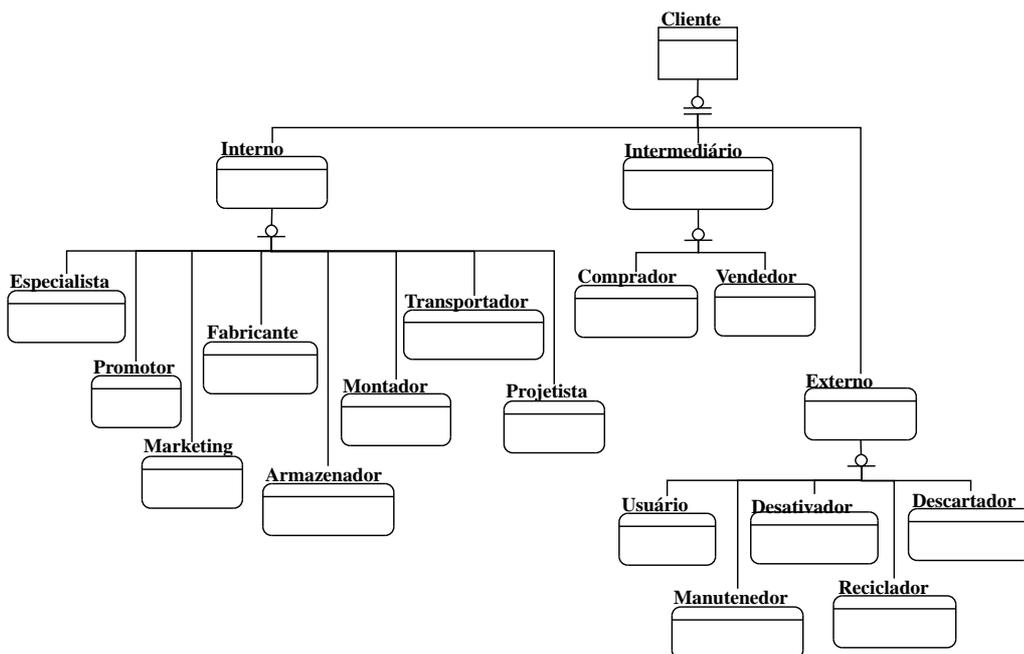


Figura 4.6 : Grupo de entidades de clientes.

O grupo de entidades do ciclo de vida admite outras fases além das relacionadas, por isso também a utiliza a simbologia de grupo aberto.

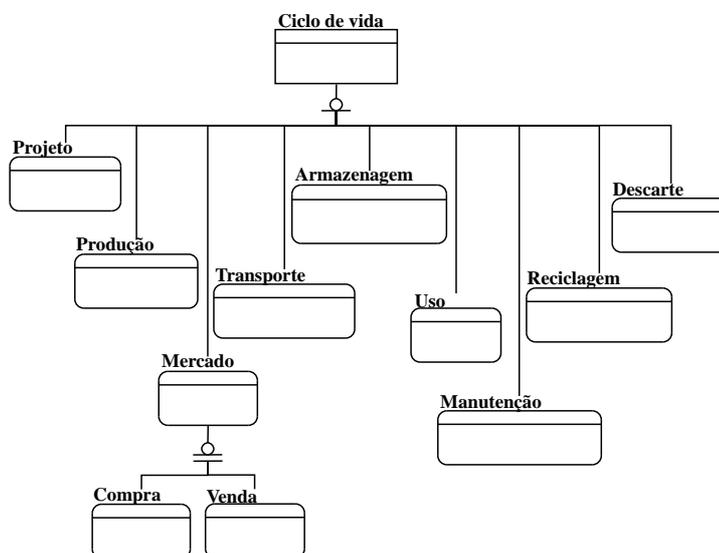


Figura 4.7 : Grupo de entidades do ciclo-de-vida.

Após a identificação dos relacionamentos de categorização descrita anteriormente, com o auxílio da matriz relacionamentos foram identificados os relacionamentos entre as entidades, construindo-se o primeiro diagrama de entidades (figura 4.8).

O diagrama de entidades mostrado na figura 4.8 tornou-se bastante complexo, com algumas entidades envolvidas em diversos relacionamentos, *e.g.*, ‘produto’ possui seis relacionamentos, assim como ‘projetista’, além de outros como especificação, requisito de projeto *etc.* também com grandes quantidades de relacionamentos.

Por outro lado, algumas entidades não estabeleceram quaisquer outros relacionamentos além dos de categorização, definidos anteriormente. Este foi o caso para a maioria das subcategorias de cliente e do ciclo de vida. A melhor explicação talvez seja a hipótese de que o papel destas entidades no projeto informacional ainda não é bem conhecido. Ainda assim, a sua manutenção no modelo é considerada importante para fins de rastreabilidade no processo de projeto, pois ao classificar o cliente é possível identificar as instâncias de outras entidades que foram inseridas no modelo pelo mesmo, durante o projeto de um produto. Da mesma maneira, pode-se utilizar da classificação das fase do ciclo de vida para identificar a qual delas pertence determinada instância de outra entidade.

Quanto à forma de interpretação do modelo, pode-se ler a informação contida no modelo de duas maneiras: com a prática, a linguagem utilizada pelo modelo pode ser diretamente utilizada na compreensão das informações ou pode-se fazer uma tradução formal para a linguagem natural. Por exemplo, observe-se no modelo apresentado na figura 4.8 o relacionamento entre a entidade ‘cliente’ e a entidade ‘necessidade’, o qual pode ser lido como: ‘um cliente pode estar relacionado a várias necessidades assim como uma necessidade pode ser relativa a mais de um cliente’. O exemplo dado anteriormente traduziu um relacionamento não específico, um exemplo de relacionamento específico (não identificador) é a relação entre as entidades ‘especificação’ e ‘requisito de projeto’, que pode ser lida como: ‘uma especificação é relativa a apenas um requisito de projeto’. Observe-se que os verbos utilizados nas frases para ligar as entidades foi ‘relacionar’, pois neste primeiro diagrama ainda não havia sido realizada a definição dos relacionamentos.

Ao preencher a tabela de definição dos relacionamentos e observando-se o primeiro diagrama construído, viu-se que ainda haviam alguns relacionamentos indiretos. Assim, os relacionamentos foram revistos, resultando em uma nova matriz de relacionamentos mostrada na figura 4.9 e em um novo diagrama de entidades (mostrado na figura 4.10).

Para que se possa ter idéia das modificações, a matriz ilustrada na figura 4.9 traz os relacionamentos novos e aqueles que foram mantidos durante esta etapa marcados em fundo mais escuro.

Com relação ao diagrama resultante, ao observar o primeiro diagrama de entidades, vê-se um exemplo claro de relacionamento indireto nos relacionamentos identificados por ‘Produto é usado por Usuário’ e ‘Produto é usado por Cliente Externo’. Nestes casos, optou-se por manter a relação mais generalista, *i.e.*, ‘Produto é usado por Usuário’.

Relacionamento entre entidades	X - Existe relação																												
	projeto	mercado	produto	cliente	usuário	especialista	problema de projeto	ciclo de vida	descarte	comprador	cliente interno	projetista	cliente externo	cliente intermediário	promotor	necessidade	requisito	requisito do cliente	requisito de projeto	dimensão	especificação	meta	objetivo	restrição	atributo	atributo geral	atributo do ciclo de vida	atributo básico	atributo específico
projeto	X			X	X			X			X			X	X						X				X			X	
mercado		X				X	X _p					X _{pd}	X								X							X	
produto			X		X	X	X						X			X									X	X	X	X	X
cliente	X			X									X			X		X							X	X	X	X	X
usuário	X		X										X			X		X							X	X	X	X	X
especialista		X	X																			X	X	X					
problema de projeto		X _p																				X	X	X					
ciclo de vida	X		X					X																X	X	X			
descarte							X	X																					
comprador					X					X				X															
cliente interno	X			X							X				X														
projetista		X _{pd}	X								X	X					X		X										
cliente externo	X	X	X		X								X																
cliente intermediário		X		X						X				X															
promotor	X										X				X														
necessidade	X		X	X	X						X	X	X			X	X	X								X			
requisito																X	X	X	X										
requisito do cliente				X	X							X				X	X	X	X				X _j						
requisito de projeto																X	X	X	X										
dimensão																				X	X								
especificação	X																			X	X	X	X	X					
meta							X															X	X	X					
objetivo							X										X _j					X	X	X					
restrição							X														X	X							
atributo	X		X					X																	X	X	X	X	X
atributo geral			X	X	X			X								X								X	X	X	X	X	X
atributo do ciclo de vida			X					X																	X	X	X	X	X
atributo básico	X	X	X																					X	X	X	X	X	X
atributo específico			X																	X				X	X	X	X	X	X

X_p Pesquisa de Mercado

X_j Objetivo do Projeto

X_{pd} Pesquisa de Mercado X Departamento de Projeto

Figura 4.9 : Matriz de relacionamentos entre entidades após filtragem de relacionamentos indiretos.

De acordo com a revisão do método IDEF1X realizada no capítulo 3, é comum que os modeladores (em especial os iniciantes) identifiquem uma quantidade excessiva de relacionamentos entre as entidades, principalmente na fase de preenchimento da matriz de relacionamentos e na construção do primeiro diagrama de entidades (ver pág. 74). Esta tendência pode ser observada no modelo apresentado na figura 4.8.

Com base no preenchimento da tabela de definição dos relacionamentos e a conseqüente reavaliação dos relacionamentos entre as entidades do modelo, foi construído um novo modelo, mostrado na figura 4.10. Neste, houve uma diminuição significativa na quantidade relacionamentos. Por exemplo, a entidade ‘produto’, que antes apresentava seis relacionamentos, passou a apresentar apenas dois, ‘necessidade’ que apresentava cinco, passou a ter apenas três e assim por diante. Além disso, o novo modelo já apresenta os nomes dos relacionamentos entre as entidades, permitindo traduções como: ‘um produto pode ser usado por vários usuários assim como um usuário pode usar vários produtos’ ou ‘um requisito de cliente pode originar vários requisitos de projeto assim como um requisito de projeto pode derivar de vários requisitos de cliente’.

Observou-se no modelo uma grande afinidade entre determinadas entidades e, a partir desta afinidade, criou-se um novo grupo de entidades, a qual foi denominada ‘informação de projeto’, da qual seriam derivadas necessidades, atributos, requisitos etc. O novo grupo de entidades é mostrado na figura 4.11. A afinidade foi identificada através da observação do conjunto de relações entre as entidade da porção superior esquerda do modelo e do conjunto de relações que esta estabeleciam com o restante das entidade do modelo, principalmente os grupos de cliente e de ciclo de vida.

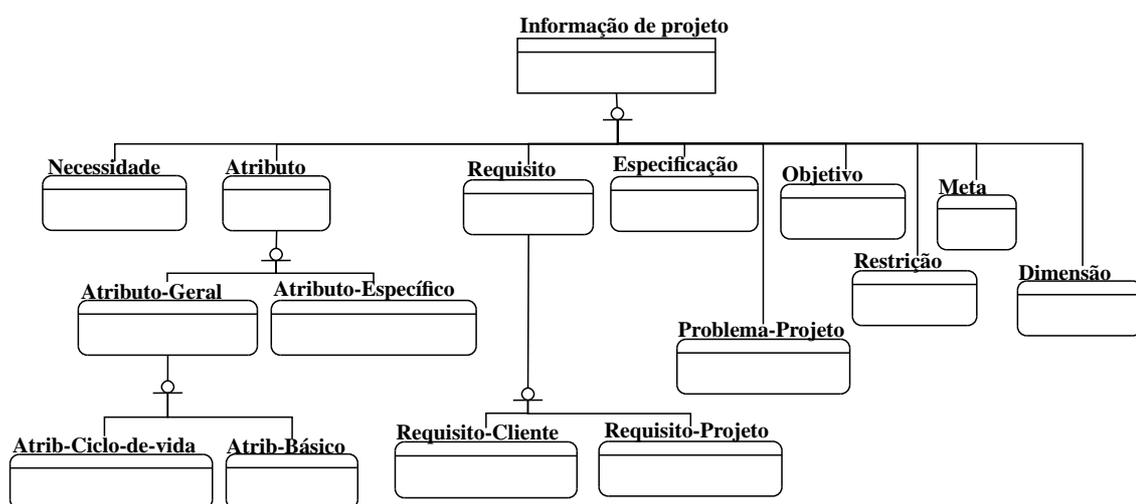


Figura 4.11 : Grupo de entidades de informações de projeto.

O diagrama contendo o novo grupo de entidades denominado ‘informação de projeto’ é mostrado na figura 4.12. Em virtude da dificuldade de abranger todas as informações de projeto, estes agrupamentos não constituem categorias únicas. O símbolo de grupo aberto é utilizado para identificar a possibilidade de existirem outros tipos informação de projeto.

Com isso, o modelo passa a ser constituído por apenas quatro entidades independentes: 'informação de projeto', 'cliente', 'ciclo de vida' e 'produto'.

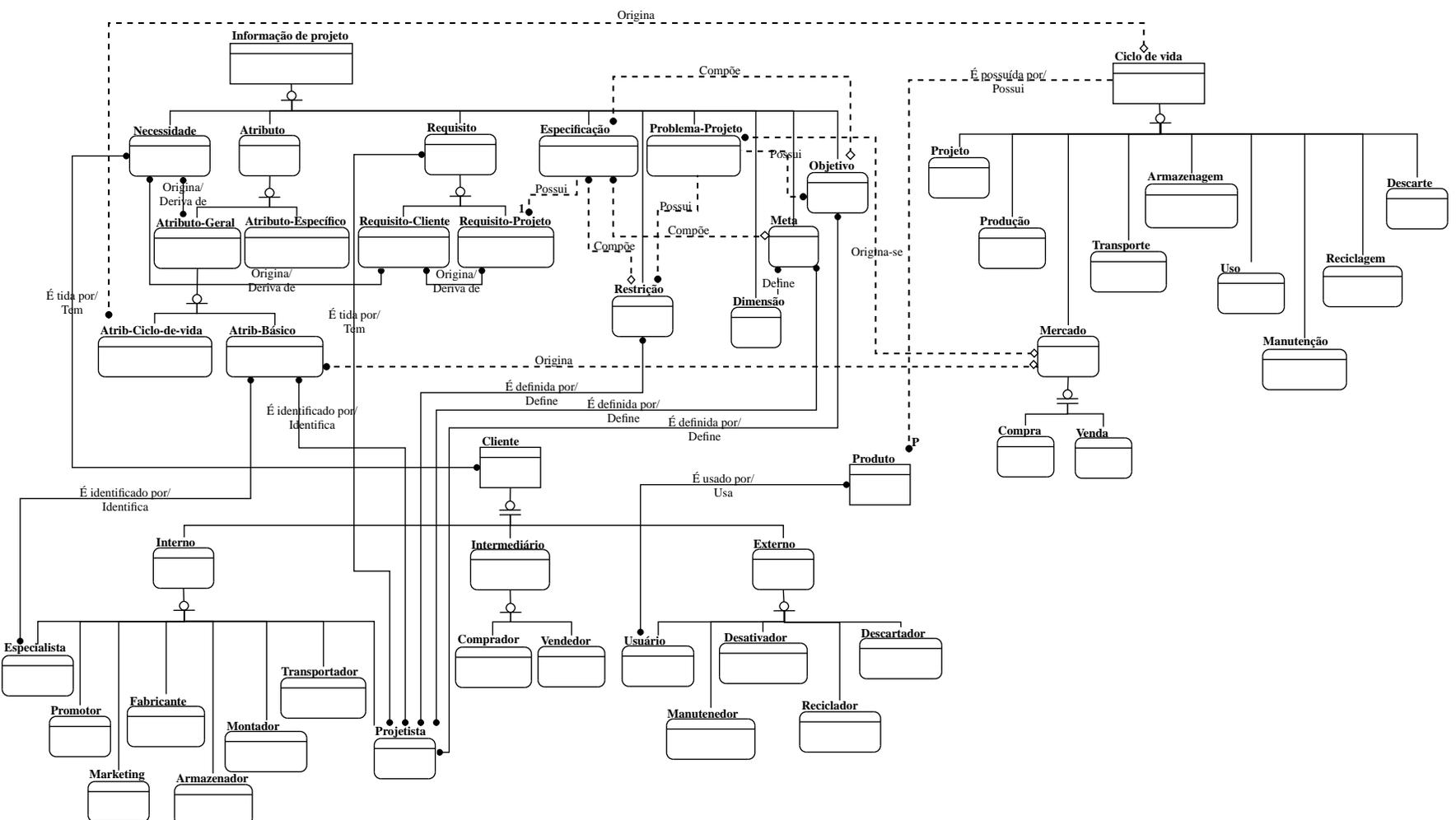


Figura 4.12 : Modelo IDEFIX para a fase de projeto informacional (Revisão 2).

4.4 REFINAMENTO DO MODELO

Uma vez definido modelo base iniciou-se o processo de refinamento do mesmo. A fim de facilitar a visualização do processo de refinamento, foram utilizadas vistas parciais que serão explicadas a seguir.

4.4.1 Resolução de relacionamentos não específicos

O primeiro grupo de relacionamentos não específicos encontrava-se dentro do grupo denominado ‘informação de projeto’. Neste caso, os relacionamentos não específicos ocorriam entre: ‘necessidade’ e ‘atributo geral’, ‘necessidade’ e ‘requisito do cliente’ e entre ‘requisito do cliente’ e ‘requisito de projeto’. O refinamento de um relacionamento não específico (muitos-para-muitos) é conseguido através da inserção de uma ‘entidade de relacionamento’, conforme o item da página 79, de forma que cada uma das entidades, para as quais está sendo realizado o refinamento, passa a ter uma relação específica (um para um, N ou mais) com a entidade de relação, o que pode ser visto na figura 4.13. Para maior facilidade de visualização, tais ‘entidades de relação’ são mostradas com a sua caixa em um fundo cinza.

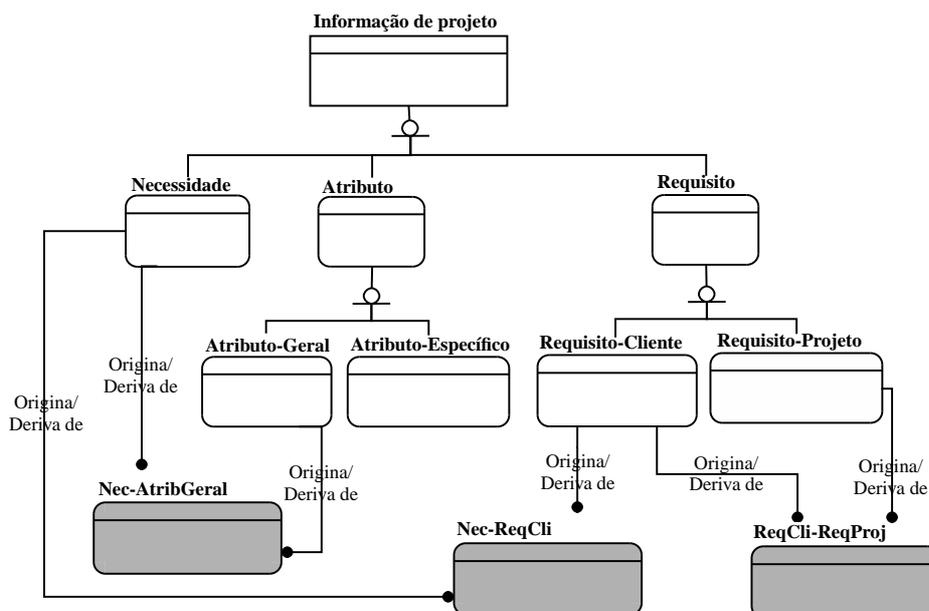


Figura 4.13 : Refinamento dos Relacionamentos não-específicos entre entidades da categoria informação.

Os outros relacionamentos não específicos ocorriam entre determinadas categorias do grupo de ‘informação de projeto’, com grupo de ‘cliente’ e a entidade ‘produto’. Da mesma maneira que na vista anterior, os relacionamentos não específicos foram resolvidos através de entidades de relação, mostradas em ambos os casos em caixas de fundo na cor cinza (ver figura 4.14).

Ao todo foram inseridas 11 entidades de relação, aumentando o número total de entidade de 48 para 59. É importante observar que as entidades de relação são entidades ‘filhas’, representadas por caixas de cantos arredondados, pois para existirem é imperativa a existência de instâncias das duas entidades que se relacionam.

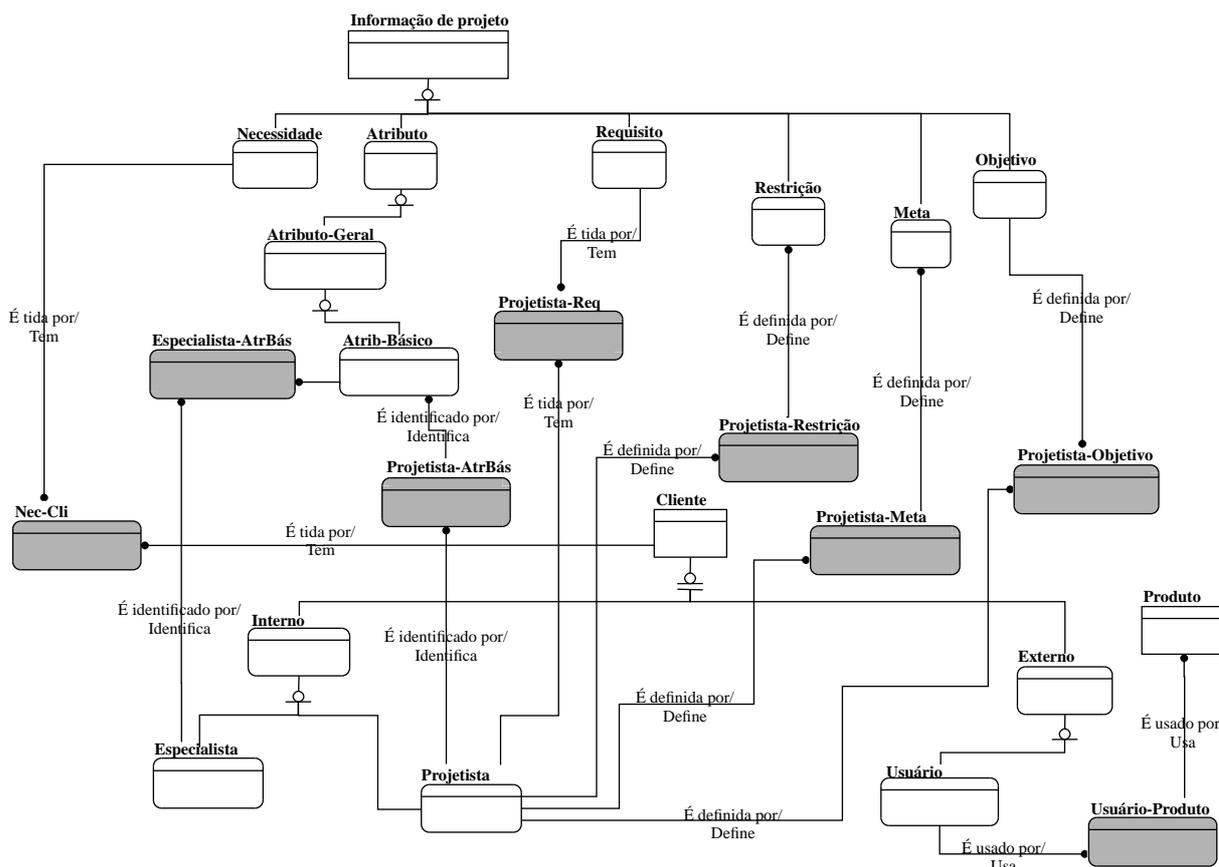


Figura 4.14 : Refinamento de relacionamentos não específicos entre entidades.

Um exemplo de como devem ser entendidas as entidades de relacionamento é: imagine-se o projeto de um produto para o qual foram definidos como atributos básicos² ‘estética’ e ‘ergonomia’ e, para isso é necessário (ou seja, é uma necessidade) que o produto gere um bem-estar no cliente. Assim, a entidade de relação entre ‘necessidade’ e ‘atributo geral’ possuirá duas instâncias: a primeira contendo os atributos chave das instâncias de entidade ‘estética’ e ‘bem-estar do cliente’ e a segunda contendo os atributos chave das instâncias de entidade ‘ergonomia’ e ‘bem-estar do cliente’. O modelo e as tabelas da implementação física, para o exemplo dado, encontram-se representados na figura 4.15.

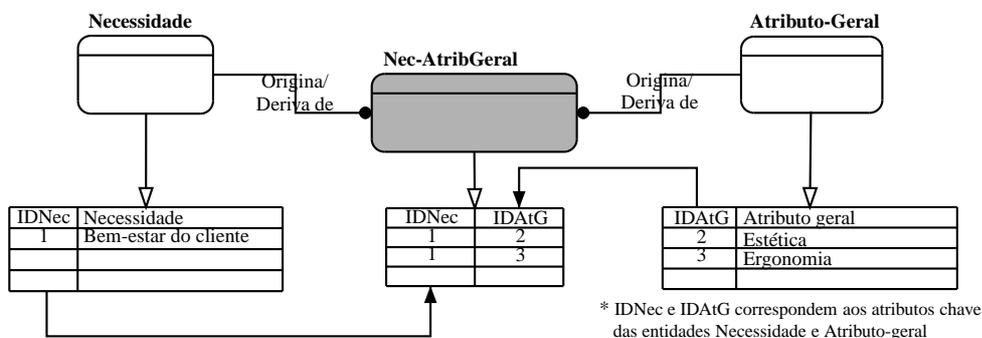


Figura 4.15 : Significado físico das entidades de relação.

²Observe-se que atributo básico é uma categoria de atributo geral

O diagrama da figura 4.16 mostra as duas vistas em conjunto, com as entidades e relacionamentos após os refinamentos. Foram retiradas do diagrama (por razões estéticas) apenas as entidades de categoria que não apresentavam relacionamentos com outras entidades além da entidade ‘pai’ da categoria. Observe-se, por exemplo, que ‘cliente’ possui uma categoria denominada ‘cliente intermediário’, que não apresenta relações com outras entidades além de ‘cliente’ (da qual constitui uma categoria).

Refinados os relacionamentos não específicos, o passo seguinte é a definição dos atributos (chave e não chave) e a migração dos atributos chave.

4.4.2 Identificação e migração das chaves e população com atributos

Com relação os atributos chave, adotou-se uma política de estabelecer números identificadores para as instâncias das entidades. Na prática, foram criados ID... para identificar as entidades, onde cada ID... assume um valor inteiro único para cada instância em particular da entidade.

À primeira vista, como o modelo tem apenas quatro entidades independentes, seriam necessários somente quatro ID... No entanto, como foi visto no item 3.5.5 da página 81, do cap. 3, quando uma entidade é chave mais de uma vez, é necessário agregar ao nome da chave o nome dado à relação (*role*) através da qual o atributo foi exportado. No modelo do PI ocorreu algo diferente do previsto no item , porém com o mesmo efeito prático: algumas relações entre entidades do grupo ‘informação de projeto’ exportava o campo chave. Assim foi no caso da entidade ‘requisito do cliente’; como ‘necessidade’ e ‘atributo básico’ exportavam as suas chaves, ‘requisito do cliente’ terminaria por possuir três ‘IDInfo’ (nome dado ao atributo chave das entidades derivadas de ‘informação de projeto’), um próprio e dois ‘importados’.

Como saber que IDInfo pertencia à qual entidade? decidiu-se por agregar ao nome do atributo chave exportado o nome da entidade ‘exportadora’. Portanto, no exemplo dado, a entidade ‘requisito do cliente’ passaria a possuir os atributos: ‘IDInfo’, ‘IDInfoAtBás’ e ‘IDInfoNec’.

A metodologia do IDEF1X prevê a utilização de uma ferramenta para auxiliar na determinação e na migração dos atributos chave e não chave. Tal ferramenta é conhecida como ‘matriz de atributos’. Nesta matriz, os atributos são listados em uma coluna enquanto as entidades são listados na outra. Em seguida, foram utilizadas as siglas: ‘O’ - *Owned*, ‘K’ - *Primary key*, ‘M’ - *Migrated* e ‘A’ - *Alternate*.

O ‘O’ colocado na interseção de um atributo com uma entidade estabelece o atributo como pertencente à mesma. O ‘K’ indica que o atributo é único e identifica cada instância da entidade, ou seja, identifica um atributo chave da entidade. Assim, uma marcação ‘OK’ indica um atributo que pertence à entidade e é chave para identificação das suas instâncias. O ‘M’ indica que o atributo foi migrado para determinada entidade. O ‘A’ é uma marcação que indica que embora o atributo não pertença ao campo chave da entidade, pode ser utilizado para identificar suas instâncias, constituindo uma chave alternativa (ou uma alternativa de chave). Destas marcações, apenas o ‘M’ foi identificado através da observação do diagrama de entidades, em função do

tipo de relacionamento entre as entidades. As outras marcações foram realizadas através de julgamento subjetivo.

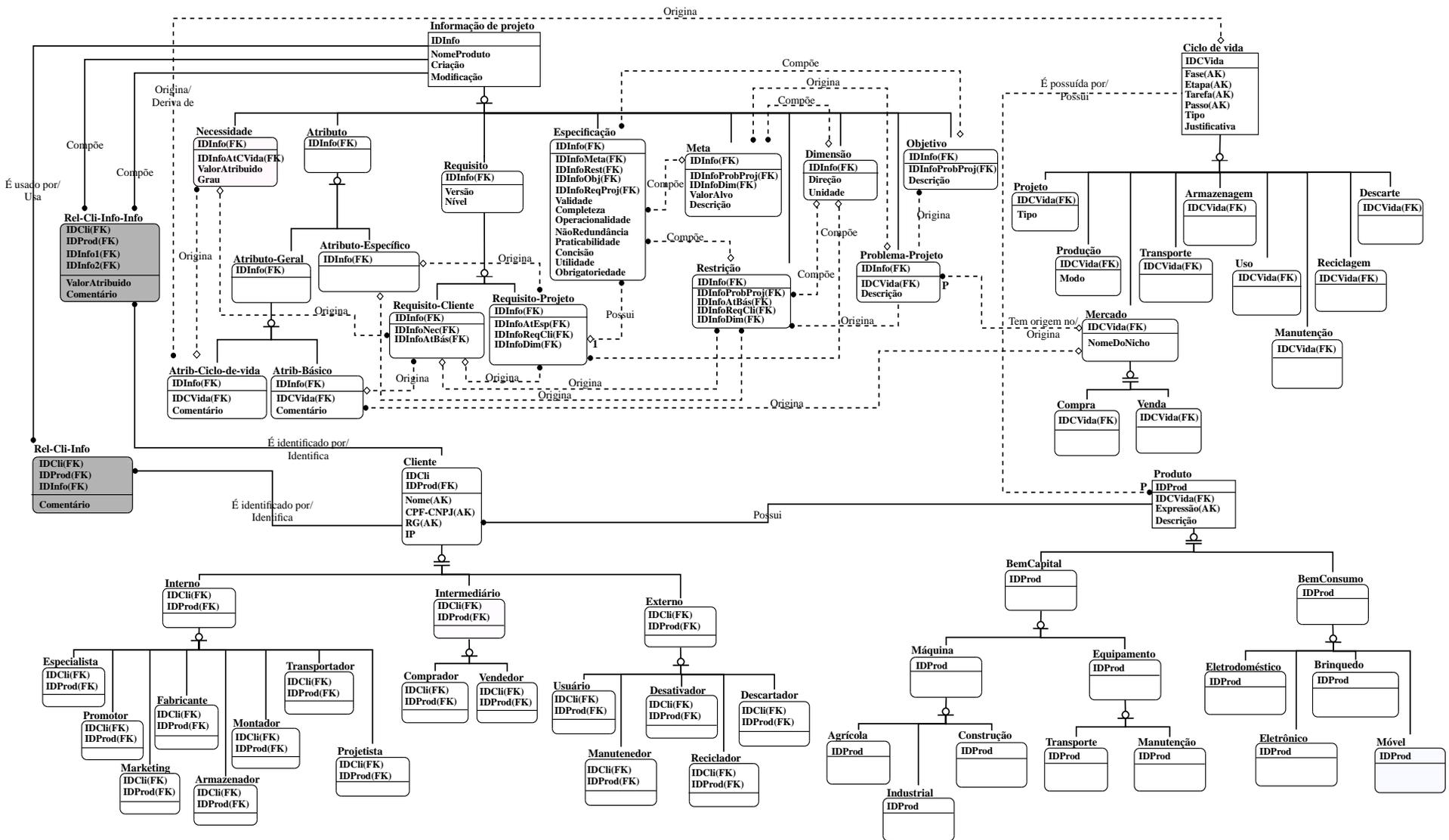
A figura 4.17 apresenta a matriz de atributos final. As matrizes anteriores, permitiram uma grande simplificação no diagrama de entidades da figura 4.16. Observou-se ao preencher as primeiras matrizes de atributos que os atributos das entidades de relação, resultantes do refinamento dos relacionamentos não específicos, repetiam-se em todas as entidades de relação. Esta constatação levou à fusão das entidades de relação anteriores em apenas duas entidades de relação mais gerais: uma entidade relacionando 'cliente' a 'informação de projeto' e outra relacionando instâncias da entidade 'informação de projeto' (de forma a tornar possível identificar relações entre atributos básicos, necessidades e requisitos do cliente, requisitos do cliente e requisitos de projeto e outras, inclusive entre instâncias da mesma categoria) e do 'cliente' (permitindo a identificação do cliente que realizou o relacionamento).

Além das alterações descritas anteriormente, uma outra modificação foi efetuada, a entidade de relação entre 'usuário' e 'produto' foi extinta e realizada uma ligação entre 'cliente' e 'produto', permitindo generalizar as relações entre clientes e produtos.

Com relação ao diagrama de entidades final, mostrado na figura 4.18 e resultante da modelagem, pode-se enumerar as seguintes modificações e propriedades:

- A entidade 'produto' foi transformada em um grupo, cujas entidades de categoria foram obtidas da classificação de produtos realizada por Fonseca [16].
- A entidade 'informação de projeto' e suas entidades de categoria não possuem atributos chave identificadores de cliente ou produto. Isto significa que as informações existirão na base independente do cliente que esteja acessando a base ou do projeto que esteja em curso.
- Como as instâncias de 'informação de projeto' independem do cliente ou projeto, estando disponíveis indiscriminadamente, a sua utilização será realizada por meio das entidades de relação: uma que identifica qual cliente inseriu que informação no projeto de determinado produto e outra que identifica a relação existente entre duas informações de projeto de determinado produto, assim como o cliente que a determinou.
- Observa-se que a transparência do universo de informações da base para todos os clientes e projetos facilita a reutilização das informações e força a convergência do significado das informações inseridas na base, pois as informações inseridas deverão ser suficientemente universais para serem utilizadas em mais de um projeto, ou seja, 'leveza', por exemplo, deverá possuir o mesmo significado seja para o projeto de uma caneta seja para o projeto de um carro, embora as maneiras de atingir a leveza, nos dois casos, venham a ser diferentes.
- Com relação ao projeto de um determinado produto, é possível identificar as informações que foram inseridas por um cliente em particular, assim como é possível retirá-las todas sem excluí-las da base, ficando, ainda, disponíveis para outros projetos.

Figura 4.18 : Modelo IDEFIX para a fase de projeto informacional (Revisão 3).



“Any representation of knowledge and meaning inside a computer must embody some philosophical assumptions.”

John F. Sowa

Capítulo 5

IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

5.1 ESTRATÉGIA DE IMPLEMENTAÇÃO

A estratégia de desenvolvimento adotada está esquematizada na figura 5.1, corresponde a maneira como um sistema cliente-servidor, distribuído em rede, é implementado utilizando a tecnologia MIDAS do Delphi. O sistema completo divide-se em três partes: o sistema gerenciador da base de dados (no caso o BDE), o programa servidor que acessa o sistema gerenciador da base de dados e o programa cliente, que recebe a sua cópia dos dados e envia atualizações para o programa servidor.

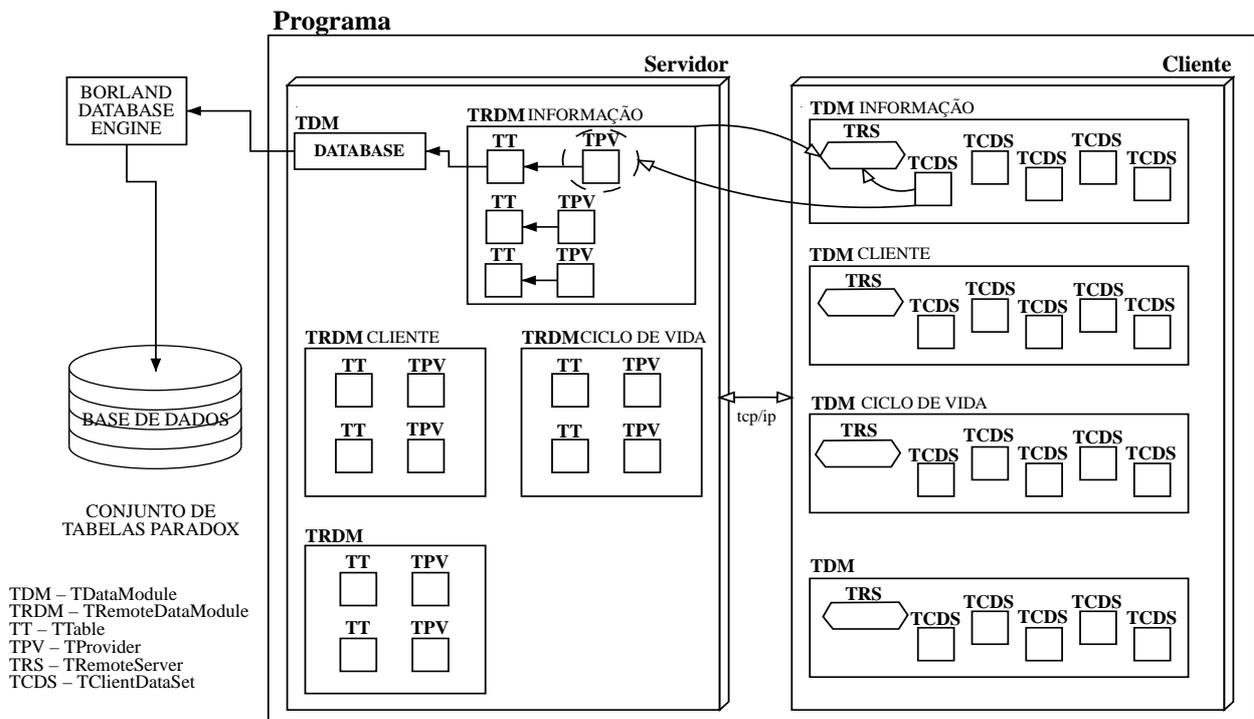


Figura 5.1 : Modelo de implementação do sistema computacional de projeto informacional.

Esta arquitetura é conhecida como *three-tier*. Cada instalação do sistema completo poderá contar uma base de dados própria, uma instalação do programa servidor e do programa cliente, ou ainda, poderá realizar a instalação somente do sistema de base de dados e do programa servidor ou somente do programa cliente. No primeiro caso tem-se uma instalação *stand-alone*, no segundo caso pode-se ter um computador somente para armazenar as informações da corporação e, no terceiro caso, o computador torna-se um terminal para utilização de uma base de dados central.

É importante observar que a base de dados não é distribuída, quando um projeto for criado por um cliente, todos os outros participantes terão que fazer um *login* na máquina que iniciou o projeto. No entanto, todos aqueles que possuem instalações do sistema que incluem o programa servidor, com a base de dados autônoma, poderão criar novos projetos. A figura 5.2 mostra a interface do servidor, cujos módulos serão explicados posteriormente.

5.2 CRIAÇÃO DA BASE DE DADOS

A base de dados nada mais é que a implementação física do modelo ER desenvolvido. Decidiu-se por uma implementação padrão utilizando uma base de dados relacional conhecida, no caso, Paradox. O sistema operacional windows possui drivers que permitem o acesso a tabelas Paradox, disponibilizando os recursos necessários para o acesso à base de dados.

As tabelas propriamente ditas (arquivos de dados no formato Paradox), foram criadas através do Database DesktopTM da Borland Inc. Primeiro foram criadas as tabelas correspondentes às entidades pai e em seguida as tabelas correspondentes às entidades filhas. Em seguida, os campos de atributos inseridos nas tabelas foram indexados (apenas os atributos chave de cada entidade) e foram estabelecidas as relações de dependência, através dos *lookup fields* das tabelas paradox, de modo que, por exemplo, a base de dados não permitisse a gravar na tabela de requisitos de cliente um requisito que não houvesse sido incluído na tabela de requisitos e também na tabela de informações de projeto. A utilização destes recursos em bases de dados relacionais buscam garantir a integridade dos dados na base.

5.3 DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA SERVIDOR

Para a implementação do servidor da base de dados foram utilizados objetos padrão do Delphi V. A tela mostrada na figura 5.3, capturada do ambiente de desenvolvimento, mostra o objeto *TRemoteDataModule* (contido no círculo maior) que é um servidor de dupla interface utilizado quando os clientes conectam-se através de DCOM, HTTP, *Sockets* ou *OLEEnterprise*. O *TRemoteDataModule* é uma especialização da classe *TForm* (formulário comum), com as seguintes diferenças, não é mostrado em tempo de execução e encapsula uma implementação dos protocolos de comunicação em rede citados anteriormente.



Figura 5.2 : Interface do servidor do programa de projeto informacional para WindowsTM (WinPI).

O programa servidor tem algumas funções básicas:

- Receber conexões de rede via tcp/ip.
- Realizar a autenticação de clientes no ato da conexão.
- Acessar os dados da base e responder a pedidos de leitura, gravação e modificação de dados realizados pelos clientes.

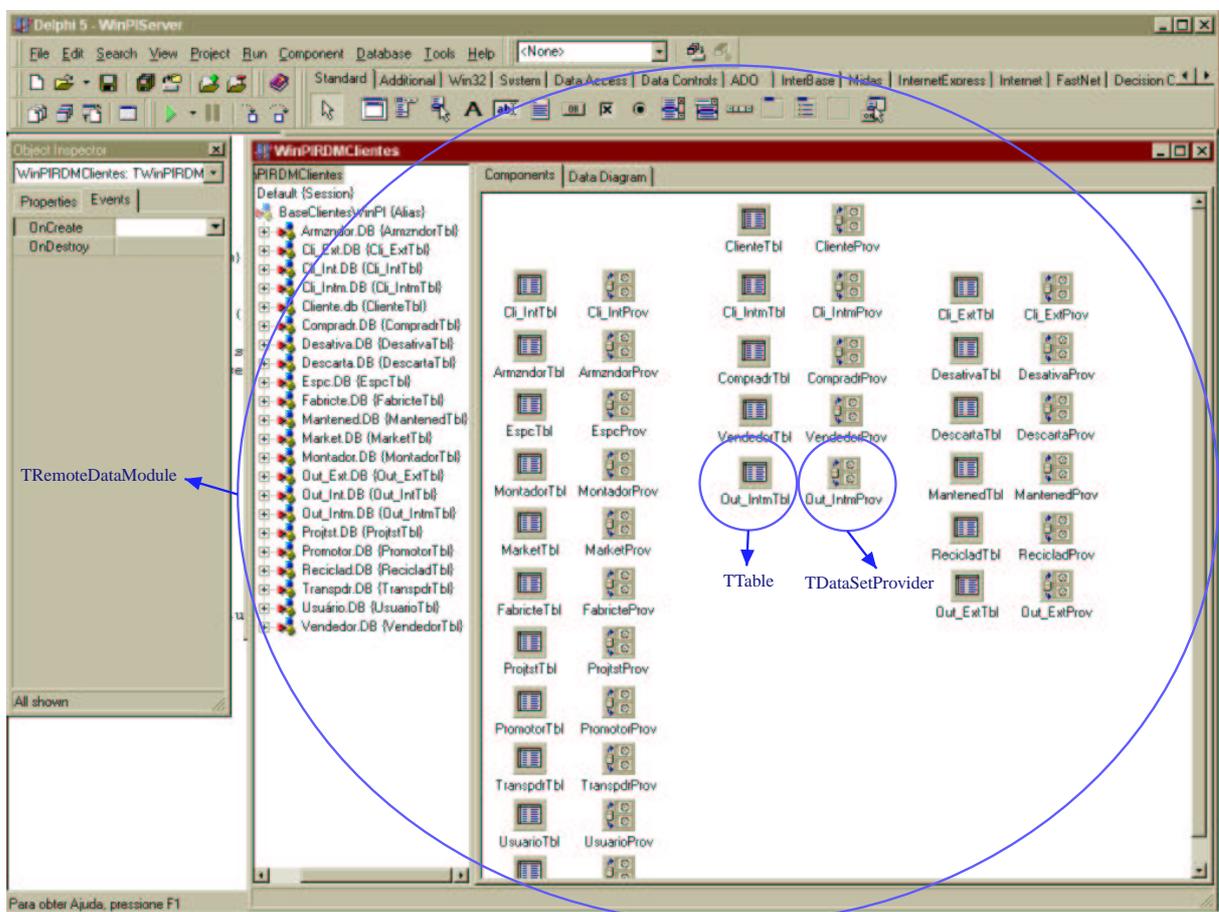


Figura 5.3 : Modulo de comunicação em rede dos dados da base (tabelas de clientes).

O componente *TRemoteDataModule*, descrito anteriormente, é básico para a implementação de sistemas cliente servidor. O programa servidor desenvolvido utiliza quatro objetos *TRemoteDataModule*: um para cada grande grupo de tipos de informação da base (ver fig.4.18). Dentro dos *TRemoteDataModule*'s foram inseridos componentes *TTable*, que conectam-se às tabelas físicas da base de dados e componentes *TDataSetProvider*, que disponibiliza os dados de um componente *TTable*, através do servidor. (ver a fig. 5.1)

O *TRemoteDataModule* que foi chamado 'WinPIRDMClientes' possui todos os componentes *TTable* necessário para o acesso das tabelas físicas de clientes, assim como cada um dos *TDataSetProvide*'s associados. Da mesma maneira que para os clientes, cada um dos grupos principais de entidades foi dividido em *TRemoteDataModule*'s, a figura 5.4 mostra como o grupo de 'informação de projeto' foi colocado em um componente *TRemoteDataModules* chamado 'WinPIRDMInfos'.

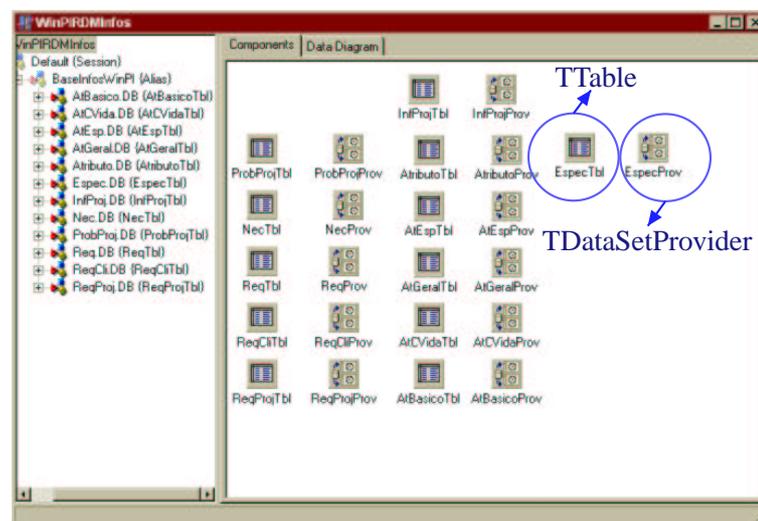


Figura 5.4 : Modulo de comunicação em rede (*TRemoteDataModules*) dos dados da base (tabelas de informações de projeto).

Essa foi uma breve descrição do programa servidor. A seguir descreve-se, também sucintamente, a criação o aplicativo cliente que utilizará a nova base de dados para o projeto informacional de produtos e que foi chamado de 'WinPI'. A fim de permitir ao usuário do sistema interagir / criar diversos projetos distintos, a interface principal do aplicativo é do tipo MDI (*Multiple Document Interface*) e é mostrada na fig. 5.5.

Os dados são disponibilizados, para acesso e modificação no programa cliente, através de objetos *TSocketConnection* (poderia ser *TDCOMConnection*, que utiliza a tecnologia DCOM - *Distributed Component Object Model* - do Windows). A fim de organizar melhor o acesso aos dados, foram inseridos no programa quatro objetos *TDataModule* (semelhante ao *TRemoteDataModule*, porém sem a capacidade de comunicação em rede). Cada objeto *TDataModule* recebeu um *TSocketConnection* (e um *TDCOMConnection* para o caso de querer-se modificar o modo de acesso). Uma das telas dos módulos de acesso utilizados no sistema é mostrada na figura 5.6 .

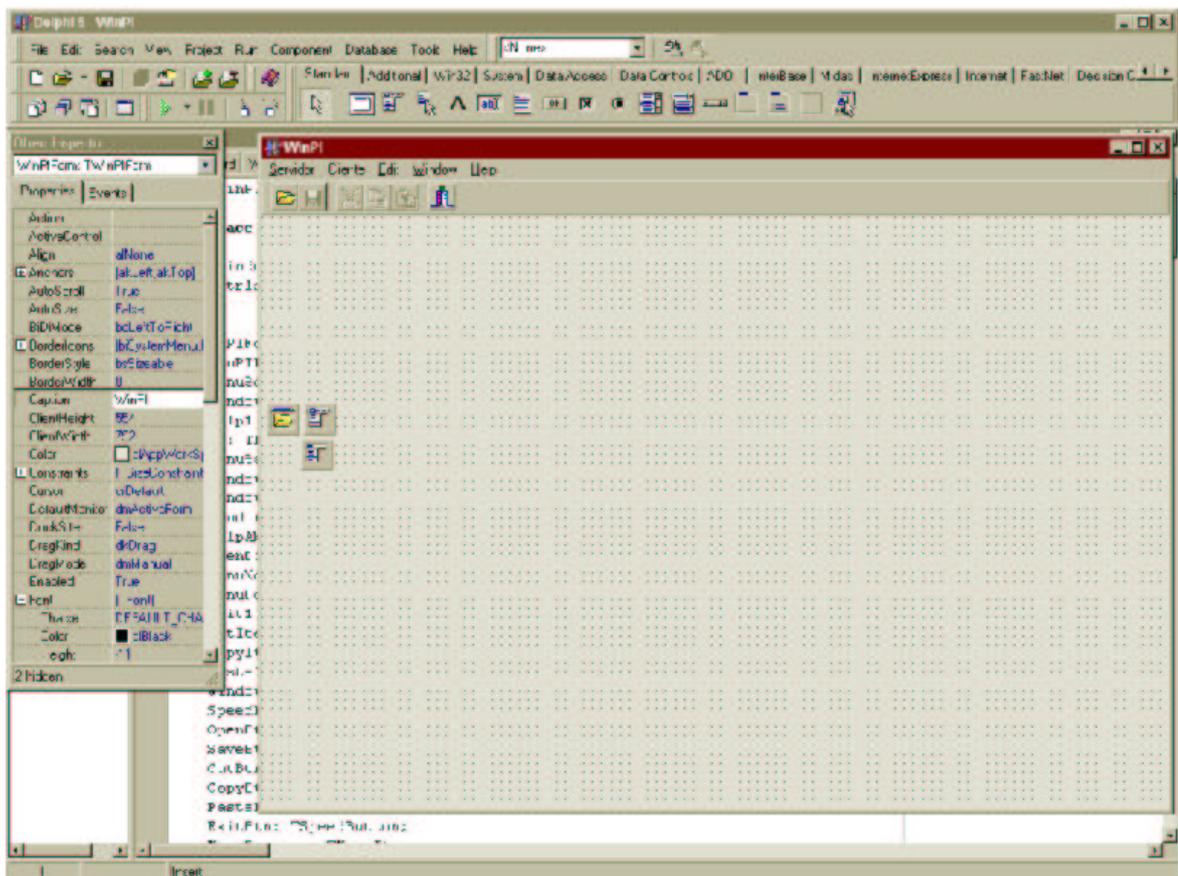


Figura 5.5 : Interface do cliente do programa de projeto informacional para WindowsTM (WinPI), ainda no ambiente de desenvolvimento.

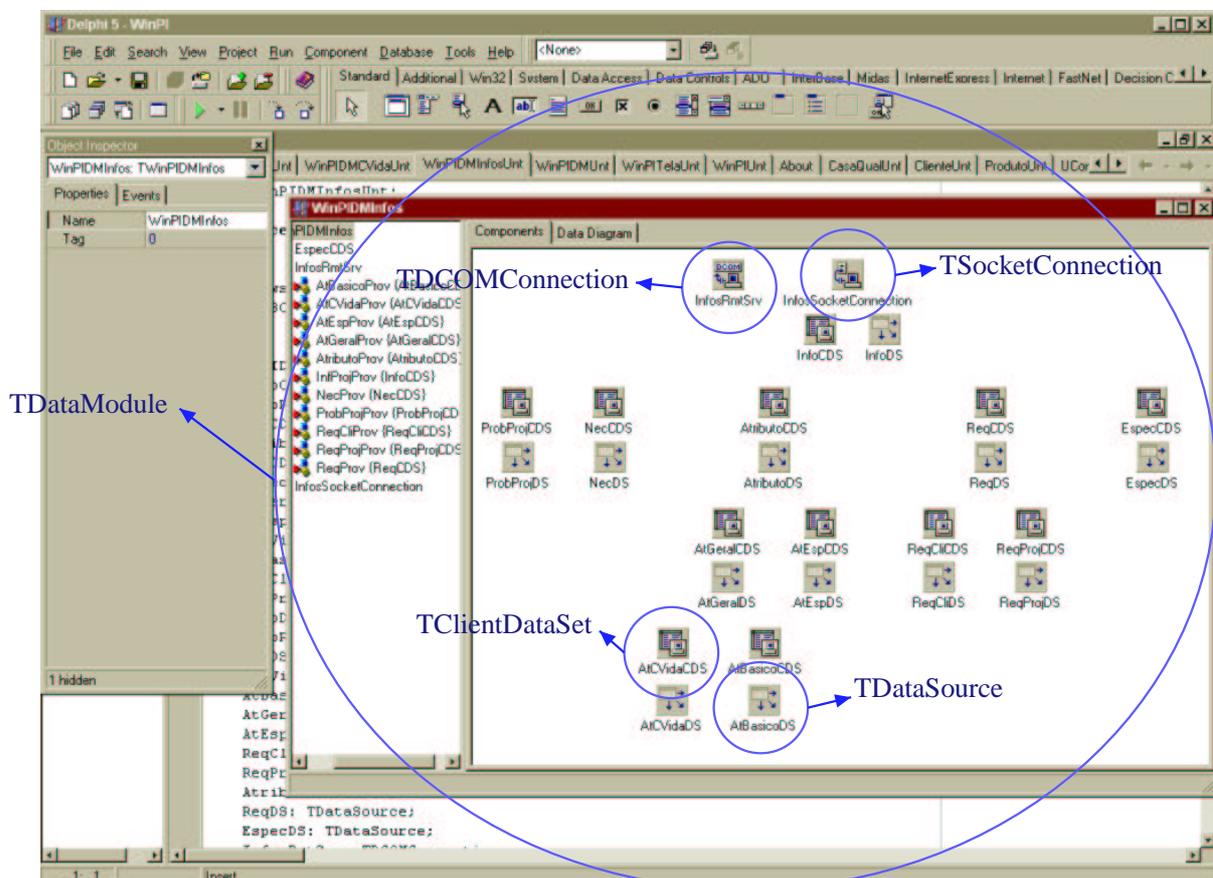


Figura 5.6 : Módulo cliente de acesso aos dados do servidor.

A comunicação através da tecnologia MIDAS se dá em camadas. O componente *TSocketConnection* conecta-se a um componente *TRemoteDataModule* do programa servidor, recebendo dele as informações de objetos *TProvider* existentes, os quais estão ligados a objetos *TTable*, que estão ligados às tabelas físicas através do BDE (de acordo com a fig. 5.1).

A partir daí, componentes *TClientDataSet* colocados no mesmo *TDataModule* do componente *TSocketConnection* podem ser conectados aos *TProvider*'s passando a atuar como *TTable*'s remotos.

5.4 INTERFACES DA METODOLOGIA DE PROJETO INFORMACIONAL

A primeira interface (fig. 5.7) é uma interface de cadastro do cliente; em seguida o cliente (já cadastrado) tem a opção de inserir um novo produto a ser projetado, ou selecionar um projeto existente (figura 5.9). As telas seguintes correspondem à implementação de uma adaptação da metodologia de projeto informacional proposta por Fonseca [16], pois os processo de geração e tratamento de informações foram remodelados em novas interfaces.

A primeira tela da metodologia, apresentada na figura 5.11, corresponde à definição do ciclo de vida do produto. Nas três telas mostradas nas figuras 5.12, 5.14 e 5.15, o cliente pode inserir na base e selecionar para o projeto atual os atributos básicos, do ciclo de vida e específicos. As interfaces mostradas nas figuras 5.16, 5.17 e 5.18 permitem a edição das necessidades e dos requisitos de cliente e de projeto. As interfaces de edição de informações apresentadas nas figuras 5.19 e 5.20 correspondem às matrizes de valoração dos requisitos de cliente e às matrizes da casa da qualidade.

De um modo geral as telas do programa dividem-se em três partes: um painel lateral onde o cliente seleciona as telas e acompanha o andamento do projeto, a área maior onde as interfaces de edição das informações são apresentadas e uma área inferior onde os cliente podem se comunicar em tempo real. As interfaces do sistema são melhor descritas a seguir.

5.4.1 Cadastro do cliente

A tela de cadastro do cliente mostrada na fig. 5.7, tem por objetivo identificar quem estará inserindo e/ou modificando as informações no sistema, permitindo o acompanhamento da geração de informações e promovendo a rastreabilidade.

Na versão de trabalho do programa a área que contém o texto 'Seleção do cliente...' ocupa também a área selecionada superior. A área superior é mostrada quando o cliente dá um duplo clique na área que mostra os ícones de cliente, permitindo o cadastro, edição e exclusão de clientes. Uma vez cadastrado, sempre que o cliente se conectar ao servidor, basta ele clicar (clique simples) sobre o ícone de cliente com o seu nome para selecioná-lo.

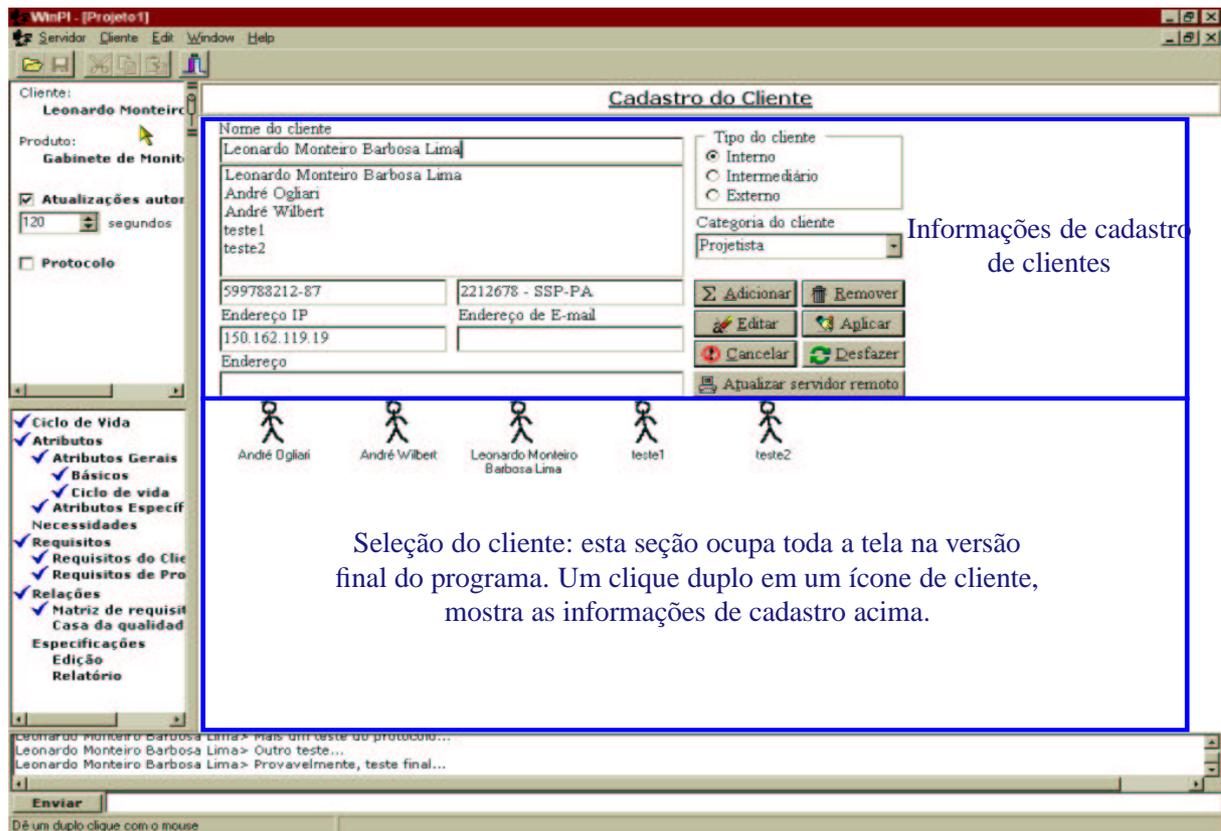


Figura 5.7 : Interface de acesso e edição dos dados de clientes.

O cliente poderá ser cadastrado dentro de qualquer uma das categorias de cliente existentes, bastando selecionar a categoria desejada na árvore do painel lateral, que automaticamente mostra apenas os clientes que pertencem àquela categoria. Cada categoria de cliente possui um ícone identificador, os quais são mostrados na fig. 5.8.

Na maioria das interfaces da metodologia de projeto as informações são comuns a todos os clientes de um projeto em particular, no entanto, nas telas de valoração de requisitos do cliente e da casa da qualidade os preenchimentos são individuais. Isso significa que, no estágio de desenvolvimento atual, em que não há verificação de senha, todos têm acesso às informações geradas pelos outros clientes, podendo assim verificar se outros já preencheram suas matrizes ou como as preencheram. Embora seja possível, não é recomendável inserir ou modificar informações quando visualizando dados de outro cliente, pois o sistema interpretará as ações como tendo sido realizadas pelo próprio cliente.

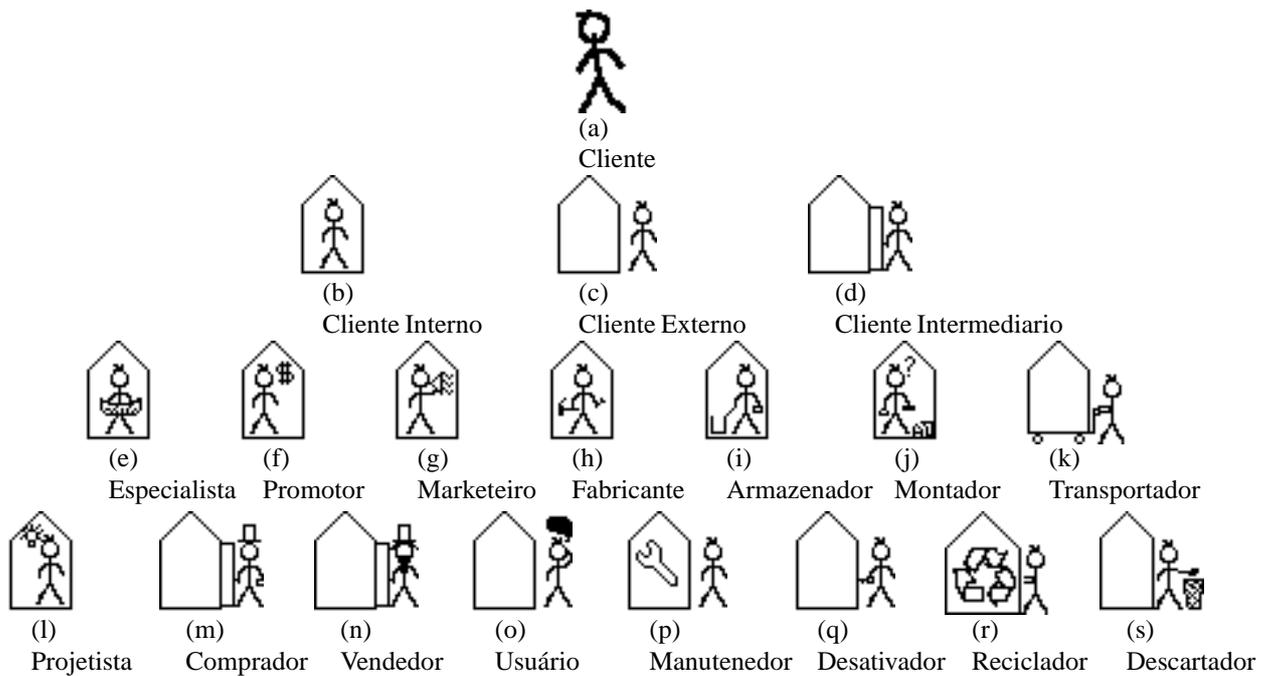


Figura 5.8 : Ícones de identificação dos tipos de cliente.

5.4.2 Cadastro do produto a ser projetado

A tela de cadastro de produto funciona de maneira similar à tela de cadastro de cliente, incluindo também a possibilidade de edição de algumas informações adicionais sobre o produto (fig. 5.9). Cada categoria de produto tem também um ícone característico.

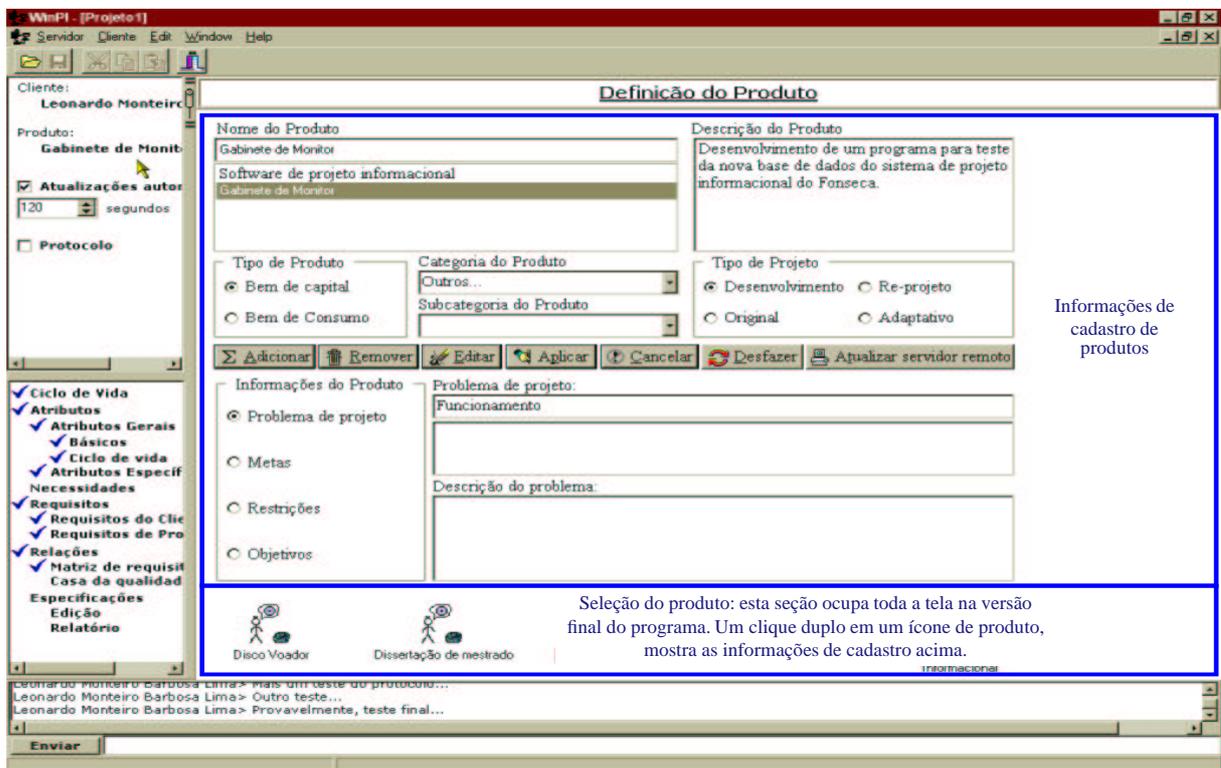


Figura 5.9 : Interface de acesso e edição dos dados de produtos.

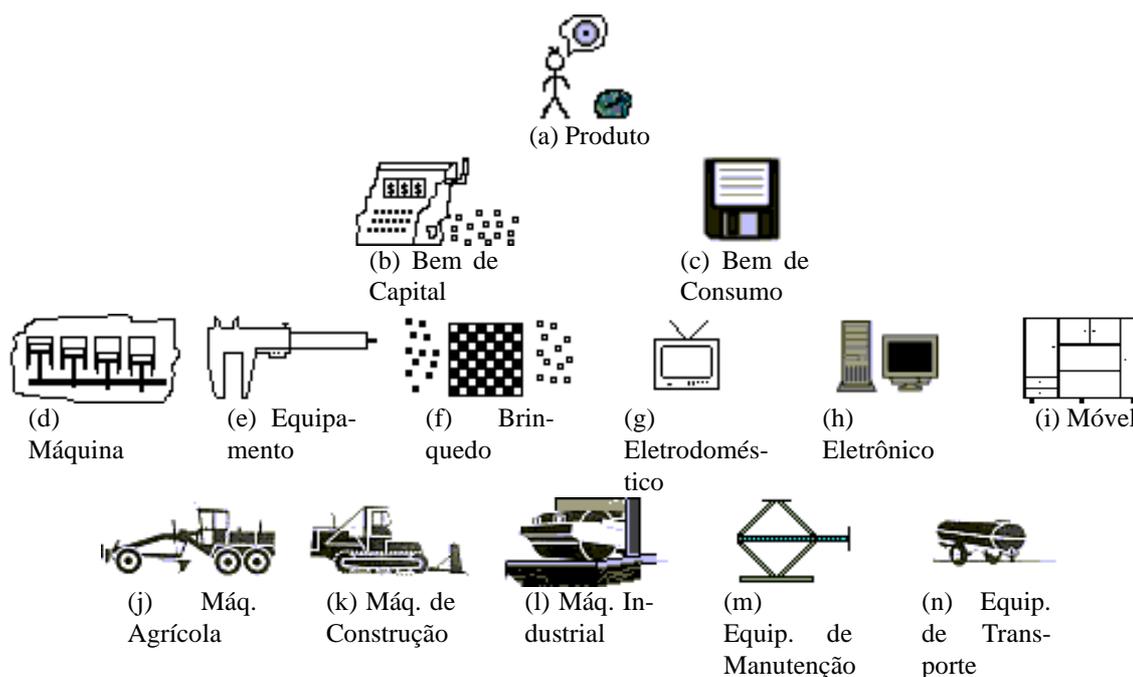


Figura 5.10 : Ícones de identificação dos tipos de produtos.

Inicialmente, não há qualquer diferença nas interfaces, apresentadas nas telas seguintes, em função da classificação do produto em uma das categorias acima (nem em função da classificação dos clientes). O objetivo da classificação é criar as bases para a identificação de informações típicas de projeto para as famílias de produto (e categorias de clientes) e também da necessidade de modificações na interface em função do tipo de produto (ou cliente).

5.4.3 Determinação do ciclo de vida

A tela de definição do ciclo de vida, mostrada na figura 5.11, divide-se em três regiões. Na primeira, o cliente pode inserir, editar ou excluir itens de ciclo de vida existentes na base. Os itens podem ser vistos em conjunto selecionando a primeira entrada da caixa superior, ou podem ser filtrados em função da macro-fase a que pertencem (projeto, produção *etc.*). Na segunda região são mostrados sempre todos os itens de ciclo de vida existentes na base, assim, um item pode ser reclassificado usando o botão com a seta vermelha que aponta para a área 1. A terceira região permite a criação / edição da árvore do ciclo de vida para o produto.

É importante observar, nas regiões marcadas, a que tipo de operação se destinam os botões presentes na tela. A área 1 engloba sete botões que, similares aos das duas primeiras telas apresentadas até então, estes realizam operações básicas nos dados da base que de um modo geral correspondem ao texto dos botões. Merecem maiores explicações os botões ‘Aplicar’ e ‘Atualizar o servidor remoto’. O primeiro encerra uma operação de adição ou edição, confirmando as modificações realizadas. O segundo, ‘Atualizar o servidor remoto’, é mais complexo e pode ser explicado da seguinte maneira: como já foi dito, todos os programas cliente recebem do programa servidor cópias dos dados da base, assim, toda operação de inserção, exclusão, edição *etc.*, promove modificações na cópia local dos dados, para que estas

informações sejam ‘salvas’ e, inclusive, possam ser ‘vistas’ pelos outros clientes, é necessário clicar no botão ‘Atualizar o servidor remoto’, que envia as alterações realizadas na cópia local para o servidor.

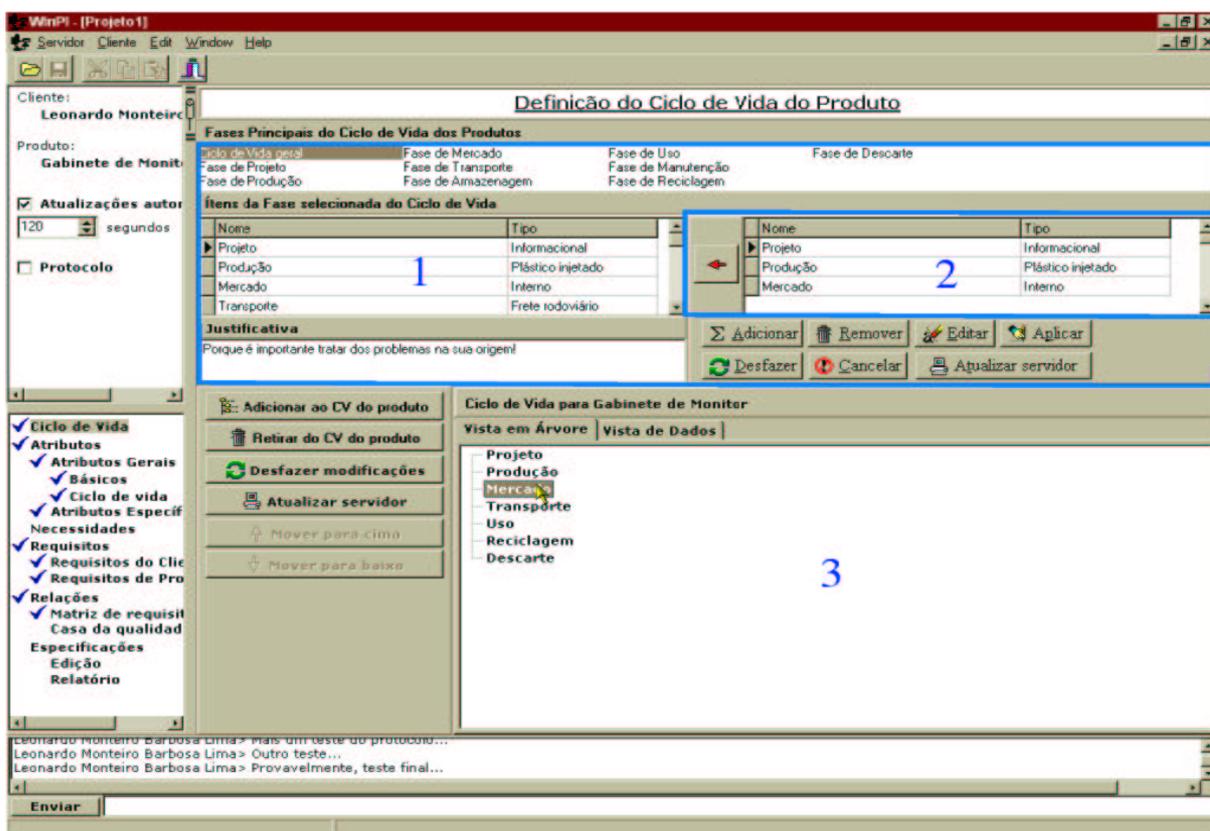


Figura 5.11 : Interface de edição do ciclo de vida do produto a ser projetado.

O único botão existente na área 2 serve para reclassificar na base um item do ciclo de vida existente. Na área 3 existem seis botões. O mais importante é o primeiro, com um ícone em árvore, clicando sobre ele o item do ciclo de vida que estiver selecionado na área 1 é adicionado à árvore do ciclo de vida. Se nenhum item da árvore estiver selecionado o item é adicionado à raiz, senão o item é inserido como um subitem do item selecionado. Esta operação pode ser realizada em até quatro níveis; correspondentes a fases, etapas, tarefas e passos. Os três botões seguintes realizam a função indicada nos textos que apresentam e os dois últimos serviriam para modificar a hierarquia dos itens, porém não foram implementados.

É recomendável atualizar com frequência os dados por três motivos principais:

- â Algumas operações dependem de informações retornadas pela base de dados em função de alterações nos dados. Por exemplo, todas as informações são indexadas através de números inteiros gerados pelo SGBD e, portanto, operações subsequentes que se utilizam do índice da informação dependem da atualização da base de dados.
- â O sistema compartilha informações entre clientes e enquanto um cliente não atualiza as informações que inseriu ou editou, os outros não têm acesso a elas.

â A cópia local dos dados reside na memória volátil do computador, assim, travamentos do sistema operacional ou quedas de energia podem resultar na perda das informações.

Finalmente, quanto à utilização dos botões, observa-se que as operações de desfazer restringem-se aos dados da cópia local, assim, uma vez que tenham sido atualizadas no servidor remoto, as modificações não poderão ser desfeitas via ‘Desfazer’ e o cliente terá de desfazer as modificações via ‘Editar’, ‘Remover’, ‘Adicionar’ *etc.*

5.4.4 Escolha dos atributos para o produto

Em seguida os clientes têm a opção de definir os atributos que produto a ser projetado deverá possuir. O primeiro grupo de atributo a ser editado / selecionado para o produto engloba os atributos do tipo básico, de acordo com a metodologia do projeto informacional estes correspondem a características gerais dos produtos tais como ‘funcionamento’ e ‘estética’.

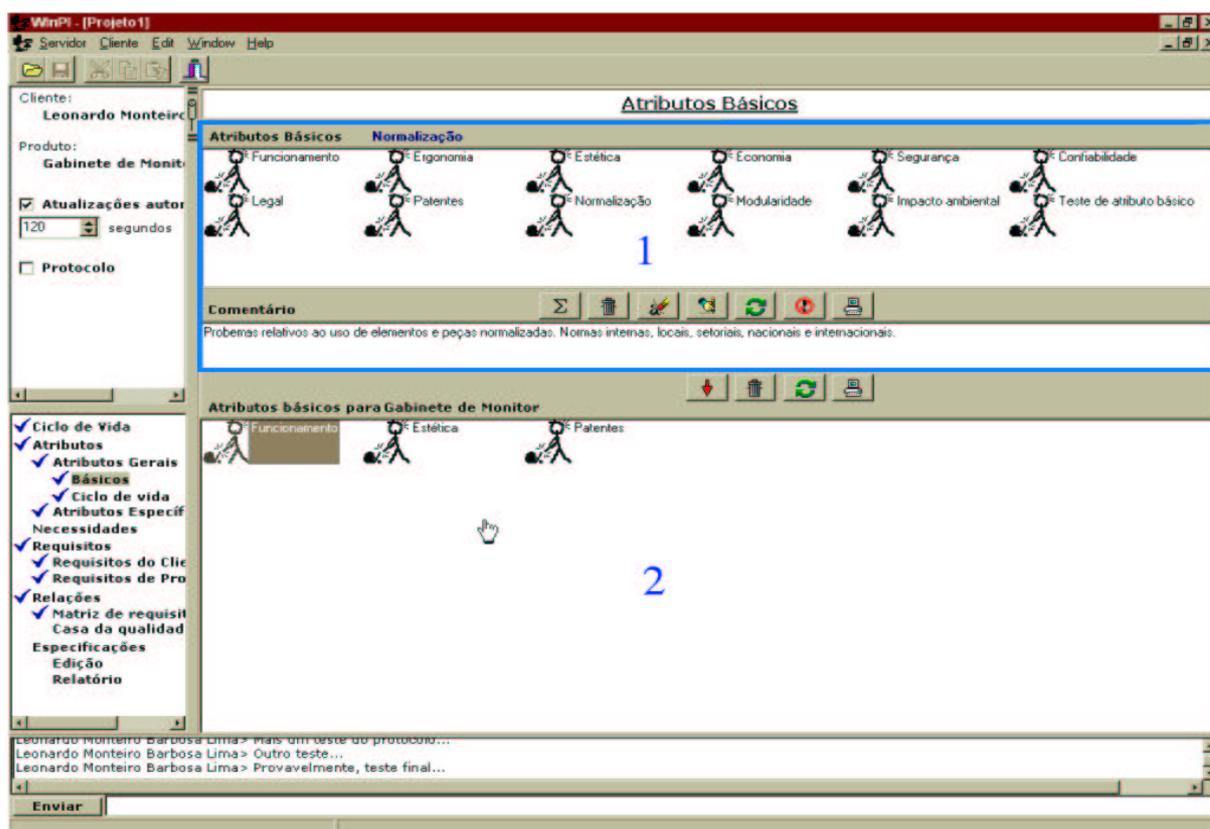


Figura 5.12 : Interface de edição e/ou seleção dos atributos básicos para o produto.

A interface mostrada na figura 5.12 divide-se em duas regiões. A região 1 corresponde a todos os atributos básicos existentes na base de dados e possui um conjunto de botões que permitem adicionar, remover, editar *etc.* os mesmos. A região 2 corresponde aos atributos básicos selecionados para o produto a ser projetado. Na região 2, o botão com a seta para baixo vincula ao produto o atributo básico selecionado na região 1. Os outros botões correspondem aos botões de uso comum existentes também nas telas anteriores.

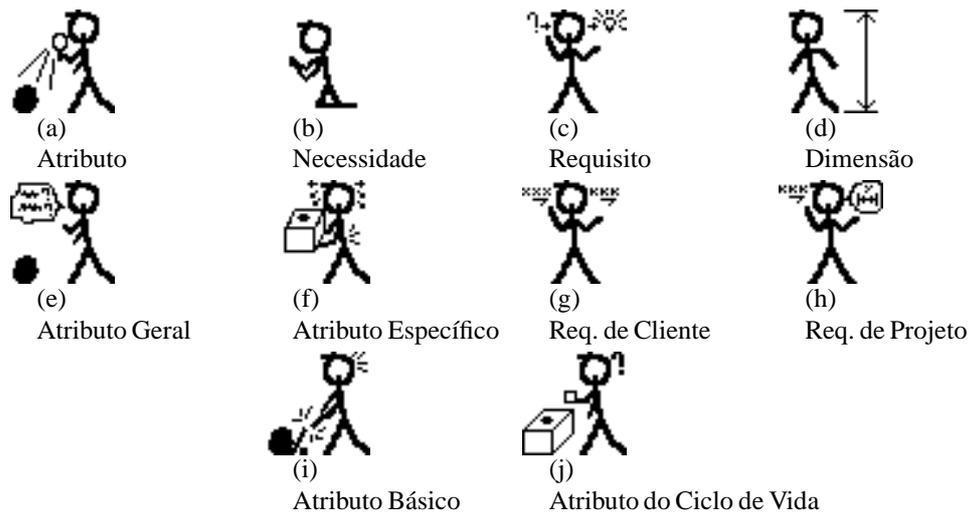


Figura 5.13 : Ícones de identificação dos tipos de informação.

A figura 5.13 mostra os ícones utilizados para representar as informações de projeto informacional nas telas do sistema, facilitando a sua identificação visual. As telas mostradas nas figuras 5.14 e 5.15 são similares à interface de definição dos atributos básicos e servem para a definição dos atributos do ciclo de vida e específicos respectivamente. Apenas a tela dos atributos do ciclo de vida apresenta também uma caixa (região 1 da fig. 5.14) contendo o ciclo de vida definido para o produto, possibilitando identificar a que fase do ciclo de vida pertencem os atributos.

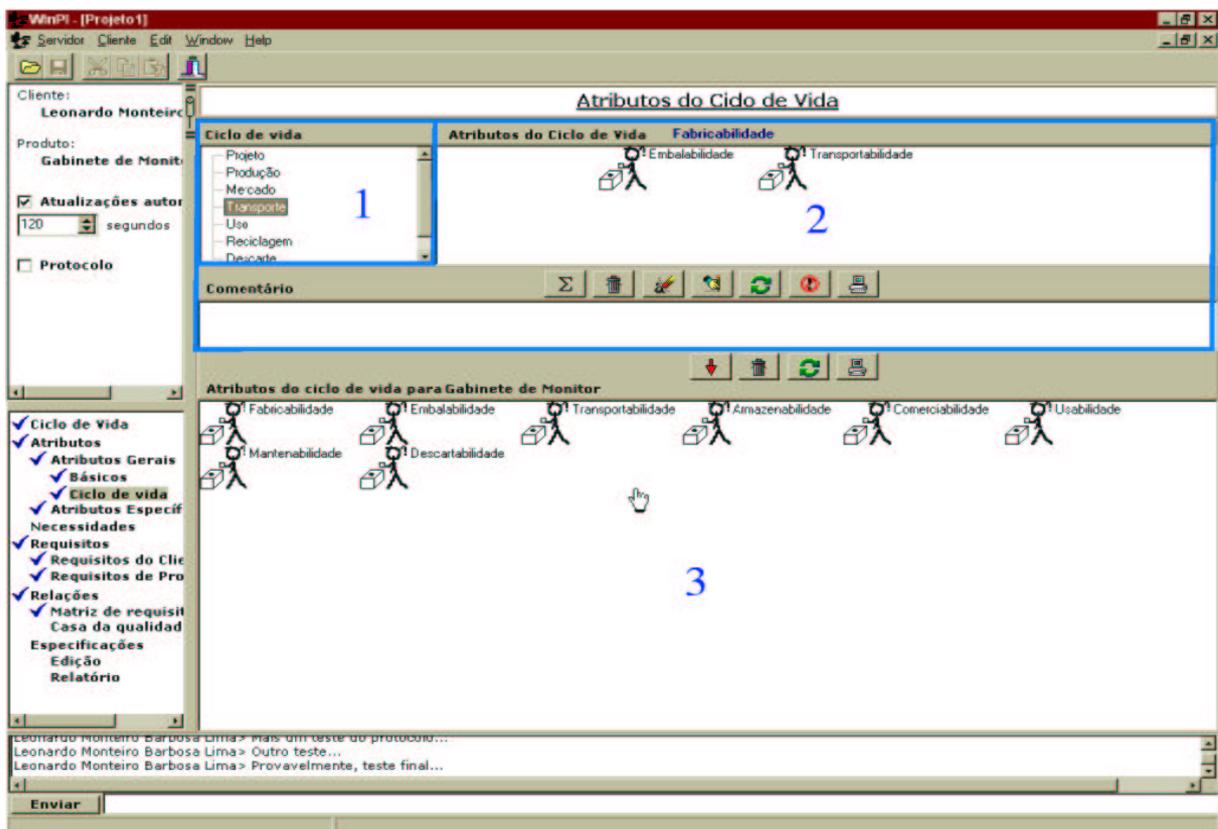


Figura 5.14 : Interface de edição e/ou seleção dos atributos do ciclo-de-vida para o produto.

A partir da tela de definição dos atributos do ciclo de vida as telas passam a apresentar uma característica de vinculação das informações definidas em telas anteriores com as informações que deverão ser definidas na tela de trabalho. No caso da tela de atributos do ciclo de vida, é possível estabelecer uma ligação entre o atributo com um item do ciclo de vida, bastando selecionar o item do ciclo de vida no momento de adicionar o novo atributo.

As telas que definem informações que têm relação com informações definidas em telas anteriores apresentam três regiões distintas: a superior traz as informações do produto que devem originar as novas informações, a região intermediária exibe todas as informações do tipo que se está trabalhando e que já existem na base e a região inferior onde são mostradas as informações particulares que foram selecionadas para o projeto que se está projetando.

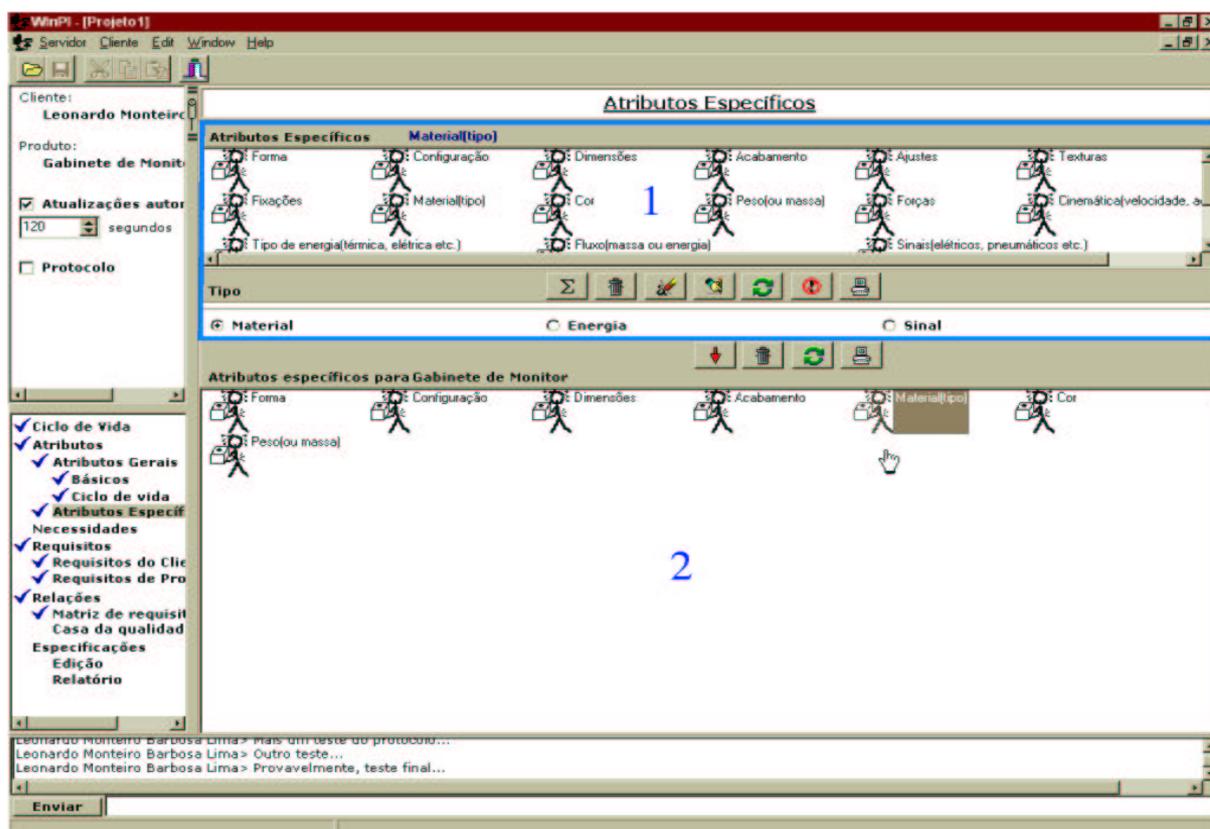


Figura 5.15 : Interface de edição e/ou seleção dos atributos específicos para o produto.

5.4.5 Definição das necessidades para o produto

De acordo com a metodologia de projeto informacional, de um modo geral as necessidades estão ligadas a atributos do ciclo de vida que o produto deve possuir, tais como ser funcional, fabricável *etc.*

A tela apresentada na figura 5.16 traz na parte superior (área 1) a árvore do ciclo de vida definida para o produto e os requisitos do ciclo de vida selecionados referentes a estas fases. Na área 2 são apresentadas ao cliente todas as necessidades existentes na base de dados, além do conjunto base de botões para adição, edição, exclusão *etc.* Como as necessidades são expressões livres de possíveis clientes do projeto, clicando com o botão direito do mouse sobre o ícone da

necessidade na área 2 é possível navegar pelo disco rígido ou na *Web* e vincular documentos contendo necessidades.

Os atributos do ciclo de vida têm por objetivo ‘lembrar’ o cliente de considerar as diversas necessidades que surgirão ao longo do ciclo de vida. Ao inserir uma nova necessidade na base é conveniente, porém não obrigatório, selecionar o atributo do ciclo de vida ao qual está ligada.

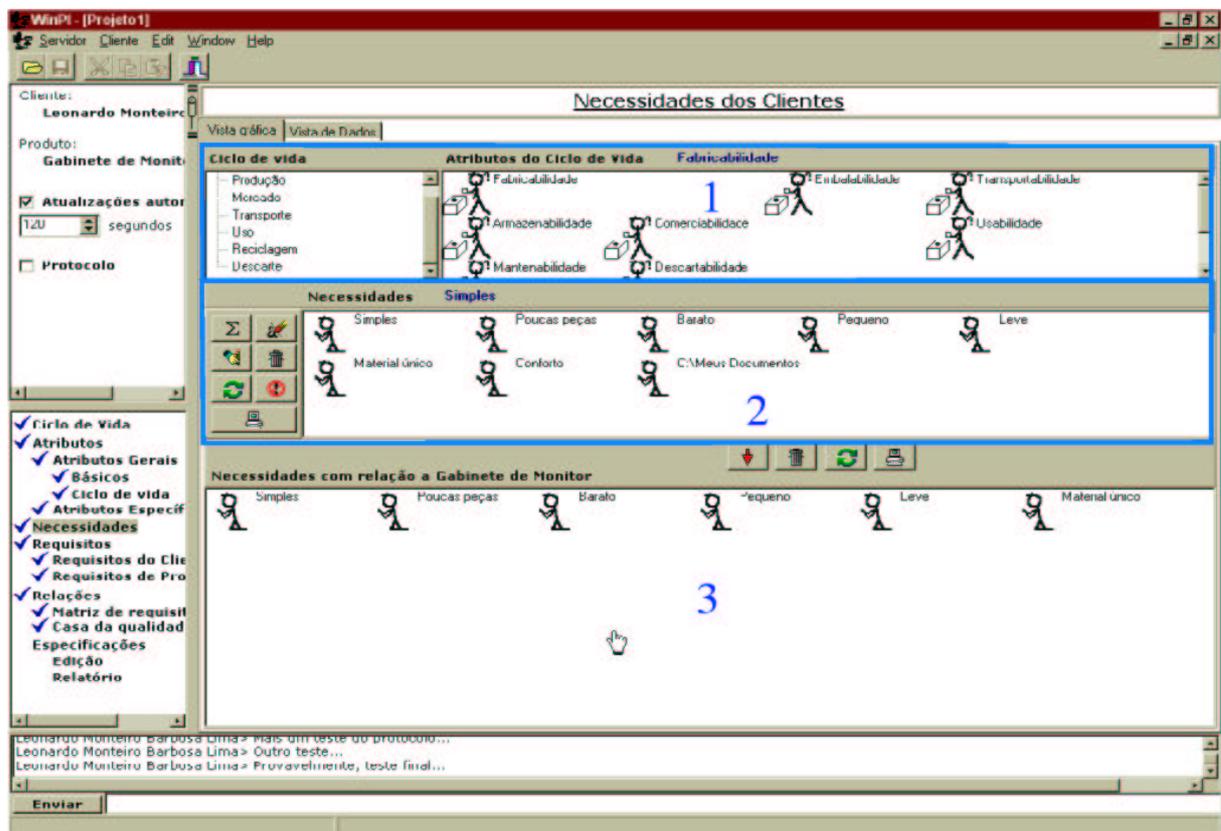


Figura 5.16 : Interface de edição e/ou seleção das necessidades dos cliente para o produto.

A seleção das necessidades para o projeto do produto em execução ocorre da mesma maneira que nas telas de atributos do produto: o cliente deve selecionar na área 2 a necessidade desejada e clicar no botão com a seta para baixo incluído na área 3. As necessidades selecionadas para o produto aparecem na janela com os ícones na área 3.

Esta tela possui também uma área de visualização de dados onde são mostradas as tabelas de atributos do ciclo de vida e das necessidades. Na tela de dados os relacionamentos são mostrados explicitamente através de linhas desenhadas entre ícones de atributos e necessidades e botões com cadeados fechados e abertos permitem associar e desassociar atributos e necessidades.

5.4.6 Determinação dos requisitos

De acordo com Fonseca [16] os requisitos de cliente são traduções das necessidades e devem ser escritas na forma ‘Ser ...’ ou ‘Ter ...’. Assim como as necessidades, os requisitos de cliente podem originar-se de atributos básicos tais como economia e segurança. Portanto,

o cliente deve selecionar (porém não é obrigado) o atributo básico e a necessidade do qual o requisito de cliente se originou.

A interface de edição dos requisitos de cliente, mostrada na figura 5.17, está dividida em três regiões, a região 1 apresenta as informações de fases anteriores às quais a novas informações poderão ser vinculadas. A área 2 que apresenta todos os requisitos de cliente disponíveis na base de dados e a área 3 que contém uma árvore dos requisitos de cliente selecionados para o produto a ser projetado. No caso dos requisitos de cliente, há possibilidade de montar uma árvore com itens e subitens com os requisitos de cliente existente na base. Para isso, deve ser utilizado o botão com o ícone em árvore.

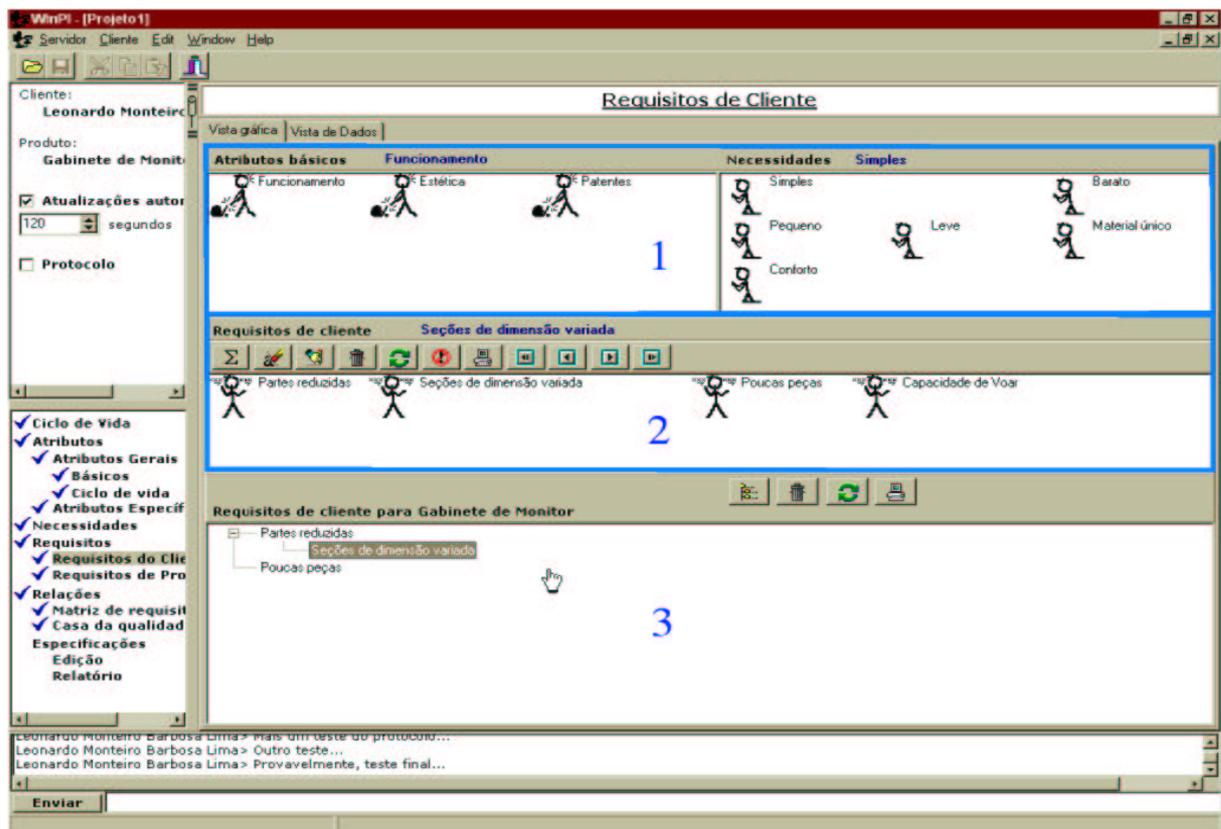


Figura 5.17 : Interface de edição e/ou seleção dos requisitos de cliente para o produto.

A interface de edição dos requisitos de projeto é apresentada na figura 5.18. Os requisitos de projeto são características mensuráveis do produto que têm origem nos atributos específicos e nos requisitos de cliente. O método de trabalho nos requisitos de projeto é similar ao dos requisitos de cliente.

Além das informações de origem, deve-se vincular ao requisito de projeto uma dimensão, que pode ser selecionada na caixa mais à direita da área 2. Todos os vínculos podem ser editados na vista de dados ou na própria vista gráfica, devendo-se editar o requisito de projeto e selecionar as informações que se deseja vincular, aplicando e atualizando os dados posteriormente.

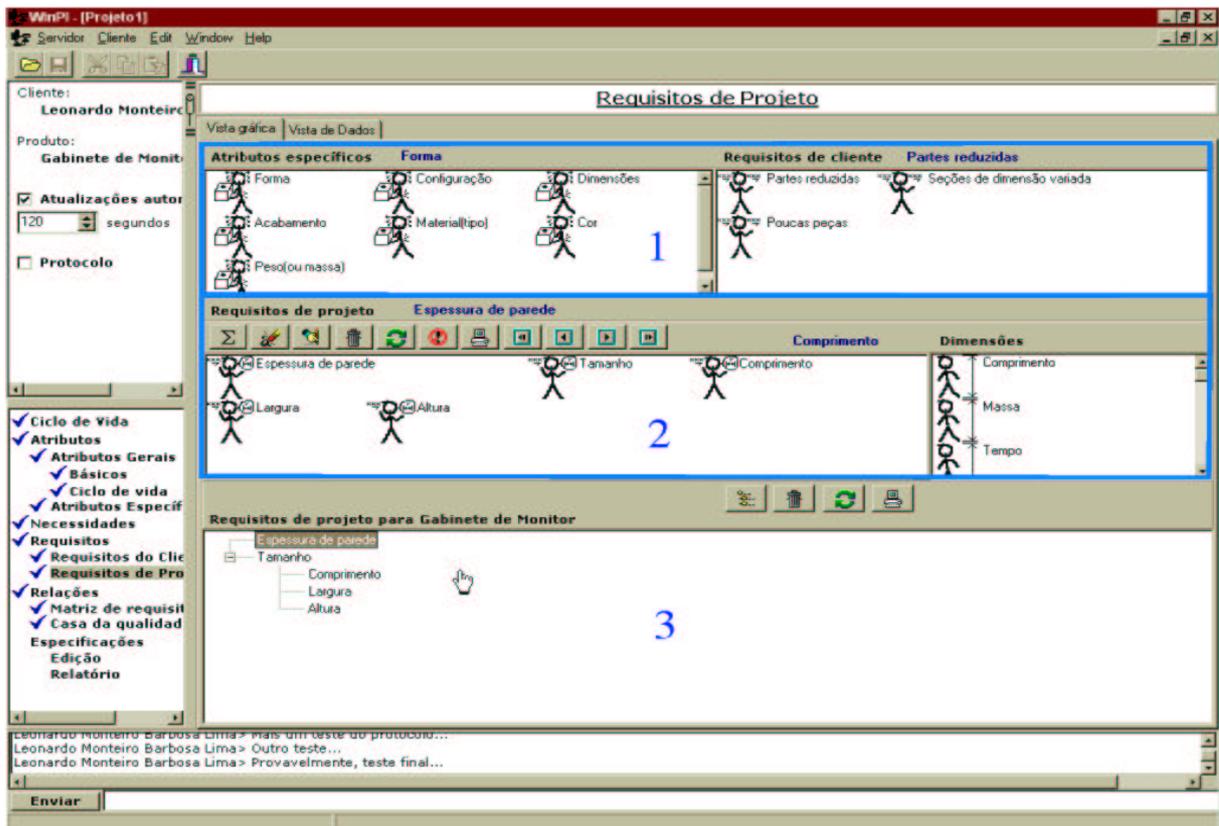


Figura 5.18 : Interface de edição e/ou seleção dos requisitos de projeto para o produto.

5.4.7 Valoração dos requisitos de cliente

A valoração dos requisitos de cliente é realizada através de um método matricial onde cada requisito é avaliado com relação aos outros e apontado como sendo mais importante, menos importante ou indiferente. Os pesos sugeridos para estas avaliações são 5 para mais importante, 3 para uma relação de indiferença quanto à importância e 1 para menos importante. No entanto, estes podem ser alterados na tela, através de caixas de edição colocadas no canto superior esquerdo, além de que é possível utilizar valores decimais no preenchimento da matriz.

Nas telas de avaliação qualitativa das informações há uma separação entre as informações inseridas por cada cliente. Assim, é possível realizar preenchimentos individuais tanto da matriz apresentada na tela atual, quanto na casa da qualidade. Isso faz com que existam dois tipos de resultados, um parcial do cliente e um total, onde cada valor que surge na matriz representa uma média dos valores atribuídos por cada cliente.

A equação 5.1 indica a forma como são computados os valores da avaliação de cada requisito de cliente ($PRci$). Após a soma de cada avaliação V_{ij} , com relação aos m requisitos de cliente existentes, atribuída a um requisito i ($PRci_i$), o valor encontrado é transportado a uma escala de 0 a 1, utilizando-se os valores do relacionamento que indica menor importância (V_{min}) e do relacionamento que indica maior importância (V_{max}). Finalmente, o resultado é multiplicado por 100 para figurar em uma escala que se pode entender como a 'importância percentual relativa de cada requisito'.

$$PRC_i = \left(\frac{\sum_{j=1}^m V_{ij}}{\sum_{\substack{j=1 \\ V_{ij} \neq 0}}^m 1} - V_{min} \right) \times \frac{100}{(V_{max} - V_{min})} \quad (5.1)$$

Quando o cliente seleciona a visualização do resultado total, o sistema faz a média das avaliações dos n clientes do projeto, levando em consideração somente os valores diferentes de zero. Por isso, é recomendável não trocar para zero o peso da relação de indiferença ou qualquer dos outros pesos. O cálculo foi indicado na equação 5.2.

$$\bar{V}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{\substack{k=1 \\ V_{ijk} \neq 0}}^n V_{ijk} \quad (5.2)$$

Os pesos totais resultantes correspondem à aplicação da equação 5.1 aos valores médios computados dos clientes. A fórmula 5.3 é utilizada para o cálculo. Os valores assim obtidos são utilizados na casa da qualidade como os pesos de cada requisito de cliente.

$$PRC_i = \left(\frac{\sum_{j=1}^m \bar{V}_{ij}}{\sum_{\substack{j=1 \\ V_{ij} \neq 0}}^m 1} - V_{min} \right) \times \frac{100}{(V_{max} - V_{min})} \quad (5.3)$$

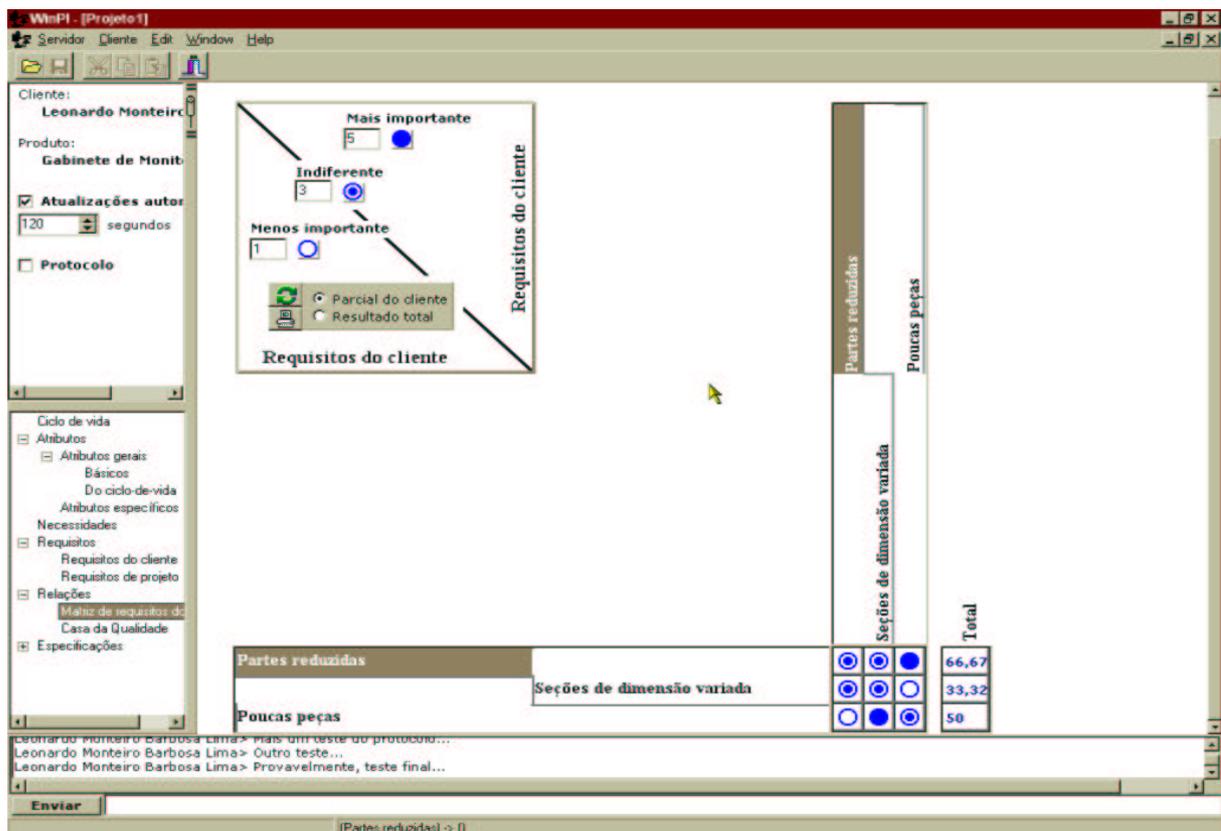


Figura 5.19 : Método para valoração dos requisitos de cliente.

A figura 5.19 mostra a interface de preenchimento da matriz de avaliação dos requisitos de cliente. Apenas a matriz de relacionamentos pode ser editada, sendo que o preenchimento é

feito na própria tela. Para modificar requisitos de cliente é necessário retornar à tela de requisitos de cliente. O canto superior esquerdo da tela traz ainda dois botões um para atualização do servidor remoto e outro para desfazer alterações e uma caixa de seleção do modo individual e de resultados totais, além das caixas de definição dos pesos dos relacionamentos.

Por último, é importante observar que os itens da diagonal principal da matriz são automaticamente preenchidos com o valor da relação de indiferença e não permitem alteração neste valor e que a avaliação deve ser realizada entre o item da horizontal versus o item da vertical. Assim, se houverem dois requisitos de cliente X e Y e X for mais importante que Y, ao avaliar-se X (na matriz horizontal) versus Y (na matriz vertical) deve-se utilizar o peso 5, o cliente observará que o programa automaticamente insere na matriz o valor 1 (relação de menor importância) para a avaliação de Y (na matriz horizontal) versus X (na matriz vertical).

5.4.8 Preenchimento da casa da qualidade

O procedimento na casa da qualidade é o normal, com a única diferença que também aqui cada cliente possui seu próprio conjunto de relacionamentos. A equação 5.4 indica a maneira como é calculado a importância do *iésimo* requisito de projeto ($PRpi_i$). Os valores dos relacionados com os m requisitos de cliente são multiplicados pelos valores de suas importância relativas correspondentes e então somados.

$$PRpi_i = \sum_{j=1}^m V_{ij} \times PRc_{ij} \quad (5.4)$$

No telhado da casa da qualidade as avaliações individuais dos clientes são computadas para estabelecer a importância do *iésimo* requisito de projeto levando em consideração o telhado ($PRpti_i$). O cálculo encontra-se indicado na equação 5.5. Basicamente, as importâncias dos requisitos de projeto relacionados no telhado são ponderadas entre si e multiplicadas pelo valor da relação no telhado. O resultado total é dado pela soma de todos os relacionamentos existentes no telhado do *iésimo* requisito *versus* os outros requisitos.

$$PRpti_i = \sum_{j=1}^n \frac{PRpi_i \times PRpi_j}{PRpi_i + PRpi_j} \times T_{ij} \quad (5.5)$$

A exemplo da matriz de valoração dos requisitos de projeto, os resultados finais da matriz principal e do telhado, levando em consideração os preenchimentos efetuados por todos os clientes do projeto é realizado através das equações 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9.

$$\bar{V}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{\substack{k=1 \\ V_{ijk} \neq 0}}^n V_{ijk} \quad (5.6)$$

$$PRp_i = \sum_{j=1}^m \bar{V}_{ij} \times PRc_{ij} \quad (5.7)$$

$$\overline{T}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{\substack{k=1 \\ T_{ijk} \neq 0}}^n T_{ijk} \quad (5.8)$$

$$PRpt_i = \sum_{j=1}^n \frac{PRp_i \times PRp_j}{PRp_i + PRp_j} \times \overline{T}_{ij} \quad (5.9)$$

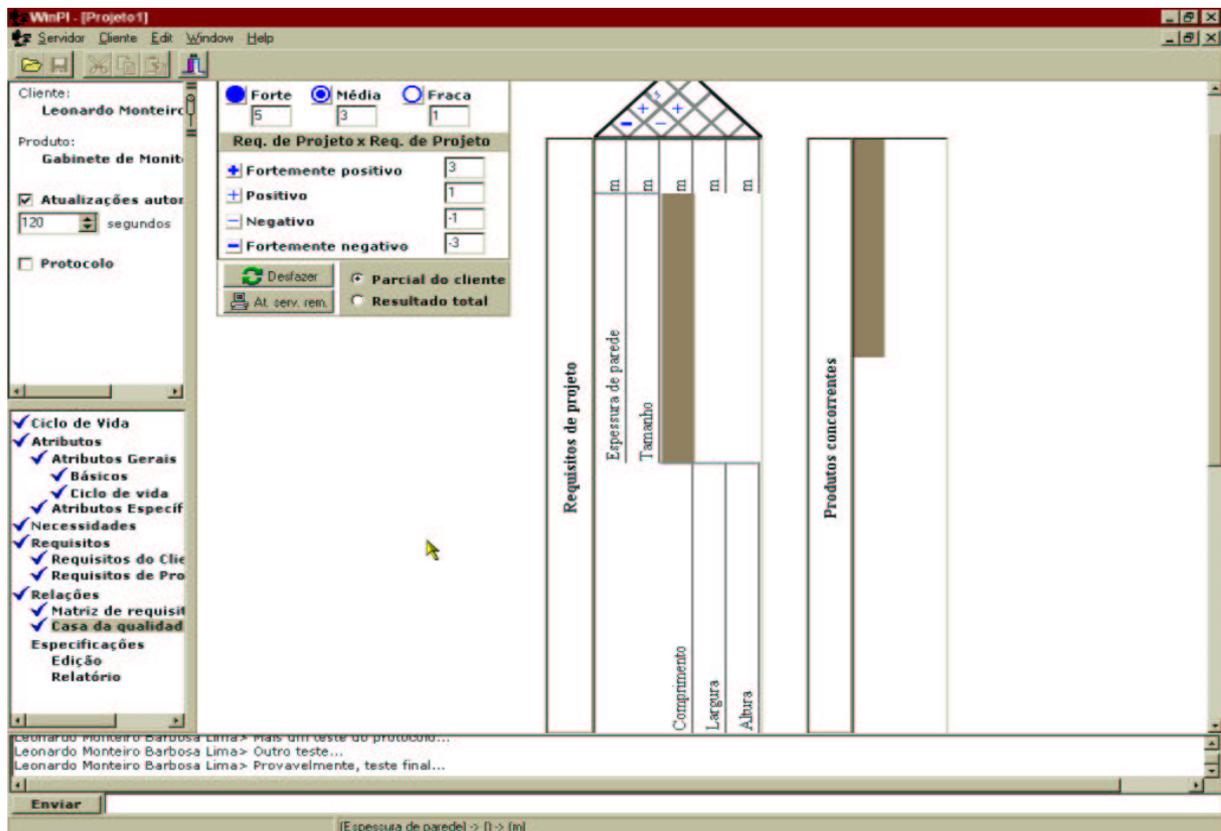


Figura 5.20 : Interface da casa da qualidade.

5.5 OBSERVAÇÕES FINAIS

Para as últimas telas do programa, de ‘especificações’, estavam previstas uma interface de edição dos resultados obtidos nas telas anteriores e uma tela de relatório final, porém, somente a tela de relatório final foi implementada. O relatório final é gerado através de uma leitura da base que coloca, tanto de uma forma icônica quanto de uma forma textual, os dados do projeto, as relações entre eles e quem foi o cliente responsável por aquela informação. O relatório desenvolvido resgata também datas e horários e os nomes dos clientes que atuaram sobre as informações. O objetivo geral foi prover uma visão completa das informações e também fornecer os meios de rastrear o desenvolvimento das informações.

A interface do relatório foi gerada usando o componente *QuickReport* do Delphi. O documento resultante pode dividir-se em várias páginas, dependendo do tamanho e da configuração da página da impressora padrão do Windows e da quantidade de informações do projeto, e apresenta um cabeçalho e tópicos que relatam as informações geradas nas interfaces

da metodologia de projeto informacional do *software*. A figura 5.21 apresenta um exemplo contendo a primeira página do relatório gerado com as informações do estudo de caso utilizado para o teste alpha do sistema (a página em tamanho original A4 foi editada para melhor visualização da figura).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS - NEDIP

NEOP
Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos

Relatório de Projeto Informacional

Produto: Reator de Plasma
Cliente: Cliente 4

Data: 31/05/02
Horário: 08:39

1. Clientes que participaram do projeto:

- Cliente 1
- Cliente 4
- Leonardo Monteiro Barbosa Lima

2. Ciclo de vida definido para o produto:

- Fase de Projeto: Porque é importante tratar dos problemas na sua origem!
- Fase de Manutenção:
- Fase de Embalagem

3. Atributos que o produto deve possuir:

- Atributo básico de Funcionamento e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com a operação do produto. Rendimento, desempenho, eficiência, função etc.

Figura 5.21 : Primeira página do relatório gerado para o estudo de caso do teste alpha.

Na figura 5.21 pode-se constatar as informações do cabeçalho que traz a identificação da instituição, o produto que está sendo projetado, o cliente que gerou o relatório, a data e a hora da geração do relatório. Pode-se ver, ainda, os três primeiros tópicos: a listagem dos clientes que participam do projeto, o ciclo de vida do produto e os atributos que o produto deve possuir, listados na ordem (básicos, do ciclo de vida e específicos). Os tópicos seguintes compreendem a listagem das necessidades, dos requisitos de cliente, dos requisitos de projeto, a matriz de avaliação dos requisitos de cliente particular do cliente que gerou o relatório, a matriz de avaliação dos requisitos de cliente total, a casa da qualidade particular do cliente que gerou o relatório, a casa da qualidade total, a memória de projeto (como aparece no apêndice B, item B.2) e o protocolo, que é a listagem das mensagens trocadas pelos clientes utilizando a ferramenta de comunicação. A figura 5.22 mostra um fragmento contendo definições de requisitos de projeto. Observe-se a indicação das ligações entre os requisitos de projeto e os atributos específicos e os requisitos de cliente.

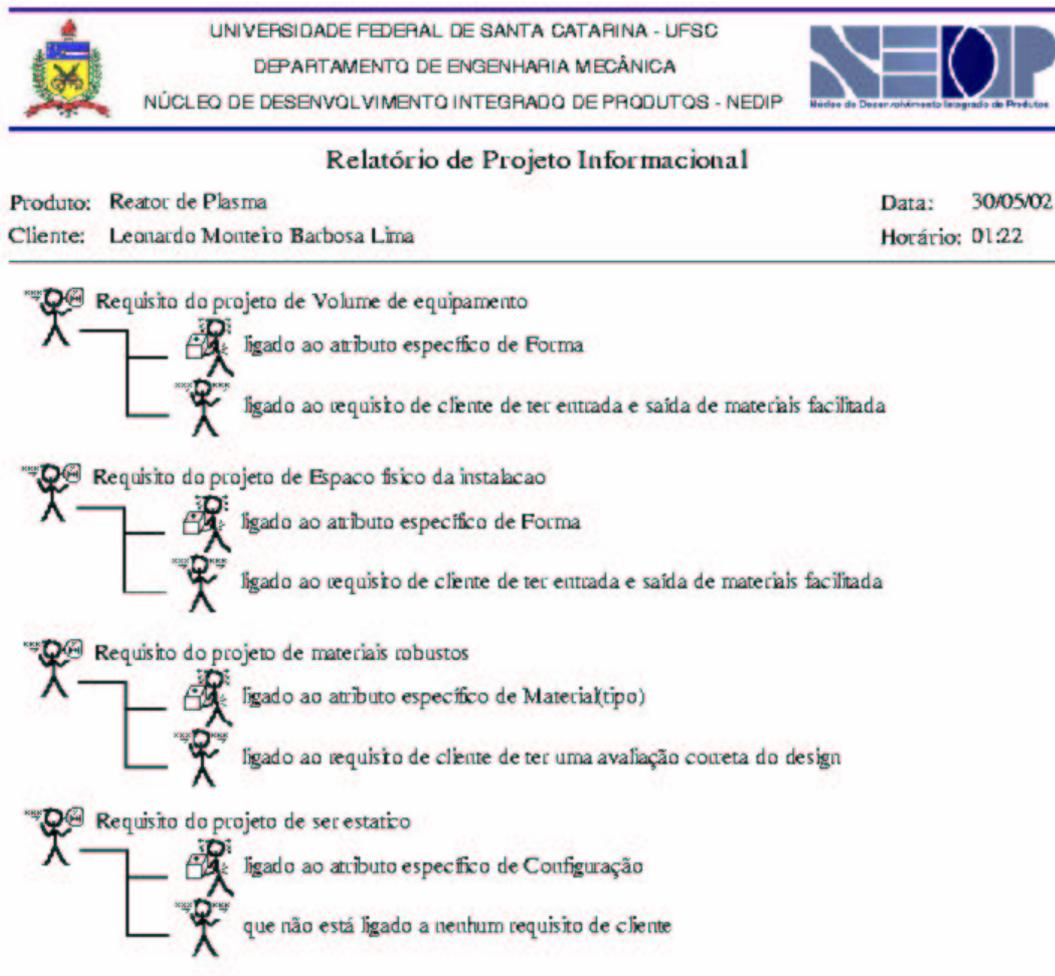


Figura 5.22 : Página do relatório gerado para o estudo de caso do teste alpha, mostrando requisitos de projeto definidos para o produto.

Salvo falhas na codificação, o sistema indica que o cliente efetuou alterações na cópia local dos dados através de uma mudança na cor de fontes e ícones para o vermelho, nos controles que apresentam as informações ao cliente.

É importante utilizar a ferramenta de comunicação em tempo real para situar os clientes que participam do projeto e também porque as mensagens são armazenadas na base de dados como um 'Protocolo' e podem ser analisadas posteriormente para extrair informações quanto ao processo de desenvolvimento do projeto, ao seu andamento e sobre próprio projeto.

“By merely looking at a product, consumer will form a hypothetical image of many properties besides shape and appearance: they will assume knowledge about functional properties ...”

Jacob Buur

Capítulo 6

APLICAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA

Os testes descritos no presente capítulo são de dois tipos principais: testes que visaram avaliar o grau de correção no funcionamento do sistema e testes que visaram avaliar o conteúdo de informações acompanhado da utilização da metodologia de projeto informacional. Os tópicos seguintes descrevem a maneira como foram realizados os testes e os resultados obtidos.

6.1 TESTE ALPHA DO SISTEMA COMPUTACIONAL

O teste alpha voltou-se à análise da funcionalidade do sistema, à detecção de falhas na lógica e erros na implementação. O teste foi conduzido com um grupo de mestrandos e doutorandos que, após uma apresentação geral do sistema, realizaram um estudo de caso pré-configurado.

O estudo de caso utilizado no teste foi extraído da Tese de Fonseca [16] e refere-se ao projeto informacional de um reator de plasma. Por ser extenso e possuir uma grande quantidade de informações, a partir do estudo de caso foram elaborados cinco roteiros (incluídos no apêndice B), cada um para ser executado por clientes que se convencionou denominar: ‘Cliente1’, ‘Cliente2’, ‘Cliente3’, ‘Cliente4’ e ‘Cliente5’. Ressalta-se que o estudo de caso original foi ‘quebrado’ em cinco partes e, portanto, cada roteiro possuía apenas informações parciais sobre o mesmo.

Após uma apresentação do sistema computacional realizada para vários integrantes do NeDIP, os mesmos dirigiram-se aos computadores da rede interna do laboratório e dividiram-se em grupos para realizar o teste com o estudo de caso. É importante observar que nenhum dos participantes do teste havia tido contato anterior com o sistema.

Houveram de início alguns problemas para o conexão do número de clientes planejados, que causou uma sobrecarga no computador escolhido para ser o servidor: um pentium 200MHz

com 64Mb de memória RAM. Foi escolhido então um microcomputador pentium IV de 1GHz e 256Mb de memória RAM. Vencidas as dificuldades iniciais, quatro clientes conectaram-se ao servidor e começaram a interagir com o sistema. O quinto cliente não pode continuar participando do teste, por isso os dados do quinto cliente são todos nulos. Os resultados do teste foram sumariados na tabela 6.1.

	<i>Atrib. básicos</i>	<i>Atrib. do CV</i>	<i>Atrib. específicos</i>	<i>Necessidades</i>	<i>Req. de cliente</i>	<i>Req. de projeto</i>
Ciente 1: total previsto	2	2	2	1	11	12
inserido no projeto	1	0	0	0	0	2
% no projeto	50%	0%	0%	0%	0%	17%
inserido na base	0	0	0	0	6	7
% na base	0	0	0	0%	55%	58%
% de relações corretas	–	0%	–	0%	66%	100%
Ciente 2: total previsto	2	2	2	1	11	12
inserido no projeto	4	2	3	0	10	8
%	200%	100%	150%	0%	91%	67%
inserido na base	0	0	0	0	11	9
% na base	0	0	0	0%	100%	75%
% de relações corretas	–	0%	–	0%	100%	0%
Ciente 3: total previsto	2	2	2	1	11	13
inserido no projeto	0	0	0	0	0	0
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
inserido na base	0	0	0	0	11	0
% na base	0	0	0	0%	100%	0%
% de relações corretas	–	0%	–	0%	73%	0%
Ciente 4: total previsto	2	2	6	1	11	13
inserido no projeto	5	6	10	3	0	0
%	250%	300%	167%	300%	0%	0%
inserido na base	0	0	0	3	6	0
% na base	0	0	0	300%	55%	0%
% de relações corretas	–	0%	–	0%	0%	0%
Ciente 5: total previsto	2	2	5	2	11	13
inserido no projeto	0	0	0	0	0	0
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
inserido na base	0	0	0	0	0	0
% na base	0	0	0	0%	0%	0%
% de relações corretas	–	0%	–	0%	0%	0%

Tabela 6.1 : Resultados obtidos no teste utilizando um estudo de caso de projeto informacional de um reator de plasma desenvolvido por Fonseca [16].

A elaboração dos resultados foi realizada da seguinte maneira: para cada cliente (cliente 1, cliente 2 *etc.*) a tabela apresenta o total de cada tipo de informação (atributos, necessidade e requisitos) que cada cliente deveria inserir no sistema, de acordo com os roteiros apresentados no apêndice B, as quantidades em termos absolutos e percentuais de cada informação que cada cliente efetivamente inseriu no sistema e selecionou para o projeto, as quantidades em termos absolutos e relativos de cada informação que cada cliente inseriu no sistema (que pode ser superior à quantidade que cada cliente selecionou para o projeto) e, finalmente, o percentual de acerto, com relação a informações que cada cliente inseriu na base e nas quais as relações com informações anteriores de projeto estavam corretas.

Os roteiros previam que os clientes montassem a árvore do ciclo de vida do produto, porém tornou-se difícil coordenar os clientes e, por isso, apenas um cliente foi utilizado para esta tarefa. Na seleção dos atributos para o produto ocorreu que os atributos já existiam na base de dados do servidor, bastando selecioná-lo para o projeto. Os clientes 2 e 4 foram mais rápidos

e acabaram por selecionar mais atributos que o previsto nos seus roteiros (incluindo atributos previstos nos roteiros de outros clientes).

As necessidades são apresentadas no estudo de caso realizado por Fonseca na forma de textos onde clientes do projeto discorrem sobre aspectos funcionais, de fabricação, do meio-ambiente *etc.*, vinculadas às fases do ciclo de vida e a atributos do ciclo de vida, conforme a metodologia proposta pelo autor. No entanto, o sistema computacional desenvolvido para a Tese do autor não registrou estas informações, por isso, os roteiros do estudo de caso do teste, que foram obtidos das tabelas originais não contém essas informações, nem as relações entre os textos das necessidades e os requisitos de cliente aos quais eles deram origem. Por outro lado, fazer com que os participantes redigissem as necessidades levaria muito tempo e não traria benefícios, por isso, foi utilizado um recurso do *software* que permite de vincular documentos que contenham textos de necessidades, no caso, foram anexadas páginas Web listadas por Fonseca para pesquisa de patentes.

O teste mais significativo foi realizado na inserção dos requisitos de cliente e requisitos de projeto. Com relação aos requisitos de cliente, observa-se que os quatro clientes que participaram do projeto inseriram dados na base do sistema de forma regular. Os clientes 2 e 3 inseriram todos os requisitos de cliente dos seus roteiros na base, porém apenas o cliente 2 selecionou para o projeto a maioria dos requisitos que inseriu. Os clientes 1 e 4 inseriram apenas parcialmente os requisitos de cliente dos seus roteiros. Além disso, observa-se que a capacidade de vincular informações anteriores, e isso dependia do entendimento da filosofia do sistema, apresentou grande variabilidade, dos 100% obtidos pelo cliente 2, ou seja, o cliente vinculou corretamente aos atributos básicos e às necessidades todos os requisitos de clientes que inseriu na base, até os 0% obtidos pelo cliente 4, que apenas inseriu os requisitos de cliente do seu roteiro, sem observar os vínculos com as informações anteriores.

Observou-se que, a partir de certo ponto, as atividades realizadas pelos clientes já não apresentavam sincronia. Por isso, ao final das duas horas de testes apenas os clientes 1 e 2 haviam chegado à tela de inserção dos requisitos de projeto. Observa-se, ainda que o progresso de cada cliente dependeu, de tempos em tempos, do acompanhamento do criador do sistema. Por isso, as diferentes desenvolvimentos apresentadas pelos clientes podem residir na menor ou maior habilidade de cada um, como podem também ser um reflexo da atenção diferenciada dispensada a cada cliente.

O cliente 1 chegou a fazer um teste de preenchimento da matriz de avaliação dos requisitos de cliente, cujo resultado é mostrado na figura 6.1. Os demais clientes não chegaram a preencher as matrizes das telas finais, por isso elas permanecem em branco e, por uma questão de espaço e utilidade, não são mostradas aqui. Observa-se que o cliente preencheu completamente a matriz: todos as relações foram atribuídas. Em função da inclusão posterior dos requisitos de cliente que os clientes inseriram na base, mas não selecionaram para o projeto, a matriz tornou-se parcialmente preenchida.

“Verificar quanto à atualização dos dados, a ‘piscada’ dos dados na tela, pois acaba tirando a concentração do usuário.”

Estas, entre outras, foram observações realizadas pelos clientes que testaram o sistema, indicando erros, falhas e dando sugestões para melhoria da utilização do sistema. Por exemplo, a sugestão dada no terceiro item transcrito acima é perfeita, mas esbarra em uma questão operacional: toda vinculação de informações depende de um índice (da informação a ser vinculada) que é criado pelo sistema gerenciador da base de dados, por isso é imperativo que o cliente efetue a operação na ordem especificada, ou seja, primeiro inclua a informação na base, atualize os dados no servidor remoto (a base de dados gera o índice e o retorna ao aplicativo cliente) e, em seguida, selecione a informação para o projeto no qual está trabalhando. Considera-se, em virtude das adversidades e dos resultados obtidos, o teste como tendo sido válido e de suma importância para a melhoria do sistema.

6.2 APLICAÇÃO DO SISTEMA EM UM PROJETO REAL

A aplicação em um caso real foi iniciada e continua em desenvolvimento enquanto este trabalho é redigido. A aplicação, utilizando o sistema computacional, tem como objetivo elaborar as especificações para o reprojeto de um produto de uma empresa do setor de componentes injetados conveniada com o NeDIP. A fim de preservar os interesses da empresa e do NeDIP, não serão reveladas aqui informações pertencentes a este estudo de caso. Serão apresentados dados tais como quantidades de informações, número de clientes levados em consideração no projeto e observações quanto à metodologia e o uso do sistema computacional.

Até o presente momento, o estudo de caso real leva em consideração informações referentes a 8 clientes além da própria empresa, entre usuários, vendedores *etc.* Foram selecionados para o produto vários dos atributos gerais e específicos pré-existentes na base e incluídos alguns novos, e.g., o atributo básico ‘mensagem’.

Como já foi dito, o estudo de caso em questão corresponde à elaboração de especificações para o reprojeto de um produto que já existe no mercado. Por isso, o estudo foi iniciado em reuniões entre os membros da equipe de projeto, com o objetivo de estabelecer as necessidades¹ e os requisitos de projeto. Até então a equipe de projeto definiu aproximadamente 40 requisitos de cliente e 60 requisitos de projeto. O estágio atual de desenvolvimento encontra-se no preenchimento da matriz de avaliação dos requisitos de cliente, com relação a cada cliente do projeto. Alguns clientes já iniciaram o preenchimento da matriz de avaliação dos requisitos, um resultado total, que combina os resultados parciais dos clientes que já iniciaram o preenchimento, é mostrado na figura 6.2.

¹ocorre aqui uma diferença na terminologia adotada e a terminologia do projeto informacional: as necessidades para a equipe correspondem aos requisitos de cliente do projeto informacional

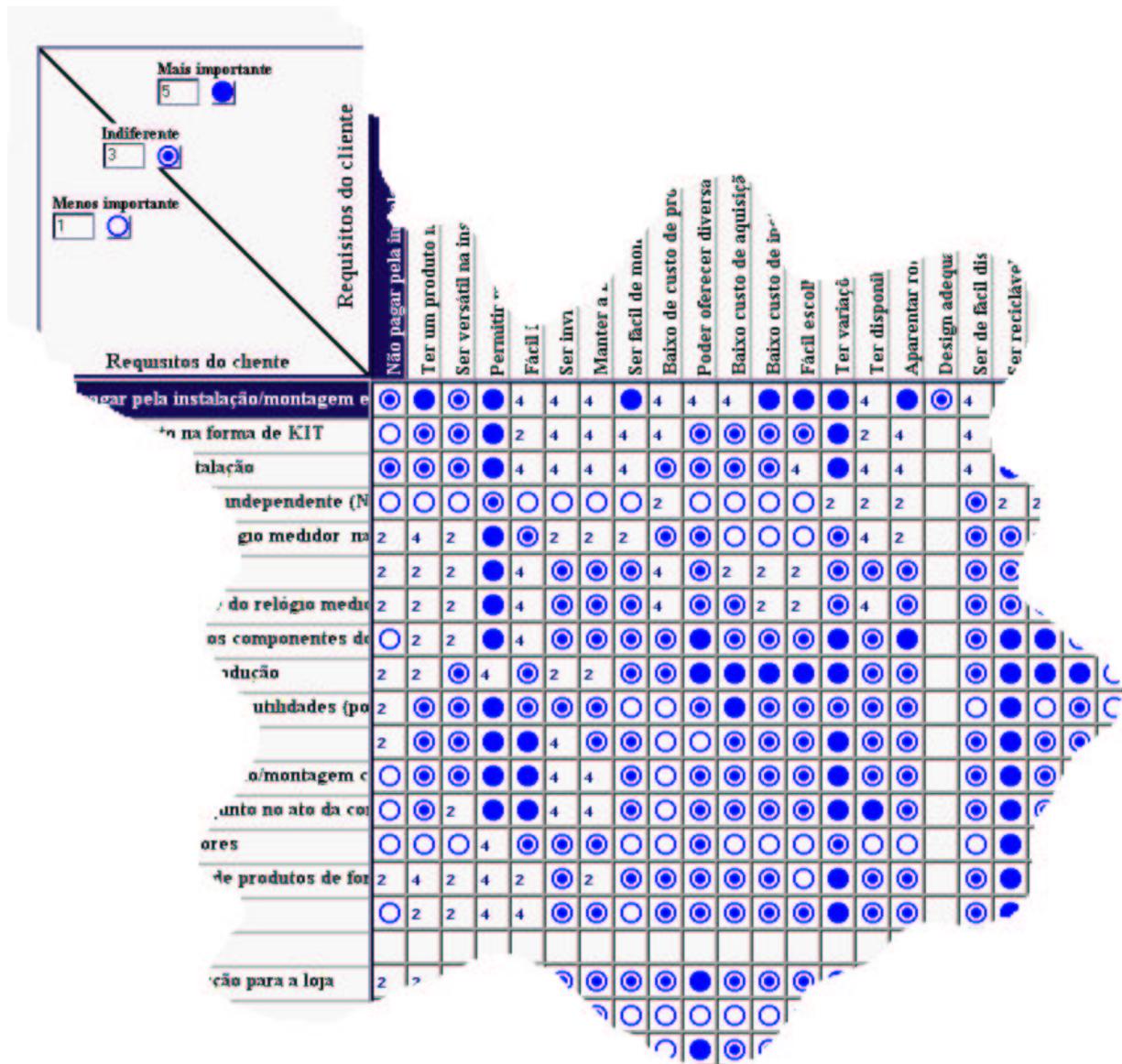


Figura 6.2 : Matriz de avaliação dos requisitos de cliente combinada (ou total), com as parciais preenchidas pelos clientes do projeto.

Em função da característica de reprojeto do produto com o qual está sendo realizado a aplicação, os membros da equipe de projeto observaram que seria interessante poder vincular, por exemplo, um requisito de cliente a mais de um atributo básico, pois um requisito de cliente tal como ‘Ser seguro no uso’ pode levar a diferentes requisitos de projeto dependendo de se considerar o requisito ligado à ‘normalização’, ‘ergonomia’ ou à ‘confiabilidade’, que são atributos básicos. A figura 6.3 ilustra o ocorrido no estudo de caso: a figura 6.3a) ilustra o processo previsto na metodologia de projeto informacional enquanto a figura 6.3b) ilustra o ocorrido quando os clientes conheciam de ante-mão os requisitos de cliente, por exemplo.

Deve-se ressaltar a consequência principal de se permitir este tipo de associação: em uma lista de 40 requisito de clientes, se cada requisito estiver associado em média a 2 atributos básicos, as matrizes de avaliação dos requisitos de cliente e a casa da qualidade possuiriam o dobro do número de entradas nas listagens correspondentes aos requisitos de cliente, pois os relacionamentos devem ser diferentes para os diferentes conjuntos. Esta situação piora, quanto

maior o número de associações e também para o caso de informações associadas a mais de uma informação anterior.

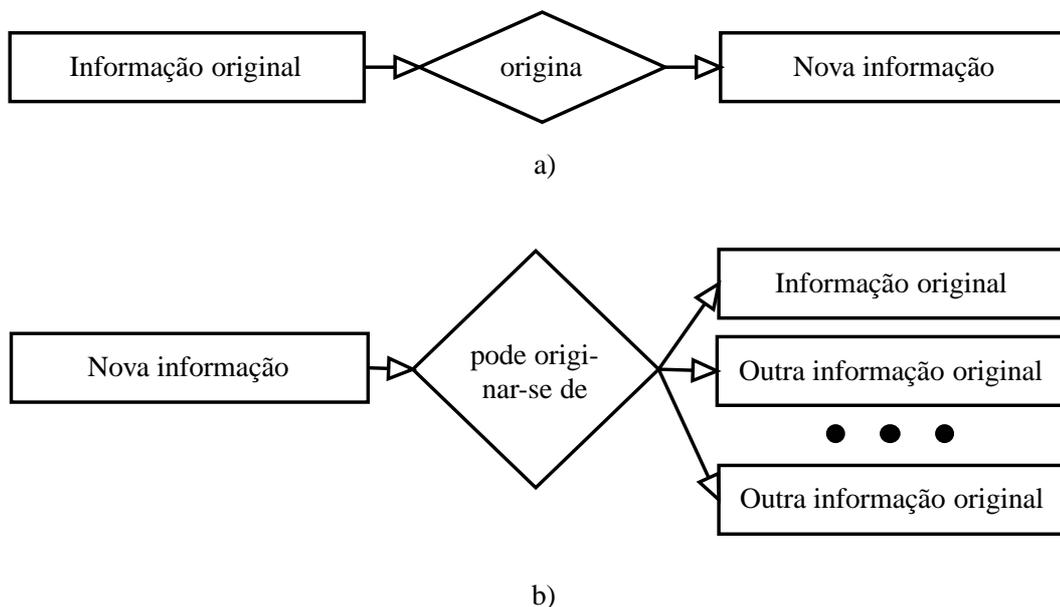


Figura 6.3 : Abordagem de mapeamento das informações de projeto.

É possível modificar a base de dados para comportar este tipo de recurso, sem perda de informações de projeto existentes. No entanto, é preciso avaliar as conseqüências metodológicas e acredita-se que as alterações provocariam mudanças significativas nas interfaces do programa cliente.

6.3 COMENTÁRIOS SOBRE OS RESULTADOS OBTIDOS

Com relação ao teste alpha, descrito anteriormente, foi pedido aos participantes que respondessem a um breve questionário onde tentou-se explorar questões referentes a metodologia de projeto e ao funcionamento / ergonomia do sistema computacional. Os resultados das avaliações são apresentados na tabela 6.2.

Em virtude de não ter sido registrado nas avaliações dos participantes qual cliente do projeto eles haviam representado, torna-se impossível correlacionar o desempenho na utilização do programa, apresentado no item que descreve o teste alpha, e as avaliações realizadas através do questionário. Um dos participantes, além de responder ao questionário, emitiu algumas justificativas, que refletem, de modo geral, os resultados médios:

“Facilidade de uso: foi dada a nota 3 em função da demora no aprendizado da seqüência de operações que devem ser realizadas e da não visualização do trabalho realizado, principalmente no item requisito do cliente.”

Tabela 6.2 : Avaliações do sistema realizadas pelos participantes do teste alpha.

<i>Item</i>	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Média
Conhecimento prévio do avaliador em metodologia de projeto	5	3	4	4	4	4
<i>Aspectos funcionais do software</i>						
Relevância do conteúdo	4	5	3	5	4	4,2
Facilidade de uso	2	4	4	3	3	3,2
Relação entre o que é apresentado na interface e o modelo da base de dados	4	4	4	5	3	4
<i>Aspectos ergonômicos</i>						
Interfaces intuitivas	2	4	4	2	3	3
Facilidade de compreensão do que é apresentado	3	4	4	3	3	3,4
<i>Aspectos de eficiência e eficácia</i>						
Velocidade nas operações	5	3	4	4	4	4
Aplicabilidade em projetos reais	2	5	4	4	5	4

Escala de notas: 1: Péssimo; 2: Ruim; 3: Regular; 4: Bom; 5: Ótimo

“Relação entre o que é apresentado na interface e o modelo da base de dados: foi dada a nota 3 em função da interface não posicionar o operador quanto aos trabalhos realizados.”

“Interfaces intuitivas: foi dada a nota 3 em função da incerteza do andamento do trabalho e de não induzir o operador, de uma forma gráfica, quanto a qual deve ser o próximo item a ser realizado.”

“Facilidade de compreensão do que é apresentado: foi dada a nota 3 em função de não haver uma seqüência lógica e sistemática da seqüência de janelas e de um *feedback* do que está sendo realizado na medida em que o operador utiliza o *software*.”

Observa-se que a crítica principal do usuário se deu com relação ao sistema não induzir uma seqüência de passos para o projeto. Esta foi, de fato uma questão que gerou contradições nas tomadas de decisão quanto à interface de projeto, pois torna-se difícil induzir o usuário em uma seqüência de passos sem ‘enrijecer’ o sistema. Por isso, durante o desenvolvimento, optou-se por deixar o usuário livre para ‘navegar’ pelo sistema. Acredita-se que com a familiarização esta dificuldade seja superada e a liberdade proporcionada pelo sistema traga benefícios principalmente com relação ao aspecto colaborativo implementado pelo programa.

Outras observações que se pode fazer com relação às avaliações efetuadas pelos participantes são:

- O cliente que se considera menos especialista (nota 3) emitiu as maiores notas e de maneira mais consistente. Neste caso, há também duas possibilidades que se oferecem: o cliente não foi capaz de analisar com espírito crítico face ao desconhecimento da metodologia de projeto informacional, ou, por não sofrer influência dos paradigmas anteriores, tem maior aceitação para com o sistema novo.
- O cliente considerado mais especialista (nota 5) emitiu as notas mais baixas e em maior quantidade, notavelmente também no item aplicabilidade em projetos reais. Apresenta-se duas explicações possíveis: tal fato pode ser reflexo da dificuldade em compreender o que foi apresentado (nota 3) e da dificuldade em usar o programa (nota 2), ou é possível que o sistema tenha se distanciado excessivamente do paradigma anterior.

Após a implementação de diversas melhorias no sistema e a correção de diversos erros de programação e falhas de lógica, o sistema vem sendo utilizado no estudo de caso comentado no item anterior. Em função das modificações realizadas, um dos projetistas que está trabalhando com o sistema, Cristiano V. Ferreira (pesquisador do NeDIP), realizou uma avaliação textual transcrita a seguir:

“Nesta análise, procurarei inicialmente destacar as características do programa com relação a sua utilização, funcionalidades e características, procurando analisar a utilização do programa num ambiente colaborativo de desenvolvimento de produtos e apresentando algumas sugestões:

1. O programa mostrou-se importante para realizar a utilização da matriz do QFD por vários clientes simultaneamente, por exemplo em ambientes de desenvolvimento colaborativos de produtos;
2. De uma forma geral, o programa possui recursos que facilitam a sua utilização em ambientes colaborativos (WEB Based) visando o emprego da Primeira Matriz do QFD, tais como: possibilidade de visualizar os clientes, as necessidades inseridas por estes clientes e envio de mensagens para os demais clientes;
3. As funcionalidades implementadas auxiliam na inserção de necessidades dos clientes à Primeira Matriz do QFD. Entretanto, desenvolvimentos futuros podem ser realizados visando acrescentar novas ferramentas de projeto, auxiliando a equipe de projeto a definir estas necessidades;
4. Os recursos implementados para associar as necessidades aos atributos mostram-se importantes para garantir que informações relacionadas ao ciclo de vida do produto possam ser consideradas nesta fase de projeto.

5. A possibilidade de associar os requisitos de projeto às necessidades dos clientes mostram-se importante para mapear a origem das informações (requisitos de projeto);
6. Com relação ao preenchimento dos campos da matriz do QFD, foram implementados recursos que permitem os clientes realizarem os relacionamentos entre necessidades e requisitos independentemente dos demais. O programa possui recursos que podem considerar a média destes resultados. Este fato deve ser analisado com cuidado, pois nem sempre a média é o melhor resultado. Os valores atribuídos a este relacionamento devem ser, preferencialmente, consensuais, por outro lado, em ambientes colaborativos isto nem sempre é possível;
7. Em termos ergonômicos, acredito que seria interessante um estudo melhor das interfaces implementadas, uma vez que o usuário pode ficar um pouco “perdido” com o grande número de recursos implementados;
8. No estudo de caso, as informações inseridas (necessidades e requisitos) foram levantadas e definidas através de reuniões. Neste caso, as discussões para definir estas informações foram realizadas sem a utilização do programa. Talvez, com a utilização do programa este processo poderia demandar maior tempo, em virtude das dificuldade de discutir pontos críticos do projeto;
9. Para facilitar o gerenciamento do desenvolvimento do produto, no estudo de caso, assim como em casos práticos, deveria ser definido um gerente responsável pela decisão final das informações e com informações para tal;
10. Considerando aspectos práticos de utilização do programa, assim como todas ferramentas de projeto faz-se necessário a realização de extensivo treinamento da equipe de projeto, para utilizar a metodologia de projeto e, principalmente, o programa computacional devido ao grande número de recursos implementados;
11. O desenvolvimento de um help pode ajudar a equipe de projeto a utilizar o programa;
12. No ambiente no qual é realizado o estudo de caso, ocorrem diálogos indiretamente entre a equipe de projeto fato que auxiliou na utilização do programa e levantamento das informações. O ambiente ideal seria aquele, onde as pessoas da equipe de projeto estivessem isoladas umas das outras. Entretanto, este fato não comprometeu a avaliação do programa que, repito, mostrou-se muito importante para o desenvolvimento colaborativo de produtos entre empresas ou pessoas de distintos departamentos de uma mesma empresa.”

Observa-se que o usuário emitiu comentários que levam à conclusão de que o sistema tende a apresentar características desejadas desde o início, tais como a rastreabilidade e a

consistência das informações. Ressalta, ainda, a importância do aspecto colaborativo. Quanto à questão da realização de médias das avaliações realizadas pelos diversos clientes, esta foi levantada e discutida ao longo do desenvolvimento do trabalho e, de fato, durante a implementação, não surgiram soluções alternativas viáveis.

Acredita-se que quanto maior o número de clientes, mais próxima a média estará de um valor real. Um atenuante passível de implementação é a realização de cálculos estatísticos além da média, tais como desvios padrões e a realização de testes de hipóteses capazes de indicar a tendência das avaliações realizadas pelos clientes. Com relação aos outros aspectos comentados, de um modo geral, concorda-se com as opiniões do avaliador.

“The terms are created in order to limit the known as reliably and firmly as possible”

Genrikh S. Al'tshuller

Capítulo 7

CONCLUSÕES

Desde o início da era digital, matemáticos, físicos, engenheiros e outros profissionais têm-se dedicado a desenvolver sistemas computacionais com o objetivo de dar suporte às suas atividades. Muitos foram obrigados a aprender uma linguagem de programação para comunicar-se com as máquinas. Em função dessa necessidade, muitos cursos de engenharia incluíram em seus currículos cursos introdutórios à informática, nos quais a base está no ensino da elaboração de algoritmos. Os algoritmos nada mais são que modelos passíveis de serem traduzidos e implementados na linguagem de preferência do programador, seja ela C, Pascal, Fortran ou Assembly!

Considera-se, atualmente, que o mundo esteja vivendo a ‘era da informação’. Ao contrário do objetivo inicial da programação, que constituía um meio de ‘extrair’ do *hardware* resultados referentes a cálculos matemáticos complexos, na era da informação o *hardware* passa a ser um meio que possibilita a existência de sistemas computacionais capazes de um nível de abstração mais elevado e recursos tais como a interligação em tempo real de postos e trabalho espalhados pelo mundo.

A representação do conhecimento nos sistemas computacionais se dá através da construção de modelos, sejam eles semânticos, orientados a objetos ou modelos de sistemas especialistas (IA). Tais modelos estão para os sistemas de informação (bases de dados, bases de conhecimento etc.), como os algoritmos estão para os programas de computador. Assim, além de programar, ou de saber escrever algoritmos, os profissionais que desenvolvem sistemas de apoio às suas atividades devem agora ser capazes também de implementar sistemas de bases de dados e/ou sistemas especialistas, ou de saber construir os modelos correspondentes.

A contribuição principal, do presente trabalho, é a introdução, no processo de desenvolvimento de sistemas computacionais criados para o apoio à metodologias de projeto desenvolvidas no NeDIP, de uma prática de modelagem que resultou na construção de um modelo semântico para o suporte a uma destas metodologias, o projeto informacional, a qual deverá ser seguida em trabalhos futuros.

7.1 CONCLUSÕES ACERCA DO PROCESSO DE MODELAGEM

O processo de modelagem permitiu colocar de maneira mais concreta o conteúdo de informações do PI. Pode-se dizer que, em função do foco do trabalho estar no processo de modelagem, ocorreu na fase final do trabalho uma tentativa de ‘validar’ o conteúdo através da implementação da metodologia de projeto, ao contrário do que é normalmente realizado: tentar validar uma metodologia através da implementação de um sistema de informações. Isso permitiu observar que nas implementações de metodologias algumas vezes são ‘esquecidas’ informações importantes e que, por outro lado, na implementação de informações algumas vezes não se conhece processos metodológicos para tratá-las.

Parece haver, em certo grau, uma falta de correspondência entre o processo metodológico e o conteúdo de informações tratado por ele. A figura 7.1 ilustra este fato. A explicação encontrada para o fenômeno reside na observação de que muitos dos processos de transformação de informações se dão através de processos cognitivos realizados pela mente humana, principalmente em fases excessivamente abstratas como a do projeto informacional.

A figura 7.1a) ilustra o caso em que as informações referentes a um processo decisório são registradas de forma incompleta tanto na quantidade de dados quanto nas relações entre eles. Já a figura 7.1b) ilustra o caso que, mesmo que todas os dados tenham sido registrados, o não registro das relações entre eles inviabiliza (ou no mínimo dificulta) a reconstituição das informações.

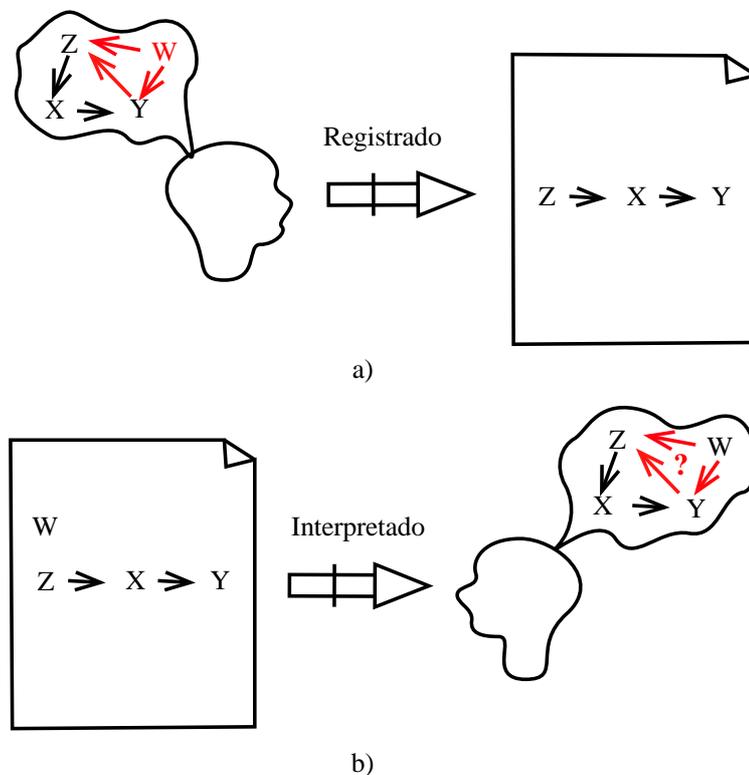


Figura 7.1 : a) Falha na externalização do conhecimento. b) Impossibilidade de reconstituição da informação.

Os casos apontados pela figura 7.1 são relativamente simples. Simon [46] observa que processos decisórios realizados por especialistas em diversos domínios podem envolver números de elevada ordem de grandeza e cita como exemplo os mestres enxadristas que têm capacidade de considerar 50.000 (valor estimado) *chunks* ou unidades de informação. Se, para a mente humana números com uma ordem de grandeza variando entre 10.000 e 50.000 são ‘comuns’ e dependem principalmente da persistência e do afincamento na aprendizagem de um domínio do conhecimento humano, para um sistema computacional, o registro e o resgate de tal quantidade de informações pode onerar a utilização do sistema, principalmente na falta de uma interface adequada com o usuário.

Em função da carga de processos cognitivos realizados quando se lida com necessidades, requisitos, atributos *etc.*, a modelagem revelou também a fragilidade dos processos metodológicos face à riqueza das informações a serem registradas. A consideração em separado do conteúdo de informações e da interface de projeto revelou determinadas ‘perdas’ em termos de processo, por exemplo: as categorias de problema de projeto, objetivos, metas e alvos não ‘evoluem’ para e nem de informações existentes ou que possam surgir ao longo do processo, ao contrário, parecem ser o tipo de informação que os clientes levam em consideração nas suas decisões, mas não podem ser mapeadas pois têm relações fracas e sobretudo relações com quase todo o restante das informações. Há também o caso das restrições de projeto, que possuem um *status* claramente semelhante ao dos requisitos de projeto, porém não está clara a maneira como devem ser inseridas no processo metodológico de encadeamento das informações.

7.2 CONCLUSÕES SOBRE O MODELO

A implementação de bancos de dados relacionais resultantes de estudos e sistematizações do conteúdo de informações dá maior robustez e sentido à base de dados e permite um razoável grau de auto-explicação por parte dos dados armazenados, em geral na forma de relações causa/efeito, e.g., uma necessidade causa o surgimento de determinado requisito de cliente. Isso evitou a duplicação de informações e utilizou efetivamente os recursos das bases de dados relacionais. Assim, após a conclusão do projeto, mesmo que se venha a modificar o texto de um requisito de cliente, por exemplo, os requisitos de projeto a ele ligados permanecem vinculados, ao contrário do que se observa nos fragmentos da base dados apresentados no apêndice B, pertencentes ao estudo de caso realizado através do sistema computacional de projeto informacional anterior.

O modelo introduziu um nível satisfatório de rastreabilidade das informações e implementou recursos importantes previstos na metodologia do PI e que visam prover empresas e projetistas com um caminho para a evolução mostrada na figura 7.2. Porém, visto que o projeto informacional representa apenas a fase inicial do processo de projeto, para atingir na totalidade os benefícios do ‘Porquê’ e do ‘Para quê’, é necessário estender as pesquisas às fases seguintes e encontrar formas concretas de ligar o processo de geração das especificações aos processos de geração das concepções, seleção de concepções, configuração do produto e detalhamento, enfim, estabelecer ligações fortes entre todas as fases do processo de projeto.

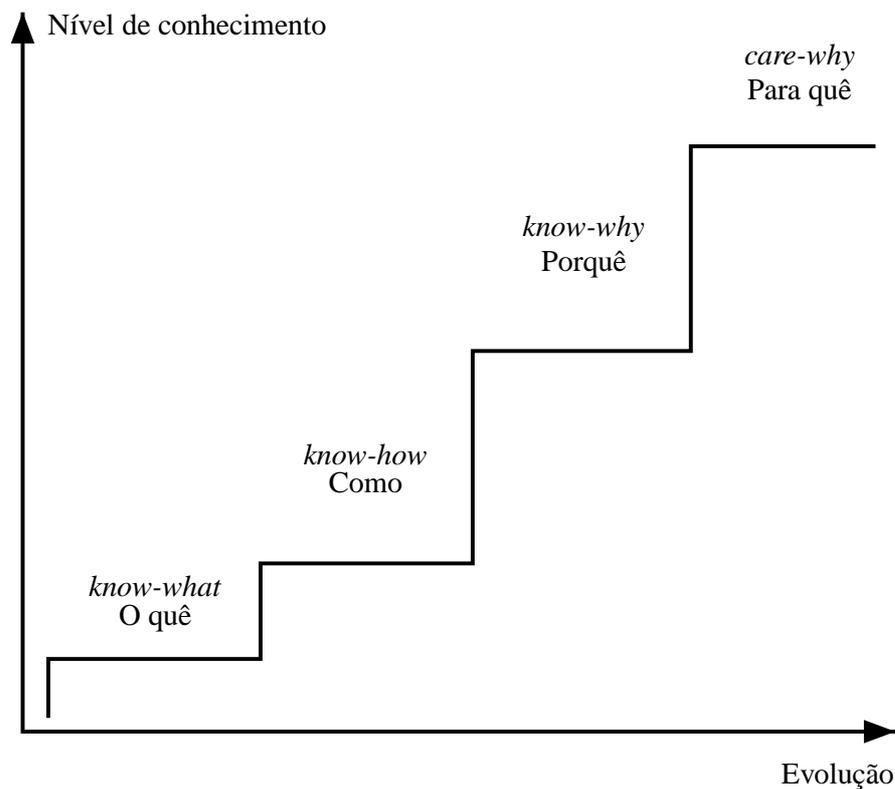


Figura 7.2 : Processo de evolução do conhecimento.

A existência de um modelo permitiu compreender as possibilidades de implementação da interface do sistema computacional, nesse sentido, observou-se duas questões:

1. Que foram alcançados, com o *software*, resultados além dos desejados inicialmente: um sistema com uma quantidade abrangente de informações e que mantivesse a integridade física dos dados.
2. Que o modelo permite a implantação de recursos não explorados no sistema computacional, em função da limitação no tempo de desenvolvimento, como, por exemplo, as possibilidades de trocar informações de uma classe para outra, trabalhar com informações outras, sem necessariamente pertencerem a uma categoria, levantar o histórico de criação e modificação de informações *etc.*

Finalmente, observa-se que o modelo de informações, documentado no capítulo 4, e a arquitetura do sistema computacional, documentada no capítulo 5, poderão ser evoluídos com maior facilidade em virtude da própria documentação e da existência de uma metodologia de desenvolvimento.

7.3 CONCLUSÕES SOBRE A FERRAMENTA

Os resultados dos testes indicam que, em função do trabalho de modelagem, houve um avanço significativo em um produto que foi o sistema computacional de auxílio ao desenvolvimento das especificações de projeto e que vem concorrer com várias outras

ferramentas disponíveis, tais como o software desenvolvido no trabalho de Tese de Fonseca [16] e outros programas comerciais, apresentando diferenciais tais como:

- O suporte a uma gama variada de tipos de informação e às associações entre elas.
- A possibilidade de reutilizar informações entre projetos e de evoluir e acompanhar, através do levantamento histórico, a evolução de requisitos.
- A característica colaborativa que permite o trabalho de equipes em tempo real através de *intranets* e da WWW, com a possibilidade de rastrear as atividades colaborativas. Um suporte importante principalmente nas fases iniciais do processo de projeto, envolvendo equipes multidisciplinares *etc.*
- A interface gráfica, onde as informações são representadas por ícones específicos. Esta característica deve, a médio prazo, induzir um bom grau de facilidade no uso do sistema.
- Tem capacidade de explicar uma série de tomadas de decisão, quando os usuários do sistema realizam corretamente a vinculação das informações. Possibilita a rastreabilidade do sistema, identificando inclusive o cliente responsável por determinada informação.
- Exceto pelas operações de *login* no sistema e geração do relatório, realiza as operações de edição de informações e atualização de dados com velocidade satisfatória (até onde o sistema foi testado, usando redes internas de 10Mbits).

Os problemas relativos à capacidade da máquina servidora, quando ocorria a conexão de três ou mais clientes, apontou a necessidade de realizar otimizações no programa servidor. Assim, os componentes *TTable* foram substituídos por componentes *TQuery*, que exigem menos memória e os componentes restantes, necessários para operações de gravação e modificação dos dados passaram a ser ativados pelo servidor somente quando este é solicitado por um dos clientes a realizar uma operação dos tipos citados. Estas alterações devem ser suficientes para permitir o trabalho de cinco, talvez mais, clientes em máquinas do tipo Pentium 200MHz com 64Mb de memória RAM, no entanto, não foram realizados testes para verificar a capacidade máxima do sistema final. Sugere-se a realização de testes adicionais e a pesquisa e implementação de medidas adicionais para diminuir a carga sobre a máquina servidora.

7.4 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Identificam-se neste último item alguns tópicos, relativos ao trabalho, que podem ser mais intensamente explorados. Os referidos tópicos dividem-se em três categorias: aspectos teóricos do desenvolvimento de especificações, integração com as fases seguintes do processo de projeto e melhoria da ferramenta.

Aspectos teóricos do desenvolvimento de especificações

A engenharia mecânica e a engenharia de *softwares* seguiram caminhos diferentes nos desenvolvimentos de suas respectivas metodologias de projeto. A RE é o ramo que estuda a especificação de requisitos funcionais e não-funcionais (ou *quality requirements*) de sistemas computacionais. No projeto mecânico, o projeto conceitual e o projeto informacional correspondem aos estudos de requisitos funcionais e da qualidade, respectivamente, da RE. Em ambas a primeira atividade encontra-se mais desenvolvida do que a segunda, ou seja, mais desenvolvidas na ‘especificação’ de requisitos funcionais do de qualidade.

Observa-se que a engenharia de *softwares*, por lidar com domínios de conhecimento de praticamente todas as ciências, beneficia-se de métodos e técnicas da antropologia, da lingüística e de diversas outras áreas das ciências humanas. Por esse motivo, o projeto mecânico pode beneficiar-se dos avanços alcançados na área de engenharia de *softwares*, motivo pelo qual recomenda-se estudar melhor o processo de desenvolvimento das especificações de sistemas computacionais, ou seja, a *Requirements Engineering*.

Além da inteligência artificial (IA) aplicada ao projeto, que já vem sendo pesquisada, sugere-se, assim como na engenharia de *softwares*, pesquisar as ligações entre a fase inicial do processo de projeto e as ciências cognitivas: a antropologia, a lingüística, a sociologia e a psicologia cognitiva,

Integração com as fases seguintes do processo de projeto

O mesmo trabalho realizado para o projeto informacional pode e deve ser realizado para o projeto conceitual, e em menor escala das fases seguintes do projeto (pois estas já têm como característica marcante a modelagem de dados e informações). Deve-se, principalmente, conduzir pesquisas no sentido de determinar as relações estabelecidas (cognitivamente pelos projetistas) entre os modelos de informação das diversas fases, pois sabe-se que há uma lacuna no conhecimento científico quando se trata de explicar os processos de transformação que ocorrem entre níveis diferentes de abstração¹. Buscando-se integrar os modelos de informações das fases de projeto pode-se reduzir as ‘lacunas cognitivas’ entre elas.

Estudos podem ser conduzidos no sentido de utilizar as tecnologias orientadas a objetos, construindo-se um modelo orientado a objetos para o projeto informacional que permita uma evolução mais natural do modelo de informações, sem que seja necessários reimplementar bases de dados e *softwares*. O autor entende que a facilidade de evolução do modelo e a facilidade de integração com as ferramentas CAD para as fases seguintes do processo de projeto são os benefícios principais de um modelo orientado a objetos e que, para serem concretizados, a implementação física deverá, obrigatoriamente, ser realizada utilizando-se uma base de dados orientada a objetos ou objeto-relacional.

¹Por exemplo, quando uma pessoa ‘visualiza’ uma descrição textual ou concebe um dispositivo físico capaz de realizar determinada função.

Melhoria da ferramenta

Sugere-se estudar o desenvolvimento de um arquivo de troca de dados para a reutilização de informações entre servidores. Utilizando o mecanismo de arquivos de troca de dados deve-se também buscar a criação de bibliotecas de informações para famílias de produtos.

Deve ser estudada a inclusão de novas ferramentas de elicitação e tratamento de informações, estendendo o modelo de informações, quando necessário. Além disso, recomenda-se estudar melhor os aspectos cognitivos / ergonômicos das interfaces, que não foram pesquisados para a realização deste trabalho.

Alguns aspectos de programação e de segurança do sistema podem também ser melhorados, por exemplo, na questão do *login* no sistema, qualquer um pode utilizar o sistema como se fosse outro cliente. Isto é interessante por permitir a todos verificar dados originados de outros clientes, porém pode ser prejudicial quando utilizado com um número elevado de clientes. Pode-se também considerar a implementação de um sistema de permissões, com a atribuição de um gerente de projeto e usuários com acesso irrestrito, parcialmente restrito *etc.*

O sistema computacional desenvolvido para o projeto informacional de produtos deve ser melhor testado: sugere-se a condução de avaliações do comportamento da ferramenta, buscando identificar métodos que possam ser implementados nas classes de um modelo orientado a objetos da ferramenta; sugere-se também a condução de avaliações da ergonomia das interfaces. Testes adicionais devem ser conduzidos também para a avaliação do aspecto colaborativo no projeto informacional computadorizado, uma novidade neste sistema e nesta fase do processo de projeto, com vistas à melhoria das interfaces e à implementação de novos recursos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALDRICH, K. S., STAUFFER, L. A. *A representation for design information during the product definition process*. University of Idaho Moscow, p. 11, 1994. Obtido em 2001 diretamente do autor através do e-mail stauffer@uidaho.edu.
- [2] BAXTER, M. **Projeto de produtos: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo, Brasil: Ed. Edgard Blücher Ltda., 1998.
- [3] Borland International Inc. **Borland Delphi™ 3 developer's guide**. Scotts Valley, CA, 1997.
- [4] BUUR, J. *Mechatronics design in Japan: A study of Japanese design methods and working practice in Japanese companies*. Lyngby, Denmark: Institute for Engineering Design, Technical University of Denmark, 1990.
- [5] CHEN, P. P. The entity-relationship model – toward a unified view of data. In: ACM Transactions on Database Systems TODS. c1976. v. 1. p. 9–36, Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.
- [6] CHEN, P. P. *The entity-relationship model – a basis for the enterprise view of data*. In: Proc. of the 1977 National Computer Conference. Dallas: , c1977. p. 77–84, Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.
- [7] CHEN, P. P. *A preliminary framework for entity-relationship models*. In: *Entity-relationship approach to information modeling and analysis*. Editor CHEN, P. P. Elsevier Science Publishers B. V. (North Holland), c1983. p. 19–28, Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.
- [8] CHEN, P. P. *English sentence structures and entity-relationship diagrams*. **Information Sciences**, New York, NY, p. 127–149, 1983. Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.
- [9] CHEN, P. P. *An algebra for a directional binary entity-relationship model*. In: Proc. of the International Conference on Data Engineering. IEEE Computer Society, c1984. p. 37–38, Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.
- [10] CHEN, P. P. *English, Chinese and ER Diagrams*. In: Data & Knowledge Engineering. c1997. v. 23. p. 5–16, Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.

- [11] CHEN, P. P., THALHEIM, B., WONG, L. Y. *Future directions of conceptual modeling*. p. 15, 2000. Disponível na internet em <http://bit.csc.lsu.edu/chen/>.
- [12] CODD, E. F. *A relational model of data for large shared data banks*. **Communications of the Association for Computing Machinery - ACM**, v. 13, n. 6, p. 377–387, June 1970.
- [13] EASTMAN, C. M., FERESHETIAN, N. *Information models for use in product design: a comparison*. **Computer-Aided Design**, v. 26, n. 7, p. 551–572, July 1994.
- [14] FINGER, S., DIXON, J. R. *A review of research in mechanical engineering design. Part I: descriptive, prescriptive, and computer-based models of design process*. **Research in Engineering Design**, New York, , n. 1, p. 51–67, 1989.
- [15] FINGER, S., DIXON, J. R. *A review of research in mechanical engineering design. Part II: representations, analysis, and design for the life cycle*. **Research in Engineering Design**, New York, , n. 1, p. 121–137, 1989.
- [16] FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**, Setembro 2000. Tese de doutorado, Florianópolis, Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [17] GERSHENSON, J. A., STAUFFER, L. A. *Organizing and managing customer requirements during the product definition phase of design*. **Proc. of the 1994 ASME Design Technical Conferences-6th International Conference on Design Theory and Methodology**, Minneapolis, Minnesota, p. 11–14, 1994. Obtido em 2001 diretamente do autor através do e-mail stauffer@uidaho.edu.
- [18] GERSHENSON, J. K., STAUFFER, L. A. *The creation of a taxonomy for manufacturability design requirements*. **Proc. of the 1995 ASME Design Technical Conferences - 7th International Conference on Design Theory and Methodology**, Boston, Massachusetts, September 1995. Obtido em 2001 diretamente do autor através do e-mail stauffer@uidaho.edu.
- [19] GERSHENSON, J. K., STAUFFER, L. A. *A taxonomy for design requirements from corporate customers*. p. 18, 1996. Obtido em 2001 diretamente do autor através do e-mail stauffer@uidaho.edu.
- [20] GERSHENSON, J. K., STAUFFER, L. A. *The validation of a taxonomy for manufacturability design requirements*. **Proc. of the 1996 ASME Design Technical Conferences - 8th International Conference on Design Theory and Methodology**, Irvine, California, p. 18–22, August 1996. Obtido em 2001 diretamente do autor através do e-mail stauffer@uidaho.edu.

- [21] GIBBS, P., HIROSHI, S. *What is Occam's razor*. Original de Phil Gibbs (17-07-1996), atualizado por Sugihara Hiroshi (23-06-1997), disponível na internet em <http://math.ucr.edu/home/baez/physics/occam.html>. 18 Setembro 2001.
- [22] HAUGE, P., STAUFFER, L. A. *ELK: a method for eliciting knowledge from customers*. **Proc. of the 1993 ASME Design Technical Conference - 5th International Conference on Design Theory and Methodology**, Albuquerque, New Mexico, p. 73–88, September 13-16 1993.
- [23] HOFFMANN, C. M., JOAN-ARINYO, R. *CAD and the product master model*. **Computer-Aided Design**, v. 30, n. 11, p. 905–918, 1998.
- [24] HOOKER, J. *Is design theory possible?* Pittsburgh, USA, Carnegie Mellon University, Engineering Design Research Center, p. 17, 1992.
- [25] HOUAISS, A., DE SALLES VILLAR, M. *Minidicionário Houaiss da língua portuguesa*, Rio de Janeiro, Ed. Objetiva 2001.
- [26] HUBKA, V., EDER, W. E. *Theory of technical systems: a total concept theory for engineering design*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag Berlin, 1988.
- [27] ISAKSSON, O. *et al. Trends in product modelling - an ENDREA perspective*. **Disponível na internet em <http://www.mvd.chalmers.se/joma/publications>**, p. 22, 2000, acessado em 15/04/2001.
- [28] JARKE, M., POHL, K. *Requirements engineering in the year 2001: on (virtually) managing a changing reality*. **IEEE Software Engineering Journal**, p. 257–266, November 1994.
- [29] KERN, V. M. *Modelagem da informação com IDEF1X: linguagem, método, princípio do consenso*. **Revista Alcance**, Itajaí-SC, Ed. da UNIVALI, , n. ano VI, n. 3, p. 99–107, Novembro 1999. disponível na internet em <http://www.sj.univalli.br/kern>.
- [30] KERN, V. M. *Bancos de dados II. IDEF1X: manual do método*. **Notas de aula dos cursos em Ciência da Computação e Engenharia de Computação**, São José-SC, p. 23, 2000. disponível na internet em <http://www.sj.univalli.br/kern>.
- [31] KING, R. *My cat is object-oriented*. In: KIM, W., LOCHOVSKY, F. (Ed.) **Object-Oriented Concepts, Databases, and Applications**. 1989. Cap. 2, p. 23–30.
- [32] KRAUSE, F. L. *et al. Product modelling*. **International Conference on Engineering Design (ICED '93)**, p. 12, 1993.
- [33] MAGRAB, E. B. *Integrated product and process design and development: the product realization process*. New York, USA: CRC Press LLC, 1997.

- [34] MALMQVIST, J., SCHACHINGER, P. *Towards an implementation of the chromosome model focusing the design specification*. **International Conference on Engineering Design (ICED '97)**, Tampere, p. 10, August 19-21 1997. Disponível na internet em <http://www.mvd.chalmers.se/joma/publications>.
- [35] MALMQVIST, J., SVENSSON, D. *A design theory based approach towards including QFD data in product models*. **Proc. of the 1999 ASME Design Engineering Technical Conferences**, Las Vegas, Nevada, USA, p. 11, September 12-15 1999. Disponível na internet em: <http://www.mvd.chalmers.se/joma/publications>.
- [36] MARIBONDO, J. F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**, 2000. Tese de doutorado, Florianópolis, Brasil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.
- [37] MESSAC, A., CHEN, W. *The engineering design discipline: is its confounding lexicon hindering its evolution?* **Journal of Engineering Evaluation and Cost Analysis**, v. 3, p. 67-83, 2000. Disponível na internet em <http://www.rpi.edu/messac/Publications/Publications.html>.
- [38] NIST - National Institute of Standards and Technology, Springfield, VA22161, USA. **Integration definition for information modeling - IDEF1X**, Federal Information Processing Standards - FIPS - 184, December 21st 1993.
- [39] NUSEIBEH, B., EASTERBROOK, S. *Requirements engineering: a roadmap*. In: The Future of Software Engineering. A. Finkelstein, c2000. *Published in conjunction with ICSE (International Conference on Software Engineering) 2000*.
- [40] OGLIARI, A. *Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes plásticos injetados: estabelecimento da tarefa de projeto e ferramentas computacionais de apoio*. Florianópolis, Brasil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos - NeDIP, Estudo parcial sobre a formulação teórica de Tese (Doutorado em Eng. Mecânica - publicação interna), Setembro 1997.
- [41] OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes plásticos injetados**, Julho 1999. Tese de doutorado, Florianópolis, Brasil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.
- [42] PAHL, G., BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. London, United Kingdom: The Design Council, 1988.

- [43] ROLLAND, C., PRAKASH, N. *From conceptual modelling to requirements engineering*. Submitted to: **Annals of Software Engineering, Special Volume on Comparative Studies of Engineering Approaches for Software Engineering**, p. 30, 1999.
- [44] ROOZENBURG, N. F. M., EEKELS, J. *Product design: fundamentals and methods*. Chichester, England: John Wiley & Sons, 1995.
- [45] SIMON, H. A. *The structure of ill structured problems*. **Artificial Intelligence**, p. 624–633, 1973.
- [46] SIMON, H. A. *The sciences of the artificial*. 2ed.. ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1981.
- [47] SOWA, J. F. *Conceptual structures: information processing in mind and machine*. New York, USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1984.
- [48] STAUFFER, L. A., MORRIS, L. J. *Enhancing the product definition process*. **International Conference on Engineering Design (ICED '93)**, v. 4, p. 181–201, 1993.
- [49] STAUFFER, L. A., MORRIS, L. J. *Eliciting and managing information for product definition*. p. 2, 1994. Obtido em 2001 diretamente do autor através do e-mail stauffer@uidaho.edu.
- [50] **Guide to the software engineering body of knowledge - SWEBOOK**. Version 0.9. ed. Software Engineering Coordinating Committee (joint IEEE Computer Society - ACM committee), February 2001. chapter 2, p. 2.1–2.22. Trial Version.
- [51] ULLMAN, D. G. *The mechanical design process*. New York, USA: McGraw-Hill, 1992.
- [52] ULLMAN, J. D. *Principles of database and knowledge-base systems*. Maryland, USA: Computer Science Press Inc., 1988. v. Volume I: classical database systems.
- [53] ZAVE, P. *Classification of research efforts in requirements engineering*. **AT&T Laboratories – Research**, p. 12, February 21th 1997. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/article/zave95classification.html>.
- [54] ZEID, I. **CAD/CAM theory and practice**. New York, USA: McGraw-Hill, 1991.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências - elaboração. rio de janeiro, 2000.
- [2] BAYA, V. *et al.* *An experimental study of design information reuse*. **Design Theory and Methodology – DE-ASME**, p. 141–147, 1992.
- [3] BORGIDA, A. *Features of Languages for the Development of Information Systems at the Conceptual Level*. **IEEE Software**, v. 2, n. 1, p. 63–72, 1985. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/358706.html>.
- [4] BORGIDA, A. *et al.* *CLASSIC: a structural data model for objects*. In: ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. Portland, Oregon: , c1989. p. 58–67, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/borgida89classic.html>.
- [5] BREU, R. *et al.* *Towards a Formalization of the Unified Modeling Language*. In: AKsIT, M., MATSUOKA, S. (Ed.) **ECOOP '97 — Object-Oriented Programming 11th European Conference, Jyväskylä, Finland**. New York, NY: Springer-Verlag, 1997. v. 1241, p. 344–366. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/article/breu97toward.html>.
- [6] DA CUNHA, R. R. Troca de dados e informações baseadas em *features* nas fases de projeto mecânico aplicando sistemas CAD. Florianópolis, Brasil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGEM, Exame de Qualificação para o Doutorado, Novembro 2000.
- [7] ENGELS, G. *et al.* *Conceptual modelling of database applications using extended ER model*. **Data Knowledge Engineering**, v. 9, p. 157–204, 1992. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/engels92conceptual.html>.
- [8] FABRYCKY, W. J., VERMA, D., CHILAKAPATI, R. *Analysing a quality function deployment matrix: an expert system-based approach to identify inconsistencies and opportunities*. **Journal of Engineering Design**, v. 9, n. 3, 1998.
- [9] FONSECA, A. J. H. *Especificaciones de diseño de productos industriales. Un enfoque metodológico*. **8o Congreso Chileno de Ingeniería Mecánica**, Universidad de Concepción - Chile, 1998.

- [10] FREDERIKS, P. J. M., TER HOFSTEDÉ, A. H. M., LIPPE, E. *A Unifying Framework for Conceptual Data Modelling Concepts*. **Information and Software Technology**, v. 39, n. 1, p. 15–25, 1997. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/article/frederiks97unifying.html>.
- [11] GOGOLLA, M. *et al.* *Integrating the ER Approach in an OO Environment*. In: International Conference on Conceptual Modeling / the Entity Relationship Approach. c1993. p. 376–389, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/gogolla94integrating.html>.
- [12] GORTI, S. R. *et al.* *An object-oriented representation for product and design process*. **Computer-Aided Design**, v. 30, n. 7, p. 489–501, 1998.
- [13] HEINRICH, E., ET AL. *Natural Language-like Knowledge Representation*, 2000. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/heinrich00natural.html>.
- [14] HERZIG, R., GOGOLLA, M. *Transforming Conceptual Data Models into an Object Model*. In: International Conference on Conceptual Modeling / the Entity Relationship Approach. c1992. p. 280–298, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/herzig92transforming.html>.
- [15] HULL, R. *Managing semantic heterogeneity in databases: a theoretical prospective*. In: . c1997. p. 51–61, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/hull97managing.html>.
- [16] KUCZOGY, G. *et al.* *Strategy and process of interpretation of verbal communication related to shape conceptualization*. **International Design Conference - DESIGN 2000**, Dubrovnik, p. 413–418, May 23 - 26 2000.
- [17] KUMAR, V., BURNS, D., DUTTA, D., HOFFMANN, C. M. *A framework for object modelling*. **Computer-Aided Design**, v. 31, n. 9, p. 541–556, 1999.
- [18] KUSIAK, A., LARSON, N. *Decomposition and representation methods in mechanical design*. **Transactions of the ASME**, v. 117, p. 17–24, June 1995.
- [19] LAMPORT, L. *et al.* *LaTeX 2_ε: the macro package for TeX. Part of the LaTeX documentation included in TeTeX package*, Edition 1.6, December 1994.
- [20] LIMA, L. M. B., OGLIARI, A., FORCELLINI, F. A. *Product Modelling in the design informational's phase*. In: Anais do 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. Florianópolis, SC: , c2001.
- [21] LIPPE, E., TER HOFSTEDÉ, A. H. M. *A Category Theory Approach to Conceptual Data Modeling*. **Informatique Theorique et Applications**, v. 30, n. 1, p. 31–79, 1996. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/lippe96category.html>.

- [22] OETIKER, T. *et al.* *The not so short introduction to \LaTeX 2_ε: or \LaTeX 2_ε in 87 minutes. Part of the \LaTeX documentation included in Te \LaTeX package*, Version 3.7, April 14th 1999.
- [23] PILOTTO, F. G. *Estilo Bib \TeX com as normas da ABNT*. 28 de Novembro 1999.
- [24] RAHTZ, S. *A \LaTeX survival guide for UNIX systems. Part of the \LaTeX documentation included in Te \LaTeX package*, January 10th 1994.
- [25] RÜCKERT, C. *et al.* *Categorizing engineering design problems*. **International Conference on Engineering Design (ICED '97)**, p. 441–444, 1997.
- [26] REICH, Y. *The study of design research methodology*. **Journal of Mechanical Design, ASME. (accepted for publication)**, 1993. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/reich93study.html>.
- [27] SAVNIK, I. *et al.* *Database model for design data*. In: Proc. 7th Annual European Computer Conference, COMPEURO 93. IEEE Computer Society Press, c1993. p. 239–247, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/savnik93database.html>.
- [28] SILVA, E. L. D., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis, Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - PPGE, Laboratório de Ensino a Distância - LED, 2000. Disponível na internet em: <http://www.eps.ufsc.br>.
- [29] TEERAVARUNYOU, S., SATO, K. *Object-mediated user knowledge elicitation method: a methodology in understanding user knowledge*. In: Proc. of the 5th Asian International Design Research Conference. Seoul, Korea: , c2001. p. 11.
- [30] TER HOFSTEDE, A. H. M., LIPPE, E., FREDERIKS, P. J. M. *Conceptual Data Modeling from a Categorical Perspective*. **The Computer Journal**, v. 39, n. 3, p. 215–231, 1996. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/terhofstede96conceptual.html>.
- [31] ULLMAN, D. G., D'AMBROSIO, B. *A taxonomy for classifying engineering decision problems and support systems*. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 9, p. 427–438, 1995.
- [32] ULLMAN, D. G., KUFFNER, T. A. *The information requests of mechanical design engineers*. In: Proc. of the 2nd International Conference on Design Theory and Methodology (1990) and Design Studies (1991). Butterworth – Heinemann Ltd., c1991. v. 12. p. 14.
- [33] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. Normas para apresentação de documentos científicos. teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos. Curitiba, editora da ufpr, v. 2, 2000.

- [34] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. Normas para apresentação de documentos científicos. referências. Curitiba, editora da UFPR, v. 6, 2001.
- [35] VERSPOOR, C. *Cognitively Relevant Schemas for Knowledge Representation*, 2001. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/28488.html>.
- [36] WALLACE, D. R., SUH, N. P. *Information-based design for environmental problem solving*. In: Annals of the CIRP. c1993. v. 42. p. 175–180.
- [37] WARBRICK, J. *et al.* *Essential L^AT_EX++*. Part of the L^AT_EX documentation included in TeL_EX package, January 1994.
- [38] WILLE, R. *Conceptual Graphs and Formal Concept Analysis*. In: International Conference on Conceptual Structures. c1997. p. 290–303, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/wille97conceptual.html>.
- [39] WINSTON, P. H. *Learning structural descriptions from examples*, 1975. Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/343106.html>.
- [40] YU, E. S. K. *Towards Modelling and Reasoning Support for Early-Phase Requirements Engineering*. In: Proc. of the 3rd IEEE Int. Symp. on Requirements Engineering (RE'97). Washington D.C., USA: , c1997. p. 226–235, Disponível na internet em <http://citeseer.nj.nec.com/article/yu97towards.html>.

Apêndice A - Material de modelagem

A.1 MODELO IDEFO0 DO PROCESSO DE PROJETO INFORMACIONAL

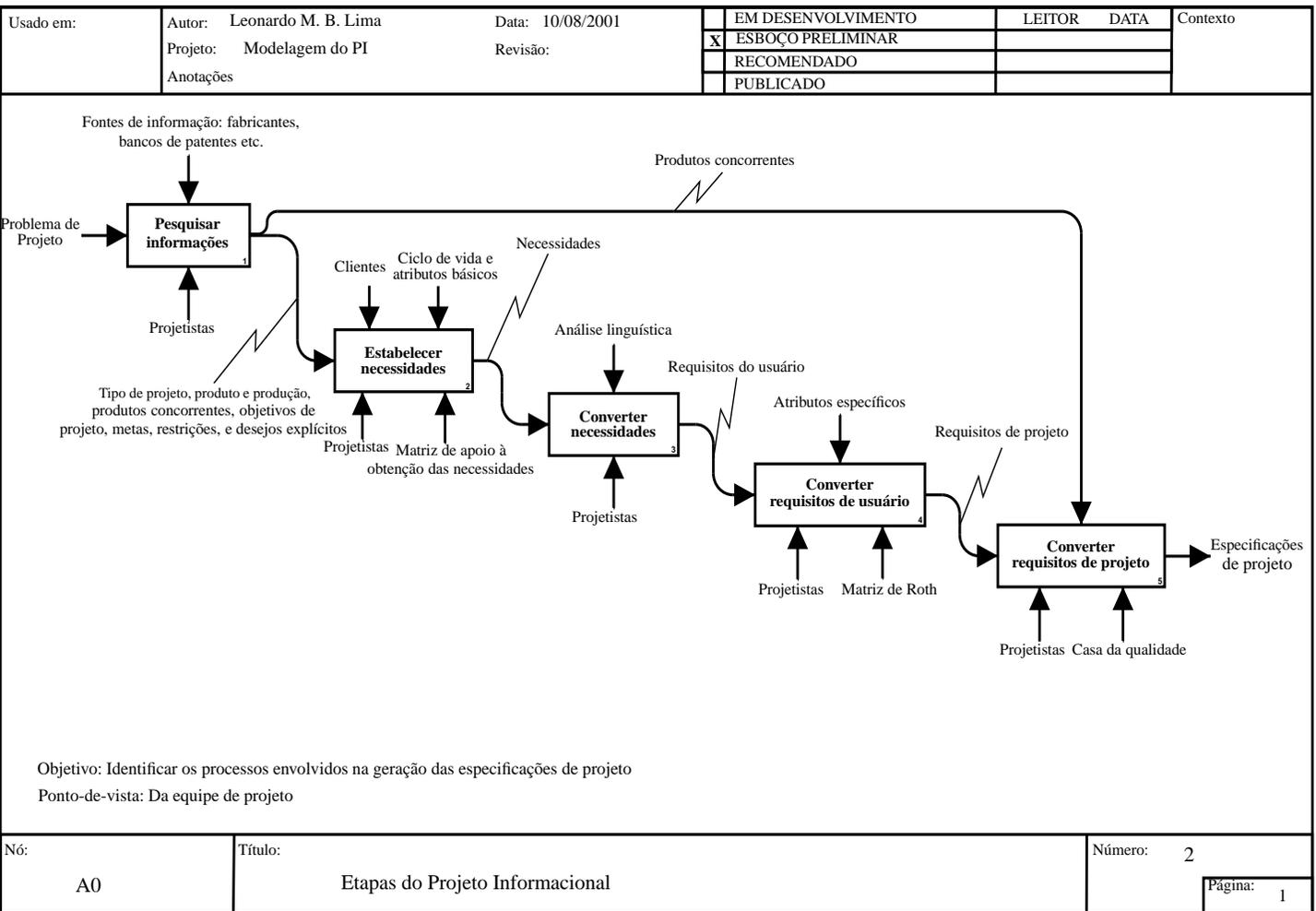


Figura A.1 : Modelo IDEFO0 simplificado do processo de Projeto Informacional segundo Fonseca [16].

A.2 GLOSSÁRIO DE TERMOS DOS PROJETO INFORMACIONAL

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados.

N.	Informação	Descrição	Fonte
1	processo de desenvolvimento de produtos	conjunto de <i>atividades</i> voltadas ao <i>projeto</i> , <i>produção</i> e lançamento de <i>produtos</i> ⁵¹ industriais, atendendo às condições do <i>mercado</i> , abrangendo desde a definição primária do <i>produto</i> ⁵¹ , segundo captado dos <i>clientes</i> ¹⁵ e <i>usuários</i> ¹⁶ potenciais, até a sua incorporação plena no <i>mercado</i>	1
2	especialistas de marketing	<i>especialistas</i> encarregados de executar as <i>tarefas iniciais</i> , em geral pertencentes a outro <i>departamento</i> da empresa que possui <i>características</i> ^{6, 26, 27} próprias. São responsáveis também pelo lançamento dos <i>produtos</i> ⁵¹ no <i>mercado</i> , usando diversos métodos de promoção, através da mídia e da comunicação visual. Este contato com o <i>mercado</i> permite captar as <i>preferências</i> e tendências dos <i>consumidores</i> ¹⁴ que servirão de base para planejar novos lançamentos	1
3	pesquisa de mercado	parte de uma informação mínima sobre as <i>características</i> ^{6, 26, 27} do <i>produto</i> ⁵¹ que vai ser projetado, ganhando conhecimento sobre o mesmo na medida que se vai conformando a idéia do novo <i>produto</i> ⁵¹ , até entregar ao <i>departamento</i> de <i>projetos</i> , uma "idéia do <i>produto</i> ⁵¹ " a ser projetado, na forma de problema de <i>projeto</i>	1
4	seqüência metodológica	trata sobre a terminologia a ser adotada para definir o que são <i>passos</i> ¹⁰ , <i>tarefas</i> ⁹ , <i>etapas</i> ⁸ , ou <i>fases</i> ⁷ , em que será dividida a atividade de <i>projeto</i>	1
5	categorias de pessoal	<i>pessoas envolvidas</i> ¹² na <i>fase</i> ⁷ de início do processo de <i>projeto</i> , tais como <i>clientes</i> ¹⁵ , <i>usuários</i> ¹⁶ e <i>consumidores</i> ¹⁴	1
6	categorias de necessidades, requisitos e especificações; design characteristic or feature	parte importante na base teórica do trabalho dentro da <i>fase</i> ⁷ de início do processo de <i>projeto</i> ; any significant <i>characteristic</i> of the <i>TS</i> or <i>MS</i> that influences the constructional solution. <i>Design properties</i> are a category of <i>design characteristics</i>	1 4
7	fase	divisão da <i>seqüência metodológica</i> ⁴ geral. Empregado também na literatura para denominar as sucessivas divisões do <i>ciclo de vida</i> ¹¹ do <i>produto</i> ⁵¹	1
8	etapa	subdivisão das <i>fases</i> ⁷ da <i>seqüência metodológica</i> ⁴	1
9	tarefa	subdivisão de uma <i>etapa</i> ⁸ presente em determinada <i>fase</i> ⁷ da <i>seqüência metodológica</i> ⁴	1
10	passo	componentes elementares das <i>tarefas</i> ⁹	1
11	ciclo de vida do produto	sucessivas <i>fases</i> ⁷ pelas quais o <i>produto</i> ⁵¹ atravessa desde o <i>projeto</i> até o <i>descarte</i> .	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
12	pessoal envolvido	denominações mais utilizadas para identificar os participantes, diretos e indiretos, durante o processo de <i>projeto e desenvolvimento de produtos</i> ¹ . <i>Cliente</i> ¹⁵ , <i>usuário</i> ¹⁶ , <i>comprador</i> ¹³ e <i>consumidor</i> ¹⁴	1
13	comprador	refere-se ao <i>pessoal</i> ⁵ que realiza compras. Podem existir <i>compradores-usuários</i> , <i>compradores não usuá-rios</i> ou <i>compradores-comerciantes</i> , mas, de qualquer forma, esta <i>categoria</i> ⁵ sempre estará englobada em outras <i>categorias</i> ⁵ padronizadas	1
14	consumidor	refere-se ao <i>pessoal</i> ⁵ dos <i>setores de consumo</i> e tem uma conotação mais ampla. É uma <i>categoria</i> ⁵ muito usada na literatura relacionada ao <i>mercado</i> . Englobam-se no termo <i>consumidor</i> ¹⁴ , tanto <i>usuários</i> ¹⁶ como <i>compradores</i> ¹³ , todos pertencentes ao <i>setor de consumo</i>	1
15	cliente	<i>pessoa</i> ⁵ ou instituição que precisa de bens ou serviços relacionados ao <i>projeto</i> . Os <i>clientes</i> ¹⁵ , normalmente, estabelecem relações como parceiros	1
16	usuário	<i>pessoa</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>produto</i> ⁵¹ , direta ou indiretamente. Os <i>usuários</i> ¹⁶ atuam sobre o <i>produto</i> ⁵¹ , posteriormente ao <i>projeto</i>	1
17	cliente interno	todo o <i>pessoal</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>desenvolvimento do produto</i> ¹ , que pertença aos <i>setores produtivos</i> (<i>atividades</i> que agregam valor), seja dentro ou fora da <i>empresa</i> onde é executado o <i>projeto</i> . É o caso do <i>pessoal</i> ⁵ de <i>marketing</i> ² , dos <i>projetistas</i> , dos <i>fabricantes</i> , <i>montadores</i> , <i>transportadores</i> e do <i>pessoal</i> ⁵ de <i>armazenamento</i>	1
18	cliente externo	todo o <i>pessoal</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>desenvolvimento do produto</i> ¹ e que pertençam aos <i>setores de consumo</i> . É o caso dos <i>usuários</i> ¹⁶ <i>diretos</i> e <i>indiretos</i> do <i>produto</i> ⁵¹ , do <i>pessoal</i> ⁵ de <i>manutenção</i> , <i>desativação</i> , <i>reciclagem</i> e <i>descarte</i>	1
19	cliente intermediário	todo <i>pessoal</i> ⁵ ou instituição relacionada ao <i>desenvolvimento do produto</i> ¹ , pertencente aos <i>setores do mercado</i> . É o caso dos <i>comerciantes atacadistas</i> , <i>varejistas</i> , dos <i>vendedores</i> e <i>compradores</i> ¹³ de todo tipo	1
20	promotor	<i>pessoa</i> ⁵ <i>física</i> ou <i>jurídica</i> , que encarrega a execução do <i>projeto</i>	1
21	necessidades	Aquelas <i>expressões</i> espontâneas dos <i>usuários</i> ¹⁶ potenciais dos <i>produto</i> ⁵¹ s, ou das distintas <i>categorias de clientes</i> ⁵ , relacionadas com o <i>projeto</i> ou o com o <i>produto</i> ⁵¹ . A <i>necessidade</i> , como expressão espontânea de desejos dos <i>clientes internos</i> ¹⁷ , <i>externos</i> ¹⁸ e <i>intermediários</i> ¹⁹ , implica num conceito amplo, que vai desde <i>expressões</i> confusas e ambíguas, até frases diretas, com fundamento técnico específico	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
22	requisito	condição para a satisfação de um ou mais <i>objetivos de projeto</i> . Na presente proposta o <i>requisito</i> sempre estará associado a um substantivo; se satisfaz <i>necessidades</i> ²¹ , será denominado <i>requisito de usuário</i> ²³ ; se é uma <i>característica</i> ^{6, 26, 27} física do <i>produto</i> ⁵¹ visando a solução de <i>projeto</i> , será denominado <i>requisito de projeto</i> ²⁴	1
23	requisito de usuário	primeira tradução das <i>necessidades</i> ²¹ brutas obtidas dos diferentes tipos de <i>clientes</i> ¹⁵ ou <i>usuários</i> ¹⁶ , levadas a uma linguagem compreensível para <i>projetistas</i> e <i>produtores</i>	1
24	requisitos de <i>projeto</i> ; design property	<i>características</i> ^{6, 26, 27} técnico-físicas mensuráveis, que o <i>produto</i> ⁵¹ deve ter para satisfazer os <i>requisitos de usuário</i> ²³ ; basic <i>category</i> of the <i>properties</i> of the <i>machine system (MS)</i> , e.g. <i>dimensions, material properties</i> , etc. for each <i>part</i> as described during <i>detailing</i> , and which influence all other <i>properties</i> of the <i>MS</i> , e.g. <i>running, operation, maintenance</i> , etc.	1 4
25	especificação de <i>projeto</i> ; design specification	especificar ou discriminar o que vai ser projetado durante o processo que se inicia. As <i>especificações de projeto</i> ²⁵ são <i>constituídas</i> ²⁷ pelos <i>requisitos de projeto</i> ²⁴ , <i>metas</i> ²⁸ , <i>objetivos</i> ²⁹ e <i>restrições</i> ³⁰ , indispensáveis para o desenvolvimento do empreendimento <i>projeto</i> como um todo, mais as <i>metas</i> ²⁸ , <i>objetivos</i> ²⁹ e <i>restrições</i> ³⁰ de cada <i>requisito de projeto</i> ²⁴ em particular, selecionados para formar parte das ditas <i>especificações de projeto</i> ²⁵ ; clarified formulation of the problem, complete (as far as possible), orderly (sorted), quantified, and annotated with priorities. Includes all statements of requirements that are usable as evaluation criteria. Can exist as part of, or as an extension of, the contract documents.	1 4
26	características das especificações de <i>projeto</i>	Entende-se que as <i>especificações de projeto</i> ²⁵ , sendo abordadas integralmente, têm cinco <i>características</i> ^{6, 26, 27} importantes que devem ser definidas e analisadas, visando destacá-las como elementos fundamentais para o desenvolvimento dos trabalhos de <i>projeto</i> : 1) <i>característica</i> ^{6, 26, 27} <i>constitutiva</i> ²⁷ ; 2) <i>característica</i> ^{6, 26, 27} relativa ao tipo de especificação, que se denominará tipológica ³¹ ; 3) <i>característica</i> ^{6, 26, 27} <i>classificatória</i> ³⁶ ; 4) <i>característica</i> ^{6, 26, 27} desejáveis e 5) <i>característica</i> ^{6, 26, 27} <i>diretriz</i>	1
27	característica constitutiva	diz respeito a como as <i>especificações de projeto</i> ²⁵ estão constituídas, identificando e diferenciando as mesmas das outras <i>categorias</i> ⁵ de informação	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
28	metas	valores alvos, a serem definidos nas <i>métricas</i> associadas aos <i>requisitos de projeto</i> ²⁴ selecionados; podem estar contidos no problema de projeto ou, na maioria das vezes, devem ser definidos pelos projetistas, como por exemplo: "cor verde" ou "peso igual ou menor do que 2 quilogramas"	1
29	objetivos	são definições importantes contidas no problema de projeto, ou a serem levantadas pela equipe de projeto, que expressam o que se procura com determinado <i>requisito</i> ²¹ ou trabalho de <i>projeto</i> ²⁴ , como por exemplo: "a cor deve tender a tranquilizar os <i>usuários</i> ¹⁶ " ou "o <i>produto</i> ⁵¹ tem que ser carregado somente com uma mão"	1
30	restrições	são elementos de limitação impostos no problema de projeto, decididas pela equipe de projeto ou impostas por normas, tais como: "não usar tinta acrílica" ou "nunca maior do que 5 quilogramas"	1
31	característica tipológica	serve para definir os diferentes tipos de <i>especificações de projeto</i> ²⁵ . Estes tipos são: 1) <i>especificações</i> ²⁵ obrigatórias ³² ; 2) <i>especificações</i> ²⁵ <i>aconselháveis</i> ³³ ; 3) <i>especificações</i> ²⁵ <i>guias de projeto</i> ³⁴ ; 4) <i>especificações</i> ²⁵ que definem <i>objetivos, metas</i> ou <i>restrições</i> ³⁵	1
32	especificações obrigatórias	são <i>especificações</i> ²⁵ que sempre devem ser observadas e a equipe de projeto não pode mudá-las sem um consenso com a equipe de marketing ² que preparou o problema de projeto ou do <i>promotor</i> ²⁰ , tal como: "o brinquedo é para crianças entre 8 e 10 anos"	1
33	especificações aconselháveis	são <i>especificações</i> ²⁵ consideradas pela equipe de projeto como elemento de avaliação durante a etapa de seleção de alternativas, mas sem a necessidade de serem atendidas na sua totalidade, como por exemplo: "o <i>produto</i> ⁵¹ pode ser feito em madeira"	1
34	especificações guias de projeto	Este tipo de <i>especificação</i> ²⁵ serve para direcionar as soluções de projeto, como a <i>especificação</i> ²⁵ : "o <i>produto</i> ⁵¹ deve ter forma arredondada, sem aristas"	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
35	especificações que definem objetivos, metas ou restrições	<p>as <i>especificações</i>²⁵ que definem <i>objetivos</i>²⁹, <i>metas</i>²⁸ ou <i>restrições</i>³⁰ existirão, sempre, partindo da lista de <i>requisito</i>²⁴s com as <i>metas</i>²⁸, <i>objetivos</i>²⁹ e <i>restrições</i>³⁰ definidos para cada <i>requisito</i>²⁴ ... Estas <i>metas</i>²⁸, <i>objetivos</i>²⁹ e <i>restrições</i>³⁰, correspondem à filosofia do trabalho de projeto e se referem ao empreendimento projeto como um todo. É o caso das <i>especificações</i>²⁵ seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “o objetivo é reprojeter o <i>produto</i>⁵¹ X, existente no <i>mercado</i>” como <i>especificação objetivo</i>; • “o <i>produto</i>⁵¹ é para atingir o <i>mercado</i> de exportação”, para <i>especificação meta</i> e • “a máquina não pode ser usada por crianças” como <i>especificação restritiva</i> 	1
36	característica classificatória	propicia a classificação das <i>especificações de projeto</i> ²⁵ . Propõe-se que seja feita segundo o critério do que se denomina <i>atributos básicos</i> ⁴⁷ do <i>produto</i> ⁵¹ , ..., agrupando-as dentro das classificações seguintes: <i>especificações</i> ²⁵ de <i>funcionamento</i> , de <i>ergonomia</i> , de <i>estética</i> , <i>econômico / financeiras</i> , de <i>segurança</i> , de <i>confiabilidade</i> , <i>legais</i> , <i>inovação / patenteabilidade</i> , da <i>normalização</i> , de <i>modularidade</i> e relativas ao <i>impacto ambiental</i>	1
37	característica desejáveis	são aquelas <i>características</i> ^{6, 26, 27} que todas as <i>especificações de projeto</i> ²⁵ deveriam ter, individual ou coletivamente. Segundo Roozenburg e Eekels [44], são: <i>Validade</i> - que sejam <i>reais</i> , <i>objetivas</i> e <i>imutáveis</i> , como: "comprimento entre 1-1,2 metros"; <i>Completeza</i> - significa que devem definir todo o <i>produto</i> ⁵¹ , se obtém listando os <i>atributos básicos</i> ⁴⁷ do <i>produto</i> ⁵¹ com o qual se garante um conjunto completo de <i>especificações</i> ²⁵ ; <i>Operacionalidade</i> - fornece <i>critérios de avaliação</i> posterior para as <i>soluções</i> , como "o <i>produto</i> ⁵¹ deve ser o mais leve possível, sem exceder os 1000 quilogramas"; <i>Não redundância</i> - Não devem existir <i>critérios repetidos nem contraditórios</i> ; <i>Que sejam concisas</i> - Devem ser expressas em forma simples e direta como: "o <i>produto</i> ⁵¹ deve ser projetado e construído segundo o sistema de normas ISO"; <i>Praticabilidade</i> - Que sejam possíveis de ser implementadas como: "usar acionamento elétrico".	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
38	característica diretriz	esta <i>característica</i> ^{6, 26, 27} , trata da utilidade que a <i>especificação de projeto</i> ²⁵ deve ter, de apoiar o processo geral de desenvolvimento do produto. Como exemplos de diretrizes que as <i>especificações de projeto</i> ²⁵ devem ter, são mostradas a seguir: Orientar a busca adequada de soluções de projeto; Limitar o espaço das soluções prováveis; Estabelecer as <i>metas</i> ²⁸ específicas a serem atingidas; Proporcionar elementos para a seleção de alternativas; Facilitar o gerenciamento da <i>atividade de projeto</i> e Oferecer um guia para o controle da atividade de desenvolvimento.	1
39	direcionar as soluções de projeto	a utilidade fundamental das <i>especificações de projeto</i> ²⁵ , é dar ao grupo de projeto a base adequada para a continuidade do trabalho. Ao descrever o <i>produto</i> ⁵¹ , as <i>especificações</i> ²⁵ demarcam o campo das soluções prováveis, sinalizando o projetista no sentido correto do trabalho. As <i>especificações de projeto</i> ²⁵ não definem as soluções de projeto, estas devem ser desenvolvidas durante o trabalho posterior, mas, representam um critério qualitativo de valor, quanto ao campo das soluções mais promissoras.	1
40	limitar o espaço das soluções	As <i>especificações de projeto</i> ²⁵ , devem conter aquelas limitações impostas por distintos fatores que intervêm na estruturação do <i>produto</i> ⁵¹ , tais como forma, espaço físico, tecnologias disponíveis, entre outros. Também devem conter as limitações do trabalho de projeto, como aquelas soluções descartadas pelos que definiram anteriormente o problema de projeto (promotor ou equipe de marketing) ou pela equipe de projeto.	1
41	estabelecimento das metas alvos em cada especificação	durante o projeto informacional, são estabelecidas as <i>metas</i> ²⁸ alvos a serem atingidas para cada <i>requisito de projeto</i> ²⁴ definido, visando transformá-lo em <i>especificação de projeto</i> ²⁵ . Este trabalho é independente do estabelecimento das <i>metas</i> ²⁸ gerais para o <i>produto</i> ⁵¹ como um todo, que inclui outros fatores como fabricação, logística, uso, <i>descarte, entre outros</i> . As <i>metas</i> ²⁸ alvos estabelecidas não devem ser, de forma alguma, uma restrição para o trabalho criativo que será executado; eles servirão de base para a elaboração do projeto conceitual, preliminar e detalhado, guiam o dimensionamento do <i>produto</i> ⁵¹ e apoiam o estabelecimento posterior das <i>especificações</i> ²⁵ finais do <i>produto</i> ⁵¹ .	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
42	proporcionar elementos para a seleção de alternativas	<p>Durante o projeto informacional, são estabelecidas as <i>metas</i>²⁸ alvos a serem atingidas para cada <i>requisito de projeto</i>²⁴ definido, visando transformá-lo em <i>especificação de projeto</i>²⁵.</p> <p>Este trabalho é independente do estabelecimento das <i>metas</i>²⁸ gerais para o <i>produto</i>⁵¹ como um todo, que inclui outros fatores como fabricação, logística, uso, <i>descarte, entre outros</i>.</p> <p>As <i>metas</i>²⁸ alvos estabelecidas não devem ser, de forma alguma, uma restrição para o trabalho criativo que será executado; eles servirão de base para a elaboração do projeto conceitual, preliminar e detalhado, guiam o dimensionamento do <i>produto</i>⁵¹ e apoiam o estabelecimento posterior das <i>especificações</i>²⁵ finais do <i>produto</i>⁵¹.</p>	1
43	facilitar o gerenciamento do projeto	em projetos complexos as <i>especificações de projeto</i> ²⁵ servem como elemento de divisão natural do trabalho e ainda, possibilitam uma distribuição das <i>tarefas</i> ⁹ , entre os diversos <i>especialistas, em fases</i> ⁷ adiantadas do próprio processo. Partindo da elaboração das <i>especificações de projeto</i> ²⁵ , pode-se estabelecer um planejamento para o trabalho, assim como uma distribuição dos recursos humanos e materiais disponíveis, apoiando o adequado gerenciamento do <i>processo de projeto</i> .	1
44	auxiliar o controle da atividade de desenvolvimento	como as <i>especificações</i> ²⁵ fornecem as bases para o trabalho de projeto, elas permitem conhecer se em alguma das <i>fases</i> ⁷ , ou ainda durante as <i>etapas</i> ⁸ posteriores (como protótipo, testes, decisões para o lançamento do <i>produto</i> ⁵¹ , entre outras) tem-se cometido desvios dos <i>objetivos</i> ²⁹ originais. Manter o desenvolvimento do produto nos trilhos originais é uma responsabilidade apoiada nas <i>especificações de projeto</i> ²⁵ . A importância das <i>especificações de projeto</i> ²⁵ , durante o processo posterior de desenvolvimento do produto, incluindo as diversas <i>etapas</i> ⁸ do <i>ciclo de vida</i> ¹¹ , será posteriormente ressaltado.	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
45	atributos	<p>... <i>características</i>^{6, 26, 27} que integralmente compõem a solução de projeto... A análise das diferentes listas de itens, visando estabelecer os <i>atributos</i>⁴⁵ do <i>produto</i>⁵¹, apresentou como resultado a presença de <i>atributos</i>⁴⁵, incluídos em todas as listagens analisadas e que foram divididos em dois grandes grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Atributos</i>⁴⁵ de tipo específicos, direta e facilmente mensuráveis, como forma, fluxo, cor, acabamento, entre outros e • <i>Atributos</i>⁴⁵ de tipo geral, nem sempre fáceis de mensurar, ou mensuráveis de forma indireta, como estética, segurança, fabricabilidade, entre outros. 	1
46	atributos gerais	<p>... são aquelas <i>características</i>^{6, 26, 27} dos <i>produto</i>⁵¹s, relacionadas às respostas que os mesmos devem dar às <i>necessidades</i>²¹ expostas pelos <i>clientes</i>¹⁵ e <i>usuários</i>¹⁶, tanto pela adequação do <i>produto</i>⁵¹ durante o seu 'passo temporal' pelas <i>fases</i>⁷ do <i>ciclo de vida</i>¹¹, como quanto à adequação às 'condições permanentes' que o <i>produto</i>⁵¹ vai apresentar em uso e funcionamento.</p> <p>... os <i>atributos gerais</i>⁴⁶, apresentaram <i>características</i>^{6, 26, 27} particularmente interessantes do ponto de vista da presente pesquisa, podendo-se conformar (dentro deles) dois subgrupos bem diferenciados: <i>atributos do ciclo de vida</i>⁴⁸ e <i>atributos básicos</i>⁴⁷.</p>	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
47	atributos básicos	<p>o subgrupo restante foi formado pelos <i>atributos</i>⁴⁵ que sobraram das classificações anteriores e se constituíram, consistentemente, num grupo composto pelos <i>atributos</i>⁴⁵ provavelmente mais importantes, por serem os mais levados em conta na hora de avaliar o <i>produto</i>⁵¹ integralmente como: desempenho, segurança, economia, ergonomia, estética, entre outros, razão pela qual foram denominados <i>atributos básicos</i>⁴⁷.</p> <p>... são os mais importantes para qualquer <i>produto</i>⁵¹ industrial e representam seus fatores de competitividade, decidindo os elementos globais que identificam as <i>características</i>^{6, 26, 27} e propriedades permanentes dos <i>produto</i>⁵¹s e pelos quais, devido à sua importância, o <i>produto</i>⁵¹ vai ser avaliado tanto pelo <i>mercado</i>, como durante uma análise das <i>características</i>^{6, 26, 27} de projeto.</p> <p>... cada <i>atributo básico</i>⁴⁷ do <i>produto</i>⁵¹ é um ramo especializado do projeto de engenharia, razão pela qual é necessário estabelecer um guia ampliado sobre a abrangência de cada um deles, com a finalidade de poder usar o conceito na forma mais útil possível.</p>	1
48	atributos do ciclo de vida	<p>o primeiro subgrupo dos <i>atributos gerais</i>⁴⁶ analisados se apresentou fortemente associado às <i>fases</i>⁷ do <i>ciclo de vida</i>¹¹ do <i>produto</i>⁵¹, como fabricabilidade, manutenibilidade, reciclabilidade, entre outros; estes foram facilmente identificados, denominando-se de <i>atributos do ciclo de vida</i>⁴⁸.</p> <p>... são aqueles que dão resposta adequada à passagem do <i>produto</i>⁵¹ pelas <i>fases</i>⁷ do <i>ciclo de vida</i>¹¹. São onze os atributos expostos, embora cada <i>produto</i>⁵¹ deva ter o seu próprio <i>ciclo de vida</i>¹¹ e portanto, seu próprio grupo de atributos associados.</p>	1
49	atributos específicos	<p>são aquelas <i>características</i>^{6, 26, 27} físicas, objetivas e mensuráveis do <i>produto</i>⁵¹, diretamente identificáveis, que configuram os detalhes específicos e determinam a métrica mensurável do mesmo; por sua vez, são responsáveis, na sua combinação, pelos <i>atributos gerais</i>⁴⁶ expostos anteriormente. Estes <i>atributos específicos</i>⁴⁹, relativos a dimensões, cor, forma etc. , por serem diversos, são mais difíceis de classificar numa estrutura mínima, que possa ser suficientemente abrangente.</p>	1

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
50	projeto; design process (DesP)	aplicado ao ramo da engenharia, é uma atividade tecnológica, estruturada e gerenciável, que visa a solução de problemas típicos da engenharia, voltada ao futuro e usando a criatividade. Do ponto de vista das engenharias, o projeto é a principal ferramenta de desenvolvimento tecnológico. É uma atividade multidisciplinar onde cada área das especialidades tecnológicas usa suas técnicas de abordagem para a solução dos problemas das engenharias, como os projetos mecânico, elétrico, energético, entre outros; consists of and describes the work flow of design, leading from the problem formulation to the complete description of the technical system (TS)	1 4
51	produto	a resultante principal do processo de industrialização decorrente da <i>produção</i> fabril, pelo que são conhecidos também como "produtos industriais" e se constituem numa variedade ampla. . . Neste trabalho serão considerados os produtos industriais definidos em [Hubka, V. e Eder, W. E. 1988] como sistemas técnicos, como é o caso das máquinas industriais, ferramentas, móveis, meios de transporte, entre outros	1
52	máquina; machine	a system based generally on mechanical principles that is capable of exerting a somewhat complex transformation and propulsion effect. Various overlapping categories are generally recognised: process machines, energy conversion machines, (e.g. , motors and other prime movers), signal processing machines, etc. A machine comprises assemblies and parts	4
53	machine system (MS)	a category of technical system (TS). MS is used as a collective term for machine, apparatus, devices, transportation media, etc. These are mainly products of mechanical engineering manufacture (all others are more appropriately classed as Technical Systems). Inputs to machine systems are materials (e.g. , fuels, lubricants, etc.), energy and information signals, that are transformed into effects (output actions), usually by mechanical means. These actions serve to perform transformations in the technical process.	4

Tabela A.1 : Informações utilizadas no projeto informacional com seus respectivos significados. (continuação)

N.	Informação	Descrição	Fonte
54	property	<p>any attribute or characteristic of a technical system: performance, form, size, colour, stability, life, manufacturability, transportability, suitability for storage, structure, etc. Every technical system (TS) is deemed to be a carrier of all properties, these properties exist in that form only because the TS exists. Their totality represents the value or quality of the system. Properties may be important or unimportant, variant or invariant in time, external or internal.</p> <p>the basic category of properties in a Technical System (TS) is that of the fundamental design properties , namely the anatomical structure (component parts and their arrangement), and also form (geometry), dimensions, material and manufacturing methods, tolerances and surface properties of the separate components. These primary properties determine all other properties of the system such as performance, life, etc. The quality of each property is expressed in its value, its nature (e.g. , colour), state of embodiment (e.g. , sky blue). measure (e.g. , colour number 6-16P from a manufacturers standard chart), as unique to that system. Important properties, mostly those connected with the purpose of the machine system, are termed parameters.</p>	4
55	design parameter	<p>a candidate definition is: a characteristic or property of an artefact or process, being designed, over which the designer has direct control; this characteristic or property is used by the designer with the expectation that the variation of its value might alter the value of one or more of its characteristics</p>	5

A.3 LISTA DE CANDIDATAS A ENTIDADES

Tabela A.2 : Lista de candidatas a entidades, com seus respectivos números de ocorrências.

N. Candidata	2 especificações obrigatórias	1 sequência metodológica
12 projeto	2 especificações aconselháveis	1 passo
5 mercado	2 especificações guias de projeto	1 pessoal envolvido
11 produto	6 especificações	1 desenvolvimento de produtos
4 clientes	2 equipe de marketing	1 compradores-usuários
6 usuários	2 especificação	1 compradores não usuários
2 especialistas	3 soluções de projeto	1 compradores-comerciantes
3 características	2 atributos básicos do produto	1 setor de consumo
2 consumidores	2 característica	1 cliente interno
5 problema de projeto	2 soluções prováveis	1 setores produtivos
2 seqüência metodológica	3 forma	1 empresa
3 tarefas	2 metas alvos	1 pessoal de marketing
3 etapas	2 materiais	1 fabricantes
5 fases	2 produtos industriais	1 montadores
2 atividade de projeto	2 sistemas técnicos	1 transportadores
2 fase de início	2 máquina	1 armazenamento
3 processo de projeto	2 sistemas de máquinas	1 cliente externo
2 fase	4 sistema técnico	1 usuários diretos
2 ciclo de vida do produto	2 desempenho	1 usuários indiretos
2 etapa	2 vida	1 pessoal de manutenção
2 descarte	2 valor	1 pessoal de desativação
2 cliente	2 qualidade	1 pessoal de reciclagem
2 usuário	2 propriedades	1 pessoal de descarte
2 comprador	1 processo de desenvolvimento de produtos	1 cliente intermediário
3 consumidor	1 atividades	1 setores do mercado
5 pessoal	1 produção	1 comerciantes atacadistas
2 categorias	1 lançamento de produtos industriais	1 comerciantes varejistas
2 setores de consumo	1 especialistas de marketing	1 vendedores
2 categoria	1 tarefas iniciais	1 pessoa física
2 compradores	1 departamento	1 pessoa jurídica
2 pessoa	1 lançamento dos produtos	1 expressões
4 desenvolvimento do produto	1 métodos de promoção	1 categorias de clientes
3 projetistas	1 mídia	1 necessidade
3 promotor	1 comunicação visual	1 expressão
3 necessidades	1 preferências	1 clientes internos
3 requisito	1 tendências	1 clientes externos
2 requisito de usuário	1 pesquisa de mercado	1 clientes intermediários
2 requisito de projeto	1 informação mínima	1 objetivos de projeto
3 requisitos de projeto	1 departamento de projetos	1 substantivo
2 dimensões	1 passos	1 produtores
2 parte	1 categorias de pessoal	1 características técnico-físicas
2 funcionamento	1 pessoas envolvidas	1 requisitos de usuário
12 especificações de projeto	1 categorias de necessidades, requisitos e especificações	1 propriedades dos materiais
5 metas	1 seqüência metodológica	1 detalhamento
5 objetivos	1 tarefa	1 operação
5 restrições		1 manutenção
2 característica tipológica		1 especificação de projeto;
2 característica classificatória		1 características das especificações de projeto
4 equipe de projeto		

1 característica constitutiva	projeto	1 máquinas de processo
1 características desejáveis	1 grupo de projeto	1 máquinas de conversão de energia
1 característica diretriz	1 projetista	1 motores
1 característica constitutiva	1 limitar o espaço das soluções	1 máquinas de processamento de sinal
1 métricas	1 espaço físico	1 montagem
1 requisito ou trabalho de projeto	1 tecnologias disponíveis	1 aparato
1 especificações que definem objetivos, metas ou restrições	1 soluções descartadas	1 dispositivo
1 especificações que definem objetivos, metas ou restrições	1 equipe de projeto.	1 meio de transporte
1 requisitos	1 estabelecimento das metas alvos em cada especificação	1 produtos
1 especificação objetivo	1 projeto informacional	1 combustíveis
1 especificação meta	1 especificação de projeto.	1 lubrificantes
1 especificação restritiva	1 metas gerais	1 energia
1 ergonomia	1 fabricação	1 sinais de informação
1 estética	1 logística	1 efeitos
1 econômico / financeiras	1 uso	1 propriedade
1 segurança	1 projeto conceitual	1 attribute
1 confiabilidade	1 projeto preliminar	1 tamanho
1 legais	1 projeto detalhado	1 cor
1 inovação / patenteabilidade	1 dimensionamento do produto	1 estabilidade
1 normalização	1 especificações finais do produto	1 manufaturabilidade
1 modularidade	1 facilitar o gerenciamento do projeto	1 transportabilidade
1 impacto ambiental	1 projetos complexos	1 adequação para armazenagem
1 característica desejáveis	1 processo	1 estrutura
1 validade	1 recursos humanos	1 propriedades
1 reais	1 gerenciamento do processo de projeto.	1 totalidade
1 objetivas	1 auxiliar o controle da atividade de desenvolvimento	1 propriedades importantes
1 imutáveis	1 protótipo	1 propriedades não-importantes
1 completeza	1 testes	1 propriedades variantes
1 operacionalidade	1 decisões	1 propriedades invariantes
1 critérios de avaliação	1 lançamento do produto	1 propriedades externas
1 soluções	1 objetivos originais	1 propriedades internas
1 não redundância	1 ciclo de vida	1 categoria de propriedade
1 critérios	1 engenharia	1 propriedades fundamentais de projeto
1 concisas	1 atividade tecnológica	1 estrutura anatômica
1 praticabilidade	1 problemas típicos da engenharia	1 partes componentes
1 característica diretriz	1 engenharias	1 arranjo das partes
1 especificação de projeto	1 ferramenta	1 geometria
1 processo geral de desenvolvimento do produto	1 problemas das engenharias	1 material
1 orientar a busca	1 projetos mecânico	1 método de fabricação
1 limitar o espaço	1 projetos elétrico	1 tolerâncias
1 estabelecer as metas específicas	1 produção fabril	1 propriedades de superfície
1 elementos para a seleção de alternativas	1 máquinas industriais	1 componentes
1 facilitar o gerenciamento	1 ferramentas	1 propriedades primárias
1 oferecer um guia	1 móveis	1 natureza
1 controle da atividade de desenvolvimento	1 meios de transporte	1 estado de desenvolvimento (embodiment)
1 direcionar as soluções de	1 máquina	1 medida
	1 sistema	1 propósito
		1 sistema de máquina
		1 parâmetros

A.4 DEFINIÇÃO DOS RELACIONAMENTOS

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades.

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
1	projeto	1 - n	1 - n	Cliente	Baseia-se nas necessidades dos	O Projeto dá origem a bens ou serviços dos quais os Clientes tem necessidade.
2		1 - n	1 - n	Usuário	Resulta em produto para	Os Usuários atuam sobre a resultante do Projeto. O Projeto utiliza informações quanto às necessidades de uso do produto pelos Usuários.
3		1	1	Seqüência metodológica	É definido pela	O Projeto é dividido em atividades definidas pela Seqüência metodológica.
4		1	1 - n	Ciclo de vida do produto	Compõe	O Projeto faz parte do Ciclo de vida do produto.
5		1 - n	1 - n	Cliente interno	É elaborado e executado por	Clientes internos estão relacionados ao desenvolvimento do produto (Projeto e produção).
6		1 - n	1 - n	Desenvolvimento do Produto	Possui atividades voltadas ao	Projeto, produção e lançamento possuem atividades voltadas ao Desenvolvimento de produtos.
7		1 - n	1 - n	Promotor	É ordenado por	O Promotor encarrega a execução do Projeto.
8		1 - n	1 - n	Necessidade	Baseia-se em	Necessidades são expressões de clientes que indicam desejos quanto ao resultado esperado do Projeto.
9		1 - n	1 - n	Especificação de Projeto	É realizado de acordo com	Especificações de projeto são um conjunto de informações indispensáveis para o desenvolvimento do projeto.
10				atributo		É uma relação indireta através das Características e do Produto, pois os Atributos são Características que integralmente compõem a solução de Projeto (e.g., o Produto) (ver item 45 - quadro das informações).
11				atributo básico		Relação indireta através dos atributos.

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades. (continuação)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
12	Mercado	1 - n	1 - n	Especialista	Tem preferências e tendências captadas pelo	Especialistas podem ser encarregados de executar outras tarefas dentro do desenvolvimento do produto e em geral pertencem a outros departamentos da empresa (que não o de projeto), possuindo um contato com o Mercado que lhes permite captar preferências e tendências dos demais clientes.
13		1-n	1-n	Característica	Fornece	A pesquisa de Mercado parte de informações mínimas sobre as Características do Produto que vai ser projetado.
14				Consumidor		Relacionamento contemplado no item 18.
15		1	1 - n	Problema de projeto	Pesquisado para elaborar	O Problema de projeto é uma idéia do produto, a ser projetado, obtida através de uma pesquisa de Mercado.
16		1 - n	1 - n	Desenvolvimento do produto	Condiciona	As condições do Mercado podem desencadear o Desenvolvimento do produto.
17		1 - n	1 - n	Projetista	Fornece informações para	Projetistas baseiam-se em informações do Mercado para o desenvolvimento do produto.
18		1 - n	1 - n	Cliente externo	Possui	Consumidores podem ser usuários ou apenas compradores que fazem parte do Mercado.
19				Atributo básico		Relacionamento contemplado no item 13.
20	Produto	1 - n	1 - n	Usuário	É usado por	Usuários atuam sobre o Produto em fase posterior ao projeto.
21		1 - n	1 - n	Especialista	É desenvolvido por	Especialistas atuam sobre o produto em fase anterior ou posterior ao projeto(até a fase de produção).
22		1 - n	1	Ciclo de vida do produto	Possui	O Ciclo de vida são as diversas fases pelas quais o produto passa, desde a identificação do problema de projeto até o seu descarte.

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades. (continuação)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
23		1	1	Desenvolvimento do produto	Realizado através das atividades de	O Desenvolvimento do produto é o conjunto das atividades voltadas ao projeto, produção e lançamento de produtos industriais.
24		1 - n	1 - n	Cliente Externo	São manuseados diretamente pelo	Clientes externos relacionam-se ao ao projeto do Produto indiretamente e atuam (compram, vendem, transportam, dão manutenção) diretamente sobre o mesmo.
25		1 - n	1 - n	Necessidade	Satisfaz	Necessidades são desejos expressos dos clientes internos, intermediários e externos, quanto ao Produto.
26				Atributo		
27				Atributo geral		
28				Atributo do ciclo de vida		
29				Atributo básico		
30				Atributo específico		
31	Cliente	1 - n	1	Pessoal	É uma categoria de	Clientes são Pessoas físicas ou jurídicas afetadas pelo desenvolvimento do produto.
32		1 - n	1 - n	Desenvolvimento do produto	Fornece subsídios para o / condiciona	O Desenvolvimento do produto é voltado à satisfação das necessidades dos Clientes.
33		1 - n	1 - n	Necessidade	Tem	As Necessidades são os desejos expressos dos Clientes quanto ao produto.
34				Requisito de usuário		Requisitos de usuário são necessidades dos Clientes trazidas à linguagem do projeto pelo projetistas.
35				Atributo geral		
36	Usuário	1	1	Consumidor	É um tipo de	Usuários e compradores pertencem à categoria mais geral de Consumidores.
37				Pessoal		Relação indireta. Contemplada em 36.
38				Desenvolvimento do produto		Relação indireta. Contemplada em 14.

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades. (continuação)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
39				Necessidade		Relação indireta. Contemplada em 25.
40				Requisito de usuário		Relação indireta. Contemplada em 26.
41				Atributo geral		
42	Especialista			Característica		Relação indireta. (tirar da matriz)
43		1-n	1-n	Tarefa	Executa	Especialistas executam Tarefas dentro do processo de desenvolvimento de produtos.
44	Característica	1	1-n	Requisito	Resulta do atendimento de	O Requisito é uma Característica física do produto.
45				Atributo		
46				Atributo geral		
47				Atributo básico		
48				Atributo específico		
49	Consumidor	1	1	Comprador	É um tipo de	usuários e Compradores pertencem à categoria mais geral de Consumidores.
50		1-n	1	Pessoal	Pertence	O termo consumidor refere-se ao Pessoal dos setores de consumo, englobando usuários e compradores.
51	Problema de projeto	1	0-n	Meta	Contém	Metas são valores alvos definidos nas métricas associadas aos requisitos de projeto, que pode estar contida no Problema de projeto.
52		1	0-n	Objetivo	Contém	Objetivos são definições importantes contidas no Problema de projeto.
53		1	0-n	Restrição	Contém	Restrições são elementos de limitação contidos no Problema de projeto.
54	Seqüência metodológica			Passo		Relação indireta. Contemplada em 44.
55				Tarefa		Relação indireta. Contemplada em 45.
56				Etapa		Relação indireta. Contemplada em 46.
57		1	1-n	Fase	É composta em	Fase é uma divisão da seqüência metodológica.

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades. (continuação)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
58	Passo	1-n	1	Tarefa	Compõe	Passo é o componente elementar da Tarefa.
59	Tarefa	1-n	1	Etapa	Compõe	Tarefa é uma subdivisão da Etapa.
60	Etapa	1-n	1	Fase	Compõe	Etapa é uma subdivisão da Fase.
61	Fase			Ciclo de vida do produto		
62				Pessoal		
63				Necessidade		Relação indireta. Contemplada em?
64				Requisito		Relação indireta. (tirar da matriz)
65				Requisito de usuário		Relação indireta. Contemplada em?
66				Requisito de projeto		Relação indireta. Contemplada em?
67				Especificação de projeto		Relação indireta. Contemplada em?
68				Atributo geral		
69				Atributo do ciclo de vida		
70	Processo de projeto	1-n	1-n	Pessoal	Envolve	Pessoal é a denominações utilizada para identificar os participantes diretos e indiretos do Processo de projeto.
71				Necessidade		Relação indireta. Contemplada em?
72				Requisito		Relação indireta. (tirar da matriz)
73				Requisito de usuário		Relação indireta. Contemplada em?
74				Requisito de projeto		Relação indireta. Contemplada em?
75				Especificação de projeto		Relação indireta. Contemplada em?
76	Ciclo de vida do produto	1	0-1	Descarte	Possui fase de	O Descarte é uma fase do Ciclo de vida do produto.
77				Atributo		
78				Atributo geral		
79				Atributo do ciclo de vida		
80	Comprador			Pessoal		Relação indireta. Contemplada em 35.

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades. (continuação)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
81		0-1	1	Cliente intermediário	É um tipo de	O Comprador é um tipo de Cliente intermediário.
82	Pessoal	1	1-n	Cliente interno	Possui	O Cliente interno é um tipo de pessoal.
83		1-n	1-n	Desenvolvimento do produto	Participa no	Pessoal é denominação dada aos participantes, diretos e indiretos, durante o processo de projeto e Desenvolvimento do produto.
84				Projetista		Relação indireta.
85		1	1-n	Cliente externo	Possui	O Cliente externo é um tipo de pessoal.
86		1	1-n	Cliente intermediário	Possui	O Cliente intermediário é um tipo de pessoal.
87				Promotor		Relação indireta.
88	Cliente interno			Desenvolvimento do produto		Relação indireta. Contemplada em 57.
89		1	1-n	Projetista	Possui	Projetista é um tipo de Cliente interno.
90		1	1-n	Promotor	Possui	Projetista é um tipo de Cliente interno. (inserir na matriz)
91				Necessidades		Relação indireta. Contemplada em 25.
92	Desenvolvimento do produto			Cliente externo		Relação indireta. Contemplada em 57.
93				Cliente intermediário		Relação indireta. Contemplada em 57.
94	Projetistas	1-n	1-n	Requisito de usuário	Gera	Projetistas traduzem necessidades brutas em Requisitos de usuário.
95	Cliente externo			Necessidade		Relação indireta. Contemplada em 25.
96	Cliente intermediário			Necessidade		Relação indireta. Contemplada em 25.
97	Necessidade			Requisito		Relação indireta.
98		1-n	1-n	Requisito de usuário	Origina	Requisitos de usuários satisfazem necessidades.
99				Atributo geral		
100	Requisito	1	1	Requisito de usuário	Subdivide-se em	Requisito de usuário é um tipo de Requisito do produto.
101		1	1	Requisito de projeto	Subdivide-se em	Requisito de projeto é um tipo de Requisito do produto.
102				Objetivo		

Tabela A.3 : Matriz de definição dos relacionamentos entre entidades. (continuação)

N.	Entidade 1	C1	C2	Entidade 2	Nome da relação	Definição da relação
103	Requisito de usuário	1-n	1-n	Requisito de projeto	Originam	Requisitos de projeto são características técnico-físicas mensuráveis, que o produto deve ter para satisfazer os requisitos de usuário.
104	Requisito de projeto	1	1	Especificação de projeto	Integra	Especificações de projeto são constituídas pelos Requisitos de projeto, metas, objetivos e restrições.
105				Meta		
106	Dimensão			Meta		
107				Atributo específico		
108	Especificação de projeto	1-n	1	Meta	Possui	Especificações de projeto são constituídas pelos Requisitos de projeto, metas, objetivos e restrições.
109		1-n	1	Objetivo	Possui	Especificações de projeto são constituídas pelos Requisitos de projeto, metas, objetivos e restrições.
110		1-n	1	Restrição	Possui	Especificações de projeto são constituídas pelos Requisitos de projeto, metas, objetivos e restrições.
111	Meta	1-n	1-n	Equipe de projeto	É Definida pela	A Equipe de projeto define as Metas.
112	Objetivo	1-n	1-n	Equipe de projeto	É Definido pela	A Equipe de projeto define Objetivos.
113	Atributo	1	1-n	Atributo geral	Compreende	Atributos gerais são Atributos que expressam características básicas ou relativas ao ciclo de vida do produto.
114				Atributo do ciclo de vida		Relação indireta expressa em 117 e 113.
115				Atributo básico		Relação indireta expressa em 117 e 113.
116		1	1-n	Atributo específico	Compreende	Atributos gerais são Atributos que expressam características físicas mensuráveis do produto.
117	Atributo geral			Atributo do ciclo de vida		
118				Atributo básico		
119				Atributo específico		

Apêndice B - Material do estudo de caso para teste alpha do WinPI

B.1 ROTEIROS PARA O ESTUDO DE CASO

A seguir tem-se os roteiros elaborados para os cinco clientes previstos para o teste do sistema computacional. Os textos contém orientações gerais de uso do programa (e que variam pouco de cliente para cliente) e também as informações extraídas do estudo de caso apresentado na Tese desenvolvida por Fonseca [16], que foram divididas de forma igualitária entre os clientes.

B.1.1 Roteiro para o cliente 1

Cadastro do cliente

Clique no painel lateral superior, onde aparece cliente... e produto...; ao surgir a árvore, clique sobre 'Cliente'; dê um duplo clique na área ao lado; clique no botão com o sinal de soma, onde está escrito 'Adicionar'; digite 'Cliente1'; clique no botão 'Aplicar' e finalmente em 'Atualizar servidor remoto'.

Seleção do Produto

Realize o mesmo procedimento anterior e insira 'Reator de Plasma' no campo nome do produto.

Ciclo de vida

Selecione 'Ciclo de vida' na árvore inferior do painel lateral. Para inserir um item do ciclo de vida, escolha o item desejado na tabela acima e pressione o botão com o ícone de árvore onde está escrito 'Adicionar ao CV do produto'. Caso o item desejado não exista utiliza o conjunto de botões na área superior, realizando a mesma sequência das telas de cliente e produto.

- 1 Projeto
- 2 Produção
- 3 Montagem em fábrica

Atributos básicos

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida clique em 'Básicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inseri-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguintes atributos básicos: Ergonomia e Estética.

Atributos do ciclo de vida

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Do ciclo de vida'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador,

que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto, lembrando de associá-lo a um item do ciclo de vida (basta selecionar o item na árvore ao lado da tela de atrib. do cv).

Selecione para o produto os seguintes atributos básicos: Fabricabilidade e Montabilidade.

Atributos específicos

Expandir o item 'Atributos' e em seguida selecione 'Atributos específicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo específico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguintes atributos específicos: Forma(geometria), Configuração.

Necessidades

1 <http://sunsite.unc.edu/patents/engroup.html>

Requisitos do cliente

Selecione o requisito do cliente e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito do cliente desejado não exista na base, selecione o atributo básico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo básico	Requisito do cliente
1	Da normalização	Ter conexões fixas padronizadas
2	Da modularidade	Ter filosofia de componente base
3	Da modularidade	Ter uso preferencial de encaixes
4	Economia	Ser compacto
5	Da modularidade	Ser dividido em módulos
6	Economia	Ter estrutura transportável
7	Funcionamento	Ter facilitada a organização das peças no suporte
8	Funcionamento	Ser simplificada a movimentação de suportes
9	Funcionamento	Ter simplificada a sua programação
10	Funcionamento	Ter manual de instruções
11	Ergonomia	Ter software amigável

Requisitos de projeto

Selecione o requisito de projeto e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de projeto desejado não exista na base, selecione o atributo específico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo específico	Requisito de projeto
1	Forma(geometria)	Variedade de fixações
2	Forma(geometria)	Ferramentas de operação e manutenção
3	Forma(geometria)	Espaço da câmara
4	Forma(geometria)	Volume de equipamento
5	Forma(geometria)	Espaço físico da instalação
6	Forma(geometria)	Espaço da câmara
7	Forma(geometria)	Ferramentas de operação
8	Forma(geometria)	Geometria câmara
9	Forma(geometria)	Espaço útil da câmara
10	Forma(geometria)	Espaço físico da instalação
11	Forma(geometria)	Avaliação de design
12	Forma(geometria)	Avaliação da ergonomia

B.1.2 Roteiro para o cliente 2

Cadastro do cliente

Clique no painel lateral superior, onde aparece cliente... e produto...; ao surgir a árvore, clique sobre 'Cliente'; dê um duplo clique na área ao lado; clique no botão com o sinal de soma, onde está escrito 'Adicionar'; digite 'Cliente2'; clique no botão 'Aplicar' e finalmente em 'Atualizar servidor remoto'.

Seleção do Produto

O Cliente1 já inseriu o produto 'Reator de Plasma'? Selecione o produto clicando sobre ele.

Ciclo de vida

Selecione 'Ciclo de vida' na árvore inferior do painel lateral. Para inserir um item do ciclo de vida, escolha o item desejado na tabela acima e pressione o botão com o ícone de árvore onde está escrito 'Adicionar ao CV do produto'. Caso o item desejado não exista utiliza o conjunto de botões na área superior, realizando a mesma sequência das telas de cliente e produto.

4 Embalagem

5 Armazenagem

6 Transporte

Atributos básicos

Expanda o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Básicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguinte atributos básicos: Economia, Segurança.

Atributos do ciclo de vida

Expanda o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Do ciclo de vida'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto, lembrando de associá-lo a um item do ciclo de vida (basta selecionar o item na árvore ao lado da tela de atrib. do cv).

Selecione para o produto os seguintes atributos básicos: Embalabilidade, Transportabilidade.

Atributos específicos

Expanda o item 'Atributos' e em seguida selecione 'Atributos específicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo específico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguintes atributos específicos: Dimensões, Acabamento.

Necessidades

2 <http://www.espto.gov/web/menu/pats.html>

Requisitos do cliente

Selecione o requisito do cliente e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de cliente desejado não exista na base, selecione o atributo básico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo básico	Requisito do cliente
12	Ergonomia	Ter entrada e saída de materiais facilitada
13	Ergonomia	Ter limpeza da câmara facilitada
14	Ergonomia	Ter espaço para a manipulação de peças
15	Ergonomia	Ter diminuído o ruído da bomba de vácuo
16	Estética	Ter uma avaliação correta do design
17	Estética	Ter características ergonômicas
18	Economia	Ter possibilidade de movimentar coletivamente as p
19	Economia	Ter possibilidade de inspeção visual
20	Economia	Ter baixo aquecimento do meio
21	Segurança	Ter fácil operação remota de válvulas e chaves
22	Segurança	Ter opção "modo manual de operação"

Requisitos de projeto

Selecione o requisito de projeto e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de projeto desejado não exista na base, selecione o atributo específico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo específico	Requisito de projeto
18	Geométricos	Ferramentas de operação
19	Geométricos	Janelas na câmara
23	Geométricos	Avaliação de ergonomia
27	Geométricos	Espaço físico
32	Geométricos	Variedade de dispositivos de fixação
37	Geométricos	Elementos recicláveis e aproveitáveis
39	Geométricos	Espaço físico da instalação
45	Geométricos	Sistema de vedação da câmara
47	Geométricos	Janelas na câmara
50	Geométricos	Ferramentas de manutenção
51	Geométricos	Espaço de processamento
92	Material	Materiais robustos

B.1.3 Roteiro para o cliente 3

Cadastro do cliente

Clique no painel lateral superior, onde aparece cliente... e produto...; ao surgir a árvore, clique sobre 'Cliente'; dê um duplo clique na área ao lado; clique no botão com o sinal de soma, onde está escrito 'Adicionar'; digite 'Cliente3'; clique no botão 'Aplicar' e finalmente em 'Atualizar servidor remoto'.

Seleção do Produto

O Cliente1 já inseriu o produto 'Reator de Plasma'? Selecione o produto clicando sobre ele.

Ciclo de vida

Selecione 'Ciclo de vida' na árvore inferior do painel lateral. Para inserir um item do ciclo de vida, escolha o item desejado na tabela acima e pressione o botão com o ícone de árvore onde está escrito 'Adicionar ao CV do produto'. Caso o item desejado não exista utiliza o conjunto de botões na área superior, realizando a mesma sequência das telas de cliente e produto.

7 Mercado

7.1 Compra

7.2 Venda

Atributos básicos

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Básicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguintes atributos básicos: Confiabilidade, Legal.

Atributos do ciclo de vida

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Do ciclo de vida'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto, lembrando de associá-lo a um item do ciclo de vida (basta selecionar o item na árvore ao lado da tela de atrib. do cv).

Selecione para o produto os seguintes atributos básicos: Armazenabilidade, Comerciabilidade.

Atributos específicos

Expanda o item 'Atributos' e em seguida selecione 'Atributos específicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo específico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguintes atributos específicos: Ajustes, Texturas.

Necessidades

3 <http://www.inpi.gov.br/index.html>

Requisitos do cliente

Selecione o requisito do cliente e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de cliente desejado não exista na base, selecione o atributo básico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo básico	Requisito do cliente
23	Segurança	Ter facilidade na abertura e fechamento da câmara
24	Segurança	Ter cuidados com as partes quentes
25	Segurança	Ter segurança contra as radiações nocivas
26	Confiabilidade	Ter fácil monitoramento
27	Da modularidade	Ter baixa demanda de espaço físico
28	Funcionamento	Ter homogeneidade no tratamento
29	Funcionamento	Ter ciclos programáveis
30	Funcionamento	Ter monitoramento e controle da regulação "on line"
31	Funcionamento	Ter uma adequada dissipação de calor
32	Funcionamento	Ter possibilidade de manipular lotes variáveis
33	Economia	Ter baixo tempo de tratamento por ciclo

Requisitos de projeto

Selecione o requisito de projeto e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de projeto desejado não exista na base, selecione o atributo específico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo específico	Requisito de projeto
96	Material	Sistema de segurança e proteção
97	Material	Sistema de vedação da câmara
107	Material	Materiais recicláveis
108	Material	Materiais reutilizáveis
162	Cor	
216	Peso ou massa	
270	Forças	
285	Cinemática	Velocidade bomba de vácuo
344	Tipo Energia	Capacidade de dissipação de calor
348	Tipo Energia	Temperatura máxima da carcaça
350	Tipo Energia	Capacidade de corrente e tensão
352	Tipo Energia	Temperatura máx. do cátodo
353	Tipo Energia	Densidade de potência

B.1.4 Roteiro para o cliente 4

Cadastro do cliente

Clique no painel lateral superior, onde aparece cliente... e produto...; ao surgir a árvore, clique sobre 'Cliente'; dê um duplo clique na área ao lado; clique no botão com o sinal de soma, onde está escrito 'Adicionar'; digite 'Cliente4'; clique no botão 'Aplicar' e finalmente em 'Atualizar servidor remoto'.

Seleção do Produto

O Cliente1 já inseriu o produto 'Reator de Plasma'? Selecione o produto clicando sobre ele.

Ciclo de vida

Selecione 'Ciclo de vida' na árvore inferior do painel lateral. Para inserir um item do ciclo de vida, escolha o item desejado na tabela acima e pressione o botão com o ícone de árvore onde está escrito 'Adicionar ao CV do produto'. Caso o item desejado não exista utiliza o conjunto de botões na área superior, realizando a mesma sequência das telas de cliente e produto.

8 Uso

9 Função

10 Manutenção

Atributos básicos

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Básicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguintes atributos básicos: Patentes, Normalização.

Atributos do ciclo de vida

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Do ciclo de vida'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inserí-lo

realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto, lembrando de associá-lo a um item do ciclo de vida (basta selecionar o item na árvore ao lado da tela de atrib. do cv).

Selecione para o produto os seguinte atributos básicos: Da função, Usabilidade.

Atributos específicos

Expandir o item 'Atributos' e em seguida selecione 'Atributos específicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo específico que se deseja não exista, deve-se inseri-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguinte atributos específicos: Fixações, Material(tipo), Cor, Peso(ou massa), Forças, Cinemática(velocidade, aceleração etc.).

Necessidades

4 <http://www.uspto.gov/patft/index.html>

Requisitos do cliente

Selecione o requisito do cliente e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de cliente desejado não exista na base, selecione o atributo básico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo básico	Requisito do cliente
34	Economia	Ter volume mínimo
35	Economia	Ter baixo consumo energético
36	Economia	Ter baixo consumo de gases
37	Economia	Ter baixo consumo de componentes renováveis
38	Segurança	Ter tubulação robusta
39	Segurança	Ter acomodação correta para o cilindro de gás
40	Segurança	Ter proteção contra sobrecarga
41	Segurança	Ter baixo aquecimento da fonte
42	Segurança	Ter vedação robusta
43	Segurança	Ter segurança contra implosão da câmara
44	Segurança	Ter segurança no sistema elétrico de potência

Requisitos de projeto

Selecione o requisito de projeto e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de projeto desejado não exista na base, selecione o atributo específico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo específico	Requisito de projeto
355	Tipo Energia	Temperatura max. da carcaça
358	Tipo Energia	Capacidade de processamento
359	Tipo Energia	Flutuação da tensão
365	Tipo Energia	Temperatura máxima do cátodo
368	Tipo Energia	Sistema de segurança e proteção
404	Fluxo	Capacidade de processamento
406	Fluxo	Densidade de corrente
407	Fluxo	Densidade de corrente
408	Fluxo	Consumo de ar, N2 e H2
414	Fluxo	Consumo de ar, N2 e H2.
418	Fluxo	Capacidade de tensão
424	Fluxo	Flutuação da tensão
453	Sinais	Variações no monitoramento

B.1.5 Roteiro para o cliente 5

Cadastro do cliente

Clique no painel lateral superior, onde aparece cliente... e produto...; ao surgir a árvore, clique sobre 'Cliente'; dê um duplo clique na área ao lado; clique no botão com o sinal de soma, onde está escrito 'Adicionar'; digite 'Cliente5'; clique no botão 'Aplicar' e finalmente em 'Atualizar servidor remoto'.

Seleção do Produto

O Cliente1 já inseriu o produto 'Reator de Plasma'? Selecione o produto clicando sobre ele.

Ciclo de vida

Selecione 'Ciclo de vida' na árvore inferior do painel lateral. Para inserir um item do ciclo de vida, escolha o item desejado na tabela acima e pressione o botão com o ícone de árvore onde está escrito 'Adicionar ao CV do produto'. Caso o item desejado não exista utiliza o conjunto de botões na área superior, realizando a mesma sequência das telas de cliente e produto.

- 11 Desativação
- 12 Reciclagem
- 13 Descarte

Atributos básicos

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Básicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inseri-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguinte atributos básicos: Modularidade e Impacto Ambiental.

Atributos do ciclo de vida

Expandir o item 'Atributos', depois 'Atributos gerais' e em seguida 'Do ciclo de vida'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo básico que se deseja não exista, deve-se inseri-lo

realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto, lembrando de associá-lo a um item do ciclo de vida (basta selecionar o item na árvore ao lado da tela de atrib. do cv).

Selecione para o produto os seguinte atributos básicos: Reciclabilidade, Descartabilidade.

Atributos específicos

Expandir o item 'Atributos' e em seguida selecione 'Atributos específicos'. Na tela mostrada selecione o atributo desejado clicando sobre ele. Em seguida, para selecioná-lo para o produto clique no botão com a seta vermelha e em seguida no botão com o computador, que atualiza o servidor remoto. Caso o atributo específico que se deseja não exista, deve-se inseri-lo realizando o mesmo procedimento das telas de cliente e produto.

Selecione para o produto os seguinte atributos específicos: Tipo de energia(térmica, elétrica etc.), Fluxo(massa ou energia), Sinais(elétricos, pneumáticos etc.), Estabilidade(dos sistemas), Controle(dos sistemas).

Necessidades

5 <http://cdr.stanford.edu/html/SHARE/catalogs.html>

6 <http://www.Designinfo.com>

Requisitos do cliente

Selecione o requisito do cliente e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de cliente desejado não exista na base, selecione o atributo básico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo básico	Requisito do cliente
45	Segurança	Ter máxima proteção contra o vazamento de gases
46	Confiabilidade	Ter garantida a estabilidade da fonte
47	Confiabilidade	Ter possibilidade de diagnóstico do plasma
48	Confiabilidade	Ser um equipamento robusto
49	Ergonomia	Ser facilitado o acesso aos sensores
50	Economia	Ter minimizado o uso de ferramentas na manutenção
51	Confiabilidade	Ter facilidade de substituição de componentes reno
52	Confiabilidade	Ter taxa de falhas mínima
53	Funcionamento	Ser composto por materiais recicláveis
54	Funcionamento	Ser composto por materiais reutilizáveis
55	Impacto Ambiental	Ser composto por materiais atóxicos

Requisitos de projeto

Selecione o requisito de projeto e clique no botão com a seta vermelha e em seguida o botão com o computador. Caso o requisito de projeto desejado não exista na base, selecione o atributo específico ao qual ele está vinculado e utilize o conjunto de botões superior, realizando o mesmo processo das telas anteriores.

N.	Atributo específico	Requisito de projeto
454	Sinais	Operação manual
458	Sinais	Pressão mínima
470	Sinais	Condutância tubo de vácuo
495	Estabilidade	Software amigável
497	Estabilidade	Software amigável
511	Estabilidade	Isolamento radiações
512	Estabilidade	Incerteza pressão e a tensão
516	Estabilidade	Variáveis de processo monitoradas, registradas e c
520	Estabilidade	Pressão mínima
532	Estabilidade	Flutuações de tensão e corrente
538	Estabilidade	Otimização de parâmetros de operação
550	Qualidade	Avaliação de design
588	Qualidade	Sistema otimizado

B.2 MEMÓRIA DE PROJETO

O texto a seguir é a transcrição fiel do relatório gerado pelo WinPI para o estudo de caso utilizado no teste alpha do sistema. Reflete os resultados obtidos na utilização do sistema computacional para desenvolvimento do estudo de caso proposto para o referido teste.

O cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima foi incluído em data posterior à do teste com o propósito de selecionar para o projeto do reator de plasma as informações que os outros clientes inseriram na base mas não selecionaram para o projeto, sem porém alterar os resultados obtidos no dia do teste (para obter os resultados originais basta desconsiderar todos os itens que aparecem como sendo de autoria do referido cliente). Essa medida foi necessária para poder incluir no relatório todas as informações trabalhadas no dia do teste, pois as informações que são inseridas na base mas não são selecionadas para o projeto não aparecem no relatório final. No relatório final a memória de projeto corresponde ao 11º item.

11. Memória de projeto:

11.1 Clientes que participaram do projeto

Cliente 4

Cliente 1

Cliente 2

Cliente 3

Leonardo Monteiro Barbosa Lima

11.2 Ciclo de vida do produto:

Item do ciclo de vida Projeto, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Produção, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Armazenagem, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Uso, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Transporte, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Mercado, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Função, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Compra, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Venda, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Manutenção, que tem a seguinte explicação: .

Item do ciclo de vida Embalagem, que tem a seguinte explicação: .

11.3 Atributos básicos definidos para o produto:

– Atributos básicos definidos pelo cliente Cliente 4:

- O atributo básico Funcionamento e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com a operação do produto. Rendimento, desempenho, eficiência, função etc..

- O atributo básico Ergonomia e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com a relação homem-máquina. Ergonomia do uso, seqüência de ações, uso etc..

- O atributo básico Estética e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com a aparência do produto. Expressividade, símbolos, signos, linguagem do produto, semiótica, semântica etc..

- O atributo básico Patentes e tem a seguinte explicação: Problemas relativos ao uso de patentes registradas. Grau de novidade do produto, patenteabilidade, pagamento de royalties, uso de patentes etc..

- O atributo básico Normalização e tem a seguinte explicação: Problemas relativos ao uso de elementos e peças normalizadas. Normas internas, locais, setoriais, nacionais e internacionais..

– Atributos básicos definidos pelo cliente Cliente 1:

- O atributo básico Modularidade e tem a seguinte explicação: Problemas relativos ao projeto modular de componentes. Módulos de fabricação, de uso, de manutenção etc..

– Atributos básicos definidos pelo cliente Cliente 2:

- O atributo básico Economia e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com o custo de produção e o preço de venda. Financiamento, capital, juros, amortização etc..

- O atributo básico Segurança e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com a segurança durante o uso e o funcionamento. Proteção contra acidentes, atos inseguros, funcionamento inseguro etc..

- O atributo básico Confiabilidade e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com o uso e funcionamento estável. Taxa de falhas, redundâncias ativas ou passivas etc..

- O atributo básico Legal e tem a seguinte explicação: Aspectos vinculados com as leis de onde vai ser comercializado o produto. Leis sobre uso ou segurança, leis ambientais, leis sobre comércio etc..

- Atributos básicos definidos pelo cliente Cliente 3:
- Atributos básicos definidos pelo cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima:

11.4 Atributos do ciclo de vida definidos para o produto

- Atributos do ciclo de vida definidos pelo cliente Cliente 4:
 - O atributo do ciclo de vida Fabricabilidade e tem a seguinte explicação: .
 - O atributo do ciclo de vida Montabilidade e tem a seguinte explicação: .
 - O atributo do ciclo de vida Armazenabilidade e tem a seguinte explicação: .
 - O atributo do ciclo de vida Comerciabilidade e tem a seguinte explicação: .
 - O atributo do ciclo de vida Da função e tem a seguinte explicação: .
 - O atributo do ciclo de vida Usabilidade e tem a seguinte explicação: .
- Atributos do ciclo de vida definidos pelo cliente Cliente 1:
- Atributos do ciclo de vida definidos pelo cliente Cliente 2:
 - O atributo do ciclo de vida Embalabilidade e tem a seguinte explicação: .
 - O atributo do ciclo de vida Transportabilidade e tem a seguinte explicação: .
- Atributos do ciclo de vida definidos pelo cliente Cliente 3:
- Atributos do ciclo de vida definidos pelo cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima:

11.5 Atributos específicos definidos para o produto

- Atributos específicos definidos pelo cliente Cliente 4:
 - O atributo específico Forma e é do tipo Material.
 - O atributo específico Configuração e é do tipo Sinal. .
 - O atributo específico Ajustes e é do tipo Materia. .
 - O atributo específico Texturas e é do tipo Material. .
 - O atributo específico Fixações e é do tipo Sinal. .
 - O atributo específico Material(tipo) e é do tipo Material. .
 - O atributo específico Cor e é do tipo Sinal. .
 - O atributo específico Peso(ou massa) e é do tipo Material. .
 - O atributo específico Forças e é do tipo Energia. .

- O atributo específico Cinemática(velocidade, aceleração etc.) e é do tipo Energia.
- Atributos específicos definidos pelo cliente Cliente 1:
- Atributos específicos definidos pelo cliente Cliente 2:
 - O atributo específico Dimensões e é do tipo Materia.
 - O atributo específico Acabamento e é do tipo Materia.
 - O atributo específico geométricos e é do tipo .
- Atributos específicos definidos pelo cliente Cliente 3:
- Atributos específicos definidos pelo cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima:

11.6 Necessidades que o produto deve satisfazer

- Necessidades definidas pelo cliente Cliente 4:
 - A necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html> não está ligada a nenhum atributo do ciclo de vida Embalabilidade.
 - A necessidade <http://sunsite.unc.edu/patents/engroup.html> não está ligada a nenhum atributo do ciclo de vida Embalabilidade.
 - A necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html> não está ligada a nenhum atributo do ciclo de vida Embalabilidade.
- Necessidades definidas pelo cliente Cliente 1:
- Necessidades definidas pelo cliente Cliente 2:
- Necessidades definidas pelo cliente Cliente 3:
- Necessidades definidas pelo cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima:

11.7 Requisitos de cliente que o produto deve satisfazer

- Requisitos de cliente definidos pelo cliente Cliente 4:
- Requisitos de cliente definidos pelo cliente Cliente 1:
- Requisitos de cliente definidos pelo cliente Cliente 2:
 - O requisito do cliente ter entrada e saída de materiais facilitada originou-se do atributo básico Ergonomia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter limpeza da câmara facilitada originou-se do atributo básico Ergonomia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter espaço para manipulação de testes originou-se do atributo básico Ergonomia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.

- O requisito do cliente ter diminuído o ruído da bomba de vácuo originou-se do atributo básico Ergonomia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter uma avaliação correta do design originou-se do atributo básico Estética e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter características ergonômicas originou-se do atributo básico Estética e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter possibilidade de movimentar coletivamente as p originou-se do atributo básico Economia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter possibilidade de inspeção visual originou-se do atributo básico Economia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter baixo aquecimento do meio originou-se do atributo básico Economia e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter fácil operação remota de válvulas e chaves originou-se do atributo básico Segurança e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter uso preferencial de encaixes não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- Requisitos de cliente definidos pelo cliente Cliente 3:
- Requisitos de cliente definidos pelo cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima:
- O requisito do cliente Ter baixo consumo de componentes renováveis não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente Ser compacto não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente Ter acomodação correta para o cilindro de gás não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente ter conexões padronizadas não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente Ter proteção contra sobrecarga não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
 - O requisito do cliente Ter facilidade na abertura e fechamento da câmara não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.

- O requisito do cliente Ter filosofia de componente base não possui relação com nenhum atributo básico , mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente ter filosofia de componente base não possui relação com nenhum atributo básico , mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter cuidado com as partes quentes não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter segurança contra radiações nocivas não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente ter opção "modo manual de operação" originou-se do atributo básico Segurança e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter fácil monitoramento não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter baixa demanda de espaço físico não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter volume mínimo originou-se do atributo básico Economia e da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter filosofia de componente base não possui relação com nenhum atributo básico , mas originou-se da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter conexões fixas padronizadas não possui relação com nenhum atributo básico , mas originou-se da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ser dividido em módulos originou-se do atributo básico Modularidade e da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter estrutura transportável originou-se do atributo básico Economia e da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter facilitada a organização das peças no suporte originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter homogeneidade no tratamento originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter ciclos programáveis originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.

- O requisito do cliente Ter monitoramento e controle da regulação "on line" originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter uma adequada dissipação de calor originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ter possibilidade de manipular lotes variáveis originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
- O requisito do cliente Ser simplificação a movimentação de suporte originou-se do atributo básico Funcionamento e da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter tubulação robusta não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter baixo tempo de tratamento por ciclo não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter tubulação robusta não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.
- O requisito do cliente Ter baixo consumo energético não possui relação com nenhum atributo básico, mas originou-se da necessidade <http://www.inpi.org.br/index.html>.

11.8 Requisitos de projeto do produto

- Requisitos de projeto definidos pelo cliente Cliente 4:
- Requisitos de projeto definidos pelo cliente Cliente 1:
 - Requisito de projeto Espessura de parede não possui relação com nenhum atributo específico, mas originou-se do requisito do cliente Ter baixo consumo energético.
 - Requisito de projeto ferramentas de operação não possui relação com nenhum atributo específico, mas originou-se do requisito do cliente Ter baixo consumo energético.
 - Requisito de projeto avaliação de ergonomia não possui relação com nenhum atributo específico, mas originou-se do requisito do cliente Ter baixo consumo energético.
- Requisitos de projeto definidos pelo cliente Cliente 2:
 - Requisito de projeto espaço físico originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto variedade de dispositivos de fixação originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto elementos recicláveis e aproveitáveis originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.

- Requisito de projeto espaço físico na instalação originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto sistema de vedação de câmara originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto ferramentas de manutenção originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto espaço de processamento originou-se do atributo específico geométricos e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto material robusto originou-se do atributo específico Material(tipo) e do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
- Requisitos de projeto definidos pelo cliente Cliente 3:
- Requisitos de projeto definidos pelo cliente Leonardo Monteiro Barbosa Lima: .
- Requisito de projeto janelas na câmara não possui relação com nenhum atributo específico, mas originou-se do requisito do cliente Ter tubulação robusta.
 - Requisito de projeto Variedade de fixações originou-se do atributo específico Forma e do requisito do cliente ter entrada e saída de materiais facilitada.
 - Requisito de projeto Ferramentas de operação e manutenção originou-se do atributo específico Forma e do requisito do cliente ter entrada e saída de materiais facilitada.
 - Requisito de projeto Espaço da câmara originou-se do atributo específico Forma e do requisito do cliente ter entrada e saída de materiais facilitada.
 - Requisito de projeto Volume de equipamento originou-se do atributo específico Forma e do requisito do cliente ter entrada e saída de materiais facilitada.
 - Requisito de projeto Espaço físico da instalação originou-se do atributo específico Forma e do requisito do cliente ter entrada e saída de materiais facilitada.
 - Requisito de projeto materiais robustos originou-se do atributo específico Material(tipo) e do requisito do cliente ter uma avaliação correta do design.
 - Requisito de projeto ser estático não possui relação com nenhum atributo específico, mas originou-se do requisito do cliente ter uma avaliação correta do design.

Fim da memória de projeto.

Índice Remissivo

- Computer Aided Informational Design*, 5
check - lists, 31
- Aldrich & Stauffer, 29, 30, 33, 34, 88
- Baxter, 22
- Beitz, 15
- Buur, J., 29
- casa da qualidade, 31
- Chen, 57, 59
- ciclo de vida do produto, 31
- Codd, 55, 57
- conceptual modelling, 50
- Eastman & Fereshetian, 8, 48, 50–53
- Engenharia de Requisitos, 50
- entidade-relacionamento – ER, 88
- esquema conceitual, 50
- EXPRESS, 50, 53
- Finger & Dixon, 13–15, 18
- Fonseca, 10, 23, 25, 31, 32, 88, 158
- Gershenson & Stauffer, 29, 30, 33, 35, 36, 49, 50, 88
- Gibbs, 56
- Hauge & Stauffer, 36
- Hoffmann & Joan-Arinyo, 51, 52
- Hooker, 12–14
- Hubka, 15
- Hubka & Eder, 15, 21, 30
- IDEF0, 50
- IDEF1X, 50, 53
- informação, 48
- Isaksson *et al.*, 45
- Jarke & Pohl, 24
- Kano, 22
- Kern, 59
- Krause, 6–8, 45
- lexicon, 4
- Magrab, 21, 22
- Malmqvist & Schachinger, 36–39, 41, 88
- Malmqvist & Svensson, 8, 40, 42, 88
- Messac & Chen, 4, 92
- modelagem conceitual, 50
- modelo, 48
- modelo de informações, 48
- modelos conceituais, 50, 51
- NeDIP, 1
- NIAM, 50, 53
- NIST-IDEF1X, 59, 88
- Nuseibeh & Easterbrook, 24, 26
- Occam, 56
- Ogliari, 4, 8, 9, 16, 17, 19, 26
- Ostrosky, 15
- Pahl & Beitz, 15, 20, 21
- projeto informacional, 86
- projeto informacional, 25, 31, 32, 92
- questionários estruturados, 31
- Redes de Petri, 50
- Requirements Engineering, 25
- Requirements Engineering, 24, 50
- Rolland-Prakash, 50, 51
- Roozenburg & Eekels, 21, 163
- Rzevski, 15

Simon, 4, 7, 30

sistemas técnicos, 21

Sowa, 46, 47

Stauffer & Morris, 29, 30, 33, 88

SWEBOK, 24

taxonomia, 4, 88, 92

Ullman, David. G., 21

Ullman, John D., 52, 53

universo de discurso - UoD, 48

Zave, 24, 25

Zeid, 30, 31, 51, 53–55