

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA**

**RICARDO ALEXANDRO DE ANDRADE QUEIROZ**

**ELICIAÇÃO E COMUNICAÇÃO DE REQUISITOS EM DOMÍNIOS  
DISJUNTOS: ESTUDO DE CASO PARA A ÁREA MÉDICA.**

**SÃO PAULO**

**2007**

**RICARDO ALEXANDRO DE ANDRADE QUEIROZ**

**ELICIAÇÃO E COMUNICAÇÃO DE REQUISITOS EM DOMÍNIOS  
DISJUNTOS: ESTUDO DE CASO PARA A ÁREA MÉDICA.**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:  
Engenharia Mecatrônica

Orientador:  
Prof. Dr. José Reinaldo Silva.

**SÃO PAULO**

**2007**

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

**São Paulo, 05 de março de 2007.**

**Assinatura do autor \_\_\_\_\_**

**Assinatura do orientador \_\_\_\_\_**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Queiroz, Ricardo Alexandre de Andrade**

**Eliciação e comunicação de requisitos em domínios disjuntos: estudo de caso para a área médica / R.A. de A. Queiroz. -- ed.rev. -- São Paulo, 2007.**

**111 p.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.**

**1.Engenharia de requisitos 2.Domínios disjuntos 3.Cirurgia 4.Catarata I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II.t.**

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Ricardo Alexandro de Andrade Queiroz

Eliciação e Comunicação de Requisitos em Domínios Disjuntos: Estudo de Caso para Área Médica.

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:  
Engenharia Mecatrônica

Aprovado em: 08 de fevereiro de 2007

### Banca Examinadora

Prof. Dr. José Reinaldo Silva

Instituição: Universidade de São Paulo – USP

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Lincoln Lemes Freitas

Instituição: Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

Assinatura: \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Roseli de Deus Lopes

Instituição: Universidade de São Paulo – USP

Assinatura: \_\_\_\_\_



*Aos meus pais e irmão, com amor, admiração e gratidão pela compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo do período de elaboração deste trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, responsável por orientar todos os passos da minha vida.

Aos amigos (*in memoriam*) que me fazem falta.

Meus agradecimentos a minha mãe, Maria de Lourdes Monteiro Andrade Queiroz, e ao meu pai, Alberto Andiracê de Araújo Queiroz, que sempre me apoiaram em todos os momentos de alegria e tristeza, com amor, dedicação, força e muita paciência. Ao meu avô, José Calazans de Andrade, pelo carinho e incentivo.

Agradecimentos especiais a meu irmão, Alberto Alexandro de Andrade Queiroz, que acredita e incentiva a buscar dos meus sonhos e ideais.

Ao Prof. Dr. José Reinaldo Silva, amigo e orientador, pelo apoio, incentivo e ensino, contribuindo para meu crescimento científico e intelectual.

Ao amigo Prof. Dr. Paulo Victor Fleming, coordenador do Curso de Engenharia Mecânica e Mecatrônica da Universidade Salvador, pelo incentivo, apoio. O grande responsável pelas mudanças da minha vida.

Aos médicos Dr. Eduardo Príncipe e Dr. Alexandre Príncipe, Hospital Santa Luzia, por terem disponibilizado acesso as salas cirúrgicas, além de indicar o Dr. Jonathan Clive Lake.

Ao medico Dr. Jonathan Clive Lake, do Instituto da Visão da Catarata – UNIFESP, por ter acreditado no trabalho, me orientado em todos as atividades laboratoriais e centro cirúrgico, pelas inúmeras discussões e pela apresentação o Dr. Lincoln Lemes Freitas.

Ao médico Dr. Lincoln Lemes Freitas, chefe do setor de Catarata do Instituto da Visão - UNIFESP, por permitir o acesso ao centro cirúrgico e uso laboratorial do Instituto. Pela paciência em deixar acompanhá-lo em suas atividades no período da manhã, da tarde e algumas vezes da noite, além das orientações, discussões, e participação no congresso CINCAT 2006.

Ao amigo Prof. Dr. Renato Ventura, URGS, pelo apoio, incentivo e referências bibliográficas para estudo.

Aos professores José Roberto de A. Amazonas, Anna Helena Reali Costa e Ricardo Cury Ibrahim, da própria Universidade - USP, pelas críticas construtivas que me ajudaram no desenvolver do trabalho.

Aos colegas do Laboratório Design-Lab da Universidade de São Paulo – USP.

A minha prima Roberta Monteiro de Andrade de Paula Inbar e Eran Inbar pelo incentivo aos estudos, mesmo estando tão longe, Israel.

As amigas Lilia Leda Saldanha e Liliane Saldanha pelo carinho e atenção na minha chegada a São Paulo.

Aos meus tios e primos que me apoiaram em São Paulo.

A Dra. Maria Betânia Pereira Toralles pelo incentivo e empréstimo de livros.

A Dra. Regina Cerqueira Wanderley Cruz pelo incentivo e apoio no trabalho.

Ao amigo Fabrício Stefan Gaiche Fagundes, Eng. Mecânico, pelas dicas e auxílio no uso do Softwares SolidWorks.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro deste trabalho, através da concessão de bolsa de mestrado.

## RESUMO

A Engenharia de Requisitos (ER) vem sendo reconhecida como uma área de pesquisa de extrema relevância para o desenvolvimento de sistemas ou artefatos. As maiores causas de falhas ocorridas em projetos são oriundas do processo de aquisição e tradução dos objetivos, necessidades ou restrições estabelecidas pelos clientes e/ou usuários. Estes erros podem aumentar de forma exponencial em projetos que se propõem a desenvolver sistemas ou artefatos que estejam diretamente associados à área cirúrgica, devido a diferença do domínio de conhecimento e o vocabulário entre as mencionadas áreas. Desta forma, verifica-se a importância científica para desenvolver modelos ou métodos que minimizem o problema apresentado. Ajudar na análise e definição, de maneira apurada e precisa, junto ao especialista da área médica, em relação aos movimentos executados em um procedimento minimamente invasivo e auxiliar a área de projetos de engenharia a desenvolver esse tipo de sistema.

Este trabalho de dissertação apresenta o desenvolvimento de um modelo de conduta para o processo de eliciação e comunicação de requisitos no cenário em que o desenvolvedor e o especialista pertencem a diferentes domínios, técnicas e linguagens próprias. É também realizada a aplicação prática do modelo, em uma cirurgia minimamente invasiva, em específico à cirurgia da catarata. A aplicação prática foi realizada com o total apoio do Hospital Santa Luzia e do Instituto da Catarata – UNIFESP.

**Palavras-chave:** engenharia de requisito, domínios disjuntos, cirurgia, catarata.

## ABSTRACT

In recent years, the requirements engineering process has become known as a research with extreme relevance for system development. The major failures in projects are caused by the translation requirements, i.e. the task of communicating with customers and users to determine what their requirements are. These mistakes can rise exponentially in system development projects that are directly associated with the area of surgery, because of the difference of knowledge domain and the vocabulary between the mentioned areas (engineering and medicine). In this way rises the scientific importance for models development or methods that minimize the problem presented above. Helping analyzing and defining, in a fine and accurate way, a long with a specialist from the medical area, relating the movements executed in the minimally invasive process and help the area of engineering design develop this type of system.

Considering this, we propose in this dissertation the development of a model that show elicitation process and a communication of requirements in a scenario in which the developer and stackholder pretence a different types of domain, techniques and proper languages. The model is also practices in a minimally invasive surgery, especially in cataract surgery. It was practiced with the full support of Santa Luzia Hospital, and the Institute of Cataract – UNIFESP.

**Keywords:** requirements engineering, different domain, surgery, cataract

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IV</b>
<b>LISTA DE TABELA .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1 RELEVÂNCIA.....	7
1.2 MOTIVAÇÃO.....	8
1.3 OBJETIVOS .....	8
1.4 CONTRIBUIÇÕES .....	9
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	10
<b>CAPÍTULO 2 ENGENHARIA DE REQUISITOS (ER).....</b>	<b>12</b>
2.1 INTRODUÇÃO.....	12
2.2 ENGENHARIA DE REQUISITOS E O PROCESSO DE CONDUTA.....	13
2.3 ELICIAÇÃO DE REQUISITOS .....	16
<b>2.3.1 Métodos de Conversação.....</b>	<b>18</b>
2.3.1.1 Entrevista.....	18
2.3.1.2 Reunião.....	23
2.3.1.3 <i>Workshop</i> .....	23
2.3.1.4 <i>Brainstorming</i> .....	24
2.3.1.5 Diagrama de Afinidades .....	25
<b>2.3.2 Métodos de Observação .....</b>	<b>26</b>
2.3.2.1 Observação .....	26
2.3.2.2 Etnografia .....	28
2.3.2.3 Análise de Protocolo.....	30

<b>2.3.3 Métodos Analíticos</b> .....	31
2.3.3.1 Estudo de Documentos .....	31
2.3.3.2 Questionário .....	32
2.3.3.3 Reutilização de Requisitos .....	33
2.3.3.4 Grades de Repertório .....	33
2.3.3.5 CARD .....	35
<b>2.3.4 Métodos Sintéticos</b> .....	36
2.3.4.1 Cenário .....	36
2.3.4.2 JAD .....	37
2.3.4.3 Protótipo .....	39
2.3.4.4 <i>Storyboards</i> .....	41
2.3.4.5 Investigação Contextual .....	41
2.4 ANÁLISE E NEGOCIAÇÃO DE REQUISITOS .....	42
2.5 DOCUMENTAÇÃO .....	44
2.6 VALIDAÇÃO DE REQUISITOS .....	45
2.7 GERENCIAMENTO DE REQUISITOS .....	47
<b>CAPÍTULO 3 PROPOSTA DE MODELO PARA ANÁLISE DE MOVIMENTOS CIRÚRGICOS BASEADO NA ENGENHARIA DE REQUISITOS</b> .....	<b>49</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	49
3.2 MODELO PROPOSTO .....	50
3.2.1 Fase de Investigação e Análise de Requisitos – (A) .....	53
3.2.2 Fase de Aprendizado – (B) .....	56
3.2.3 Processo de Unificação e Correlação – (C) .....	58
3.2.4 Fase de Seleção de Informações e Requisitos – (D) .....	59
3.2.5 Ciclo de Negociação e Validação – (E) .....	60

3.2.6 Documentação de Requisitos – (F).....	62
3.3 RESUMO DO CAPÍTULO .....	63
<b>CAPÍTULO 4 IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DA PROPOSTA DO MODELO PARA ANÁLISE DE MOVIMENTOS CIRÚRGICOS BASEADO NA ER .....</b>	<b>66</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	66
4.2 DOMÍNIO DA APLICAÇÃO E DEMILITAÇÃO DO CONTEXTO DE ANÁLISE.....	66
4.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO .....	68
4.3.1 Fase de investigação e análise de Requisitos – (A).....	68
4.3.2 Fase de Aprendizado (B) .....	71
4.3.3 Processo de Unificação e Correlação (C).....	73
4.3.4 Fase de Seleção de Informações e Requisitos (D).....	73
4.3.5 Ciclo de Negociação e Validação (E).....	74
4.3.6 Documento de Requisitos (F).....	77
<b>CAPÍTULO 5 DISCUSSÕES .....</b>	<b>88</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	88
5.2 DISCUSSÕES SOBRE O MODELO .....	89
5.2.1 Domínios Disjuntos – Eliciação .....	89
5.2.2 Domínio Sensorial .....	93
5.2.3 Validação.....	95
5.3 RESUMO DO CAPÍTULO .....	98
<b>CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>101</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Modelo de atividades a nível macro do processo de engenharia de requisitos .....	15
Figura 2.2 Exemplo de uso da técnica de grade de repertório.....	34
Figura 3.1 Modelo de conduta proposto.....	52
Figura 3.2 Representação gráfica das atividades da linguagem representativa.....	61
Figura 4.1 Diferença da acuidade visual.....	69
Figura 4.2 Movimento dos instrumentos no espaço tridimensional com referência à base do mesmo.....	78
Figura 4.3 Estrutura do ambiente de modelagem para ambos os domínios disjuntos.....	79

## LISTA DE TABELA

Tabela 3.1	Características das técnicas e pontos críticos discutidos para o modelo proposto.....	55
Tabela 4.1	Imagens das simulações tridimensionais desenvolvidas com os respectivos instrumentos cirúrgicos utilizados pelo especialista.....	76
Tabela 4.2	Ficha de requisito do globo ocular, classe principal.....	80
Tabela 4.3	Ficha de requisito raio de curvatura, classe: globo ocular.....	80
Tabela 4.4	Ficha de requisito espessura, classe: globo ocular.....	81
Tabela 4.5	Ficha de requisito diâmetro, classe: globo ocular.....	81
Tabela 4.6	Ficha de requisito instrumento cirúrgico, classe principal.....	82
Tabela 4.7	Ficha de requisito cânula viscoelástico, classe incisão primária.....	82
Tabela 4.8	Ficha de requisito lâmina de corte 2.75, classe incisão primária.....	83
Tabela 4.9	Ficha de requisito lâmina de corte 15 <sup>0</sup> g, classe incisão paracentese.....	84
Tabela 4.10	Ficha de requisito movimento cirúrgico, classe incisão primária.....	85
Tabela 4.11	Ficha de requisito movimento cirúrgico, fase infiltração de soluções, classe incisão primária.....	85
Tabela 4.12	Ficha de requisito movimento cirúrgico, fase incisão 2.75mm, classe incisão primária.....	86
Tabela 4.13	Ficha de requisito movimento cirúrgico, fase aspiração dos restos corticais, classe incisão primária.....	87

## LISTA DE ABREVIATURAS

3D	– Tridimensional
CARD	– Collaborative Analysis of Requirements and Design.
ER	– Engenharia de Requisitos
FSM	– Máquina de Estado Finito
IBM	– International Business Machines
JAD	– Joint Application Development
QFD	– Quality Function Deployment
UML	– Unified Modeling Language
XML	– Extensible Markup Language

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUÇÃO

### 1.1 RELEVÂNCIA

As maiores causas de falhas oriundas em projeto de engenharia são ocasionadas na fase inicial do processo de aquisição e tradução dos objetivos, necessidades ou restrições estabelecidas pelos clientes e/ou usuários do sistema, segundo dados apresentados por Sheldon (Sheldon et al, 1992). Este, afirma que 36% dos erros ocasionadas em um projeto da Força Aérea Americana, foram relacionados a tradução de requisitos e 5% a falta de aquisição de alguns deles, totalizando 41 % de falha. Steve McConnell e Weinberg Jerry (apud Robertson, 2006) fornecem também indicativos que esses erros podem chegar até 60 %. Todos eles ocasionados no processo de comunicação e transferência de conhecimento entre o cliente e o desenvolvedor (Beyer e Holtzblatt, 1995).

Em vista do fato apresentado, discute-se que esses erros podem aumentar de forma exponencial em projetos que se propõem a desenvolver sistemas ou artefatos que estejam diretamente associados a área médica, devido a diferença do domínio de conhecimento e o vocabulário entre as mencionadas áreas. Estes por sua vez dificultam o processo de relação, comunicação e transferência de conhecimento entre o cliente e o desenvolvedor, provocando de forma acentuada o aparecimento de falhas nessa fase. Isto é, podendo inviabilizar o uso do sistema por completo, em vista dos efeitos e conseqüências que pode provocar no domínio da aplicação. Por esse motivo, existe uma importância científica para se desenvolver modelos que minimizem o problema apresentado.

## 1.2 MOTIVAÇÃO

Nos últimos anos, o advento do procedimento cirúrgico minimamente invasivo, vem impulsionando a comunidade científica a desenvolver meios para auxiliar o especialista da área, o médico, a executar de forma precisa os movimentos cirúrgicos através das pequenas incisões instituídas pelo procedimento.

Motivado pelo interesse de desenvolver sistemas ou artefatos, que atuem direta ou indiretamente nesse domínio da aplicação, foi realizada uma busca na literatura por métodos, técnicas ou modelos de auxílio a análise e definição desse tipo de movimento.

Entretanto, o fato de não ter encontrado nenhuma abordagem ou trabalho correlato sobre a atividade, incentivou o autor a desenvolver um modelo de auxílio a área de projeto de engenharia para analisar e definir de forma apurada e precisa, junto ao especialista da área médica, os movimentos cirúrgicos executados em uma cirurgia. Isto é, buscar através de um processo sistemático e repetitivo, uma análise completa, segura e consistente, em vista do grau de relevância do domínio da aplicação, das reais necessidades que o processo cirúrgico impõe ao sistema ou artefato a ser desenvolvido.

## 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de conduta (baseado nos princípios da Engenharia de Requisitos) para auxiliar a área de projetos de engenharia a analisar e definir, junto ao especialista da área médica, os movimentos cirúrgicos executados em uma cirurgia, além de aplicá-lo na prática em um caso minimamente invasivo.

Especificamente o trabalho se propõe a:

- Apresentar o fundamento teórico da Engenharia de Requisitos (ER), de modo a identificar os pontos críticos relevantes do processo, e dos diferentes tipos de técnicas aplicáveis à fase de eliciação de requisitos;
- Identificar as relações e restrições que o domínio da aplicação pode influenciar no desenvolvimento do modelo proposto;
- Desenvolver um modelo, baseado nos conceitos e pontos críticos do processo da Engenharia de Requisitos, para eliciar, analisar e validar junto ao especialista da área, os requisitos dos movimentos cirúrgicos utilizados em uma cirurgia, levando em consideração as relações e restrições que o domínio de aplicação pode ocasionar no desenvolvimento do mesmo;
- Implementar e aplicar na prática o uso do modelo desenvolvido em uma cirurgia minimamente invasiva, descrevendo e comentando os pontos críticos de cada atividade realizada no seu processo de conduta;
- Discutir e concluir com base na experiência adquirida a proposta do modelo.

## 1.4 CONTRIBUIÇÕES

A proposta de modelo para análise e definição, junto ao especialista da área médica, dos movimentos cirúrgicos executados em uma cirurgia minimamente invasiva, é inovadora, sendo o primeiro modelo que se tem conhecimento na literatura científica da Engenharia de Requisitos para esse tipo de aplicação. Isto é, um processo de conduta de eliciação e comunicação de requisitos em cenário em que o desenvolvedor e o especialista pertencem a diferentes domínios, técnicas e linguagens próprias. Este, por sua vez pode auxiliar a área de projetos a desenvolver sistemas ou artefatos no domínio da aplicação, de forma apurada e

precisa, em vista do fato da conduta ser baseada em um processo sistemático e repetitivo que assegure a consistência e a relevância dos requisitos em estudos.

É também o primeiro trabalho a aplicar na prática a análise de movimentos em uma cirurgia minimamente invasiva, especificamente cirurgia de catarata. O fato de ser o primeiro trabalho abre as portas para inúmeras outras pesquisas diretamente relacionadas ou periféricas.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho de dissertação encontra-se estruturado em seis capítulos:

### **Capítulo 1: Introdução**

É oferecida uma apresentação geral do trabalho, a motivação em desenvolvê-lo, relevância, objetivos propostos e contribuição ao meio acadêmico científico.

### **Capítulo 2: Engenharia de Requisitos (ER)**

Apresenta de forma clara e objetiva os fundamentos teóricos sobre o processo da Engenharia de Requisitos (ER) e as cinco atividades envolvidas na sua conduta: eliciação de requisitos e suas diferentes técnicas, análise e negociação, documentação, validação e, por último, gerenciamento de requisitos.

### **Capítulo 3: Proposta de Modelo para Análise de Movimentos Cirúrgicos Baseado na Engenharia de Requisitos**

Apresenta a proposta de modelo para análise de movimentos cirúrgicos baseado na Engenharia de Requisitos (ER). Descreve o modelo através de seis fases, justificando-as conforme discussões apresentadas.

## **Capítulo 4: Implementação e Aplicação da Proposta do Modelo para Análise de Movimentos Cirúrgicos Baseado na ER**

Apresenta a implementação e aplicação prática do uso do modelo proposto na área oftalmológica, descrevendo os pontos positivos e negativos de cada uma das seis fases de atividades desenvolvida.

## **Capítulo 5: Discussões**

Discute-se alguns pontos relevantes sobre a experiência adquirida na aplicação prática do modelo.

## **Capítulo 6: Conclusões e Trabalhos Futuros**

Conclusões a respeito do trabalho desenvolvido e extensões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

---

### ENGENHARIA DE REQUISITOS (ER)

#### 2.1 INTRODUÇÃO

A Engenharia de Requisitos (ER) vem sendo reconhecida como uma área de pesquisa de extrema relevância para o desenvolvimento de sistemas ou artefatos (produtos), uma vez que as maiores causas de falhas ocorridas em projetos são oriundas das etapas iniciais de desenvolvimento (Sheldon et al, 1992). Isto é, etapas do processo de aquisição e tradução dos objetivos, necessidades ou restrições estabelecidas pelos clientes e/ou usuários do sistema. As conseqüências mais comuns destas falhas podem ir desde a insatisfação do cliente, erros regulares no sistema, aumento de custo da manutenção, entre outros, até mesmo a inviabilidade do seu uso no domínio da aplicação, em vista dos efeitos e conseqüências que podem provocar no mesmo.

Neste capítulo abordam-se de forma clara e objetiva os fundamentos utilizados para minimizar os problemas acima mencionados, através do processo de condução da Engenharia de Requisitos (ER). As definições, terminologias, o conjunto de atividades envolvidas, as várias técnicas que auxiliam a condução, as diferentes formas de análise, os pontos críticos e os meios para contorná-los, os papéis dos indivíduos envolvidos e a forma de interação dos mesmos, entre outros fatores são descritos nas diferentes seções. Uma série de técnicas para o processo de levantamento das necessidades do cliente também são abordadas de modo a proporcionar a compreensão dos conceitos envolvidos nos capítulos posteriores.

## 2.2 ENGENHARIA DE REQUISITOS E O PROCESSO DE CONDUTA

A engenharia de requisitos é a área de pesquisa que procura sistematizar o processo de definição de requisitos. A fim de conduzir o entendimento e a interpretação sobre este processo, definem-se alguns termos importantes e, posteriormente, apresenta-se a sua conduta.

Na literatura são encontradas inúmeras definições sobre requisitos, sendo algumas delas abordadas da seguinte forma:

- i) Uma coleção de sentenças que devem descrever de modo claro, sem ambigüidades, conciso e consistente todos os aspectos significativos de um produto ou sistema. Devem conter informações suficientes para permitir que os desenvolvedores construam um sistema que satisfaça aos clientes, e nada mais (David, 1993);
- ii) “*alguma coisa que o produto ou sistema deva fazer ou uma qualidade que deve ter*”, classificando-os em duas categorias: requisitos funcionais e não-funcionais. Os funcionais estão relacionados com a funcionalidade do sistema ou comportamentos que o sistema deva apresentar diante de certas situações dos usuários, enquanto que os não funcionais estão relacionados com a qualidade, que quantificam determinados aspectos de desempenho, integridade, disponibilidade, segurança e limitação (Robertson, 2006);
- iii) 1. uma condição ou capacidade necessária para o usuário resolver o problema ou atingir um objetivo; 2. uma condição ou capacidade que deve ser atendida ou proposta em um sistema ou componente, que satisfaça um contrato, uma

norma, uma especificação ou um outro documento imposto formalmente; a representação documentada da condição ou capacidade como definido em 1 e 2. (IEEE Std 610.12-1990) (IEEE,1998).

Entretanto, adota-se neste trabalho uma definição simples e sucinta sobre requisito, definida por Macaulay (1996), “*é tudo que o cliente necessita*”.

O termo engenharia (“arte de aplicar os conhecimentos científicos à invenção, aperfeiçoamento ou utilização da técnica industrial em todas as suas determinações”, dicionário Michaelis) nessa área de pesquisa, implica em utilizar um conjunto de técnicas e modelos que tornam sistemáticas e repetitivas a execução dessas tarefas, de modo a garantir que os requisitos do sistema sejam completos, consistentes e relevantes (Kotonya e Sommerville,1998). Desta forma a engenharia de requisitos pode ser definida como conjunto de atividades envolvidas em descobrir, obter, analisar, especificar, documentar, verificar, manter e gerir um documento de requisitos de um sistema (Kotonya e Sommerville,1998).

Na literatura existem várias propostas para modelos de conduta da ER (Pressman, 2005; Jiang, Eberlin e Far, 2005; Kotonya e Sommerville, 1998). Todavia não existe um processo considerado ideal. Neste trabalho adota-se o modelo proposto por Kotonya e Sommerville (1998), que descreve em quatro fases o processo da ER: Eliciação (levantamento), Análise e Negociação, Documentação e Validação de Requisitos. Entretanto, a existência de uma outra fase, denominada de Gerenciamento de Requisitos, que incide paralelamente as demais apresentadas anteriormente, em todo o processo, faz com que o modelo possa ser representado conforme ilustra a figura 2.1. O processo de conduta da Engenharia de Requisitos se repete várias vezes até que o objetivo final seja alcançado, isto é, um documento de requisitos consistente, sem falhas, conflitos e ambigüidades (Macaylay, 1996).

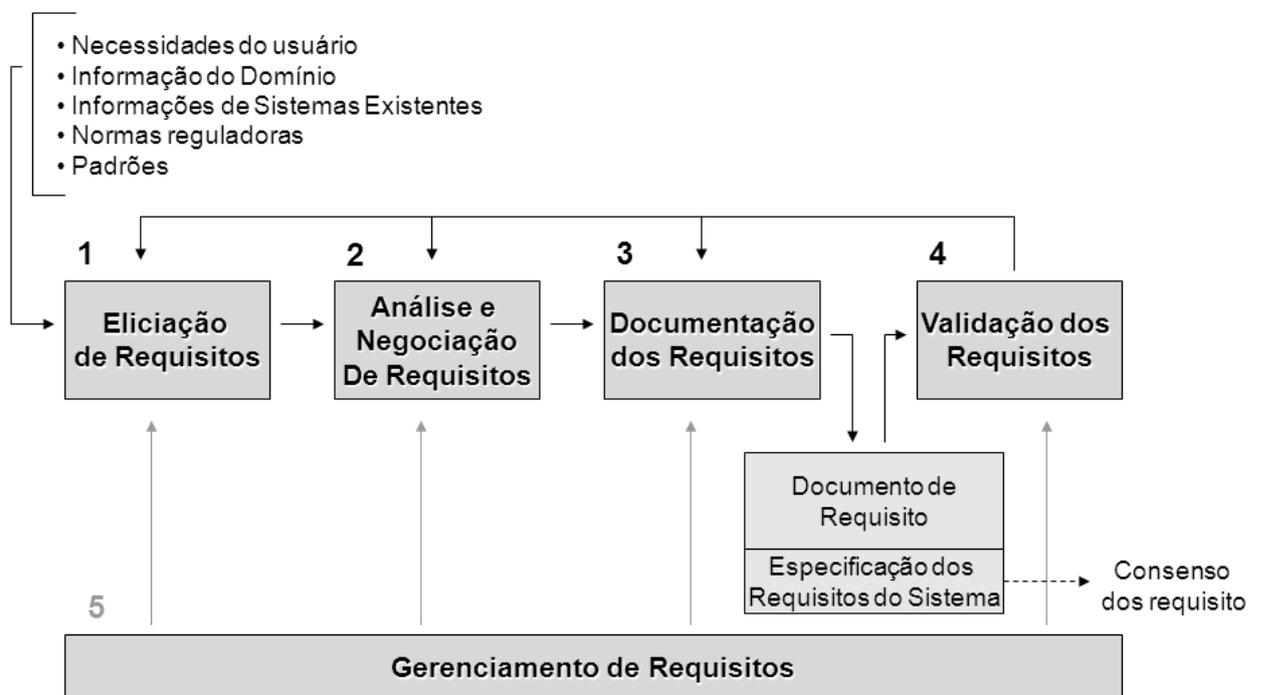


Figura 2.1- Modelo de atividades a nível macro do processo de engenharia de requisitos.

(modificado: Kotonya e Sommerville, 1998)

O processo da ER é baseado na necessidade de desenvolver um sistema ou produto que venha apoiar o(s) especialista(s) (*stackholder*). Estes por sua vez são pessoas ou organizações que serão afetadas pelo sistema e que possuem influencia direta ou indireta, sobre os requisitos do sistema. Nuseibeh e Easterbrook (2000) e Macaylay (1996) afirmam que os especialistas são classificados como: clientes (aqueles que têm interesse financeiro e que são responsáveis em pagar o desenvolvimento), usuários finais (aqueles que interagem com o sistema para efetuar o trabalho) e desenvolvedores (aqueles que têm a responsabilidade de projetar, desenvolver o sistema/produto e introduzi-lo na organização). Entretanto, Alexander e Robertson (2004) vão além desta classificação e propõem um modelo chamado *Onion* que através de zonas (camadas) diferenciam os especialistas de acordo com o seu envolvimento. Desta forma auxilia a modelagem de todos os indivíduos (administradores de operações, marketing, consultores, engenheiros de produtos, suporte e manutenção, auditor,

inspetor de segurança, companhia de advogados, entre outros) responsáveis por ajudar nos requisitos do sistema a ser desenvolvido.

## 2.3 ELICIAÇÃO DE REQUISITOS

A eliciação de requisitos é a primeira fase do ciclo de iterações da conduta da ER. Têm como finalidade aprender e entender os problemas do cliente, as oportunidades, os desejos, as necessidades e os limites do novo sistema a ser projetado para apoiá-los em suas atividades (Nuseibeh e Easterbrook, 2000; Hickey, Davis, e Kaiser, 2003). Segundo Kotonya e Sommerville (1998) esse conjunto de atividades é dividido em 4 fases:

- 1. Compreensão do domínio da aplicação** – atividade na qual se dá o conhecimento geral da área em que o sistema será aplicado;
- 2. Compreensão do problema** – atividade na qual se dá os detalhes específicos do problema do usuário em que o sistema será aplicado;
- 3. Compreensão do negócio** – atividade na qual se dá o entendimento da contribuição do sistema dentro do domínio do negócio e os pontos que afetará nas diferentes partes do domínio do negócio;
- 4. Compreensão da necessidade e restrição do especialista** – atividade na qual se dá o entendimento detalhado das necessidades e restrições específicas do especialista para que posteriormente sejam apoiados pelo próprio sistema.

Goguen e Linde (1993), Hickey e Davis (2002), Robertson (2006) afirmam que essas fases são consideradas, dentro de todo o ciclo da conduta da ER (figura 2.1), como as mais críticas. Este fato dar-se-á por vários motivos, sendo alguns deles: dificuldade do especialista

em descrever seu conhecimento (tácito<sup>1</sup>) sobre o domínio do problema; divergência de pontos de vistas entre os mesmos; fatores políticos, sociais, psicológicos, legais e financeiros (Goguen, 1996); forma dispersa como são encontrados o conhecimento explícito<sup>2</sup>; e a completa dependência da ER no processo de relacionamento, comunicação e transferência de conhecimento entre os especialistas e o desenvolvedor (Beyer e Holtzblatt, 1995).

O baixo desempenho dessas atividades compromete não só a análise, a especificação e documentação de requisitos, como a total ou parcial inviabilização das fases posteriores da engenharia de projetos.

Atualmente existe na literatura uma série de métodos e técnicas com o propósito de auxiliar o processo de eliciação, tais como entrevista, questionário, *brainstorming*, *workshop*, grupo de foco (*focus group*), cenários, protótipos, etnografia, investigação contextual (*contextual inquiry*), técnicas de ficha (*card*), grade de repertório (*repertory grids*) e etc (Goguen e Linde, 1993; Raghavan et al, 1994; Goguen, 1996). Esta quantidade de técnicas deve-se ao fato de que não existe um único método que proponha solução para todos os projetos. (Macaulay ,1996; Roberston ,2006; Kotonya e Sommerville ,1998). Nuseibeh e Easterbrook (2000), Sutcliffe (1997), Hikey e Davis (2003), Olson e Moran (1996) afirmam que a escolha do método ou da técnica vai depender do tipo de informação que se deseja buscar; do tempo e dos recursos disponíveis; do conhecimento geral do domínio da aplicação; da experiência, habilidade e familiaridade do desenvolvedor em relação as técnicas; da natureza da própria técnica; da disponibilidade dos especialistas e da fase em que se encontra no ciclo de iterações na conduta da ER.

Alguns autores (Rudman e Engelbeck, 1996; Sutcliffe, 1997; Jiang et al, 2005) afirmam que o processo da eliciação pode ser mais efetivo com a combinação das técnicas

---

<sup>1</sup> Conhecimentos não codificados os quais não estão transmitidos em documentos escritos. Estão presentes no cérebro de quem trabalha com um processo particular de transformação e geralmente são baseados em experiências e hábitos.

citadas anteriormente, possibilitando uma coleta bastante variada e, conseqüentemente, auxiliando o entendimento na variedade de requisitos que se deseja adquirir.

Não foi encontrado na literatura um senso comum a respeito de uma estrutura de classificação que aborde as diferentes técnicas de eliciação citadas anteriormente. Algumas propostas são encontradas na literatura (Cooke, 1994; Nuseibeh e Easterbrook, 2000; Zhang, 2005; Batista e Carvalho, 2003) e os critérios utilizados são os mais diversos possíveis (semelhanças e diferenças entre as técnicas, tempo gasto e o tipo de informação a ser elicitada, contexto de utilização, quantidade de dados, habilidade exigida, nível de participação, técnicas aplicáveis as diferentes fases da ER e etc). Entretanto, a abordagem utilizada para apresentar as várias técnicas de levantamento de requisitos neste trabalho foi baseada em Zhang (2005). Este as classifica de acordo com o seu meio de comunicação, separando-as em quatro classes: método de conversação (técnicas baseada na comunicação verbal), método observacional (técnicas baseadas na atividade humana de observar), métodos analíticos (técnicas que exploram documentação e o conhecimento do indivíduo experiente) e método sintético (combinação dos métodos de conversação, observação), apresentados nas subseções a seguir.

### **2.3.1 Métodos de Conversação**

#### 2.3.1.1 Entrevista

Entrevista é um dos métodos mais comuns e utilizados no início da eliciação de requisitos (Liou, 1990). Implica no desenvolvedor efetuar perguntas aos especialistas para entender o seu contexto de trabalho, descobrir informações, fatos, opiniões,

---

<sup>2</sup> Conhecimentos codificados, isto é, formal e sistemático, armazenado em livros, manuais, e etc.

levantar expectativas e necessidades (Hickey, Davis e Kaiser, 2003). A participação dos mesmos nesse tipo de técnica é ativa e segundo Goguen e Linde (1992) pode ser classificada em quatro tipos: i – entrevista estruturada, ii – não estruturada (*open-ended*), iii– entrevista semi-estruturada e iv – entrevista em grupo. Os três primeiros tipos estão relacionados com o controle que o entrevistador terá que impor na conversação, enquanto que o quarto, e último, orienta um pequeno grupo, facilitando a discussão de um conjunto específico de tópicos. A escolha entre elas dependerá do tipo e quantidade de informação que se deseja adquirir, baseando-se no contexto do trabalho.

i – entrevista estruturada: uma forma de entrevista formal na qual o desenvolvedor realiza perguntas pré-definidas ao especialista, semelhantes a um questionário, item 2.3.3.2 (Kotonya e Sommerville, 1998). O desenvolvedor planeja e direciona a conversa utilizando as questões como um guia. Preece, Rogers e Sharp (2002) comentam que o desempenho desse tipo de técnica torna-se melhor quando as questões são curtas e claras, conduzindo o especialista a produzir uma resposta mais precisa. O fato das questões serem padronizadas, fechadas, possibilita a entrevista ser realizada entre diferentes especialistas. A técnica exige do desenvolvedor que o mesmo tenha capacidade de análise e comunicação.

A vantagem de utilizá-la está no fato do desenvolvedor interagir diretamente com o especialista, encorajando-o a responder questões e tornando o exercício mais agradável. Segundo Suzane (2006), este se sente mais envolvido no processo. Além disto, a técnica produz saídas estruturadas, fáceis de analisar, de modo a facilitar o planejamento estratégico do desenvolvedor para fases

posteriores.

ii – entrevista não estruturada: tipo de entrevista com questões abertas em que o entrevistado é livre para responder da maneira que desejar, com ou sem detalhes, as perguntas do desenvolvedor. Não existe uma ordem ou seqüência de questões pré-definidas, limites e do rumo da conversa (Kotonya e Sommerville, 1998). Entretanto, o desenvolvedor deve possuir habilidades e treinamento para controlá-la.

A grande vantagem desse tipo de entrevista é a enorme quantidade de dados eliciados. O especialista se sente mais a vontade e menciona fatos que o desenvolvedor não levou em conta e que podem ser explorados posteriormente. Entretanto, se por um lado a técnica permite a geração de grandes quantidades de dados, por outro, os dados não são estruturados, o que exige tempo para organizá-los e um aumento no nível de dificuldade. Percebe-se com isso que a técnica torna-se difícil de ser padronizada e utilizada com outras pessoas que detenham o conhecimento sobre o domínio da aplicação. Essa informalidade ocasiona dificuldades, ineficiência dos resultados, informações com falhas de integração e etc e prejudicam a fase de eliciação dos requisitos. Esse tipo de técnica deve ser utilizada quando o desenvolvedor possui um bom relacionamento ou quer estabelecer uma relação mais próxima com o especialista, conforme trabalho de Beyer e Holtzblatt (1995).

iii – entrevista semi-estruturada: é a combinação de características das entrevistas estruturadas e não estruturadas, utilizando perguntas fechadas ou abertas. Segundo Kotonya e Sommerville (1998) o desenvolvedor pode iniciar a

entrevista com questões pré-definidas e por uma razão qualquer alterar a discussão à forma aberta. Entretanto, o desenvolvedor deve possuir um roteiro para guiar-se de forma a abordar os diferentes tópicos planejados, sem deixar que a entrevista tome um rumo qualquer.

iv – entrevista em grupo: Uma forma de entrevista em grupo é uma técnica denominada grupo de foco (*focus group*) (Goguen e Linde, 1993). Composta por um grupo de especialistas, de três a dez pessoas, discutem, opinam e compartilham experiência sobre diferentes questões levantadas pelo desenvolvedor (mediador da entrevista). O método assume que os indivíduos desenvolvam opiniões dentro de um contexto social, dialogando entre si, e permite que os mesmos colem um número maior de dados. Isto é, amplia o conhecimento em relação ao contexto do trabalho.

A técnica de grupo de foco possui a vantagem de permitir uma interação natural entre os especialistas, diferentemente das entrevistas estruturadas, não estruturadas e semi-estruturadas em que a interação é limitada entre o desenvolvedor e o especialista. A técnica fornece resultados rápidos e uma coleta de informações discutidas perante um grupo de especialistas no assunto. Entretanto o desenvolvedor deve ser habilidoso para orientar e facilitar a discussão, para que não se gaste tempo em questões irrelevantes. Reunir todos os especialistas em um local pode ser um fato limitador na técnica.

Em resumo, os quatro tipos de entrevistas são úteis nas fases iniciais da aquisição de conhecimento porque aprofundam o conhecimento no domínio da aplicação. São úteis para refinar e complementar os requisitos e apontar a

necessidade do desenvolvedor em buscar outros tipos de técnicas que levantem novos requisitos. Por serem baseadas na visão do especialista e possuírem uma interação direta com o mesmo, minimiza o fato de o desenvolvedor buscar por completo todo o conhecimento em livros e manuais sobre seu trabalho, a ser discutido no item 2.3.3.1 (Goguen e Linde, 1993).

Entretanto, a entrevista é uma técnica que consome tempo, uma vez que faz-se necessário deslocar-se até aos especialistas. Tende a ser uma técnica individual, para o caso da entrevista estruturada, não estruturada e semi-estruturada, que apresenta apenas a perspectiva de um participante. O contrário ocorre na entrevista em grupo, quando se deseja perspectiva entre múltiplos indivíduos que detêm o conhecimento do domínio da aplicação.

Kotonya e Sommerville (1998) afirmam que a entrevista é uma técnica de levantamento geral dos requisitos porque o conhecimento adquirido é somente aquele verbalizado. Ou seja, não consegue absorver conhecimentos tácitos e/ou profundo sobre o trabalho. Beyer e Holtzblatt (1995) em seu trabalho comentam que nem sempre o especialista tem habilidades para expressar corretamente o seu trabalho. Acaba generalizando e misturando ações e falando de forma abstrata. Ou seja, o mesmo lembra-se de todos os detalhes de uma determinada tarefa ou evento, mixa-os com muitos outros similares e então discursa sobre eles de forma abstrata como se estivessem reunidos em um só. Acontece também o caso do entrevistado explicar alguma tarefa de uma forma que ele ache ser mais simples, mas não necessariamente da forma que efetivamente acontece. Logo, conclui-se que as descrições verbais são incompletas, abstratas e tendenciosas.

Existe também a questão de que uma parte do conhecimento não possui tradução verbal (Kotony, Sommerville, 1998). Esse fato é amplificado quanto mais sensório

for o domínio de aplicação do sistema a ser desenvolvido. Nesse caso o desenvolvedor precisa desenvolver padrões de reconhecimento visual, tátil ou auditivo de maneira a poder caracterizar o problema e identificar os caminhos de solução possível (Preece, Rogers, Sharp, 2002).

#### 2.3.1.2 Reunião

Reunião é uma técnica que prevê a participação coletiva dos especialistas, de modo a estimulá-los a discutir sobre problemas, ambigüidades, divergências e contradições de informações que por ventura possam ter surgido no processo de levantamento de requisitos. O objetivo é negociar, concordar, concluir, propor elementos de solução e especificar um conjunto preliminar de requisitos com base nas múltiplas visões dos participantes (Pressman, 2005). A reunião também acelera o processo de aquisição dos requisitos e é uma das técnicas efetiva para a negociação de requisitos (seção 2.4). Normalmente é liderada por um gestor que toma as decisões.

Alguns autores acreditam que se deve convocar para participar da reunião pessoas de diferentes culturas e perspectivas, de modo a trazer para o meio diferentes habilidades, conhecimento de domínio e experiência. Entretanto, caso haja uma diferença de hierarquia entre elas, as mesmas podem ficar inibidas no momento de uma discussão/opinião, afetando assim o desempenho da técnica de reunião (Goguen e Linde, 1993).

#### 2.3.1.3 *Workshop*

*Workshop* é uma reunião estruturada que envolve a escolha de múltiplos

especialistas para facilitar o trabalho de definir, criar e refinar requisitos. É facilitada por um mediador, neutro, que através de uma série de atividades pré-planejadas conduz o levantamento e análise de requisitos (Hickey, Davis e Kaiser, 2003) debatidos em grupo. As decisões no workshop são associadas a regras, ou seja, a um “processo de decisão”. A tomada dessas decisões está associada por uma ou mais pessoas, mas não pelo mediador. E diferentemente da técnica de reunião, item 2.3.2.2, *workshop* promove a interação entre todo o grupo através de momentos de descontração como forma de dinamizar, encorajar e promover inovação nas atividades individuais ou em equipe.

Outras técnicas de eliciação também podem ser utilizadas no workshop, tais como: *brainstorming*, CARD, storyboard, e etc, discutidas nesse capítulo.

#### 2.3.1.4 *Brainstorming*

*Brainstorming* (tempestade de idéias) é um método de grupo que desenvolve e explora idéias. Segundo Hickey, Davis e Kaiser (2003) o método funciona da seguinte forma: coloca-se um grupo de especialistas em uma sala para discutir um determinado problema de interesse do desenvolvedor. Introduce-se um estímulo para iniciar a sessão, com uma pergunta, uma afirmação, um cenário (item 2.3.4.1) ou até mesmo uma demonstração de sistemas existentes, encorajando os especialistas a expressar suas idéias sobre a questão em pauta. Desta forma cada um desenvolve sua própria linha de raciocínio ou expande baseando-se nos colegas. Essa iteração de troca de pensamentos em voz alta, mais especificamente falando, a “tempestade de idéias” enriquece e abrange o conhecimento do desenvolvedor sobre o(s) “problema(s)” discutido(s) na sessão. O processo é repetido várias vezes até que a taxa de idéias torne-se baixa. A sessão deve ser gravada de alguma forma para que

após o seu término seja analisado e organizado o conjunto de idéias, nela exposto.

A técnica é eficaz e produtiva porque cada um dos participantes possui uma parte do conhecimento que o desenvolvedor tem interesse em adquirir. Além disto, o espaço aberto permite todo tipo de idéia, seja ela qual for, criando a sensação de participação entre o grupo a respeito do estímulo exposto pelo desenvolvedor (Liou, 1990).

#### 2.3.1.5 Diagrama de Afinidades

Diagrama de afinidades trata-se de uma técnica simples e bastante útil que tem por objetivo identificar, agrupar e analisar informações, tornando-as mais compreensivas. A aplicação é recomendada para organizar uma grande quantidade de informações provenientes das técnicas de observação, etnografia, investigação contextual, *workshop*, *brainstorming*, CARD e etc, discutidas neste capítulo.

A técnica consiste em colocar itens que se relacionam juntos. Utiliza-se para isso, processador de texto, planilha eletrônica, ou até mesmo papel. Quando utilizada em grupo a técnica permite que a organização das informações tenha um senso comum. Funciona da seguinte forma: entregam-se papéis a um grupo de participantes (especialistas) e solicita que os mesmos escrevam um assunto em cada um deles uma nota/tópico que o relaciona. Assim outros participantes podem acrescentar notas semelhantes que tenham afinidade com as existentes. Quando todas as notas forem colocadas e agrupadas, dar-se-á nomes a cada um dos grupos formados. O facilitador, neste caso o desenvolvedor, coordena as atividades, incentivando a participação de todos, esclarecendo dúvidas e auxiliando na estruturação das informações. Cada especialista ao adicionar sua nota no diagrama lê em voz alta para todos e explica o que está colocando naquele grupo de notas, estimulando o grupo a

ouvir, pensar e concordar ou não com o participante. Desta forma a técnica vai explorando os conhecimentos de todos do grupo, facilitando a identificação, análise e agrupamento de requisitos. Pode ser utilizada tanto na fase de eliciação como na análise e negociação.

## 2.3.2 Métodos de Observação

### 2.3.2.1 Observação

A observação é uma técnica que auxilia o desenvolvedor a compreender as reais necessidades do usuário, identificar as limitações, restrições e as tarefas envolvidas na solução do problema (Liou, 1990; Robertson, 2006). Propõe ao desenvolvedor acompanhar o dia a dia das atividades do especialista, diretamente no seu ambiente de trabalho, de maneira a entender o contexto e a natureza em que são realizadas. O uso desta técnica pode ser justificado através do princípio de Beyer (1998) em que: *“qualquer um é bom explicando o que faz, enquanto esta fazendo”*. Desta forma o desenvolvedor deixa de ter uma visão idealista do processo (proporcionada por outros estilos de técnicas - entrevista), além de expandir suas opiniões e suposições iniciais sobre os requisitos.

Segundo Robertson (2006) a observação pode ser realizada de duas formas: direta e indireta. A primeira está relacionada com a presença do observador no ambiente de trabalho do usuário/especialista, focalizando a atenção em áreas específicas e de interesse; e a segunda, indireta, na qual as atividades são gravadas por meios de vídeos, sem a presença do observador. Além disto, existem dois tipos de envolvimento em seu uso (Atkinson e Hammersley, 1994): espectador, em que o

observador acompanha apenas o trabalho, apresentado nessa subseção, e o participante, na qual o observador participa das atividades com o especialista a fim de aprender o que fazer, como e por que, discutido na subseção seguinte, 2.3.2.2. Esse tipo de observação participativa é considerado um sinônimo de etnografia, segundo Atkinson e Hammersley, 1994.

Existem algumas ferramentas básicas que auxiliam o desenvolvedor nos registros da técnica de observação. A primeira delas refere-se a anotação. Bastante flexível, de fácil manuseio e simples para a coleta de dados. O registro das anotações é realizado em papel no momento que se observa a tarefa do usuário/especialista. Entretanto, seu uso é exaustivo, uma vez que os números de anotações são grandes, e difíceis porque o observador tem que efetuar duas atividades ao mesmo tempo: observar e anotar. Isto ocasiona perda de informações importantes para a eliciação de requisitos.

Uma segunda ferramenta que também auxilia o registro dos requisitos é o uso de gravações de áudio. Entretanto, a mesma falha por não conter registro visual. Outra alternativa é a própria gravação em vídeos, mencionada anteriormente. É a forma mais invasiva de todas. Capturar tanto os dados visuais quanto os de áudios. Desta forma, o desenvolvedor pode voltar a analisar as cenas e eliciar requisitos que não foram observados em primeiro instante. O problema do seu uso está no fato de que o registro de informações fica limitado apenas no foco da câmera. Além disto, pode ser bastante oneroso analisar horas de informações gravadas (Robertson, 2006). Fotografias e desenhos também podem auxiliar o desenvolvedor a registrar as observações.

As vantagens da técnica de observação estão no fato de poder eliciar requisitos que nem sempre o especialista consegue verbalizar, isto é, conhecimentos tácitos.

Gera um conjunto de informações ricas em detalhes e fornece um subsídio para a aplicação das demais técnicas de eliciação. Beyer e Holtzblatt (1995) afirmam que é também a melhor forma de criar empatia/aproximação com os usuários, ou seja, uma das melhores maneiras de se proceder para se obter o levantamento de requisitos.

Erikson e Simon (1985) comentam que a técnica de observação não permite o desenvolvedor saber o que o especialista está pensando no momento da execução da atividade. Propuseram então uma solução para este problema, desenvolvendo uma técnica denominada de “em voz alta” (*think-aloud*), no qual as pessoas falam em voz alta tudo que estiver pensando e tentando fazer naquele momento. Os autores acreditam que desta forma o processo de raciocínio é exteriorizado.

Outros fatos que proporcionam desvantagem a essa técnica também podem ser citados: o número de informações adquiridas é grande, não estruturadas e difíceis de interpretar. A presença do desenvolvedor no trabalho do especialista também pode inibir ou influenciar no seu comportamento. Além disso, a técnica impõe que sejam disponibilizadas um número maior de horas/dia para ser executada.

#### 2.3.2.2 Etnografia

A etnografia é uma técnica oriunda da antropologia (Atkinson e Hammersley, 1994; Somerville et al, 1992). É mais profunda do que a observação, uma vez que tem como meta estudar minuciosamente os detalhes das atividades executadas pelos especialistas em seu ambiente de trabalho. Para atingir tal objetivo o observador se torna um elemento participante dessa própria atividade, a fim de aprender o que fazer, como e por que fazer. O desenvolvedor adquire experiências, aprende as convenções sociais do grupo, incluindo crenças e protocolos, códigos de vestir, convenções de comunicações, linguagem e comunicação não-verbal. Isto é,

compreende a cultura do ponto de vista das pessoas que vivem nela. A diferença desta técnica para as demais é que não se impõe nenhuma estrutura de interpretação para os dados adquiridos. Ao em vez disso a pesquisa é orientada no fluxo de informações que ocorre nas anotações, reuniões, gravações, figuras, análises e questões, de maneira a procurar padrões de comportamento em várias situações e entre os diversos especialistas.

A abordagem da interpretação na etnografia é aberta e exige do desenvolvedor manter-se acessível para todo tipo de informação adquirida na observação. Permite múltiplas interpretações da realidade. Normalmente as fases de eliciação e análise de requisitos acontecem simultaneamente.

Esse tipo de técnica resulta em grandes quantidades de anotações, gravações de áudio e vídeo, bem como uma coleção de material sobre o estudo. Exige conhecimento da cultura dos usuários, requerendo um período de tempo longo a depender da natureza e complexidade do sistema a ser desenvolvido. Além disto, existem também dois grandes questionamentos no uso desta técnica. O primeiro está relacionado a dificuldade de adaptá-la em ciclos curtos de levantamento/análise de requisitos e como representar a informação coletada. Rose et al (1995) propuseram um conjunto de diretrizes a fim de orientar o uso da técnica na conduta da ER.

O segundo refere-se ao número de horas (tempo) em que se deve observar o processo. Segundo Preece et al (2002), a observação deve parar no momento em que não se está aprendendo mais nada, ou quando se começa a verificar padrões semelhantes do comportamento sendo repetidos, ou quando já ouviu os principais grupos de especialista e os mesmos entenderam as expectativas.

Entretanto, a vantagem de se utilizar esse tipo de técnica está no fato do desenvolvedor abranger um conhecimento profundo e uma percepção extra sobre os

aspectos sutis na natureza social do ambiente de trabalho, expressas através da linguagem e da cultura do próprio especialista, capturando os conhecimentos tácitos mais sutis envolvidos.

### 2.3.2.3 Análise de Protocolo

Análise de protocolo é uma técnica que consiste em analisar o trabalho de uma determinada pessoa através da verbalização (Goguen e Linde, 1993). Isto é, quando o especialista está executando alguma tarefa, o desenvolvedor solicita que a descreva e comente no ato da execução o que está pensando para solucioná-la. Esse tipo de abordagem evita que o mesmo discorra de forma abstrata sobre as suas ações. O processo deve ser gravado e transcrito. Posteriormente, a análise é baseada em cima dessas transcrições. Estas descrevem as ações e razões específicas de como o detentor do conhecimento pensa completamente e fala sobre seu processo de tomada de decisão. Ou seja, a proposta da técnica é estabelecer uma racionalidade no processo de modo que seja produzido um modelo estruturado com base no conhecimento do especialista.

A análise de protocolo pode acontecer de duas formas. Na primeira, a gravação das ações e a verbalizações ocorrem simultaneamente, enquanto que na segunda, as ações são gravadas e posteriormente verbalizadas. Esta segunda opção é frequentemente utilizada quando se percebe que a verbalização interferiu no desempenho da tarefa do especialista.

A vantagem da técnica de análise de protocolo está no fato de que existe a possibilidade de eliciar requisitos não facilmente observáveis; envolve uma pequena interação entre o desenvolvedor e o especialista; e diferentemente de outras técnicas: *“o que se diz é completamente diferente do que se faz”*. Entretanto, sua desvantagem

está no fato de que a técnica força o participante a verbalizar as suas ações.

### **2.3.3 Métodos Analíticos**

#### **2.3.3.1 Estudo de Documentos**

Estudo de documentos pode ser considerado a base para início do processo de eliciação de requisitos. Prover ao desenvolvedor o conhecimento “mínimo” do domínio de trabalho. Oferece uma riqueza de informações escritas, denominada de conhecimentos explícitos, a discernir sobre os requisitos potenciais, compreender melhor as atividades/procedimentos e necessidades dos especialistas, adquirirem o vocabulário (jargões técnicos) usado pelos mesmos, aprender sobre as regulamentações, padrões e etc. Esse tipo de conhecimento é encontrado em livros, manuais, mapas, base de dados, diagramas, entre outros.

A técnica não exige envolvimento do especialista, e por essa razão não está apta a auxiliar o desenvolvedor a adquirir requisitos baseados em hábitos, experiências e até mesmo aqueles que não possuem uma explicação plausível (Beyer e Holtzblatt, 1995). Logo, não deve ser utilizada como única fonte. Existe também o fato de se ter um limite para ler e compreender as informações, em um determinado período de tempo.

Entretanto, a técnica baseada em estudo de documentos ajuda o desenvolvedor a utilizar a técnica de entrevista, item 2.3.1.1, de um ponto mais adiantado, uma vez que está familiarizado com os termos técnicos e um conhecimento “prévio” do trabalho, mencionado anteriormente.

### 2.3.3.2 Questionário

Trata-se de uma técnica que utiliza uma série de questões esquematizadas para obter informações específicas dos especialistas. Essas questões exigem esforços e habilidade para assegurar que sejam claras e ordena um conhecimento prévio do desenvolvedor a cerca do trabalho. As respostas podem ser diferenciadas e caracterizadas: curtas (sim/não), ou um conjunto de respostas pré-estabelecidas, outras que solicitam comentários ou uma resposta mais longa (Kendall, et al, 1988). Entretanto, a padronização nas respostas e o contato indireto com os envolvidos não permitem que o desenvolvedor absorva os conhecimentos tácitos, importantes para descobrir a real necessidade do especialista. A técnica permite que seja utilizada sozinha ou conjuntamente com outros métodos, a fim de abordar os requisitos mais profundos.

A grande vantagem do seu uso é a utilização de tratamentos estatísticos das respostas obtidas após o seu emprego, por causa da padronização tanto das perguntas, quanto das respostas. Ou seja, fornece uma idéia bem definida de como certos aspectos sobre determinados assuntos são percebidos por um número grande de pessoas. Diferentemente das outras técnicas, pode alcançar um grande número de pessoas envolvidas no processo de levantamento de requisitos, porque podem ser administradas à distância. Devido a tecnologia, o questionário também pode ser aplicado tanto em formato eletrônico (e-mail), como através de *website*.

A desvantagem do uso do questionário se dá pelo fato da técnica ser inflexível (Kendall, et al, 1988), quando comparada a técnica de entrevista, item 2.3.1.1. Isto ocorre porque as questões estão elaboradas no papel e não podem sofrer alterações em seu rumo, no momento do emprego. Faz-se necessário ter-se um planejamento adequado a cerca das informações a serem eliciadas de acordo com o contexto

desejado. Outra desvantagem refere-se ao fato de que o questionário pode consumir um determinado tempo para ser preenchido. Nessas horas deve-se levar em consideração o público alvo, ou seja, as classes de especialistas que vão ser abordadas. Alguns deles podem não dispor de tempo e outras acharem que um novo sistema não é necessário para ser desenvolvido, uma vez que o mesmo resolve os problemas sem a “nova tecnologia” (Kotonya e Sommerville, 1998).

#### 2.3.3.3 Reutilização de Requisitos

A reutilização de requisitos consiste em uma técnica que utiliza requisitos que foram desenvolvidos em uma análise anterior para usá-los em sistemas diferentes. Pode ser considerada uma das formas mais confiável e correta de se obter requisitos (Fook e Abdelouahab, 2001) Os requisitos em reuso podem relacionar-se conforme o domínio de aplicação, o estilo de apresentação da informação e até mesmo refletirem as políticas da organização, tais como segurança.

A vantagem do seu uso deve-se ao fato de poder economizar tempo e esforço, pois os requisitos já foram previamente analisados, validados e implementados anteriormente. Entretanto, possui como desvantagem o fato de ser difícil de promover reutilização sem modificação.

#### 2.3.3.4 Grades de Repertório

Grades de repertório é uma técnica adaptada da teoria psicológica da cognição humana, teoria pessoal dos construtos (personal constructs theory – PTC) que visa adquirir percepções das atividades do especialista através do mapeamento do domínio do problema. (Niu e Easterbrook, 2006). A proposta da técnica é evitar a

influência e/ou interferência do conhecimento do desenvolvedor sobre o processo de eliciação e análise dos requisitos (Fransella e Bannister, 1997).

Basicamente a técnica consiste em três passos (Hudlicka, 1996). Primeiro, uma série de conceitos relacionados a tarefa do especialista deve ser selecionado. Segundo, através de uma entrevista estruturada apresenta-se a lista (em grupos de três) ao participante e solicita-o que compare, listando similaridades e diferenças que possam pensar quando considerados aos pares. Isto é, escolher de cada grupo de três, dois conceitos similares e um como diferente, explicando e justificando a razão. Ao final, terceiro passo, avalia-se cada entidade ao longo de cada atributo, atribuindo um valor correspondente, previamente definido, que mede o quanto cada elemento se aproxima de um oposto ao outro. O resultado final é uma matriz que relaciona cada elemento (coluna) e seus construtos (elementos a serem julgados, na linha) através de medidas de similaridade, como mostra a figura 2.2.

		ELEMENTOS					
		<i>José</i>	<i>Juan</i>	<i>Ana</i>	<i>Rosa</i>	<i>Luis</i>	
CONSTRUTOS	<i>Honesto</i>	2	4	2	1	1	<i>Deshonesto</i>
	<i>Generoso</i>	2	4	3	2	1	<i>Tacaño</i>
	<i>Simple</i>	4	3	2	3	4	<i>Complejo</i>
	<i>Atrevido</i>	1	2	4	3	4	<i>Prudente</i>
	<i>Motivado</i>	1	2	4	3	4	<i>Desmotivado</i>

Figura 2.2. Exemplo de uso da técnica de grade de repertório (uma pessoa analisando a característica de seus conhecidos, fonte: Baixauli et al, 2005)

Esse processo reforça o conhecimento que o especialista tem sobre o problema, revelando as relações e as estruturas que podem existir entre as tarefas, tais como um relacionamento causal. Ou seja, permite que seja desenvolvido um mapeamento conceitual do domínio do problema. Algumas ferramentas ajudam no processo de

análise tais como FOCUS (apud Niu e Easterbrook, 2006).

A técnica é útil para extrair requisitos subjetivos, mais há um número de dificuldades associadas em seu uso: pode haver um grande número de comparações a serem feitas e pode não ser fácil identificar as similaridades que diferenciam os elementos (Liou, 1990).

#### 2.3.3.5 CARD

CARD (Análise Colaborativa de Requisitos e Projeto) é uma técnica participativa de eliciação de requisitos que se utiliza de jogos de cartas ou figuras para explorar, analisar e redesenhar o fluxo de tarefas de um dado sistema. Segundo Muller (2001) sua aplicação é expressa da seguinte forma: um grupo possui em mãos um conjunto de cartões e cada cartão contém um molde para o usuário descrever as atividades ou a componente de uma atividade do sistema. O molde pergunta questões cuja resposta deve descrever a atividade. Os participantes da sessão usam os cartões para expressar a seqüência de atividades, explicando não somente o que é feito, mas o porquê é feito, adicionando comentários e interpretações para ajudar as pessoas a entenderem a natureza do trabalho e seu contexto. Caso sejam necessários os participantes podem criar novos cartões durante a sessão.

A técnica consiste em um tipo de *storyboard* (item 2.3.4.4), apresentando de forma macroscópica o fluxo de tarefas e pode ser utilizada durante uma sessão de *brainstorming* e *workshop*. Suas principais vantagens estão relacionadas a: fácil condução e baixo custo; compreensão de como os especialistas provavelmente agruparão as atividades (itens), identificação atividades que poderiam ser difíceis para o desenvolvedor categorizar e posicionar de forma semelhante a do especialista, além das terminologias.

## 2.3.4 Métodos Sintéticos

### 2.3.4.1 Cenário

Cenário consiste em uma técnica de “descrição narrativa informal” acerca das atividades ou tarefas do usuário, seqüências de ações e eventos, a fim de explorar e discutir o contexto, as necessidades e os requisitos para o novo sistema (Carroll, 2000; Fodemski e Ray, 1995). O objetivo é desenvolver um contexto que descreva a interação do especialista com o “novo sistema”, através de vocabulário e expressões do seu próprio conhecimento, facilitando o entendimento e a sua participação na concepção. Assim, o mesmo pode apontar falhas, conceber comentários, indicar ambigüidades, demonstrar seus comportamentos perante um determinado tipo de entrada ou situação operacional (Kotonya e Sommerville, 1998) e até mesmo sugerir novos eventos ou interações que sejam mais adequadas ao seu trabalho. Em resumo, proporcionar a sensação do que o sistema fará pelo usuário/especialista. Pode também ser utilizado com outras técnicas, tais como workshop (item 2.3.1.3) e entrevistas (item 2.3.1.1), auxiliando na discussão e entendimento dos objetivos.

Go e Carroll (2003) afirmam que cenários também podem ser expressos de formas diferentes da descrição narrativa informal, descrita anteriormente. São elas *storyboards*, representação de diagramas, fluxo de eventos, protótipos (item 2.3.4.3), modelos de vídeo e etc. Desta forma consegue-se coletar diferentes tipos de informações sobre o sistema em diferentes níveis de detalhes.

A técnica de cenário ajuda a estabelecer um conjunto de requisitos. Alguns autores (Leite et al 1997; Sutcliffe e Ryan, 1998; Haumer et al, 1998; Rolland et al 1998) utilizam esse artifício para usá-la não somente na fase de levantamento de

requisitos, mas na fase de validação, isto é, na última fase do ciclo da ER.

Segundo Kotonya e Sommerville (1998) a vantagem de se utilizar cenário é minimizar o tempo entre a escrita e a validação dos requisitos, além de detectar e solucionar ambigüidades no início do processo de eliciação. Ou seja, possui um ciclo de resposta curta em relação as outras técnicas. Além disto, considera o ponto de vista do usuário/especialista utilizador. É de fácil entendimento, uma vez que a linguagem utilizada é natural e está dentro do vocabulário do especialista. Entretanto existem autores (Gervasi e Zowghi, 2005; Li et al 2004). que afirmam que esta linguagem é passiva de ambigüidades.

A desvantagem vai depender da complexidade do sistema que vai exigir um número maior ou menor de cenários a serem representados (Kotonya e Sommerville ,1998), os diferentes pontos de vista de cada especialista a cerca do problema, a tendência do mesmo esquecer passos menos comuns, falta de padronização nas notações utilizadas, dificultando a integração no processo da ER.

#### 2.3.4.2 JAD

A técnica JAD (*Joint Application Development*) foi desenvolvida em 1977 pela IBM e promove a cooperação e compreensão entre usuários e desenvolvedores através de uma dinâmica de grupo estruturada (com o uso de *workshop* e não de entrevistas) e com recursos visuais. O propósito geral desta abordagem é fazer com que os desenvolvedores auxiliem os usuários a formularem o problema e a explorarem as próprias soluções para o desenvolvimento do novo sistema, estimulando a troca de idéias entre o grupo, promovendo um comprometimento maior, e proporcionando um sentimento intenso na participação no desenvolvimento do sistema.

Para que aconteça essa transferência espontânea e estruturada do conhecimento na sessão, quatro princípios básicos devem ser seguidos: dinâmica de grupo, despertando a força e a criatividade para determinar os objetivos e requisitos do sistema; recursos audiovisuais, para tornar o projeto do sistema mais palpável, além de permitir uma comunicação entendida pelos participantes; manutenção do processo organizado e racional, em que se aplicam atividades extremamente definidas, determinando um caminho a ser seguido desde o início até o fim (análise *top-down*); e utilização de documentação padrão, um documento produzido de forma clara e completa, registrando-se os resultados do processo para que os analistas (desenvolvedores) e usuários (especialistas) entendam as decisões tomadas.

Segundo Raghavan et al (1994) existem seis tipos de participantes no JAD, sendo: o líder, responsável em mediar a sessão; o analista, responsável em produzir os documentos da sessão JAD; o patrocinador executivo, responsável pela autoridade suprema sobre a área funcional que o sistema abrangerá; os representantes do usuário, indivíduos que irão trabalhar com o sistema; os representantes do sistema de informação, pessoas que possuem familiaridade com as potencialidades do sistema de informação e ajudam os usuários a compreenderem o que é ou não praticável no novo sistema; e o especialista, pessoa responsável em fornecer informações detalhadas.

A técnica pode ser utilizada para eliciar, analisar e negociar os requisitos. As vantagens de utilizá-la é que a JAD promove o espírito de cooperação, entendimento e trabalho em equipe. As informações produzidas são baseadas no consenso do grupo que ajuda a análise dos requisitos, na criação de interfaces e definições das informações. Ou seja, todos compartilham das dificuldades, fracasso ou glórias do sistema em desenvolvimento. Além disto, quando comparada ao processo tradicional

de levantamento de requisitos, a técnica JAD destaca-se por ter poucas reuniões estruturadas, porém com resultados mais produtivos. O processo de comunicação também é mais rápido e efetivo

Entretanto, esta exige um intenso comprometimento dos desenvolvedores e usuários para que o processo seja eficaz. A não participação das pessoas que desempenham os papéis chaves no processo, pessoas não comprometidas com o sistema e com os objetivos, e o número reduzido ou excessivo de participantes prejudica todo o trabalho.

#### 2.3.4.3 Protótipo

Protótipo é uma das técnicas que pode ser utilizada em diferentes momentos das interações do ciclo de conduta da ER (fase de eliciação, análise e validação) (Kotonya e Sommerville ,1998; Nuseibeh e Easterbrook, 2000). Implica em produzir uma versão limitada do projeto do sistema ou produto com o intuito de facilitar a comunicação e discutir com os especialistas as questões específicas sobre os requisitos. É também uma maneira de testar a viabilidade técnica de uma idéia, esclarecer requisitos vagos, adquirir novos requisitos, demonstrar o funcionamento de conceito, realizar testes com usuário/especialista, avaliar e verificar se os mesmos estão coerentes com as suas necessidades (Hickey, Davis e Kaiser, 2003).

São classificados de duas maneiras (Rudd et al, 1996):

a ) baixa fidelidade: protótipos simples, baratos e de rápida produção que podem ser utilizados nas fases iniciais do processo de conduta da ER. Vão desde um esboço de papel de uma ou um conjunto de telas, uma simulação em vídeo de uma tarefa, uma maquete tridimensional de papel ou cartolina, um *storyboard* e etc. Normalmente utilizados para explorar idéias, avaliar múltiplos conceitos e

encorajar na mudança nos requisitos. Por esse motivo são ditos flexíveis, diferentemente dos protótipos que possuem um custo elevado de produção. Sua vantagem está em obter uma rápida resposta, além de demonstrar o funcionamento dos conceitos. Entretanto a verificação de erros é limitada, especificação pobre e etc.

b ) alta fidelidade: protótipos mais complexos em que são utilizadas matérias que espera-se no produto final, além de ter um acabamento melhor. Possui uma funcionalidade completa, totalmente interativa, podem ser utilizados para testes, além de serem até ferramenta de venda e marketing. Entretanto o desenvolvimento é caro, sua criação demanda tempo, e não serve para a coleta de requisitos, ou seja, tem a finalidade de ser utilizada na fase de validação.

Marc Rettig (1994) argumenta que os projetos devem utilizar com maior frequência, protótipo de baixa-fidelidade por causa dos problemas inerentes a prototipação de alta fidelidade (alto custo), uma vez que os desenvolvedores relutam em mudar algo no qual trabalharam artesanalmente por horas, além de elevar demais as expectativas. Hartfield e Winograd (1996) propõem esse uso através de técnicas de cenário e *storyboard*, respectivamente apresentadas na subseção 2.3.4.1 e 2.3.4.4, como uma oportunidade de simular uma interação com o produto.

A vantagem de se utilizar protótipos na eliciação de requisitos está no fato de que desde o início do processo já existe uma busca constante por falhas. Falhas estas que através da comunicação verbal não são facilmente identificáveis. Entretanto, Sutcliffe (1997) afirma que o seu uso não é tão eficiente, mas que quando combinadas com outras técnicas auxiliam bastante no processo de conduta da eliciação de requisitos.

#### 2.3.4.4 *Storyboards*

A técnica de *storyboard* consiste em uma série de desenhos (telas esboçadas ou uma série de cenas - similar a uma “história em quadrinhos”) com objetivo de mostrar ao usuário/especialista como ele poderá desempenhar determinada tarefa utilizando o novo sistema ainda em fase de desenvolvimento (Truong et al, 2006). O objetivo dessa técnica é motivá-los a discutirem, opinarem e até mesmo sugerirem sobre a funcionalidade do sistema. A técnica ajuda na simulação das ações do usuário, porém a resposta torna-se um pouco mais difícil de ser simulada. Para auxiliar nesse tipo de problema pode-se utilizar o cenário como descrição narrativa (item 2.3.4.1)

#### 2.3.4.5 Investigação Contextual

Investigação contextual é a combinação do uso das técnicas de observação (item 2.3.2.1) e entrevista (item 2.3.1.1). Auxilia o desenvolvedor a adquirir, compreender e analisar os requisitos eliciados com base na observação dos usuários/especialistas sobre um sistema em uso ou em desenvolvimento, no próprio ambiente de trabalho em que as tarefas são realizadas. Esse tipo de técnica pode ser utilizado tanto nas fases iniciais de eliciação, quanto na fase de análise dos requisitos.

A técnica baseia-se em quatro princípios: contexto, enfatizando a importância de ser realizada a técnica no local de trabalho do especialista; parceria, em que o entendimento é desenvolvido mediante a cooperação; interpretação, no qual as observações interpretadas devem ser desenvolvidas mediante a cooperação entre usuário e desenvolvedor; e foco, estabelecendo um guia de entrevista.

A vantagem do uso desta técnica refere-se ao fato de que a entrevista é intensa e

focada na atividade do usuário, isto é, não exige uma visão tão ampla do ambiente de trabalho, podendo durar cerca de algumas horas. O desenvolvedor observa e questiona o comportamento do especialista no momento em que as atividades estão sendo realizadas através de uma entrevista não-estruturada em que o mesmo guia-o. Não se põe no papel do observador participante (etnografia) e tem sempre a intenção de observar para projetar um sistema ou produto, diferentemente da técnica de etnografia que não contém uma intenção particular a ser seguida e sim estudada

## 2.4 ANÁLISE E NEGOCIAÇÃO DE REQUISITOS

As atividades conduzidas no contexto de análise e negociação normalmente são intercaladas a fase de eliciação dos requisitos. Esta tem por objetivo solucionar problemas relacionados a requisitos conflitantes (provenientes de diversas percepções do mesmo problema, ocasionado por diferentes pontos de vista de especialistas), ambíguos, coincidentes, contraditórios e inconsistentes (situação nas quais duas descrições não obedecem nenhuma relação que deveria ser verificada entre elas) (Nuseibeh e Easterbrook, 1999). Beyer e Holtzblatt (1995) afirmam também que nesta fase é necessário verificar se esses problemas não estão influenciados pelo foco do desenvolvedor, isto é, se o mesmo encontra-se coerente com o contexto de necessidade do cliente e se não está limitado ou até mesmo seduzido a ignorar a experiência do próprio especialista. Como forma de solucioná-los, o desenvolvedor em conjunto com o mesmo discute, prioriza e negocia tais requisitos, até que se obtenha um acordo entre as partes, com possíveis modificações ou simplificações de forma a não comprometer as necessidades do cliente/especialista (Kotonya e Sommerville ,1998). A proposta desta fase é desenvolver o primeiro esboço de um documento de requisitos que seja o mais consistente e completo possível.

Na literatura científica são encontradas inúmeras técnicas que ajudam a fase de análise dos requisitos (Hickey, Davis e Kaiser, 2003). Estas envolvem desde a criação, representação e análise por gráficos (UML – *Unified Modeling Language*, Redes de Petri, FSM - Máquinas de Estado Finito, *data flow diagrams*, e etc), representação textual (cenários, entre outras) ou soluções para aumentar a comunicação e fornecer percepções do próprio problema ou da própria solução (JAD, protótipo, e etc). Entretanto, todas elas vão depender da experiência do desenvolvedor e do contexto do problema em análise.

Na negociação, fase em que se discute, prioriza e desenvolve um consentimento de requisitos em conjunto com os especialistas, nem sempre os desenvolvedores possuem o discernimento de quais os requisitos são os mais importantes para o cliente, e nem o próprio cliente tem condições de julgar o custo e as dificuldades técnicas associadas a cada requisito em específico. Desta forma também pode-se utilizar de métodos que determinam o grau de importância desses requisitos. Um método bastante conhecido na literatura é o QFD (*Quality Function Deployment*) (Herzwurm et al, 2003). Este possibilita a construção de matrizes que comparam os requisitos funcionais com outros, adotando uma taxa de importância, mas sem explicitamente identificar objetivos do especialista. (Nuseibeh e Easterbrook, 2000; Linda, 1996). Entretanto, Kotonya e Sommerville (1998) afirmam que a fase de negociação de requisitos é fortemente influenciada por questões organizacionais, políticas e até mesmo necessidades pessoais dos indivíduos.

## 2.5 DOCUMENTAÇÃO

Documentação é a fase posterior a análise e negociação de requisitos. Tem como proposta documentar em um nível apropriado o detalhamento dos requisitos aprovados. Segundo Sodhi (2003) um bom documento de requisitos deve ser claro, sem ambigüidades, completo, correto, consistente, viável e conciso. Em geral, deve constar de uma linguagem que seja compreensiva por aqueles envolvidos no processo de ER a fim de esclarecer o domínio de aplicação e o entendimento sobre o escopo do sistema a ser desenvolvido.

Documento de requisitos é um documento formal que descreve os serviços e funções que o sistema deverá prover, propriedades gerais, definições de outros sistemas com o qual deverá interagir, limitações sobre os quais o sistema deverá operar, informações sobre o domínio da aplicação, limitação nos processos usados para desenvolver o sistema e etc. Kotonya e Sommerville (1998) afirmam que o melhor meio de desenvolver esse documento é através da linguagem natural, compreendida por todos. Entretanto, esse tipo de linguagem pode favorecer múltiplas interpretações (Gervasi e Zowghi, 2005; Li et al 2004). Na literatura são encontradas alternativas para contornar esse tipo de problema. Leite et al (1993) em seu trabalho restringe e define precisamente o vocabulário a ser utilizado nas especificações dos requisitos.

Outro fato também que dificulta a compreensão dos registros nesse documento é o grande volume de informações contidas no mesmo. Segundo alguns autores (Kotonya e Sommerville 1998; Peter et al, 2001) uma forma de maximizar a compreensão dessas informações seria através do uso de diagramas, um conjunto de modelos gráficos, uma coleção de cenários e equações. O resultado obtido nessa fase do ciclo da ER também pode ser utilizado para outros fins, tais como: servir de base para sistemas ou produtos subsequentes; processo e mudança de controle, rastreamento e gerenciamento de requisitos ao

longo da evolução do sistema; acordo entre cliente e desenvolvedor sobre o que será desenvolvido; além de dar suporte a verificação, validação e gerenciamento de requisitos, itens abordados nas sessões seguintes

## 2.6 VALIDAÇÃO DE REQUISITOS

A validação é a fase da ER que consiste em verificar e confirmar se o documento de requisitos proposto na fase anterior, de fato, contempla as necessidades do cliente. Similarmente a fase de análise e negociação, apresentada no item 2.4, a validação tem por objetivo buscar a falta de consistência, omissão, ambigüidade e conformidade nos requisitos (Pressman, 2005). Entretanto, a diferença está no fato de que uma fase lida com os requisitos no estado primitivo, descritos de forma incompleta e não estruturada, enquanto que a outra lida com a versão final de um documento, em que os requisitos encontram-se formalizados e detalhados em sua descrição. Sua importância dar-se-á visto que alterar requisitos consolidados em fases posteriores de projeto pode ocasionar custos mais elevados e, conseqüentemente, ter que refazer o trabalho que se julgava concluído, segundo Kotonya e Sommerville (1998).

O grande desafio da fase de validação é demonstrar que a especificação dos requisitos do sistema está correta. Para isto, encontram-se na literatura algumas técnicas de apoio, abordadas sucintamente neste trabalho (Kotonya e Sommerville,1998). A primeira delas refere-se as revisões de requisitos, uma das técnicas amplamente utilizadas. Consiste em um grupo de pessoas responsáveis em ler, analisar e buscar possíveis falhas encontradas na consistência das especificações. Estas por sua vez são discutidas em conjunto com os especialistas para que haja um consenso a cerca das ações a serem tomadas para solucionar o problema. Essa técnica utiliza procedimentos formais, como exemplo uma reunião

estruturada, item 2.3.1.2, em que se produz uma ata com os registros dos erros levantados, discussões e ações a serem tomadas. Entretanto, esse procedimento envolve um gasto/hora excessivo. Uma pré-revisão pode ser adotada para maximizar o tempo da reunião, padronizando o documento com antecedência de acordo com as regras da organização, corrigindo erros de escritas e etc.

A validação por protótipo é também uma técnica que auxilia na fase de validação. Através de um protótipo de alta-fidelidade, apresentado no item 2.3.4.3, os especialistas adquirem as idéias do uso prático do sistema em desenvolvimento. O grande número de funcionalidades auxilia a validação dos requisitos. Entretanto, sua desvantagem está no fato do protótipo de alta fidelidade possuir um custo elevado.

Outra técnica utilizada é denominada de teste de requisito, em que cada requisito funcional que compõe o documento de requisito deve ser analisado e testado. O objetivo é verificar se o mesmo satisfaz as exigências do sistema. Entretanto, o propósito do teste é validar o requisito e não o sistema. Cada teste deve ser composto por uma ficha com a descrição dos seguintes itens: identificação do requisito; requisitos relacionados; descrição do teste; problemas do teste; comentários e recomendações. A técnica de cenário, item 2.3.4.1, pode ser utilizada para sua elaboração.

Por fim, a última técnica a ser apresentada é a validação por modelos<sup>3</sup>. É desenvolvida com base nas anotações adquiridas do processo a fim de criar modelos. Entretanto, deve-se demonstrar que cada modelo é consistente, que contém todas as informações necessárias e que não possuem conflitos; demonstrar que cada modelo reflete exatamente os requisitos reais dos especialistas, parte difícil da validação; e, caso haja a existência de diversos modelos, que eles sejam consistentes interna e externamente.

---

<sup>3</sup> Processo que determina em que grau um modelo é exatamente representado nas perspectivas do mundo real e as pretensões do seu uso (Instituto da Aeronáutica e Astronáutica, 1998).

## 2.7 GERENCIAMENTO DE REQUISITOS

Gerenciamento de requisito é a fase da conduta da ER que tem como objetivo não só a habilidade de escrever os requisitos, mas também fazê-lo de forma que seja controlada, rastreada e gerenciada quaisquer eventuais mudanças que possam ocorrer ao longo de todo o processo de desenvolvimento do sistema (Nuseibeh e Easterbrook, 2000). Essas atividades ocorrem paralelamente as demais fases do processo de conduta da ER, como ilustra a figura 2.1.

A sua importância dar-se-á pelo fato de que os requisitos possuem uma natureza instável, isto é, volátil, que se modifica a todo e qualquer instante dentro do processo de conduta da ER. Tais fatores que levam a essa mudança estão associados a aquisição de novos conhecimentos, correção ou ajustes de requisitos incorretos ou mal definidos, diferentes pontos de vistas (causa dos requisitos contraditórios), o próprio amadurecimento das idéias sobre o sistema, do entendimento dos especialistas, dos próprios desenvolvedores em quererem adicionar funcionalidades mais avançadas de modo a oferecer vantagens, das mudanças de legislação, ampliação da abordagem do trabalho, mudança do ambiente, imposição daqueles que tem o poder de decisão, evolução tecnológica e etc. Por esse fato a mudança deve ser acompanhada para garantir que todos os artefatos, por uma alteração de requisitos, sejam corrigidos.

Para manter a consistência na troca de requisitos utiliza-se um processo formal, em fases, no qual primeiro se analisa o problema existente nos requisitos originais e propõem-se alterações. Em seguida, através de políticas de rastreamento definidas, avalia-se o impacto na alteração do sistema, e posteriormente implementa-o no documento de requisitos. Tais políticas envolvem a forma nas quais as informações rastreadas devem ser coletadas. Segundo

Kotonya e Sommerville (1998) um requisito é rastreável no momento em que é possível descobrir quem o sugeriu, isto é, a fonte, qual a importância da sua existência (razões), quais os outros requisitos que estão relacionados ao mesmo, e como o próprio relaciona-se com informações do desenho do sistema, implementação e documentação. Algumas ferramentas “automatizadas” são encontradas no mercado e ajudam a equipe de desenvolvedores a realizar essa tarefa – RequisitePRO (Rational, 2006) e CaliberRM (CaliberRM, 2005).

## CAPÍTULO 3

---

# PROPOSTA DE MODELO PARA ANÁLISE DE MOVIMENTOS CIRÚRGICOS BASEADO NA ENGENHARIA DE REQUISITOS

### 3.1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com o advento do procedimento cirúrgico minimamente invasivo, o grau de interesse pelo desenvolvimento de sistemas ou artefatos que auxiliem o médico especialista, vem crescendo na comunidade científica. Entretanto, devido ao grau de relevância do domínio de aplicação, foi verificada a necessidade de se definir, junto ao especialista da área, meios de análise e discussão das reais exigências que os movimentos cirúrgicos impõem ao sistema ou artefato a ser desenvolvido.

O interesse por uma abordagem sistemática com definições clara, precisa e apurada desse estudo, levou a busca e o apoio pelo uso da Engenharia de Requisitos (ER). Foi adequada em função do domínio da aplicação, com o intuito de se obter e definir os requisitos do domínio do conhecimento através das técnicas existentes na literatura.

Neste capítulo é apresentado o modelo desenvolvido, cujo princípio é eliciar, analisar, negociar e validar junto ao especialista da área médica os movimentos cirúrgicos que o mesmo executa em uma cirurgia. São descritas e discutidas as seis fases proposta para o modelo, em cada seção do mesmo.

### 3.2 MODELO PROPOSTO

A proposta de modelo desenvolvida nesta dissertação teve como base para sua formação duas premissas. A primeira relaciona-se com as dificuldades encontradas no próprio uso do processo de conduta da Engenharia de Requisitos (ER). A segunda baseia-se nas restrições e relações que o domínio da aplicação influencia sobre o processo. Ou seja, como desenvolver um modelo que minimize os problemas inerentes ao próprio processo, além de adaptá-lo e utilizá-lo em uma área de pesquisa totalmente avessa ao domínio de conhecimento da engenharia. Para isso, alguns pontos críticos foram levantados, baseando-se nas duas premissas mencionadas anteriormente. Buscas na literatura também foram realizadas a fim de encontrar soluções ou alternativas para a resolução dos mesmos e são apresentadas a seguir.

O primeiro ponto crítico a ser mencionado, refere-se a própria dependência da relação, comunicação e transferência de conhecimento entre os especialistas e o desenvolvedor ao qual o processo de conduta da Engenharia de Requisitos (ER) é submetido. A falta de algum desses prejudica a aquisição dos chamados conhecimentos tácitos. Na literatura a solução encontrada para minimizar tal problema refere-se a utilização de técnicas que desenvolvam uma relação de aproximação maior com o especialista. Entretanto, quando se relaciona os conhecimentos tácitos ao domínio de aplicação proposto, verifica-se que existe uma categoria de conhecimentos que estão relacionados ao domínio sensorial do mesmo. Isto é, conhecimentos baseados na informação tátil, visual e auditiva dos mesmos, utilizados em quase toda aplicação cirúrgica. Esses requisitos são considerados um dos mais difíceis de serem registrados e verbalizados, tornando o processo da conduta da ER mais problemático.

Alguns autores (Preece, Rogers, Sharp, 2002) afirmam que na existência de um domínio sensorial, faz-se necessário desenvolver padrões para o reconhecimento do problema de forma a caracterizá-lo e identificar caminhos de possíveis soluções. Entretanto, não foram

encontrados na literatura métodos, técnicas e discussões sobre a resolução de tal fato, sendo necessário desenvolver meios para a aquisição do mesmo.

O segundo ponto crítico refere-se ao fato de que mesmo o desenvolvedor sendo de uma área correlata a do trabalho do especialista, o processo de conduta da ER é árduo e intenso. Caso as áreas de atuação se distanciem bruscamente, como é o caso deste trabalho, o nível de dificuldade aumenta de forma exponencial porque a falta de conhecimento do domínio da aplicação cria empecilhos no processo de relação, comunicação e transferência de conhecimento entre o especialista e o desenvolvedor, por causa da diferença de linguagem (vocabulário). Como não foram encontrados trabalhos correlatos na literatura, a estratégia adotada para contornar tal problema foi desenvolver o modelo não em uma estrutura de interpretações de dados fornecida pela Engenharia de Requisitos (ER). Ao invés disto, utilizar-se do fluxo de informações do domínio de aplicação adquirido, para verificar qual o melhor meio ou forma que o processo da ER pode ser adaptado para executar suas tarefas sistemáticas e repetitivas, de modo a atingir o proposto objetivo.

O terceiro e último ponto crítico a ser mencionado, refere-se a influência que o domínio de aplicação exerce sobre o processo de conduta. Ou seja, o quanto o modelo será adaptado as restrições do domínio da aplicação. A primeira delas refere-se ao estilo de técnica utilizado para negociar e validar requisitos, que é afetada diretamente pela indisponibilidade<sup>4</sup> do especialista, isto é, falta de tempo. Na literatura encontram-se citações sobre esses tipos de caso (Kotonya e Sommerville, 1998). Entretanto não se comenta como contornar o problema. As técnicas apresentadas no item 2.6 deixam claras que sua execução demanda tempo, inviabilizando o uso. Desta forma, verifica-se que para desenvolver as fases de negociação e validação faz-se necessário utilizar-se de métodos simples, objetivos e rápidos. Ou seja,

---

<sup>4</sup> A indisponibilidade está associada a quantidade de atividades que o especialista possui. No caso do domínio da aplicação as mesmas estão relacionadas ao número de cirurgias realizadas em centros cirúrgicos, reuniões e atividades particulares em consultórios.

desenvolver algo que consiga traduzir os requisitos em uma forma de linguagem interpretativa, semelhante a utilizada pelo especialista no dia a dia do seu trabalho, sem que haja perdas nesse processo de tradução. Seja aplicada de forma rápida, efetiva e produtiva de forma a atingir o proposto objetivo. Maiores detalhes serão discutidos na subseção 3.2.5.

Com base nas discussões acima descritas, apresenta-se a proposta de modelo desenvolvida para eliciar, analisar, negociar e validar junto ao especialista da área do domínio de aplicação, os movimentos cirúrgicos desenvolvidos pelo mesmo. O modelo consta de seis fases, baseada no processo da ER apresentada no capítulo 2, como mostra a figura 3.1.

Nas subseções a seguir são apresentadas e justificadas cada uma das seqüências de atividades do modelo.

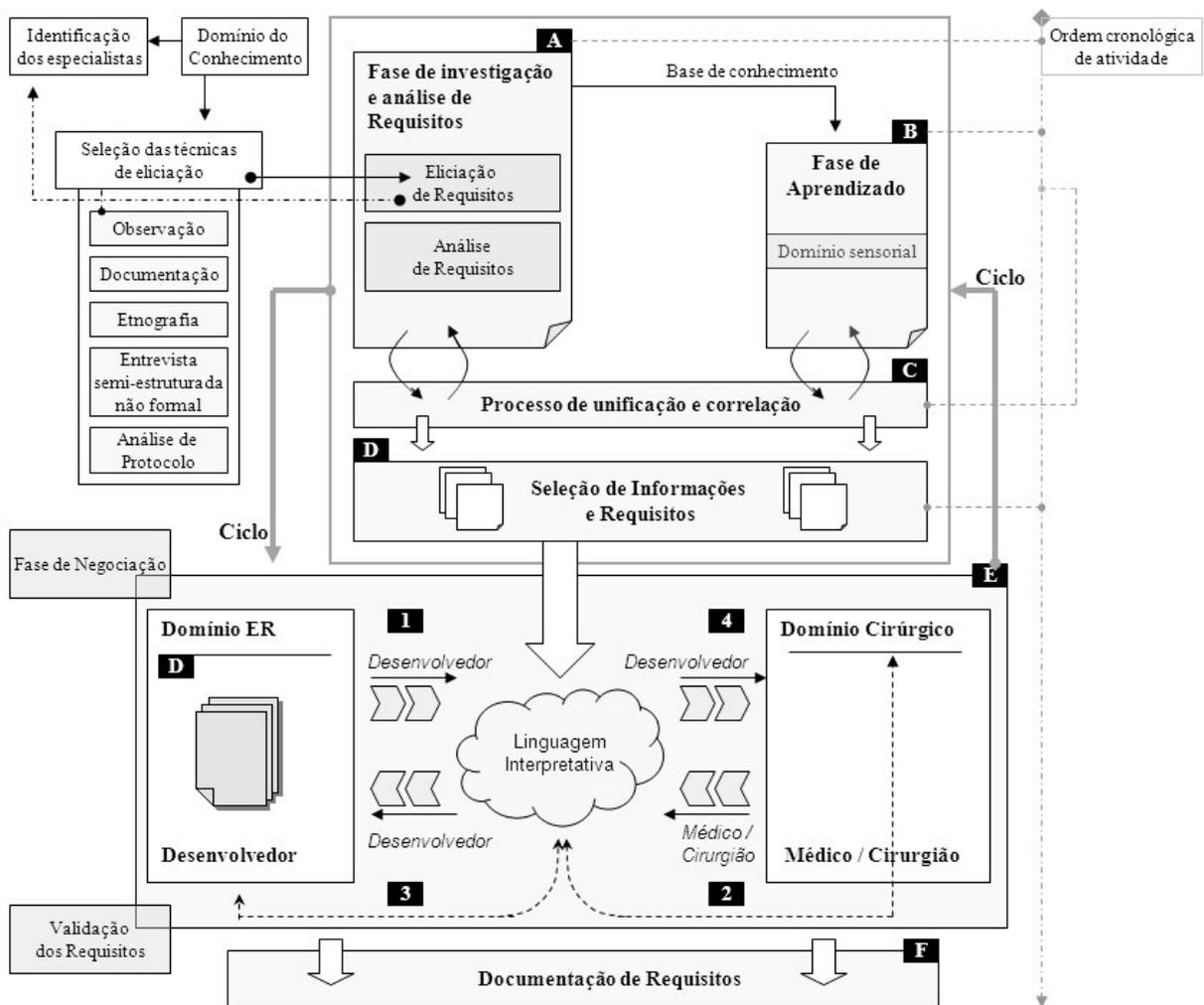


Figura 3.1. Modelo de conduta proposto.

### 3.2.1 Fase de Investigação e Análise de Requisitos – (A)

A investigação e análise de requisitos (A) é a primeira fase do modelo a ser realizada. Possui as mesmas características e atividades do processo de Engenharia de Requisitos (ER) descrito no capítulo 2, com exceção da fase de negociação que é separada da fase de análise de requisitos. Esta por sua vez é transferida para a fase (E) do modelo (figura 3.1) devido a sua característica, apresentada ao longo deste capítulo.

A finalidade da primeira fase assemelha-se ao mesmo conjunto de atividades descrito por Kotonya e Sommerville (1998) (compreensão do domínio da aplicação, do problema, do negócio e das necessidades e restrições do especialista), apresentadas no capítulo anterior. Estas por sua vez, têm o propósito geral de compreender as necessidades do cliente de forma a apoiá-lo em suas atividades com o desenvolvimento de um novo sistema.

O processo sugerido neste trabalho de dissertação adapta-se a este objetivo. Entretanto, a diferença está no fato de que todo o processo de conduta é exclusivamente focado na análise do contexto dos movimentos cirúrgicos usados no domínio da aplicação e, não em um sistema como um todo, que poderia ser desenvolvido para apoiar o cliente. Este fato dar-se-á pelo grau de importância que tais movimentos apresentam quando comparados com a totalidade do sistema. Ou seja, um erro proveniente nessa análise inviabiliza todo o projeto. Por esta razão dar-se-á a devida importância no desenvolver de um modelo específico somente para analisar tal proposta.

Nesta fase, realiza-se também a identificação dos especialistas. Uma etapa extremamente fácil de ser realizada, em vista do contexto reduzido em que o modelo é proposto. Isto é, todos aqueles que detêm o conhecimento total ou parcial sobre o domínio de análise.

Em relação às técnicas de eliciação abordadas para o contexto, define-se o uso básico de cinco técnicas (observação, etnografia, análise de protocolo, documentação e entrevista

semi-estruturada - não formal), que foram escolhidas segundo os pontos críticos levantados e discutidos no início deste capítulo (item 3.2), apresentados de forma resumida na tabela 3.1.

Conforme a tabela 3.1, nenhuma das técnicas mencionadas neste trabalho satisfazem a discussão sobre o desenvolvimento do domínio sensorial, ponto crítico analisado para a proposta do modelo. Entretanto, a solução adotada para a resolução deste problema é discutida no item a seguir, fase (B) do modelo, denominada de Fase de Aprendizado.

Tabela 3.1 - Características das técnicas e pontos críticos discutidos para o modelo proposto.

	Técnicas	Características das técnicas	Pontos críticos discutidos para o modelo proposto
Método de Observação	Observação	<ul style="list-style-type: none"> <li>acompanhamento do dia a dia das atividades do especialista, diretamente no seu ambiente de trabalho, de maneira a entender o contexto e a natureza das atividades em que são realizadas, expandindo a visão, as opiniões e suposições sobre o domínio da aplicação;</li> <li>permite eliciar requisitos em que o especialista não consegue verbalizar;</li> <li>desenvolve empatia/aproximação com os especialistas;</li> <li>gera um conjunto de informações ricas em detalhes;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>técnicas ou meios que desenvolvam a transferência de conhecimento e criem relação de aproximação entre o especialista e o desenvolvedor;</li> <li>minimizar o problema da falta de conhecimento do desenvolvedor sobre o domínio da aplicação;</li> <li>dificuldades na aquisição dos conhecimentos tácitos;</li> <li>diferença brusca no uso de linguagem entre especialista e desenvolvedor, isto é, jargões técnicos;</li> <li>uso de técnicas que não imponham estrutura de interpretações de dados e sim utilize-se do fluxo do domínio da aplicação para estabelecer padrões de comportamentos entre as várias situações e especialistas;</li> <li>técnicas ou meios que desenvolvam domínio sensorial tátil, visual e auditivo;</li> </ul>
	Etnografia	<ul style="list-style-type: none"> <li>estimula a participação de atividades com o especialista a fim de aprender o que, como e por que fazer;</li> <li>estuda minuciosamente os detalhes das atividades executadas pelos especialistas em seu ambiente de trabalho;</li> <li>permite adquirir experiências, aprender as convenções sociais do grupo, incluindo crenças e protocolos, códigos de vestir, convenções de comunicações, linguagem e comunicação não-verbal;</li> <li>não impõe nenhuma estrutura de interpretação dos dados adquiridos, ou seja, procura orientar-se através do fluxo de informações que ocorre nas observações;</li> <li>abrange conhecimento profundo e uma percepção extra sobre os aspectos sutis na natureza social do ambiente de trabalho, além de capturar conhecimentos tácitos sutis envolvidos;</li> </ul>	
	Análise de Protocolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>possibilidade de eliciar requisitos não facilmente observáveis;</li> <li>envolve pequena interação entre desenvolvedor e especialista;</li> <li>técnica em que o especialista descreve seu trabalho no momento em que o está realizando;</li> </ul>	
Método de Conversação	Entrevista semi-estruturada não formal	<ul style="list-style-type: none"> <li>especialista se sente mais a vontade em mencionar coisas que o desenvolvedor não levou em conta e que podem ser exploradas posteriormente;</li> <li>auxilia o desenvolvedor a questionar atividades que não foram compreendidas;</li> <li>auxilia na aquisição de conhecimentos;</li> </ul>	
Método Analítico	Documento	<ul style="list-style-type: none"> <li>provê ao desenvolvedor o conhecimento mínimo do domínio de trabalho;</li> <li>auxilia o desenvolvedor a obter conhecimento do trabalho, adquirir o vocabulário (jargões técnicos), aprender sobre as regulamentações, padrões e etc.</li> <li>auxilia o desenvolvedor a questionar conhecimentos explícitos;</li> </ul>	

### 3.2.2 Fase de Aprendizado – (B)

O maior problema do processo de aquisição dos requisitos dar-se-á pela tradução de conhecimentos que não possuem verbalização. Estes por sua vez podem estar relacionados ao domínio sensorial do especialista, isto é, o tátil, o visual e auditivo, os quais são encontrados nesse domínio da aplicação. Na literatura não foram encontradas técnicas que auxiliassem a solução desse problema. Entretanto, alguns autores (Preece, Rogers, Sharp, 2002) afirmam que nesse caso é necessário desenvolver padrões para o reconhecimento desse domínio sensorial, caracterizando e identificando caminhos possíveis para a sua solução. Baseando-se neste fato, procurou-se dentro do domínio da aplicação identificar os meios e processos de aprendizado do especialista e foi verificado que os mesmos assemelham-se de forma geral ao domínio cirúrgico. O acompanhamento ao vivo de especialistas mais experientes realizando a aplicação, análise de vídeos, aulas práticas e expositivas, treinamento em laboratórios, em cadáver, animais e cobaia são exemplos desses meios.

Em vista do fato apresentado, propõe-se para esta fase (Fase de Aprendizado – B), utilizar-se de um dos meios citados acima para adquirir o domínio de conhecimento desejado. Entretanto, devido ao contexto em que o desenvolvedor se encontra e suas limitações, acredita-se que o treinamento laboratorial seja o meio mais adequado para estabelecer o conhecimento de todos os domínios sensoriais (visão, tátil e audição) sobre o a aplicação. Desta forma, aprofunda-se nas atividades do especialista para compreender as reais sutilezas de sua realização.

De acordo com a ordem cronológica de atividades apresentadas no modelo proposto, figura 3.1, a fase de aprendizado (B) não inicia simultaneamente com a atividade de investigação e análise de requisitos (A). Este fato dar-se-á uma vez que a atividade (B) exige uma base de conhecimento prévia sobre os procedimentos, hábitos e cultura dos especialistas.

Entretanto, a mesma deve ser realizada de forma paralela a fase (A), pois ao mesmo tempo em que se adquire informações e/ou requisitos sobre o domínio da aplicação, os mesmos podem ser analisados, avaliados e testados na prática laboratorial. O objetivo é investigar novos requisitos, desenvolver análise crítica sobre os mesmos e obter maturidade sobre o domínio da aplicação de forma a discuti-los com o especialista.

Três observações sobre a atividade proposta podem ser discutidas. A primeira refere-se ao fato do tempo de utilização. Acredita-se que deve ser realizada até o dado momento em que o desenvolvedor não estiver adquirindo mais conhecimento ou que as informações e/ou requisitos estiverem se repetindo (conceito baseado nos métodos observacionais, descrito no capítulo 2 deste trabalho). Além disto, a quantidade de dados gerados neste processo amplifica as informações obtidas da fase (A) o que torna necessária uma atividade para organizá-las de forma compreensível, discutida na seção seguinte.

A segunda, refere-se as características do desenvolvedor, isto é, o mesmo precisa estar acessível para todo tipo de informação que será adquirida, estar preparado psicologicamente para adquirir os conhecimentos de uma área de aplicação totalmente diferente da sua formação, estar disposto a apurar seus domínios sensoriais, ter vontade em se aprofundar no domínio da aplicação e adaptar-se ao conhecimento da cultura e hábitos dos especialistas, o que pode ser uma tarefa difícil de ser realizada. O terceiro e último fato que também deve chamar a atenção para a proposta desta fase, refere-se ao tempo que o especialista precisa disponibilizar para orientar o desenvolvedor nos procedimentos laboratoriais e ensiná-lo a forma correta dos movimentos e utilização dos instrumentos. Fato este a ser considerado uma vez que nem sempre o mesmo pode estar disponível para tal atividade.

### 3.2.3 Processo de Unificação e Correlação – (C)

O processo de unificação e correlação, fase (C), é uma atividade que ocorre simultaneamente as fases (A) e (B). Tem como proposta correlacionar e unificar as informações e/ou requisitos adquiridos e posteriormente organizá-las e agrupá-las de modo compreensível. Para o proposto processo pode-se utilizar algumas ferramentas de auxílio, tais como: processadores de textos, planilhas eletrônicas ou fichários.

O processo de unificação baseia-se no grande volume de informações que os métodos observacionais desenvolvem e que estão correlacionadas com a investigação dos novos requisitos, proporcionados pelo domínio sensorial (B). Isto é, tem o objetivo de unificar as dados que foram adquiridos na fase (A) e na fase (B), correlacionando-os de modo a conceber informações mais abrangentes sobre o contexto da análise.

Posteriormente, o desenvolvimento dessas informações, isto é, uma abordagem mais ampla e profunda dos dados que representam os requisitos, separa-as e agrupa-as em categorias conforme o fluxo de informações do processo. Entretanto, propõe-se no modelo não impor nenhuma estrutura de fluxo pré-estabelecida, uma vez que o desenvolvedor encontra-se em aquisição do conhecimento do domínio da aplicação. Ou seja, não detém todo o conhecimento da aplicação para julgar uma estrutura adequada. Cabe ao desenvolvedor primeiramente aprendê-la, observando seu comportamento, para posteriormente propor uma estrutura e discuti-la com o especialista, caso seja necessário.

Caso o processo de correlação e unificação, fase (C) não seja realizado de forma periódica, entre as fases (A) e (B), fatalmente ocorrerá um acúmulo de informações desestruturadas que dificultará não só processo de seleção de informações e requisitos, fase (D), como o andamento do processo de conduta do modelo proposto.

### 3.2.4 Fase de Seleção de Informações e Requisitos – (D)

A fase (D) é a fase de seleção de informações e requisitos para o primeiro esboço do documento de requisitos e baseia-se no volume de dados organizado e estruturado de forma compreensível, disponibilizado pela fase de unificação e correlação (C). Muito dos dados contidos nas planilhas eletrônicas, arquivos de texto ou fichários contém um grande número de informações e/ou requisitos que se estende ao contexto da análise proposta (influencia das atividades (A) e (B)). Desta forma, faz-se necessário selecionar o conjunto de dados e/ou requisitos de interesse para o registro do esboço do documento de requisitos, atividade proposta nesta fase, que será a base para a realização da atividade (E) – Fase de Negociação e Validação.

Conforme pesquisa na literatura da área da ER existem vários meios para o processo de negociação e validação dos requisitos, mencionadas no capítulo 2 deste trabalho. Entretanto, o uso dessas técnicas demanda tempo para sua realização, fato a ser considerado em vista da indisponibilidade do especialista, isto é, o mesmo possui inúmeras atividades que o comprometem no domínio da aplicação.

Em vista do fato discutido acima, surge o questionamento de como levar ao especialista o esboço do documento de requisitos para ser discutido, negociado e até mesmo validado, em um ciclo, de forma prática, objetiva e rápida. Isto é, como apresentar um grande volume de requisitos em um período de tempo curto, sem que haja perda na produtividade da atividade a ser executado (fase – E), item a ser discutido a seguir.

### 3.2.5 Ciclo de Negociação e Validação – (E)

O ciclo de negociação e validação é de fato a fase onde acontece a realização de uma reunião formal com o especialista para apresentar e discutir os resultados do trabalho em desenvolvimento. Um ciclo que executa as atividades mencionadas até que os requisitos propostos estejam corretos e confirmados, isto é, validados, podendo assim ser disponibilizados em um documento final.

No item anterior, fase (D), foi apresentada uma discussão a respeito da forma prática, objetiva e rápida de levar os requisitos ao especialista para que os mesmos possam realizar as atividades da fase (E) em um período de tempo curto e sem prejudicar sua produtividade. A solução adotada para tal fato baseia-se na forma de análise que o ser humano utiliza para desenvolver suas tarefas no dia a dia do seu trabalho. Isto é, através do domínio sensorial (visão, outros domínios também podem existir: tátil e audição) o especialista capta a imagem, identifica e analisa o problema, com base nos seus conhecimentos, e em seguida, através da comunicação verbal expõe a solução, em um período de tempo curto (minutos ou até mesmo segundos).

Visando atuar nesse tipo de fundamento, a proposta é utilizar uma linguagem interpretativa (utilizando do domínio sensorial da visão do especialista), que transcreva os requisitos do domínio da engenharia para o domínio da aplicação, ou vice-versa, sem que haja perdas de informações no processo de tradução. Isto é, estimulá-lo a validar de forma rápida e eficiente o maior número possível de requisitos. Para isto, utiliza-se dos conceitos da computação gráfica, em específico a realidade virtual, para desenvolver um ambiente tridimensional, não imersivo, do órgão em estudo em conjunto com os movimentos dos instrumentos cirúrgicos (base para aplicação dos requisitos). Ou seja, traduzir tudo o que está no domínio da engenharia para o domínio da aplicação, de forma simples, rápida e ágil, fazendo com que o especialista visualize todos os requisitos delineados no processo de

conduta, de forma indireta e no domínio da sua linguagem.

Uma representação gráfica sobre as atividades que a linguagem representativa envolve é ilustrada na figura 3.2 e descrita a seguir:

- a) (1) – atividade destinada a transcrever o domínio do requisito para o domínio da aplicação. Esta transcrição é realizada através do desenvolvimento de um modelo tridimensional do órgão em estudo e dos movimentos dos instrumentos cirúrgicos dentro do mesmo;
- b) (2) – atividade na qual o especialista no domínio da aplicação analisa, negocia e confirma se o que está representado do ambiente está correto ou não. Ou seja, se as especificações dos requisitos apresentados de forma indireta na linguagem do especialista, atendem as necessidades do processo ou não;
- c) (3) – atividade em que o desenvolvedor captura as informações transmitidas pelo especialista e interpreta-as para o domínio da Engenharia de Requisitos;
- d) (4) – atividade na qual o desenvolvedor pode arriscar-se a inferir no domínio da aplicação, isto é, propor mudanças e/ou inovações. Entretanto, o mesmo é dependente da aprovação ou não do especialista (atividade (2)), uma vez que ele é o detentor do conhecimento sobre o domínio da aplicação.

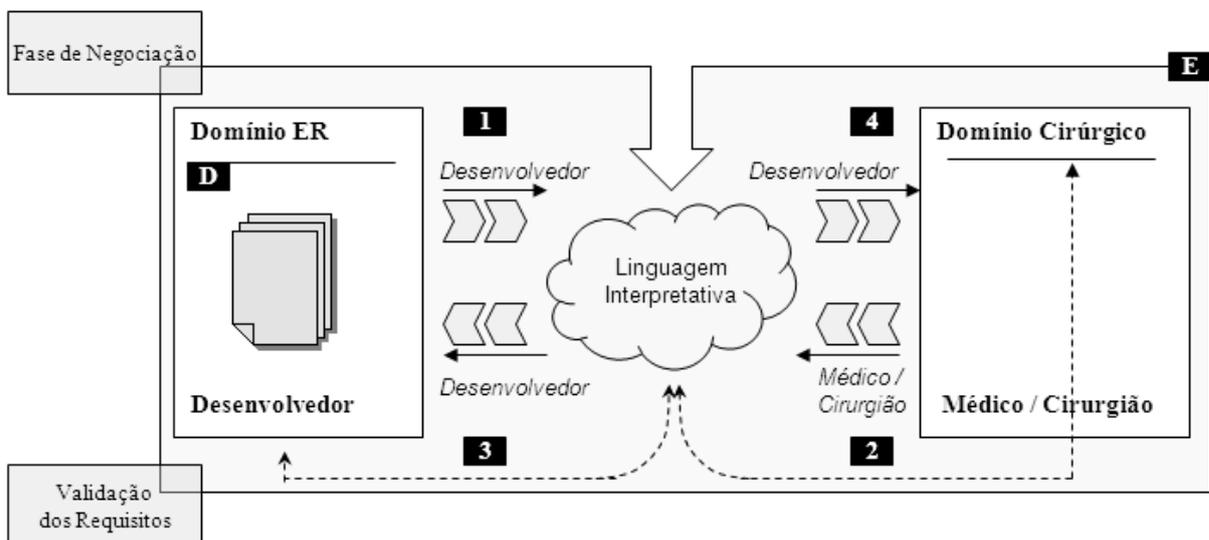


Figura 3.2. Representação gráfica das atividades da linguagem representativa.

O termino desta fase (E) acontece no momento em que não existe mais nenhuma alteração a ser desenvolvida nos requisitos. Isto é, quando os mesmos estão coerentes do ponto de vista do especialista e podem ser formalizados em um documento final, próxima fase a ser discutida (F). Esta forma de representação permite que o especialista valide um grande volume de requisitos em um período de tempo curto, uma vez que se encontra na sua linguagem usual do dia a dia do trabalho. Além disto, proporciona que ambos os lados, a engenharia e o domínio de aplicação, entendam completamente os resultados obtidos. Esta fase é completamente dependente do desenvolvedor que participou diretamente das atividades (A) e (B) do processo de conduta, pois é o responsável por traduzir os jargões técnicos do domínio da aplicação para o domínio da engenharia. Sem esta participação, a mesma torna-se difícil de ser realizada.

### 3.2.6 Documentação de Requisitos – (F)

O documento de requisitos é a ultima fase do modelo proposto. É o resultado dos requisitos aprovados pelo especialista no domínio da aplicação. Isto é, um documento claro, completo, correto, consistente, viável e conciso.

Na literatura, autores afirmam que a linguagem a ser utilizada nesse documento deve ser entendida por todos aqueles envolvidos no processo. Neste caso, em específico, uma linguagem natural com jargões técnicos do domínio de aplicação. A linguagem mencionada é passível de múltiplas interpretações, discutida anteriormente no capítulo 2. Em vista deste problema e do domínio de aplicação do modelo, propõe-se utilizar de representações gráficas, matemáticas e etc, para formalizar os requisitos no domínio da engenharia. Isto é, eliminar quaisquer problemas que por ventura possam ser ocasionados pela linguagem natural, além de disponibilizar um documento formal passível de entendimento para ambas as áreas de aplicação.

O documento de requisitos também deve descrever as propriedades gerais, informações sobre o domínio de aplicação, delimitações, o foco do estudo, e etc. O mesmo pode servir também para as aplicações subseqüentes, rastreamento de requisitos, gerenciamento, entre outros, que não serão abordados neste trabalho de dissertação.

### 3.3 RESUMO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada e discutida uma proposta de um modelo (baseado nos conceitos da Engenharia de Requisitos), cujo princípio é eliciar, analisar, negociar e validar junto ao especialista da área médica os movimentos cirúrgicos que o mesmo utiliza em uma cirurgia. Isto é, delinear suas necessidades para que a mesma possa ser executada ou auxiliada por um sistema que venha a ser desenvolvido para tal propósito.

Teve como base para sua formulação duas premissas, nas quais se relacionaram as dificuldades encontradas no próprio uso do processo de conduta da Engenharia de Requisitos (ER) e nas restrições e relações que o domínio de aplicação influencia sobre o processo. Alguns pontos críticos foram levantados e discutidos no desenvolver do capítulo que possibilitou a formação de um modelo dividido em seis fases, apresentados na figura 3.1.

A primeira fase, chamada de (A) – Investigação e Análise de Requisitos, assemelha-se ao mesmo conjunto de atividades na conduta inicial da ER, que tem como propósito geral compreender as necessidades do cliente de forma a apoiá-lo em suas atividades com o desenvolvimento de um novo sistema. O processo sugerido neste trabalho adapta-se a este objetivo. Entretanto, a diferença está no fato de que todo o processo de conduta é exclusivamente focado a análise do contexto dos movimentos cirúrgicos usados no domínio da aplicação e, não em um sistema como um todo que poderia ser desenvolvido para apoiar o cliente. Este fato dar-se-á pelo grau de importância que tais movimentos apresentam quando

comparados com a totalidade do sistema. Incluem-se também nesta fase, a identificação dos especialistas e as cinco técnicas escolhidas para serem utilizadas na aplicação do modelo proposto.

No Aprendizado (B), segunda fase do modelo, apresenta-se a forma utilizada para adquirir o conhecimento tácito referente ao domínio sensorial do especialista. Discute-se e propõe-se uma forma prática do desenvolvedor adquirir tais conhecimentos para expandir a sua análise crítica e detalhada sobre o domínio de aplicação.

A terceira fase (C), Processo de Unificação e Correlação, ocorre simultaneamente com as duas primeiras fases e tem como proposta correlacionar e unificar as informações e/ou requisitos adquiridos na fase (A) e (B) e posteriormente organizá-los e agrupá-los de modo compreensível.

A seleção de informações e requisitos (D), quarta fase, tem como proposta selecionar um número de informações e/ou requisitos disponibilizada pela fase (C) para desenvolver o primeiro esboço de documento de requisitos. Essa atividade faz-se necessária uma vez que as informações se estendem no contexto da análise proposto, influenciada pelas atividades (A) e (B).

Na quinta fase (E), Ciclo de Validação e Negociação, discute-se a forma utilizada para resolver o problema da quantidade de requisitos que precisam ser negociados e validados junto ao especialista, em vista da sua indisponibilidade para o número de horas que as técnicas tradicionais requisitam. A solução foi fundamentada na forma de análise que o ser humano utiliza para desenvolver suas tarefas no dia a dia do seu trabalho. Desta forma pode-se validar um volume grande de requisitos em um período de tempo curto, além de ambas as áreas de conhecimentos, a engenharia e a do domínio de aplicação, entenderem completamente os resultados obtidos. Entretanto, a fase é completamente dependente do desenvolvedor que participou diretamente das atividades (A) e (B) do processo de conduta,

pois é o responsável por traduzir os jargões técnicos do domínio da aplicação para o domínio da engenharia.

Sexta e última fase (F), propõe formular um documento de requisitos final compreendido por ambas as áreas de aplicação.

## **CAPÍTULO 4**

---

# **IMPLEMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DA PROPOSTA DO MODELO PARA ANÁLISE DE MOVIMENTOS CIRÚRGICOS BASEADO NA ER**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

O objetivo desse capítulo é apresentar a aplicação do modelo proposto neste trabalho de dissertação em um caso prático. Caso este, realizado na área oftalmológica, em específico na cirurgia de catarata, no qual se justifica a sua escolha e delimita-se o contexto da análise proposta na primeira seção deste capítulo. Posteriormente, é apresentada fase a fase do modelo, discutindo-se os pontos positivos e negativos de cada uma delas. A aplicação prática do modelo contou com o apoio de duas instituições: um Hospital e uma Instituição de Ensino na área oftalmológica.

### **4.2 DOMÍNIO DA APLICAÇÃO E DEMILITAÇÃO DO CONTEXTO DE ANÁLISE**

O domínio de aplicação designada para implementar o modelo proposto na prática foi à área oftalmológica, em específico, cirurgia de catarata. Tal escolha justifica-se por vários fatores, sendo o primeiro deles relacionado a falta de trabalhos correlatos na área para análise de tais movimentos cirúrgicos, até a publicação dos autores (Queiroz, Príncipe, Ibrahim e Silva, 2006). Uma aplicação que admitisse o uso laboratorial para a aquisição do domínio

sensorial do especialista, proposta do modelo discutido no capítulo anterior, além da sua importância, uma vez que, dentre as cinco doenças que mais provocam cegueira no mundo, a catarata é a responsável por cerca da metade do número de cegos do planeta (WHO 2004). O único meio de reabilitar o indivíduo com a “doença” é através de procedimento cirúrgico (CBO, 2000). Estimativas indicam que mesmo atingindo a cifra de 32 milhões de cirurgias de catarata por ano no mundo em 2020, ainda assim não será suficiente para atender a demanda (WHO, 2004).

No Brasil, de 1999 a 2001, foram realizadas 263 mil cirurgias por ano, na Campanha Nacional de Catarata, dobrando o número de cirurgias realizadas, quando comparado aos anos anteriores (Junior, Cursino, Whitaker, 2004). Entretanto, esta meta é insuficiente para atingir o número de casos existentes e, também para conter o avanço de 120 mil novos casos que surgem por ano (CBO, 2000). Isto quer dizer que muitas pessoas estão incapacitadas, aumentando sua dependência, tendo uma redução na sua qualidade de vida e provocando uma aposentadoria precoce (Junior, Avakian et al, 2004). É evidente a necessidade de se criar meios mais eficazes para o atendimento da população em grande escala, nos grandes centros urbanos, sem deixar de preservar a qualidade no atendimento ao paciente.

Neste trabalho de dissertação, o processo de conduta proposto é exclusivamente focado na análise do contexto dos movimentos cirúrgicos usados no domínio da aplicação e, não em um sistema como um todo que poderia ser desenvolvido para apoiar o cirurgião, alvo de trabalho futuro. Este fato se dá pelo grau de importância que tais movimentos apresentam quando comparados com a totalidade do sistema. Ou seja, um erro proveniente nessa análise inviabiliza todo o projeto. Por esta razão dar-se-á a devida importância no desenvolver de um modelo específico somente para analisar tal proposta.

### 4.3 APLICAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Nessa seção será descrita a aplicação do processo de conduta do modelo proposto no capítulo 3, apontando os pontos positivos e negativos do mesmo em cada subseção. Para isto, conta com total apoio de duas instituições, sendo um hospital, Hospital Santa Luzia, localizado em Salvador – Bahia, e uma Instituição de Ensino e Formação de Médicos Profissionais na área oftalmológica, com especialidade cirúrgica em remoção da catarata, Instituto da Catarata – UNIFESP, localizado em São Paulo – SP.

#### 4.3.1 Fase de Investigação e Análise de Requisitos – (A)

A fase de investigação e análise de requisitos foi realizada com a aplicação das técnicas discutidas no item 3.2.1. Isto é, técnicas, observação, etnografia, análise de protocolo, documentação e entrevista semi-estruturada - não formal. As justificativas para tal uso foram esclarecidas no capítulo anterior. Propõe-se nessa seção descrever seu uso, discutindo os pontos positivos e negativos do domínio da aplicação.

O início do processo foi realizado através da aquisição do domínio de conhecimento. A técnica de documentação foi utilizada para proporcionar a primeira compreensão ao desenvolvedor sobre o domínio da aplicação, além de identificar alguns dos jargões técnicos. Também foi realizada uma busca na literatura sobre o histórico, métodos e técnicas utilizadas para extração da catarata.

De forma resumida, a catarata, por definição, é a opacidade da lente interna do olho humano, como mostra a figura 4.1. A intensidade desse processo pode ir desde uma discreta diminuição da acuidade visual do indivíduo, até graus mais intensos. Nos dias atuais, a técnica mais utilizada e considerada a mais popular entre os cirurgiões que trabalham com grande volume de intervenções é a facoemulsificação. Técnica em que o cirurgião utiliza-se

de um equipamento ultra-sônico para irrigar, fracionar e aspirar o cristalino opacificado através de pequenas incisões.

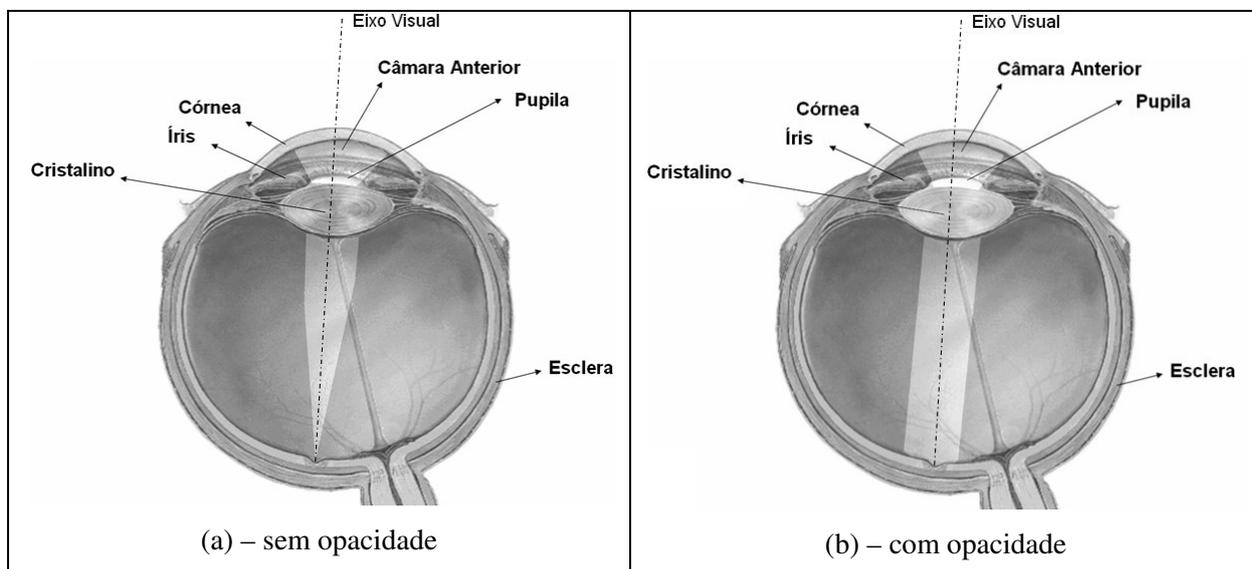


Figura 4.1 – Diferença da acuidade visual. (modificado: Atlas Interativo da Anatomia Clínica, versão 2.0 – Windows)

Posteriormente, foram acompanhados inúmeros casos cirúrgicos nas duas instituições, citadas anteriormente no item 4.3, utilizando-se a técnica de observação. O objetivo, no primeiro instante, foi compreender, identificar limitações, restrições e as tarefas envolvidas no domínio de aplicação, através da observação direta. Foram utilizadas algumas ferramentas básicas para o registro dos requisitos. A primeira refere-se ao uso de anotações. Uma ferramenta não muito eficiente, em vista da sua exaustão e dificuldade em executar duas atividades ao mesmo tempo, ou seja, anotar e permanecer com o foco na observação. Em alguns casos ocasionou perda de informações de alto valor. Entretanto, devido ao número de casos acompanhados, acredita-se que o processo não foi afetado. Por este motivo, utilizou-se de outros meios de aquisição de dados: a gravação de vídeos. Foram registradas tanto a visão interna do microscópio do especialista, como a visão externa dos movimentos de suas mãos (fato ocasionado devido ao problema do registro de informações ficar limitado apenas ao foco

da câmera).

A utilização de gravação de vídeos nesse domínio de aplicação foi benéfica. Análises posteriores permitiram a captura de requisitos que não tinham sido observados na forma direta. Pôde-se comparar movimentos utilizados por diferentes especialistas, além de observar uma série de conhecimentos tácitos. Alguns vídeos também foram gravados utilizando a técnica de análise de protocolo em conjunto, ou seja, o especialista executa o domínio de aplicação e, ao mesmo tempo comenta e justifica as atividades que estão sendo realizadas, facilitando posteriores análises. Os vídeos são ricos em informações e desperta uma série de curiosidades e questionamentos. A desvantagem está no fato de que exigiu um grande número de horas para realização de tais análises e organização do grande volume de dados adquiridos (não estruturados). As dúvidas e questionamentos foram realizados com o auxílio de outras técnicas: entrevista semi-estruturada não formal. Esta permite que o especialista sinta-se a vontade para falar sobre o questionamento do desenvolvedor, de modo a ampliar o domínio de conhecimento do mesmo. Entretanto foi necessário posteriormente a discussão, o uso da técnica de documentos para compreender de forma eficaz as anotações.

Com o delinear do tempo, o estudo foi aprofundado através da técnica de etnografia, ou seja, uma observação mais profunda do processo. Isto é, um estudo minucioso sobre os detalhes das atividades do especialista. Os casos cirúrgicos foram analisados mais de perto, acompanhados pela segunda visão do microscópio, o que proporciona uma visão mais apurada do processo cirúrgico, devido a característica da visão estéreo (sensação de profundidade). Convenções de comunicação, convenção social do grupo, linguagem e comunicação não-verbal começaram a ser adquiridas através de um processo natural. Isto é, o número de horas disponibilizadas para tal, proporcionou por natureza uma aproximação entre o desenvolvedor e o especialista. Acredita-se que este fato está associado a convivência entre seres humanos. Caso o desenvolvedor possua problemas em se relacionar, a mesma não será

efetivada. Logo, acredita-se que os métodos observacionais proporcionam o meio para tal aproximação, mas não significa que a mesma será efetivada. Esta questão não depende da técnica e sim do desenvolvedor manter-se acessível, disposto e interessado em aprender sobre o domínio da aplicação. O conhecimento profundo, as observações sobre as discussões entre os especialistas, entre outros fatores, proporcionam uma percepção extra sobre os aspectos sutis da natureza do trabalho. Isto é, aquisição do conhecimento tácito. Além disto, o convívio no dia a dia também proporciona constantemente análise sobre os requisitos, pois os mesmos são discutidos informalmente com o especialista.

#### 4.3.2 Fase de Aprendizado (B)

Seguindo o modelo proposto, a fase de aprendizado é realizada posteriormente ao início da fase anterior, em vista da necessidade de se ter base de conhecimento do procedimento cirúrgico. Tem como objetivo adquirir os conhecimentos do domínio sensorial do especialista.

A primeira atividade que foi realizada nesta fase, baseou-se na identificação dos meios que a instituição de ensino disponibilizava para instruir os especialistas. Em vista de uma estrutura laboratorial proporcionada para treinamento do domínio da aplicação, foi desenvolvida uma atividade prática de aprendizado. Isto é, semanalmente foram freqüentadas as estruturas laboratoriais do Instituto da Catarata – UNIFESP para praticar o procedimento cirúrgico em olhos de porcos. Em paralelo a esta atividade, também foi freqüentado o centro cirúrgico do próprio Instituto para a realização da fase de investigação e análise de requisitos (A). A ordem das atividades foi mantida de acordo com as do modelo proposto.

Nas atividades laboratoriais foram adquiridos os domínios sensoriais desejados, utilizando-se para isto os instrumentos dos especialistas. A maturidade sobre o procedimento do domínio de aplicação foi elevada, permitindo a expansão da análise crítica dos

movimentos. Isto é, a compreensão deixou de ser baseada somente na verbalização e passou também a ser influenciada pelo sentimento do desenvolvedor. Com o delinear do tempo, o mesmo foi aperfeiçoando-se.

A execução das atividades (A) e (B) em paralelo possibilitou também o desenvolvedor observar um conjunto de requisitos na fase (A) e posteriormente tentar realizá-los na prática laboratorial. O objetivo foi adquirir o domínio sensorial sobre os mesmos, além de investigar novos requisitos. Entretanto, teve-se cuidado na execução desta etapa. Isto é, discutir com o especialista se os novos requisitos provenientes desta fase assemelhavam-se ou não com o procedimento cirúrgico real. Fato ocasionado pelo treinamento em uma estrutura diferente a do órgão do ser humano. Desta forma, adquiriam-se novas informações e percepções sobre o domínio da aplicação.

Executar a fase (B) exige disponibilidade de tempo do desenvolvedor. Amplifica em dobro o conjunto de informações adquiridas pelos métodos observacionais e exige que o mesmo esteja constantemente em discussão e orientação com os especialistas, fato que só foi possível porque a mesma estava sendo realizada em paralelo a atividade (A).

A fase também exigiu que no primeiro instante o especialista disponibilizasse um determinado tempo, periodicamente, para orientar o desenvolvedor nos procedimentos laboratoriais, além de ensiná-lo a praticar os movimentos cirúrgicos de forma correta. Exigiu também a disponibilidade do uso laboratorial; equipamentos; insumo; disposição do desenvolvedor em romper a barreira das limitações da coordenação motora; preparo psicológicos; disposição em aprofundar-se no assunto; praticar constantemente a execução dos movimentos cirúrgicos de modo a executá-lo com a maior perfeição possível, desenvolvendo assim uma análise crítica sobre os mesmos; e adaptar-se a cultura do especialista.

#### 4.3.3 Processo de Unificação e Correlação (C)

O processo de unificação e correlação é também a fase que ocorre simultaneamente a atividade (A) e (B). Tem como objetivo correlacionar as informações, unificá-las, organizá-las e agrupá-las, segundo a proposta do modelo.

Na prática, a utilização desta fase foi realizada da seguinte forma: a cada seção de atividade desenvolvida, isto é, acompanhamento dos casos do domínio da aplicação e atividades laboratoriais, anotava-se o que era observado e discutido com os especialistas. Todo o material era reanalisado, em particular, com auxílio de vídeos da aplicação e base na literatura do domínio de conhecimento. Posteriormente, unificava-se, correlacionava-se as informações de modo a desenvolvê-la abrangente, detalhada e completa. Um processo demorado, que precisou ser realizado periodicamente, exigindo disposição do desenvolvedor e um grande número de horas, em vista do número de informações geradas por ambas as fases (A) e (B). Entretanto, foi observado que com o delinear do tempo as mesmas começaram a se repetir inúmeras vezes, em vista do número de repetição dos casos observados no centro cirúrgico do domínio da aplicação. Neste momento a análise foi suspensa e o conjunto de dados organizado e estruturado de forma similar a ordem dos acontecimentos que foram observados no domínio da aplicação. Estas informações foram armazenadas em um fichário para facilitar o acesso rápido na fase (D).

Pode-se concluir desta atividade que a não periodicidade na realização da fase (C), o processo de conduta é estendido, uma vez que os dados acumulam-se rapidamente.

#### 4.3.4 Fase de Seleção de Informações e Requisitos (D)

Na fase (D) foi estabelecido selecionar um número de informações e/ou requisitos, disponibilizados pela fase (C), para desenvolver o primeiro esboço de documentos dos

requisitos. Documentos estes que auxiliaram a implementação da linguagem interpretativa, discutida no capítulo anterior.

A fase não possui dificuldade de ser realizada muito embora seja necessária uma atenção para a sua realização, em vista do grande número de informações, ocasionadas pelos métodos observacionais proposto pelo modelo. A seleção está diretamente associada ao contexto de análise e ao que se deseja representar no ambiente a ser desenvolvido, isto é, na “linguagem interpretativa”, fase (E), a ser discutida no item a seguir. A falta deles fará com que o desenvolvedor retroceda ao ciclo.

#### 4.3.5 Ciclo de Negociação e Validação (E)

O ciclo (E) é a fase em que se estabelece a realização de uma reunião formal com o especialista para apresentar e discutir os resultados do desenvolvimento do trabalho. Isto é, negociar, verificar e validar se o que foi adquirido nas fases posteriores está coerente com a proposta de análise e se a mesma pode ser disponibilizada em um documento final.

A proposta desta fase é desenvolver uma linguagem interpretativa capaz de traduzir os requisitos que estão no domínio da engenharia para o domínio da área de aplicação, ou vice-versa, sem que haja perdas nas informações. Para isto, se aposta na linguagem interpretativa, neste caso a visual (utilizada no dia a dia do cirurgião), para apresentar um grande volume de requisitos ao especialista. Adotando esta premissa, foi desenvolvido um ambiente tridimensional, composto por um globo ocular e os respectivos instrumentos cirúrgicos utilizados na cirurgia de catarata. Estes por sua vez são as bases para os requisitos dos movimentos em estudo.

Oito simulações, divididas em quatro grupos (incisão; fase de remoção e aspiração de restos corticais; rompimento e retirada de tecidos; e infiltração de soluções) foram desenvolvidas e apresentadas aos especialistas e a seguir discutidos neste trabalho. As

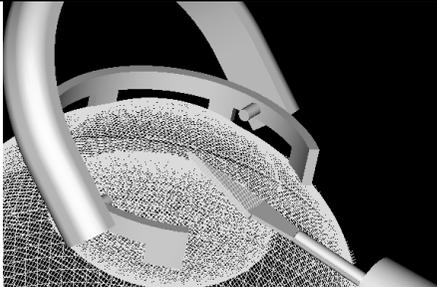
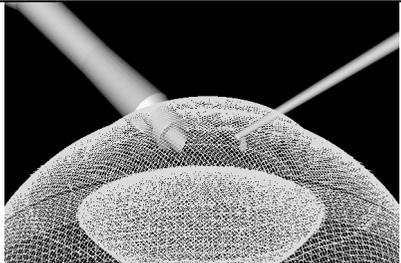
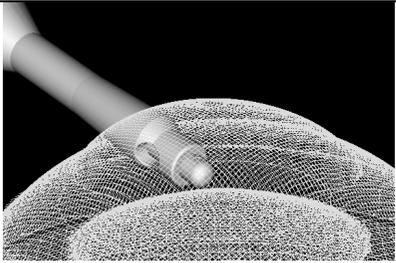
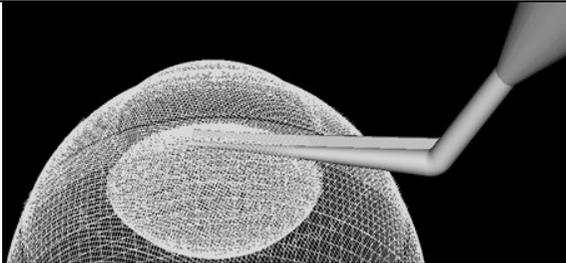
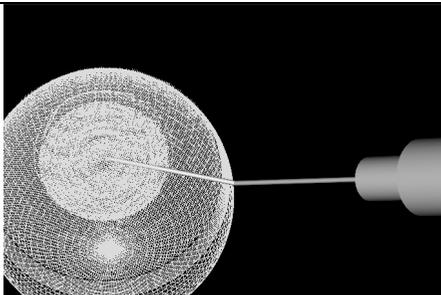
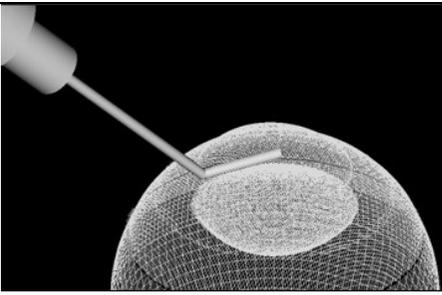
simulações reproduzem os movimentos básicos utilizados pelo especialista para remoção da catarata. Na tabela 4.1 encontram-se algumas imagens das respectivas simulações.

Na realização da fase foi observado que a linguagem visual utilizada em três dimensões motivou e despertou os especialistas a analisarem os movimentos em vários ângulos e posições diferentes, em busca de falhas, ambigüidades e ausência dos mesmos. Tal fato foi ocasionado em vista do proposto trabalho apresentar aos mesmos os movimentos cirúrgicos de forma inovadora, concretizando a percepção, imaginação e sensação 3D do cirurgião.

A grande vantagem percebida no uso desta linguagem interpretativa foi o fato de que os especialistas abstraíram de forma natural o grande volume de requisitos que foram analisados, negociados e validados, em um período de tempo curto (uma hora de duração). O ciclo se repetiu apenas duas vezes, confirmando todas as especificações dos requisitos. Acredita-se que tal fato foi influenciado por vários fatores: constantes orientações fornecidas pelos especialistas durante as observações práticas e laboratoriais, boa relação e aproximação com os mesmos, amadurecimento no domínio de aplicação proporcionado pela fase (B) e o grande número de horas disponibilizadas para as análises, ocasionadas pela aplicação dos métodos observacionais.

A respeito do desenvolvimento do ambiente, pode-se também concluir alguns fatos. Primeiro relaciona-se com o número de horas disponibilizadas para a sua construção. Cresce exponencialmente com o grau das características que se deseja representar do mundo real. Isto é, além de lidar com a questão dos requisitos do domínio de aplicação proposto, faz-se necessário buscar meios de resolução no domínio da engenharia para atingir o objetivo. Em certas situações não existem soluções prontas, o que exige do desenvolvedor a multidisciplinaridade, isto é, a junção de conhecimento de várias áreas correlatas para solucionar o problema.

Tabela 4.1. Imagens das simulações tridimensionais desenvolvidas com os respectivos instrumentos cirúrgicos utilizados pelo especialista.

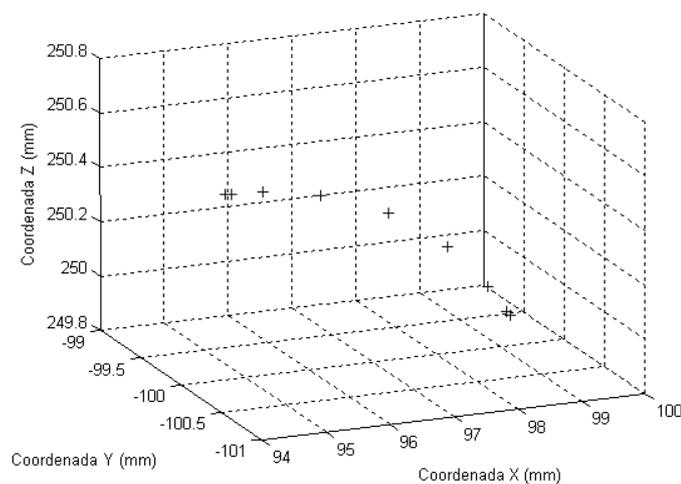
 <p>(a) Incisão de 2.75 mm</p>	 <p>(b) Incisão de 1.5 mm</p>	 <p>(c) Incisão de 5.2 mm</p>
 <p>(d) Fase de Remoção</p>	 <p>(e) Aspiração de Restos Corticais</p>	 <p>(f) Rompimento e Retirada de Tecidos</p>
 <p>(g) Infiltração de Solução 1</p>	 <p>(h) Infiltração de Solução 2</p>	

#### 4.3.6 Documento de Requisitos (F)

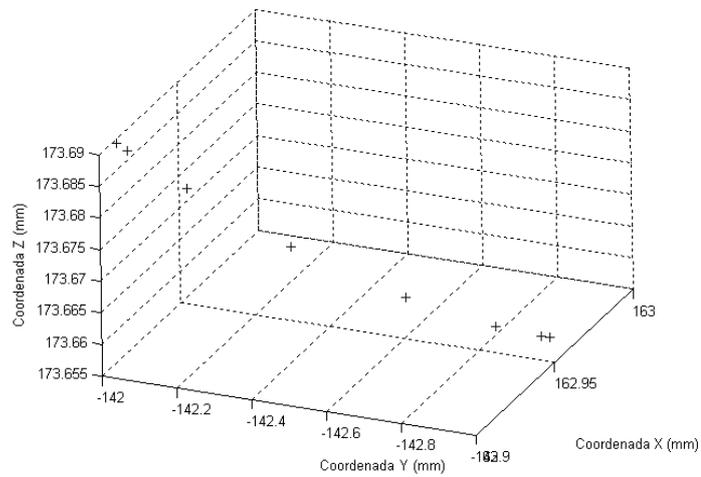
O documento de requisitos é a última fase da proposta do modelo discutido no capítulo anterior. Corresponde a um documento formal com todas as especificações dos requisitos confirmadas pelo especialista, isto é, validada através da fase (E).

Em vista de tornar o documento de requisitos acessível para ambas as áreas de domínio, foi proposto no item 3.2.6, utilizar-se do domínio da engenharia, isto é, de técnicas de representações gráficas, matemáticas e etc, para minimizar os problemas das múltiplas interpretações que podem ser ocasionadas pela linguagem natural e jargões técnicos do domínio da aplicação. Desta forma, optou-se por desenvolver gráficos que representassem a trajetória realizada pelo instrumento nas coordenadas x, y e z do espaço tridimensional. Ou seja, os resultados validados pelo especialista, em relação aos requisitos dos movimentos cirúrgicos, foram transcritos para uma representação formal no domínio da engenharia. Esse resultado representa de forma empírica todo o processo de conduta desenvolvido no trabalho.

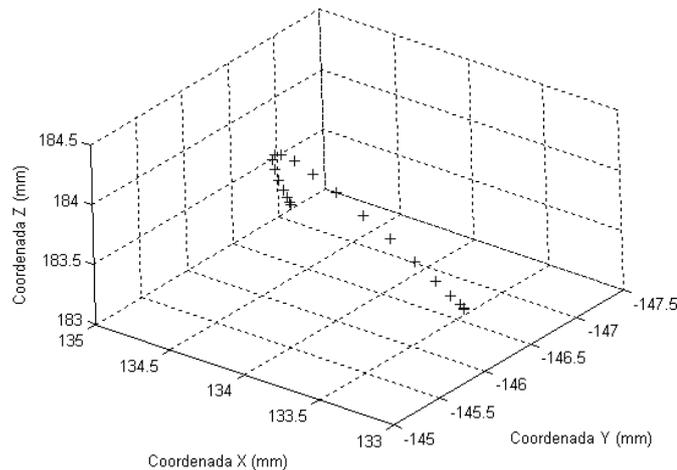
Abaixo seguem algumas ilustrações dos gráficos desenvolvidos:



(a) incisão



(b) rompimento e retirada de tecidos



(c) infiltração de soluções

Figura 4.2 – Movimento dos instrumentos no espaço tridimensional com referência à base do mesmo.

Os gráficos apresentados acima foram desenvolvidos no ambiente de simulação do MATLAB (Matlab, 2006). Nele foi construída a linguagem interpretativa (citada anteriormente) com o auxílio do *toolbox* de realidade virtual. Uma extensão para o programa matemático mencionado, que permite criar e manipular (posição e rotação) objetos 3D, importá-los de outros programas de modelagem gráfica, como exemplo o *SolidWorks* (Solidworks, 2006), e simulá-los a sua interação em um ambiente de realidade virtual. Ou seja, permite a visualização dos resultados de uma simulação dinâmica, através de uma

animação 3D em qualidade, num ambiente de realidade virtual. Desta forma pôde-se atuar em ambos domínios disjuntos, como ilustra a figura 4.3.

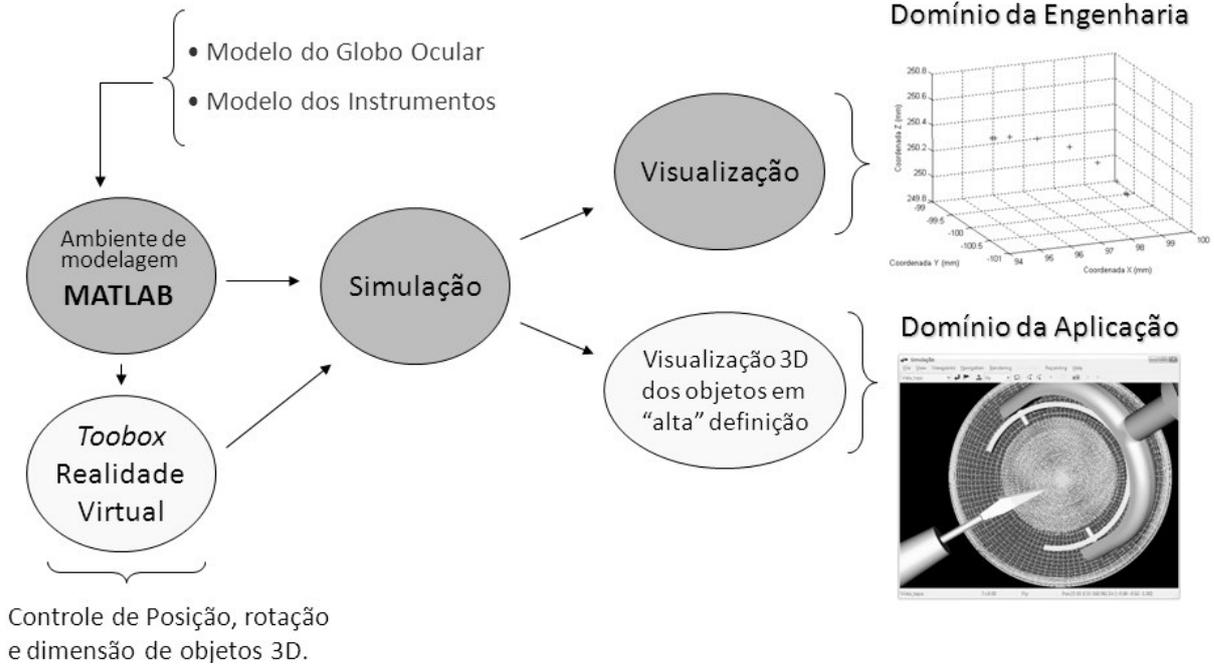


Figura 4.3 – Estrutura do ambiente de modelagem para ambos os domínios disjuntos

Na aplicação prática do modelo de conduta proposto foram adquiridos em média 650 requisitos, divididos em duas categorias: técnicos e movimentos cirúrgicos, assim denominados.

Os requisitos técnicos referem-se a construção do ambiente virtual, composto de um globo ocular, com os parâmetros reais de um ser humano, e as medidas reais dos instrumentos cirúrgicos utilizados no domínio da aplicação.

Em vista do grande número de requisitos, são exemplificados abaixo, de forma sucinta e em fichas, alguns dos mais importantes. Entretanto, não serão discutidas as justificativas dos mesmos, uma vez que dependem de conhecimentos e compreensão do domínio da aplicação, isto é, da medicina cirúrgica.

## Requisitos Técnicos:

Tabela 4.2. Ficha de requisito do globo ocular, classe principal.

<b>Requisito:</b> Globo ocular		<b>Classe:</b>	Principal	<b>Número:</b>	#0001
<b>Descrição:</b>	Composto pelas estruturas de interesse: esclera, córnea, cristalino, íris e pupila.				
<b>Justificativa:</b>	Deve obedecer ao tamanho real das estruturas.				
<b>Critério adotado:</b>	Obter valores padrões em referências do domínio da aplicação.				
<b>Origem:</b>	Especialista.				

Tabela 4.3. Ficha de requisito raio de curvatura, classe: globo ocular.

<b>Requisito:</b>	Raio de curvatura	<b>Classe:</b>	Globo ocular	<b>Número:</b>	#0001.1
<b>Descrição:</b>	Raio de curvatura envolvido nas estruturas do cristalino e da córnea.				
<b>Parâmetros:</b>	Cristalino		Córnea		
	Raio de curvatura anterior: 10.2 mm; Raio de curvatura posterior: 6.0 mm;		Raio de curvatura anterior: 7.7 mm; Raio de curvatura posterior: 6.8 mm;		
<b>Origem:</b>	Modelo teórico de <i>Gullstrand</i> .				

Tabela 4.4. Ficha de requisito espessura, classe: globo ocular.

<b>Requisito:</b>	Espessura	<b>Classe:</b>	globo ocular	<b>Número:</b>	#0001.2
<b>Descrição:</b>	Espessuras das estruturas envolvidas no globo ocular.				
<b>Parâmetros:</b>	Cristalino	Córnea			
	Espessura total: 4 mm;	Espessura anterior: 0.55 mm; Espessura posterior: 3.05 mm;			
<b>Origem:</b>	Modelo teórico de <i>Gullstrand</i> .				

Tabela 4.5. Ficha de requisito diâmetro, classe: globo ocular.

<b>Requisito:</b>	Diâmetro	<b>Classe:</b>	globo ocular	<b>Número:</b>	#0001.3
<b>Descrição:</b>	Diâmetro das estruturas envolvidas no globo ocular				
<b>Parâmetros:</b>	Cristalino	Córnea	Demais		
	Diâmetro: 11.5mm;	Comprimento horizontal: 11 a 12 mm;  Comprimento vertical: 9 a 11 mm;	Diâmetro do globo ocular: 24.5 mm;  Diâmetro pupilar: 7.0 mm;  Diâmetro íris: 11.5mm;		
<b>Origem:</b>	Modelo teórico de <i>Gullstrand</i> .				

Tabela 4.6. Ficha de requisito instrumento cirúrgico, classe principal.

<b>Requisito:</b> Instrumentos Cirúrgicos		<b>Classe:</b>	Principal	<b>Número:</b>	#0002
<b>Descrição:</b>	Instrumentação cirúrgica utilizada no domínio da aplicação.				
<b>Justificativa:</b>	Deve obedecer ao tamanho real dos instrumentos.				
<b>Critério adotado:</b>	Obter valores através de medições reais.				
<b>Origem:</b>	Desenvolvedor e especialista.				

Tabela 4.7. Ficha de requisito cânula viscoelástico, classe incisão primária.

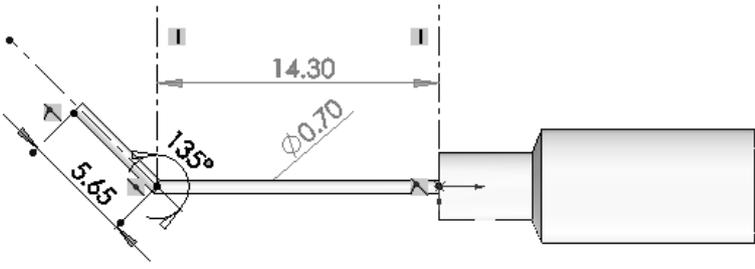
		<b>Classe:</b> Incisão primária		
<b>Requisito:</b>	Cânula Viscoelástico		<b>Número:</b>	#0002.1
<b>Descrição:</b>	Responsável por infiltrar solução dentro do globo ocular.			
<b>Função:</b>	Manter espaços e proteger estruturas internas, isto é, tecidos vizinhos. Recobre a íris, afasta a pupila e recobre a parte posterior da córnea.			
<b>Parâmetros:</b>	Comprimento, ângulo, diâmetro		<b>Unidade:</b>	mm
	 <p>The diagram shows a side view of a surgical cannula. It features a beveled tip with a length of 5.65 mm and a bevel angle of 135 degrees. The main shaft has a length of 14.30 mm and a diameter of 0.70 mm (indicated as Ø0.70). The shaft is attached to a cylindrical handle.</p>			
<b>Origem:</b>	Instrumental cirúrgico do especialista		<b>Fonte :</b>	Paquímetro

Tabela 4.8. Ficha de requisito lâmina de corte 2.75, classe incisão primária.

		<b>Classe:</b> Incisão primária		
<b>Requisito:</b>	Lâmina de corte 2.75		<b>Número:</b>	#0002.2
<b>Descrição:</b>	Lâmina metálica utilizada para criar a incisão primária no globo ocular.			
<b>Função:</b>	Criar acesso para o instrumento facoemulsificador e demais instrumentos.			
<b>Parâmetros:</b>	Comprimento, largura, angulo, espessura		<b>Unidade:</b>	mm
	<p>The diagram shows a surgical blade with a handle and a cutting edge. The handle has a length of 13.31 mm. The blade has a width of 2.75 mm at the base and a thickness of 0.10 mm. The blade is angled at 45 degrees. There are also dimensions of 3.40 mm and 0 mm indicated. The drawing includes various symbols and lines indicating the geometry and manufacturing specifications of the blade.</p>			
<b>Origem:</b>	Instrumental cirúrgico do especialista		<b>Fonte:</b>	Paquímetro

Tabela 4.9. Ficha de requisito lâmina de corte 15° g, classe incisão paracentese.

		<b>Classe:</b> Paracentese	
<b>Requisito:</b>	Lâmina de corte 15°g	<b>Número:</b>	#0002.3
<b>Descrição:</b>	Lâmina metálica utilizada para criar a paracentese, isto é, incisão auxiliar no globo ocular.		
<b>Função:</b>	Criar acesso para os instrumentos auxiliares, envolvidos na classe.		
<b>Parâmetros:</b>	Comprimento, largura, angulo, espessura	<b>Unidade:</b>	mm
	<p>The image shows two views of a surgical blade. The top view is a perspective drawing of the blade's tip, showing a 1.65° angle on the left side and a 7.1° angle on the right side. A vertical dimension of 1.5 mm is indicated for the thickness of the blade. The bottom view is a side profile of the blade, showing a width of 0.20 mm. The blade is shown with a handle on the right side.</p>		
<b>Origem:</b>	Instrumental cirúrgico do especialista	<b>Fonte :</b>	Paquímetro

A segunda categoria, movimentos cirúrgicos, refere-se a descrição textual das ações dos movimentos, baseada nas observações realizadas na imersão do domínio da aplicação e simulação no ambiente de realidade virtual.

Também são exemplificados alguns deles, abaixo:

## Requisitos – Ação Movimentos Cirúrgicos:

Tabela 4.10. Ficha de requisito movimento cirúrgico, classe incisão primária

<b>Requisito:</b> Movimentos cirúrgicos		<b>Classe:</b>	Incisão primária	<b>Número:</b>	#0003
<b>Descrição:</b>	Movimentos envolvidos na incisão primária da cirurgia de catarata.				
<b>Justificativa:</b>	Deve obedecer aos limites impostos pela estrutura dos tecidos. Basear-se também nas medidas dos instrumentos para delimitar os limites máximos e mínimos de entrada e saída dos mesmos.				
<b>Critério adotado:</b>	Simulação dos movimentos. Base para o ambiente: modelo matemático do globo ocular e instrumentos cirúrgicos, com medidas reais.				
<b>Origem:</b>	Desenvolvedor.				

Tabela 4.11. Ficha de requisito movimento cirúrgico, fase infiltração de soluções, classe incisão primária.

		<b>Classe:</b> Incisão primária		
<b>Requisito:</b>	Movimento cirúrgico		<b>Número:</b>	#003.1
<b>Fase/etapa:</b>	Infiltração de solução 2	<b>Instrumento:</b>	Cânula para viscoelástico	
<b>Ângulo de entrada:</b>	Paralela ao plano da íris.	<b>Posição:</b>	Incisão primária	
<b>Origem:</b>	Especialista e desenvolvedor			
<b>Descrição:</b>	A cânula deve ser posicionada na incisão primária e incidida paralelamente ao plano da íris. A penetração da cânula pode variar de 3.5 mm a 5.6 mm, tendo um limite máximo associada a curvatura da mesma.			
<b>Alternativa:</b>	Uso da paracentese (não muito comum).			
<b>Restrições:</b>	Não ter contato com a estrutura da íris, bolsa capsular e endotélio.			

Tabela 4.12 . Ficha de requisito movimento cirúrgico, fase incisão 2.75mm, classe incisão primária.

		<b>Classe:</b> Incisão primária		
<b>Requisito:</b>	Movimento cirúrgico		<b>Número:</b>	#003.2
<b>Fase/etapa:</b>	Incisão 2.75 mm.	<b>Instrumento:</b>	Lâmina de metal 2.75	
<b>Ângulo de entrada:</b>	Paralela ao plano da íris.	<b>Posição:</b>	9 horas.	
<b>Origem:</b>	Especialista e desenvolvedor			
<b>Descrição:</b>	Ação dividida em três movimentos: primeiro, incisão de 300 micra com lâmina de corte 2.75 mm na região limbar do globo ocular, paralelo ao plano da íris; segundo, inclinação do instrumento de 11° a 20° graus em relação ao plano da íris e penetração de 2 mm de comprimento nas estruturas da córnea; terceiro, inclinação de - 11° a - 20° graus com comprimento de incisão de 1.4 a 1.9 mm.			
<b>Alternativa:</b>	Terceiro movimento de incisão pode ser realizado paralelamente ao plano da íris.			
<b>Restrições:</b>	Não ter contato com a estrutura da íris e bolsa capsular.			

Tabela 4.13. Ficha de requisito movimento cirúrgico, fase aspiração dos restos corticais, classe incisão primária.

		<b>Classe:</b> Incisão primária		
<b>Requisito:</b>	Movimento cirúrgico		<b>Número:</b>	#003.3
<b>Fase/etapa:</b>	Aspiração de restos corticais	<b>Instrumento:</b>	Caneta resto cortical - ponteira reta com luva.	
<b>Ângulo de entrada:</b>	Paralela ao plano da íris.	<b>Posição:</b>	Incisão primária	
<b>Origem:</b>	Especialista e desenvolvedor			
<b>Descrição:</b>	<p>Movimento de entrada: o instrumento de aspiração de restos corticais deve ser posicionado na incisão primária e incidido paralelamente ao plano da íris. A penetração deve ser realizada de forma lenta*, com um giro no eixo do instrumento de 0° a 20° para o lado direito ou esquerdo e posteriormente retornando à posição original (causa do movimento – tamanho da luva do instrumento e incisão primária). O instrumento pode sofrer uma inclinação de -22.5° graus em relação ao plano da íris para poder ter acesso a parte inferior das bordas da bolsa capsular com o objetivo de aspirar os restos corticais. A penetração do instrumento dentro do globo ocular tem um limite máximo entre 6.5 mm. Próximo as bordas e no centro do globo ocular devem existir movimentos de rotação no eixo do instrumento de -20° a +20° graus. A saída é realizada da mesma forma que a o movimento de entrada</p> <p>*parâmetro não determinado nesta fase. Este tipo de movimento pode ser realizado de maneira ilustrativa no ambiente de realidade virtual.</p>			
<b>Alternativa:</b>	Não identificado com o instrumento e ponteira descrito.			
<b>Restrições:</b>	Não ter contato com a estrutura da íris, bolsa capsular e endotélio.			

Deve-se observar que os valores mencionados acima estão referenciados aos parâmetros técnicos dos requisitos listados anteriormente e simulação no ambiente virtual.

# CAPÍTULO 5

---

## DISCUSSÕES

### 5.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir alguns tópicos pertinentes ao modelo proposto neste trabalho de dissertação. Estes por sua vez baseiam-se na experiência adquirida com a sua aplicação e expostos nas sessões a seguir, em vista da ausência de trabalhos que abordem o processo de condução de eliciação e comunicação de requisitos em cenários em que o desenvolvedor e especialista pertençam a domínios disjuntos.

A discussão trata em primeiro instante do problema da eliciação nesse tipo de domínio, apresentando algumas abordagens utilizadas para minimizar o distanciamento entre as áreas e conseqüentemente auxiliar o processo de eliciação. Posteriormente discute-se sobre o domínio sensorial envolvido na aplicação, justificando-se a aquisição da percepção do especialista para o desenvolvimento do trabalho, bem como o processo de validação em que se apresenta a vantagem da utilização da linguagem interpretativa, assim denominada, para representar os requisitos no domínio da aplicação.

## 5.2 DISCUSSÕES SOBRE O MODELO

### 5.2.1 Domínios Disjuntos – Eliciação

A aplicação da Engenharia de Requisitos (ER) em domínios disjuntos é um assunto novo, pouco encontrado na literatura. Esta seção tem o objetivo de expor conclusões, opiniões e comentários sobre as dificuldades encontradas, soluções adotadas para minimizar os problemas relacionados ao distanciamento das áreas da engenharia e da medicina em um caso prático: cirurgia minimamente invasiva. No decorrer do capítulo 3 foi apresentada uma proposta de modelo com as respectivas justificativas e escolha das técnicas de eliciação. A falta de conhecimento no domínio da aplicação e trabalhos correlatos, entre outras justificativas discutidas e apresentadas na seção 3.2.1, fortalecem a opção pela utilização de técnicas de imersão no domínio da aplicação, isto é, utiliza-se de métodos observacionais para aprender, adquirir e compreender o trabalho do especialista. Entretanto, devido ao fato do domínio da aplicação estar distante do domínio da engenharia, o processo de eliciação não pode ser baseado nas técnicas tradicionais de entrevista direta. Tem seus resultados bastante comprometidos. Tal fato é geralmente ocasionado pela ausência de conhecimento na área da aplicação e a diferença no jargão técnico, que dificultava o processo de comunicação e transferência de conhecimento entre o desenvolvedor e o especialista.

Na aplicação prática do modelo proposto, pode-se afirmar que o autor foi cobaia do seu próprio modelo.

No primeiro instante, a diferença de terminologia da aplicação interferiu no processo de duas maneiras. O primeiro, em relação ao especialista. Não foi discutida inicialmente a forma de atuação da proposta do modelo com o mesmo, com receio de que houvesse alguma modificação na sua forma de agir, pensar, atuar e etc. Isto é, prejudicar a fase de eliciação dos

requisitos. Foi dialogado a princípio que a presença do desenvolvedor era para observar os casos cirúrgicos e questioná-los conforme as observações. Nestes questionamentos, por não dominar o jargão técnico, foi percebido que o especialista aceitou que explicá-lo e discutí-lo ao mesmo tempo dificultaria o entendimento do desenvolvedor. Percepção correta, porque a simplificação e facilitação do entendimento parcial do problema se deu no primeiro instante. Buscou-se então adquirir um conhecimento prévio na área através de referências bibliográficas, pois a simplificação prejudica o processo de eliciação devido a ausência de informações que podem ser importantes. Foi percebido que existe um limite para ler e compreender um grande número de dados em um determinado período de tempo sobre uma área avessa do domínio de conhecimento do desenvolvedor. Para tornar o processo de aquisição e o grau de absorção mais rápido, foi disponibilizado um número maior de horas na imersão no ambiente da aplicação e em entrevistas com os especialistas utilizando a linguagem técnica da aplicação.

A segunda interferência relacionou-se com o lado oposto da utilização da linguagem técnica do especialista. O jargão o leva a supor que algumas informações são óbvias demais para o desenvolvedor, em vista da sua “adaptação” à linguagem técnica. Tal fato ocorreu porque a terminologia pode representar de forma indireta uma série de questões envolvidas na área em que o desenvolvedor ainda não adquiriu o conhecimento. Neste caso, a solução adotada foi utilizar-se da fase de aprendizado (B), seção 4.3.2, para buscar novos conhecimentos e obter um determinado grau de maturidade para discutir com o especialista e explorar ao máximo as informações sobre o domínio da aplicação.

Com o desenvolver do trabalho, percebeu-se que as inconsistências, ambigüidades, conflitos e a volatibilidade dos requisitos ocasionados no processo, eram em sua grande maioria causada pela má interpretação e compreensão do domínio da aplicação. No início este número foi bastante elevado (fase (A) e (B) do modelo proposto, figura 3.1) e posteriormente

atenuado conforme o grau de absorção, maturidade e compreensão do desenvolvedor aumentava sobre o domínio da aplicação. Na literatura, alguns autores (Kotonya e Sommerville, 1998) afirmam que diferentes pontos de vistas de especialistas também podem ocasionar o efeito acima mencionado. Na prática vivenciada, o fato realmente aconteceu no domínio da aplicação. Entretanto, para contornar o problema, foi verificado que o procedimento cirúrgico é dependente da experiência e habilidade do mesmo. Desta forma tomou-se como referência base a orientação de três experientes cirurgiões, tendo um deles em torno de trinta mil cirurgias realizadas e um ciclo atual de duzentas operações por mês (informações fornecidas pelo Dr. Lincoln Lemes Freitas, chefe do setor de catarata do Instituto da Visão - UNIFESP).

Eliciar requisitos em domínios disjuntos é difícil de ser realizado porque a aplicação proposta exige informações que estão associadas ao senso de percepção do especialista. Senso este baseado em sensações e observações. A aquisição destas, de forma subjetiva, foi realizada para expandir o domínio de conhecimento da aplicação, a compreender as sutilezas e nuances do mesmo e buscar novos requisitos que pudessem ser validados pelo especialista, apresentado na seção 4.3.2 e discutido na seção 5.2.2 deste capítulo.

A imersão no ambiente do domínio da aplicação através dos métodos observacionais, discutidos na seção 2.3.2, auxiliou a compreender melhor a atividade do especialista. Todavia, exigiu o deslocamento do desenvolvedor para o ambiente de trabalho do mesmo, além de disponibilizar um número horas/dias para analisar e compreender as observações adquiridas. Estes métodos por sua vez desenvolvem uma grande quantidade de dados desestruturados, que dificultam não só a análise como a interpretação dos mesmos. Entretanto, a alternativa adotada foi separá-los como mencionados na fase (C), seção 3.2.3. Com a aplicação prática dos mesmos, acredita-se que a imersão permite a aquisição da essência, nuances e sutilezas do domínio da aplicação de maneira que nenhuma outra técnica (entrevista, reunião,

*brainstorming*, *workshop*, questionário, cenário, JAD, entre outras) possibilita. Estas por sua vez também estão associadas ao processo de transferência de comunicação e transferência de conhecimento entre o especialista e o desenvolvedor. Ou seja, o diálogo e questionamento sobre o domínio da aplicação auxiliam o processo de transmissão das informações ao desenvolvedor. Acredita-se que alguns fatores psicológicos ajudam em tal aproximação: manter-se disposto, interessado, acessível às novas informações e adaptar-se a cultura e hábitos do domínio da aplicação em questão.

Em relação aos métodos observacionais, mencionadas no capítulo 2, duas discussões podem ser questionadas. Estas se referem ao especialista se retrair ou deixar-se influenciar com a presença do desenvolvedor no seu ambiente de trabalho. Na prática, pode-se comentar que não foi percebido este fator nos especialistas. Acredita-se que o mesmo está relacionado com a experiência, vivência e segurança no domínio da aplicação. A influência da presença do desenvolvedor, também não afetou o processo, pois foi observado que o especialista está acostumando com a frequência de outros indivíduos ao seu redor.

Pelo fato de lidar com domínios disjuntos, isto é, fora de conhecimento do desenvolvedor, o domínio da aplicação impossibilita a determinação ou suposição de um número adequado de requisitos a serem adquiridos para atender ao objetivo. Desta forma, utilizando-se dos conceitos da técnica de etnografia (método observacional, ou seja, imersão na aplicação), discutidas na seção 2.3.2.2, criou-se a estratégia de adquirir o maior número possível de informações para compreender o domínio da aplicação. Por um lado é vantajoso porque o mesmo abre um leque no grau de abstração, mas por outro exige do desenvolvedor um maior grau de absorção para assimilar e compreender as informações da aplicação, e posteriormente selecioná-las na fase (D), seção 3.2.4. Seria esta a melhor solução para atuar e compreender o domínio da aplicação ? Por não se ter um conhecimento no comportamento das informações a serem adquiridas, nem trabalhos correlatos para basear-se, a forma

encontrada foi imergir no ambiente do especialista, deparar-se de forma direta com o mesmo e assimilar todo e qualquer tipo de informação que estivesse relacionada ao objetivo proposto. Em resumo, compreender de forma geral o ambiente de trabalho para posteriormente filtrar o domínio de interesse. Entretanto, o método é informal, dificultando a sua adaptação ao domínio da Engenharia, onde se requer controle absoluto deste processo.

Com base nessa experiência adquirida acredita-se que possam ser criadas outras formas de abordagem do problema, isto é, o desenvolvimento de técnicas de eliciação que permitam maximizar o processo de imersão no domínio da aplicação e conseqüentemente adquirir um número de informações mais direto e preciso, diferentemente do adotado. Entretanto, tal discussão é alvo de trabalhos futuros.

### **5.2.2 Domínio Sensorial**

O uso do domínio sensorial foi utilizado para se obter o senso de percepções, observações e sensações envolvidas no domínio da aplicação. Estas estão diretamente associadas ao conhecimento tácito do especialista e foram adquiridas de forma subjetiva, na primeira fase do trabalho, para compreender as particularidades e sutilezas envolvidas no domínio da aplicação. Este método sensorial foi também utilizado de forma a se obter aptidões extras, conhecimento, habilidade, experiência, e maturidade para compreender e discutir com o especialista o procedimento cirúrgico, além de buscar requisitos difíceis de serem verbalizados. Para isto utilizou-se de uma estrutura laboratorial de aprendizado cirúrgico, sob orientação do cirurgião, mencionado no item 4.3.2. Sendo assim, algumas experiências podem ser percorridas:

O domínio sensorial auxiliou a aquisição da percepção 3D do procedimento cirúrgico, sendo benéfico ao desenvolvimento dos movimentos cirúrgicos tridimensionais

dentro do modelo do globo ocular. Os vídeos adquiridos na fase (A) foram insuficientes para tal atividade em vista dos mesmos abordarem uma única vista do procedimento cirúrgico, isto é, topo.

A formalização de requisitos relacionados a percepções e sensações de movimentos cirúrgicos de forma subjetiva é uma tarefa extremamente difícil de ser realizada, uma vez que as mesmas podem ser interpretadas de diferentes maneiras e com opiniões adversas. Envolve intrinsecamente o grau de experiência não só do desenvolvedor com o domínio da aplicação, e do especialista. Atualmente não se encontra na literatura uma representação simbólica ou lingüística específica na área da engenharia de requisitos para tal abordagem. Acredita-se que para o desenvolvimento da mesma sejam necessários outros estudos de casos.

No trabalho foi utilizada a linguagem natural, baseada apenas na percepção única do desenvolvedor. Esta por sua vez foi adaptada de maneira informal com o especialista, através de discussões. O objetivo nessa primeira fase foi obter a compreensão de tal necessidade para em trabalhos futuros desenvolver ou adaptar meios capazes de adquiri-las e validá-las diretamente com o cirurgião.

Em resumo, neste trabalho o domínio sensorial auxiliou o desenvolvedor a expandir a percepção sobre a movimentação cirúrgica dentro do globo ocular. Foi apresentada de forma direta no domínio da aplicação pela linguagem interpretativa, seção anterior, e de forma intrínseca quando transcrito para o domínio da engenharia após a validação do especialista.

O nível de imersão do desenvolvedor no domínio sensorial pode afetar o processo de aquisição e tradução das informações em requisitos. Isto é, o desenvolvedor para adquirir a percepção mais próxima possível do especialista, necessita deslocar-se da sua realidade e aprofundar-se na realidade deste último. É neste momento que deve existir um controle por parte do desenvolvedor para se manter imune ao processo, pois pode “converter-se” num falso especialista e atuar com os instintos pertinentes ao próprio domínio da aplicação. Este grau de

imersão por um lado é altamente positivo, entretanto, por outro pode prejudicar a construção do domínio do ponto de vista da engenharia, uma vez que, somente quem está imerso no domínio da aplicação compreende de forma concreta as observações que foram levantadas e que devem ser traduzidas para uma linguagem de expressão de requisitos.

Conclui-se que o domínio sensorial, um assunto pouco tratado e discutido na área da Engenharia de Requisitos (ER), pelo seu caráter volátil, informal e pouco controlável, torna-se de extrema relevância quando se deseja desenvolver sistemas ou artefatos que venham a auxiliar o especialista no domínio de aplicação.

### **5.2.3 Validação**

O processo de validação utilizado neste trabalho utilizou do artifício de uma linguagem interpretativa, assim denominada, por representar os requisitos do domínio da engenharia para o domínio da aplicação. Isto é, permitir a análise, discussão e a confirmação dos mesmos na própria linguagem do especialista, através da exploração visual semelhante ao domínio da aplicação. Foram expostos oito vídeos representando os movimentos cirúrgicos em três dimensões no órgão em estudo, discutido no capítulo 4, seção 4.3.5. Baseado na experiência adquirida sobre este processo pode-se discutir alguns pontos relevantes observados.

O primeiro deles refere-se à representação visual dos requisitos, de forma intrínseca, na linguagem usual do domínio da aplicação. Em um primeiro momento, não se tinha conhecimento ou informações de trabalhos correlatos sobre a reação ou comportamento do especialista perante esta representação e se a mesma seria satisfatória para o processo de validação. Isto é, se a representação proposta na seção 3.2.5, levaria esta fase a formatar informações incoerentes ou não. Contudo, foi observado que o especialista sentiu-se

interessado nesta representação, pois apresentou de forma inovadora (3D) suas ações no domínio de aplicação. Ações estas baseadas nos requisitos do domínio da engenharia e apresentadas de forma indireta ao domínio de conhecimento do especialista. A validação foi realizada de forma verbal direta na proporção que os vídeos eram apresentados, onde o desenvolvedor questionava os requisitos utilizando-se da própria linguagem do especialista. Em meios a discussões e comentários, alguns requisitos foram validados de forma indireta, ou seja, através da exposição natural e espontânea da opinião do próprio especialista. Foi percebido também que a linguagem interpretativa expõe de forma direta e clara ao mesmo, se o desenvolvedor adquiriu a essência e compreensão sobre os requisitos do domínio da aplicação.

A validação foi realizada de forma direta no domínio da aplicação por causa da linguagem visual utilizada e ao mesmo tempo indireta para o domínio da engenharia. A transcrição dessa fase indireta para uma fase direta neste domínio pode ser realizada de diferentes formas, como sugerido na seção 3.2.6. Entretanto, uma vez transposto para o domínio em apreço, a depender da representação escolhida (neste trabalho foi ilustrada através de gráficos mencionados na seção 4.3.6) pode-se perder a noção total ou parcial do domínio da aplicação. Uma possível solução para evitar tal perda é discutida na seção 3.2.6. O processo de transcrição mostrou claramente que é dependente do desenvolvedor que atuou diretamente nas fases de aquisição do conhecimento.

A segunda discussão está relacionada à linguagem visual 3D induzir de forma errônea a validação. Fato este ocasionado pela superposição existente entre o artefato e o modelo do órgão em estudo no mundo virtual. Para evitar tal problema nesta fase, diferentes vistas foram utilizadas, permitindo uma discussão mais apurada sobre os movimentos cirúrgicos, entre o desenvolvedor e o especialista. A validação utilizada com esse tipo de linguagem permite a confirmação do domínio da aplicação com relação ao senso de percepção

do especialista, isto é, visual. A percepção por sensação, adquirida de forma subjetiva e informal (mencionados na seção 5.2.1 e 5.2.2) foi utilizada com o fim de expandir e obter a essência do conhecimento sobre o domínio da aplicação, auxiliando também o senso visual do desenvolvedor.

A magnitude dos requisitos validados, terceira discussão, está diretamente associada aos movimentos cirúrgicos utilizados no domínio da aplicação. Acredita-se que por ser um estudo inicial podem existir muitos requisitos, ainda não delimitados, que precisem de uma análise mais profunda para capturá-los e, conseqüentemente, validá-los. (por exemplo: o comportamento do movimento do olho no momento da incisão). Uma abordagem mais extensa pode ser realizada ampliando o domínio da linguagem interpretativa, mencionado na seção 3.2.5 e discutido na seção 5.2.2.

A proposta deste primeiro trabalho foi conceber um modelo base preliminar para eliciar requisitos em domínios disjuntos, em específico na área médica cirúrgica, enfocando prioritariamente a fase de eliciação (e conseqüente validação), a inclusão da representação visual e os recursos de realidade virtual, e abordando ainda superficialmente a representação simbólica. A contribuição deste trabalho não se estendeu à fase de análise, entendendo que se obtivermos sucesso na transcrição dos requisitos obtidos para alguma forma de representação, os métodos já consagrados na área possam ser aplicados.

O modelo proporcionou a validação dos requisitos dos movimentos cirúrgicos executados em uma cirurgia minimamente invasiva, e, apesar das dificuldades já relatadas, este processo de validação é mais confiável (no caso de domínios disjuntos) do que uma validação feita sobre uma descrição verbal. Este primeiro trabalho explorou um dos sentidos de percepção do especialista: o visual, proporcionando a expansão para estudos futuros (mencionada na seção 5.2.2.). A abordagem interpretativa, assim denominada, pode ser ampliada no seu escopo de maneira a abordar outras percepções. Entretanto, faz-se necessário

um estudo mais profundo no domínio da aplicação para desenvolver meios ou formas de captura, análise e validação dos requisitos com o especialista do domínio da aplicação. Por exemplo, o uso desta abordagem interpretativa aproxima desenvolvedor e especialista, por um lado, mas cria também a necessidade de se incluir na documentação do projeto o contexto e uma descrição detalhada da própria interpretação, já que esta é dependente de quem a faz. Assim, a acurácia do processo terá como consequência a ampliação significativa da documentação em tamanho.

Acredita-se no entanto que o modelo proposto nesta dissertação poderá servir de base para inúmeras outras aplicações, e para a exploração de domínios disjuntos, desde que sejam realizadas as devidas adaptações.

### 5.3 RESUMO DO CAPÍTULO

Este capítulo apresenta discussões referentes a experiência prática do modelo proposto no trabalho de dissertação. As mesmas foram divididas abordando os seguintes fatos:

Domínios disjuntos – discutiram-se experiências, opiniões, comentários sobre as dificuldades encontradas no processo de eliciação. O fato de existir um distanciamento entre a área do desenvolvedor e do especialista elevou de forma exponencial o nível de dificuldade de tal fase. Para contornar o problema, foram utilizados métodos observacionais, isto é, imersão no ambiente para adquirir, aprender e compreender o trabalho envolvido no domínio da aplicação. Um método difícil de ser aplicado porque exige do desenvolvedor um número de horas/dia disponibilizadas para imersão e análise das informações adquiridas, deslocamento por parte do mesmo para o ambiente de trabalho do especialista, domínio na linguagem

técnica, compreensão, entre outras.

O método observacional permite a aquisição de sutilezas e nuances do trabalho do domínio da aplicação de maneira que nenhuma outra técnica (discutida no capítulo 2) possibilita. Esse entendimento também está relacionado com a aproximação entre o desenvolvedor e o especialista. Acredita-se que alguns fatores ajudaram a tal aproximação: disposição, interesse, estar acessível a novas informações, além de adaptar-se a cultura dos hábitos do domínio da aplicação em questão.

Com base na experiência adquirida acredita-se que possam ser criadas outras formas de abordagem do problema, isto é, desenvolvimento de técnicas de eliciação que permitam maximizar o processo de imersão no domínio da aplicação e conseqüentemente adquirir um número de informações mais direto e preciso. Entretanto, tal discussão é alvo de trabalhos futuros.

Em seguida, discute-se sobre o uso do domínio sensorial no modelo proposto neste trabalho de dissertação. Artificio utilizado para adquirir o conhecimento tácito do domínio da aplicação e que por se tratar de um estudo inicial foi obtido de forma subjetiva para compreender as nuances e sutilezas nele envolvidas. O processo permitiu a expansão da maturidade, grau de absorção, discussões com o especialista em busca de novos requisitos que até então não tinham sido eliciados. Como conseqüência, este domínio auxiliou a percepção 3D do procedimento cirúrgico. Proporcionou verificar as dificuldades encontradas na descrição de requisitos que estão relacionados com o senso de percepção do especialista e do desenvolvedor, admitindo-se que é algo ainda não discutido na literatura. Utilizou alternativas simples, uma linguagem simples e clara. Contudo, foi realizada de uma maneira informal. O objetivo foi adquirir a compreensão de tal necessidade para obter experiência no domínio da aplicação e em trabalhos futuros desenvolver ou adaptar meios capazes de adquiri-las e validá-las diretamente com o especialista.

Por último, na validação, utilizou-se de uma linguagem visual para representar os requisitos do domínio da engenharia para o domínio da aplicação. Isto é, transpor para uma linguagem semelhante ao do especialista para que o mesmo pudesse validá-los, isto é, confirmá-los. Foi verificado que o uso desta linguagem o incentivou, uma vez que representou de forma inovadora (3D) suas ações no domínio da aplicação. Esta auxiliou a validar um número grande de requisitos em um curto período de tempo, discutidos na seção 4.3.5. O especialista também se sentiu a vontade para questionar, discutir, comentar e validar os movimentos cirúrgicos de forma direta, em que o desenvolvedor questionava-o, utilizando sua própria linguagem. Foi discutido que a validação é dependente do desenvolvedor que participou diretamente do processo de eliciação dos requisitos, pois o mesmo é responsável pela tradução das informações para o domínio da engenharia e da aplicação, ou vice-versa.

Discutiu-se também que a linguagem visual 3D não induziu a validações errôneas, nem gerou informações absurdas. Pelo contrário, mostrou uma forma simples de explorar um dos sentidos de percepção do especialista, o visual. Expõe também o desenvolvedor perante o cirurgião em relação ao seu grau de compreensão e aquisição dos requisitos sobre o domínio da aplicação. Acredita-se que por ser um estudo inicial, faz-se necessário uma análise mais profunda para se determinar a magnitude dos requisitos (quantidade total).

Enfim, verificou-se também que na linguagem interpretativa, pode ser ampliada a sua abordagem para tratar outras percepções que estão envolvidas no domínio da aplicação. Faz-se necessário um estudo mais profundo deste domínio para desenvolver meios ou formas com o objetivo de capturá-la, analisá-las e validá-las com o especialista. Acredita-se que o modelo proposto serve de base para inúmeras outras aplicações, e para a exploração de domínios disjuntos, desde que sejam realizadas as devidas adaptações.

## CAPÍTULO 6

---

### CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi apresentada uma proposta de modelo, baseado nos princípios da Engenharia de Requisitos, para auxiliar a área de projetos de engenharia a analisar e definir, junto ao especialista da área médica, os movimentos cirúrgicos executados em uma cirurgia. A proposta foi discutida e apresentada no decorrer deste trabalho de dissertação, fundamentada nos princípios da Engenharia de Requisitos (ER), e aplicada em um uso prático, que permitiu o desenvolvimento das seguintes conclusões:

- O modelo mostrou-se promissor na área do domínio de aplicação escolhido, isto é, na oftalmologia, em específico a cirurgia da catarata, procedimento minimamente invasivo;
- A forma simples, clara e objetiva do modelo, através de um procedimento abrangente (ER), permite sua extensão a quaisquer áreas correlatas, desde que sejam realizadas adaptações coniventes ao domínio da aplicação desejado;
- Foi percebida na aplicação prática do modelo a importância do papel da imersão do desenvolvedor no ambiente do domínio da aplicação através dos métodos observacionais. Esses métodos possuem um caráter informal que dificultam o controle absoluto do processo. Entretanto, quando discutimos o processo de eliciação em domínios disjuntos, os mesmos proporcionam a aquisição de nuances e sutilezas do conhecimento tácito do especialista (baseados em anos de experiência e habilidades) que nenhuma outra técnica (entrevista, *brainstorming*, *workshop*, questionário, cenário, JAD) proporciona;

- A vantagem de se utilizar uma linguagem interpretativa, semelhante e/ou igual à linguagem usual do especialista no domínio de aplicação, isto é, a visual, mostrou-se ser mais confiável (em caso de domínios disjuntos) para o processo de validação dos requisitos, do que somente a descrição verbal com o especialista. Acredita-se que esta forma auxiliou a minimizar ao máximo os erros provenientes do processo de comunicação e transferência de conhecimento envolvidos no processo, além de mostrar ao especialista a compreensão do desenvolvedor sobre o domínio da aplicação;
- O conhecimento sensitivo, assunto pouco tratado e discutido na ER, por seu caráter volátil, informal e pouco controlável, foi útil para expandir o grau de abstração sobre a aplicação, auxiliando na percepção 3D do desenvolvedor no procedimento cirúrgico e, conseqüentemente, no desenvolvimento visual dos movimentos dos instrumentos cirúrgicos;
- O modelo proposto também proporcionou a multidisciplinaridade entre diversas áreas, sendo elas engenharia, computação e medicina;

Todavia, deve-se deixar clara a importância do acompanhamento e assessoramento do especialista da área no processo de conduta proposto neste modelo. O mesmo contou com o total apoio do Hospital Santa Luzia, localizado em Salvador - Bahia, concebido pelo Dr. Eduardo Príncipe, com orientação do Dr. Alexandre Príncipe, e do Instituto da Catarata – UNIFESP, localizado em São Paulo – SP, concebido e orientado por Dr. Lincoln Lemes Freitas e Dr. Jonathan Clive Lake.

Como trabalho futuro este se estende à:

- Desenvolver técnicas de eliciação que permitam maximizar o processo de imersão no domínio da aplicação e, conseqüentemente, adquirir um número de informações mais

direto e preciso sobre o domínio disjunto, efetuando um estudo comparativo da qualidade versus quantidade dos requisitos obtidos com o estudo já realizado neste trabalho;

- Desenvolver uma estrutura de representação simbólica para esta fase específica da representação de requisitos mais expressiva e mais abrangente (no que se refere a processos pertinentes à observação sensorial) do que a estrutura simbólica atualmente vinculada a processos de software (UML - *Unified Modeling Language*). Vislumbra-se neste caso uma representação baseada em XML (*eXtensible Markup Language*) e que seja aderente ao UML nos casos pertinentes;
- Aplicar o modelo em outros estudos de casos, para desenvolver uma linguagem “universal” que traduza a percepção do domínio sensorial para o domínio da engenharia, de maneira a minimizar ao máximo múltiplas interpretações que por ventura possam ocorrer dentro de uma equipe de desenvolvimento;
- Desenvolver e apresentar uma análise matemática criteriosa sobre a representação dos movimentos dos instrumentos cirúrgicos dentro do modelo tridimensional do globo ocular;
- Desenvolver um projeto de engenharia, já em andamento, para um sistema automatizado capaz de auxiliar o médico cirurgião na extração da catarata, de forma a contribuir para o acréscimo do número de cirurgias dia realizadas nos hospitais de grande circulação. Aumentar a habilidade e precisão do médico na manipulação dos instrumentos cirúrgicos, eliminando os tremores inerentes as limitações físicas da mão do ser humano, tornando as etapas cirúrgicas mais seguras, além de proporcionar o desenvolvimento de novas técnicas cirúrgicas.

## REFERÊNCIAS

---

- Alexander, I; Robertson, S; (2004), "Understanding Project Sociology by Modeling Stakeholders," *IEEE Software*, vol. 21, no. 1, pp. 23-27, Jan/Feb.
- Atkinson, P., and Hammersley, M., 1994, "Ethnography and participant observation. In N.K. Dezin and Y.S. Lincoln (eds). *Handbook of Qualitative Research*. Longon:Stage.
- Baixauli, B. G. et al, 2005, "Aplicación de la Teoría de Constructos Personales a la Elicitación de Requisitos" *Revista IEEE América Latina*, Volume 3, Number 1 - mar 2005
- Batista E.A., Carvalho A. M. B. R., 2003, "Uma Taxonomia Facetada para Técnicas de Eliciação de Requisitos", *Anais do WER03 - Workshop em Engenharia de Requisitos*, Piracicaba-SP, Brasil, Novembro 27-28, ISBN 8587926071, 48-62
- Beyer, e Holtzblatt, 1995a. "Apprenticing with the Customer: A Collaborative Approach to Requirements Definition," *Communications of the ACM*, May.
- Beyer, H.; Holtzblatt, 1998b, "Contextual Design. Defining Customer-Centered System". San Francisco: Morgan Kuaffmann.
- CaliberRM, 2005, Borland. Disponível em <http://www.borland.com/br/products/caliber/index.html>, Acesso em: 02/10/2006.
- Carroll,J. M, 2000, "Introduction to the special issue on "Scenario-Based Systems Development," *Interacting with Computers*, 13(1), 41-42.

- Cook, N, 1994, "Varieties of knowledge elicitation techniques." *International Journal on Human-Computer Studies* 41: 801-849.
- Davis, A. M. 1993, *Software Requirements - Objects, Functions and States*. PTR-Prentice Hall.
- Filho W. P. P, 2001, *Engenharia de Software: Fundamentos, Métodos e Padrões*, Editora LTC, Rio de Janeiro, Rj.
- Fook K.D, Abdelouahab Z., 2001, "Reutilização de Objetivos na Engenharia de Requisitos", *Workshop on Requirements Engineering*, disponível em: [http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos\\_WER01/fook.pdf](http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos_WER01/fook.pdf) , Acesso em: 20/10/2006
- Fransella, F.; Bannister, D. A manual for repertory grid technique. London : Academic Press, 1977.
- Frey, D. D.; Dym C. L., 2006, "Validation of design methods: lessons from medicine", *Research in Engineering Design*, May, 17.
- Gause, Donald C., Weinberg, Gerald M. *Explorando requerimentos de sistemas*. São Paulo: McGraw-Hill, 1991. 368 p.
- Gervasi, V. and Zowghi, D. 2005. Reasoning about inconsistencies in natural language requirements. *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.* 14, 3 (Jul. 2005), 277-330.
- Go, K; Carroll, J.M, 2003, "Scenario-based task analysis," in *Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*, ed. D. Diaper and N. Stanton, pp.117–134, Lawrence Erlbaum Associates

- Goguen, 1996. "Formality and Informality in Requirements Engineering". In *Proceedings of the 2nd international Conference on Requirements Engineering (ICRE '96)* (April 15 - 18, 1996). ICRE. IEEE Computer Society, Washington, DC, 102.
- Goguen, J. & Linde, C. (1993). Techniques for Requirements Elicitation. *1st IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE'93)*, San Diego, USA, 4-6th January 1993, pp. 152- 164.
- Gough, P. A., Fodemski, F. T., Higgins, S. A., and Ray, S. J., 1995., "Scenarios-an industrial case study and hypermedia enhancements". In *Proceedings of the Second IEEE international Symposium on Requirements Engineering* (March 27 - 29, 1995). RE. IEEE Computer Society, Washington, DC, 10.
- Hartfield, B; Winograd, T., 1996, "Profile: IDEO. In T. Winograd (ed.) *Bringing Design to Software*, ACM Press.
- Haumer, P., K. Pohl, K. Weidenhaupt , 1998, "Requirements Elicitation and Validation eith Real World Scenes", *IEE Transactions on Software Engineering*, Vol 24, No 12, Special Issue on Scenario Management, December,
- Herzwurm, G., Schockert, S., and Pietsch, W. 2003. QFD for Customer-Focused Requirements Engineering. In *Proceedings of the 11th IEEE international Conference on Requirements Engineering* (September 08 - 12, 2003). RE. IEEE Computer Society, Washington, DC, 330.
- Hickey, A. M. and Davis, A. M. 2003. Elicitation Technique Selection: How Do Experts Do It?. In *Proceedings of the 11th IEEE international Conference on Requirements Engineering* (September 08 - 12, 2003). RE. IEEE Computer Society, Washington, DC, 169.

- Hickey, A.; Davis, A.; & Kaiser, D., 2003, "Requirements Elicitation Techniques: Analyzing the Gap Between Technology Availability and Technology Use." *Comparative Technology Transfer and Society* 1, 3 (December): 279-302.
- Hickey, Ann M; Davis, Alan M., Requirements Elicitation and Elicitation Technique Selection: A Model for Two Knowledge-Intensive Software Development Processes, *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'03)* 0-7695-1874-5/03.
- Hudlicka, E. 1996. Requirements Elicitation with Indirect Knowledge Elicitation Techniques: Comparison of Three Methods. In *Proceedings of the 2nd international Conference on Requirements Engineering (ICRE '96)* (April 15 - 18, 1996). ICRE. IEEE Computer Society, Washington, DC, 4.
- IEEE , 1998, IEEE-SA STANDARDS BOARD *IEEE Std 1233-1998: IEEE Guide for Developing System Requirements Specifications*, December.
- Jiang L.; Eberlein A.; Far B. H., 2005, "Combining Requirements Engineering Techniques – Theory and Case Study", *Proceedings of the 12<sup>th</sup> IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-based System (ECBS'05)*.
- Kendall, K. e Kendall, 1988, J. E. *Systems analysis and design*. Prentice-Hall
- Kotony, Sommerville, 1998, "Requeriments engineering : processes and techniques", Chichester: J. Wiley.
- Leite J.C.S.P.; Franco, A.P.M., 1993, "A Strategy for Conceptual Model Acquisition". In: *International Symposium on Requirements Engineering*, 1., , SanDiego, Ca. *Proceedings...* IEEE Computer Society Press, p. 243-246.

- Leite, J.C.S.P, G. Rossi, F. Balaguer, and V. Maiorana. 1997., *Enhancing a requirements baseline with scenarios*. In Proceedings of the Third IEEE International Symposium on Requirements Engineering – RE97, pages 44-53. IEEE Computer Society Press, January,
- Li, K; Dewar, R.G., Pooley, R.J, 2004, “Requirements Capture in Natural Language Problem Statements”, Technical Report HW-MACS-TR-0023, disponível em: [http://www.macs.hw.ac.uk/techreps.](http://www.macs.hw.ac.uk/techreps/), Acesso: 20/10/2006.
- Liou, Y.I. *Knowledge acquisition: issues, techniques, and methodology*. in *ACM SIGBDP Conference on Trends and Directions in Expert Systems*. 1990. Orlando, Florida, United States: ACM Press.
- Macaulay, L. A., 1996, “Requirements for Requirements Engineering Techniques”, IEEE Proceedings of ICRE.
- Matlab, 2006. Sítio relativo ao Software MATLAB R14. Disponível em:<<http://www.mathworks.com/>>, Acesso em 01/02/2006.
- Moore, C.M., 1987, *Group techniques for idea building.*, Sage Publications: Newbury Park, CA.
- Muller, M. J. 2001. Layered participatory analysis: new developments in the CARD technique. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Seattle, Washington, United States). CHI '01. ACM Press, New York, NY, 90-97.
- Niu, N. and Easterbrook, S. 2006. Discovering aspects in requirements with repertory grid. In *Proceedings of the 2006 international Workshop on Early Aspects At ICSE* (Shanghai, China, May 21 - 21, 2006). EA '06. ACM Press, New York, NY, 35-42.

- Nuseibeh, B.; Easterbrook, S., 2000, *Requirements Engineering: A Roadmap*. In: International Conference on Software Engineering, 22..jun, Limerick, Ireland. Proceedings... ACM, 2000, p. 35-46.
- Olson, J.S. and Moran, T. Mapping the method muddle: Guidance in using methods for user interface design. In Human computer interface design: Success cases, emerging methods, and real world contexts. C. Lewis et al (eds). New York: Morgan Kaufman, 1995.
- Peters, J F.; Pedricz, W, 2001, *Engenharia de software: teoria e prática*. Trad: Ana Patrícia Garcia. Rio de Janeiro: Campus.
- Preece J, Rogers Y., Sharp H., 2002, *Interaction Design - Beyond human-computer interaction*, Wiley
- Pressman, Roger S. *Software engineering: a practitioner's approach*. 6 ed. New York: McGraw-Hill, 2005.
- Queiroz, R.A.de A.; Príncipe, A.H; Ibrahim , R.C; Silva, J.R., 2006, “Estudo da Mobilidade de Instrumentos Cirúrgicos para um Sistema Robotizado dedicado a Cirurgia de Catarata”, IV CONEM – Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Outubro.
- Raghavan et al, 1994, “*Lecture Notes on Requirements Elicitation*”, Educational Materials CMU/SEI-94-EM-10, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.
- Rational, 2006, Rational Corporation (1999). Requisite Pro, disponível em <http://www.rational.com>, Acesso em: 01/07/2006.
- Robertson, S; Robertson J, 2006, *Mastering the Requirements Process*. Boston: Addison-Wesley.

- Rolland, C., C. Souveyet, C. B. Achour, 1998, “*Guiding Goal Modeling Using Scenarios*”, IEEE Transactions on Software Engineering”, Vol 24, No 12, Special Issue on Scenario Management, December.
- Rose, A, et al, 1995, “An applied ethnographic method for redesigning user interfaces”. In Proceedings of DIS 95, 115-122.
- Rudd, J. et al, 1996, “Low vs. High-fidelity Prototyping Debate”. ACM Interactions Magazine, January, 76-85
- Rudman, C. and Engelbeck, G. 1995. Lessons in choosing methods for designing complex graphical user interfaces. In *Proceedings of A Workshop on Human-Computer interface Design : Success Stories, Emerging Methods, and Real-World Context: Success Stories, Emerging Methods, and Real-World Context* (Boulder, Colorado, United States). M. Rudisill, C. Lewis, P. G. Polson, and T. D. McKay, Eds. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, CA, 198-228.
- Sheldon, F. T., Kavi, K. M., Tausworth, R. C., Yu, J. T., Brettschneider, R., and Everett, W. W, 1992, Reliability Measurement: From Theory to Practice. *IEEE Softw.* 9, 4 (Jul. 1992).
- Sommerville et al, 1992, “Integrating Ethnography Into the Requirements Engineering Process”, In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Requirements Engineering*, pages 165-173. IEEE Computer Society, ISBN 0818631201
- Solidworks, 2006. Sítio relativo ao Software Solidworks 2006. Disponível em: <<http://www.solidworks.com/>>, Acesso em 01/04/2006.

- Sutcliffe, A, 1997, "A Technique Combination Approach to Requirements Engineering", 3rd IEEE International Symposium on Requirements Engineering (RE'97), Jan. 05 - 08, Annapolis, MD.
- Sutcliffe, A. G. and Ryan, M. 1998. Experience with SCRAM, a Scenario Requirements Analysis Method. In *Proceedings of the 3rd international Conference on Requirements Engineering: Putting Requirements Engineering To Practice* (April 06 - 10, 1998). ICRE. IEEE Computer Society, Washington, DC, 164.
- Truong, K. N., Hayes, G. R., and Abowd, G. D. 2006. Storyboarding: an empirical determination of best practices and effective guidelines. In *Proceedings of the 6th ACM Conference on Designing interactive Systems* (University Park, PA, USA, June 26 - 28, 2006). DIS '06. ACM Press, New York, NY, 12-21.
- Who, 2004, "Why is cataract increasing so rapidly?". Produced by World Health Organization and International Agency for the Prevention of Blindness. Disponível em: <[http://www.who.int/ncd/vision2020\\_actionplan/contents/3.5.1.htm#why](http://www.who.int/ncd/vision2020_actionplan/contents/3.5.1.htm#why)>, Acesso em: 01/01/2006.
- Zhang Z., 2005, TKOPS407 Seminar "Software Development - Issues, Trends, and Research Directions", 2005-2006, disponível em: <http://www.cs.uta.fi/tkops407/sd-seminar-6-10-2005.pdf>., Acesso em: 20/10/2006.