

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**SISTEMA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE**  
**SERVIÇOS HOSPITALARES E ESPECIFICAÇÃO DE**  
**EQUIPAMENTOS MÉDICOS**

200106943

Autor: **Egon Luiz Müller Júnior**  
Orientador: Prof. Dr. **Saide Jorge Calil**

|                                                   |                         |
|---------------------------------------------------|-------------------------|
| Este exemplar corresponde a redação final da tese |                         |
| defendida por                                     | <i>Egon Luiz Müller</i> |
| e aprovada pela Comissão                          |                         |
| Julgada em                                        | <i>14 / 08 / 00</i>     |
| <i>Saide Jorge Calil</i><br>Orientador            |                         |

Curso: **Engenharia Elétrica**  
Área de Concentração: **Engenharia Biomédica**

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, como requisito para a obtenção do título de doutor em Engenharia Elétrica

Campinas, 14/08/2000  
S.P. - Brasil



**UNICAMP**  
**BIBLIOTECA CENTRAL**  
**SEÇÃO CIRCULANTE**

UNIDADE 012  
 N.º CHAMADA: 77 UNICAMP  
 M914s  
 V. Ex.  
 TOMBO BC/44301  
 PROC. 16-392/01  
 C ☐ D ☒  
 PREÇO R\$ 11,00  
 DATA 09/05/01  
 N.º CPD

CM-00155051-7

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
 BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

M914s Müller Júnior, Egon Luiz  
 Sistema de apoio ao planejamento de serviços hospitalares  
 e especificação de equipamentos médicos / Egon Luiz Müller  
 Júnior.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Saide Jorge Calil.  
 Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,  
 Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Engenharia biomédica. 2. Hospitais - Administração. 3.  
 Hospitais - Mobiliário e equipamento - Especificações. 4.  
 Sistemas de suporte de decisão. I. Calil, Saide Jorge. II.  
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia  
 Elétrica e de Computação. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**TESE DE DOUTORADO**

**SISTEMA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE**  
**SERVIÇOS HOSPITALARES E ESPECIFICAÇÃO DE**  
**EQUIPAMENTOS MÉDICOS**

**Autor: Egon Luiz Müller Júnior**  
**Orientador: Prof. Dr. Saide Jorge Calil**

---

**Prof. Dr. Saide Jorge Calil**  
**Universidade Estadual de Campinas**

---

**Prof. Dr. José Felício da Silva**  
**Universidade Federal da Paraíba**

---

**Prof. Dr. Luiz Carlos Zeferino**  
**Universidade Estadual de Campinas**

---

**Dr. José Wilson Magalhães Bassani**  
**Universidade Estadual de Campinas**

---

**Prof. Dr. Sérgio Santos Mühlen**  
**Universidade Estadual de Campinas**

---

**Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vera Lúcia da Silveira Nantes Button**  
**Universidade Estadual de Campinas**

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

À minha amada família, Luiza e Andreza

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE



## **Agradecimentos**

À Deus pelo Dom da vida;

Ao meu orientador pela paciência e amizade;

Às minhas esposa Luiza e filha Andreza pelo carinho, compreensão e incentivo;

Aos meus pais Egon e Sidinês e irmã Mauren pelo incentivo;

Aos professores, funcionários e amigos do Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP e da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, que me ajudaram de forma direta e indireta na conclusão deste trabalho;

À equipe de enfermagem da UTI e do Centro Cirúrgico e aos funcionários do Departamento de Estatística do Hospital de Clínicas da UNICAMP.

## Resumo

MÜLLER Jr., Egon Luiz, *Sistema de Apoio ao Planejamento de Serviços Hospitalares e a Especificação de Equipamentos Médicos*, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2000, Tese (Doutorado).

Este trabalho apresenta um programa para auxiliar no processo de planejamento de serviços hospitalares e especificação de equipamentos médicos. Para o processo de planejamento foi desenvolvido um sistema de banco de dados para o armazenamento das informações e apresentação dos resultados. Para a análise de dimensionamento de serviços, ou seja, seu planejamento, foi utilizado a metodologia de teoria das filas. Os resultados gerados pelo programa são; informações sobre os equipamentos (tipo e quantidade) necessários para cada serviço de um sistema hospitalar e, informações que quantificam e qualificam as características funcionais necessárias para a especificação dos equipamentos utilizados nos serviços hospitalares. Todo o programa foi desenvolvido através de telas (formulários) de forma a criar uma interface bastante amigável para os usuários. Neste trabalho, o resultado esperado é a redução do tempo gasto pelo pessoal de saúde nas atividades que devem ser desenvolvidas para, projetar os serviços hospitalares e especificar os equipamentos médicos. Esta redução é obtida através dos relatórios apresentados pelo programa em função das informações fornecidas pelos usuários sobre o tipo e dimensionamento do serviço a ser projetado e sobre as características funcionais do equipamento a ser especificado.

### *Palavras chave*

Engenharia Clínica, Planejamento de Serviços Hospitalares, Especificação de Equipamentos, Sistemas de Apoio Decisão.

## Abstract

MÜLLER Jr., Egon Luiz, *Support System for Hospital Services Planning and Medical Equipment Specification*, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2000, Tese (Doutorado).

This work shows a program aimed in the process of planning hospital services and medical equipment specification. For the planning process it was developed a database system in order to store the information and showing out the results. For the dimensioning analysis of the services, i.e., its planning, it was used a methodology of the queuing theory. The results generated by the program are; information about the equipment ( type and quality) needed for each service in a hospital system and, information that are able to quantify and qualify the functional characteristics needed for the specification of the used equipment in the hospital services. The whole program was developed by using a highly friendly interface which enables its use. In this work, the expected result is the reduction in the time spent by the health staff in daily chores that must be developed in order to project the hospital services and also specify the medical equipment. This reduction in the time is obtained through reports presented by the program based on the information supplied by the users about the type and the dimensioning of the service to be projected and also about the functional characteristics of the equipment to be specified.

### *Key Words*

Clinical Engineering, Health Care Services Planning, Equipment Specification, Decision Support System.

# Índice

|                                                                    |              |
|--------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>1. Introdução .....</b>                                         | <b>1</b>     |
| 1.1. Objetivo .....                                                | 3            |
| 1.2. Motivação .....                                               | 3            |
| 1.3. Relevância.....                                               | 4            |
| 1.4. Organização da tese.....                                      | 4            |
| <br><b>2. Base teórica .....</b>                                   | <br><b>6</b> |
| 2.1. Banco de dados .....                                          | 7            |
| 2.1.1. Sistema de banco de dados .....                             | 8            |
| 2.1.2. Terminologia utilizada nos sistemas de banco de dados ..... | 10           |
| 2.1.3. Tipos de bancos de dados .....                              | 12           |
| 2.1.3.1. Banco de dados relacional.....                            | 13           |
| 2.1.3.2. Banco de dados de lista invertida .....                   | 15           |
| 2.1.3.3. Banco de dados hierárquicos.....                          | 15           |
| 2.1.3.4. Banco de dados de redes .....                             | 15           |
| 2.1.4. Linguagem de consulta estruturada.....                      | 17           |
| 2.2. Teoria das filas.....                                         | 19           |
| 2.2.1. Descrição do problema de filas .....                        | 19           |
| 2.2.2. Equações básicas do processo de filas.....                  | 20           |
| 2.2.3. Características de um processo de filas .....               | 22           |
| 2.2.3.1. Padrão de chegadas dos consumidores .....                 | 22           |
| 2.2.3.2. Padrão de serviço dos servidores.....                     | 23           |
| 2.2.3.3. Disciplina da fila.....                                   | 24           |
| 2.2.3.4. Capacidade do sistema.....                                | 25           |
| 2.2.3.5. Número de canais de serviço.....                          | 25           |
| 2.2.3.6. Estágios de serviço .....                                 | 26           |
| 2.2.4. Notação de um sistema de filas .....                        | 27           |
| 2.2.5. Modelagem de um sistema.....                                | 27           |
| 2.2.6. Simulação de eventos discretos.....                         | 31           |

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2.6.1. Mecanismo de avanço no tempo .....                                                      | 31         |
| 2.2.6.2. Componentes e organização de um modelo de simulação de eventos discretos.....           | 32         |
| 2.2.6.3. Organização e lógica dos eventos de chegada e de saída .....                            | 35         |
| 2.2.6.4. Gerador das distribuições de probabilidades.....                                        | 37         |
| 2.2.6.5. Indicadores de desempenho do sistema de filas .....                                     | 39         |
| <b>3. Metodologia.....</b>                                                                       | <b>41</b>  |
| 3.1. Definição do sistema de gerenciamento do banco de dados .....                               | 42         |
| 3.2. Obtenção das informações.....                                                               | 43         |
| 3.3. Estruturação do banco de dados.....                                                         | 50         |
| 3.4. Armazenamento das informações .....                                                         | 57         |
| 3.5. Implementação do sistema.....                                                               | 61         |
| 3.5.1. Metodologia para determinação do planejamento dos serviços.....                           | 63         |
| 3.5.2. Metodologia para elaboração da especificação de equipamentos.....                         | 66         |
| 3.5.3. Metodologia para análise de dimensionamento .....                                         | 71         |
| 3.6 Teste de funcionamento do SAPSAS.....                                                        | 75         |
| 3.6.1 Teste do sistema desenvolvido para o gerenciamento do banco de dados .....                 | 76         |
| 3.6.2. Teste do sistema desenvolvido para a análise de dimensionamento .....                     | 77         |
| 3.6.3. Teste do sistema desenvolvido para especificação de equipamentos médico-hospitalares..... | 79         |
| <b>4. Estudos de casos .....</b>                                                                 | <b>81</b>  |
| 4.1. Planejamento de uma unidade de terapia intensiva pediátrica .....                           | 81         |
| 4.2. Planejamento de um consultório médico indiferenciado .....                                  | 95         |
| <b>5. Conclusões e sugestões para futuros trabalhos .....</b>                                    | <b>105</b> |
| 5.1. Conclusões.....                                                                             | 105        |
| 5.2. Sugestões para futuros trabalhos.....                                                       | 107        |
| <b>Referências bibliográficas.....</b>                                                           | <b>109</b> |

|                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Anexo A – Resultado das simulações para teste do SAPSAS .....</b>                                              | <b>124</b> |
| <b>Apêndice I – Descrição do sistema desenvolvido .....</b>                                                       | <b>127</b> |
| I.1. Telas para armazenamento de dados .....                                                                      | 127        |
| I.2. Tela principal.....                                                                                          | 136        |
| I.3. Tela de consulta ao banco de dados.....                                                                      | 144        |
| I.4. Tela de especificação de equipamentos .....                                                                  | 148        |
| I.5. Tela de perguntas de especificação.....                                                                      | 152        |
| I.6. Tela de planejamento de serviço .....                                                                        | 157        |
| I.7. Tela gráfica.....                                                                                            | 158        |
| <b>Apêndice II - Artigo apresentado no Word Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2000 .....</b> | <b>162</b> |
| <b>Apêndice III – Artigo apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica .</b>                   | <b>168</b> |

## **Capítulo 1**

### **Introdução**

A racionalização de recursos, a cobrança cada vez maior de resultados e consumidores mais exigentes, leva a um planejamento cuidadoso na implantação de novos serviços ou ampliação de serviços existentes, em qualquer que seja a área de atuação na economia. O projeto de serviços relacionados com a área da saúde tem se tornado crescentemente mais complexo, e freqüentemente é prejudicado por um planejamento mal executado (Hutton, 1997). Este tipo de planejamento tem conseqüências desastrosas principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde a falta dos serviços ou a má distribuição regional dos mesmos, faz com que o custo social seja muito alto. A inexistência de serviços de saúde em determinadas regiões, provoca o deslocamento de pacientes por longos percursos e a saturação dos serviços nos grandes centros urbanos. Além do custo social, tem-se freqüentes notícias do desperdício de verbas públicas em instalações abandonadas, em sub-utilização dos serviços ou em equipamentos que nem chegam a entrar em funcionamento. O cuidado no planejamento e a organização dos serviços melhoram as condições clínicas para o atendimento de pacientes, diminui o tempo gasto no serviço (Yaron, Ruiz and Baretich, 1994), e como conseqüência reduz o custo do sistema de saúde.

O planejamento de serviços de assistência a saúde deve ser criteriosamente elaborado por uma equipe multidisciplinar, envolvendo administradores, médicos, enfermeiros, engenheiros clínicos e arquitetos (Hutton, 1997). O projeto de implantação de um serviço pode ser dividido em duas etapas. A primeira etapa tem a finalidade de definir os serviços essenciais para a instituição, e envolve o planejamento estratégico, onde diversos fatores devem ser analisados, como: missão ou filosofia da instituição, população atendida, características demográficas, perfil epidemiológico, demanda regional, etc. (Rohde, Priby and Hochkammer, 1985).

A segunda etapa é o projeto do serviço, onde é necessário o acesso a um grande número de informações relativas ao serviço hospitalar que se deseja projetar (por exemplo: sala cirúrgica, sala de radiologia, laboratório de patologia clínica, etc.), como: equipamentos necessários, análise

de dimensionamento, serviços de suporte, características físicas (revestimento, iluminação, circulação de equipamentos, circulação de pessoal e materiais, etc.), controle de infecção, etc. Os tipos de serviços de saúde determinam os equipamentos a serem utilizados (Peisner, 1996). Estes equipamentos devem ser escolhidos após uma cuidadosa avaliação, de forma a atender plenamente sua função dentro do serviço. Os tipos de equipamentos influenciam no espaço físico do serviço (Marmarinou, 1990) e portanto, o planejamento do espaço físico deve ser realizado posteriormente à escolha dos tipos dos equipamentos.

Os serviços assistenciais de saúde no Brasil, principalmente no setor público, em sua grande parte tendem a ser mal projetados. A conclusão dos projetos na maioria das vezes leva anos, como consequência da falta de verbas ou mudança na administração (falta de vontade política). Esta demora na conclusão dos projetos e o crescente avanço tecnológico resultam na obsolescência dos equipamentos previamente selecionados, ou seja, após a conclusão da instalação física dos serviços assistenciais de saúde uma nova avaliação dos equipamentos deve ser realizada. Portanto, grande parte dos casos resulta na adequação dos equipamentos ao espaço físico e não no planejamento do espaço físico em função dos tipos de equipamentos, como deveria ser.

A adequada elaboração da especificação técnica do equipamento é um ponto importante no planejamento e aquisição dos equipamentos. Em muitos casos os profissionais responsáveis pela especificação dos equipamentos não trabalham com os mesmos, e na maioria das vezes não sabem como e onde conseguir as informações necessárias para elaboração da especificação. A consequência dessa falta de informação pode levar à aquisição de um equipamento que não atenda plenamente às necessidades do serviços, ou de um equipamento que possua recursos que não serão utilizados no serviço, resultando em um custo adicional na aquisição do equipamento.

Outro fator de extrema importância no planejamento de serviços assistenciais de saúde é o dimensionamento do serviço. A falta de um dimensionamento adequado leva à sub-utilização ou a saturação do serviço, resultando na ociosidade do serviço ou em longas esperas pelo atendimento, causando o desconforto dos usuários. Para um dimensionamento adequado dos serviços são necessárias tanto informações estatísticas (como demanda, tempo de utilização do



serviço, etc.) como a metodologia utilizada para analisar essas informações. No Brasil, pode-se dizer que os profissionais, responsáveis pelo dimensionamento dos serviços assistenciais de saúde, encontram dificuldades tanto no acesso às informações estatísticas necessárias para uma análise de dimensionamento adequada, como no conhecimento das metodologias utilizadas para analisar estas informações.

### **1.1- Objetivo**

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um programa, que forneça suporte à tomada de decisão de forma a auxiliar o planejamento de serviços assistenciais de saúde através da seleção adequada dos equipamentos destinados a cada serviço, da especificação dos mesmos e do dimensionamento apropriado dos serviços.

### **1.2- Motivação**

O grande problema enfrentado pelos planejadores para a execução do planejamento de serviços assistenciais de saúde é a pulverização das informações. A falta de centralização de informações é uma característica não só no Brasil mas em toda América Latina e em vários países da Europa. Embora exista uma gama bastante grande de informações sobre os serviços hospitalares e os equipamentos a eles relacionados como os trabalhos sobre: unidade de terapia intensiva neonatal (Comitê, 1995), unidade de terapia intensiva pediátrica (Committee, 1993), (The American, 1992-93), centro de traumatismos pediátricos (Schweer and Ose, 1995), unidade de endoscopia (Marmarinou, 1990), etc., estas informações enfocam tipos específicos de serviços, obrigando o usuário a uma extensa pesquisa bibliográfica que nem sempre é bem sucedida. Além dessa pulverização, em alguns casos, ocorre uma inexistência completa de informações, mostrando o descaso de profissionais em relação à padronização dos serviços, e consequentemente com os cuidados prestados ao paciente.

Com o objetivo de melhorar o atendimento à população, os órgãos normativos do Ministério da Saúde têm publicado trabalhos que visam padronizar ou pelo menos informar o que deve ser pensado no planejamento de instalações de assistência à saúde, (Ministério da Saúde -

SAS, 1994 a), (Ministério da Saúde - SAS, 1994 b). Estes trabalhos trazem informações sobre equipamentos, espaço físico, recursos humanos, serviços de suporte, etc. Entretanto, o sistema desenvolvido para fornecer estas informações deixa a desejar tanto na forma como elas são apresentadas quanto no ambiente utilizado para o desenvolvimento do sistema (o programa usado no gerenciamento das informações é desenvolvido em uma base de programação que dificulta a interface com o usuário).

Além da dificuldade de obtenção das informações para o planejamento de serviços hospitalares, uma outra lacuna, detectada em entrevistas com profissionais responsáveis pelo planejamento de serviços assistenciais de saúde, é a falta de conhecimento (utilização) de metodologias que possam auxiliar a análise de dimensionamento do serviço. Estas metodologias auxiliam a tomada de decisão no que diz respeito ao dimensionamento de processos e serviços.

### **1.3- Relevância**

Em face à grande pulverização (ou até da inexistência) das informações, o desenvolvimento de um sistema único que reúne dados, com qualidade e confiabilidade, sobre a maioria dos serviços e equipamentos que compõem um ambiente hospitalar é sem dúvida uma preciosa base de informações para profissionais que trabalham no planejamento de serviços na área de saúde.

### **1.4- Organização da tese**

Capítulo 2 – Base teórica – fornece a base de informações sobre as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento e implementação do programa, que são: os sistemas de banco de dados e a teoria das filas.

Capítulo 3 – Metodologia – descreve todo o desenvolvimento da tese; os métodos utilizados para obtenção das informações para a escolha do sistema de gerenciamento de banco de dados e para a implementação do sistema.

Capítulo 4 – Estudos de casos – descreve a utilização do sistema no planejamento de dois ambientes hospitalares: uma unidade de terapia intensiva pediátrica e um consultório médico indiferenciado.

Capítulo 5 – Conclusão – Cita as principais conclusões geradas durante a tese e sugestões para futuros trabalhos.

Anexo A – Contém uma tabela com os resultados do teste de funcionamento do sistema de análise de dimensionamento;

Apêndice I – Descreve o sistema computacional desenvolvido, mostrando suas telas, componentes e funções.

## **Capítulo 2**

### **Base Teórica**

Este capítulo tem o objetivo de fornecer os conhecimentos básicos necessários para o completo entendimento do sistema computacional proposto. Para tanto, as ferramentas (banco de dados e teoria das filas) utilizadas no desenvolvimento do sistema são descritos de forma sucinta. Na parte inicial do capítulo descreve-se os sistemas de banco de dados, suas estruturas, tabelas, relacionamentos e linguagem aplicada à manipulação de dados. Finalizando o capítulo são descritos os processos de filas, sua terminologia, uma breve análise sobre os possíveis métodos utilizados no estudo de processos e os procedimentos para implementar a teoria de filas em simulação por computador.

Para o desenvolvimento de um sistema de informação, que forneça suporte à tomada de decisão no planejamento de serviços hospitalares e especificação dos equipamentos utilizados nestes serviços, é necessário a definição de três pontos fundamentais:

1. As variáveis de saída para o sistema proposto são:

- a) Os equipamentos, e suas quantidades, necessários para um determinado serviço hospitalar; e
- b) A especificação técnica dos equipamentos utilizados em serviços hospitalares.

2. As variáveis de entrada do sistema proposto para a determinação dos equipamentos, e suas quantidades são:

- a) O serviço a ser planejado, por exemplo: sala cirúrgica, unidade de terapia intensiva, etc.;
- b) O dimensionamento do serviço, por exemplo: número de salas cirúrgicas, número de leitos da unidade de terapia intensiva, etc; e
- c) Informações quantitativas e qualitativas sobre as características funcionais necessárias para a especificação dos equipamentos.

O dimensionamento do serviço pode ser calculado através de equações como sugerido em (Documento,1994). Por exemplo: para a determinação do número de berços de um berçário normal, utiliza-se a equação  $NB = A * B/365$ , onde o 'NB' é o número de berços, 'A' é a estimativa do número de internações no berçário por ano e 'B' é a média de permanência. A estimativa do número de internações e a média de permanência dos pacientes são as variáveis do processo, e neste caso representam o valor médio dessas variáveis. O problema na utilização do valor médio no dimensionamento é que ele mostra apenas a tendência central das variáveis.

Devido ao exposto acima, neste trabalho utiliza-se a teoria das filas, que é uma metodologia empregada no estudo de qualquer processo que envolva uma demanda de consumidores, por um determinado serviço. Na teoria das filas as análises são realizadas utilizando-se as distribuições de probabilidades das variáveis do sistema, e não apenas o valor médio das mesmas. A implementação é realizada através de simulação em computador, evitando-se um complexo desenvolvimento matemático, e facilitando a utilização do sistema por usuários que não são especialistas no assunto.

3. O sistema de inferência elabora os resultados finais que são apresentados aos usuários, através das informações fornecidas pelos usuário e das informações armazenadas na base de dados do sistema proposto.

## **2.1- Banco de dados**

Banco de dados é um conjunto de informações que estão relacionadas a um assunto ou um propósito em particular. Estas informações podem ser armazenadas, por exemplo, em enormes arquivos com diversas gavetas, pastas, ou em computadores digitais onde o espaço físico utilizado é consideravelmente menor e a velocidade na consulta e recuperação dos dados é muito maior. O segredo da armazenagem e recuperação eficiente dos dados está no processo de planejamento do banco de dados (Roque e Filidis, 1995).

Seja qual for o porte do computador, os bancos de dados implementados nessas máquinas

são semelhantes entre si, isto é, todos possibilitam que telas (formulários) de entradas de dados sejam criadas, que os dados sejam ordenados da forma que se deseje, permite a inclusão, edição e exclusão de registros com grande facilidade, permite a emissão de relatórios diversificados e muitas outras características (Alves, 1998).

Enquanto com arquivos de aço, o máximo que se pode fazer para evitar a violação dos dados é manter trancados os arquivos com chave um sistema de banco de dados bem elaborado pode bloquear, através de senhas, o acesso a dados que não devem estar disponíveis a todos os usuários.

### **2.1.1- Sistema de banco de dados**

Um sistema de banco de dados é basicamente um sistema de manutenção de registros por computador, ou seja, um sistema cujo objetivo global é manter as informações e torná-las disponíveis quando solicitadas (Date, 1990). Possibilita o tratamento de qualquer informação considerada necessária ao processo de tomada de decisão do indivíduo ou organização servida pelo sistema. A figura 2.1 mostra uma visão bastante simplificada de um sistema de banco de dados (Date, 1990). Nesta figura, observa-se que um sistema de banco de dados é composto pelos seguintes componentes principais: dados (banco de dados), programas (software) e usuários, sem considerar as máquinas (que podem ser desde computadores de grande porte até microcomputadores pessoais).

Os dados de um banco de dados são referidos como dados operacionais (Date, 1990). Os dados operacionais não incluem os dados de entrada, dados de saída, seqüências de trabalhos a realizar, resultados temporários, ou qualquer informação puramente transitória. Os dados de entrada representam informações que entram no sistema pela primeira vez a partir do teclado, leitora de cartões, etc. Estas informações podem provocar a necessidade de uma alteração nos dados operacionais, para que também possam tornar-se parte dos dados operacionais, mas inicialmente não fazem parte do banco de dados em si. Da mesma forma os dados de saída são mensagens e resultados que procedem do sistema e que podem ser gravados, impressos, etc. Estas

mensagens podem derivar dos dados operacionais, sem que façam parte do banco de dados em si.

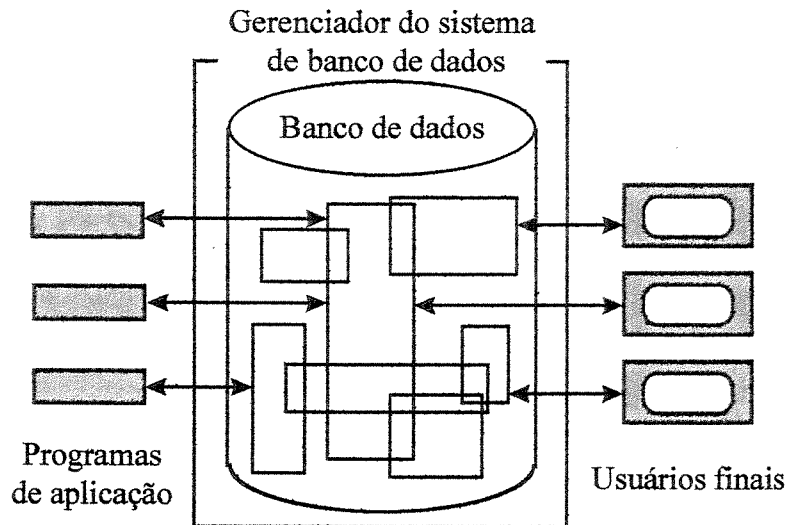


Figura 2.1: Representação simplificada de um sistema de banco de dados (Date, 1990).

Entre o banco de dados físico (os dados armazenados) e os usuários do sistema encontra-se o programa (“software”), denominado sistema gerenciador do banco de dados (DBMS). Todas as solicitações dos usuários para acesso ao banco de dados, são manipuladas pelo DBMS. Todos os recursos referentes à criação de tabelas (arquivos), inserção de dados, recuperação de dados, etc., são proporcionados pelo DBMS. O DBMS fornece pelo menos uma interface (programa de aplicação) como parte integrante do sistema na qual os usuários podem interagir com o banco de dados. Em geral, esta interface é constituída por um programa de linguagem de consulta interativo. A linguagem SQL (linguagem de consulta estruturada) é um exemplo típico de linguagem de consulta de banco de dados (Date, 1990).

Muitos sistemas também proporcionam interfaces adicionais, nas quais os usuários não precisam emitir expressamente os comandos, mas operam escolhendo itens de menu ou preenchendo formulários. Tais interfaces, acionadas por menus ou formulários, são mais fáceis para as pessoas sem treinamento formal em processamento de dados, enquanto que nas interfaces acionadas por comando (definidos pela linguagem), os usuários necessitam de um certo conhecimento em processamento de dados, e provavelmente possuem uma maior flexibilidade na

manipulação com os dados (Date, 1990).

Os usuários finais interagem com o sistema de banco de dados através de um terminal on-line. Para esta interação utilizam as interfaces que podem ser formulários, telas, menus ou as linguagens de consulta interativa (onde a interação é executada através de comandos).

A utilização dos sistemas de banco de dados atuais propõe o desenvolvimento de sistemas de informações com as seguintes características:

- a) velocidade na manipulação dos dados (inserção, exclusão e atualização);
- b) facilidade de utilização por usuários que não possuem conhecimentos em banco de dados (utilização de comandos por menus, formulários, etc.);
- c) menor utilização de trabalho braçal, isto é, elimina a maior parte do trabalho de arquivamento;
- d) compacto, isto é, não há necessidade de arquivos volumosos de papéis;
- e) possibilidade de utilização em fluxo corrente, ou seja, disponibiliza informações certas e atualizadas a qualquer momento;
- f) possibilidade de compartilhamento dos dados;
- g) possibilidade de aplicação de restrições de segurança;

### **2.1.2- Terminologia utilizada nos sistemas de banco de dados**

Como não poderia deixar de ser, os DBMS possuem seu próprio vocabulário. Define-se então alguns dos termos principais utilizados, como: tabelas, tabelas básicas, campo, registro, índice, chave e relacionamentos.

Uma tabela consiste em um conjunto de dados sobre o mesmo assunto, armazenados em linhas (registros) e colunas (campos) - ver figura 2.2. A primeira linha de uma tabela é denominada de cabeçalho. Esta linha define o número de colunas das tabelas, o tipo e o tamanho dos dados que serão armazenados em cada coluna.



Tabela básica é um caso especial (importante) do conceito de tabela. Tabela básica é uma tabela autônoma para a qual é definido um nome. Neste caso, “autônoma”, quer dizer que tem existência própria - ao contrário, por exemplo, de uma consulta (visão) que não existe por si, mas deriva de uma ou mais tabelas básicas, e sua utilização é temporária.

Campo (coluna de uma tabela) é a menor unidade de informação existente em uma tabela de banco de dados. Isto significa, que provavelmente, toda informação que entra em uma tabela de banco de dados será quebrada em porções menores. Cada campo pode armazenar somente um único tipo de dado (número, caracter, data, etc.). Durante a estruturação do banco de dados, a primeira tarefa é a definição dos campos que comporão as tabelas. Cada campo recebe um nome de identificação, a especificação do tipo de dado que será capaz de armazenar e o tamanho para armazenamento. Imaginando uma folha contendo informações dispostas em forma de uma tabela. Cada linha da tabela está subdividida em colunas. Pode-se comparar cada coluna a um campo de uma tabela em um banco de dados. Na figura 2.2 observa-se os campos C1, C2, C3 e C4.

Registro (linha de uma tabela) é o conjunto de campos de uma tabela. É o item que identifica uma entrada de um único conjunto de informação numa tabela do banco de dados. São também chamados tuplas. Durante a estruturação das tabelas do banco de dados é que se define o formato dos registros, sendo que este formato define a disposição dos campos ao longo destes registros. Na figura 2.2 cada registro é formado por quatro campos (C1, C2, C3 e C4).

Os índices nos bancos de dados, estruturas formadas por um ou mais campos de uma tabela, permitem que as informações sejam encontradas com extrema rapidez. De certa forma, eles se assemelham aos índices encontrados nos livros, ou seja, direcionam até à posição onde se encontra a informação desejada.

Chave é um recurso que permite a distinção dos registros de uma tabela. Uma chave pode ser formada por um campo ou um conjunto de campos. Neste último caso, elas são chamadas de chaves compostas. Uma chave primária determina, necessariamente, a ordem dos registros dentro da tabela. Uma chave evita ainda que ocorra a duplicação de registros, ou seja, não é possível a

entrada de dados com as mesmas informações nos campos que compõem a chave de uma tabela. As chaves também possibilitam que uma consulta seja realizada com maior velocidade no banco de dados.

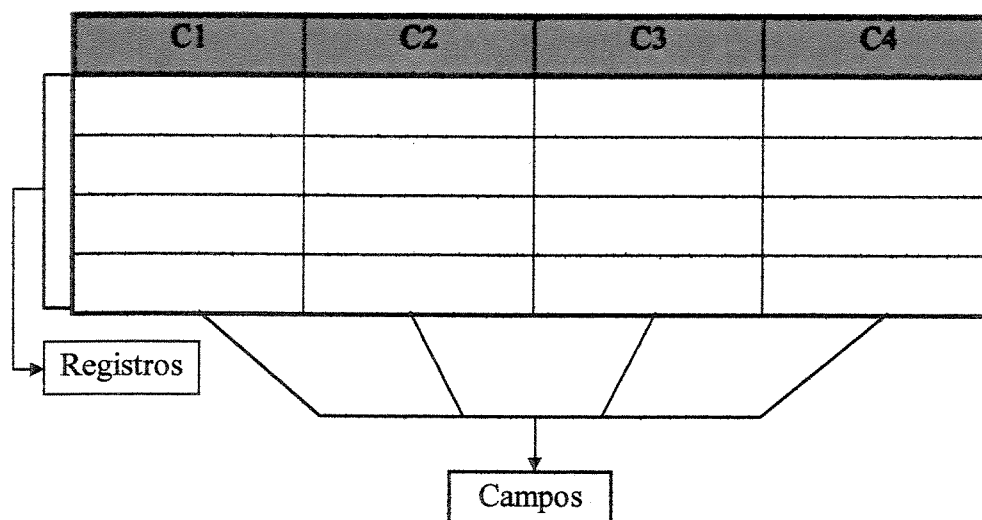


Figura 2.2: Exemplo de tabela.

O relacionamento entre tabelas é a associação entre os dados de duas tabelas que possuem campos com valores coincidentes. Quando duas ou mais tabelas estão relacionadas, uma consulta pode ser definida utilizando os dados dessas tabelas.

### 2.1.3- Tipos de bancos de dados

Os bancos de dados podem ser classificados em quatro categorias principais, de acordo com a organização (ou estrutura) dos dados dentro do banco de dados. Essas organizações dos dados dita as regras e os tipos de operações que podem ser executadas neles. Os tipos de bancos de dados mais comuns atualmente existentes são: relacional, lista invertida, hierárquico e de rede (Alves, 1998), sendo que os bancos de dados relacionais vêm dominando o mercado de aplicações (Date, 1990).

### 2.1.3.1- Banco de dados relacional

Um banco de dados relacional caracteriza-se pelo fato de organizar as informações em tabelas de dados, compostas por linhas e colunas. Assim, essas tabelas são similares a conjuntos de elementos ou objetos, uma vez que relacionam as informações referentes a um mesmo assunto de modo organizado. Da mesma forma que na matemática, em um banco de dados relacional, pode-se efetuar operações entre dois ou mais conjuntos, como por exemplo, obter os elementos que são comuns a ambos os conjuntos. Neste tipo de banco de dados pode-se executar certas operações com as tabelas, como ligar duas ou mais tabelas através de um ou mais campos comuns como objetivo de extrair determinados dados.

Para efetuar as ligações entre as tabelas, os campos coincidentes devem ser idênticos, isto é, eles devem ser definidos com o mesmo tipo de dados e o mesmo tamanho. Os relacionamentos mais usados podem ser:

- (a) um para vários, é o relacionamento entre tabelas no qual um registro de uma tabela pode possuir vários registros coincidentes na tabela relacionada; e
- (b) vários para vários, é o relacionamento entre tabelas no qual vários registros de uma tabela podem possuir vários registros coincidentes na tabela relacionada.

No relacionamento de “um para vários”, o campo comum está na própria tabela, como mostra a figura 2.3, onde o campo chave ‘IDSERV’ da tabela *Serviço* é acrescentado na tabela *Ambiente*, cuja única função é estabelecer o relacionamento entre as duas tabelas.

No relacionamento “vários para vários” é necessário criar uma terceira tabela, para que se consiga estabelecer o relacionamento entre duas outras tabelas. A figura 2.4 ilustra um relacionamento vários para vários, onde a tabela *Ambiente/Equipamento* foi criada com a função de estabelecer o relacionamento entre as tabelas *Ambiente* e *Equipamento*. A tabela *Ambiente/Equipamento* possui os campos ‘IDAMB’ (campo coincidente da tabela *Ambiente*) e ‘IDEQUIPO’ (campo coincidente da tabela *Equipamento*).

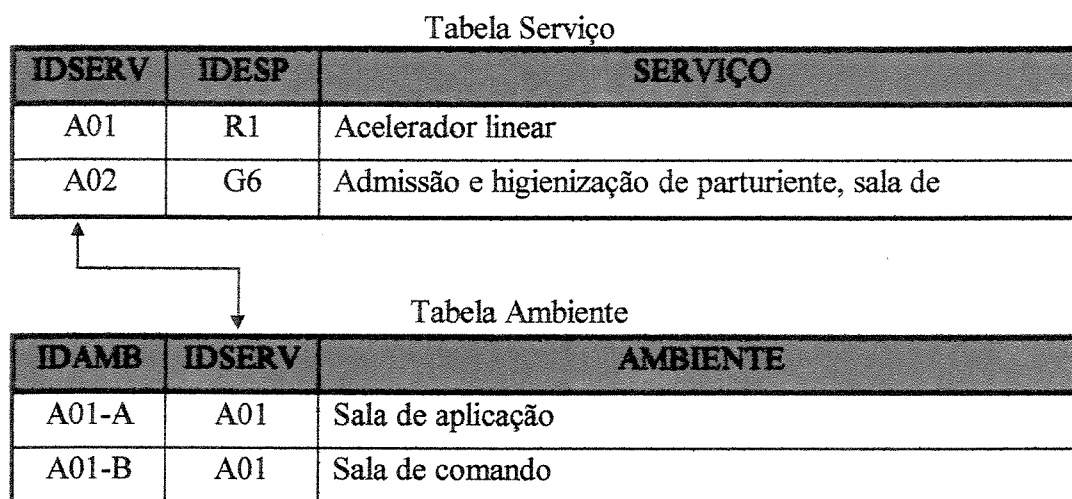


Figura 2.3: Relacionamento entre tabelas - um para vários.

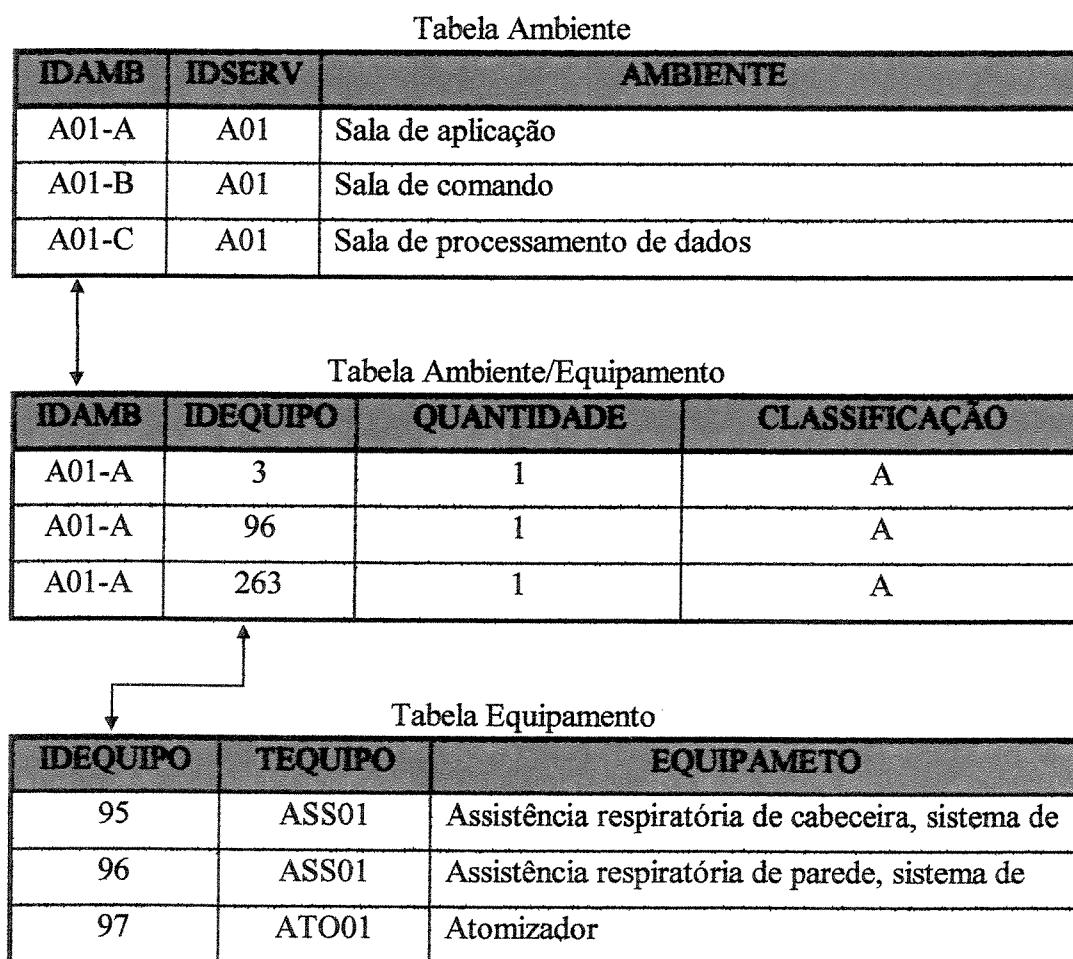


Figura 2.4: Relacionamentos entre tabelas – vários para vários.

### 2.1.3.2- Banco de dados de lista invertida

Um banco de dados de lista invertida é similar ao banco de dados relacional, mas ao contrário das linhas de uma tabela relacional, as linhas de uma tabela de lista invertida são ordenadas em certa sequência física. O registro é a unidade de informação básica de uma lista invertida. Os índices de uma lista invertida são explícitos, ou seja, o usuário define os índices que serão construídos. A figura 2.5 ilustra um banco de dados de lista invertida, onde visualiza-se o arquivo de dados e o arquivo de índice.

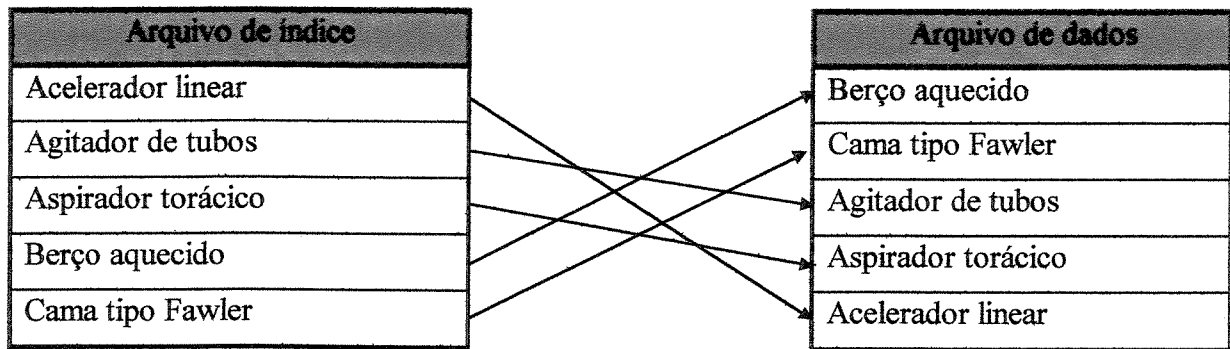


Figura 2.5: Banco de dados de lista invertida.

### 2.1.3.3- Banco de dados hierárquicos

Os sistemas de bancos de dados hierárquicos são baseados em registros compostos, similar à lista invertida. A diferença é que esses registros são organizados em árvores, e não no formato de tabelas. Um registro denominado raiz, possui outros registros, chamados de sub-registros. Cada sub-registro pode, por sua vez, possuir outros sub-registros, criando assim uma ramificação semelhante a uma árvore. A figura 2.6 ilustra a estrutura de um sistema de banco de dados hierárquicos, exemplificado pelos dados de clientes de uma determinada empresa.

### 2.1.3.4- Banco de dados de redes

A estrutura de dados em rede pode ser considerada uma forma ampliada da estrutura de

dados hierárquicos, a principal diferença entre as duas estruturas é a seguinte: na estrutura hierárquica, um registro filho tem exatamente um registro pai; na estrutura de rede, um registro filho pode ter qualquer número de registros pais. A figura 2.7 ilustra um sistema de banco de dados em rede.

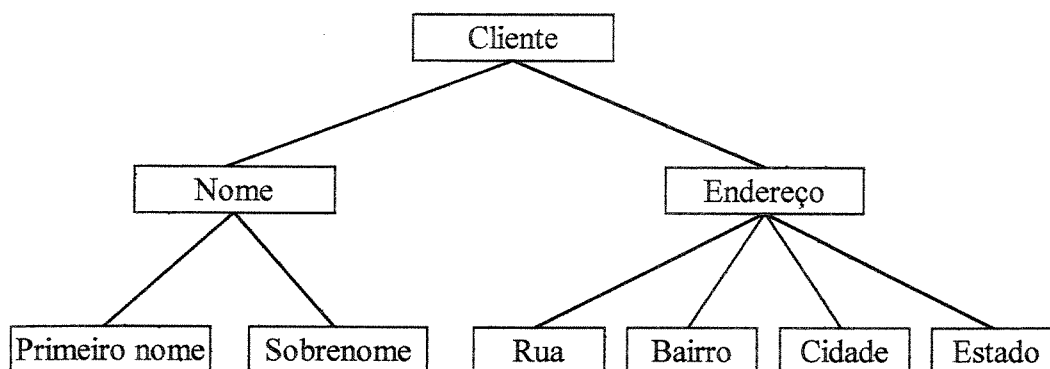


Figura 2.6: Banco de dados hierárquicos.

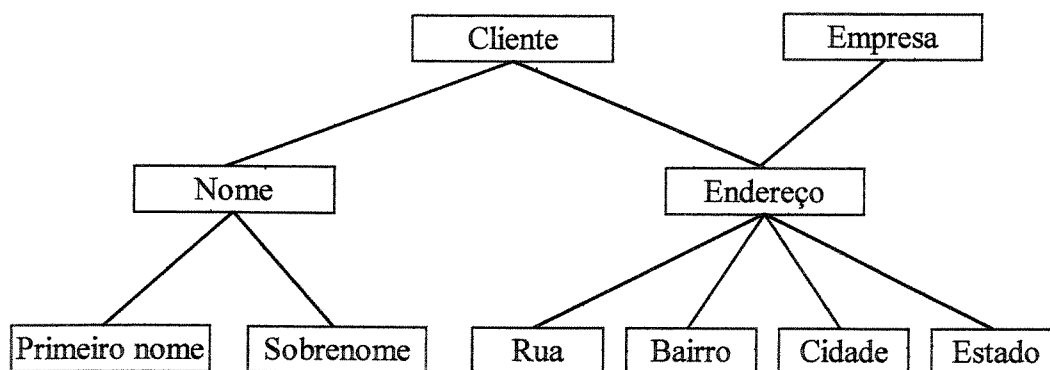


Figura 2.7: Banco de dados de rede.

A estrutura escolhida para o desenvolvimento do programa proposto foi a relacional. Nesta estrutura, os dados são vistos pelo usuário em forma de tabelas (ou subconjuntos das tabelas), eliminando a utilização de atributos adicionais característicos das outras estruturas (como o endereçamento físico ou relativo dos dados), que dificultam a manipulação dos dados. Em adição, a utilização da estrutura relacional é praticamente uma imposição do mercado, já que a grande maioria dos DBMS, comercialmente disponíveis, utilizam a estrutura relacional.

### **2.1.4 - Linguagem de consulta estruturada**

A linguagem de consulta estruturada (SQL - Structured Query Language), normalmente pronunciada como “Sequel”, é a linguagem suportada pela maioria dos DBMS. O termo consulta (query), neste caso não significa apenas recuperar, mas também outras operações como atualizar, inserir, apagar, unir, etc.. A SQL é tanto uma linguagem de consulta interativa, como uma linguagem de programação de banco de dados, e aplica-se à toda linguagem SQL. Assim, qualquer declaração que possa entrar por um terminal, também pode ser embutida num programa. Entende-se em particular, que isto se aplica inclusive a declarações do gênero ‘CREATE TABLE’ (criar uma tabela), é perfeitamente possível criar tabelas dentro de um programa de aplicações, se fizer sentido executar este tipo de operação.

A linguagem SQL - como todas linguagens relacionais de manipulação de dados - é uma linguagem relacionada a conjuntos. Estas linguagens são descritas como “não-procedimentais”, onde os usuários especificam o que e não como, ou seja, os usuário especificam os dados que desejam, sem especificar o procedimento para obtê-lo.

A figura 2.8 ilustra como o sistema de banco de dados aparece para o usuário (este usuário tanto pode ser um usuário final como um programador de aplicações, pois ambos usam SQL para operar nas tabelas). O sistema aplica automaticamente os controles necessários (geralmente bloqueios), para assegurar que os usuários estejam protegidos uns dos outros. Isto garante que as atualizações de um usuário não provocará resultados errôneos nas operações de outros usuários.

Observa-se na figura 2.8, que as tabelas são de dois tipos: tabelas básicas e visões. A tabela básica é uma tabela real, isto é, existe fisicamente, no sentido de que existem registros armazenados fisicamente. Contrariamente, uma visão é uma tabela virtual, isto é, uma tabela que não existe diretamente na memória física, mas que aparece ao usuário como se assim o fosse. Pode-se pensar em visões como outro meio de olhar as tabelas básicas. Define-se as visões como parte ou todo de uma ou mais tabelas básicas. Exemplificando: um dado usuário pode ter uma visão de uma tabela básica, onde ele pode selecionar um determinado valor para algum campo

específico, ou ainda ordenar a visão através de um campo específico, etc..

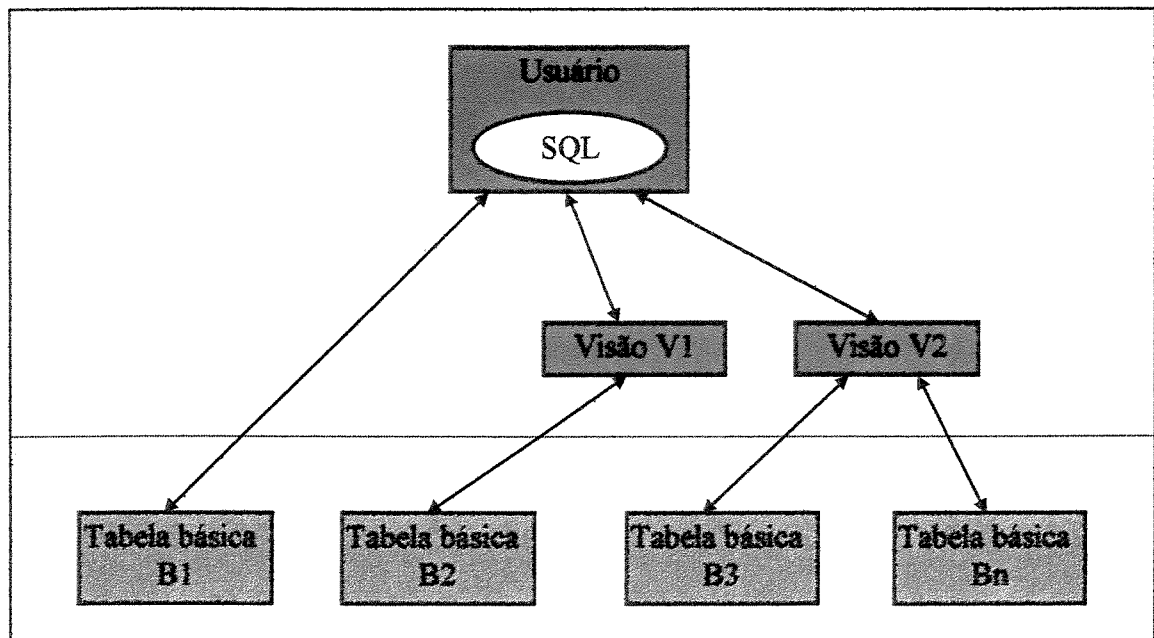


Figura 2.8: Percepção do usuário em relação ao sistema

O sistema de inferência, para a determinação dos resultados, utiliza as visões para seleccionar os valores de interesse no banco de dados. Por exemplo, para que o sistema retorne os equipamentos utilizados em um determinado serviço (tomando como base as tabelas ilustradas na figura 2.4), executa-se o seguinte comando em linguagem SQL:

```

SELECT Equipamento.EQUIPAMENTO
FROM Ambiente
  INNER JOIN Ambiente/Equipamento
    ON (Ambiente.IDAMB = Ambiente/Equipamento.IDAMB)
  INNER JOIN Equipamento
    ON (Ambiente/Equipamento.IDEQUIPO = Equipamento.IDEQUIPO)
WHERE Ambiente.IDAMB = :Parâmetro
ORDER BY Equipamento.EQUIPAMENTO
  
```



A declaração '*SELECT*' especifica qual(is) campo(s) deve(m) retornar (o campo EQUIPAMENTO da tabela Equipamento). A declaração '*FROM (INNER JOIN – ON)*' especifica as tabelas de origem dos dados, assim como estas tabelas se relacionam (de acordo com o relacionamento ilustrado na figura 2.4). A declaração '*WHERE*' especifica o parâmetro da consulta (o ambiente para o qual se deseja determinar os equipamentos). A declaração '*ORDER BY*' especifica como os dados resultantes serão ordenados.

## **2.2- Teoria das filas**

Nos dias atuais, a grande maioria das pessoas tem a experiência de esperar em fila. Este fenômeno tem uma tendência crescente dentro da sociedade urbanizada. Em uma infinidade de situações tem-se espera em fila, como: trânsito, supermercado, consultório médico, etc.. As pessoas como consumidores, ou como gerentes de estabelecimentos comerciais não gostam de esperar em filas. Surge então a questão - porque existe espera em fila? A resposta é relativamente simples. A demanda pelo serviço é maior do que a capacidade do serviço estar disponível. Então porque isto acontece? Por algumas razões, por exemplo: devido a limitações no espaço físico do serviço (impossibilita o aumento do número de servidores), o aumento no número de servidores, para evitar a espera em fila, pode ser impraticável economicamente, etc..

Para viabilizar processos que envolvam espera em fila, algumas questões devem ser analisadas, como: (a) qual o tempo que os consumidores esperarão na fila? (b) quantos consumidores poderão ficar na fila? (c) qual a capacidade de atendimento do processo? Estas questões tem sido respondidas com grande sucesso utilizando um método matemático denominado **Teoria das Filas**.

### **2.2.1- Descrição do problema de filas**

Um sistema de filas (instalação ou processo de interesse) básico pode ser esquematicamente representado como ilustra a figura 2.9.

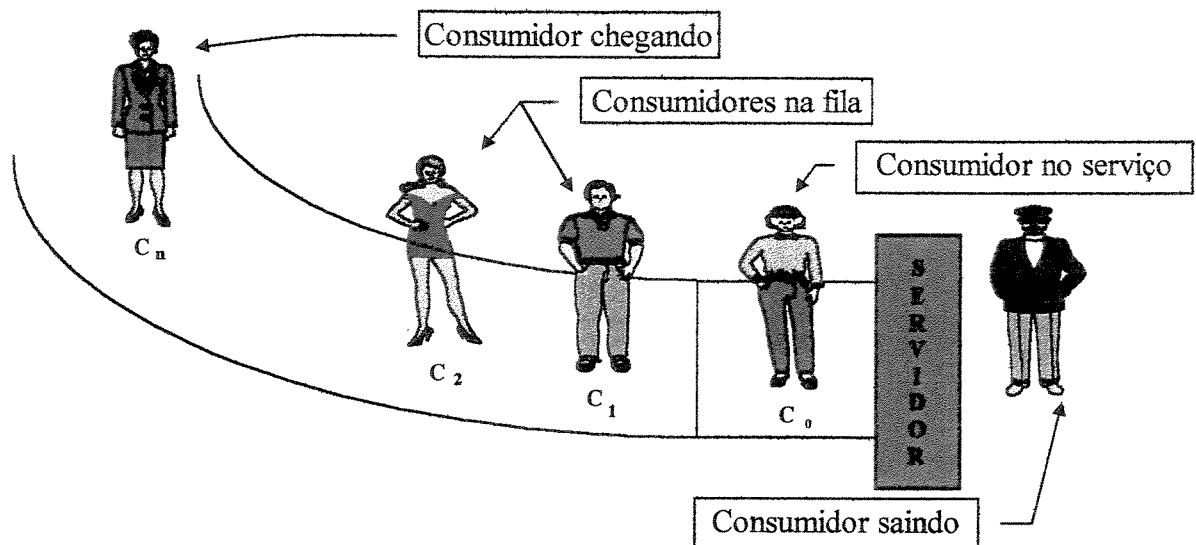


Figura 2.9: Sistema básico de fila

O sistema de filas acima pode ser descrito como: consumidores chegando para um serviço ( $C_n$ ), esperando na fila pelo serviço que não é imediato ( $C_1$  e  $C_2$ ), sendo atendido pelo servidor ( $C_0$ ) e saindo do sistema após ser servido. Embora a maioria dos sistemas de fila possa ser diagramado desta forma, deve-se ter em mente que, para a representação de um sistema com uma exatidão razoável, é necessário um detalhamento das características do processo.

### 2.2.2 – Equações básicas do processo de filas

Considerando uma sequência de consumidores chegando a um sistema de fila, onde  $C_n$  representa o  $n$ -ésimo consumidor que chega, as variáveis aleatórias associadas a  $C_n$  são definidas como (Keinrock and Gail, 1996):

$\tau_n$  = instante de chegada para  $C_n$

$t_n = \tau_n - \tau_{n-1}$  = intervalo entre as chegadas dos consumidores  $C_n$  e  $C_{n-1}$

$x_n$  = tempo de serviço para  $C_n$

A sequência das variáveis aleatórias  $\{t_n\}$  e  $\{x_n\}$  são as entradas para um sistema de filas. Todas as variáveis randômicas são escolhidas para que sejam independentes uma das outras, então

define-se duas variáveis randômicas genéricas:

$\tilde{t}$  = intervalo entre chegadas

$\tilde{x}$  = tempo de serviço

Associado às variáveis aleatórias, estão suas funções distribuições de probabilidades (PDF), dadas por:

$$A(t) = P[\tilde{t} \leq t] \quad [2.1]$$

$$B(x) = P[\tilde{x} \leq x] \quad [2.2]$$

Estas funções distribuições de probabilidades por sua vez estão relacionadas com suas funções densidade de probabilidades (pdf), dadas por:

$$a(t) = \frac{dA(t)}{dt} \quad [2.3]$$

$$b(x) = \frac{dB(x)}{dx} \quad [2.4]$$

Esta definição de pdf, possibilita a obtenção do valor esperado da variável aleatória  $X$ , denotado por  $E[X]$ , que possui uma pdf igual a  $f(x)$ , cuja equação é:

$$E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx \quad [2.5]$$

Os valores esperados das variáveis acima são denotados por:

$$E[\tilde{t}] = \bar{t} = \frac{1}{\lambda} \quad [2.6]$$

$$E[\tilde{x}] = \bar{x} = \frac{1}{\mu} \quad [2.7]$$

O símbolo  $\lambda$  descreve a taxa de chegada de consumidores. O símbolo  $\mu$  que descreve a taxa de tempo de serviço, é freqüentemente reservado para o caso de uma distribuição de tempo de serviço exponencial (Kleinrock, 1985).

O parâmetro mais importante de um sistema de filas é o fator de utilização  $\rho$ , definido

como o quociente entre o tempo médio de serviço e o tempo média de chegada dos consumidores, descrito por:

$$\rho = \frac{\bar{x}}{\bar{t}} \quad [2.8]$$

Esta relação fornece a fração de tempo na qual o servidor (simples) está ocupado. Para um sistema com múltiplos servidores a relação correspondente é:

$$\rho = \frac{\bar{x}}{\bar{t}m} \quad [2.9]$$

Onde:  $m$  = número de servidores.

Para o caso de sistemas estáveis, o valor de  $\rho$  pode variar entre  $0 \leq \rho < 1$ . Quanto maior o valor de  $\rho$ , maiores são as filas e os tempos de espera.

### 2.2.3- Características de um processo de filas

As seis características básicas de um processo de filas são:

- ↗ Padrão de chegada dos consumidores;
- ↗ Padrão de serviço dos servidores;
- ↗ Disciplina da fila;
- ↗ Capacidade do sistema;
- ↗ Número de canais de serviço;
- ↗ Número de estágios de serviço.

#### 2.2.3.1- Padrão de chegada dos consumidores

O padrão de chegada dos consumidores, a *entrada*, para um sistema de filas é freqüentemente medido em termos do tempo médio entre chegadas sucessivas (tempo médio entre chegadas). Em um sistema cuja entrada é determinística (completamente conhecida, onde não existam incertezas), o padrão de chegada é determinado pelo tempo médio entre chegadas. Se

existe incerteza no padrão de chegada (frequentemente conhecido como randômico, aleatório ou probabilístico), então o valor médio reflete apenas a tendência central para a entrada do sistema, uma caracterização mais adequada é conseguida na forma da distribuição de probabilidades associada com o processo randômico.

Alguns fatores podem influenciar o padrão de chegada, como:

- ⇒ Chegada em massa, é quando um grupo de consumidores chega, para ser atendido, ao mesmo tempo;
- ⇒ Desistência do consumidor quando a espera na fila é muito longa;
- ⇒ Variação do padrão de chegada com o tempo.

Se o padrão de chegada independe do tempo, é denominado estacionário; se dependente do tempo, é denominado não-estacionário.

### **2.2.3.2- Padrão de serviço dos servidores**

Grande parte das considerações acima, para o padrão de chegada, são apropriadas na discussão sobre padrão de serviço. Por exemplo, padrões de serviço também podem ser descritos por uma taxa (número de consumidores servidos por unidade de tempo) ou por um tempo (tempo necessário para servir um consumidor). Uma importante diferença, existe entretanto, entre serviços e chegadas. Quando se fala sobre taxa de serviço ou tempo de serviço, estes termos são condicionados ao fato de que o sistema não esteja vazio, isto é, existe alguém no sistema requerendo o serviço. Se o sistema está vazio, o serviço é ocioso. Os padrões de serviço podem ser determinísticos ou probabilísticos; entretanto na maioria dos casos as distribuições probabilísticas associadas com o serviço são condicionais, baseado sobre um sistema que esteja ocupado.

Serviços podem ser simples ou em grupo, isto é, existem situações onde um servidor irá atender um consumidor por um determinado tempo, por exemplo, um médico examinando um paciente; e situações onde um servidor irá atender um grupo de consumidores, ao mesmo tempo,

por um determinado tempo, por exemplo um profissional que profere uma palestra.

O tempo de serviço pode depender do número de consumidores esperando pelo serviço. O servidor pode trabalhar mais rápido se observar que a fila está aumentando, ou, inversamente, pode relaxar tornando o sistema menos eficiente. As situações nas quais o serviço depende do número de consumidores na fila, é denominada serviço estado-dependente. Embora este termo não tenha sido usado nas discussões sobre padrões de chegada, os problemas de consumidores impacientes podem ser olhados como chegadas estado-dependente, visto que o comportamento da chegada depende do congestionamento do sistema.

Serviços, assim como foi o caso das chegadas, podem ser estacionários ou não-estacionários com respeito ao tempo. Por exemplo, um servidor em treinamento irá se tornar mais eficiente com o ganho de experiência. A dependência do tempo não deve ser confundida com dependência de estado. É claro que alguns sistemas de fila podem ser não-estacionários e estado-dependente.

#### **2.2.3.3- Disciplina da fila**

A disciplina da fila refere-se ao modo como os consumidores são selecionados para o serviço quando uma fila foi formada. A disciplina mais comum que pode ser observada diariamente é aquela na qual o primeiro consumidor que chega deve ser o primeiro consumidor a ser atendido (FIFO). Todavia, esta certamente não é a única disciplina de fila possível. Em alguns casos é comum o uso da disciplina em que o último a chegar é o primeiro a ser atendido (LIFO), a qual é aplicável em muitos sistemas de inventários quando não existe problemas de obsolescência das unidades em estoque. Outros tipos de disciplinas que podem ocorrer, são: seleção para o serviço em ordem randômica (SIRO) independente da ordem de chegada na fila e uma variedade de esquemas de prioridade (PRI), onde os consumidores ganham prioridades na entrada do sistema. Os consumidores com maior prioridade são selecionados para o serviço antes dos consumidores com prioridades menores que estejam no sistema, independente do tempo de chegada na fila.

Existem dois tipos de situações de disciplinas com prioridades. O primeiro é quando um consumidor com uma prioridade maior chega ao sistema, o servidor pára de atender o consumidor com prioridade menor e atende o que chegou, o que estava sendo atendido espera a conclusão do atendimento do consumidor com maior prioridade para então terminar seu atendimento. O segundo é quando chega um consumidor com prioridade maior, o servidor termina de atender o consumidor com prioridade menor, então irá atender o consumidor que chegou. Quando chegam vários consumidores com a mesma prioridade, uma outra disciplina de fila deve selecionar o consumidor que será atendido: geralmente é a FIFO.

#### **2.2.3.4- Capacidade do sistema**

Em alguns processos de fila, existe uma limitação com respeito ao tamanho da sala de espera, tanto que quando a fila atinge um certo tamanho, não permite que novos consumidores entrem até que exista espaço disponível no sistema, causado pela saída de um consumidor. Estas situações são conhecidas como sistemas com fila finita, isto é, existe um limite finito para o tamanho máximo da fila. Um sistema de filas finitas pode ser visto como um sistema com desistências forçadas, onde um consumidor é forçado a desistir, caso ele chegue em um momento no qual o tamanho da fila está em seu limite máximo.

#### **2.2.3.5- Número de canais de serviço**

O número de canais de serviço refere-se ao número de servidores paralelos que podem atender os consumidores simultaneamente (unidades funcionais). O número de canais de serviço é o parâmetro a ser determinado no dimensionamento de um processo. Um maior número de canais de serviço fará com que o tempo de espera na fila diminua e consequentemente irá aumentar o custo operacional do sistema. A figura 2.9 ilustra um sistema com um canal de serviço (um servidor atendendo uma demanda de consumidores), enquanto a figura 2.10 mostra duas variações de sistemas com múltiplos canais. Estes dois sistemas com múltiplos canais diferem em que o primeiro (figura 2.10 - a) tem uma fila para todos os canais e o segundo (figura 2.10 - b) tem uma fila para cada canal.

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

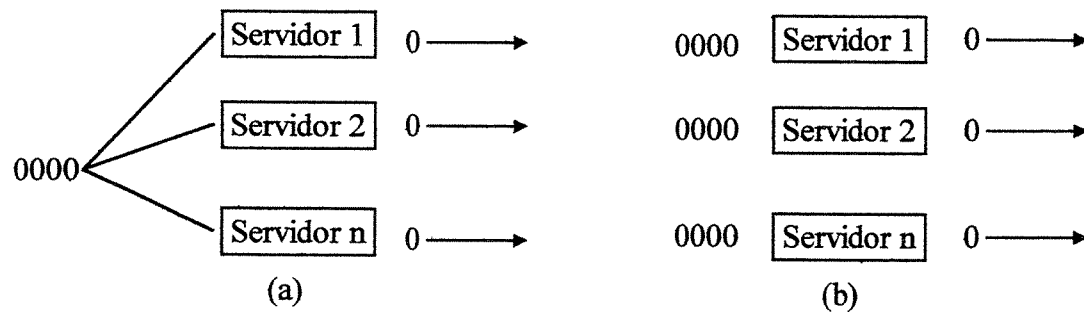


Figura 2.10: Sistema de filas com múltiplos canais

### 2.2.3.6- Estágios de serviços

Um sistema de filas pode ter somente um estágio de serviço, como uma barbearia ou um supermercado, ou pode ter múltiplos estágios, como o procedimento de exame médico, onde o paciente passa por vários estágios (exame clínico, exame de sangue, eletrocardiograma, etc.). Em sistema de filas com múltiplos estágios pode ocorrer a reciclagem. Reciclagem é comum em processos de manufatura onde existe um controle de qualidade, após certos estágios, as peças que não atendem aos padrões de qualidade voltam para serem reprocessadas. Um sistema de filas com reciclagem (alguma vezes chamada de realimentação) é descrito na figura 2.11.

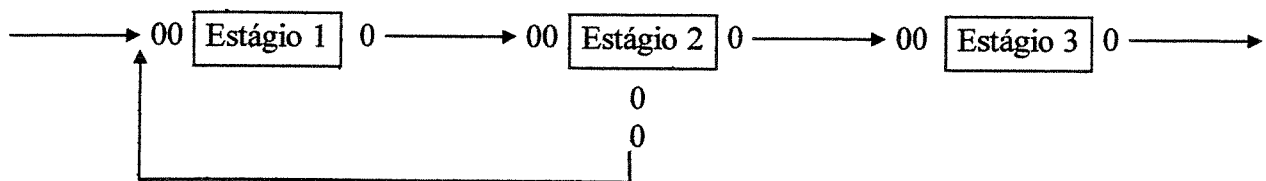


Figura 2.11: Sistema de filas com múltiplos estágios.

As seis características acima, geralmente, são suficientes para descrever e estudar completamente um processo. Uma grande variedade de sistemas de filas pode ser encontrada, assim, antes de qualquer análise matemática é necessário descrever adequadamente o processo a ser modelado (Gross and Harris, 1985).



### **2.2.4 - Notação de um sistema de filas**

Como uma abreviação na descrição de um processo de filas, uma notação foi desenvolvida, grande parte devido a (Kendall, 1953), que se tornou um padrão através das literaturas sobre sistemas de filas. Um sistema de filas é descrito por uma série de símbolos como  $A / B / X / Y / Z$ , onde  $A$  indica a distribuição dos intervalos entre chegadas,  $B$  descreve o padrão de serviço, ou seja, a distribuição de probabilidades para o tempo de serviço,  $X$  é o número de canais de serviço,  $Y$  é a restrição sobre a capacidade do sistema e  $Z$  é a disciplina da fila. Alguns símbolos padrões para estas características são mostrados na tabela 2.1. Por exemplo, a notação  $M / D / 2 / 8 / \text{FIFO}$  indica um sistema de fila com a distribuição de probabilidades dos intervalos entre chegadas exponencial, distribuição de probabilidades dos tempos de serviços determinístico, dois canais de serviço, restrição quanto à capacidade do sistema igual a oito e a disciplina da fila é FIFO.

Em muitas situações somente os três primeiros símbolos são utilizados. Na prática são omitidos os símbolos que descrevem a restrição imposta à capacidade do sistema quando seu valor é  $\infty$  ( $Y = \infty$ ) e a disciplina da fila quando é FIFO ( $Z = \text{FIFO}$ ).

### **2.2.5- Modelagem de um sistema**

Um sistema é definido como um conjunto de entidades (pessoas, máquinas, etc.) que interagem, para juntas executarem algum fim lógico (Schmidt and Taylor, 1970). Na prática, o significado de sistema depende do objetivo de um estudo em particular. O conjunto de entidades que compõem um sistema, para um determinado estudo, pode ser somente um subconjunto de um outro sistema global (Law and Kelton, 1991).

Os estados de um sistema são definidos como o conjunto de variáveis necessárias para descrever o sistema em um instante de tempo, relativos ao objetivos de um estudo (Law and Kelton, 1991). Por exemplo, se o sistema estudado é uma UTI, as possíveis variáveis de estado são: o número de leitos ocupados, o tempo que cada paciente gasta em cada leito, o tempo de chegada de cada paciente e o tempo que o próximo paciente irá chegar.

Tabela 2.1: Notação de um sistema de filas

| Notação | Característica                                              | Símbolo            | Descrição                            |
|---------|-------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| A       | Distribuição de probabilidade dos intervalos entre chegadas | M                  | Exponencial                          |
|         |                                                             | D                  | Determinístico                       |
|         |                                                             | $E_k$              | Erlang tipo k                        |
|         |                                                             | G                  | Geral                                |
| B       | Distribuição de probabilidade dos tempos de serviços        | M                  | Exponencial                          |
|         |                                                             | D                  | Determinístico                       |
|         |                                                             | $E_k$              | Erlang tipo k                        |
|         |                                                             | G                  | Geral                                |
| X       | Número de canais                                            | 1,2, ..., $\infty$ |                                      |
| Y       | Restrição da capacidade do sistema                          | 1,2, ..., $\infty$ |                                      |
| Z       | Disciplina da fila                                          | FIFO               | Primeiro que entra, primeiro que sai |
|         |                                                             | LIFO               | Último que entra, primeiro que sai   |
|         |                                                             | SIRO               | Seleção randômica                    |
|         |                                                             | PRI                | Sistema com prioridade               |

Sistemas podem ser caracterizados em dois tipos: discretos e contínuos. Um sistema discreto é aquele no qual as variáveis de estado mudam instantaneamente em pontos separados no tempo. Uma UTI é um exemplo de um sistema discreto, o número de leitos ocupados muda quando chega um paciente ou quando um paciente tem alta. Um sistema contínuo é aquele onde as variáveis de estado mudam continuamente em relação ao tempo. Um carro movimentando-se em uma rodovia é um exemplo de um sistema contínuo.

Na maioria dos sistemas, existe a necessidade de aprofundar os estudos nas relações de seus componentes, ou prever o desempenho sob novas condições de trabalho. A figura 2.12 descreve as diferentes formas na qual um sistema pode ser estudado (Law and Kelton, 1991). A experiência com o sistema atual é necessário analisar a possibilidade de modificar fisicamente o sistema, e operar sob novas condições. Esta solução é provavelmente a mais desejada, mas raramente é possível realizá-la, devido ao custo ou problemas que podem prejudicar o sistema. Por exemplo: a redução do número de caixas em um banco para tentar diminuir o custo operacional do sistema, pode ser realizada, mas o aumento no tempo de espera na fila irá deixar os consumidores desgostosos. Exemplos como construções de fábricas, serviços de saúde, etc.,

torna necessária a utilização de experiências com modelos que representem os sistemas, para estudá-los sem gastos excessivos com a construção prévia de instalações.

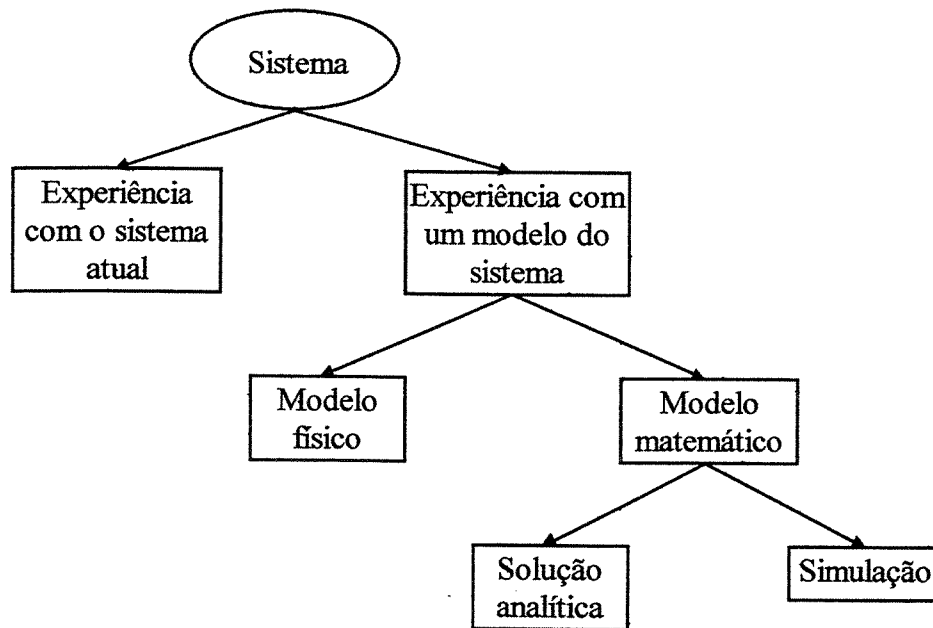


Figura 2.12: Diferentes formas de estudar um sistema

**Modelo físico / modelo matemático:** Para muitas pessoas a palavra modelo lembra a imagem de um carro sendo testado dentro de um túnel de vento ou um ‘cockpit’ fora de um avião para treinamento de pilotos. Estes são exemplos de modelos físicos, e não são modelos típicos que usualmente são de interesse na pesquisa operacional e análise de sistemas. Ocasionalmente, entretanto, a construção de modelos físicos pode ser útil para o estudo de sistemas de engenharia e gerenciamento. A grande maioria de modelos construídos para tais propósitos são matemáticos, representando um sistema em termos de relações lógicas e quantitativas, que são manipuladas e modificadas para ver como o modelo reage, e assim como o sistema real reagiria - se o modelo matemático for válido.

**Solução analítica / simulação:** Na construção de um modelo matemático, deve-se examinar e ver como ele pode ser usado para responder as questões de interesse sobre o sistema que supostamente ele representa. Se o modelo é simples, e é possível trabalhar com suas relações e valores de uma forma exata, então a solução é analítica. Algumas soluções analíticas podem

tornar-se extraordinariamente complexas, requerendo recursos de computação. Entretanto, muitos sistemas são altamente complexos, tanto que os modelos matemáticos tornam-se tão complexos, que eliminam qualquer possibilidade de solução analítica. Neste caso, o modelo deve ser estudado por meio de simulação, isto é, o modelo é numericamente alimentado pelas entradas em questão e verifica-se como seus efeitos atuam no desempenho da saída.

Tendo em vista que um modelo matemático do sistema pode ser estudado através de simulação (modelo de simulação), deve-se então procurar ferramentas adequadas para o mesmo. É útil para este propósito classificar os modelos de simulação do sistema em duas diferentes dimensões, além da classificação de contínuo e discreto, comentado anteriormente.

1. Modelos de simulação estáticos / dinâmicos: Um modelo de simulação estático é uma representação de um sistema em um instante particular de tempo, ou é aquele que pode ser usado para representar um sistema, no qual o tempo não tem participação no resultado. Exemplos de simulações estáticas são os modelos de Monte Carlo (Sobol, 1994). De outra forma, um modelo de simulação dinâmico representa um sistema que se desenvolve sob uma base temporal, assim como o fluxo de pacientes em um ambulatório;
2. Modelos de simulação determinísticos / randômicos: Se o modelo de simulação não contém nenhum componente probabilístico (randômico), ele é denominado determinístico. Por exemplo, um sistema de equações diferenciais que descrevem uma reação química. Em modelos determinísticos, a saída é determinada sobre um conjunto de relações e valores na qual o modelo foi especificado. Muitos sistemas, entretanto, devem ser modelados como tendo alguns componentes de entrada probabilísticos, e isto dá origem aos modelos de simulação randômicos. A maioria dos sistemas de filas e de inventários são modelados de forma randômica. Os modelos de simulação aleatórios produzem saídas com comportamento probabilístico, e portanto devem ser tratadas como uma estimação das verdadeiras características do modelo.

Para a aplicação na análise de dimensionamento de serviços assistenciais de saúde, pode-se classificar o sistema como: dinâmico (o processo desenvolve-se em um base temporal), randômico

(a demanda pelo serviço e o tempo de atendimento são probabilísticos) e discreto (a chegada e saída dos consumidores variam instantaneamente em pontos separados no tempo).

### **2.2.6- Simulação de eventos discretos**

A simulação de eventos discretos, consiste na modelagem de um sistema que se desenvolve no tempo, por uma representação na qual as variáveis de estado mudam instantaneamente em pontos separados no tempo. Estes pontos são onde ocorrem os eventos. Eventos são definidos como ocorrências instantâneas, que podem modificar os estados do sistema. Ainda que a simulação de eventos discretos conceitualmente possa ser feita através de cálculos manuais, a quantidade de dados que devem ser armazenados e manipulados para uma melhor aproximação de um sistema real, a simulação de eventos discretos é melhor realizada em computador (Law and Kelton, 1991).

#### **2.2.6.1- Mecanismo de avanço no tempo**

Pela natureza dinâmica da simulação de eventos discretos, deve-se reter o valor atual do tempo simulado para que a simulação prossiga. É também necessário um mecanismo para avançar o tempo simulado de um valor para o outro. Nos modelos de simulação, a variável que armazena o valor atual do tempo simulado chama-se relógio da simulação. A unidade de tempo, para o relógio da simulação nunca é explícita, quando o modelo é escrito em linguagem de programação de propósitos gerais como FORTRAN, C ou Pascal, e assume-se ser a mesma unidade dos parâmetros de entrada. Também, geralmente não existe uma relação entre o tempo simulado e o tempo necessário para executar uma simulação no computador.

Historicamente, dois principais métodos têm sido sugeridos para o avanço do relógio da simulação: avanço de tempo para o próximo evento e avanço de tempo com incrementos fixos. O primeiro método é utilizado por todas as principais linguagens de simulação e pela maioria das pessoas que constroem seus modelos em linguagens de propósitos gerais (Law and Kelton, 1991). O segundo método é um caso especial do primeiro.

Com o método de avanço do tempo para o próximo evento, o relógio da simulação é inicializado em zero e o instante de tempo de ocorrência de futuros eventos são determinados. O relógio da simulação é então avançado para o instante de tempo de ocorrência do próximo evento (o primeiro) desses futuros eventos. Quando ocorre um evento são atualizados os estados do sistema e a determinação dos eventos futuros. Então o relógio da simulação avança para o instante de tempo do próximo evento, os estados do sistema são atualizados, os eventos futuros são determinados, etc.. Este processo de avanço do relógio da simulação do instante de tempo de um evento para outro continua até alguma condição de parada previamente especificada seja satisfeita.

Em um modelo de simulação discreta, todas mudanças de estado ocorrem somente nos instantes de tempo dos eventos, os períodos de inatividade são saltados pelo relógio da simulação, que retém o instante de tempo de cada evento (o mecanismo de avanço de tempo com incrementos fixos não saltam os períodos de inatividade, aumentando o tempo de simulação e quantidade de dados armazenados). Nota-se que, os saltos sucessivos do relógio da simulação são geralmente variáveis (desiguais).

#### **2.2.6.2- Componentes e organização de um modelo de simulação de eventos discretos**

Ainda que simulação tem sido aplicada em uma grande diversidade de sistemas reais, todos os modelos de simulação de eventos discretos possuem componentes comuns, e existe uma organização lógica desses componentes que executam a codificação, depuração e futuras mudanças que ocorrem em programas de computador para um modelo de simulação. Os modelos de simulação que utilizam o método de avanço no tempo para o próximo evento, utilizam basicamente os seguintes componentes:

- ⇒ Estados do sistema: conjunto de variáveis de estado necessárias para descrever o sistema em um determinado instante de tempo;
- ⇒ Relógio da simulação: variável responsável pelo armazenamento do valor atual do tempo de simulação;
- ⇒ Lista de eventos: lista que contém o próximo instante de tempo quando cada tipo de evento irá

ocorrer;

- ↗ Contadores estatísticos: variáveis utilizadas para armazenar informações estatísticas sobre o desempenho do sistema;
- ↗ Rotina de inicialização: procedimento que inicializa o modelo de simulação no instante de tempo zero;
- ↗ Rotina de tempo: procedimento que determina o próximo evento da lista de eventos, e então avança o relógio da simulação para o instante de tempo que ocorrerá o evento;
- ↗ Rotina de eventos: procedimento que atualiza os estados do sistema quando ocorre algum tipo de evento (existe uma rotina de evento para cada tipo de evento);
- ↗ Rotina de geração: conjunto de procedimentos usados para gerar números aleatórios das distribuições de probabilidades que determinam as entradas dos modelos de simulação;
- ↗ Rotina de relatório: procedimento que calcula as medidas de desempenho desejadas e produz um relatório quando a simulação termina;
- ↗ Programa principal: rotina que chama a rotina de tempo para determinar o próximo evento, e então transfere o controle para a correspondente rotina de evento para atualizar os estados do sistema adequadamente. O programa principal também verifica o término da simulação e chama a rotina de relatório quando a simulação termina.

A relação lógica (controle de fluxo) entre esses componentes é mostrada na figura 2.13. A simulação começa no instante de tempo zero, com o programa principal chamando a rotina de inicialização, onde o relógio da simulação é ajustado para zero, os estados do sistema e os contadores estatísticos e a lista de eventos são inicializados. Após o controle retornar ao programa principal, ele chama a rotina de tempo para determinar qual o próximo evento. Se um evento do tipo  $x$  é o próximo que irá ocorrer, o relógio da simulação é avançado para o instante de tempo que o evento  $x$  irá ocorrer, e o controle retorna ao programa principal. O programa principal chama a rotina de evento  $x$ , onde tipicamente ocorrem três tipos de atividades:

1. Os estados do sistema são atualizados considerando o fato que o evento  $x$  ocorreu;
2. As informações acerca do desempenho do sistema são armazenadas nos contadores estatísticos;
3. Os instantes de tempos da ocorrência dos futuros eventos são gerados, e esta

informação é adicionada à lista de eventos.

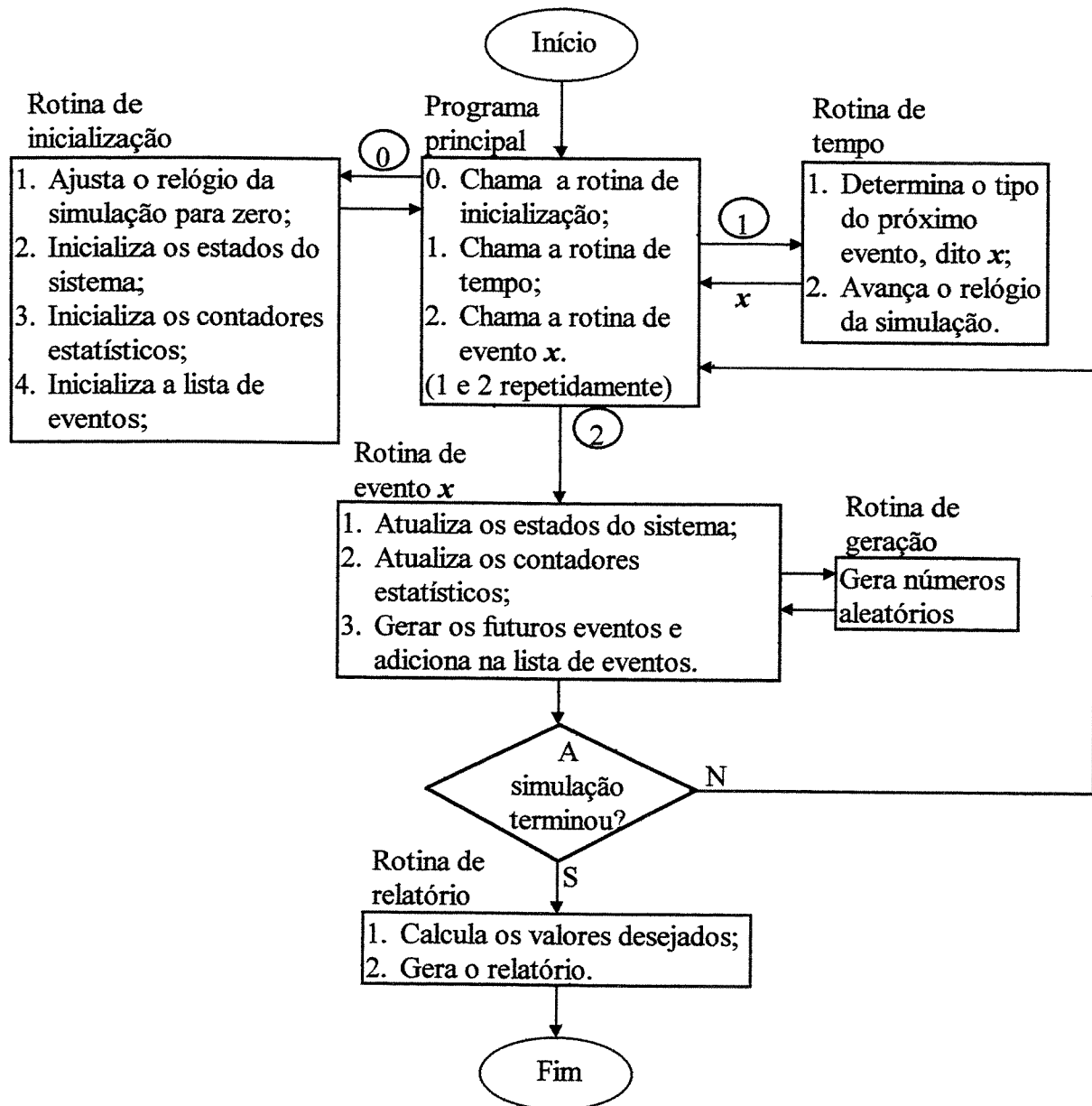


Figura 2.13: Diagrama de um modelo de simulação de eventos discretos.

Freqüentemente, é necessário um gerador de número aleatório das distribuições de probabilidades para determinar o instante de tempo dos futuros eventos. Após todo o processamento ter sido executado, na rotina de eventos  $x$  ou no programa principal, é feita uma verificação (relativa a alguma condição de parada) para determinar se a simulação deve ser finalizada. Se a condição de finalização é verdadeira, o programa principal chama a rotina de



relatório, para realizar os cálculos com as informações dos contadores estatísticos, e produzir o relatório com as medidas desejadas de desempenho. Se a condição de finalização é falsa o controle volta ao programa principal e um novo ciclo é iniciado.

### **2.2.6.3- Organização e lógica dos eventos de chegada e de saída**

As lógicas das rotinas de eventos independem da linguagem de programação utilizada. A figura 2.14 mostra um diagrama de fluxo para os eventos de chegada. O primeiro passo é determinar o próximo instante de chegada e colocá-lo na lista de eventos. Então é feita uma verificação para determinar se o(s) servidor(es) está(ão) ocupado(s). Se o(s) servidor(es) está(ão) ocupado(s) o número de consumidores na fila é incrementado em um, e é feita uma verificação se a fila está completa, ou se ainda tem lugar vago na fila. Se a fila está completa a simulação é parada fornecendo uma mensagem de erro (Law and Kelton, 1991); se existe lugar vago na fila o consumidor é colocado no último lugar da fila e é armazenado o seu instante de chegada.

Por outro lado, se o consumidor encontra o serviço vazio (para este consumidor o tempo de espera na fila é zero), o número de consumidores atendidos é incrementado em um, e armazenado o tempo de espera na fila. Quando o servidor começa a atender um consumidor, o instante de tempo de saída do consumidor que está sendo atendido é incluído na lista de eventos.

A lógica do evento de saída é descrita pelo diagrama de fluxo mostrado na figura 2.15. A rotina de evento de saída é chamada quando um serviço é terminado, e portanto ocorre a saída de um consumidor. Quando o consumidor sai do servidor, e não tem nenhum consumidor na fila, o estado do servidor é ajustado para livre e o evento de saída é eliminado da lista de eventos, até que ocorra um novo evento de entrada. Por outro lado, se existe(m) consumidor(es) na fila esperando para ser(em) atendido(s), o primeiro consumidor que está na fila entra para ser atendido, então o tamanho da fila é decrementado em um, e o tempo de espera do consumidor é calculado e armazenado adequadamente nos contadores estatísticos. O número de consumidores que tiveram que esperar é incrementado em um, e o evento de saída é novamente agendado na lista de eventos. O(s) consumidor(es) que ficou(ram) na fila são avançados em um lugar.

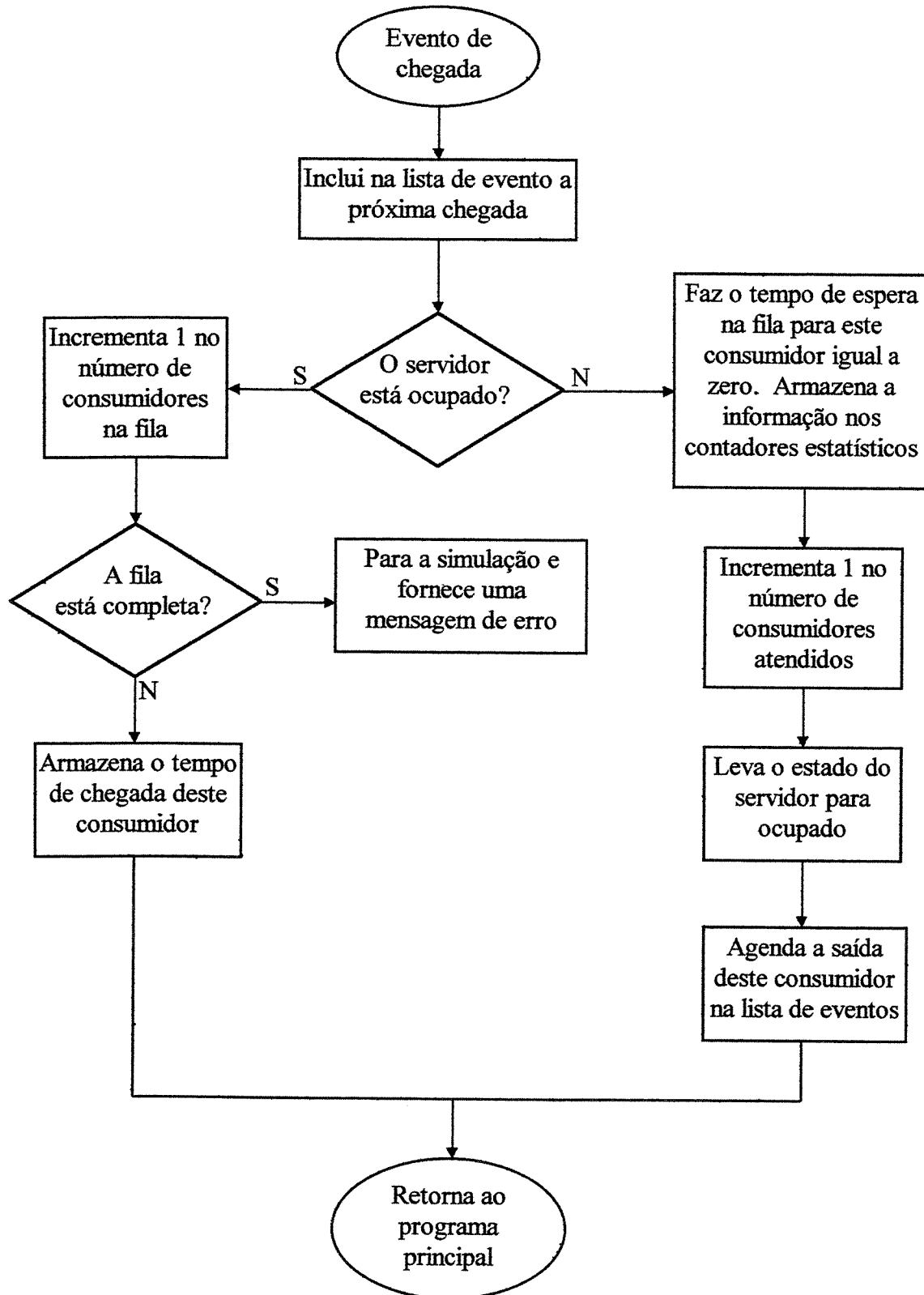


Figura 2.14: Diagrama de fluxo para rotina de evento de chegada.

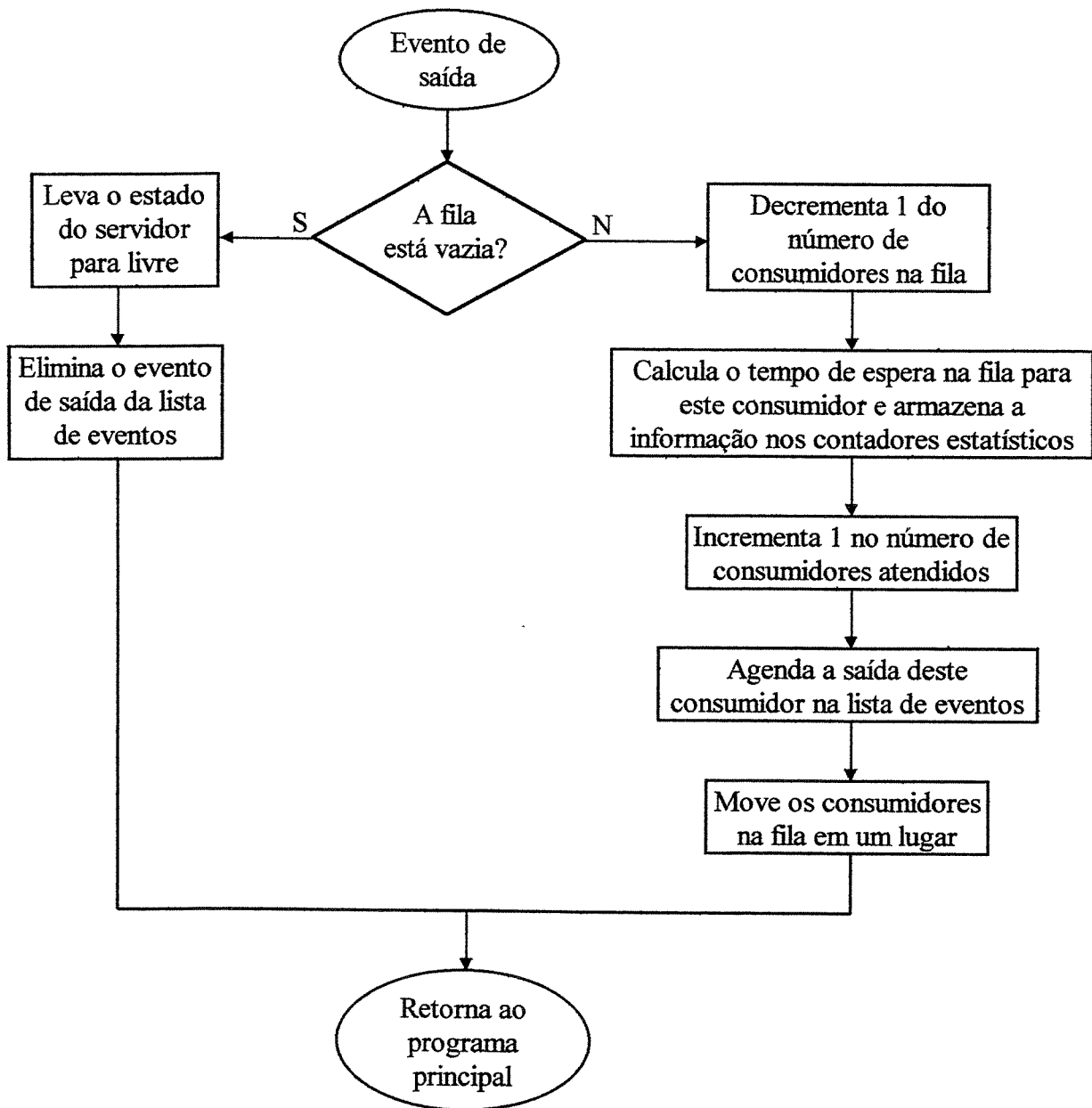


Figura 2.15: Diagrama de fluxo para rotina de evento de saída.

#### 2.2.6.4- Gerador das distribuições de probabilidades

A simulação de sistemas ou processos que requerem componentes que são aleatórios, necessita de um método para gerar ou obter números que são aleatórios. Por exemplo, um sistema de filas requer pelo menos as distribuições de probabilidades dos intervalos entre chegadas

e do tempo de serviço, que descrevem alguma distribuição de probabilidades específica, como: exponencial, triangular, Poisson, empírica, etc.

Existem alguns métodos para gerar variáveis aleatórias para uma distribuição de probabilidades uniforme sobre um intervalo (0,1) (Law and Kelton, 1991), esta distribuição é denotada por  $U(0,1)$ . Variáveis aleatórias geradas da distribuição de probabilidades  $U(0,1)$  são chamadas de números aleatórios. Ainda que esta seja uma simples distribuição de probabilidades contínua, é extremamente importante, pois possibilita obter números aleatórios independentes. A distribuição de probabilidades  $U(0,1)$  possui um importante papel na geração de variáveis aleatórias, pois ela é a base para a obtenção de outras distribuições de probabilidades (exponencial, normal, binomial, empírica, etc.), que podem ser obtidas através da transformação dos números aleatórios independentes em uma determinada distribuição de probabilidades desejada.

Alguns métodos são aplicados na geração de números randômicos em computador digital (Law and Kelton, 1991). Estes métodos devem ser analisados com um certo cuidado, para evitar erros que possam ocorrer na simulação. É essencial que um gerador de variável randômica, estatisticamente confiável, para  $U(0,1)$  esteja disponível. A maioria das linguagens de programação possui um gerador de número randômico adequado.

Existem muitas técnicas para gerar variáveis randômicas de uma distribuição de probabilidades em particular, como: transformada inversa, composição, convolução, aceitação/rejeição, etc.. A técnica depende da distribuição de probabilidades que se deseja gerar (Law, 1991). Por exemplo: para gerar os números randômicos da distribuição de probabilidades exponencial, dada por:

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-x/\beta} & \text{se } x \geq 0 \\ 0 & \text{se } x < 0 \end{cases} \quad [2.10]$$

Gera-se  $U \sim U(0,1)$ , e determina-se o valor de  $X$  através de:

$$X = -\beta \ln U \quad [2.11]$$

#### 2.2.6.5- Indicadores de desempenho do sistema de filas

Para medir o desempenho de um sistema de filas, pode-se calcular três valores (Law and Kelton, 1991). O primeiro é estimar o valor esperado do tempo médio da espera na fila para os consumidores que foram atendidos ( $n$  consumidores) durante a simulação, denominado  $d(n)$ . O termo valor esperado na definição de  $d(n)$  significa que: sobre uma determinada simulação o valor esperado do tempo de espera na fila, verificada para  $n$  consumidores, depende das variáveis randômicas geradas para os valores dos intervalos entre chegadas e do tempo de serviço. Pode-se chegar a valores diferentes para o valor esperado do tempo de serviço, ao se executar várias simulações. Portanto, o comportamento do tempo médio de espera na fila, de uma determinada simulação, é visto como uma variável randômica. Para uma simulação cujo resultado para o tempo de espera na fila para os consumidores é:  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , o valor estimado para o tempo médio de espera na fila é:

$$\hat{d}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad [2.12]$$

A segunda medida de desempenho para um sistema de filas é uma medida de como o servidor está ocupado. O valor esperado da taxa de utilização de um servidor é a porção de tempo, do início (instante de tempo igual a 0) ao término (instante de tempo igual a  $T(n)$ ) da simulação, em que o servidor está ocupado, denominado de  $u(n)$ . Então, o valor estimado de  $u(n)$  da simulação é  $\hat{u}(n)$  = porção de tempo da simulação na qual o servidor está ocupado. Para calcular o valor de  $\hat{u}(n)$  é necessário definir uma função de ocupação denominada  $B(t)$ , que obedece a seguinte formação:  $B(t) = 1$  se o servidor está ocupado no instante de tempo  $t$  e  $B(t) = 0$  se o servidor está livre no instante de tempo  $t$ . Desta forma,  $\hat{u}(n)$  pode ser calculado através da equação 2.13.

$$\hat{u}(n) = \frac{\int_0^{T(n)} B(t) dt}{T(n)} \quad [2.13]$$

A terceira medida de desempenho é estimar a probabilidade de um consumidor esperar na fila por determinado tempo. Consegue-se estimar este valor através da probabilidade acumulada do tempo de espera na fila denominada de  $a(t)$ . O resultado é uma curva que varia entre 0 e 1 (ou 0 e 100 %), onde consegue-se determinar, por exemplo: a probabilidade de um consumidor chegar e encontrar o servidor livre, ou a probabilidade de um consumidor chegar e esperar entre 0 e 10 minutos para ser atendido. Considerando os tempos de espera na fila dos consumidores, na simulação, como:  $D_1, D_2, \dots, D_n$ , o valor estimado da probabilidade acumulada da espera na fila, denominado de  $\hat{a}(t)$ , é dado pela equação 2.14:

$$\hat{a}(t) = \frac{\sum_{i=0}^n D_i(t)}{n} \quad [2.14]$$

Semelhante ao valor médio estimado do tempo de espera na fila, os valores estimados da taxa de utilização dos canais da probabilidade acumulada de espera na fila são variáveis randômicas, pois seus valores dependem dos valores dos intervalos entre chegadas e do tempo de serviço.

## Capítulo 3

### Metodologia

A meta principal deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema para auxílio no planejamento de serviços assistenciais de saúde (SAPSAS). Para o desenvolvimento do sistema proposto são colocadas três premissas:

- I) O sistema deve ser implementado para a utilização em plataforma Windows 95 ou superior;
- II) O sistema deve ser implementado para a utilização em microcomputador pessoal com uma configuração mínima: processador 486 (ou superior), 8 Mbytes de memória RAM e 10 Mbytes disponíveis no disco rígido para instalação;
- III) O sistema deve permitir atualizações no banco de dados sem que seja necessário modificação no programa desenvolvido;
- IV) A interface do sistema com os usuários deve ser implementada através de telas (formulários), pois o mesmo deverá ser utilizado principalmente por pessoal de planejamento e compras dentro do setor de saúde (Secretarias, EAS, Ministério, etc.). Na grande maioria dos casos, estas pessoas não possuem o suporte de grupos de informática e têm pouco conhecimento na manipulação de programas que envolvem a utilização de banco de dados.

Desta maneira, o primeiro ponto a ser implementado no SAPSAS, é a capacidade de informar aos usuários:

- 1. os serviços que compõem um estabelecimento assistencial de saúde (EAS);
- 2. os equipamentos destinados para cada serviço; e
- 3. auxiliar na especificação desses equipamentos.

Tendo em mente as dificuldades encontradas na quantificação dos equipamentos, o segundo ponto a ser implementado no SAPSAS, é fornecer aos usuários uma ferramenta capaz de auxiliar no dimensionamento dos serviços assistenciais de saúde.

Com a definição das metas do trabalho, tem início a implementação do SAPSAS. Este capítulo descreve as diversas etapas executadas no desenvolvimento do sistema proposto, que envolve desde a obtenção das informações, estruturação do banco de dados, até a implementação do sistema propriamente dito.

### **3.1 - Definição do sistema de gerenciamento do banco de dados**

O primeiro passo para a implementação do SAPSAS é a definição do sistema de gerenciamento de banco de dados que melhor atenda às necessidades de desenvolvimento do sistema proposto. Os requerimentos básicos que o sistema de gerenciamento de banco de dados deve possuir para a implementação do SAPSAS, tendo em mente as premissas citadas no início desse capítulo, são:

1. Capacidade de implementação de um sistema, no qual os usuários não necessitem de profundos conhecimentos em bancos de dados, nem em linguagens de programação;
2. Capacidade de criar novas tabelas sem que os usuários necessitem definir as estruturas das tabelas;
3. Capacidade de calcular e armazenar dados em tabelas diferentes; e
4. Capacidade de realizar procedimentos não específicos a sistemas de gerenciamento de banco de dados, para a implementação da análise de dimensionamento.

Com base nos itens listados acima, dois sistemas de gerenciamento de banco de dados são analisados; o Access da Microsoft (Roque e Filidis, 1995), (Microsoft Corporation, 1994) e o Delphi da Borland (Cantu, 1998), (Blue, Kaster, Lief and Scott, 1997). Estes dois sistemas foram escolhidos através de indicações de profissionais que trabalham na área de programação em banco de dados no Centro de Processamento de dados da Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Após a análise dos sistemas, pode-se citar as vantagens e desvantagens de cada sistema:

- ⇒ Vantagens do Access: (a) grande facilidade e rapidez na elaboração das tabelas, formulários, consultas, relatórios e relacionamentos; e (b) o programador não necessita possuir conhecimentos em linguagem SQL;
- ⇒ Desvantagens do Access: (a) impossibilidade de cálculo de valores para posterior



armazenamento em campos de tabelas (os cálculos ficam limitados a consultas); (b) para realizar procedimentos não específicos a sistemas de gerenciamento de banco de dados é necessário a utilização em conjunto com outro software; e (c) o usuário necessita definir as estruturas das tabelas na criação das mesmas.

- ⇒ Vantagens do Delphi: (a) realiza procedimentos não específicos a sistemas de gerenciamento de banco de dados; (b) capacidade de criar tabelas sem que o usuário tenha que definir sua estrutura; (c) maior flexibilidade na elaboração dos formulários e relatórios; e (d) possibilidade de calcular valores e armazená-los em campos específicos de determinadas tabelas;
- ⇒ Desvantagens do Delphi: (a) o programador necessita possuir conhecimentos em linguagem SQL; e (b) a elaboração dos formulário e relatórios demanda mais trabalho.

Concluída a análise, definiu-se que o sistema de gerenciamento de banco de dados utilizado na implementação do SAPSAS será o Delphi da Borland. O Delphi além de atender aos requerimentos, citados acima, ainda possui a característica de ser uma linguagem compilada, evitando assim que os usuários tenham que adquiri-lo para a utilização do SAPSAS.

### **3.2 - Obtenção das informações**

A obtenção das informações para a criação da base de dados foi realizada através de pesquisa em publicações especializadas. A pesquisa foi realizada em duas partes, descritas a seguir:

1. Serviço – obtenção das informações relacionadas com os serviços que compõem os EAS e os equipamentos necessários para o bom funcionamento desses serviços; e
2. Especificação - informações relacionadas com as características funcionais dos equipamentos utilizados nos EAS, necessárias para a elaboração das especificações desses equipamentos.

No início da pesquisa sobre as informações relacionadas com os serviços surgiu o seguinte

questionamento: Quais os serviços que o SAPSAS irá abranger? Foi definido que a limitação seria imposta pela indisponibilidade de informações, ou seja, todos os serviços que se conseguisse informações confiáveis seriam incluídos no SAPSAS.

A pesquisa teve início com a obtenção das informações sobre os serviços que fazem parte de um EAS. O objetivo principal dessa pesquisa foi obter dados que fossem confiáveis e obedecessem algum tipo de padrão (como: nome dos serviços, tipos de especialidades médicas, os serviços que compõem cada especialidade médica, os serviços que compõem cada setor de um estabelecimento hospitalar, etc.) definido por alguma instituição relacionada com a área da saúde, como os Conselhos de Medicina ou Ministério da Saúde. Atendendo a este objetivo, estas informações foram conseguidas através da Norma para Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (Ministério da Saúde - SAS, 1994 b), do Ministério da Saúde, que padronizou as instalações nos serviços hospitalares. Durante a obtenção das informações verificou-se que determinados serviços desenvolvem mais de uma atividade. Por exemplo, o serviço laboratório de análises clínicas desenvolve as seguintes atividades: bacteriologia, sorologia, parasitologia, hematologia, etc., e para o trabalho aqui apresentado, definiu-se como a menor unidade de informação o termo ambiente.

Tendo concluído o levantamento das informações sobre os tipos de serviços que fazem parte de um sistema hospitalar, tem início a obtenção das informações sobre os tipos e quantidades de equipamentos utilizados em cada serviço. Nesta pesquisa, verificou-se que em alguns serviços consegue-se publicações com certa facilidade, o que demonstra a preocupação dos profissionais que atuam nestes serviços com a padronização dos mesmos, e por consequência, o cuidado com os pacientes. Estes serviços são os que envolvem um maior cuidado com o paciente, como: centro cirúrgico (Marmarinou, 1990), (Schweer and Ose, 1995); unidades de tratamento intensivo (Committee, 1993), (Comitê, 1995); e centros de atendimento de emergência (Yaron, Ruiz and Baretich, 1994). Por outro lado, para a maioria dos serviços, existe uma grande dificuldade na obtenção de publicações sobre os equipamentos e instalações. Nestes casos, a única fonte de informações disponível é o documento sobre Equipamento para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Planejamento e Dimensionamento (Ministério da Saúde - SAS, 1994 a),

do Ministério da Saúde. Este documento, além de informar sobre os tipos e quantidades de equipamentos utilizados em cada serviço, também classifica o grau de necessidade dos mesmos nos serviços, em:

1. Indispensáveis (A) - são os equipamentos sem os quais não é possível oferecer o serviço previsto;
2. Necessários (B) - são os equipamentos diretamente relacionados com a prestação de serviços, sem os quais a prestação dos mesmos é dificultada; e
3. Recomendáveis (C) - são os equipamentos relacionados com a prestação de serviços, sem os quais a prestação dos mesmos é realizada em condições diminuídas de conforto e facilidade.

Ao concluir o trabalho de obtenção de informações sobre os serviços foram conseguidos dados sobre os seguintes assuntos:

1. Os serviços que compõem os EAS;
2. Os tipos e quantidades dos equipamentos necessários para o funcionamento de cada serviço;
3. A classificação dos equipamentos em função da sua necessidade para cada serviço;
4. Os ambientes que compõem cada serviço;
5. Os serviços que fornecem suporte aos outros serviços;
6. A classificação dos serviços em especialidades, de acordo com as informações do documento Equipamentos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde do Ministério da Saúde (Ministério da Saúde - SAS, 1994 a); e
7. A classificação dos serviços em setores e unidades, de acordo com as informações da Norma para Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde do Ministério da Saúde (Ministério da Saúde - SAS, 1994 b).

O diagrama da figura 3.1 mostra as informações descritas acima, agrupadas por assunto. Cada bloco do diagrama representa um assunto e as setas indicam como estes assuntos estão relacionados. Deste modo, os serviços estão relacionados aos serviços de suporte, especialidades, ambientes, setores e especialidades; os setores estão relacionados as unidades; e os equipamentos

(tipo, quantidade e classificação) estão relacionados a cada ambiente. No SAPSAS as setas bidirecionais indicam que os relacionamentos permitem a apresentação das informações nos dois sentidos, por exemplo, pode-se obter dados sobre equipamentos necessários a um determinado serviço ou os dados sobre os serviços que utilizam um determinado equipamento. No caso das setas unidirecionais indicam que o relacionamento entre as informações ocorrem apenas em um sentido, por exemplo, pode-se obter dados sobre os serviços que pertencem a um determinado setor.

Após a conclusão da pesquisa para a obtenção das informações sobre os serviços de um sistema hospitalar, teve início a pesquisa para a obtenção das informações relacionadas com a especificação dos equipamentos. O primeiro passo é determinar as informações que devem ser incluídas no SAPSAS, isto é realizado através de uma análise sobre as informações contidas em uma especificação (Mendes, 1996). Através desta análise, verifica-se que em uma especificação, diversas características funcionais devem ser definidas, e estas características dependem do tipo do equipamento.

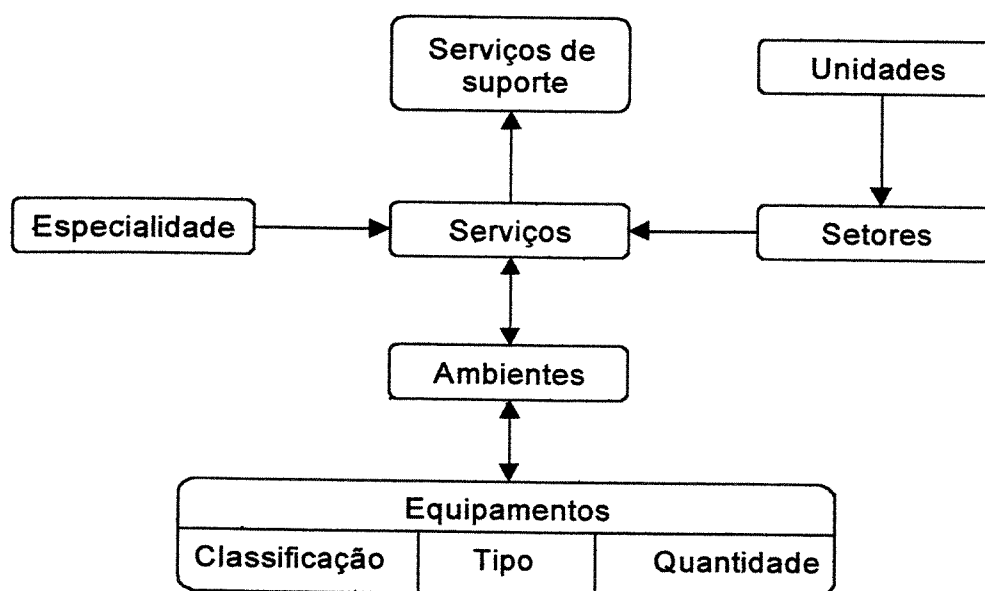


Figura 3.1: Diagrama das informações obtidas na pesquisa serviço.

As características funcionais são denominadas itens de especificação. O passo seguinte é a obtenção dos itens de especificação em publicações, que descrevam as características dos

equipamentos como: ECRI - HPCS (Emergency Care Research Institute – ECRI, Healthcare Products Comparison System, 1995, 1996, 1997), catálogos de equipamentos e especificação de equipamentos (Mendes, 1996). Durante a obtenção das informações, verificou-se que muitos itens de especificação atendem vários a equipamentos, por exemplo: nome do equipamento, utilização, faixa de medida, alimentação elétrica, etc.. Estes itens, em alguns casos, podem especificar grandezas diferentes, em diferentes tipos de equipamentos, por exemplo: em um equipamento, o item faixa de medida pode retratar uma faixa de temperatura, em outro uma faixa de frequência.

Após a conclusão da obtenção dos itens de especificação os equipamentos foram classificados em grupos que possuem as mesmas características funcionais. Por exemplo: aspirador torácico, aspirador para rede de vácuo, aspirador contínuo baixo volume, etc., foram classificados no grupo aspirador. Esta classificação é realizada para que os itens de especificação atendam não apenas a um equipamento, mas a um grupo com características funcionais semelhantes.

Para organizar a estrutura de apresentação do relatório final de especificação, os itens de especificações são classificados em grupos, por exemplo: para que no relatório de especificação de um determinado equipamento os itens “Altura: 1 m” e “profundidade: 0,5 m” apareçam em uma certa seqüência, eles são classificados em um mesmo grupo, a saber “Dimensões Físicas”. Os grupos definidos para classificação dos itens de especificação são:

1. Nome do equipamento;
2. Características gerais;
3. Tipo de montagem;
4. Princípio de funcionamento;
5. Dimensões físicas;
6. Parâmetros exigidos;
7. Sistemas/dispositivos de controle;
8. Sistemas/dispositivos de alarme;
9. Sistemas de apresentação de dados;
10. Saídas e entradas;
11. Acessórios;

12. Características de construção;
13. Sistemas/dispositivos de segurança;
14. Alimentação;
15. Exigências técnicas ou normativas; e
16. Módulos exigidos.

Após a conclusão da pesquisa para a obtenção das informações sobre os itens de especificação, surge a seguinte questão: “qual a pergunta que o SAPSAS deve fazer para obter a correta informação do usuário sobre um determinado item de especificação?”. Em resposta a este questionamento, dividiu-se as informações obtidas em duas:

1. descrição do item de especificação; e
2. pergunta do item de especificação.

Para exemplificar, considere o item de especificação “Capacidade total de infusão: 9.999 ml (programável)”, a descrição do item de especificação é “Capacidade total de infusão:”; e a pergunta do item de especificação é “Especifique a capacidade total de infusão:”. O termo restante “9.999 ml (programável)” é a informação que o usuário fornece ao SAPSAS.

Durante a elaboração das perguntas de especificação é detectado o seguinte problema: a forma de questionamento varia de acordo com o item de especificação, ou seja, a forma na qual o SAPSAS apresenta as perguntas de especificação para os usuário deve variar de acordo com o item de especificação. Para solucionar este problema são criadas cinco diferentes estruturas de perguntas:

1. Estrutura A - o usuário informa através de um campo de edição; por exemplo, a pergunta apresentada ao usuário para o item de especificação é “Especifique a taxa de infusão:”. A informação que o usuário fornece ao SAPSAS; é “0,1 a 99,9 ml/h (programável)”. O resultado final do item de especificação apresentado no relatório é “Taxa de infusão: 0,1 a 99,9 ml/h (programável)”;
2. Estrutura B - o usuário informa através de uma confirmação; por exemplo, a pergunta apresentada ao usuário para o item de especificação é “O equipamento deve possuir

desligamento automático em caso de oclusão?”. A informação que o usuário fornece ao SAPSAS é a confirmação (através da escolha do campo ‘Sim’) para a inclusão do item na especificação. O resultado final do item de especificação apresentado no relatório é “Desligamento automático em caso de oclusão”;

3. Estrutura C - o usuário informa através de uma confirmação e um campo de edição; por exemplo, a pergunta apresentada ao usuário para o item de especificação é “O equipamento deve possuir bateria ? especifique:”. A informação que o usuário fornece ao SAPSAS é a confirmação (através da escolha do campo ‘Sim’) e acrescenta a especificação desejada “para 2 horas de trabalho, no mínimo”. O resultado final do item de especificação apresentado no relatório é “Bateria: para 2 horas de trabalho, no mínimo”;
4. Estrutura D – o usuário informa através da seleção entre as opções (pode ser uma ou mais opções) fornecidas pelo SAPSAS; por exemplo, a pergunta apresentada ao usuário para o item de especificação é “Selecione os alarmes que o equipamento deve possuir:”. A informação que o usuário fornece ao SAPSAS é a seleção das opções “ ar na linha, mau gotejamento e oclusão”. O resultado final do item de especificação apresentado no relatório é “Alarmes: ar na linha, mau gotejamento e oclusão”;
5. Estrutura E – o usuário informa através da seleção entre as opções (deve ser única) fornecidas pelo SAPSAS; por exemplo, a pergunta apresentada ao usuário pelo item de especificação é “Especifique a alimentação elétrica:”. A informação que o usuário fornece ao SAPSAS é a seleção da opção “220V – 60 Hz”. O resultado final do item de especificação apresentado no relatório é “Alimentação elétrica: 220 V – 60 Hz”.

Com a conclusão da obtenção das informações sobre especificação foram obtidos os dados sobre os seguintes assuntos:

1. Os equipamentos utilizados nos EAS classificado em grupos;
2. O itens de especificação (descrição e pergunta de especificação) que representam as características funcionais dos equipamentos;
3. Os itens de especificação classificados em grupos; e
4. As estruturas das perguntas de especificação que serão apresentadas aos usuários.

A figura 3.2 ilustra o diagrama com o resultado da pesquisa, onde os blocos representam as informações agrupadas por assuntos e as setas representam os relacionamentos entre estes assuntos. Neste caso todos relacionamentos são unidirecionais. Desta forma, os equipamentos indicam os grupos de equipamentos aos quais pertencem, os grupos de equipamento indicam os itens de especificação pertencentes ao seu conjunto de perguntas e o item de especificação indica a estrutura da pergunta utilizada pelo SAPSAS para questionar os usuários e o grupo de especificação ao qual pertence.

Todas informações resultantes da pesquisa de dados, tanto da parte de serviços quanto da parte de especificação, estão armazenados no banco de dados do SAPSAS.

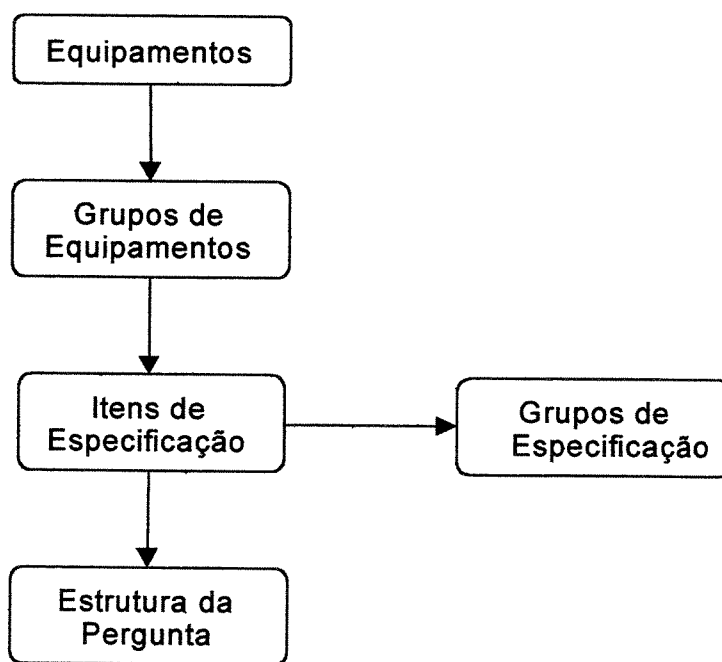


Figura 3.2: Diagrama das informações obtidas na pesquisa especificação.

### 3.3 - Estruturação do banco de dados

Com as informações obtidas nas pesquisas, teve início a fase da estruturação do banco de dados, que compreende a definição das tabelas e relacionamentos que farão parte do banco de dados. As figuras 3.1 e 3.2 mostram como as informações agrupadas por assuntos se relacionam. Com estas relações prévias e com a teoria de banco de dados vista no capítulo 2, parte-se então



para a definição de cada tabela com seus respectivos campos (os nomes das tabelas serão escritos em *itálico*).

Com base na figura 3.1, são definidas as tabelas *Especialidade*, *Serviço*, *Ambiente*, *Unidade*, *Setor*, *Suporte* e *Equipamento*. Outras três tabelas são definidas para realizar os relacionamentos vários para vários: *Ambiente/Equipamento* (relacionamento entre as tabelas *Ambiente* e *Equipamento*), *Serviço/Suporte* (relacionamento entre as tabelas *Serviço* e *Suporte*), e *Setor/Serviço* (relacionamento entre as tabelas *Setor* e *Serviço*). A figura 3.3 ilustra as tabelas, definidas para o armazenamento das informações da parte de serviços, com seus respectivos campos e relacionamentos, representados por meio das setas.

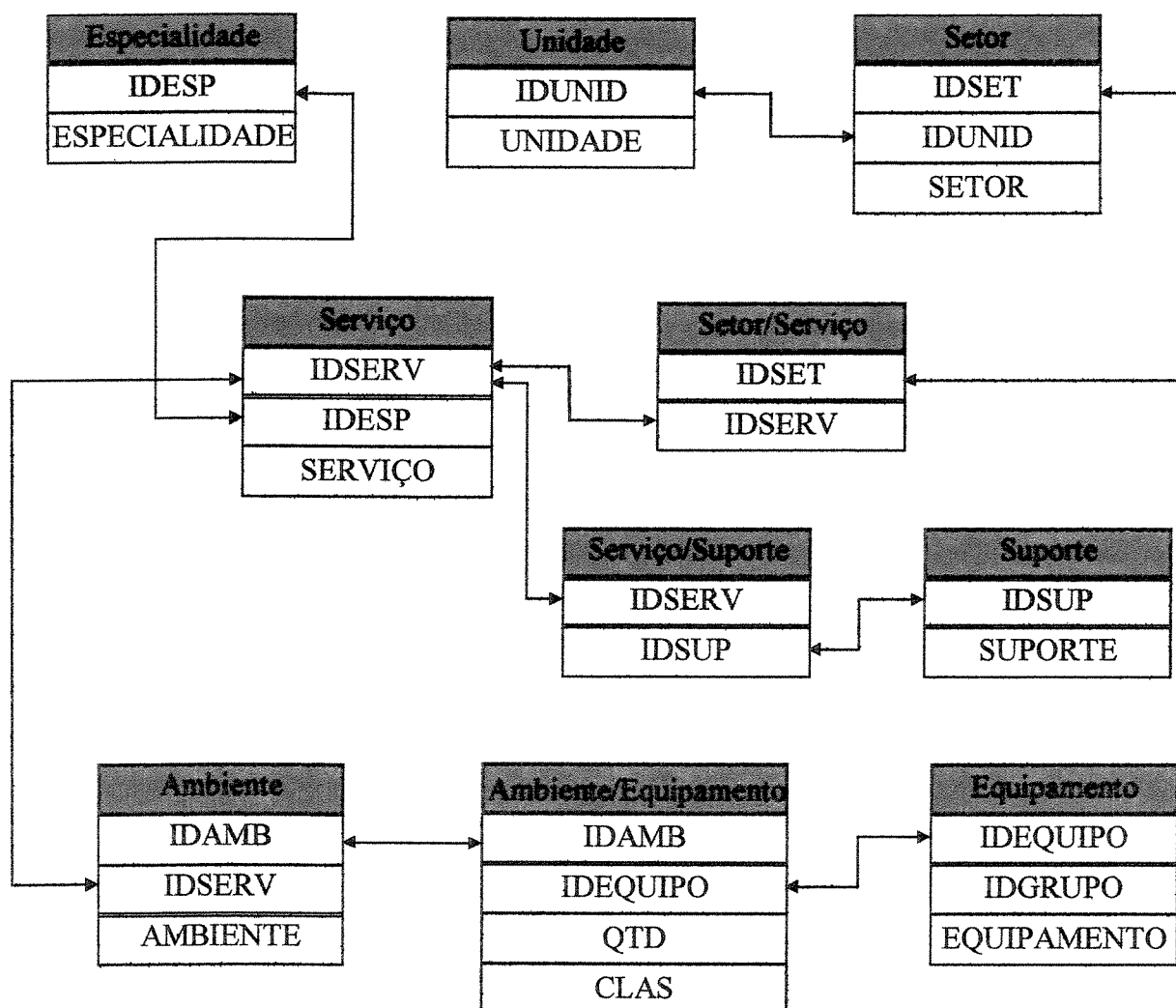


Figura 3.3: Estrutura das tabelas do banco de dados – serviço.



- ↳ Campo ESPECIALIDADE: informação especialidade;
- 2. Tabela *Serviço*: armazenar os serviços hospitalares (Ministério da Saúde – SAS, 1994 a), (Ministério da Saúde – SAS, 1994 b);
  - ↳ Campo IDSERV: campo chave, relacionamento com as tabelas *Ambiente*, *Serviço/Suporte*, *Setor/Serviço*;
  - ↳ Campo IDESP: relacionamento com a tabela *Especialidade*;
  - ↳ Campo SERVIÇO: informação serviço;
- 3. Tabela *Unidade*: armazenar as unidades de uma instalação hospitalar (Ministério da Saúde – SAS, 1994 b);
  - ↳ Campo IDUNI: campo chave, relacionamento com a tabela *Setor*;
  - ↳ Campo UNIDADE: informação unidade;
- 4. Tabela *Setor*: armazenar os setores de uma instalação hospitalar (Ministério da Saúde – SAS, 1994 b);
  - ↳ Campo IDSET: campo chave, relacionamento com a tabela *Setor/Serviço*;
  - ↳ Campo IDUNI: relacionamento com a tabela *Unidade*;
  - ↳ Campo SETOR: informação setor;
- 5. Tabela *Setor/Serviço*: realizar o relacionamento entre as tabelas *Setor* e *Serviço*;
  - ↳ Campo IDSET: relacionamento com a tabela *Setor*;
  - ↳ Campo IDSERV: relacionamento com a tabela *Serviço*;
- 6. Tabela *Suporte*: armazenar os serviços que fornecem suporte a outros serviços (Ministério da Saúde – SAS, 1994 a);
  - ↳ Campo IDSUP: campo chave, relacionamento com a tabela *Serviço/Suporte*;
  - ↳ Campo SUPORTE: informação serviço de suporte;
- 7. Tabela *Serviço/Suporte*: realizar o relacionamento entre as tabelas *Serviço* e *Suporte*;
  - ↳ Campo IDSERV: relacionamento com a tabela *Serviço*;
  - ↳ Campo IDSUP: relacionamento com a tabela *Suporte*;
- 8. Tabela *Ambiente*: armazenar os ambientes de uma instalação hospitalar (Ministério da Saúde – SAS, 1994 a), (Ministério da Saúde – SAS, 1994 b);
  - ↳ Campo IDAMB: campo chave, relacionamento com a tabela *Ambiente/Equipamento*;
  - ↳ Campo IDSERV: relacionamento com a tabela *Serviço*;

- ↗ Campo AMBIENTE: informação ambiente;
- 9. Tabela *Equipamento*: armazenar os equipamentos de uma instalação hospitalar;
  - ↗ Campo IDEQUIPO: campo chave, relacionamento com a tabela *Ambiente/Equipamento*;
  - ↗ Campo IDGRUPO: relacionamento com a tabela *Grupos de Equipamentos*;
  - ↗ Campo EQUIPAMENTO: informação equipamento;
- 10. Tabela *Ambiente/Equipamento*: realizar o relacionamento entre as tabelas *Ambiente* e *Equipamento*; e armazenar as informações sobre as quantidades e classificação dos equipamentos em relação aos ambientes;
  - ↗ Campo IDAMB: relacionamento com a tabela *Ambiente*;
  - ↗ Campo IDEQUIPO: relacionamento com a tabela *Equipamento*;
  - ↗ Campo QTD: quantidade do equipamento relativo ao ambiente;
  - ↗ Campo CLAS: classificação do equipamento relativo ao ambiente;
- 11. Tabela *Grupos de Equipamentos*: armazenar os grupos de equipamentos com características funcionais semelhantes; e indicar se o conjunto de perguntas de especificação para determinado grupo de equipamento está definido;
  - ↗ Campo IDGRUPO: campo chave, relacionamento com as tabelas *Equipamento*, *Grupo/Item* e *Resposta*;
  - ↗ Campo GEQUIPO: informação grupo de equipamento;
  - ↗ Campo E: indica a existência das perguntas de especificação para o grupo de equipamentos;
- 12. Tabela *Grupo/Item*: realizar o relacionamento entre as tabelas *Grupos de Equipamentos* e *Item*;
  - ↗ Campo IDGRUPO: relacionamento com a tabela *Grupos de Equipamentos*;
  - ↗ Campo IDITEM: relacionamento com a tabela *Item*;
- 13. Tabela *Item*: armazenar a descrição e a pergunta de especificação;
  - ↗ Campo IDITEM: campo chave, relacionamento com as tabelas *Grupo/Item*, *Resposta* e *Montagem*;
  - ↗ Campo IDGESP: relacionamento com a tabela *Grupos de Especificações*;
  - ↗ Campo DESCRIÇÃO: informação descrição do item de especificação;
  - ↗ Campo PERGUNTA: informação pergunta do item de especificação;

14. Tabela *Grupos de Especificações*: armazenar os grupos de especificações;
  - ↳ Campo IDGESP: campo chave, relacionamento com a tabela *Item*;
  - ↳ Campo GESP: informação grupo de especificação;
15. Tabela *Montagem*: armazenar a estrutura da pergunta de especificação; indica para o sistema os itens de especificação utilizados na elaboração de um determinado equipamento; armazena os valores das opções fornecidas aos usuários; e armazena as informações fornecidas pelos usuários para a construção da especificação;
  - ↳ Campo IDITEM: relacionamento com a tabela *Item*;
  - ↳ Campo MONT: informação estrutura da pergunta;
  - ↳ Campo CHEC: indica se o usuário utilizou o item na elaboração da especificação;
  - ↳ Campo OPÇÃO: informação opção (utilizada nas estruturas de perguntas D e E);
  - ↳ Campo VALOR: informação fornecida pelo usuário para a composição da especificação;
16. Tabela *Resposta*: armazena as informações fornecidas pelos usuários para informá-las no momento da elaboração de nova especificação de um equipamento do mesmo grupo;
  - ↳ Campo IDGEQUIPO: relacionamento com a tabela *Grupos de Equipamentos*;
  - ↳ Campo IDITEM: relacionamento com a tabela *Item*;
  - ↳ Campo RESPOSTA: informação resposta (fornecida pelo usuário na elaboração da especificação);

Concluída a estrutura das tabelas do banco de dados, passou-se então à definição de que forma o SAPSAS armazenaria os resultados obtidos pelos usuários, ou seja, quando o usuário elaborar o projeto de um determinado ambiente, ou elaborar a especificação de um determinado equipamento, de que forma o SAPSAS armazenará estas informações. Em ambos os casos o sistema armazena as informações obtidas pelo usuário em tabelas, mas com enfoques diferentes.

No caso do projeto de um serviço, o SAPSAS cria uma tabela, denominada *Projeto* (vide figura 3,5), com os seguintes campos:

- ↳ AMBIENTE - armazena o nome do serviço planejado (cada projeto pode conter vários serviços);
- ↳ EQUIPAMENTO – armazena os equipamentos necessários para cada um dos serviços

planejados;

- ⇒ E – indica se o questionário de perguntas de especificação para determinado grupo de equipamento está concluído; e
- ⇒ QTD – armazena o número de equipamentos necessários para o serviço planejado.

A tabela *Projeto* pode ser salva pelo usuário, com um nome definido pelo mesmo, caso ele desejar.

No caso da especificação de equipamentos, o sistema cria uma única tabela de especificação de equipamentos, denominada *Especificação*, ilustrada na figura 3.5, onde serão armazenados todos os equipamentos especificados pelo usuário. Esta tabela possui os seguintes campos:

- ⇒ IDEQUIPO – armazena a informação equipamento;
- ⇒ IDGITEM – armazena a informação grupo de especificação; e
- ⇒ ITEM – armazena o item de especificação gerado pelo SAPSAS com as informações fornecidas pelos usuários.

As modificações nos projetos dos serviços elaborados pelos usuários ficam restritas ao próprio projeto. O mesmo não ocorre no caso das especificações, onde as modificações realizadas pelo usuário ficam armazenadas no banco de dados do sistema, com a finalidade de facilitar a elaboração de novas especificações de equipamentos.

| Projeto     | Especificação |
|-------------|---------------|
| AMBIENTE    | IDEQUIPO      |
| EQUIPAMENTO | IDGITEM       |
| E           | ITEM          |
| QTD         |               |

Figura 3.5: Estrutura das tabelas *Projeto* e *Especificação*.

Desta forma, conclui-se toda a estrutura das tabelas do banco de dados, com os seus

relacionamentos. Apesar da tabela *Equipamento* aparecer nas duas figura 3.3 e 3.4, existe apenas uma tabela que faz a ligação entre as duas partes do banco de dados, a parte de serviços e a de especificação de equipamentos. A figura 3.6 mostra um diagrama com a estrutura completa das tabelas no banco de dados. Neste diagrama cada bloco representa uma tabela e as setas de ligações indicam os relacionamentos existentes entre estas tabelas. Como indicado no diagrama, os relacionamentos no banco de dados podem ser do tipo unidirecional ou bidirecional. As tabelas *Projeto* e *Especificação* aparecem em destaque por serem os resultados gerados pelo sistema.

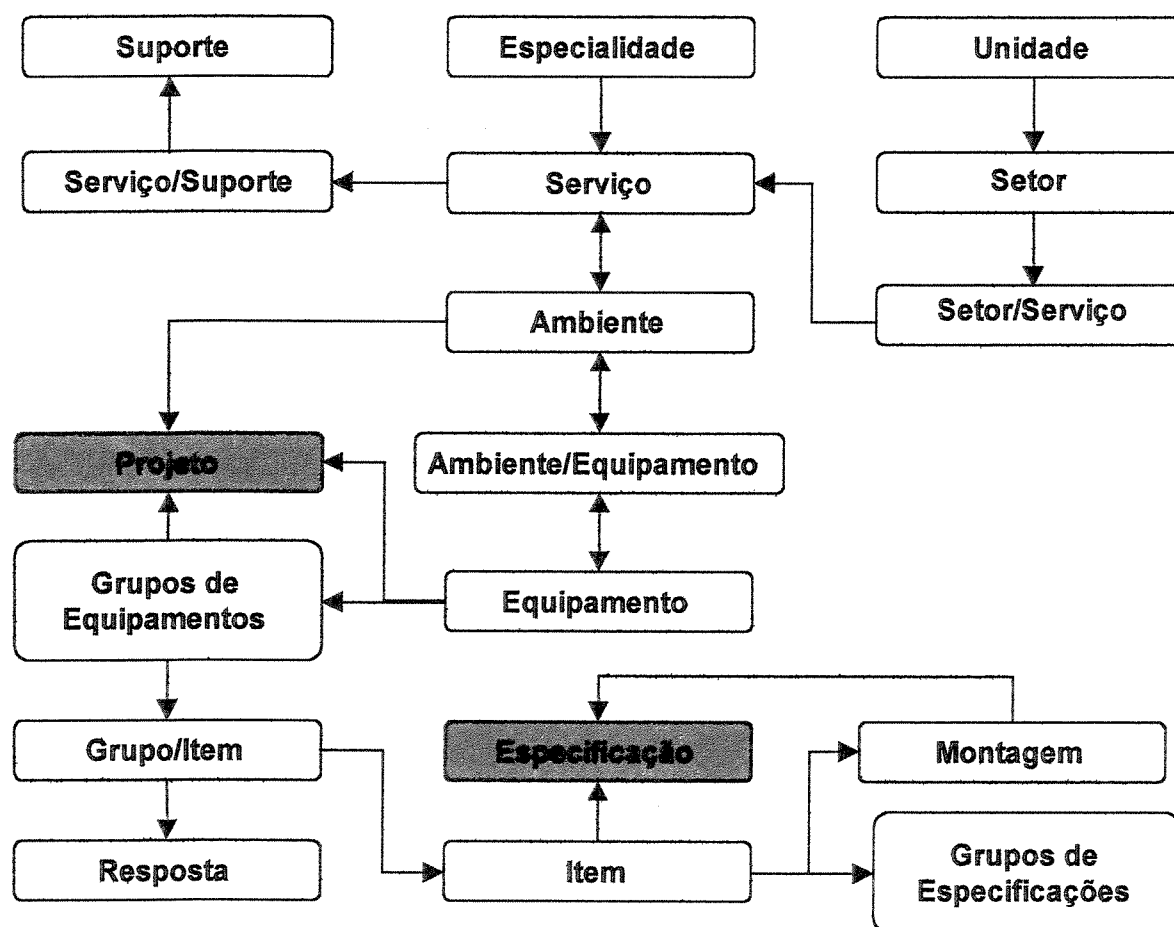


Figura 3.6: Estrutura completa do banco de dados, tabelas e relacionamentos.

### 3.4 - Armazenamento das informações

O primeiro passo para o armazenamento das informações obtidas no item 3.2, foi a criação

das tabelas, cujas estruturas foram definidas anteriormente. Com exceção da tabela *Projeto*, que o sistema cria automaticamente quando o usuário deseja salvar um projeto de serviço que tenha sido elaborado, todas as outras tabelas foram criadas através de um utilitário fornecido com o Delphi, denominado Database Desktop. Para o armazenamento das informações em suas respectivas tabelas, as mesmas foram divididas em cinco partes, que são:

1. Tabelas nas quais o usuário não pode interagir, isto é, não pode incluir, excluir ou modificar valores, esta tarefa seria uma função do administrador do banco de dados, cujas tabelas são: *Unidade*, *Setor*, *Serviço*, *Ambiente*, *Serviço/Suporte*, *Suporte*, *Especialidade*, *Grupos de especificações* e *Grupos de equipamentos*. Para o armazenamento das informações, nestas tabelas, utiliza-se o próprio utilitário Database Desktop;
2. Tabelas nas quais o usuário pode interagir apenas na ação de incluir, para evitar perda de dados no SAPSAS, cujas tabelas são *Equipamento* e *Item*. Para o armazenamento de informações nestas tabelas é necessário a elaboração de telas (formulários), que façam parte do SAPSAS e fiquem disponíveis aos usuários;
3. Tabelas nas quais o usuário pode interagir livremente, isto é, pode incluir, excluir ou modificar valores, cujas tabelas são *Ambiente/Equipamento* e *Grupo/Item*. Para o armazenamento das informações nestas tabelas também é necessário a elaboração de telas, que façam parte do SAPSAS e fiquem disponíveis aos usuários;
4. Tabelas que o SAPSAS atualiza automaticamente, através da interação com o usuário, mas de forma transparente, isto é, o usuário não toma conhecimento que está interagindo com as mesmas. As tabelas que atuam desta forma são *Montagem* e *Resposta*; e
5. Tabelas que o SAPSAS cria e que são resultantes da elaboração de projetos de serviços e de especificação de equipamentos feitas pelo usuário. Estas tabelas são: *Projeto* e *Especificação*; onde também é necessário a elaboração de telas que possibilitem ao usuário interagir da forma que desejar.

Após o armazenamento dos dados nas tabelas citadas no item 1. (acima), foram implementadas as telas utilizadas na inserção de dados nas tabelas: *Equipamento*, *Item*,



*Ambiente/Equipamento*, *Grupo/Item* e *Montagem*. As telas responsáveis para executar as tarefas de armazenamento de dados são:

1. Tela ‘Inserir dados na tabela equipamento’;
2. Tela ‘Inserir dados na tabela item’, esta tela também é responsável pelo armazenamento de dados na tabela *Montagem*;
3. Tela ‘Construtor de Ambientes’, responsável pelo armazenamento de dados na tabela *Ambiente/Equipamento*; e
4. Tela ‘Construtor de especificação’, responsável pelo armazenamento de dados na tabela *Grupo/Item*.

A figura 3.7 ilustra a tela ‘Construtor de ambientes’, cuja função é o armazenamento dos dados na tabela *Grupo/Item*.

**Construtor de ambientes**

Equipamentos:

- Arquivo p/ lâminas com 18 gavetas, aço
- Arquivo p/ vídeos
- Asa de Maddox
- Aspirador cirúrgico elétrico, em móvel
- Aspirador cirúrgico elétrico, portátil**
- Aspirador contínuo intermitente
- Aspirador contínuo intermitente, baixo volume, portátil, elétrico
- Aspirador contínuo, elétrico

Quantidade:

Classificação: ☒ A ☐ B ☐ C

Equipamentos no ambiente:

| EQUIPO                                            | QTD  | CLAS |
|---------------------------------------------------|------|------|
| ▶ Aspirador cirúrgico elétrico, portátil          | 0,5  | A    |
| Assistência respiratória de cabeceira, sistema de | 1    | A    |
| Balança antropométrica, adulto                    | 1/S  | A    |
| Balança pediátrica de mesa                        | 0,25 | A    |
| Berço aquecido, calor irradiante                  | 0,5  | A    |
| Bomba de infusão                                  | 1    | A    |
| Cama fawler, pediátrico                           | 0,5  | A    |

Figura 3.7: Tela para inserção de dados na tabela *Ambiente/Equipamento*.

As telas para armazenamento de dados são projetadas de acordo com as necessidades da tabela onde os dados serão armazenados, sempre obedecendo as premissas citadas no início do capítulo. A tela ‘Construtor de ambientes’ (vide figura 3.7) armazena os seguintes dados:

- a) campo chave do ambiente ‘IDAMB’;
- b) campo chave do equipamento ‘IDEQUIPO’;
- c) campo quantidade ‘QTD’; e
- d) campo classificação.

A tela ‘Construtor de ambiente’ é ativada especificando o ambiente e permite a adição ou remoção dos registros selecionados pelo usuário. O SAPSAS apresenta os equipamentos disponíveis no banco de dados dentro do componente ‘Equipamentos:’. O usuário seleciona o equipamento e define a quantidade (componente ‘Quantidade:’) e a classificação (componente ‘Classificação:’) de acordo com as necessidades do ambiente (vide capítulo 3, item 3.2). A tela ‘Construtor de especificação’ é projetada utilizando uma estrutura semelhante a esta, enquanto as telas ‘Inserir dados na tabela Equipamento’ e ‘Inserir dados na tabela Item’, possuem uma estrutura mais simples. As telas de armazenamento de dados nas tabelas, assim como o funcionamento de cada uma delas, são descritas detalhadamente no Apêndice I.

Após a elaboração de todas as telas de armazenamento de dados, foi realizado o trabalho de inserção de todas as informações obtidas em suas respectivas tabelas. A figura 3.8 ilustra parte das tabelas *Ambiente*, *Ambiente/Equipamento* e *Equipamento* com seus respectivos campos, dados e indica os relacionamentos através das linhas de ligações.

Ao concluir o armazenamento das informações nas tabelas, o banco de dados resultante é formado basicamente por:

- a) 290 ambientes;
- b) 1416 equipamentos; e
- c) 1147 itens de especificação.

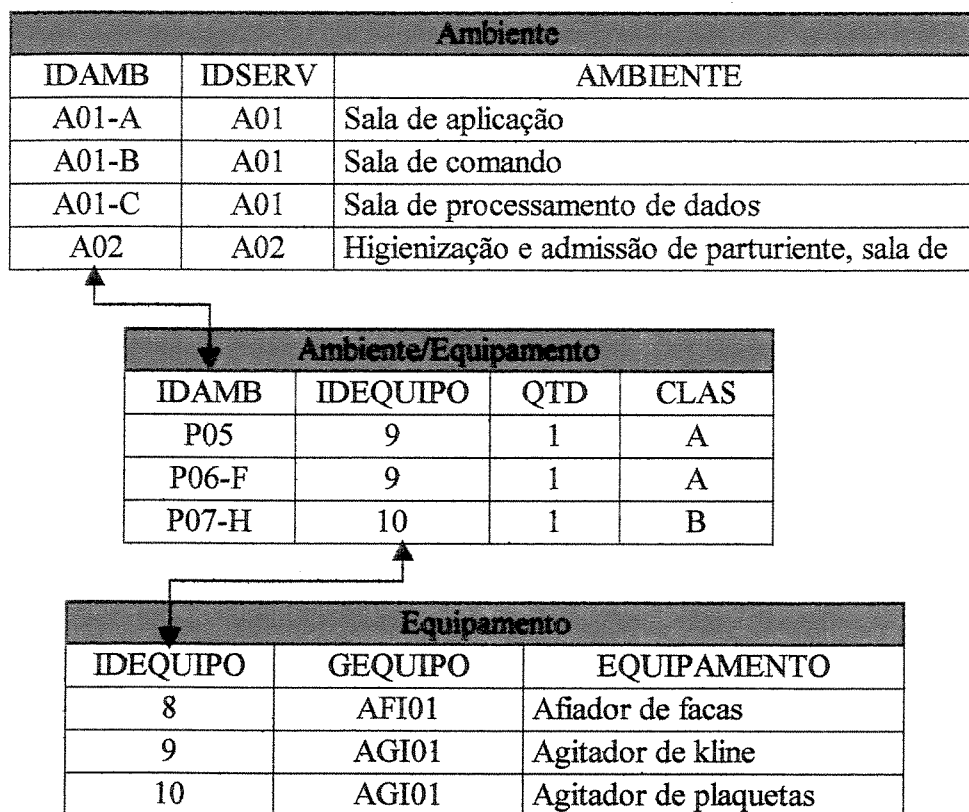


Figura 3.8: Tabelas do banco de dado

### 3.5 - Implementação do sistema

A implementação do SAPSAS tem início com a definição das telas que farão parte do sistema e suas finalidades. O projeto de cada tela é desenvolvido cuidadosamente de modo a atender as premissas citadas no início deste capítulo. As telas utilizadas para o armazenamento das informações também fazem parte do sistema e serão ativadas através de outras telas. Portanto, além das telas para o armazenamento das informações, são definidas as seguintes telas:

1. Tela principal – possibilita a manipulação da tabela *Projeto* (criada pelo sistema com as informações dos usuários) e pelo acesso às demais telas do sistema;
2. Tela de consulta ao banco de dados - permite a criação de ferramentas para o usuário obter informações do banco de dados e acesso à tela ‘Construtor de ambientes’ (que é responsável pela manipulação das informações da tabela *Ambiente/Equipamento*);
3. Tela de especificação de equipamentos – possibilita a manipulação da tabela *Especificação*, (criada pelo sistema com as informações dos usuários), acesso à tela

- ‘Construtor de especificação’ (que manipula as informações da tabela *Grupo/Item*) e abre a tela de perguntas de especificação;
4. Tela de perguntas de especificação - obtém as informações dos usuários e constrói a especificação dos equipamentos, armazenando os dados na tabela *Especificação*;
  5. Tela de análise de dimensionamento - realiza a análise de dimensionamento de serviços, utilizando o método da teoria das filas;
  6. Tela gráfica - desenha os gráficos e relatórios com as informações obtidas na tela de análise de dimensionamento;
  7. Tela de planejamento dos serviços - obtém as informações dos usuários para a elaboração do projeto dos serviços;
  8. Tela de diálogo - auxilia os usuários na utilização do sistema;
  9. Tela relatório de projeto - apresenta o relatório de projeto com as informações da tabela *Projeto*, que pode ser impresso ou armazenado em arquivo;
  10. Tela relatório de especificação – apresenta o relatório final de especificação com as informações da tabela *Especificação*, que pode ser impresso ou armazenado em arquivo;
  11. Tela inserir/modificar dados - insere ou modifica os dados nas tabelas *Projeto* e *Especificação*; e
  12. Tela de ajuda - fornece ajuda aos usuário sobre a utilização do SAPSAS.

Após a definição das telas que compõem o SAPSAS, foi realizado o projeto das mesma. O projeto das telas depende da função que elas executarão no SAPSAS. As telas ‘Principal’, ‘Consulta ao banco de dados’ e ‘Especificação’ obedecem uma mesma estrutura de projeto, contendo: uma barra de ferramentas, um menu principal e uma área de dados. Para exemplificar, a figura 3.9 ilustra a tela ‘Principal’ do SAPSAS.

As demais telas do SAPSAS possuem uma estrutura própria de acordo com suas necessidades para executar suas funções. Todas as telas projetadas, assim como os seus componentes, rotinas e funcionamento são descritos em detalhe no Apêndice I.

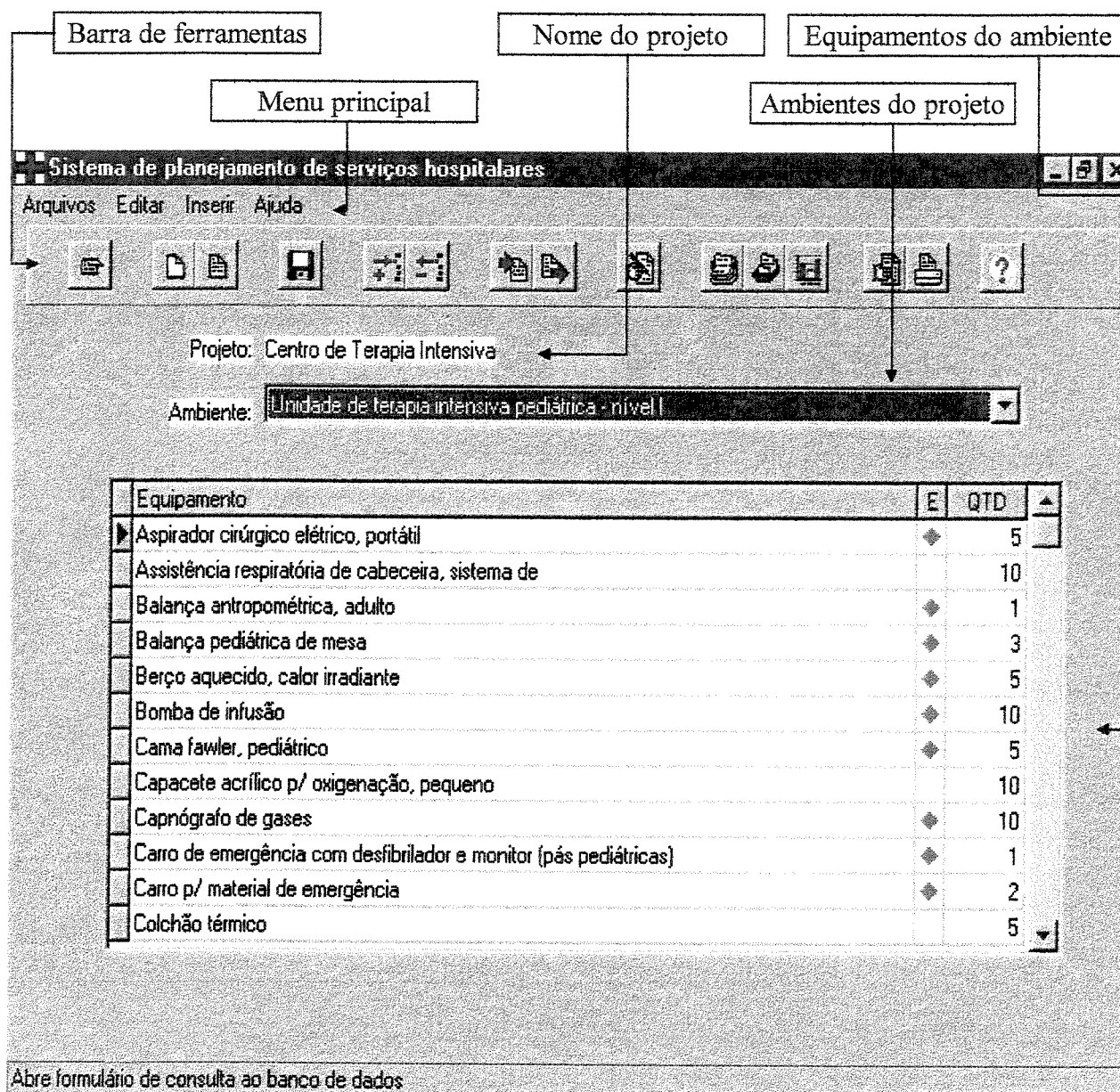


Figura 3.9: Tela principal do SAPSAS.

### 3.5.1 – Metodologia para determinação do planejamento dos serviços

Para que o usuário forneça as informações necessárias ao planejamento de um serviço, o SAPSAS ativa a tela 'Planejamento de serviço'. A tela 'Planejamento de serviços' é dividida em duas partes. Na primeira parte o SAPSAS fornece, para a seleção dos usuários, a sequência de informações: unidades, setores, serviços e atividades (vide apêndice I, figura I.30). Quando o

usuário conclui a seleção é ativada automaticamente a segunda parte da tela, onde o usuário fornece informações específicas do serviço como: nome do serviço, número de canais de serviço (por exemplo: número de leitos na UTI ou número de salas cirúrgicas), especialidades atendidas, etc. (vide apêndice I, figura I.31).

Para o planejamento de um serviço, o SAPSAS realiza consultas na tabela *Ambiente/Equipamento*, sendo que esta fornece os equipamentos necessários a cada ambiente e suas quantidades por canal de serviço. Esta consulta pode ser simples em serviços que atendem apenas uma determinada especialidade (por exemplo uma unidade de terapia intensiva neonatal); ou complexa em serviços que atendam várias especialidades (por exemplo uma sala cirúrgica). Nesta última, é necessário que o sistema determine os equipamentos que atendam todas especialidades, sem que ocorram redundâncias e sempre respeitando as especialidades que necessitem a maior quantidade de equipamentos. A figura 3.10 ilustra a rotina que o SAPSAS executa no planejamento dos ambientes.

Quando o SAPSAS completa a consulta, ele define as quantidades dos equipamentos, multiplicando o valor armazenado na tabela *Ambiente/Equipamento* pelo número de canais de serviço informado pelo usuário. Em certos casos onde o canal de serviço é o leito (por exemplo: uma unidade de terapia intensiva), alguns equipamentos são definidos por sala (por exemplo: um desfibrilador), o SAPSAS identifica estes equipamentos para que não ocorra uma indicação errônea da quantidade dos mesmos.

Em alguns serviços é necessário que o usuário forneça mais informações do que apenas o número de canais, por exemplo: em salas de reuniões, salas de treinamento, etc., é necessário informar o número de salas e a capacidade das mesmas.

Quando o SAPSAS conclui a definição dos equipamentos e suas quantidades, ele verifica a existência ou não da definição das perguntas de especificação para cada equipamento que compõem o serviço. Finalmente, o SAPSAS salva o resultados na tabela *Projeto*. As informações resultantes do planejamento de um serviço são apresentadas aos usuários na tela principal do

SAPSAS. Estas informações podem ser modificadas de acordo com as necessidades dos usuários. Quando o usuário finaliza o projeto, as informações são apresentadas sob forma de relatório, que pode ser impresso ou salvo em arquivo. A figura 3.11 ilustra o relatório de projeto de um consultório médico indiferenciado, onde são fornecidos os tipos de equipamentos e suas quantidades.

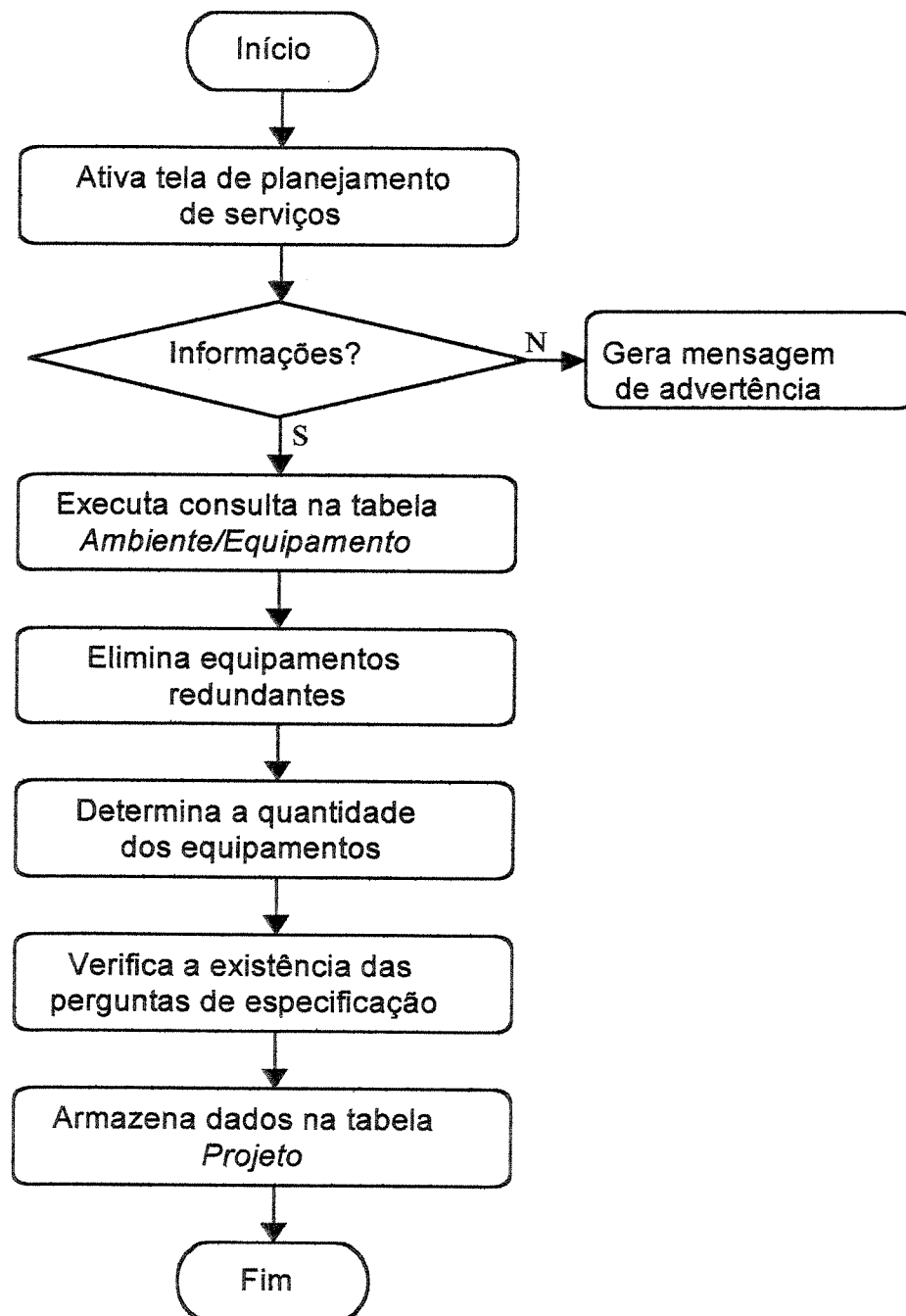


Figura 3.10: Diagrama da rotina executada no planejamento de serviços.

| <b>Relatório de projeto</b>               |   |
|-------------------------------------------|---|
| <b>Consultório médico indiferenciado</b>  |   |
| Armário vitrine                           | 1 |
| Balança antropométrica, adulto            | 1 |
| Balde cilíndrico porta detritos com pedal | 1 |
| Banqueta cromada com assento inox         | 1 |
| Biombo                                    | 1 |
| Cadeira                                   | 3 |
| Escada de dois degraus                    | 1 |
| Esfigmomanômetro aneróide, adulto         | 1 |
| Estetoscópio de Pinard                    | 1 |
| Estetoscópio dunsom, adulto               | 1 |
| Mesa p/ escritório                        | 1 |
| Mesa p/ exame/tratamento                  | 1 |
| Mesa p/ instrumental                      | 1 |
| Negatoscópio                              | 1 |
| Otoscópio                                 | 1 |
| Refletor parabólico                       | 1 |
| Suporte de hamper                         | 1 |

Figura 3.11 – Relatório de projeto.

### 3.5.2 – Metodologia para elaboração da especificação de equipamentos

Para a elaboração de uma especificação, o SAPSAS executa a rotina mostrada no diagrama da figura 3.12. O sistema ativa a tela ‘Perguntas de especificação’, esta tela quando ativada realiza uma consulta na tabela *Grupo/Item* determinando as perguntas de especificação para o equipamento em questão. Após a definição das perguntas, o SAPSAS as apresenta ao usuário para a obtenção das informações necessárias à elaboração da especificação.

A cada nova pergunta o SAPSAS verifica se existe alguma informação, que relaciona o equipamento com a pergunta, na tabela *Resposta* e informa ao usuário os dados existentes. Após o usuário responder a pergunta, o SAPSAS armazena as informações respondidas no campo



VALOR da tabela *Montagem* (para as estruturas de pergunta A e C – vide item 3.2). Se o usuário respondeu a pergunta de especificação é armazenado o valor 'S' no campo CHECK da tabela *Montagem*, indicando que o item fará parte da especificação. Quando o questionário é concluído o SAPSAS pode executar a rotina de composição de especificação, finalizando assim a elaboração da especificação.

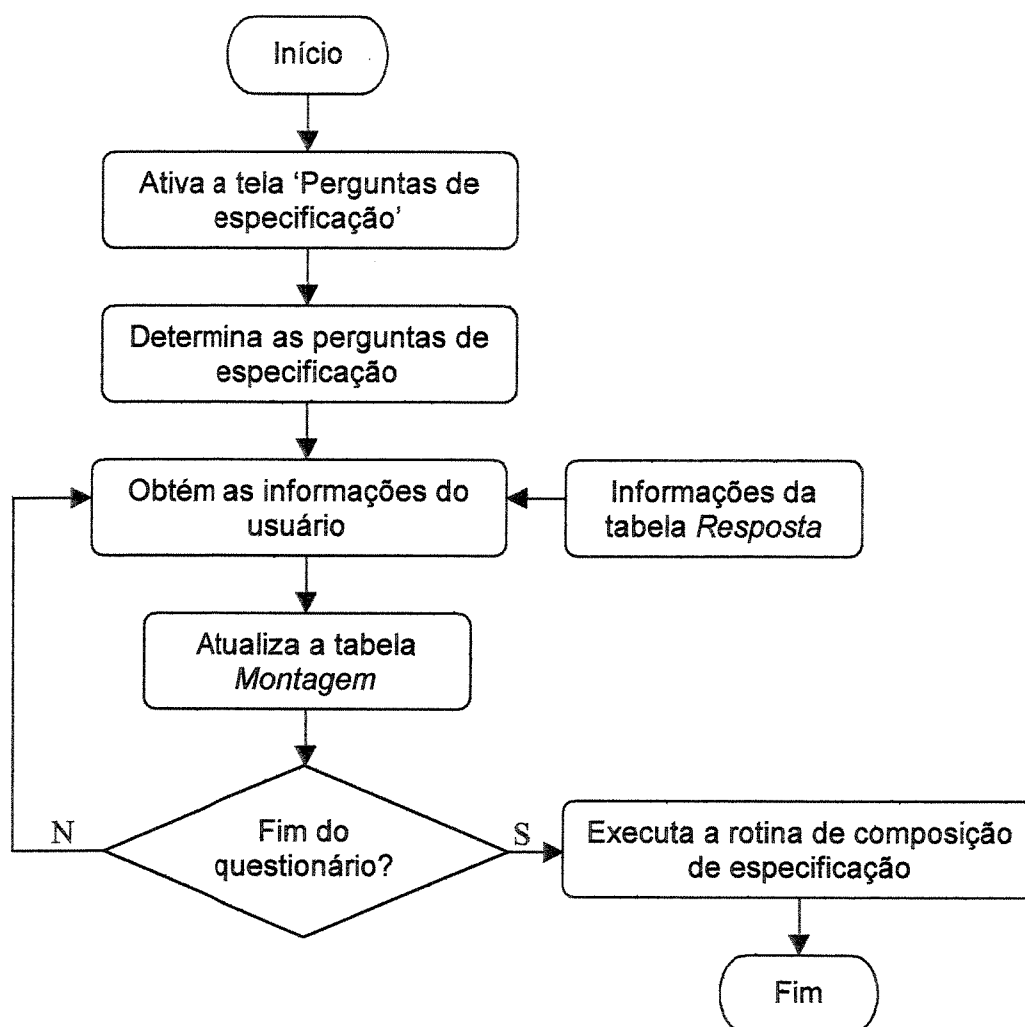


Figura 3.12: Diagrama da rotina da elaboração de especificação.

A figura 3.13 ilustra a tela 'Perguntas de especificação' ativada com a estrutura de pergunta no modo D. As telas com as demais estruturas de perguntas são descritas no apêndice I. A tela 'Perguntas de especificação' apresenta na sua parte superior a pergunta apresentada ao usuário e na sua parte inferior uma barra de controle. Esta barra de controle permite ao usuário

figura I.22). O SAPSAS permite ao usuário modificar de acordo com as suas necessidades, as informações da tabela *Especificação* mostradas no fichário. Tendo o usuário concluído a especificação, ele pode abrir a tela de relatório de especificação, que fornece o relatório final da especificação, com as opções de impressão ou salvar em arquivo. A figura 3.15 ilustra o relatório final de especificação de uma bomba de infusão peristáltica, com os itens de especificação classificados nos grupos de especificação.

| Relatório Final de Especificação                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nome do equipamento:</b><br>Bomba de infusão peristáltica                                                                                                                                                       |
| <b>Características gerais:</b><br>Detector de ar na linha<br>Tela para infusão rápida<br>Utilização em pacientes: Neonatal                                                                                         |
| <b>Tipo de montagem:</b><br>Portátil                                                                                                                                                                               |
| <b>Parâmetros exigidos:</b><br>Capacidade de infusão: 9.999ml (programável)<br>Erro máximo de infusão: menor que 2 %<br>Taxa de infusão: 01 à 99,9 ml/h (programável)                                              |
| <b>Sistemas/dispositivos de alarme:</b><br>Alarme(s) da bomba de infusão: ar na linha, mau gotejamento, oclusão, sem gotejamento<br>Aviso de bateria em uso<br>Aviso de bateria fraca<br>Aviso de infusão completa |
| <b>Acessórios:</b><br>Equipos: 200<br>Suporte próprio para o apoio da bomba                                                                                                                                        |
| <b>Sistemas/dispositivos de segurança:</b><br>Desligamento automático em caso de oclusão                                                                                                                           |
| <b>Alimentação:</b><br>Alimentação elétrica: 110/220 V, 60 Hz<br>Bateria: para no mínimo 2 horas de trabalho                                                                                                       |

Figura 3.15: Relatório final de especificação.

### **3.5.3 – Metodologia para análise de dimensionamento.**

A utilização de cálculos empíricos no dimensionamento de serviços hospitalares pode levar a resultados errôneos, resultando em projetos mal dimensionados com conseqüências desastrosas para os sistemas de saúde. Para fornecer aos usuários uma ferramenta de análise de dimensionamento de melhor qualidade e que pudesse auxiliar no planejamento de serviços hospitalares, utiliza-se a metodologia denominada Teoria das Filas. Esta metodologia é usada com sucesso em análise de processos que envolvem uma demanda por um determinado serviço (Gross and Harris, 1985). A implementação da teoria das filas é realizada através de simulação em computador, evitando uma complicada análise matemática.

A tela de análise de dimensionamento, mostrada na figura 3.16, foi projetada para auxiliar o usuário na tomada de decisão em relação ao dimensionamento dos serviços (número de canais de serviço). Os dados que o usuário deve informar são os padrões dos intervalos entre chegadas e do tempo de serviço, na parte superior da tela. Em ambos os casos, o usuário seleciona o padrão desejado e informa os valores solicitados pelo SAPSAS. Além das distribuições que o SAPSAS fornece (como: exponencial, Poisson, triangular, etc.) o usuário pode fornecer dados de uma distribuição empírica que pode ser armazenada, caso o usuário deseje.

O usuário também deve informar os valores solicitados na parte de controle de simulação: número de canais, limite da fila, tempo total (da simulação), turno de atendimento, pessoas/dia. Quando o usuário não tem noção do número de canais, ele pode deixar o campo “N.º de canais:” em branco e ajustar o valor do campo ‘Limite da fila:’ para zero, nesta situação o SAPSAS ajusta número de canais de acordo com a necessidade da simulação. Posteriormente, o usuário deve realizar outras simulações, modificando o valor do campo ‘N.º de canais:’, para atingir um valor otimizado no processo simulado. O campo ‘Tempo total (dias):’ é a condição de parada da simulação e deve ser informado em dias. O campo ‘Turno de aten. (h):’ determina uma condição limite de atendimento diário, que pode variar de 1 a 24 horas. Quando o usuário ajusta algum valor para o campo ‘Pessoas/dia:’, o SAPSAS determina a condição de parada diária quando atingir o número de pessoas especificado.

**Análise de dimensionamento**

**Padrão de intervalos entre chegadas**  
 Selecione a D. P.:  
  
 Intervalo entre chegadas mínimo:   
 Intervalo entre chegadas máximo:   
 Int. entre chegadas mais provável:   
☐ dia ☒ hora ☐ minuto

**Padrão de tempo de serviço**  
 Selecione a D. P.:  
  
    

|  | VALOR | PROBA |
|--|-------|-------|
|  | 0,5   | 4,23  |
|  | 1     | 36,19 |
|  | 2     | 18,45 |
|  | 3     | 10,28 |
|  | 4     | 6,45  |
|  | 5     | 5,44  |

☐ dia ☐ hora ☐ minuto

**Controle de simulação**  
 N.º. de canais:    
 Limite da fila:   
 Tempo total (dias):   
 Turno de aten. (h):    
 Pessoas/dia:

**Status da simulação**  
 Relógio:   
 N.º. de pessoas na fila:   
 N.º. de canais utilizados:   
 N.º. de desistências:   
 N.º. máx. de canais:   
 T. M. na fila:   
 T. M. no serviço:   
 T. M. no sistema:

**Resultados**  
☐ Variação dos canais ☐ Taxa de util. dos canais  
☐ Variação da fila ☐ Prob. acumulada  
☐ Espera na fila ☐ Distribuição de entrada  
☐ Espera no serviço ☐ Distribuição do serviço  
☐ Espera no sistema ☒ Relatório

**Origem dos dados**  
☒ Simulação1  
☐ Simulação2  
☐ Ambas

**Simulação1:**    
**Simulação2:**

Figura 3.16: Tela análise de dimensionamento.

Quando é ativado o botão ‘Simular’, o sistema executa rotinas semelhantes às descritas no capítulo 2. Para melhorar o processo de simulação foram realizadas as seguintes modificações:

1. criou-se uma condição de parada diária com seus limites no turno de atendimento ou pessoas/dia, cuja vantagem é permitir a análise de serviços que não funcionam durante as 24 horas;
2. criou-se uma rotina para o sistema trabalhar sem que seja informado o número de canais, permitindo ao usuário simular o processo mesmo sem possuir a noção do número de canais de serviço; e
3. criou-se uma rotina para quando ultrapassar o limite da fila, gerar uma desistência, em vez de gerar uma mensagem de erro, cuja vantagem é permitir a análise do número de desistências e evitar que a simulação tenha que ser reiniciada toda vez que ocorrer uma

desistência.

Na simulação, o processo é definido como: possui apenas um estágio e a disciplina da fila é FIFO (vide capítulo 2, item 2.2.3). O número de canais de serviço e os padrões de intervalos entre chegadas e tempos de atendimento são definidos pelo usuário. As variáveis de estados definidas para o SAPSAS, são: fila (armazena o n.º. de consumidores na fila e o respectivo tempo de chegada) e servidor (indica se o servidor está ocupado ou não), estas variáveis de estados são armazenados em função do tempo. Os contadores estatísticos do SAPSAS são: consumidores (armazena os tempos de espera na fila e de serviço de cada consumidor) e canais (armazena o tempo de utilização de cada canal de serviço).

Na parte da tela (fig. 3.16) denominada status da simulação, o SAPSAS informa: o progresso da simulação no campo relógio, o número de pessoas na filas, o número de canais utilizados, o número de desistências, o número máximo de canais utilizados, o tempo médio de espera na fila, o tempo médio de espera no serviço, e o tempo médio de espera no sistema (fila + serviço). Os três últimos valores são calculados no término da simulação, com a utilização da equação 2.12 (vide capítulo 2, item 2.2.6.5).

Na parte inferior da tela (fig. 3.16), denominada Resultados, encontram-se os resultados da simulação, que são os gráficos e o relatório. O sistema informa os seguintes gráficos:

- ⇒ Variação dos canais: mostra quantos canais estão ocupados em função do tempo;
- ⇒ Variação da fila: mostra o número de consumidores na fila em função do tempo;
- ⇒ Tempo de espera na fila: mostra o tempo de espera na fila em função dos consumidores;
- ⇒ Tempo de espera no serviço: mostra o tempo de espera no serviço em função dos consumidores;
- ⇒ Tempo de espera no sistema: mostra o tempo de espera no sistema em função dos consumidores;
- ⇒ Taxa de util. dos canais: mostra a taxa de utilização dos canais;
- ⇒ Prob. Acumulada: mostra a probabilidade acumulada do tempo de espera na fila;

- ⇒ Distribuição de chegada: mostra a distribuição de probabilidades de intervalos entre chegadas gerado pelo sistema; e
- ⇒ Distribuição de serviço: mostra a distribuição de probabilidades de tempo de serviço gerado pelo sistema.

As informações mostradas no relatório são:

- ⇒ Tempo da simulação: é a condição de parada da simulação;
- ⇒ Turno de atendimento: é o turno de atendimento utilizado na simulação;
- ⇒ Número de consumidores: é o número de consumidores atendidos na simulação;
- ⇒ Número de canais utilizados: é o número máximo de canais utilizados na simulação;
- ⇒ Número de médio de canais: é o número médio de canais utilizados para atender a demanda gerada na simulação;
- ⇒ Número de desistências: é o número de desistências geradas na simulação;
- ⇒ Tempo médio de espera na fila: é o tempo médio calculado de espera na fila;
- ⇒ Tempo médio de espera no serviço: é o tempo médio calculado de espera no serviço;
- ⇒ Tempo médio de espera no sistema: é o tempo médio calculado de espera no sistema;

A taxa de utilização dos canais é calculada através da equação 2.13, e a probabilidade acumulada do tempo de espera na fila é obtida através da equação 2.14 (vide capítulo 2, item 2.2.6.5). O número médio de canais é calculado através da seguinte equação:

$$Nmc = \frac{\sum_{i=1}^{Ncm} Tui}{Tts} \quad [3.1]$$

onde: Nmc = Número médio de canais;

Tui = Tempo de utilização do canal i (i = 1, 2, ..., Ncm);

Ncm = Número máximo de canais;

Tts = Tempo total da simulação.

Ao finalizar uma simulação, o SAPSAS automaticamente fornece o resultado ativado na caixa de edição 'Simulação 1' e nomeia a simulação com o valor padrão 'Simu'. Para visualizar os gráficos ou o relatório, o usuário deve selecionar qual simulação deseja, através da janela origem dos dados. O usuário pode abrir qualquer simulação, que tenha sido previamente salva (através do botão 'Salvar'), ativando os botões 'Abrir' na parte direita da janela 'Resultados'. O SAPSAS permite a visualização dos resultados de duas simulações simultaneamente, tanto nos gráficos como no relatório. Neste caso, basta abrir uma simulação através do botão 'Abrir' superior (Simulação 1) e outra no botão 'Abrir' inferior (Simulação 2), e selecionar a opção ambos na janela 'Origem dos dados'. Este recurso foi implementado para permitir que o usuário possa comparar os resultados de duas simulações.

Quando o usuário seleciona um dos gráficos ou relatório, o SAPSAS automaticamente ativa a tela gráfica (vide apêndice I, figuras I.33 e I.34) para a visualização da opção desejada. A tela gráfica e o seu funcionamento é mostrada no apêndice I.

A figura 3.17 mostra um diagrama com as telas desenvolvidas para o SAPSAS. Neste diagrama cada bloco representa uma tela e as setas de ligações indicam a forma de acesso a cada uma das telas. Quando o SAPSAS é inicializado a tela 'Principal' é ativada. Através da tela 'Principal' o usuário pode abrir as telas 'Consulta ao banco de dados', 'Inserir dados na tabela Equipamentos', 'Planejamento dos serviços', 'Inserir/modificar dados', 'Análise de dimensionamento', 'Relatório de projeto' e 'Especificação de equipamentos', como indicam as setas. A tela 'Ajuda' pode ser ativada por todas as telas do SAPSAS, menos ela mesma. A tela 'Diálogo' é ativada pelo SAPSAS quando é necessário fornecer ao usuário algum tipo de informação. Quando uma tela é fechada o SAPSAS retorna à tela anterior.

### **3.6- Teste de funcionamento do SAPSAS**

Concluída a fase de implementação, passa-se então para a fase de teste, verificação e correção de falhas. Estes testes foram divididas em três partes:

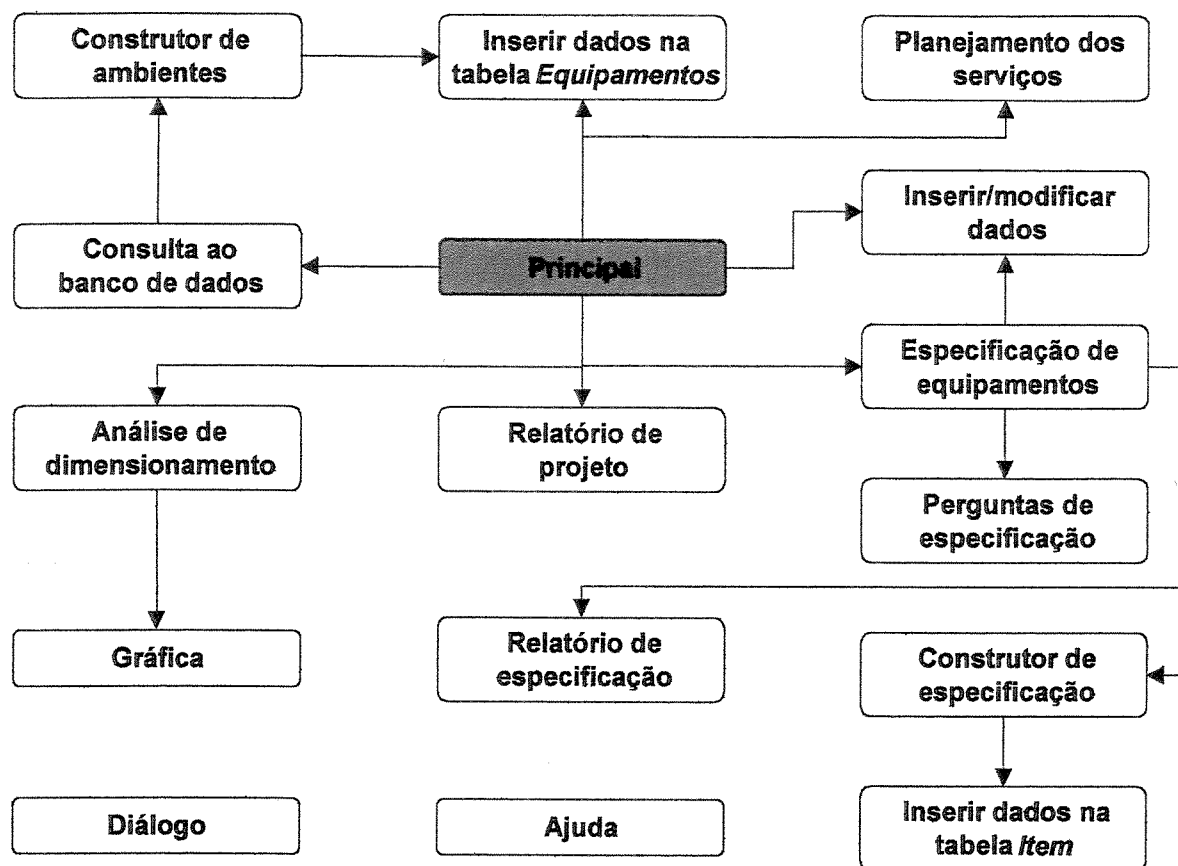


Figura 3.17: Diagrama das telas do sistema.

### 3.6.1 – Teste do sistema desenvolvido para o gerenciamento do banco de dados

Para a verificação do funcionamento do banco de dados, a metodologia adotada foi:

1. Verificação de falhas na estrutura do SAPSAS;
2. Correção de falhas na estrutura do SAPSAS;
3. Verificação de valores errôneos nas informações;
4. Correção dos valores errôneos das informações;

Pequenas falhas na estrutura do SAPSAS foram detectadas. Na sua maior parte pode-se citar o acionamento de tarefas sem as devidas condições atendidas, por exemplo, a inserção de um registro sem a devida informação. Estas falhas foram corrigidas através de rotinas de proteção, que informam aos usuários as condições que devem ser atendidas.



A verificação de valores errôneos das informações foi realizada através de:

1. Comparação dos dados informados na tela de 'Consulta ao banco de dados' com as informações obtidas na pesquisa serviço;
2. Realizar um projeto de cada serviço contido no SAPSAS, verificando a existência de resultados errôneos; e
3. Comparação dos itens de especificação definidos para cada grupo de equipamentos com as informações obtidas na pesquisa especificação.

Alguns poucos valores errôneos foram detectados, como:

1. erro nos valores da tabela *Ambiente/Equipamento*, provocando erro nas respostas das consultas e nos projetos dos serviços;
2. erro nos valores da tabela *ambiente*, provocando erro do serviço projetado; e
3. erro nos valores da tabela *Grupo/Item*, carregando um item de especificação errôneo para o grupo de equipamento.

### 3.6.2 – Teste do sistema desenvolvido para a análise de dimensionamento

O primeiro teste foi a verificação do funcionamento da parte de geração de distribuições de probabilidades. Este teste foi realizado através da comparação entre uma distribuição de probabilidades fornecida ao SAPSAS e o valor gerado pelo SAPSAS quando ele executa uma simulação. A distribuição fornecida é uma distribuição empírica do tempo de serviço da UTI infantil do Hospital de Clínicas da UNICAMP coletada durante o ano de 1997, esta distribuição é mostrada na figura 3.18, curva traçada em vermelho. Realizou-se uma simulação pelo período de 365 dias utilizando o valor da distribuição acima como padrão dos tempos de serviço. A distribuição gerada pelo SAPSAS para esta simulação é mostrada na figura 3.18, curva traçada em azul. Comparando as duas curvas (figura 3.18) pode-se concluir que o sistema de geração de distribuições de probabilidades do SAPSAS é confiável.

O outro teste realizado foi para a verificação da distorção dos resultados da simulação. Para este teste simulou-se por 100 vezes um determinado processo, anotando os resultados

obtidos. O processo simulado foi definido com os seguintes parâmetros:

1. distribuição de probabilidades de intervalos entre chegadas triangular com valor mínimo = 0, valor máximo = 24 horas e valor mais provável = 4 horas;
2. distribuição de probabilidades de tempos de serviço empírica (mostrada na figura 3.18);
3. número de canais igual a 17; (d) limite da fila igual a 10;
4. tempo total da simulação igual a 365 dias; e
5. turno de atendimento igual a 24 horas.

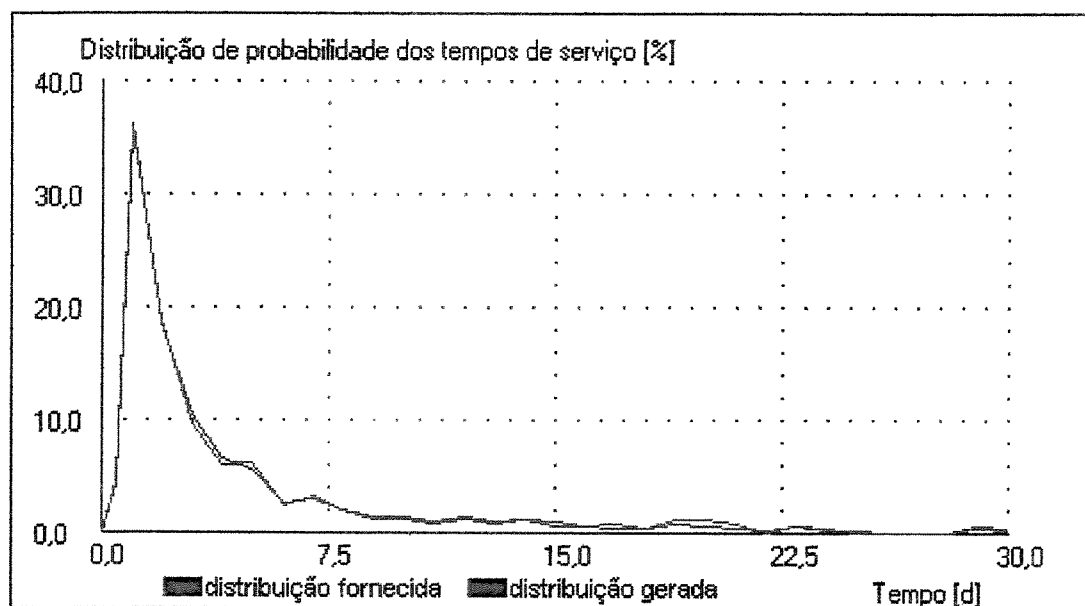


Figura 3.18: Distribuições de probabilidades de tempo de serviço.

Os resultados das simulações estão na tabela A.1 do anexo A, que contém os seguintes valores:

1. campo 1, número de consumidores atendidos;
2. campo 3, tempo médio de espera no serviço; e
3. campo 4, número médio de canais.

Em nenhuma das simulações ocorreu desistências. No final da tabela estão os valores calculados da média e do desvio para os valores citados acima. Através dos valores mostrados na tabela A.1 do anexo A, verifica-se um desvio calculado muito pequeno, mostrando a coerência dos

resultados e a confiabilidade do sistema para análise de dimensionamento do SAPSAS.

### 3.6.3 - Teste do sistema desenvolvido para especificação dos equipamentos médico-hospitais

Após a conclusão dos testes de funcionamento, foi realizado um teste para verificar as dificuldades e os problemas detectados por parte do usuário no programa desenvolvido para a especificação dos equipamentos. O objetivo principal deste teste era analisar e implementar melhorias na interface do SAPSAS com os usuários. O teste foi realizado por um funcionário responsável pela especificação de equipamentos médicos do Centro de Engenharia Biomédica da (CEB) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

As principais dificuldades indicadas pelo usuário encontradas na parte de especificação de equipamentos são:

1. Como as perguntas de especificação atendem mais de um grupo de equipamentos, pode ocorrer uma interpretação errônea por parte do usuário, acarretando em um erro na especificação do equipamento; por exemplo, a pergunta de especificação “Especifique a faixa de medida:” atende grupos de equipamentos onde a medida representa grandezas diferentes, o usuário que não conhece bem o equipamento a ser especificado pode informar uma resposta errônea;
2. As perguntas de especificação são feitas sequencialmente aos usuários, para verificar uma resposta dada nas primeiras perguntas da especificação, é necessário retornar pergunta por pergunta; e
3. A impossibilidade de inclusão de mais de um conjunto de perguntas de especificação para cada grupo de equipamentos.

Comentários e soluções sobre as dificuldades detectadas pelo usuário:

1. O problema de interpretação pode ocorrer quando está sendo elaborada a especificação do primeiro equipamento pertencente a um determinado grupo, pois ainda não existem dados sobre o grupo de equipamento na tabela *Resposta* para serem apresentados aos

usuários. Uma das formas para eliminar os problemas de interpretação é a elaboração de perguntas específicas para cada grupo de equipamentos, esta solução tem como consequência o aumento do tamanho do banco de dados. A solução adotada para solucionar o problema de interpretação foi informar um valor de resposta para cada item de especificação (em função do grupo de equipamento), que é apresentado quando o usuário está respondendo as perguntas de especificação. Este valor é armazenado na tabela *Resposta*;

2. Para evitar as perguntas de um modo seqüencial, a solução é introduzir todas as perguntas em uma tela. Esta solução não foi implementada, pois a tela, dependendo do equipamento, seria extremamente grande fazendo com que o usuário tenha que utilizar a barra de rolagem lateral para se movimentar no questionário; e
3. A terceira dificuldade apontada pode ser solucionada pelo próprio usuário (não há necessidade de modificar a estrutura do SAPSAS) como segue:
  - ⇒ Itens de especificação que atendam apenas um equipamento do grupo podem ser inseridos na tela de 'Especificação', após o SAPSAS concluir a composição da especificação;
  - ⇒ Itens de especificação que atendam a todos os equipamentos do grupo podem ser inseridos na tela 'Construção de especificação'; e
  - ⇒ Para itens que atendam alguns equipamentos do grupo é necessário criar um novo grupo de equipamentos e definir para este grupo as perguntas de especificação adequadas.

## Capítulo 4

### Estudos de casos

Este capítulo tem como objetivo explorar as capacidades do SAPSAS, através da **análise de dimensionamento** para o planejamento de dois serviços hospitalares: uma unidade de terapia intensiva pediátrica e um consultório médico indiferenciado.

#### 4.1- Projeto de uma unidade de terapia intensiva pediátrica

O estudo de caso tem como objetivo o planejamento de uma unidade de terapia intensiva pediátrica nível I. Este planejamento envolve 3 etapas:

1. O cálculo do número de canais, para o caso da UTI seria número de leitos;
2. A definição dos tipos e quantidades de equipamentos em função do número de leitos;
3. A definição das características (especificação) de cada tipo de equipamento a ser utilizado na UTI.

O primeiro passo é o cálculo do número de leitos do serviço, sendo que, para este fim utiliza-se a tela de **análise de dimensionamento do sistema**. Para a utilização desta tela é necessário o conhecimento sobre os padrões dos intervalos entre chegadas e dos tempos necessários para a execução de cada serviço. A definição do padrão dos intervalos entre chegadas depende da demanda pelo serviço. Na falta de conhecimento de uma distribuição de probabilidades que represente o padrão dos intervalos entre chegadas, utiliza-se uma distribuição de probabilidades triangular com os valores (que podem ser conseguidos através de entrevistas com especialistas) mínimo igual a 0 horas, máximo igual a 24 horas e mais provável igual a 4 horas, ilustrada pela figura 4.1. Com esta distribuição de probabilidades, os intervalos entre chegadas de pacientes variam entre 0 e 24 horas, com uma maior probabilidade de ocorrer em torno de 4 horas.

Para cada tipo de serviço existe um tempo de atendimento padrão, desta forma, a solução para conseguir a distribuição de probabilidades para descrever o tempo de serviço, é obter a

informação em alguma instituição que preste serviço semelhante. Através de informações obtidas no setor de estatística do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas, para a unidade de terapia intensiva pediátrica, durante o ano de 1997, conseguiu-se os dados da tabela 4.1. Esta tabela mostra o valor do tempo de serviço (tempo de permanência do paciente no serviço) em dias, e a sua respectiva probabilidade. O valor da probabilidade é calculado através de  $(n.^{\circ} \text{ de casos com mesmo tempo de atendimento} / n.^{\circ} \text{ total de casos}) \times 100$ . Com as informações da tabela 4.1, consegue-se montar uma distribuição de probabilidades empíricas, que representa o padrão do tempo de serviço. Informando estes valores ao SAPSAS, obtém-se a distribuição de probabilidades graficamente, mostrada na figura 4.2.

Tabela 4.1: Informações sobre o tempo de serviço de UTI pediátrica nível 1.

| Tempo [dias] | Probabilidade [%] |
|--------------|-------------------|
| 0,5          | 4,23              |
| 1            | 36,19             |
| 2            | 18,45             |
| 3            | 10,28             |
| 4            | 6,45              |
| 5            | 5,44              |
| 6            | 2,42              |
| 7            | 2,82              |
| 8            | 1,81              |
| 9            | 1,01              |
| 10           | 1,21              |
| 11           | 0,91              |
| 12           | 1,31              |
| 13           | 0,91              |
| 14           | 1,01              |
| 15           | 0,60              |

| Tempo [dias] | Probabilidade [%] |
|--------------|-------------------|
| 16           | 0,60              |
| 17           | 0,40              |
| 18           | 0,40              |
| 19           | 0,71              |
| 20           | 0,60              |
| 21           | 0,30              |
| 22           | 0,10              |
| 23           | 0,50              |
| 24           | 0,20              |
| 25           | 0,20              |
| 26           | 0,00              |
| 27           | 0,00              |
| 28           | 0,00              |
| 29           | 0,60              |
| 30           | 0,60              |

Com as informações dos padrões dos intervalos entre chegadas e de tempos de serviço, realiza-se uma simulação inicial, ajustando os seguintes valores para os parâmetros na janela de ‘Controle da simulação’:

1. ‘Nº. de canais:’ campo em branco (o SAPSAS determina o número de canais);

2. ‘Limite da fila:’ igual a zero (para que o SAPSAS determine o número de canais);
3. ‘Tempo total (dias):’ 365 dias;
4. ‘Turno de aten. (h):’ igual a 24 horas; e
5. ‘Pessoas/dias:’ campo em branco (nesta situação o SAPSAS assume o limite diário por turno de atendimento e não pelo número de pessoas atendidas por dia ).

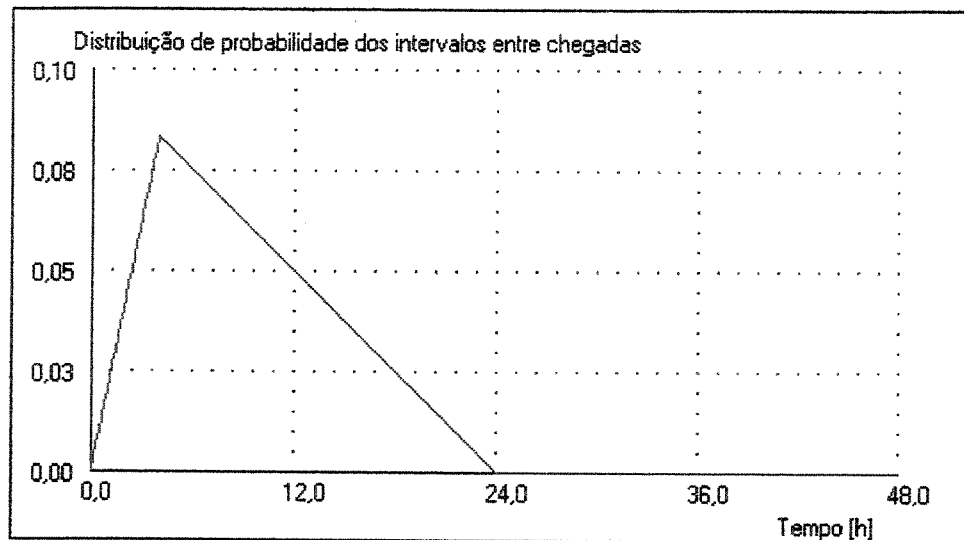


Figura 4.1: Distribuição de probabilidades dos intervalos entre chegadas.

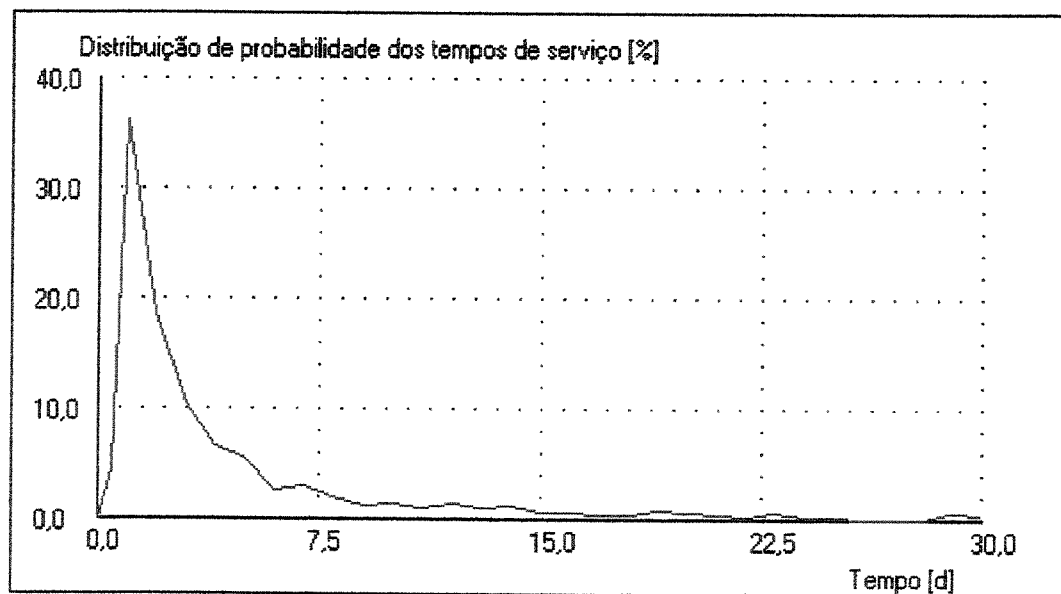


Figura 4.2: Distribuição de probabilidades dos tempos de serviço.

A figura 4.3 mostra o relatório final da simulação. Neste relatório observa-se os seguintes resultados:

1. um número de pessoas atendidas igual a 939;
2. um número máximo de leitos (canais) igual a 18 (considerado o tempo de espera na fila igual a zero);
3. c) número médio de leitos utilizados igual a 10,3 e
4. d) o tempo médio de espera no serviço de 4, 05 [dias].

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Tempo da simulação:               | 365.0 [d] |
| Turno de atendimento:             | 24 [h]    |
| Nº. de pessoas atendidas:         | 939       |
| Nº. máximo de canais:             | 18        |
| Nº. médio de canais:              | 10.3      |
| Nº. de desistências:              | 0         |
| Tempo médio de espera na fila:    | 0.00 [h]  |
| Tempo médio de espera no serviço: | 4.05 [d]  |
| Tempo médio de espera no sistema: | 4.05 [d]  |

Figura 4.3: Relatório de simulação.

A figura 4.4 mostra o número de canais utilizados em função do tempo. Nesta figura, verifica-se a característica aleatória do número de canais utilizados, que durante o período analisado variou entre 6 e 18 canais.

A figura 4.5 mostra a taxa de utilização dos canais, onde observa-se que para os valores utilizados para os intervalos entre chegadas, tempos de serviço e com 18 canais (designados pelo SAPSAS), ocorre uma baixa taxa de utilização de alguns destes canais. Com a intenção de conseguir um resultado com uma taxa de utilização melhor é necessário a realização de novas simulações, diminuindo o número de canais. Portanto, duas novas simulações são realizadas, com os mesmos valores, modificando apenas o valor do número de canais para 16 e para 17.



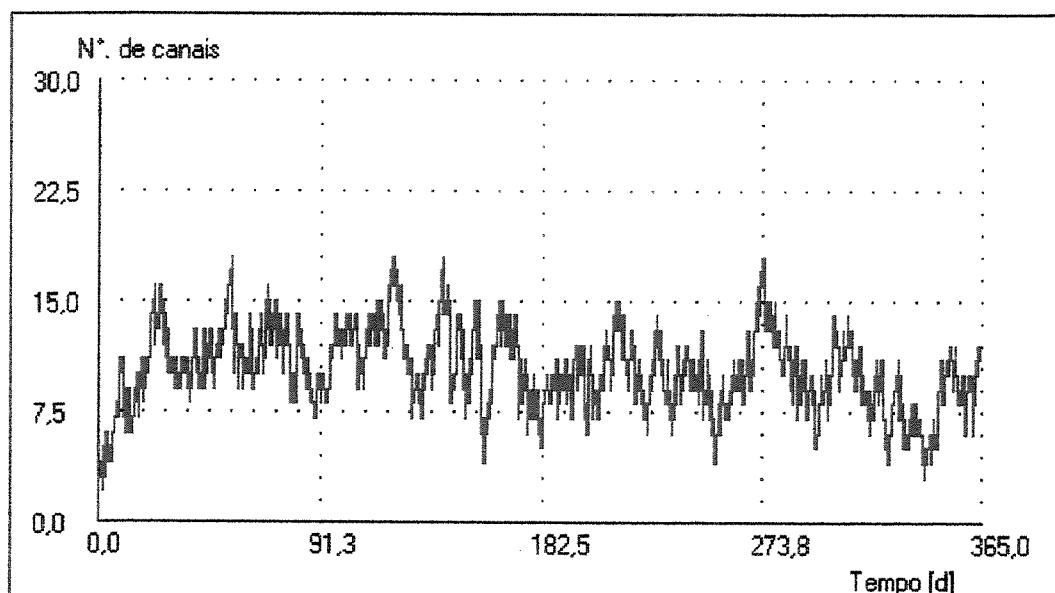


Figura 4.4: Número de canais utilizados em função do tempo.

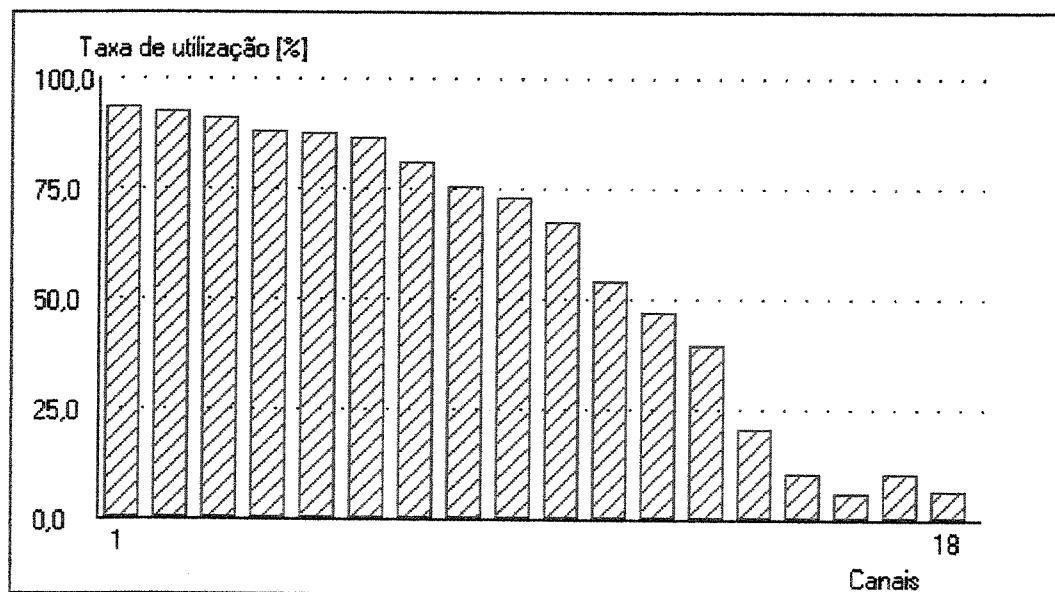


Figura 4.5: Taxa de utilização dos canais.

A figura 4.6 mostra o relatório para estas simulações (Simulação 1 com 16 canais e Simulação 2 com 17 canais). Este relatório mostra que já existe alguma espera em fila, o que não ocorria na simulação com 18 canais (Tempo médio de espera na fila igual a zero). A figura 4.7 mostra a variação do número de canais em função do tempo, para as simulações com 16 e 17 canais. Nas figuras 4.7, 4.8, 4.9 e 4.10 a simulação para 16 canais está desenhada em vermelho e

a simulação para 17 canais está desenhada em azul.

|                                   | Simulação1 | Simulação2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Tempo da simulação:               | 365,0 [d]  | 365,0 [d]  |
| Turno de atendimento:             | 24 [h]     | 24 [h]     |
| Nº. de pessoas atendidas:         | 914        | 960        |
| Nº. máximo de canais:             | 16         | 17         |
| Nº. médio de canais:              | 10,4       | 10,8       |
| Nº. de desistências:              | 0          | 0          |
| Tempo médio de espera na fila:    | 0,90 [h]   | 0,09 [h]   |
| Tempo médio de espera no serviço: | 4,21 [d]   | 4,19 [d]   |
| Tempo médio de espera no sistema: | 4,25 [d]   | 4,19 [d]   |

Figura 4.6: Relatório das simulações para 16 e 17 canais.

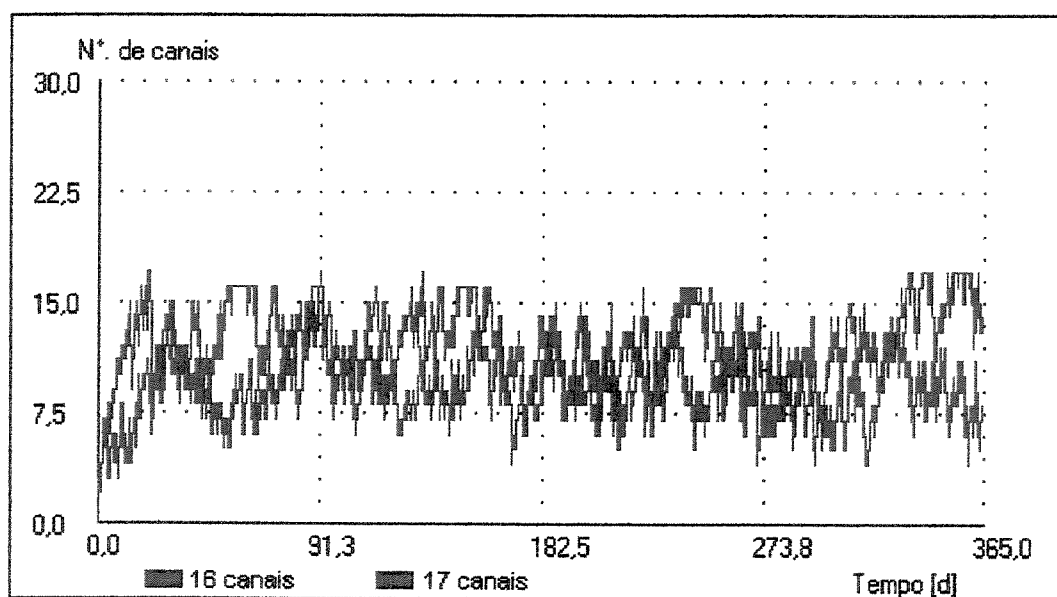


Figura 4.7: Número de canais utilizados em função do tempo (simulações com 16 e 17 canais).

A figura 4.8 mostra o número de pessoas na fila, onde observa-se que no caso da simulação com 16 canais existe a probabilidade de até 6 pessoas chegarem a ficar na fila, enquanto na simulação com 17 canais esta probabilidade é reduzida para um máximo de duas

peças ficarem na fila. A figura 4.9 mostra o tempo de espera na fila, na simulação para 16 canais algumas peças chegaram a esperar aproximadamente de 1,5 dias, enquanto que na simulação para 17 canais a espera máxima foi em torno de 0,3 dias.

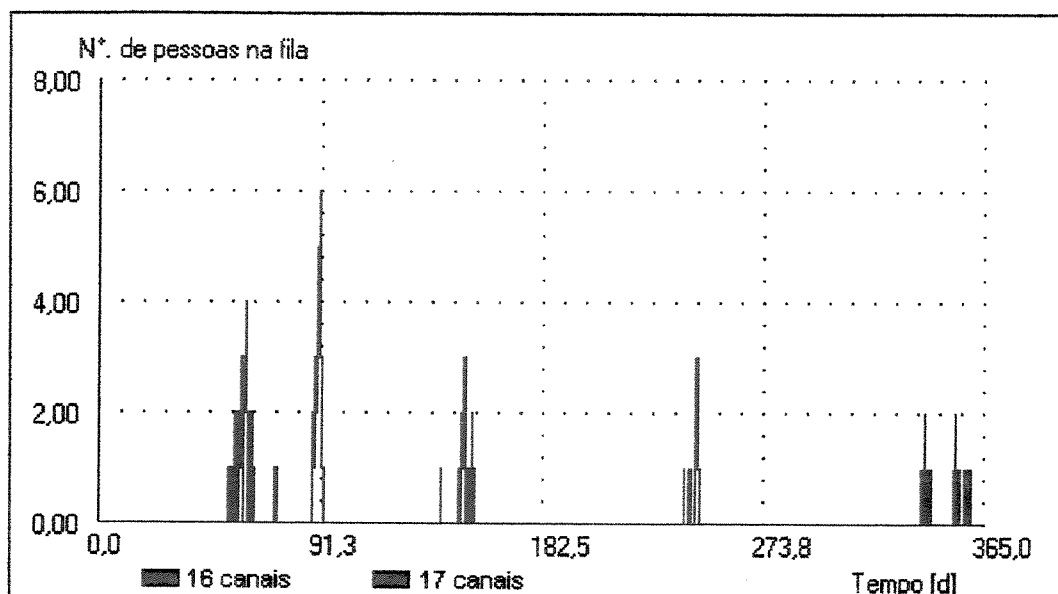


Figura 4.8: Número de pessoas na fila em função do tempo (simulações com 16 e 17 canais).

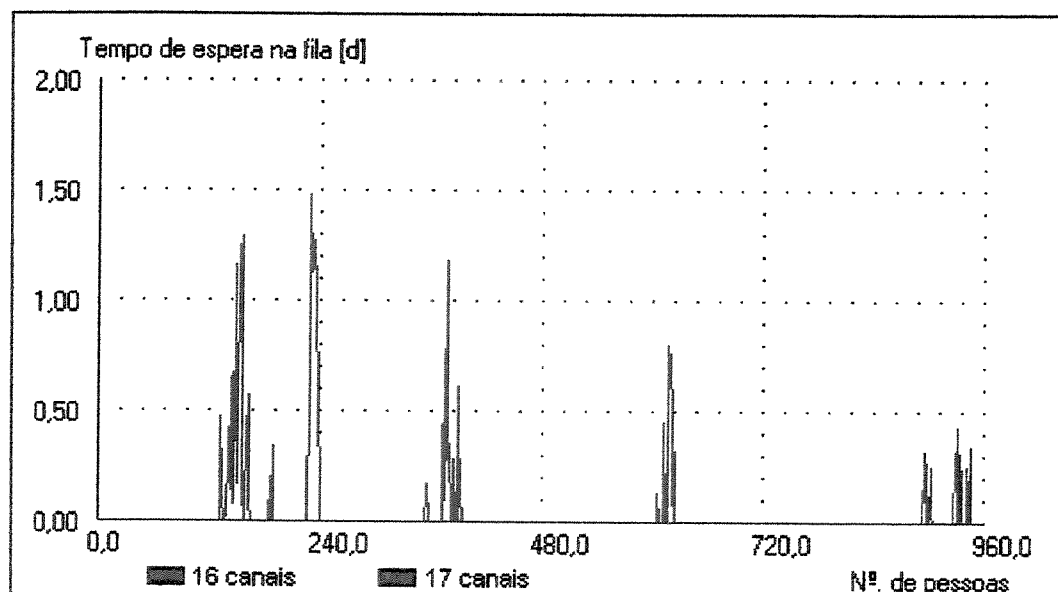


Figura 4.9: Espera na fila para simulações com 16 e 17 canais.

Conforme mostra a figura 4.10 a taxa de utilização dos canais para as simulações com 16

e 17 canais é muito semelhante para ambos os casos. Uma taxa de utilização alta tem como consequência um tempo de espera na fila também alto.

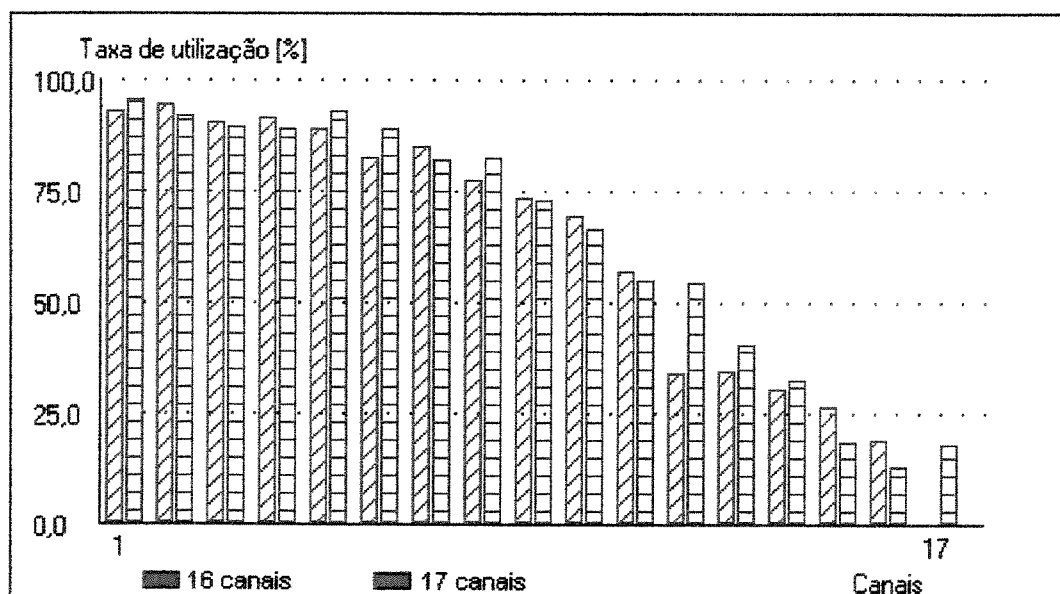


Figura 4.10: Taxa de utilização dos canais (simulações com 16 e 17 canais).

As figuras 4.11 e 4.12 mostram as probabilidades acumuladas de espera na fila, para as simulações com 16 e 17 canais, respectivamente. Estas probabilidades são informações importantes, principalmente quando o ambiente planejado é uma unidade de terapia intensiva.

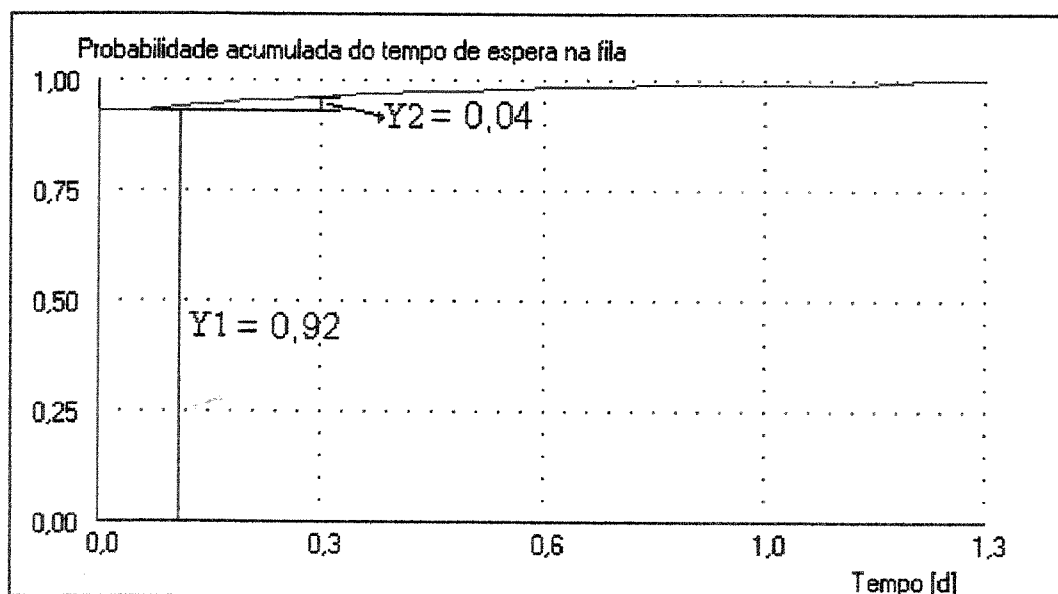


Figura 4.11: Probabilidade acumulada de espera na fila (simulação com 16 canais).

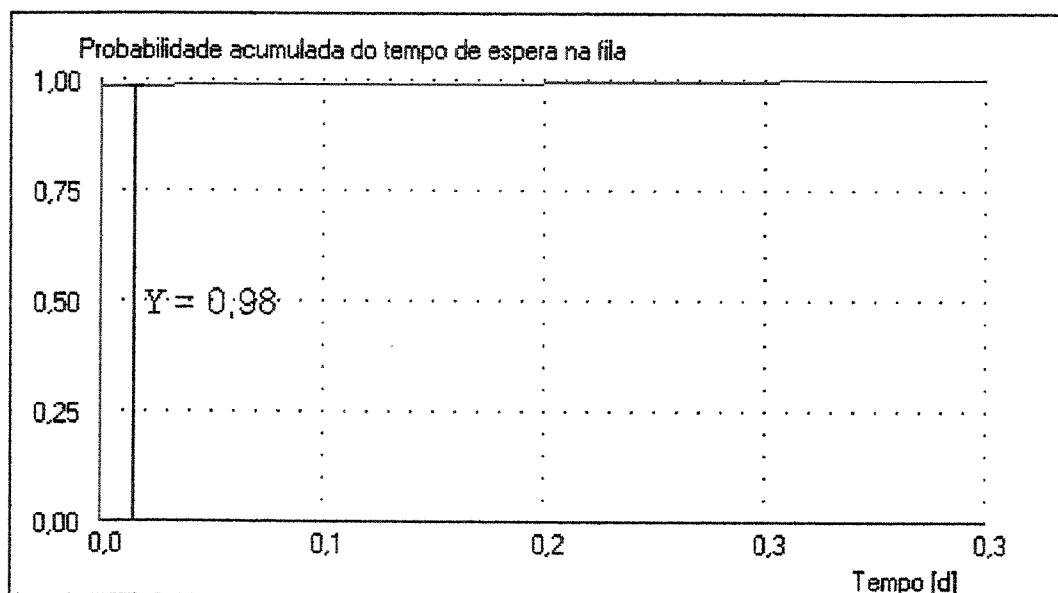


Figura 4.12: Probabilidade acumulada de espera na fila para 17 canais.

No caso da simulação com 16 canais, ilustrado na figura 4.11, verifica-se uma probabilidade de um paciente ser atendido:

1. imediatamente (sem espera na fila), é em torno de 92 % (Y1);
2. após esperar entre 0 e 0,3 dias, é em torno de 4 % (Y2);
3. após esperar entre 0,3 e 1,3 dias, é em torno de 4 %.

No caso da simulação com 17 canais, ilustrada na figura 4.12, a probabilidade de um paciente ser atendido:

1. imediatamente (sem espera na fila), é em torno de 98 % (Y); e
2. após espera entre 0 e 0,3 dias, é em torno de 2 %.

Os resultados acima fornecem a base para que o usuário tome a decisão, em relação ao número de canais de serviço necessários para o serviço projetado. Como o serviço é uma unidade de terapia intensiva pediátrica, onde o paciente não pode ficar esperando para ser atendido, foi escolhido um número de canais igual a 17, ou seja, foi definido que a unidade possuirá 17 leitos.

Após a determinação do número de leitos (número de canais), tem início a segunda etapa do planejamento, onde o usuário informa o serviço que deseja projetar e o número de leitos ao

SAPSAS, que automaticamente produzirá (através de uma consulta ao banco de dados) a quantidade e os tipos de equipamentos necessários para o serviço. O resultado é mostrado através do ‘Relatório de projeto’ (vide figura 4.13).

| <b>Relatório de projeto</b>                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Unidade de terapia intensiva pediátrica - nível I</b>          |    |
| Aspirador cirúrgico elétrico, portátil                            | 9  |
| Assistência respiratória de cabeceira, sistema de                 | 17 |
| Balança antropométrica, adulto                                    | 1  |
| Balança pediátrica de mesa                                        | 5  |
| Berço aquecido, calor irradiante                                  | 9  |
| Bomba de infusão                                                  | 17 |
| Cama fowler, pediátrico                                           | 9  |
| Capacete acrílico p/ oxigenação, pequeno                          | 17 |
| Capnógrafo de gases                                               | 17 |
| Carro de emergência com desfibrilador e monitor (pós pediátricas) | 1  |
| Carro p/ material de emergência                                   | 4  |
| Colchão térmico                                                   | 9  |
| Díalise peritoneal, unidade de                                    | 1  |
| EEG, registrador contínuo de                                      | 1  |
| Eletracardiógrafo                                                 | 4  |
| Esfigmomanômetro                                                  | 5  |
| Estetoscópio dupsom, infantil                                     | 17 |
| Foco de luz, sistema de                                           | 17 |
| Fototerapia, aparelho                                             | 1  |
| Glicosímetro                                                      | 1  |
| Hemodíalise                                                       | 1  |
| Incubadora de transporte                                          | 1  |
| Incubadora simples                                                | 9  |
| Marca-passo temporário                                            | 1  |
| Mesa de Mayo                                                      | 5  |
| Mesa p/ toca de fraldas                                           | 1  |
| Monitor de pressão intracraniana                                  | 9  |
| Monitor fisiológico p/ UTI pediátrica                             | 17 |
| Negatoscópio                                                      | 6  |
| Oftalmoscópio                                                     | 1  |
| Otoscópio                                                         | 1  |
| Oxímetro de pulso                                                 | 17 |
| Respirador ciclado a volume, infantil                             | 17 |
| RX móvel, aparelho                                                | 1  |
| Suporte de soro                                                   | 17 |
| Termômetro digital                                                | 17 |
| Umidificador aquecido                                             | 17 |

Figura 4.13: Equipamentos necessários para uma unidade de terapia intensiva nível 1, com 17 leitos.

A especificação dos equipamentos, é realizada através da resposta ao questionário sobre as características dos equipamentos definidos para o serviço. Para exemplificar, foi respondido o questionário sobre o equipamento ‘Aspirador cirúrgico elétrico, portátil’, cuja especificação é mostrada no relatório final de especificação (vide figura 4.14).

| Relatório Final de Especificação                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nome do equipamento:</b><br>Aspirador cirúrgico elétrico, portátil                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Características gerais:</b><br>Acionamento: a pedal<br>Aspiração: regulável<br>Conexão aspirador/extensão: voltada para baixo<br>Fiasco coletor: 1 galão (3,6 litros) ou 5 litros<br>Local de utilização: UTI neonatal<br>Motor: Moto-bomba com sistema de auto lubrificação |
| <b>Tipo de montagem:</b><br>Portátil                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Parâmetros exigidos:</b><br>Faixa de aspiração: mínima de 0 à 25 pol/Hg<br>Graduação do fiasco: 500 ml em 500 ml<br>Ruído máximo: 65 dB                                                                                                                                      |
| <b>Acessórios:</b><br>Extensão: em plástico transparente, comprimento de aproximadamente 1,5 m<br>Fiasco(s): 5<br>Pedal de comando                                                                                                                                              |
| <b>Sistemas/dispositivos de segurança:</b><br>Registro e bóia de segurança                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Alimentação:</b><br>Alimentação elétrica: 110/220 V, 60 Hz                                                                                                                                                                                                                   |

Figura 4.14: Relatório final de especificação (aspirador cirúrgico elétrico, portátil).

Para ilustrar o dimensionamento errôneo de um serviço realiza-se duas novas simulações, com os mesmos valores utilizados nas simulações anteriores, modificando apenas o número de canais para 11 (este valor foi escolhido levando em consideração o número médio de canais

utilizado resultante das simulações anteriores). Na primeira simulação definiu-se um valor grande para o limite da fila (50), para que não ocorresse desistências no processo. A segunda simulação definiu-se um limite da fila igual a 1, considerando que apenas uma pessoa poderia esperar pelo serviço.

A figura 4.15 mostra o relatório com os resultados das simulações. A simulação 1 onde não ocorreu desistências mostra um tempo médio de espera na fila de aproximadamente 44 horas. Na simulação 2 com limite da fila em uma pessoa o tempo médio de espera na fila é de aproximadamente 2 horas, mas ocorreram 116 desistências.

|                                   | Simulação1 | Simulação2 |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Tempo da simulação:               | 365,0 [d]  | 365,0 [d]  |
| Turno de atendimento:             | 24 [h]     | 24 [h]     |
| Nº. de pessoas atendidas:         | 927        | 816        |
| Nº. máximo de canais:             | 11         | 11         |
| Nº. médio de canais:              | 10,0       | 9,4        |
| Nº. de desistências:              | 0          | 116        |
| Tempo médio de espera na fila:    | 43,80 [h]  | 1,86 [h]   |
| Tempo médio de espera no serviço: | 4,01 [d]   | 4,28 [d]   |
| Tempo médio de espera no sistema: | 5,83 [d]   | 4,36 [d]   |

Figura 4.15: Relatório das simulações com 11 canais.

A figura 4.16 mostra o número de pessoas na fila em função do tempo (nas figuras 4.16 a 4.19 a curva em vermelho representa a simulação com limite da fila igual a 50 e a curva em azul a simulação com limite da fila igual a 1). Nesta figura observa-se em determinados momentos o número de pessoas na fila chegou próximo a 25 pessoas.

Um elevado tempo de espera na fila, consequência de um baixo número de canais de serviço, pode se observado na figura 4.17. No caso da simulação onde não ocorreram desistências algumas pessoas chegaram a esperar em torno de 7,6 dias, enquanto no outro caso a espera



máxima foi em torno de 1,4 dias.

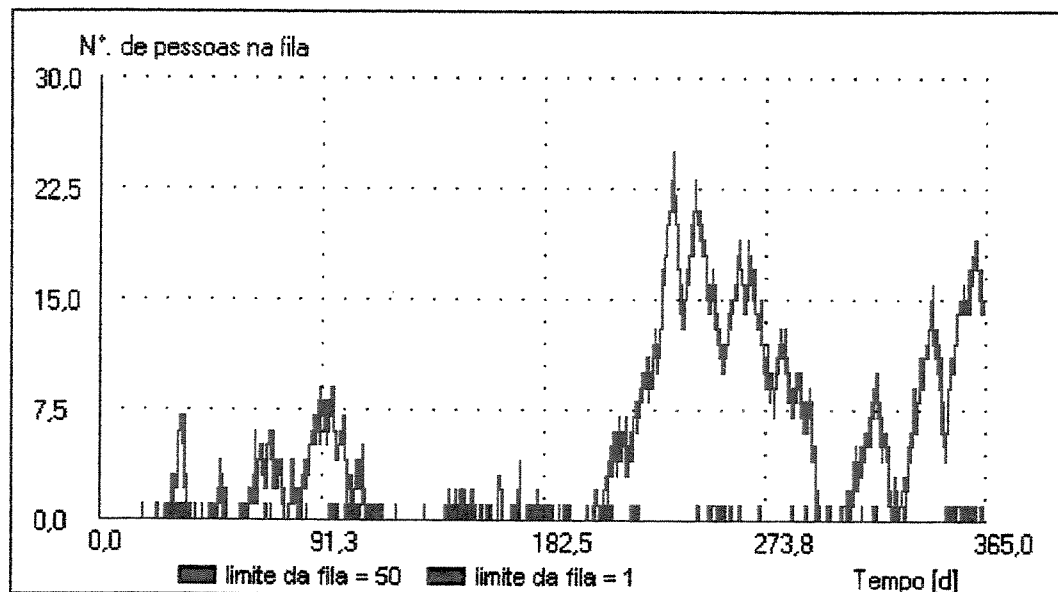


Figura 4.16: Número de pessoas na fila em função do tempo (simulação com 11 canais).

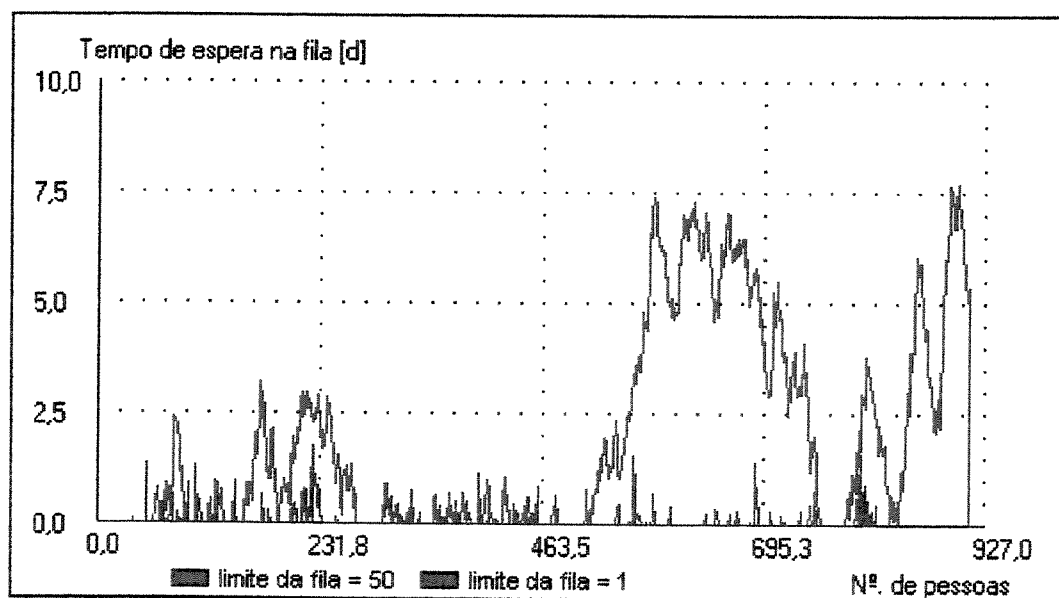


Figura 4.17: Espera na fila (simulação com 11 canais).

Nas simulações com 11 canais de serviço consegue-se uma elevada taxa de utilização desses canais (vide figura 4.18). Isto é conseguido como consequência de enormes esperas na fila.

A probabilidade acumulada de espera na fila , mostrada na figura 4.19, indica uma baixa probabilidade de uma pessoa ser atendida imediatamente ao chegar no serviço, em torno de 40 % para a simulação sem desistências e 80 % na simulação com as desistências.

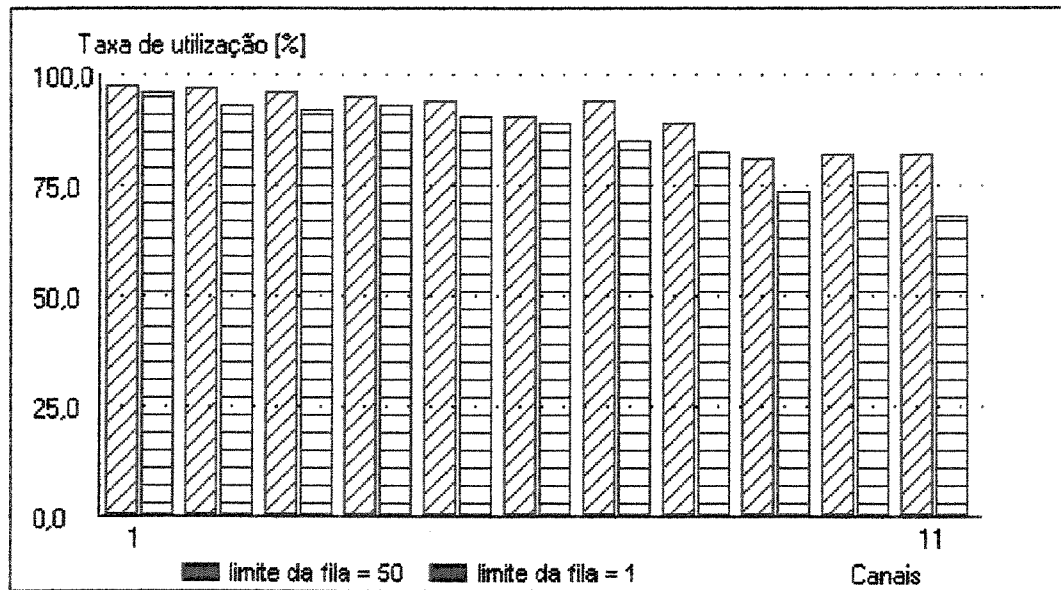


Figura 4.18: Taxa de utilização do canais de serviço (simulações com 11 canais).

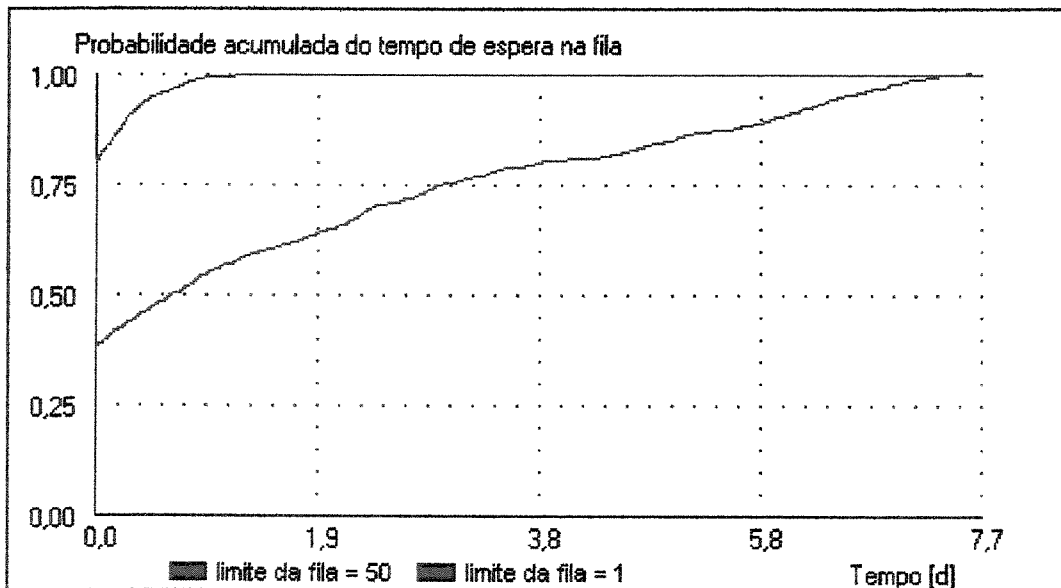


Figura 4.19: Probabilidade acumulada de espera na fila (simulações com 11 canais).

## 4.2 – Planejamento de consultório médico indiferenciado

Este estudo de caso tem como objetivo o planejamento de consultório(s) médico(s) indiferenciado(s). Como no planejamento anterior, este também envolve as três etapas descritas anteriormente. O planejamento tem início com a determinação do número de consultórios (canais de serviços) necessários para atender uma demanda desejada. Para a utilização da análise de dimensionamento do sistema, é necessário determinar o padrão dos intervalos entre chegadas e do padrão de tempo do serviço. Através de entrevista a funcionários de uma clínica de serviços médicos, obteve-se as informações sobre os parâmetros para a utilização de uma distribuição de probabilidade triangular com os seguintes valores: intervalo mínimo entre chegadas igual a 0 (zero), intervalo máximo entre chegadas igual a 50 [min.] e intervalo mais provável entre chegadas igual a 20 [min.]. A figura 4.20 ilustra a distribuição de probabilidades utilizada como padrão dos intervalos entre chegadas nas simulações.

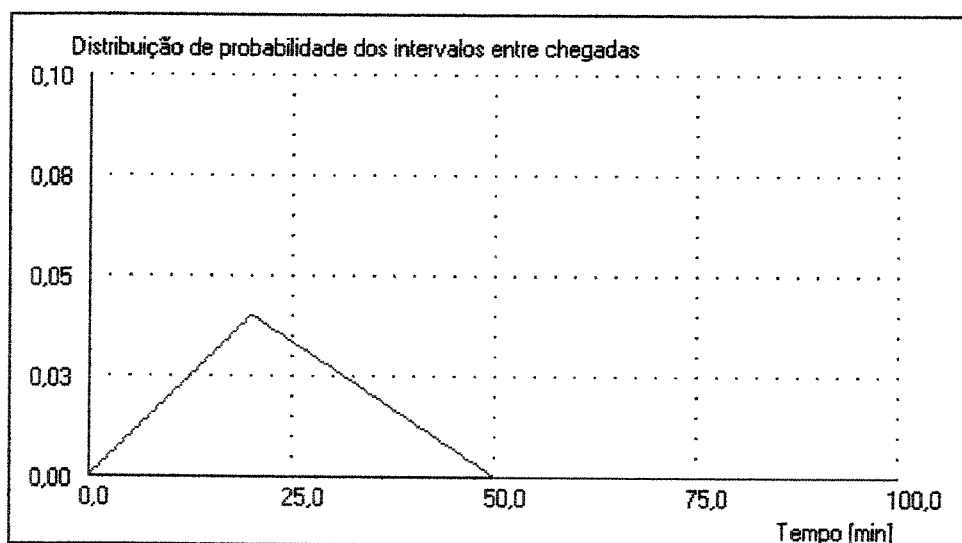


Figura 4.20: Distribuição de probabilidades dos intervalos entre chegadas.

Para a determinação do padrão do tempo de serviço, foi realizada uma coleta de dados dos tempos de serviço em um consultório com características semelhantes ao que se deseja planejar. As informações obtidas são mostradas na tabela 4.2. Esta tabela mostra o tempo gasto no serviço (em minutos) e as probabilidades de ocorrência (calculada como na tabela 4.1). O tempo médio

gasto no serviço é de 19,14 minutos. Estas informações consideram tanto a consulta como o retorno, e formam uma distribuição de probabilidades empírica, que é mostrada graficamente na figura 4.21.

Tabela 4.2: Informações do tempo de serviço para um consultório médico indiferenciado.

| Tempo [min.] | Probabilidade [%] | Tempo [min.] | Probabilidade [%] |
|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| 0            | 0,00              | 26           | 0,88              |
| 1            | 0,00              | 27           | 0,00              |
| 2            | 0,00              | 28           | 0,88              |
| 3            | 0,00              | 29           | 0,99              |
| 4            | 0,00              | 30           | 7,09              |
| 5            | 0,00              | 31           | 0,88              |
| 6            | 0,00              | 32           | 0,00              |
| 7            | 0,00              | 33           | 0,00              |
| 8            | 0,88              | 34           | 0,00              |
| 9            | 0,88              | 35           | 1,77              |
| 10           | 9,74              | 36           | 0,00              |
| 11           | 2,65              | 37           | 0,00              |
| 12           | 0,88              | 38           | 0,00              |
| 13           | 1,77              | 39           | 0,00              |
| 14           | 1,77              | 40           | 3,55              |
| 15           | 33,64             | 41           | 0,00              |
| 16           | 1,77              | 42           | 0,00              |
| 17           | 0,88              | 43           | 0,00              |
| 18           | 2,65              | 44           | 0,00              |
| 19           | 0,00              | 45           | 0,88              |
| 20           | 21,25             | 46           | 0,00              |
| 21           | 0,00              | 47           | 0,00              |
| 22           | 0,00              | 48           | 0,00              |
| 23           | 0,00              | 49           | 0,00              |
| 24           | 0,00              | 50           | 0,88              |
| 25           | 3,55              | 51           | 0,00              |

Para a simulação inicial, com a utilização dos padrões citados acima, são ajustados os

seguintes valores:

1. 'Nº. de canais:' campo em branco (o SAPSAS determina o número de canais);
2. 'Limite da fila:' igual a zero (para que o SAPSAS determine o número de canais);
3. 'Tempo total (dias):' 30 dias;
4. 'Turno de aten. (h):' igual a 6 horas; e
5. 'Pessoas/dias:' campo em branco (nesta situação o SAPSAS assume o limite diário por turno de atendimento e não pelo número de pessoas atendidas por dia ).

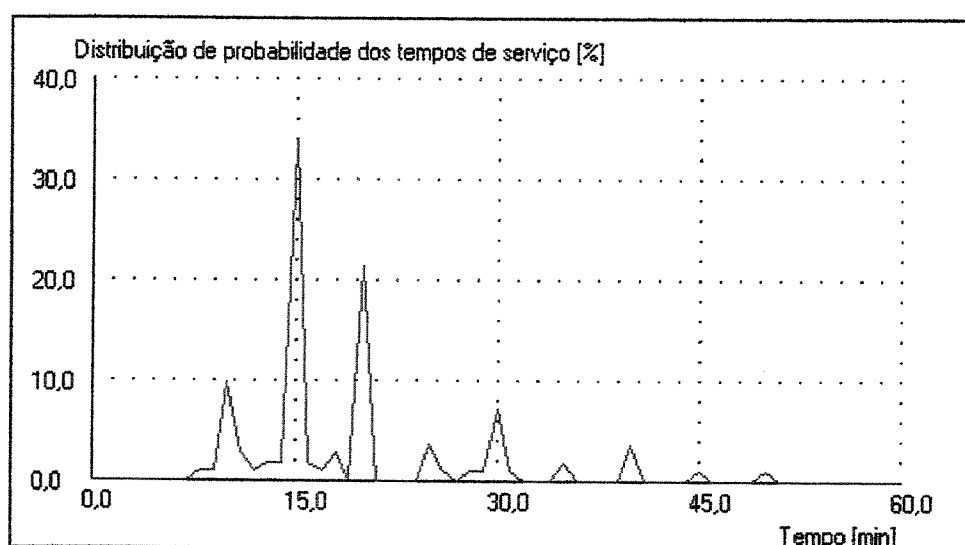


Figura 4.21: Distribuição de probabilidades empírica para os tempos de serviço.

A figura 4.22 apresenta o relatório da simulação inicial, cujo resultado mostra que:

1. são atendidos 481 pacientes em 30 dias de atendimento, com um turno de 6 horas;
2. são necessários 4 canais de serviços (consultórios) para que não ocorra espera na fila;
3. o tempo médio do serviço deve ser de 19,23 minutos; e
4. o número médio de canais utilizados é igual a 0,9.

A taxa de utilização dos canais de serviço, mostrada na figura 4.23, é muito baixa e está de acordo com o número médio de canais utilizados de 0,9, apresentado no relatório (vide figura 4.22). Estas informações indicam que a utilização de 4 canais de serviço é um número muito elevado para atender a demanda desejada.

Para uma melhor utilização do serviço planejado, uma nova simulação foi realizada, ajustando o parâmetro ‘número de canais’ para 1. A figura 4.24 mostra o relatório para esta simulação, cujos resultados são:

1. 480 pacientes atendidos;
2. número médio de canais igual a 0,9;
3. tempo médio de espera na fila de 8,96 minutos; e
4. tempo médio de espera no serviço de 19,31 minutos.

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Tempo da simulação:               | 30,0 [d]    |
| Turno de atendimento:             | 6 [h]       |
| Nº. de pessoas atendidas:         | 481         |
| Nº. máximo de canais:             | 4           |
| Nº. médio de canais:              | 0,9         |
| Nº. de desistências:              | 0           |
| Tempo médio de espera na fila:    | 0,00 [min]  |
| Tempo médio de espera no serviço: | 19,23 [min] |
| Tempo médio de espera no sistema: | 19,23 [min] |

Figura 4.22: Relatório de simulação com tempo de espera na fila igual a zero.

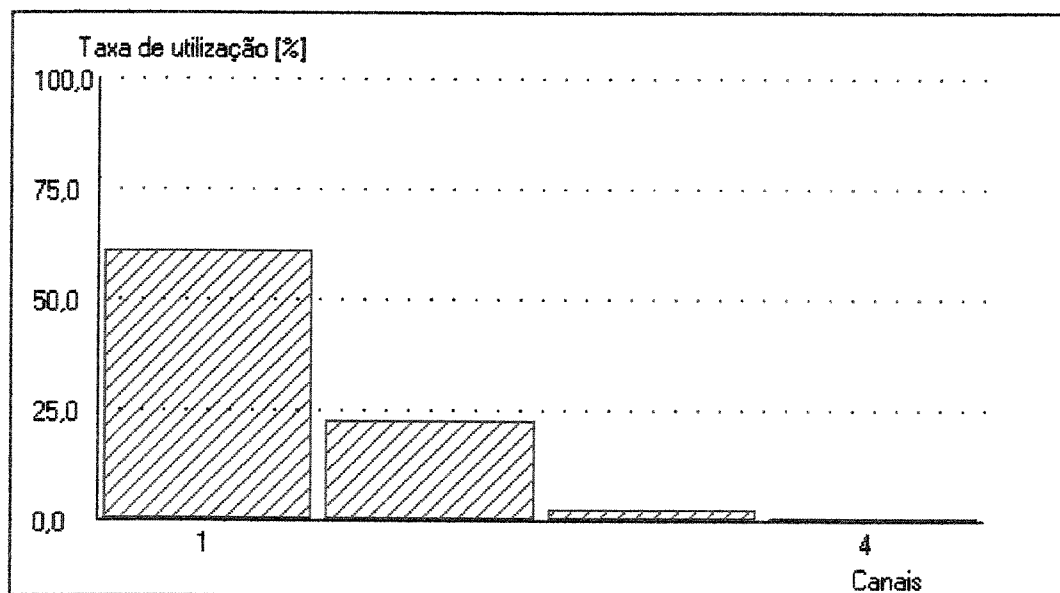


Figura 4.23: Taxa de utilização dos canais.

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Tempo da simulação:               | 30,0 [d]    |
| Turno de atendimento:             | 6 [h]       |
| Nº. de pessoas atendidas:         | 480         |
| Nº. máximo de canais:             | 1           |
| Nº. médio de canais:              | 0,9         |
| Nº. de desistências:              | 0           |
| Tempo médio de espera na fila:    | 8,96 [min]  |
| Tempo médio de espera no serviço: | 19,31 [min] |
| Tempo médio de espera no sistema: | 28,27 [min] |

Figura 4.24: Relatório de simulação para 1 canal.

A figura 4.25 mostra como ficou a espera na fila, onde verifica-se que alguns pacientes chegaram a esperar em torno de 85 minutos, mas a média é 8,96 minutos.

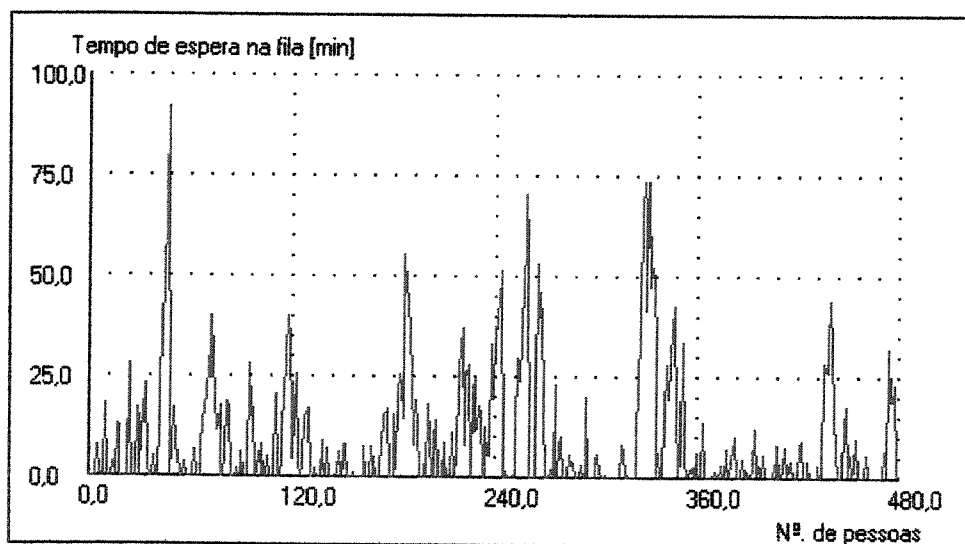


Figura 4.25: Tempo de espera na fila para simulação com 1 canal.

A figura 4.26 mostra a comparação entre as taxas de utilizações nas duas simulações,

onde verifica-se uma taxa de utilização para a simulação com um canal em torno de 90 % (gráfico de barras em azul). Esta elevada taxa de utilização faz com que ocorra uma espera na fila, que pode ser analisada com a probabilidade acumulada de espera na fila, como mostra a figura 4.27.

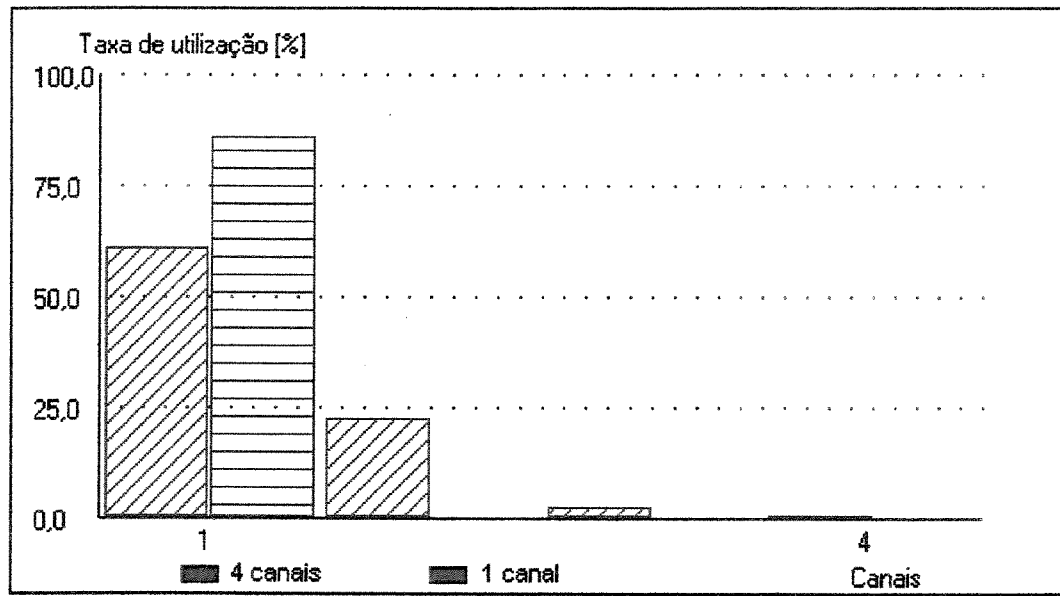


Figura 4.26: Taxa de utilização para ambas simulações.

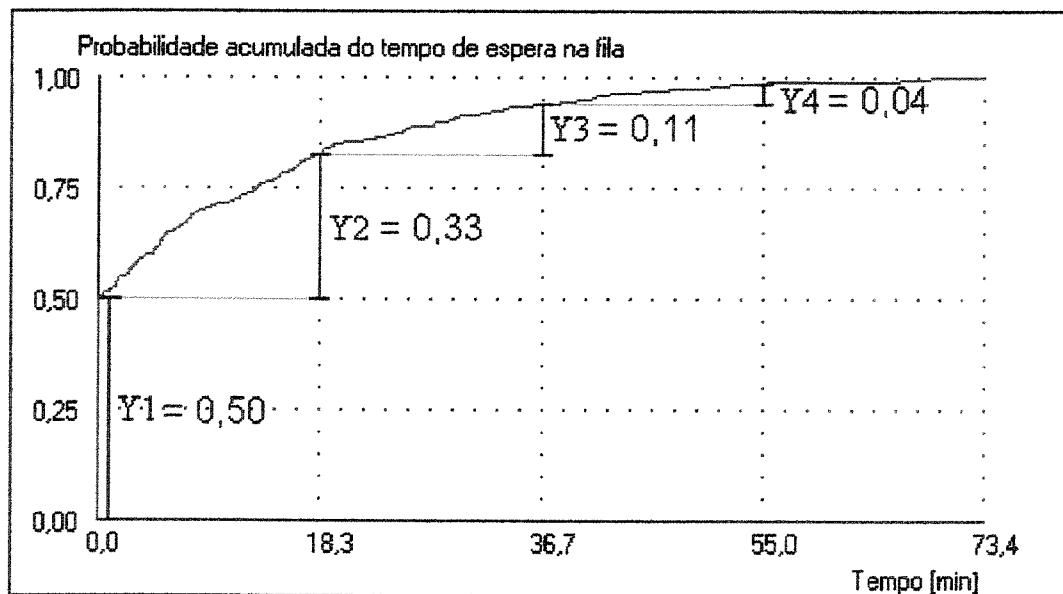


Figura 4.27: Probabilidade acumulada do tempo de espera na fila para simulação com 1 canal.



O gráfico com a probabilidade acumulada do tempo na espera da fila mostra que a probabilidade de um paciente ser atendido:

1. imediatamente após sua chegada é de 50% (Y1);
2. esperar entre 0 e 18,3 minutos é de 33% (Y2);
3. esperar entre 18,3 e 36,7 minutos é de 11% (Y3);
4. esperar entre 36,7 e 55,0 minutos é de 4% (Y4); e
5. esperar acima de 55,0 minutos é de 2%;

As simulações acima são limitadas diariamente por turno de atendimento. A outra condição de limite diário é por número de pessoas atendidas por dia. Para exemplificar a utilização da limitação em número de pessoas atendidas por dia, realiza-se uma nova simulação com os mesmos valores das simulações anteriores, modificando apenas o campo ‘Pessoas/dia:’. Assumindo que cada consulta gera um retorno, atribuindo o valor 20 para o campo ‘Pessoas/dia:’, dessa forma simula-se um processo que serão atendidas diariamente 10 consultas e 10 retornos. Como não foi modificado o valor do campo ‘Turno de aten. (h):’ o SAPSAS utiliza o valor de 6 horas para calcular a taxa de utilização dos canais de serviço;

A figura 4.28 mostra o relatório dessa simulação com os seguintes resultados:

1. número de pacientes atendidos igual a 600 (20 por dia);
2. número médio de canais utilizados igual a 1,1;
3. tempo médio de espera na fila de 8,73 minutos; e
4. tempo médio de espera no serviço de 19,20 minuto.

Em comparação com a simulação para um canal sem limite diário por número de pessoas atendidas, os resultados que variaram são: o número de pacientes atendidos e o número médio de canais utilizados, ambos aumentaram. Isto é consequência de uma taxa de utilização maior, em torno de 110 %, como mostra a figura 4.29 (traçado vermelho para a simulação com limite no número de pessoas/dia e traçado azul para a simulação sem limite no número de pessoas/dia). Este resultado indica que para um atendimento de 20 pessoas por dia, o turno de atendimento será superior às 6 horas utilizadas na simulação do processo.

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Tempo da simulação:               | 30,0 [d]    |
| Turno de atendimento:             | 6 [h]       |
| Nº. de pessoas atendidas:         | 600         |
| Nº. máximo de canais:             | 1           |
| Nº. médio de canais:              | 1,1         |
| Nº. de desistências:              | 0           |
| Tempo médio de espera na fila:    | 8,73 [min]  |
| Tempo médio de espera no serviço: | 19,20 [min] |
| Tempo médio de espera no sistema: | 27,92 [min] |

Figura 4.28: Relatório da simulação com limite no número de pacientes/dia.

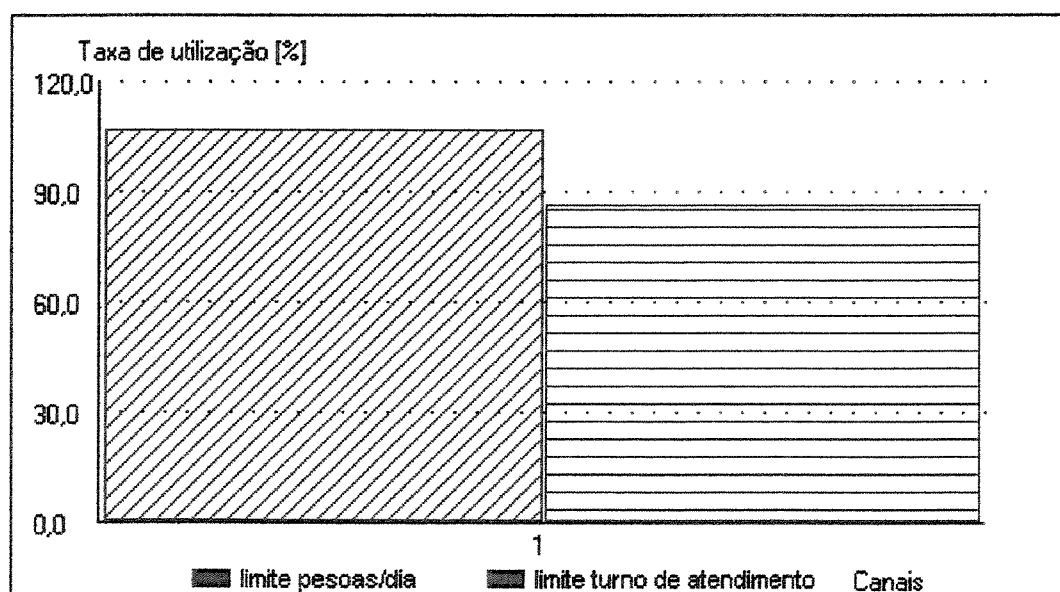


Figura 4.29: Taxa de utilização para 1 canal com e sem número fixo de pessoas/dia.

Passando à segunda etapa do planejamento, assumindo que 1 consultório é suficiente para atender a demanda desejada, informando este valor ao SAPSAS, foi obtido o resultado (equipamentos e suas quantidades), como mostra a figura 4.30.

| <b>Relatório de projeto</b>               |   |
|-------------------------------------------|---|
| <b>Consultório médico indiferenciado</b>  |   |
| Armário vitrine                           | 1 |
| Balança antropométrica, adulto            | 1 |
| Balde cilíndrico porta detritos com pedal | 1 |
| Banqueta cromada com assento inox         | 1 |
| Biombo                                    | 1 |
| Cadeira                                   | 3 |
| Escada de dois degraus                    | 1 |
| Esfigmomanômetro aneróide, adulto         | 1 |
| Estetoscópio de Pinard                    | 1 |
| Estetoscópio duosom, adulto               | 1 |
| Mesa p/ escritório                        | 1 |
| Mesa p/ exame/tratamento                  | 1 |
| Mesa p/ instrumental                      | 1 |
| Negatoscópio                              | 1 |
| Otoscópio                                 | 1 |
| Refletor parabólico                       | 1 |
| Suporte de hamper                         | 1 |

Figura 4.30: Equipamentos necessários para um consultório médico indiferenciado.

A terceira etapa do planejamento é a especificação dos equipamento, que é realizada através das respostas ao questionário de especificação apresentado pelo SAPSAS ao usuário (vide capítulo 3, item 3.5.2). O resultado é exemplificado através do relatório final de especificação de um esfigmomanômetro aneróide adulto, ilustrado na figura 4.31.

Deve-se salientar que na primeira etapa do planejamento em ambos estudos de casos foram realizadas poucas simulações, pois o objetivo era mostrar a capacidade do sistema. Entretanto, como o sistema utiliza distribuições de probabilidades como informações de entradas (as distribuições de probabilidades dos intervalos entre chegadas e tempos de serviço), e conseqüentemente os resultados também são probabilísticos, é necessário que seja realizado um número maior de simulações para cada caso, criando uma base de dados maior para a tomada de

decisão.

| <b>Relatório Final de Especificação</b>                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nome do equipamento:</b><br>Esfigmomanômetro aneróide adulto                                                                                                                               |
| <b>Características gerais:</b><br>Manômetro: aneróide com visor graduado de 0 a 300 mmHg<br>Utilização em pacientes: Adulto<br>Válvula de metal, permitindo a retenção e o esvaziamento de ar |
| <b>Tipo de montagem:</b><br>Portátil                                                                                                                                                          |
| <b>Acessórios:</b><br>Bolsa de para acondicionamento: em courovin                                                                                                                             |
| <b>Características de construção:</b><br>Bolsa de ar, pera e tubos correctores de borracha sem emendas<br>Braçadeira: em tecido resistente de algodão, com fecho em velcro                    |

Figura 4.31: Relatório final de especificação (esfigmomanômetro aneróide adulto)

## **Capítulo 5**

### **Conclusões e Sugestões para Futuros Trabalhos**

#### **5.1. Conclusões**

Durante o trabalho de obtenção de informações sobre os serviços e equipamentos que fazem parte dos EAS, verificou-se a dificuldade encontrada pelos profissionais responsáveis pelo planejamento desses serviços e pela especificação dos equipamentos médicos. Na maioria dos casos a obtenção dessas informações demandam muito tempo e o resultado nem sempre apresenta dados confiáveis, devido a sua pulverização ou escassez.

Na obtenção das informações relacionadas aos equipamentos necessários a cada serviço encontrou-se um número muito baixo de publicações. A maioria das informações foi obtida através documento publicado pelo Ministério da Saúde “Estabelecimentos Assistenciais de Saúde – Planejamento e Dimensionamento” (Ministério da Saude – SAS, 1994 b) que apresenta dados confiáveis sobre o assunto. As informações relacionadas às características funcionais dos equipamentos médicos para a elaboração dos itens especificação foram obtidas através das publicações do Emergency Care Research Institute (ECRI-HPCS) disponível em poucas instituições, devido ao elevado custo.

O sistema desenvolvido é uma fonte de informações para o planejamento de serviços assistenciais de saúde, pois reúne em um único banco de dados informações que abrangem os serviços que compõem um sistema hospitalar, os tipos e a quantidade de equipamentos necessários para cada serviço, o grau de necessidade dos equipamentos em relação aos serviços e as informações necessárias para a elaboração da especificação adequada dos equipamentos médico-hospitalares. Este sistema fornece aos EAS a possibilidade de uma significativa economia tanto no tempo da pesquisa sobre as informações necessárias ao planejamento dos serviços como em possíveis prejuízos causados por planejamentos mal executados pela falta da informação adequada. Através da informação sobre o tipo e demanda de um determinado serviço, fornecidos pelo usuário, o SAPSAS gera um relatório com os tipos e quantidades de

equipamentos necessários para o serviço especificado.

O SAPSAS oferece um questionário contendo as características necessárias e suficientes para a especificação adequada dos equipamentos médicos. Quando o usuário conclui este questionário, o SAPSAS gera o relatório de especificação do equipamento. Esta capacidade do SAPSAS vem preencher uma lacuna muito importante no apoio aos profissionais responsáveis pela especificação de equipamentos, pois é freqüente a ocorrência de casos onde estes profissionais são encarregados de especificar equipamentos sobre o qual possuem pouco ou nenhum conhecimento. Um equipamento mal especificado pode não atender completamente as necessidades da instituição que o comprou causando prejuízos no atendimento; ou possuir funções adicionais que não serão utilizadas pela instituição compradora e provocar uma elevação no custo de aquisição. A correta especificação dos equipamentos, apresentada pelo SAPSAS, produz consideráveis economias no que diz respeito à aquisição do equipamento que melhor atenda as necessidades dos estabelecimentos assistenciais de saúde.

O dimensionamento adequado de um serviço é um fator determinante no custo do processo e no bom atendimento aos consumidores. Um dimensionamento inadequado pode provocar prejuízos às instituições que oferecem o serviço ou o sacrifício dos consumidores que enfrentam longas filas de espera. Para produzir as informações necessárias à tomada de decisão em relação ao dimensionamento dos serviços, o SAPSAS fornece uma ferramenta para análise de dimensionamento muito utilizada na indústria para a análise de processos, denominada Teoria das Filas. O desenvolvimento analítico dessa metodologia pode tornar-se complexo dependendo do processo que se deseja modelar. Já o desenvolvimento através de simulação em computador facilita a utilização, pois exige dos usuários apenas informações sobre as características da demanda e do tempo de atendimento do serviço. O resultado desta simulação é apresentado na forma de gráficos. A teoria das filas permite uma análise de dimensionamento muito abrangente comparado às relações empíricas (Ministério da Saúde - SAS, 1994 b) freqüentemente utilizadas, pois permite a visualização temporal do modelo do processo, fornecendo resultados gráficos (como a variação da fila, tempo de espera na fila, tempo de espera no serviço, taxa de utilização do serviço e probabilidade acumulada de espera na fila) que auxiliam na tomada de decisão em relação ao dimensionamento dos serviços. Quanto melhor as variáveis de entrada (características

da demanda e do serviço) representarem o processo mais confiáveis serão os resultados obtidos.

A utilização da teoria das filas analisa apenas a demanda direta do serviço, não leva em consideração fatores como dados epidemiológicos, características regionais, serviços existentes, missão da instituição, etc. Através dos estudos de casos realizados do capítulo 4 pode-se concluir que o dimensionamento utilizando os recursos da teoria das filas é mais vantajoso nos serviços onde a espera em fila é um fator crítico, como no caso de uma UTI.

Todo o sistema é desenvolvido através da apresentação de telas (formulários), de forma a facilitar a interface com os usuários. Dessa maneira os usuários não necessitam possuir algum conhecimento prévio sobre programas para desenvolvimento de uso geral como C, Pascal, Basic, etc., ou sobre sistemas de gerenciamento de bancos de dados como Access, Dbase, etc. Através do teste de funcionamento do SAPSAS (capítulo 3, item 3.6.3) as poucas dificuldades encontradas pelos usuários foram sanadas.

O SAPSAS apresenta uma grande flexibilidade na atualização das informações contidas no bando de dados. As atualizações são feitas apenas nas tabelas do bancos de dados sem que seja necessário modificar o programa desenvolvido. Estas atualizações podem ser feitas até mesmo sem o uso do SAPSAS, ou seja, através de outro sistema de gerenciamento de banco de dados como Access, Dbase, etc.

Uma grande vantagem do SAPSAS é que ele pode ser disponibilizado em rede de computador tanto através do download do programa de instalação como através da execução do programa no servidor. Isto permite a utilização do sistema pelos estabelecimentos assistenciais de saúde em qualquer parte do país, sendo de grande auxílio nas localidades afastadas dos grandes centros, onde a escassez de informação é agravada.

## **5.2. Sugestões para Futuros Trabalhos**

Sugestões para futuros trabalhos:

1. Aumentar as informações fornecidas com relação às instalações dos serviços

assistenciais de saúde como luminosidade, tipo de revestimento, nível de ruído, tipo de isolamento, etc.. O SAPSAS possui as informações sobre os serviços e equipamento, o acréscimo das informações acima ampliaria o público alvo que utilizaria o SAPSAS;

2. Realizar a análise de dimensionamento com vários estágios de serviços. A análise com vários estágios de serviços permite a verificação da influência na demanda que um serviço gera em outros serviços;
3. Acrescentar as informações sobre os modelos de equipamentos médico-hospitalares disponíveis no mercado com suas características funcionais. Este tipo de informação permitiria uma ampliação do SAPSAS para que ele fornecesse os modelos de equipamentos que atendam uma determinada especificação elaborada pelo usuário.



## Referências bibliográficas

Alves, W. P. (1998), Banco de Dados em Delphi 3, *Editora Érica*.

Blue, T., Kaster, J., Lief, G. and Scott, L. (1997), Desenvolvendo Banco de Dados em Delphi, *Makron Books*.

Cantu, M. (1998), Dominando o Delphi 4, *Makron Books*.

Comitê de Neonatologia da SPSP (1995), Padronização de UTI Neonatal, *Revista Paulista de Pediatria*, 13 (4) 143-146.

Committee on Hospital Care and Pediatric Section of the Society of Critical Care Medicine (1993), Guidelines and Level of Care for Pediatric Intensive Care Unit, *Pediatrics*, 92 (1) 166-175.

Date, C. J. (1990), Introdução a Sistemas de Bancos de Dados, *Editora Campus*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1995), Carbon Dioxide Monitors, Transcutaneous; Oxygen Monitors, transcutaneous, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1995), Cryosurgical Units, Purpose-General; Ophthalmic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1995), Ultrasonic Cleaning Systems, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Anesthesia Units, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Apnea Monitors, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Audiometers; Audiometrics Booths, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Beds, Pediatric, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Blood Gas/pH, Analyzers, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Calcium, Analyzers, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Cardiac Output Units, Thermal Dilution, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Carts, Anesthetist's, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Carts, Medication, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Carts, Resuscitation, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Carts, Surgical Case, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Centrifuges, Blood Bank, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Centrifuges, Cell Washing, Automatic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Centrifuges, Cytological, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Centrifuges, Floor, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Centrifuges, Microhematocrit, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Centrifuges, Tabletop, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Circulatory Assist Units, Intra-Aortic Balloon, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Clinical Chemistry Analyzer, Automated, Centrifugal, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Clinical Chemistry Analyzer, Automated, Discrete, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Clinical Chemistry Analyzer, Manual, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Defibrillator/Monitors; Defibrillator/Monitor/Pacemakers, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Defibrillators, Automated, external, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), EEG Monitors; Electroencephalographs, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Electrocardiographs, Interpretative, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Electrocardiographs, Multichannel, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Electrocardiographs, Single-channel, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Electrocautery Units, Line-Powered, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Electrosurgical Units, General Purpose; Electrosurgical Argon-Enhanced Coagulation, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Evoked-Potential Units – Electromyographs - Electronystagmographs, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Fetal Monitors, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Glycohemoglobin Analyzers, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Hematology Analyzers, Automated, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Hematology Analyzers, Semiautomated, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Incubators, Aerobic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Incubators, Infant, Mobile; Transport, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Infusion Pumps, Patient-Controlled, Analgesic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Infusion Pumps, Syringe, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Laparoscopes; Laparoscopes Video, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Lasers, Surgical, Carbon Dioxide, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Lasers, Surgical, Holmium: YAG, *Emergency Care Research Institute*.

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Lasers, Surgical, Nd: YAG, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Lithotripters Electrohydraulic; Laser; Ultrasonic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Microcentrifuges, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Microscopes, Electron, Transmission, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Microscopes, Laboratory, Light, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Microscopes, Operating, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Nebulizers, Heated; Ultrasonic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Nerve Locators, Facial, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Oximeters, In Vitro, Multiwavelength, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Oximeters, Pulse, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Oxygen Monitors, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Physiologic Monitoring Systems, Acute Care; Neonatal, ECG Monitors, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Physiologic Monitoring Systems, Stress Exercises, Cardiac, Pulmonary, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Pressure Monitors, Intracranial, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Pulmonary Function Analysers, Adult, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiation Survey Meters, Geiger-Müller, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiation Survey Meters, Ionization Chamber, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic Table Systems, Purpose-General, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic Units, Chest; Computed Radiographic Systems, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic Units, Dental; Digital Radiographic Systems, Dental, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic Units, Mammography; Stereotactic Biopsy Systems, Mammographic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic/Fluoroscopic Table Systems; Digital Photospot Systems, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic/Fluoroscopic Units, Angiographic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Radiographic/Fluoroscopic Units, Cardiac Catheterization, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Refrigerators, Blood Bank, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Resuscitators Pulmonary Exhaled Air; Manual, Reusable; Manual, Disposable, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Scales, Bed; Scales, Sling, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Scales, Chair; Scales, Wheelchair, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Scales, Infant, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Scanners, Computed Tomography, Full-Body, *Emergency Care Research Institute*.



ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Spectrometers, Mass, Laboratory, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Spectrophotometers, Atomic Absorption, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Spectrophotometers, UV/Fisible, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Sterilizing Units, Ethylene Oxide, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Stimulators, Peripheral-Nerve-Block Monitor, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Tables, Autopsy, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Tables, Operating, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Tables, Orthopedic, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Thermometers, Electronic, Continuous, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Thermometers, Electronic, Intermittent, *Emergency Care Research Institute.*

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Thermometers, Infrared, Ear, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Ultracentrifuges, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Ventilators, Intensive Care, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Ventilators, Intensive Care, Neonatal/Pediatric, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Ventilators, Portable, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), Ventilators, Transport, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), X-ray Film Processors, Automatic, Cine, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), X-ray Film Processors, Automatic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1996), X-ray Generators, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Aspirators Ultrasonic; Ultrasonic surgical Cutter/Coagulators, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Aspirators, Emergency, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Aspirators, Thoracic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Beds, Birthing, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Beds, Electric, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Blood-Flow, Detectors; Flowmeters Blood, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Carbon Dioxide Monitors; Exhaled Gas, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Diathermy Units, Microwave; Short-wave, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Digital Angiography Systems, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Hemodialysis Units, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Incubators, Laboratory, Thermocycling, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Infusion Pumps, Ambulatory; Infusion Pumps, Ambulatory, Insulin, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Infusion Pumps, Purpose-General; Micro; Multichannel, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Lasers, Ophthalmic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Lithotripters Extracorporeal, Gallstone; Renal, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Microtomes, Cryostat, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Microtomes, Rotary; Microtomes, Ultra, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Multiple Medical Gas Monitors, Respired/Anesthetic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Peritoneal Dialyses Units, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Radiographic Units, Mobile, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Radiographic/Fluoroscopic Table Systems, Urological, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Radiographic/Fluoroscopic Units, Mobile, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Radiographic/Tomographic Table Systems, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Radiotherapy Simulation Systems, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Scanners, Ultrasonic, Cardiac, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Scanners, Ultrasonic, Portable, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Scanners, Ultrasonic, Purpose-General; Abdominal; Obstetric/Gynecologic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Scanners, Ultrasonic, Small-Parts; Vascular; Intravascular, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Spectrometers, Mass, Respiratory/Anesthetic Gas Monitoring, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Sphygmomanometers, Electronic, Automatic, *Emergency Care Research Institute*.

ECRI - Healthcare Product Comparison System (1997), Tourniquets, Pneumatic, *Emergency Care Research Institute*.

Gross, D. and Harris, C. M. (1985), Fundamentals of Queueing Theory, *John Wiley & Sons*.

- Hutton, K. (1997), The three most important things in healthcare facility design are Planning, Planning and Planning, *Healthcare Technology Management*, December: 24-26.
- Kendall, D. G. (1953), Stochastic Processes Occurring in Theory of Queues and Their Analysis by the Method of Imbedded Markov Chains, *Ann. Math. Statist.*, 24: 338-354.
- Kleinrock, L. (1985), Queueing Systems Volume I: Theory, *John Wiley & Sons*.
- Kleinrock, L. and Gail, R. (1996), Queueing Systems Problems and Solutions, *John Wiley & Sons, Inc.*
- Law, A. M. and Kelton, W. D. (1991), Simulation Modeling and Analysis, *McGraw-Hill, Inc.*
- Marmarinou, J. (1990), The Autonomous Endoscopy Unit, *AORN Journal*, 51 (3) 764-773.
- Mendes, E, S (1996), Especificações Técnicas de Equipamentos Médico Hospitalar, *Hospital Municipal Odilon Behrens*.
- Microsoft Corporation (1994), Criando Aplicativos – Microsoft Access 2.0 – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional para Windows, *Microsoft Corporation*.
- Ministério da Saúde, SAS (1994), “Equipamentos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Planejamento e Dimensionamento”.
- Ministério da Saúde, SAS (1994), “Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde”.
- Peisner, D. B. (1996). Equipment Selection, *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 34 (1) 158-166.
- Rohde, D. J., Priby, L. D. and Hochkammer, W. O. (1985), Planning and Managing Major Constructions Projects: A Guide for Hospitals, *Health Administration Press*.

Roque, K. A. e Filidis, L. (1995), Microsoft Access 2, *Makron Books*.

Schmidt, J. W. and Taylor, R. E. (1970), Simulation and Analysis of Industrial Systems, *Richard D. Irwin, Homewood, Ill.*

Schweer, L. and Ose, M. B. (1995), Implementation of a Regional Pediatric Trauma Center, *AORN Journal*, 61 (3) 558-571.

Sobol, I. M. (1994), A Primer for the Monte Carlo Method, *CRC Press*.

The American Institute of Architects Committee on Architecture for Health with Assistance from the U. S. Department of Health and Human Services (1992-93), Guidelines for Constructions and Equipment of Hospital and Medical Facilities, *The American Institute of Architects Press*.

Yaron, M., Ruiz, E. and Baretich, M. F. (1994), Equipment Organization in the Emergency Department Adult Resuscitation Area, *Journal of Emergency Medicine*, 12 (6) 845-848.

## Anexo A

Tabela A.1: Resultados das simulações para teste do SAPSAS.

| Simulações | Nº. de consumidores | Tempo médio de espera no serviço | Nº. médio de canais de serviço |
|------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1          | 938                 | 4,05                             | 10,2                           |
| 2          | 953                 | 4,01                             | 10,4                           |
| 3          | 941                 | 4,13                             | 10,5                           |
| 4          | 909                 | 4,05                             | 9,9                            |
| 5          | 931                 | 4,16                             | 10,4                           |
| 6          | 907                 | 4,17                             | 10,0                           |
| 7          | 908                 | 3,99                             | 9,7                            |
| 8          | 931                 | 3,98                             | 9,9                            |
| 9          | 958                 | 4,01                             | 10,4                           |
| 10         | 956                 | 3,53                             | 9,1                            |
| 11         | 918                 | 3,96                             | 9,7                            |
| 12         | 945                 | 3,77                             | 9,6                            |
| 13         | 926                 | 4,23                             | 10,5                           |
| 14         | 998                 | 4,08                             | 11,0                           |
| 15         | 953                 | 3,92                             | 9,9                            |
| 16         | 924                 | 4,10                             | 10,3                           |
| 17         | 938                 | 3,85                             | 9,8                            |
| 18         | 934                 | 4,03                             | 10,2                           |
| 19         | 939                 | 4,08                             | 10,4                           |
| 20         | 949                 | 4,09                             | 10,4                           |
| 21         | 950                 | 3,98                             | 10,0                           |
| 22         | 950                 | 3,70                             | 9,5                            |
| 23         | 947                 | 3,82                             | 9,8                            |
| 24         | 920                 | 3,96                             | 9,9                            |
| 25         | 941                 | 3,75                             | 9,5                            |
| 26         | 952                 | 3,83                             | 9,9                            |
| 27         | 941                 | 3,85                             | 9,7                            |
| 28         | 942                 | 3,98                             | 10,2                           |
| 29         | 936                 | 3,98                             | 10,0                           |
| 30         | 947                 | 3,93                             | 10,0                           |
| 31         | 941                 | 4,01                             | 10,2                           |
| 32         | 938                 | 3,92                             | 9,9                            |



|    |     |      |      |
|----|-----|------|------|
| 33 | 934 | 4,18 | 10,4 |
| 34 | 940 | 4,09 | 10,4 |
| 35 | 945 | 4,15 | 10,5 |
| 36 | 943 | 3,43 | 8,7  |
| 37 | 929 | 3,87 | 9,7  |
| 38 | 968 | 3,61 | 9,4  |
| 39 | 942 | 3,89 | 9,9  |
| 40 | 912 | 3,98 | 9,4  |
| 41 | 927 | 3,93 | 9,6  |
| 42 | 941 | 4,02 | 10,2 |
| 43 | 942 | 4,22 | 10,7 |
| 44 | 914 | 3,92 | 9,7  |
| 45 | 939 | 3,82 | 9,6  |
| 46 | 948 | 3,86 | 9,9  |
| 47 | 918 | 3,80 | 9,4  |
| 48 | 967 | 3,78 | 9,7  |
| 49 | 974 | 3,90 | 10,2 |
| 50 | 940 | 3,93 | 9,9  |
| 51 | 944 | 3,91 | 10,0 |
| 52 | 924 | 4,31 | 10,7 |
| 53 | 926 | 3,79 | 9,4  |
| 54 | 931 | 3,92 | 9,9  |
| 55 | 943 | 4,05 | 10,4 |
| 56 | 926 | 3,76 | 9,5  |
| 57 | 913 | 4,31 | 10,4 |
| 58 | 925 | 3,79 | 9,5  |
| 59 | 916 | 3,82 | 9,4  |
| 60 | 941 | 4,04 | 10,3 |
| 61 | 962 | 3,67 | 9,4  |
| 62 | 978 | 4,17 | 11,0 |
| 63 | 922 | 3,92 | 9,8  |
| 64 | 931 | 3,92 | 9,8  |
| 65 | 941 | 3,76 | 9,6  |
| 66 | 957 | 3,84 | 10,0 |
| 67 | 925 | 4,08 | 10,2 |
| 68 | 932 | 3,90 | 9,7  |

|        |        |      |      |
|--------|--------|------|------|
| 69     | 937    | 3,62 | 9,0  |
| 70     | 918    | 3,84 | 9,6  |
| 71     | 898    | 4,12 | 10,0 |
| 72     | 917    | 4,00 | 9,9  |
| 73     | 900    | 4,01 | 9,6  |
| 74     | 937    | 4,10 | 10,3 |
| 75     | 895    | 3,80 | 9,2  |
| 76     | 954    | 4,11 | 10,5 |
| 77     | 938    | 3,89 | 9,9  |
| 78     | 941    | 3,98 | 10,1 |
| 79     | 951    | 3,88 | 10,0 |
| 80     | 949    | 3,98 | 10,2 |
| 81     | 956    | 4,10 | 10,7 |
| 82     | 930    | 4,02 | 10,1 |
| 83     | 944    | 3,98 | 10,1 |
| 84     | 908    | 3,98 | 9,6  |
| 85     | 946    | 3,98 | 10,2 |
| 86     | 948    | 4,14 | 10,5 |
| 87     | 924    | 3,86 | 9,6  |
| 88     | 964    | 3,96 | 10,3 |
| 89     | 950    | 3,92 | 10,1 |
| 90     | 942    | 3,87 | 9,9  |
| 91     | 958    | 3,93 | 10,0 |
| 92     | 925    | 4,27 | 10,6 |
| 93     | 929    | 4,00 | 10,1 |
| 94     | 971    | 3,99 | 10,5 |
| 95     | 904    | 3,73 | 9,1  |
| 96     | 921    | 4,11 | 10,2 |
| 97     | 934    | 4,07 | 10,3 |
| 98     | 903    | 4,21 | 10,3 |
| 99     | 959    | 3,88 | 10,1 |
| 100    | 950    | 4,00 | 10,3 |
| Média  | 937,22 | 3,96 | 9,98 |
| Desvio | 18,26  | 0,16 | 0,43 |

## Apêndice I

### Descrição do sistema desenvolvido

O objetivo deste apêndice é descrever todas as telas projetadas para o SAPSAS, mostrando seus componentes e descrevendo seu funcionamento.

#### I.1- Telas para armazenamento de dados nas tabelas.

As primeiras telas projetadas para o SAPSAS são as responsáveis para o armazenamento dos dados nas tabelas. A implementação da tela utilizada na entrada de dados na tabela *Equipamento*, tem início pela determinação dos componentes que farão parte da tela, com a definição do formato dos dados e dos próprios dados que serão armazenados. O campo chave IDEQUIPO é um valor numérico que o próprio sistema deve definir para que não haja uma duplicação. O campo GEQUIPO é um valor que o usuário escolherá dentre os valores armazenados na tabela *Grupos de equipamentos*. O campo EQUIPAMENTO o usuário informa ao sistema. Dessa forma a tela para inclusão de equipamentos no banco de dados é projetado como ilustra a figura I.1.

Figura I.1: Tela para a inserção de dados na tabela Equipamentos.

O componente 'Grupos de equipamentos:' é uma caixa de combinação, que acessa os

dados da tabela Grupos de equipamentos, e os informa para a seleção dos usuários. A seleção é realizada através do campo GEQUIPO, mas o SAPSAS utiliza o campo IDEQUIPO para armazenamento na tabela *Equipamento*. O componente ‘Entre com o nome do equipamento:’ é uma caixa de edição que permite a edição do equipamento que será inserido na tabela *Equipamento*.

Com os dois componentes devidamente preenchidos, a ativação do botão OK da tela faz com que o SAPSAS dê início a rotina de armazenamento de um registro na tabela *Equipamento*. A figura I.2 mostra o diagrama da rotina utilizada para o armazenamento de informações na tabela *Equipamento*.

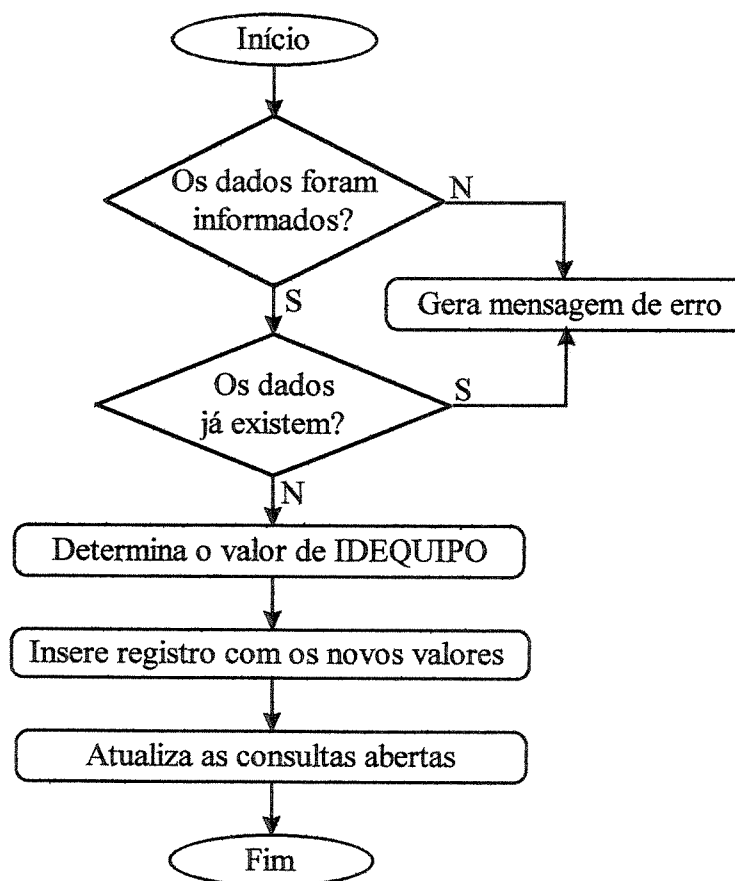


Figura I.2: Diagrama da rotina para a inserção de dados na tabela *Equipamento*.

Quando o botão ‘Ok’ da tela de inserção de dados na tabela *Equipamento* é ativado, o SAPSAS verifica se os componentes da tela foram devidamente preenchidos. Se a resposta é

negativa o sistema gera uma mensagem de erro, caso contrário o sistema verifica se o equipamento informado já existe na tabela *Equipamento*. Se o resultado é afirmativo, é apresentada uma mensagem de erro. Se o resultado é negativo o SAPSAS determina o valor do campo IDEQUIPO através do incremento do valor máximo existente na tabela para este campo, isto é, o sistema determina qual é o maior valor de IDEQUIPO existente na tabela e incrementa este valor em um. De posse dos valores para os três campos da tabela, o SAPSAS armazena a informação através de um comando de inserção de registro. Com o registro armazenado, o sistema verifica se existe alguma consulta aberta que utiliza a tabela *Equipamento*, atualizando-as.

A tela para o armazenamento de informações na tabela *Item* é mais complexo, pois ao mesmo tempo gera-se as informações para o armazenamento na tabela *Montagem*. Os campos que devem ser preenchidos através da tela a ser projetada, são: (a) campo IDITEM, da mesma forma da tabela *Equipamento* a informação armazenada neste campo é um valor numérico e também é definido pelo sistema para que não haja uma duplicação; (b) campo IDGESP, é um valor que os usuários escolherão dentre os informados pelo sistema com base na tabela *Grupos de especificações*; (c) campo DESCRIÇÃO, os usuários devem informar este valor ao sistema; (d) campo PERGUNTA, da mesma forma os usuários devem informar este valor ao sistema; (e) campo MONT, o usuário deve definir qual a estrutura da pergunta utilizada pelo item de especificação, que está sendo informado ao sistema; e (f) campo OPÇÃO, é necessário caso a estrutura da pergunta utilizada seja a D ou E. O campo CHEC da tabela *Montagem* é do tipo Booleano (assume os valores verdadeiro - S, ou falso - N), e o dado armazenado pelo sistema é falso (N). Com a definição dos campos que devem obter dados através da tela, ela é projetada como ilustra a figura I.3.

Na tela, a caixa de combinação ‘Grupos de especificação:’, acessa os dados da tabela *Grupos de especificações*, cujos valores do campo GESP é fornecido para escolha dos usuários. Nas caixas de edição ‘Entre com a descrição:’ e ‘Entre com a pergunta:’, o usuário informa os valores que devem ser armazenados nos campos DESCRIÇÃO e PERGUNTA respectivamente. No grupo de seleção ‘Selecione o tipo de montagem da pergunta’, o usuário deve selecionar apenas uma das opções fornecidas, esta seleção que determina a estrutura da pergunta que o

SAPSAS apresenta ao usuário no questionário de especificação de um determinado equipamento. Esta informação é armazenada na tabela *Montagem*. O componente ‘Opções:’ é um conjunto de caixas de edição que o usuário deve utilizar para fornecer as opções, quando a estrutura da pergunta necessitar (somente se for selecionado as opções D ou E para a estrutura da pergunta – vide capítulo 3, item 3.2).

Figura I.3: Tela para inserção de dados nas tabelas Item e Montagem.

O botão ‘OK’ da tela, chama a rotina para o armazenamento dos dados informados nas tabelas *Item* e *Montagem*. A figura I.4 ilustra o diagrama da rotina que o sistema executa para o armazenamento desses dados. Esta rotina é semelhante ao descrito anteriormente para o armazenamento de dados na tabela *Equipamento*. Inicia-se com a verificação se todos os dados foram informados, seguindo com a verificação se a tabela já possui a informação. Após ambas verificações, determina-se o campo chave IDITEM, semelhante ao descrito para o campo IDEQUIPO. Então armazena-se os dados nas duas tabelas, *Item* e *Montagem*. Finalizando com a atualização das consultas que estejam abertas e utilizem os dados dessas tabelas.

Com o objetivo de facilitar a visualização e entrada dos dados, devido a grande quantidade

dos mesmos, a tela para o armazenamento dos dados na tabela *Ambiente/Equipamento* exige um tempo maior na sua implementação. Os campos a serem preenchidos são: (a) IDAMB, é o campo chave da tabela *Ambiente*; (b) IDEQUIPO, é o campo chave da tabela *Equipamento*; (c) QTD, é o campo que contém os dados da quantidade de determinado equipamento em função do serviço; e (d) CLAS, é a classificação (vide capítulo 3, item 3.2) de determinado equipamento em relação ao serviço. Uma observação deve ser feita em relação ao campo QTD, os dados devem ser armazenados para atender um canal de serviço (vide capítulo 2, item 2.2.3), isto é, no caso de uma sala cirúrgica a sala é um canal de serviço; já no caso de uma UTI, uma sala pode possuir, por exemplo 10 leitos que seriam 10 canais de serviço, neste caso o canal de serviço é o leito. A figura I.5 ilustra a tela para o armazenamento de dados na tabela *Ambiente/Equipamento*.

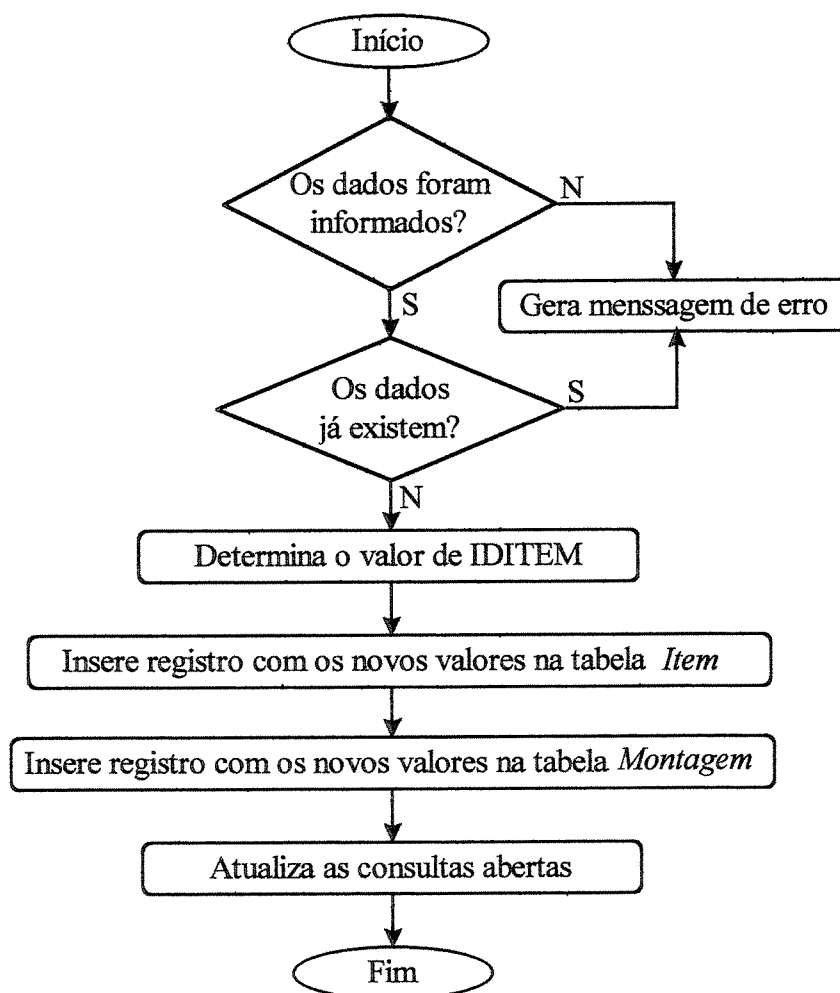


Figura I.4: Diagrama da rotina para a inserção de dados nas tabelas *Item* e *Montagem*.

**Construtor de ambientes**

Arquivo p/ lâminas com 18 gavetas, aço  
 Arquivo p/ vídeos  
 Asa de Maddox  
 Aspirador cirúrgico elétrico, em móvel  
**Aspirador cirúrgico elétrico, portátil**  
 Aspirador contínuo intermitente  
 Aspirador contínuo intermitente, baixo volume, portátil, elétrico  
 Aspirador contínuo, elétrico

Equipamentos:

Quantidade: 0,5

Classificação:  
☒ A ☐ B ☐ C

**Adiciona** **Remove**

Equipamentos no ambiente:

| EQUIPO                                            | QTD  | CLAS |
|---------------------------------------------------|------|------|
| ▶ Aspirador cirúrgico elétrico, portátil          | 0,5  | A    |
| Assistência respiratória de cabeceira, sistema de | 1    | A    |
| Balança antropométrica, adulto                    | 1/S  | A    |
| Balança pediátrica de mesa                        | 0,25 | A    |
| Berço aquecido, calor irradiante                  | 0,5  | A    |
| Bomba de infusão                                  | 1    | A    |
| Cama fawler, pediátrico                           | 0,5  | A    |

Figura I.5: Tela para inserção de dados na tabela *Ambiente/Equipamento*.

A tela para a inserção de dados na tabela *Ambiente/Equipamento*, é projetada para ser ativada através de outra tela na qual o usuário determina qual o ambiente que será construído, isto é, em qual ambiente o usuário definirá os equipamentos. Como cada ambiente possui mais de um equipamento, a tela é dividida em duas partes, na parte superior o usuário define os dados que irão armazenar e na parte inferior o SAPSAS apresenta os dados que já estão armazenados.

Através da caixa de listagem ‘Equipamentos:’ o SAPSAS apresenta, para a seleção do usuário, os equipamentos que estão armazenados no banco de dados. Com a caixa de edição ‘Quantidade:’, o usuário informa o dado para ser armazenado no campo QTD. E através do grupo de seleção ‘Classificação:’, o usuário define qual a classificação do equipamento em relação ao



serviço. A seleção, tanto do equipamento como da sua classificação, é realizada através de um simples “Click” na informação desejada. Caso não exista o equipamento desejado no banco de dados, o mesmo deve ser incluído utilizando-se a tela para a inserção de dados na tabela *Equipamento*. Após a definição dos dados, através do botão ‘Adicionar’, ativa-se a rotina para o armazenamento dos dados na tabela *Ambiente/Equipamento*. Caso algum dado que tenha sido armazenado necessite de alguma modificação, ou até mesmo a sua eliminação, ele pode ser excluído da tabela após a sua seleção através de uma rotina que é acionada pelo botão ‘Remover’. O componente grade ‘Equipamentos no ambiente:’, mostra os dados relativos ao ambiente, através de uma consulta parcial (visão) na tabela (vide capítulo 2, item 2.1.4). Esta consulta parcial é realizada com a definição de uma condição de pesquisa, que utiliza como parâmetro o campo chave do ambiente selecionado. Esta consulta também utiliza o recurso de junção de tabelas para fornecer o equipamento, pois a tabela *Ambiente/Equipamento* possui apenas o campo chave da tabela *Equipamento*.

O diagrama da rotina responsável pela inserção de dados na tabela *Ambiente/Equipamento* está mostrado na figura I.6. Esta rotina é semelhante às rotinas utilizadas nas inserções descritas anteriormente, elimina-se apenas a determinação do campo chave, pois esta é a tabela responsável pelo relacionamento entre as tabelas *Ambiente* e *Equipamento*, e utiliza o campo chave das duas tabelas para efetuar o relacionamento. A rotina realizada para a verificação da existência do equipamento na tabela é feito parcialmente, através de uma consulta que seleciona apenas as informações relativas ao ambiente de interesse.

O diagrama da rotina responsável pela exclusão de dados na tabela *Ambiente/Equipamento* é ilustrado na figura I.7. Esta é uma rotina muito simples, que inicia com a determinação do registro que será excluído através de uma consulta parcial, onde utiliza-se como parâmetros os campos chaves das tabelas *Ambiente* e *Equipamento*. O resultado desta consulta é formado por apenas um registro, aquele que se quer excluir. Em seguida o registro é eliminado da tabela, e por fim as consultas que utilizam a tabela *Ambiente/Equipamento* que estão abertas, são atualizadas.

O projeto da tela para a inserção de informações na tabela *Grupo/Item*, segue a mesma

estrutura da tela para a inserção de informações na tabela *Ambiente/Equipamento*. Os campos a serem preenchidos na tabela *Grupo/Item* são: (a) IDGEQUIPO, que é o campo chave da tabela *Grupos de equipamentos*; e (b) IDITEM, que é o campo chave da tabela *Item*. A tela projetada para o preenchimento desses campos é denominada ‘Construtor de especificação’ e está ilustrada na figura I.8. Esta tela também possui duas partes: a superior que mostra os itens de especificação que estão armazenados no banco de dados e a inferior que mostra os itens de especificação já definidos para o equipamento. Na realidade, quando define-se os itens de especificação para um equipamento, estes itens são definidos para o grupo ao qual o equipamento pertence.

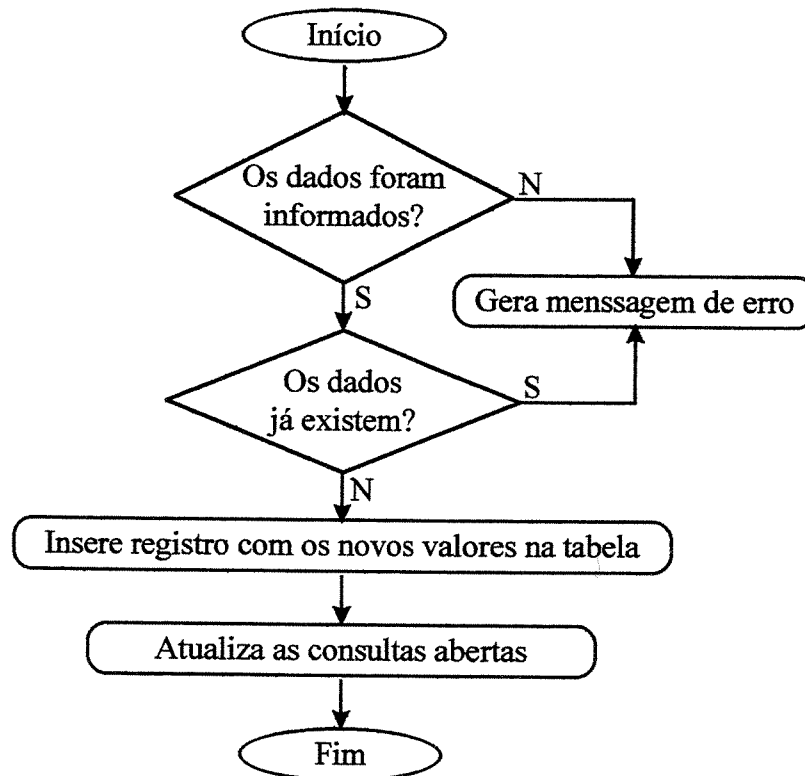


Figura I.6: Diagrama da rotina de inserção de dados na tabela *Ambiente/Equipamento*.

A caixa de listagem ‘Descrição:’, informa para a seleção dos usuários, as descrições dos itens de especificação que estão armazenadas no banco de dados. As caixas de edição ‘Pergunta:’ e ‘Grupo de especificação:’, informam a pergunta e o grupo de especificação do item de especificação que estiver selecionado no componente caixa de listagem ‘Descrição:’. A caixa de listagem também denominada ‘Descrição:’, situada na parte inferior da tela, mostra as descrições

dos item de especificação, que já foram definidos para o grupo de equipamentos cujo questionário de especificação está em fase de elaboração. Para mostrar estes dados o SAPSAS faz uma consulta parcial, utilizando como parâmetro o campo chave da tabela *Grupos de equipamentos* (IDGEQUIPO).

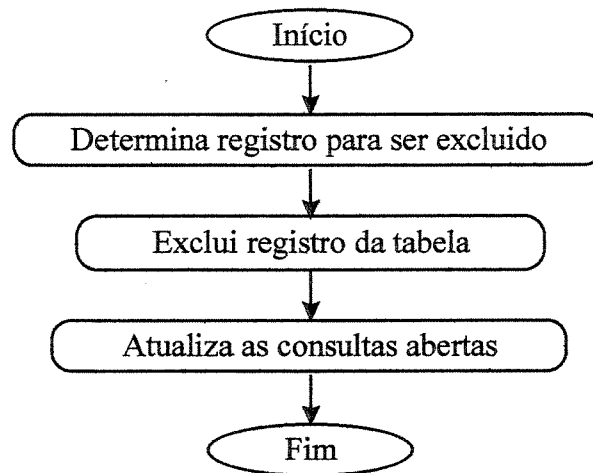


Figura I.7: Diagrama da rotina de exclusão de dados da tabela *Ambiente/Equipamento*.

Após a seleção do item de especificação que se deseja acrescentar ao grupo de equipamento definido, através do botão ‘Adicionar’, a rotina para a inserção da informação na tabela *Grupo/Item* é ativada. Esta rotina é igual à realizada para a inserção de informação na tabela *Ambiente/Equipamento*, ilustrado na figura I.6. A rotina verifica se foi selecionado algum item de especificação, na caixa de listagem do banco de dados. E em seguida verifica se o item selecionado já foi inserido anteriormente para o grupo de equipamentos definido, através de uma consulta parcial. Com as verificações realizadas, o SAPSAS insere a informação na tabela e atualiza as consultas abertas que utilizem a tabela.

Para a eliminação de um item de especificação, que tenha sido inserido anteriormente, em um determinado grupo de equipamentos, seleciona-se o item na caixa de listagem de descrição dos itens do equipamento e pressiona-se o botão ‘Remover’. O botão ‘Remover’ ativa a rotina para exclusão de dados da tabela *Grupo/Item*, que é semelhante à rotina de exclusão de dados da tabela *Ambiente/Equipamento*, mostrado no diagrama da figura I.7. Esta rotina realiza uma consulta

parcial na qual utiliza como parâmetros os campos chave das tabelas *Grupos de equipamentos* (IDGEQUIPO) e *Item* (IDITEM), que retorna o item que se deseja excluir. Após a exclusão, a rotina efetua uma atualização nas consultas abertas que utilizam a tabela.

**Construtor de especificação**

Itens do banco de dados:

- Extensor para cateter
- Face posterior
- Faixa de aspiração**
- Faixa de controle lateral e IPSI
- Faixa de frequência padrão
- Faixa de indicação da frequência cardíaca
- Faixa de intensidade do ar
- Faixa de leitura
- Faixa de medida

Descrição: Faixa de medida

Pergunta: Especifique a faixa de aspiração:

Grupo de especificação: Parâmetros exigidos:

Adicionar Remover

Itens do equipamento:

- Nome**
- Acionamento
- Aspiração
- Conexão aspirador/extensão
- Frasco coletor
- Local de utilização
- Motor

Descrição: Motor

Figura I.8: Tela para inserção de informações na tabela *Grupo/Item*.

## I.2- Tela principal

A tela principal é formada por duas partes: uma apresenta os dados resultantes do projeto de um serviço e a outra é uma barra de ferramentas, que possibilita aos usuários a manipulação dos dados do serviço projetado e o acesso as outras telas do SAPSAS, como ilustra a figura I.9. Quando o sistema é iniciado, a tela mostra apenas a barra de ferramentas, a parte de dados do projeto só é apresentada quando o usuário elabora o projeto de algum serviço, ou abre algum projeto que tenha sido salvo anteriormente.

O menu principal contém os mesmos controles existentes na barra de ferramentas. O nome do projeto é aquele informado pelo usuário quando o projeto é salvo. Os ambientes do serviço projeto são mostrados através da caixa de combinação 'Ambiente', para que o usuário possa selecionar um determinado ambiente. A grade de dados da tela contém os equipamentos e suas quantidades para o ambiente selecionado na caixa de combinação. O campo E da grade indica se o questionário de especificações foram definidas para o equipamento.

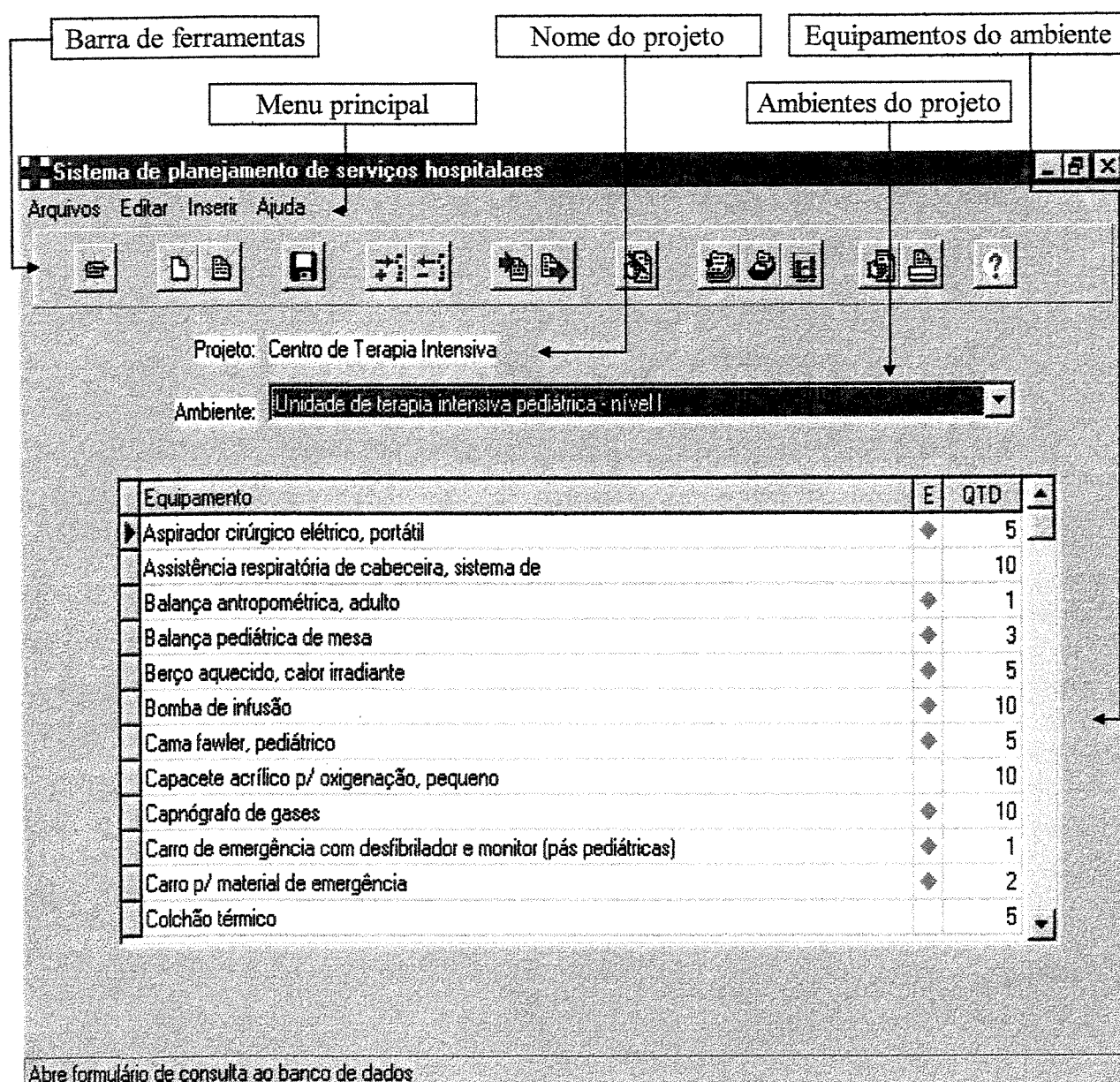


Figura I.9: Tela principal do sistema.

Os botões que compõem a barra de ferramenta são (da esquerda para a direita): 1º. Sair; 2º. Abre um novo projeto; 3º. Abre um projeto existente; 4º. Salvar; 5º. Insere equipamento; 6º. Exclui equipamento; 7º. Insere ambiente; 8º. Exclui ambiente; 9º. Insere equipamento no banco de dados; 10º. Consulta ao banco de dados; 11º. Especificação; 12º. Análise de dimensionamento; 13º. Visualiza relatório; 14º. Imprime relatório; e 15º. Ajuda.

O botão 'Sair' cuja função é finalizar o SAPSAS, executa a rotina de finalização do sistema, ilustrada na figura I.10. Esta rotina verifica se existe algum projeto aberto, se existe ela ativa rotina salvar (vide figura I.11). Caso contrário, ou após executar a rotina salvar, as consultas abertas são fechadas, e então o SAPSAS é finalizado.

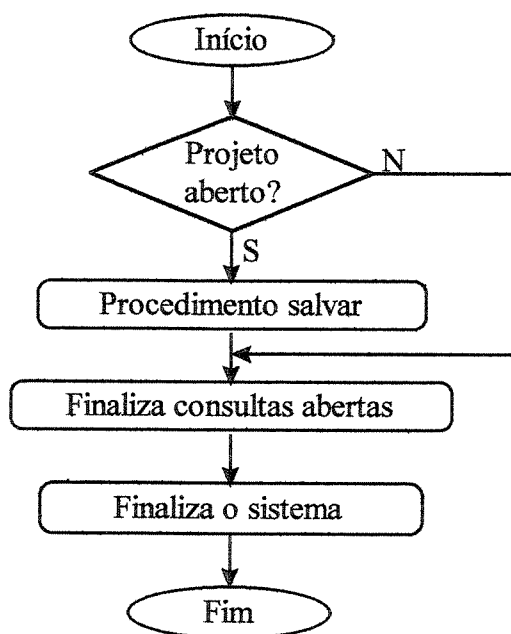


Figura I.10: Diagrama da rotina de finalização do sistema.

A Figura I.11 ilustra a rotina salvar, que verifica se o projeto foi modificado, caso o resultado seja afirmativo, o SAPSAS pergunta ao usuário se ele deseja salvar o projeto. Se o usuário deseja salvar, então é ativada a rotina salvamento, mostrada na figura I.12. A rotina salvamento verifica se o projeto já foi salvo anteriormente. Se o projeto já foi salvo então o sistema atualiza o projeto com os dados da tabela *Projeto*. Caso o projeto não tenha sido salvo,

então o SAPSAS ativa a caixa de diálogo salvamento, para que o usuário informe o nome do arquivo (nome do projeto) e o diretório onde ele deseja armazenar. Com os dados informados pelo usuário, o sistema cria uma nova tabela, e então copia os dados contidos na tabela *Projeto* para a nova tabela.

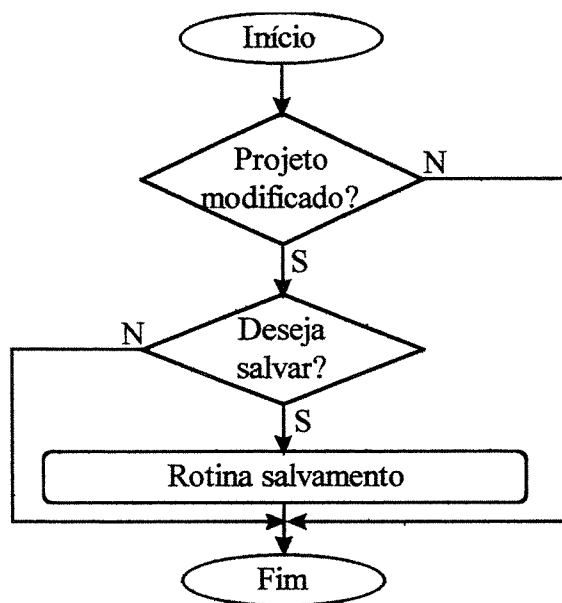


Figura I.11: Diagrama da rotina salvar.

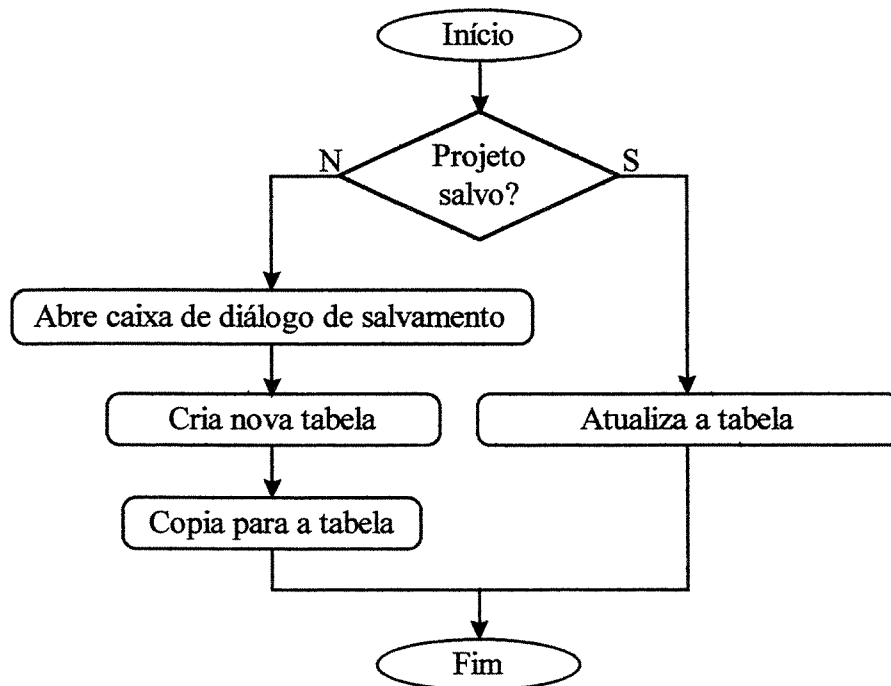


Figura I.12: Diagrama da rotina salvamento.

O botão ‘Abre um novo projeto’, permite que o usuário inicie o projeto de um serviço no SAPSAS. A figura I.13 ilustra o diagrama da rotina ativada por este botão. Esta rotina começa verificando a existência de algum projeto aberto, se o resultado é afirmativo então é chamada a rotina salvar, descrita anteriormente. Caso o resultado da verificação seja negativo, ou após a conclusão da rotina salvar, o SAPSAS abre a tela de planejamento de serviço, cujo funcionamento será descrito posteriormente.

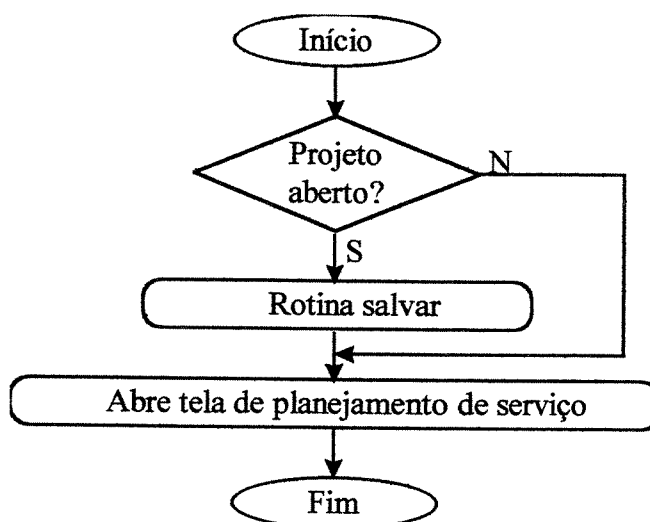


Figura I.13: Diagrama da rotina de abertura de um projeto novo.

O botão ‘Abre um projeto existente’, tem a finalidade de abrir algum projeto que tenha sido salvo anteriormente pelo sistema. A figura I.14 mostra o diagrama da rotina que é executada quando este botão é acionado. Esta rotina, como na anterior, também inicia com a verificação da existência de um projeto aberto, chamando a rotina salvar caso o resultado seja afirmativo. Caso contrário, ou após a execução da rotina salvar, o SAPSAS abre uma caixa de diálogo para que o usuário possa selecionar o arquivo e o diretório onde o projeto está armazenado. O retorno dessa caixa de diálogo, é uma informação que possui o nome do arquivo e seu diretório juntos em um mesmo dado, então é realizada uma manipulação com este dado separado o nome do arquivo e o diretório de armazenagem. Na sequência é realizada uma verificação para determinar se o arquivo selecionado é realmente um arquivo salvo pelo SAPSAS. Se o resultado é afirmativo, os dados do arquivo selecionado são transferidos para a tabela *Projeto* para que o SAPSAS possa utilizá-los.



Caso contrário, o sistema gera uma mensagem de erro.

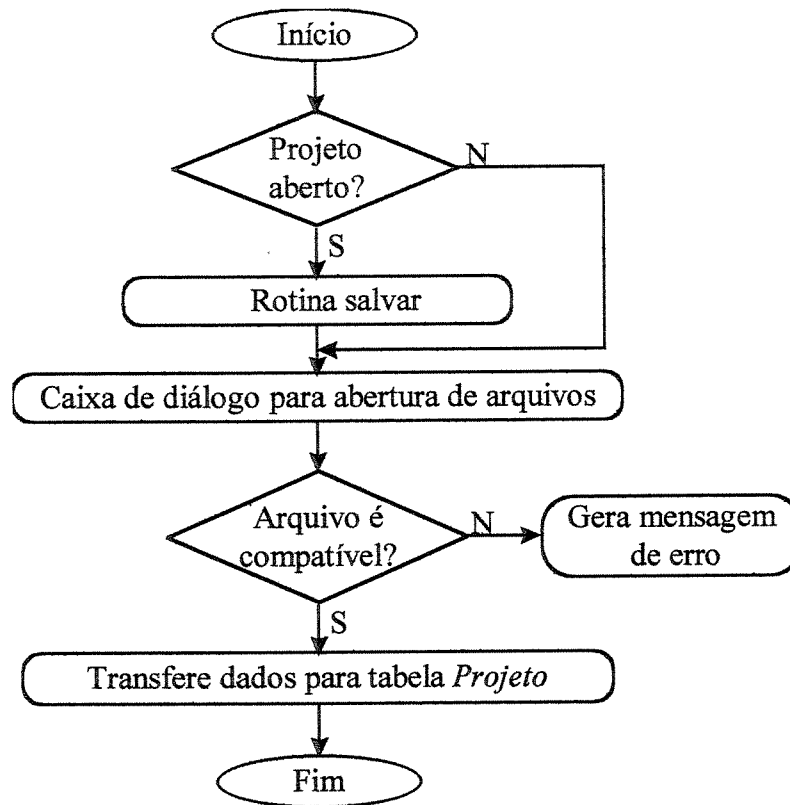


Figura I.14: Diagrama da rotina de abertura de um projeto existente.

O botão ‘Salvar’ ativa a rotina para salvar os dados do projeto em um arquivo, cujos nome e diretório destino são determinados pelo usuário que está elaborando o projeto. A rotina ativada por este botão é a rotina denominada salvamento descrito anteriormente, cujo diagrama está ilustrado na figura I.12.

O botão ‘Inserir equipamento’ é utilizado quando o usuário deseja incluir, no projeto do serviço, algum equipamento especial, que não tenha sido selecionado pelo SAPSAS para compor o referido ambiente. Este botão quando acionado, abre a tela inserir/modificar dados, cuja função aqui é a de inserir um novo registro no projeto do ambiente, contendo o equipamento e sua quantidade. Para executar esta função a tela inserir/modificar dados é projetada como mostra a figura I.15. Esta tela possui a caixa de combinação ‘Selecione o equipamento:’, que apresenta para

a seleção do usuários, os equipamento armazenados no banco de dados e a caixa de edição ‘Entre com a quantidade:’, para que o usuário informe a quantidade desejada do equipamento selecionado. Quando o botão ‘OK’ desta tela é acionado o sistema verifica a existência dos dados, se o resultado é afirmativo, os dados são armazenados no projeto e as consultas abertas são atualizadas. Caso contrário, o SAPSAS apresenta uma mensagem de erro.

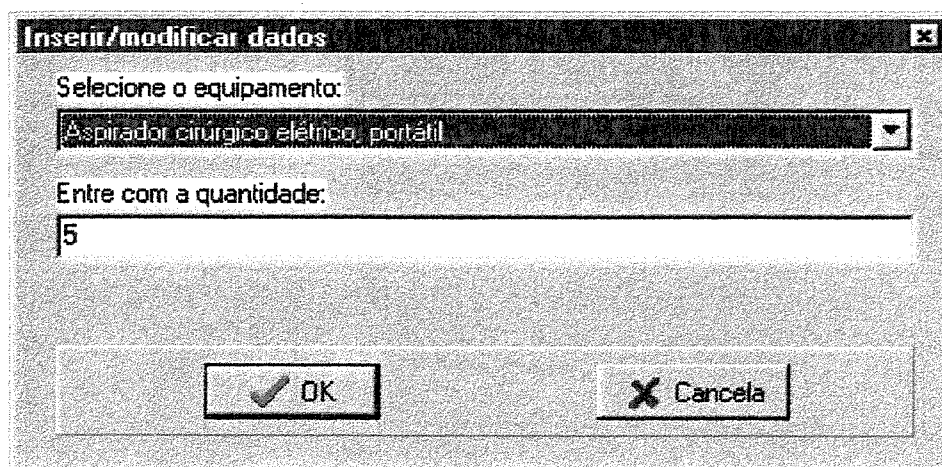
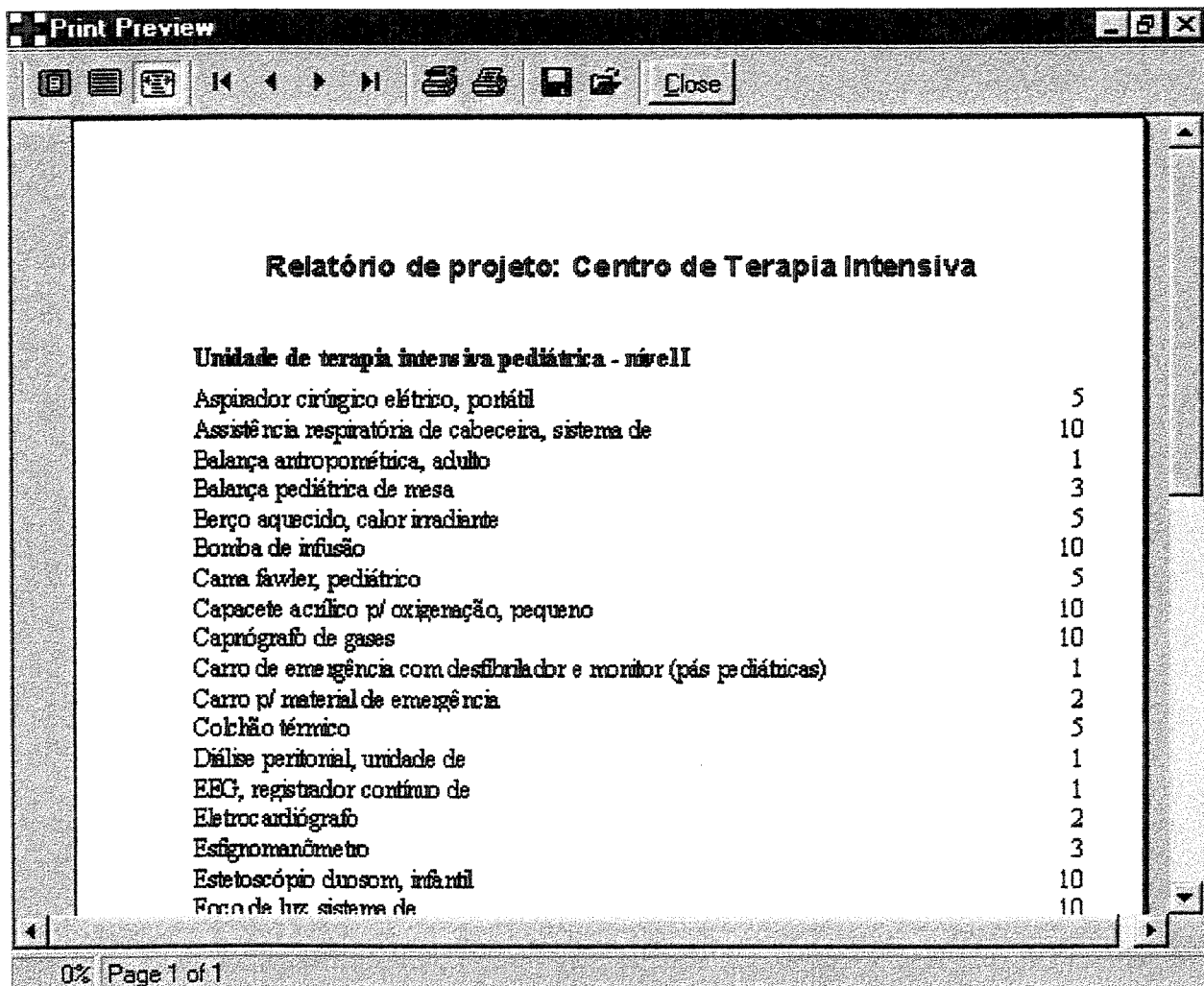


Figura I.15: Tela para inserir equipamentos no projeto.

O botão ‘Excluir equipamento’, apaga o registro que estiver selecionado na grade da tabela *Projeto*, e atualiza as consultas que estiverem abertas. O botão ‘Insere ambiente’ abre a tela de planejamento de serviço, para o planejamento de um novo ambiente que será incluído no projeto. O botão ‘Exclui ambiente’, elimina do projeto, o ambiente que estiver selecionado na caixa de combinação ambiente, com a eliminação dos dados da tabela *Projeto*; e atualiza as consultas abertas. As funções de exclusão são realizadas através de consultas parciais, a primeira utiliza como parâmetro o equipamento e a segunda utiliza como parâmetro o ambiente. O botão ‘Insere equipamentos no banco de dados’, é utilizado quando o usuário deseja incluir um determinado equipamento que não existe no banco de dados. Este botão abre a tela de inserção de equipamentos, cujo funcionamento foi descrito anteriormente.

Os botões ‘Consulta ao banco de dados’, ‘Especificação’ e ‘Análise de dimensionamento’ abrem as respectivas telas de consulta ao banco de dados, de especificação de equipamentos e de

análise de dimensionamento de serviços. O botão ‘Visualiza relatório’, abre a tela que é responsável pela elaboração do relatório de projeto, que mostra ao usuário como o relatório será impresso, ilustrado na figura I.16. O relatório é projetado através de um utilitário, fornecido com o sistema de gerenciamento de banco de dados do Delphi, denominado Quick Report. O relatório contém todos ambientes do projeto, onde informa os equipamentos e suas quantidade. Na barra de ferramentas do relatório, o usuário tem as opções de modificar o zoom, navegar entre as páginas do relatório, configurar a impressora, imprimir o relatório, salvar o relatório em arquivo e abrir um relatório que tenha sido salvo anteriormente.



| Relatório de projeto: Centro de Terapia Intensiva                 |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Unidade de terapia intensiva pediátrica - nível II</b>         |    |
| Aspirador cirúrgico elétrico, portátil                            | 5  |
| Assistência respiratória de cabeceira, sistema de                 | 10 |
| Balança antropométrica, adulto                                    | 1  |
| Balança pediátrica de mesa                                        | 3  |
| Berço aquecido, calor irradiante                                  | 5  |
| Bomba de infusão                                                  | 10 |
| Cama fowler, pediátrico                                           | 5  |
| Capacete acrílico p/ oxigenação, pequeno                          | 10 |
| Capnógrafo de gases                                               | 10 |
| Carro de emergência com desfibrilador e monitor (pós pediátricas) | 1  |
| Carro p/ material de emergência                                   | 2  |
| Cobertor térmico                                                  | 5  |
| Díalise peritoneal, unidade de                                    | 1  |
| EEG, registrador contínuo de                                      | 1  |
| Eletracardiógrafo                                                 | 2  |
| Esfigmomanômetro                                                  | 3  |
| Estetoscópio dunsom, infantil                                     | 10 |
| Forno de luz sistema de                                           | 10 |

Figura I.16: Tela de visualização do relatório de projeto.

O botão ‘Imprime relatório’, tem a função de imprimir o relatório elaborado pela tela de relatório do projeto. O botão ‘Ajuda’, quando acionado, modifica o cursor em uma seta com um ponto de interrogação, indicando ao usuário que o SAPSAS está operando no modo de ajuda. Quando o sistema está no modo de ajuda, a ativação de qualquer componente (click com o ‘mouse’ em cima do componente), abre a tela de ajuda, que informa ao usuário o funcionamento do componente especificado. Quando a tela de ajuda é fechada, o SAPSAS volta a operar no modo normal. O botão ‘Ajuda’ de todas as telas funcionam de forma semelhante.

Os botões ‘Salvar’, ‘Insere equipamento’, ‘Exclui equipamento’, ‘Insere ambiente’, ‘Exclui ambiente’, ‘Visualiza relatório’ e ‘Imprime relatório’ só estão ativos quando existe algum projeto aberto no SAPSAS.

Para a modificação de equipamentos, ou suas quantidades, do projeto, um duplo click sobre o mesmo na grade, abre tela de inserção de equipamentos no projeto. Neste caso, o SAPSAS apresenta o equipamento, indicado pelo usuário, como valor inicial da caixa de combinação ‘Selecione o equipamento:’; e o valor do campo QTD do projeto é copiado para a caixa de edição ‘Entre com a quantidade:’, ver figura I.15. Após as modificações terem sido efetuadas, o SAPSAS corrige a tabela *Projeto* e atualiza as consultas abertas.

### **I.3- Tela de consulta ao banco de dados**

A tela de consulta ao banco de dados é projetada de forma semelhante à tela principal. Ela possui duas partes: uma é a barra de ferramentas e a outra é a parte de acesso ao dados propriamente dita, como mostra a figura I.17. A barra de ferramentas da tela, de consulta ao banco de dados, é bem mais simples do que a da tela principal, possui apenas três botões, que da esquerda para a direita são: 1º. Voltar, 2º. Construtor de ambiente e 3º. Ajuda. O botão ‘Voltar’, finaliza a tela de consulta ao banco de dados e retorna a tela principal. O botão ‘Construtor de ambiente’ abre a tela de construção de ambientes (vide figura I.5), e fornece como parâmetro o ambiente selecionado na caixa de combinação ‘Ambiente:’ da ficha ‘Ambiente’ da tela de consulta ao banco de dados. Portanto, esse botão só está ativo quando existe algum ambiente selecionado

no SAPSAS.

A parte de acesso aos dados é formada por um fichário, que possui três fichas. A primeira é a ficha ‘Ambiente’, onde o usuário obtém informações relativas aos ambientes, seus equipamentos e a classificação dos equipamento de acordo com o grau de necessidade. Essas informações são apresentadas em uma grade de dados, ver figura I.17. A caixa de combinação ‘Especialidade’ informa todos os dados armazenados na tabela *Especialidade*. A rotina de atendimento da ficha ‘Ambiente’, mostrada no diagrama da Figura I.18, é executada em função das ações efetuadas pelo usuário.

**Consulta ao banco de dados**

Arquivo

Ambientes | Equipamentos | Suportes

Especialidade:

Serviço:

Ambiente:

| Equipamento                                       | QTD  | CLAS |
|---------------------------------------------------|------|------|
| ▶ Aspirador cirúrgico elétrico, portátil          | 0,5  | A    |
| Assistência respiratória de cabeceira, sistema de | 1    | A    |
| Balança antropométrica, adulto                    | 1/5  | A    |
| Balança pediátrica de mesa                        | 0,25 | A    |
| Berço aquecido, calor irradiante                  | 0,5  | A    |
| Bomba de infusão                                  | 1    | A    |
| Cama fawler, pediátrico                           | 0,5  | A    |
| Capacete acrílico p/ oxigenação, pequeno          | 1    | A    |

Figura I.17: Tela de consulta ao banco de dados - ficha ‘Ambiente’.

A caixa de combinação ‘Serviço’, apresenta os serviços relacionados a especialidade determinada na caixa de combinação ‘Especialidade’, através de uma consulta parcial. Do mesmo modo, a caixa de combinação ‘Ambiente’, apresenta os ambientes relacionados com o serviço determinado na caixa de combinação ‘Serviço’, através de uma consulta parcial. Quando é determinado um ambiente, o SAPSAS automaticamente, faz uma consulta parcial às tabelas *Ambiente/Equipamento* e *Equipamento*, e o resultado é mostrado na grade de dados.

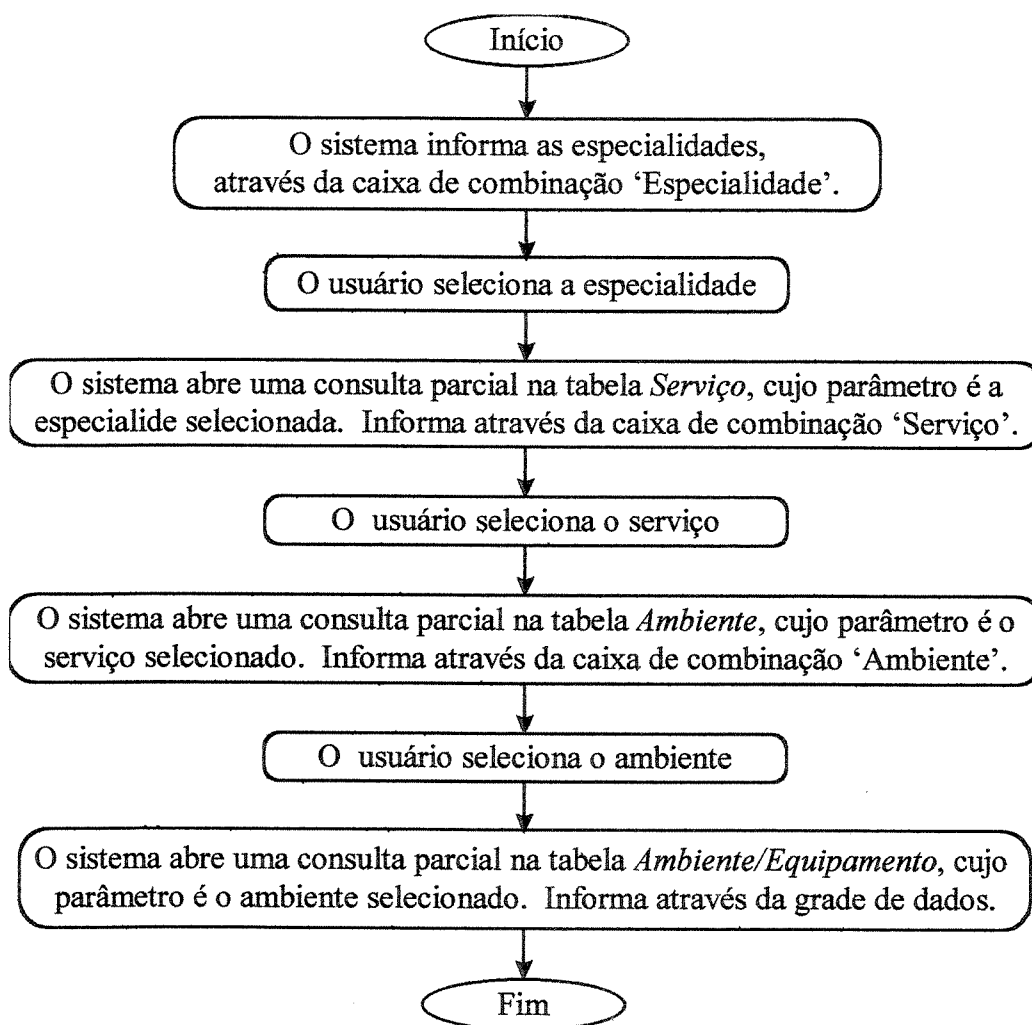


Figura I.18: Rotina de atendimento da ficha ‘Ambiente’.

Na ficha equipamentos, o usuário obtém informações dos serviços/ambientes que utilizam determinado equipamento, como mostra a figura I.19. Nesta ficha, o SAPSAS apresenta os equipamentos, para seleção do usuário, através da caixa de combinação ‘Equipamentos’. A grade

de dados mostra os serviços e ambientes que utilizam o equipamento selecionado pelo usuário. A rotina de atendimento dessa ficha é semelhante à da ficha ‘Ambiente’, descrita anteriormente. Difere, porque existe apenas uma seleção para ser efetuada pelo usuário. Quando esta ocorre, o SAPSAS executa uma consulta parcial na tabela *Ambiente/Equipamento*, *Ambiente* e *Serviço*, cujo parâmetro é o equipamento selecionado. O resultado é mostrado na grade de dados.

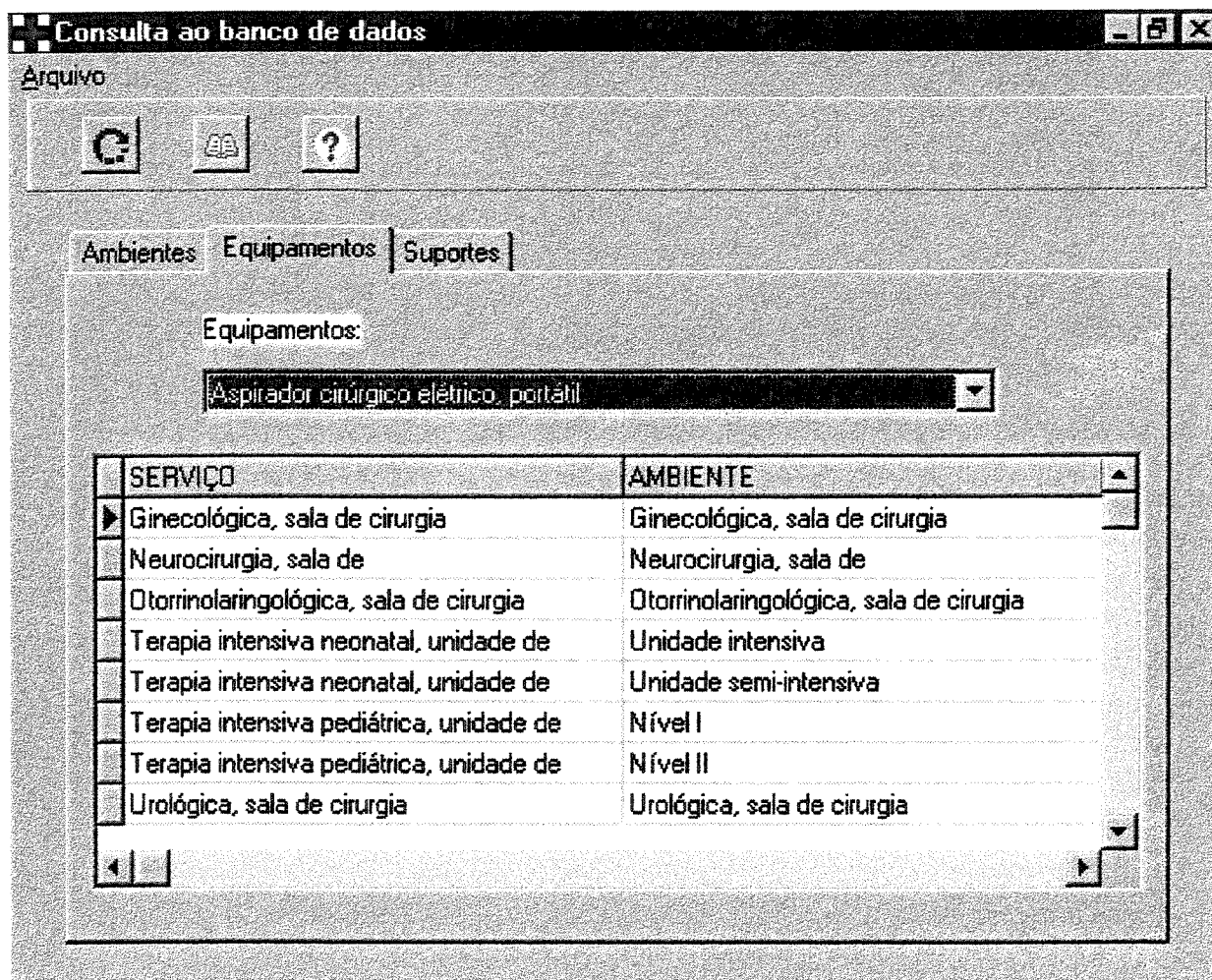


Figura I.19: Tela de consulta ao banco de dados - ficha ‘Equipamentos’.

A última ficha da tela de consulta ao banco de dados é a ficha ‘Suportes’. Nessa ficha, o SAPSAS apresenta quais são os serviços que fornecem suporte a um determinado serviço especificado pelo usuário. A ficha ‘Suportes’, mostrada na figura I.20, foi projetada de forma semelhante a ficha ‘Equipamentos’. Nesta ficha, o usuário seleciona o serviço que deseja na caixa



de combinação ‘Serviços’ e o sistema informa os serviços que fornecem suporte, ao serviço selecionado, na grade de dados. A rotina de atendimento dessa ficha é idêntica a rotina de atendimento da ficha ‘Equipamento’. O parâmetro é o serviço selecionado, e a consulta parcial, o SAPSAS realiza nas tabelas *Serviço/Suporte* e *Suporte*. O resultado é automaticamente apresentado na grade de dados.

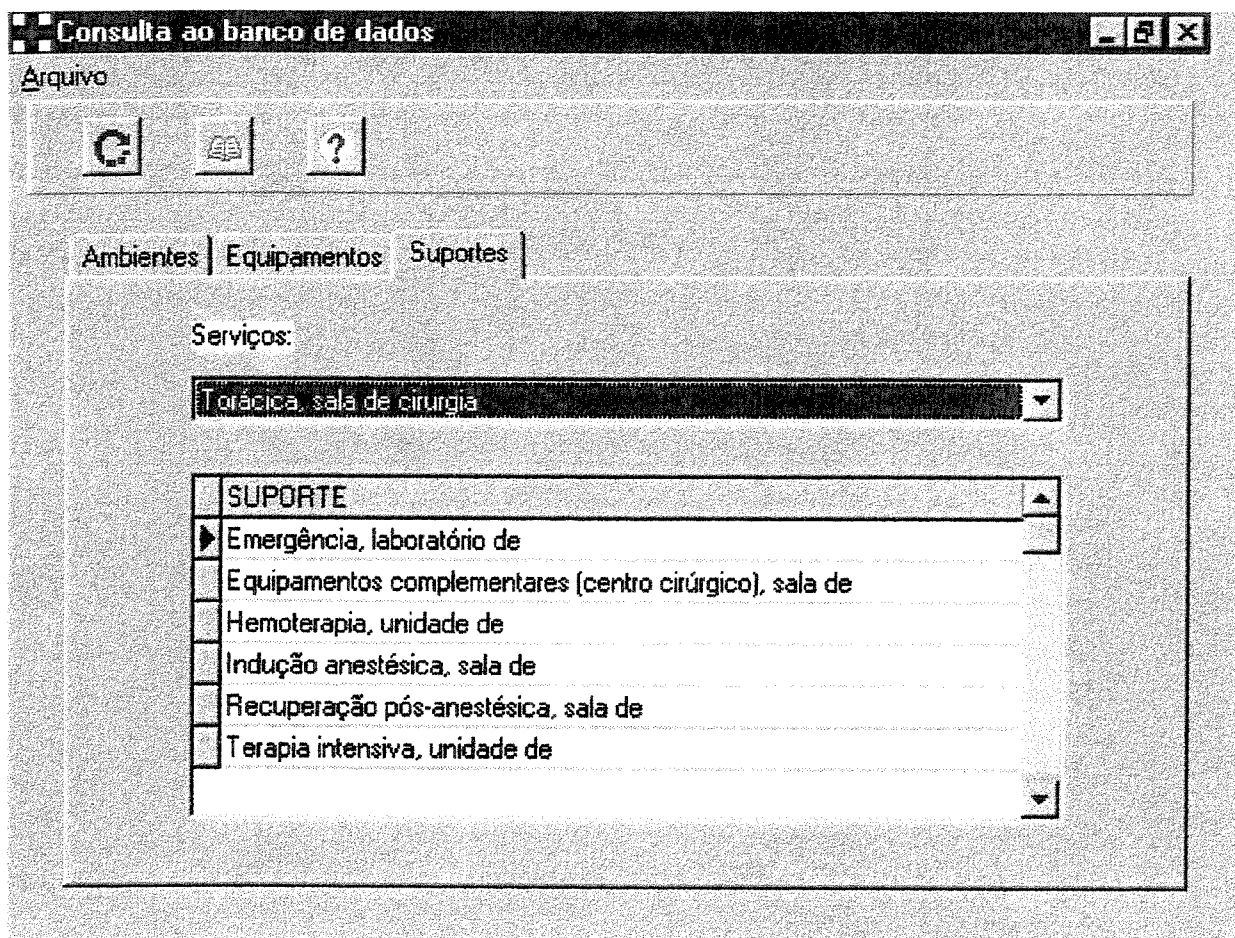


Figura I.20: Tela de consulta ao banco de dado - ficha ‘Suportes’.

#### I.4- Tela de especificação de equipamentos

A tela de especificação de equipamentos é ativada, através da tela principal, quando isto ocorre, o SAPSAS executa a rotina de ativação da tela de especificação de equipamentos, mostrada no diagrama da figura I.21. Esta rotina verifica se o equipamento (quando um projeto



está aberto é o equipamento selecionado na grade, caso contrário é o primeiro equipamento armazenado no banco de dados) passado como parâmetro possui especificação. Se o resultado é afirmativo, o SAPSAS abre a especificação, tornando-a disponível para a utilização do usuário. Caso o resultado seja negativo, o sistema determina o grupo do equipamento, através de uma consulta na tabela *Equipamento*, e verifica a existência das perguntas de especificação para este grupo de equipamentos. Se as perguntas de especificação já foram definidas para este grupo de equipamentos, então o SAPSAS apresenta a tela de perguntas de especificação, para a elaboração da especificação do equipamento. Caso contrário, o sistema gera uma mensagem de advertência, que avisa ao usuário a não existência do questionário de especificação para o grupo do equipamento.

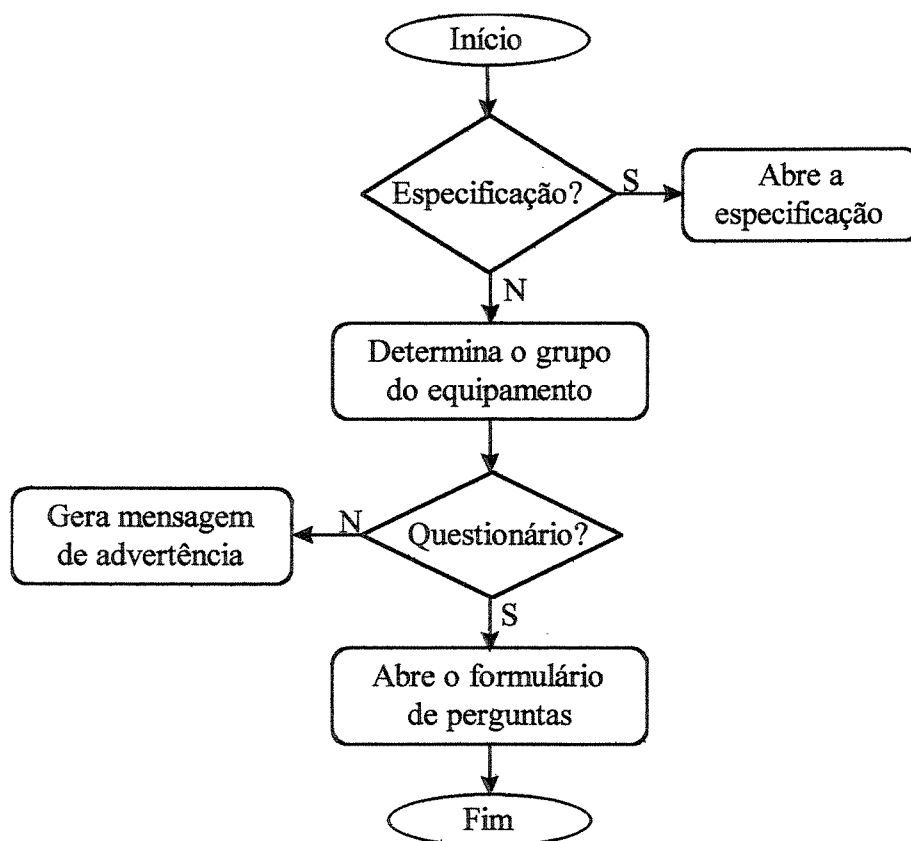


Figura I.21: Diagrama da rotina de ativação da tela de especificação de equipamentos.

A tela de especificação de equipamentos, foi projetada de modo semelhante às anteriores, com uma barra de ferramentas e a área de dados, como mostra a figura I.22. A barra de

ferramentas é responsável pela ativação das rotinas de manipulação dos dados. As rotinas de manipulação dos dados também podem ser ativadas pelos componentes do menu principal da tela.

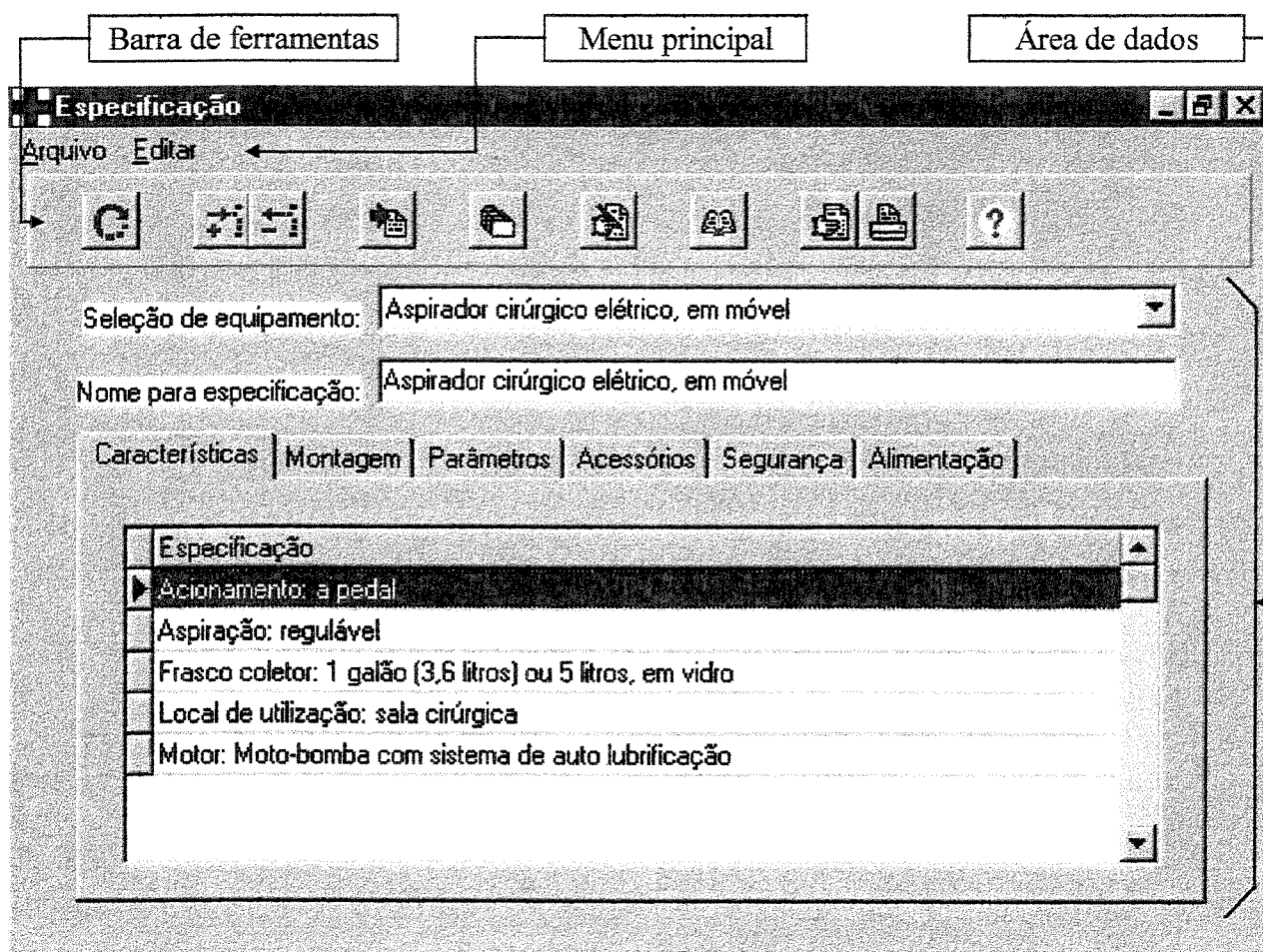


Figura I.22: Tela de especificação de equipamentos.

A barra de ferramentas é formada pelos seguintes botões (da esquerda para a direita): 1º. Voltar; 2º. Inserir item de especificação; 3º. Excluir item de especificação; 4º. Perguntas de especificação; 5º. Insere ficha com módulos; 6º. Insere equipamento no banco de dados; 7º. Construtor de especificação; 8º. Visualiza relatório; 9º. Imprime relatório; e 10º. Ajuda. A parte de dados é formada por três componentes: a caixa de combinação “Seleção de equipamento:”, onde é possível selecionar um determinado equipamento do banco de dados; a caixa de edição “Nome para especificação:”, que mostra o nome que o usuário informou para constar na especificação do

equipamento; e o fichário contendo os itens de especificação, cada ficha corresponde a um grupo de especificação (vide capítulo 3, item 3.2). Cada ficha contém uma grade com os itens de especificação, relativos ao seu grupo de especificação.

O botão ‘Voltar’, finaliza tela e retorna a tela principal. O botão ‘Insere item de especificação’, abre uma pequena tela com uma caixa de edição, para que o usuário informe um novo item de especificação. Este item será incluído na ficha que estiver ativa no momento da inserção. O botão ‘Exclui item de especificação’, elimina o item de especificação, selecionado pelo usuário, da especificação do equipamento. O botão ‘Perguntas de especificação’, ativa a tela ‘Perguntas de especificação’ para a elaboração da especificação do equipamento.

O botão ‘Insere ficha com módulos’, insere uma ficha onde o usuário pode acrescentar módulos a especificação de um determinado equipamento. Os módulos, que o SAPSAS apresenta ao usuário, são os equipamentos cujas especificações tenham sido elaboradas, ou seja, para o usuário especificar um equipamento como módulo de outro, o equipamento módulo deve ser especificado antes.

O botão ‘Construtor de especificação’, ativa a tela para a inserção de dados na tabela *Grupo/Item* (vide figura I.8), onde o usuário pode modificar os itens de especificação, para o grupo do equipamento.

O botão ‘Visualiza relatório’, funciona da mesma forma que botão ‘Visualiza relatório’ da tela principal. A figura I.23 mostra a tela de visualização do relatório final de especificação de equipamentos. O relatório final de especificação é estruturado através dos grupos de especificações, onde todos os itens de especificação aparecem em ordem alfabética. O botão ‘Imprime relatório’, imprime a especificação do equipamento que estiver aberta no momento que o botão é ativado.

Para a modificação de algum item de especificação, basta um duplo ‘click ‘ sobre o item desejado, então o SAPSAS apresenta uma pequena tela contendo uma caixa de edição. O sistema

copia o item de especificação selecionado para a caixa de edição, para que o usuário proceda a modificação desejada. Quando o usuário conclui a modificação, o SAPSAS atualiza a especificação, através da cópia do conteúdo da caixa de edição para a especificação do equipamento.

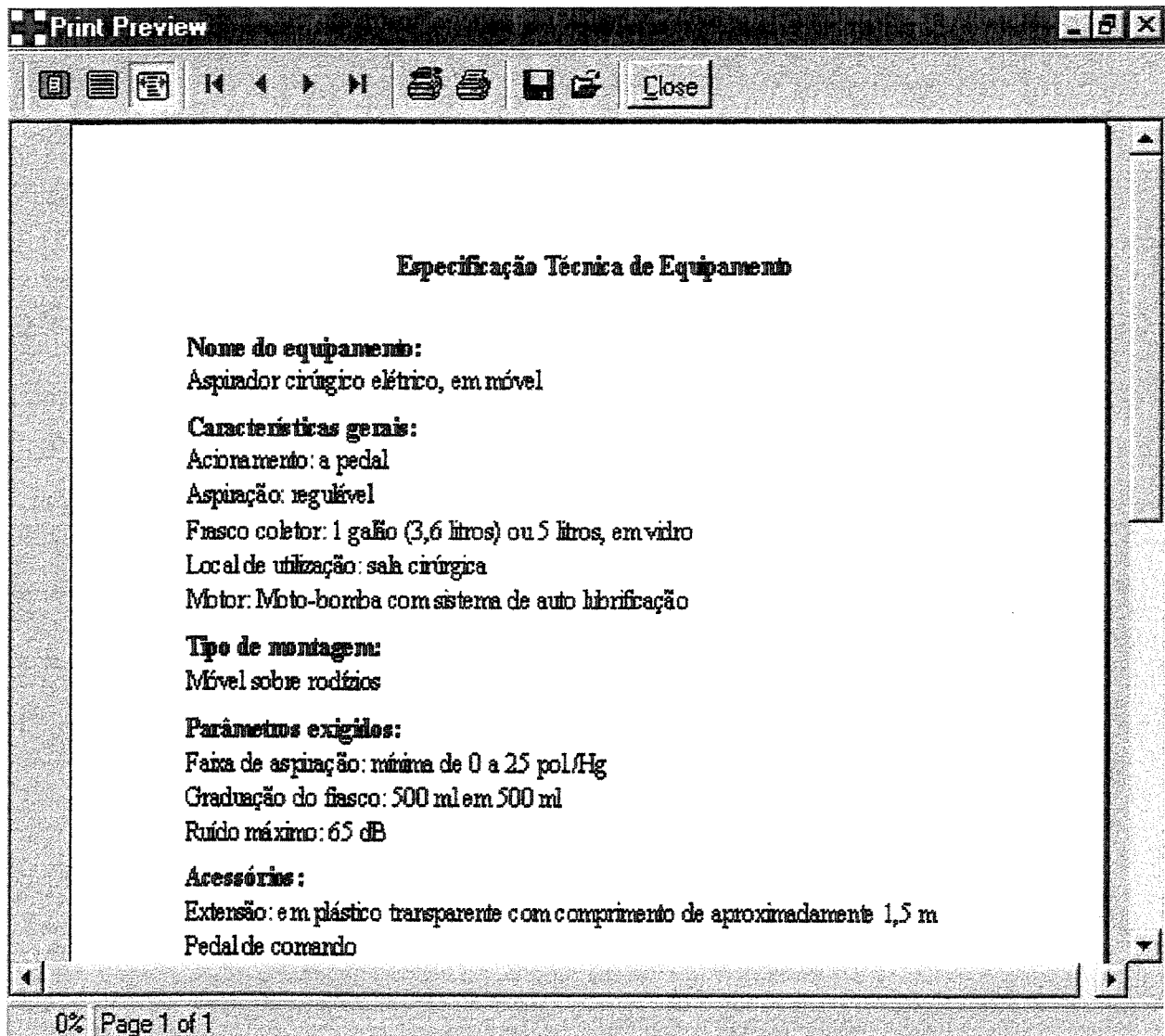


Figura I.23: Tela de visualização do relatório de especificação.

### I.5 - Tela de perguntas de especificação

A tela perguntas de especificação foi criada para que o usuário forneça as informações

necessárias para a elaboração da especificação de um determinado equipamento. Quando esta tela é ativada (pelo SAPSAS na rotina de ativação da tela de especificação, ou pelo usuário, quando deseja refazer a especificação de um equipamento), o SAPSAS determina os itens de especificação, para o grupo de equipamentos em questão, através de uma consulta parcial na tabela *Grupo/Item*. Com os itens de especificação, o SAPSAS apresenta o questionário ao usuário para colher as informações. Foram definidas cinco diferentes estruturas de perguntas (A, B, C, D e E – vide capítulo 3, item 3.2) para que SAPSAS apresente o questionário ao usuário, na elaboração de uma especificação. Dessa forma, esta tela é projetada para assumir cinco modos diferentes, dependendo da estrutura de pergunta do item de especificação.

A figura I.24, ilustra a tela de perguntas de especificação ativada no modo A, onde o usuário informa através de um campo de edição. No caso da figura I.25, a tela de perguntas de especificação está ativada no modo B, onde o usuário informa através de um campo de escolha (sim ou não).

A figura I.26, ilustra a tela de perguntas de especificação ativada no modo C, onde o usuário, além do campo de escolha (sim ou não), pode acrescentar informações no campo de edição ‘Complemento:’. O campo de edição só está ativado se a escolha for afirmativa (sim). A Figura I.27, mostra tela de perguntas de especificação ativada no modo D, onde o usuário pode selecionar entre as opções apresentadas pelo SAPSAS, neste caso o usuário pode fazer múltiplas escolhas.

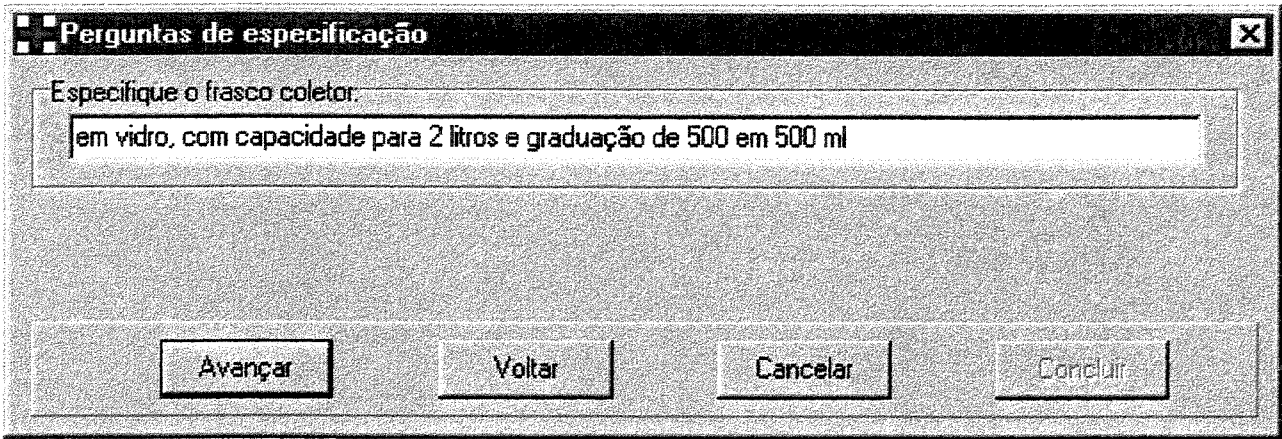


Figura I.24: Tela de pergunta de especificação ativada no modo A.

A Figura I.28, mostra a tela de pergunta de especificação ativada no modo E, que é semelhante ao modo D. O usuário escolhe entre as opções apresentadas pelo SAPSAS, mas neste caso o sistema permite apenas uma escolha.

**Perguntas de especificação**

Deve possuir calibração automática independente da seringa utilizada?

☒ Sim ☐ Não

Avançar Voltar Cancelar Concluir

Figura I.25: tela de pergunta de especificação ativada no modo B.

**Perguntas de especificação**

Deve acompanhar extensão? Especifique:

☒ Sim ☐ Não Complemento: autoclavável, com 1,5 m de comprimento

Avançar Voltar Cancelar Concluir

Figura I.26: Tela de pergunta de especificação ativada no modo C.

**Perguntas de especificação**

Especifique o(s) alarme(s) da bomba de infusão:

|                                                    |                                                            |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ar na linha               | <input type="checkbox"/> erro na infusão completa          |
| <input type="checkbox"/> erro nos dados de entrada | <input type="checkbox"/> erro no limite da vazão calculada |
| <input type="checkbox"/> fim de curso              | <input type="checkbox"/> mau gotejamento                   |
| <input type="checkbox"/> oclusão                   | <input type="checkbox"/> presilha do equipo fechado        |
| <input type="checkbox"/> sem gotejamento           | <input type="checkbox"/> tubo dobrado                      |

Avançar Voltar Cancelar Concluir

Figura I.27: Tela de pergunta de especificação ativada no modo D.



**Perguntas de especificação**

Especifique o tipo de montagem:

- ☐ Base sobre rodízios
- ☐ Estativa móvel
- ☐ Fixo na parede
- ☐ Fixo no piso
- ☐ Fixo no teto
- ☐ Móvel sobre rodízios
- ☐ Pedestal sobre rodízios
- ☐ Portátil
- ☒ Sobre bancada
- ☐ Suporte sobre rodízios

Avançar Voltar Cancelar Concluir

Figura I.28: Tela de pergunta de especificação ativada no modo E.

O botão ‘Cancelar’ aborta a elaboração da especificação e retorna a tela de especificação de equipamentos. Os botões ‘Avançar’ e ‘Voltar’ executam a mesma rotina, mostrada na figura I.29, a diferença é que o botão ‘Avançar’ passa para o próximo item de especificação e o botão ‘Voltar’, volta para o item de especificação anterior. O botão ‘Voltar’ foi inserido na tela para que o usuário possa mover-se entre o itens de especificação, de forma a verificar as informações, antes de concluir a especificação.

Quando um dos botões ‘Avançar’ ou ‘Voltar’ é ativado, o SAPSAS atualiza a tabela *Montagem*, de acordo com as informações da tela. No modo A, quando existe informação na caixa de edição, o SAPSAS copia o valor da caixa de edição para o campo VALOR e ajusta para S o campo CHECK da tabela, caso contrário ajusta para N o campo CHECK da tabela. No modo B, o sistema ajusta o campo CHECK para S quando a seleção do usuário é sim, e ajusta para N quando a seleção é não. No modo C, é semelhante ao modo B, com a diferença de copiar o valor da caixa de edição para o campo VALOR quando a seleção do usuário é sim. No modo D, o SAPSAS ajusta para S o campo CHECK quando algum valor é selecionado, e para N quando não existe nenhum valor selecionado. No modo E, o sistema trabalha idêntico ao modo D.

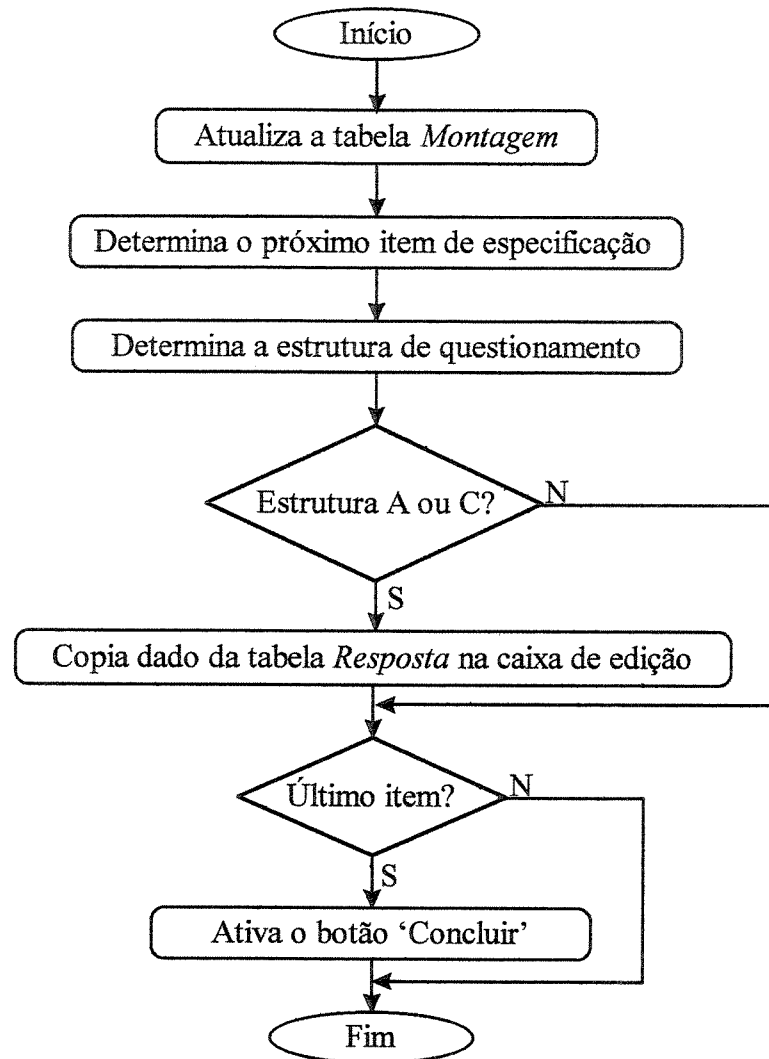


Figura I.29: Diagrama da rotina ativada pelos botões 'Avançar' e 'Voltar'.

Após atualizar a tabela *Montagem*, o SAPSAS identifica o próximo item de especificação (se o botão ativado for o 'Voltar' é item anterior). Determina a estrutura de pergunta, para definir o modo de ativação da tela de perguntas de especificação. Se a tela for ativado no modo A ou C, o sistema busca o último valor informado pelo usuário, para este item de especificação, na tabela *Resposta*, e apresenta o valor na caixa de edição da tela. Para finalizar a rotina, o SAPSAS verifica se é o último item de especificação, definido para o grupo, para a ativação do botão 'Concluir'. Quando o usuário ativa o botão 'Concluir', o SAPSAS executa a rotina de composição de especificação, descrita no capítulo 3, item 3.5.2.



## I.6 - Tela de planejamento de serviço

A tela de planejamento de serviço é composta por duas partes distintas. Na primeira parte, mostrada na figura I.30, o usuário faz a seleção do serviço que se deseja planejar.

A interface 'Planejamento dos serviços' apresenta três seções de seleção:

- Selecione a unidade:**
  - ☐ Ambulatório
  - ☐ Apoio Administrativo
  - ☐ Apoio Logístico
  - ☐ Apoio Técnico
  - ☐ Atendimento de Emergência
  - ☒ Diagnóstico e Terapia
  - ☐ Internação
- Selecione o setor:**
  - ☐ Anatomia patológica
  - ☐ Centro obstétrico
  - ☐ Hemoterapia e hematologia
  - ☐ Medicina nuclear
  - ☐ Patologia clínica
  - ☐ Radioterapia
  - ☒ Centro cirúrgico
  - ☐ Dialise
  - ☐ Imagenologia
  - ☐ Métodos gráficos
  - ☐ Quimioterapia
  - ☐ Reabilitação
- Selecione o serviço:**
  - ☐ Laboratório de emergência
  - ☐ Posto de enfermagem
  - ☐ Sala de apoio à cirurgia
  - ☐ Sala de cirurgia
  - ☐ Sala de indução anestésica
  - ☐ Sala de recuperação pós-anestésica
  - ☐ Sala de serviços

Figura I.30: Tela de planejamento de serviço - parte 1.

Nesta tela o SAPSAS utiliza as tabelas *Unidade*, *Setor*, *Serviço* e *Ambiente*. O SAPSAS inicia apresentando as informações sobre os dados da tabela *Unidade*. Quando o usuário faz a seleção, no grupo de seleção ‘Selecione a unidade:’, automaticamente, o SAPSAS apresenta os setores, relacionados com a unidade selecionada, no grupo de seleção ‘Selecione o setor:’. O mesmo ocorre quando o usuário seleciona o setor, os serviços, relacionados ao setor selecionado, são apresentados no grupo de seleção ‘Selecione o serviço:’. Quando o serviço selecionado possui mais de um ambiente, o SAPSAS apresenta os ambientes, relacionados ao serviço selecionado, no grupo de seleção ‘Selecione os ambientes:’. Quando o usuário finaliza a seleção do ambiente, o

SAPSAS abre automaticamente a segunda parte da tela de planejamento de serviço, mostrada na figura I.31. Nesta parte, as informações solicitadas do usuário dependem do serviço que se deseja planejar. O caso ilustrado na figura I.31, o ambiente planejado é uma sala cirúrgica, onde o usuário deve informar as especialidade que a sala deve atender e o número de salas.

Figura I.31: Tela de planejamento de serviços - parte 2.

Com a ativação do botão 'OK', o sistema executa a rotina de planejamento de serviço, mostrada no diagrama da figura 3.10 no capítulo 3.

### I.7 - Tela gráfica

Quando o usuário seleciona um dos gráficos ou relatório, o SAPSAS automaticamente ativa a tela gráfica para a visualização da opção desejada. Na ativação da tela gráfica é executada

a rotina de desenho, mostrada na figura I.32. Esta rotina verifica se a opção selecionada é o relatório, se o resultado é afirmativo o SAPSAS gera o relatório. Caso contrário, o SAPSAS determina os valores máximos e mínimos dos dados passados pela tela de análise de dimensionamento. Com estes valores, os dados são normalizados para que fiquem dentro da moldura desenhada para a curva. O SAPSAS, então, verifica qual o tipo de gráfico: em barra ou contínuo. Após esta verificação, o sistema desenha a moldura com os valores e por fim desenha a curva.

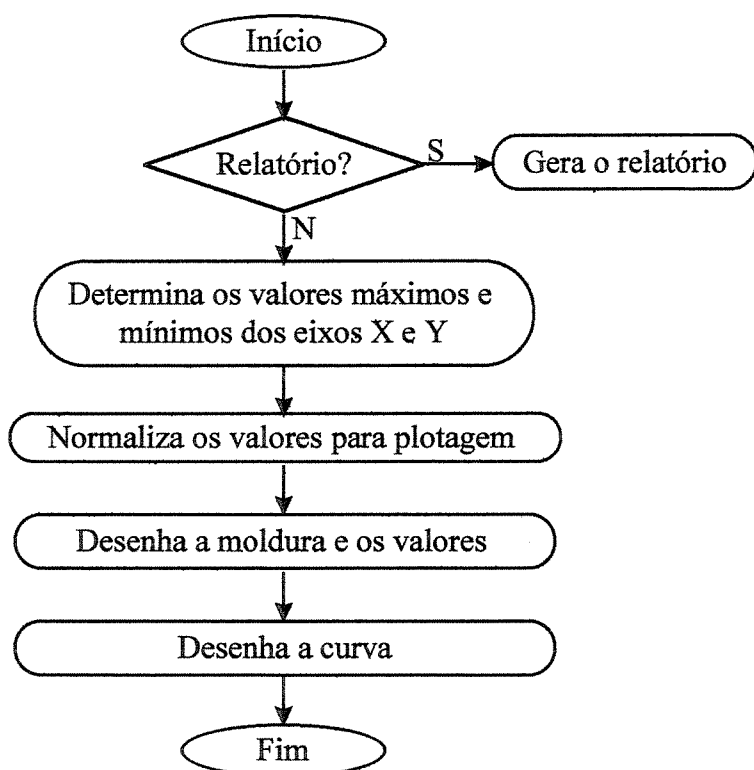


Figura I.32: Rotina de desenho.

A figura I.33 mostra a tela gráfica na opção relatório. Na parte superior da tela encontram-se as informações com os resultados de duas simulações. Na parte inferior, a tela possui uma barra de ferramentas com cinco botões e uma caixa de edição, que são (da esquerda para a direita):

1. Botão 'Voltar', volta a tela de análise de dimensionamento;
2. Botão 'Imprimir', imprime o relatório ou gráfico da tela na impressora especificada;
3. Botão 'Salvar', salva o relatório ou gráfico da tela para arquivo;

4. Caixa de edição ‘Ajuste do eixo Y’, permite a modificação da escala do eixo Y do gráfico;
5. Botão ‘Plotar’, redesenha o gráfico com o valor especificado na caixa de edição; e
6. Botão ‘P e B’, modifica a(s) curva(s) do gráfico para preto e branco ou colorido.

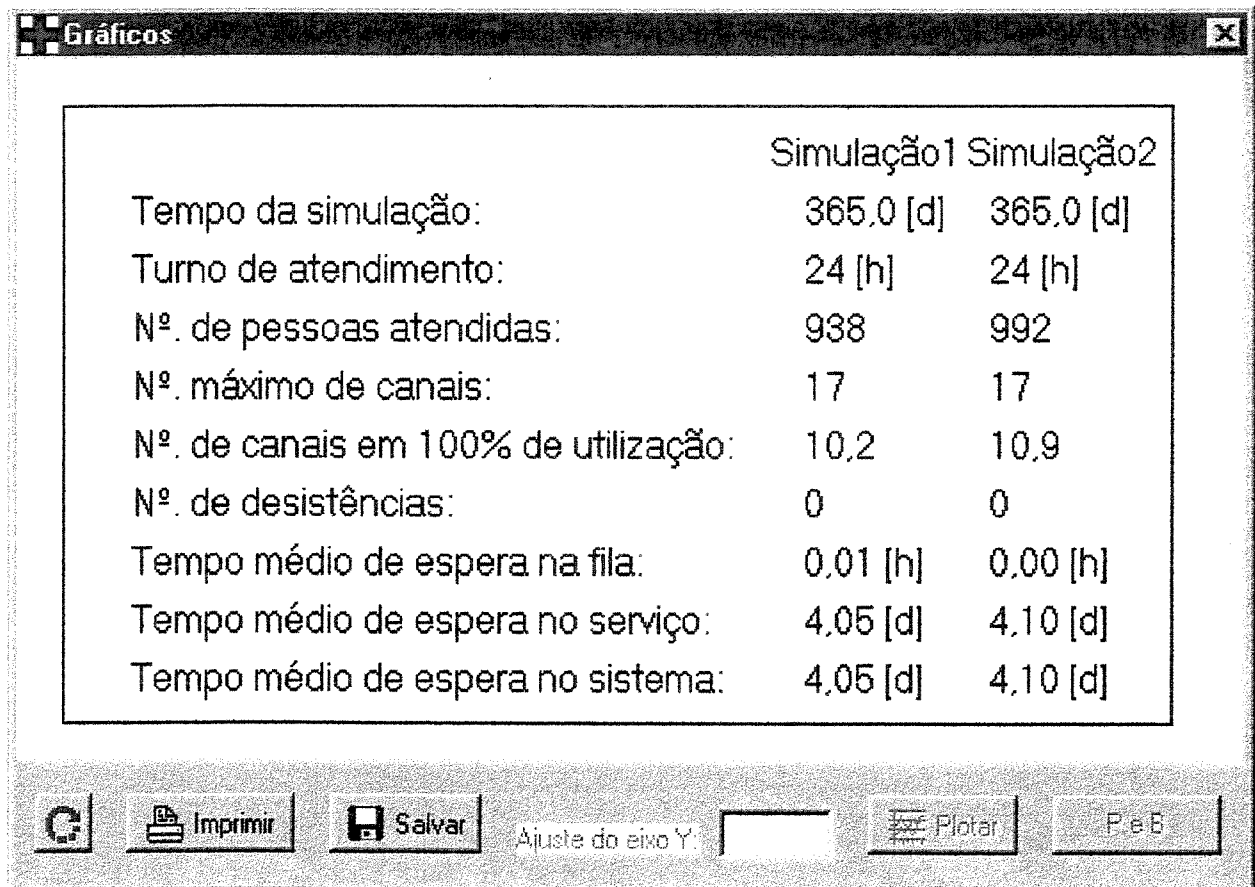


Figura I.33: Tela gráfica - opção relatório.

Os três últimos componentes da barra de ferramentas só estão ativos quando a tela é aberta na opção de gráficos, como ilustra a figura I.34. Esta figura mostra o resultado de duas simulações com o gráfico do número de canais em função do tempo.

A Tela caixa de diálogo é projetada para informar ao usuário as mensagens do SAPSA, como mostra a figura I.35. A largura dessa tela depende do tamanho da mensagem, e os botões variam de acordo com a informação que se deseja do usuário.

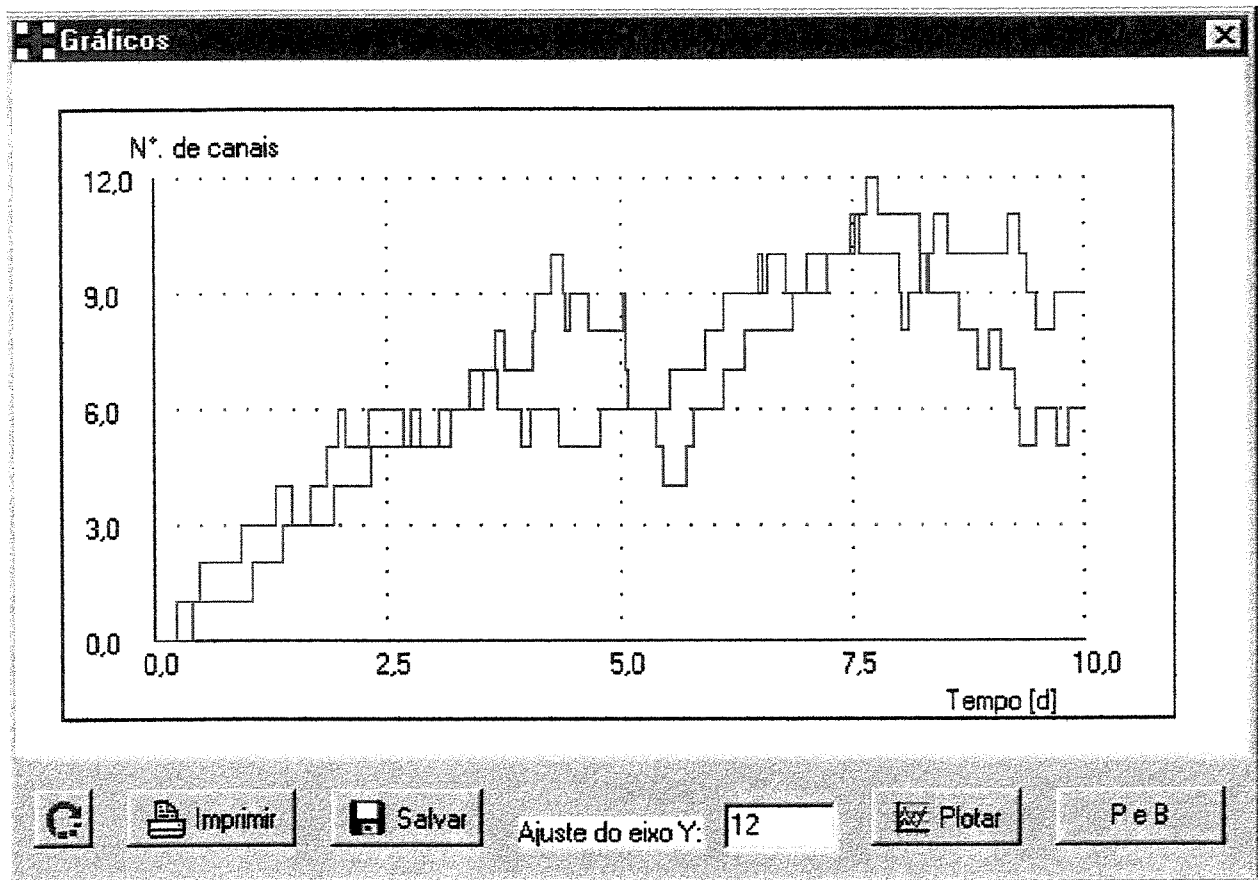


Figura I.34: Tela gráfica - opção gráfico.

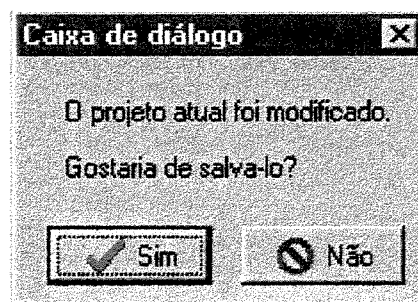


Figura I.35: Tela diálogo.

## **Apêndice II**

**Artigo apresentado no Word Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering  
2000**

# Support System for Planning and Medical Equipment Specification aiming Hospital Services

Egon L. Müller Jr.<sup>1</sup>, and Saide J. Calil<sup>2</sup>

**Abstract** - This paper presents a computer system for assisting the health care services planning and the acquisition process of medical equipment. After choosing one of the health services listed on screen, the computer system presents a second list of essential and secondary equipment for that specific service. To specify a chosen equipment from that second list, the user has to answer a series of predetermined questions that are also displayed on screen. At the end of the questionnaire, the program generates a report containing the equipment characteristics defined by the user for its acquisition. All those questions were defined for a given equipment based on data describing its own characteristics. The user is able to modify the predetermined questions to adjust them for a specific type of equipment. The answers, given by the users, are then stored by the system and presented every time a new specification for that type of equipment is made.

**Key words** – Health Services Planning, Equipment Specification, Decision Support System.

## I. INTRODUCTION

The project of services related to the health area has become more and more complex, and it is frequently adversely affected by a not well executed planning [1]. This type of planning has disastrous consequences mainly in developing countries like Brazil, where the lack of the services, or even the bad regional distribution of these services, make the social cost very high. The absence of hospital services in specific areas, force the patients to travel for long distances and cause the saturation of many services within great urban centers. Added to the social cost, there are news about the waste of public money on abandoned facilities, on services that are underused, or on equipment that never get to enter in operation. On the other hand, a careful planning and organization of the hospital services improves the patients' conditions, decreasing the time expended in the service [2]. As a consequence there is a cost reduction in the system. The hospital services planning should be

carefully elaborated by a varied team, involving administrators, doctors, nurses, clinical engineers and architects [1]. The implantation project of a hospital service can be divided into two stages. The first stage, has the purpose of defining the essential services for the institution, and it involves the institutional strategic planning, or government organizations responsible for the health institutions, where several factors should be analyzed, such as: institution mission or philosophy, assisted population, demographic characteristics, institution objective, etc. [3]. The second stage is the hospital service planning itself, where it is necessary the access to a great number of information for each type of equipment that composes the hospital service (clinical and facilities).

The major problem faced by the planners for the development of this second stage is the scattered information. The lack of organized information is a characteristic founded not only in Brazil but in all Latin America and several countries in Europe. Although there is a lot of information about the hospital services and the equipment related to them [4], [5], [6], [7], this information focus on specific types of hospital services, forcing the user to an extensive bibliographical research that not always is well succeeded.

## II. OBJECTIVE

This work proposes the development of a computer system which provides support for decision making in a way that it will make the health care service easier through the adequate selection of the proper equipment for each desired task, and also the correct specification of the selected equipment.

## III. METHODOLOGY

In order to develop this methodology, three questions had to be answered:

- I) What information is relevant for planning a hospital service;
- II) How one information is related to another; and
- III) Which information should be stored.

In order to plan a hospital service it is necessary to



know:

- a) What services make up a hospital in general terms;
- b) What kind of specific equipment is needed for each hospital service;
- c) The number of equipment needed;
- d) How essential each equipment is
- e) What are the necessary parameters for the specification of each medical and hospital equipment.

The initial research involved the determination of the important and relevant information for the planning of each service which make up a hospital. As mentioned above these services, comprise the diagnoses and therapy services, as well as the administration, maintenance, support and general services. As some of these services involve more than one task, the basic unit of service has been defined here as “environment”. Exemplifying: a hospital service such as the laboratory of clinical analyses has several environments; hematology, bacteriology, cytology, etc.. Having this information, it is possible to elaborate a data base that contains all the environments within each hospital service.

The next thing to be done is the development of a second data base part, that contains the minimum number of equipment for each environment, and the necessity level of each one of this equipment. The necessity level has been defined according to the information contained in a manual elaborated by the Health Ministry [8], where it has been defined the necessary equipment for each environment of a Health Care Establishment (EAS). In this document, the equipment has been classified as: indispensable (equipment without which it is not possible to offer the service), necessary (equipment directly related to the provided services, without which they wouldn't be provided) and recommended (equipment related to the provided services, without which the services would be provided with diminished conditions of comfort and easiness).

In order to verify the information obtained from the above mentioned literature [8], technical visits were made to the Intensive Care Unit and Surgical Center of the General Hospital of the State University of Campinas. Both environments have been chosen because they are the ones that use the largest number of equipment inside of a hospital. Aiming the complementation of a list of the necessary equipment for each environment, it has been determined the services which support other services (ex.: refrigeration, gas system, pharmacy, etc.).

The next step aiming the development of this methodology, has been the collection of information in order to elaborate a database related to the equipment specification. This research was based on information supplied by the “Emergency Care Research Institute – ECRI – HPCS - Healthcare Product Comparison System

– 1995, 1996 and 1997”, by several medical equipment supplier catalogs and by the Manual for Equipment Specification elaborated by the Odilon Berens Hospital in 1995. Each equipment characteristic to be defined by the user, while elaborating an specification, is considered a specification item.

In order to develop the system proposed here, a relational structure has been used to manage the database. Nowadays, this kind of structure dominates the market of applications and it is used by most of the management systems [9]. Having in mind that the information is stored in tables, their planning should be done in a way to avoid redundancy of the stored data. The relationship between two tables (links among the tables) is established only among the fields (smaller unit of information of a table) that have the same type of data, that is, fields that are identical in size and format. Figure 1 shows all the created tables (each block at the figure represents a created table) and their relationships within the database. The arrows represent the links between the tables. The explanation of each one of the tables shown in figure 1 is done below. To identify each table, during the explanation, their names are depicted in italics.

The amount of equipment, related to a determined environment is specified in function of the smallest unit of the service, that is, if the environment is a surgical room, the equipment is related to a surgical room; if the environment is an Intensive Care Unit, the equipment is related to a bed of the ICU; etc. These data, along with the classification of the necessity level of each equipment, are stored in the table *Environment/Equipment*. Through this table, the user adds or removes equipment of a certain environment, as well as modifies the necessity level and the amount of equipment for service unit.

The specification items are stored in the table named *Questions*, and divided in two distinct fields: question and description. For instance, for a certain equipment that needs the specification of the measure range, it is presented to the user the following text “Specify the measure range:” (the system asks the user based on the information stored in the question field). In the final presentation of this specification item, the text previously stored in the field description (in this case – “Measure range:”) along with the user's answer (for example “0 to 300 mmHg”), composes the specification item, or, “Measure range: 0 to 300 mmHg”;

Aiming the elaboration of an equipment specification, the system has 3 modes for interaction with the user. They can be:

- a) just a confirmation solicitation (the user should confirm if an item is necessary or not);
- b) Some information solicitation (the user should inform some value, as in the example given in the previous



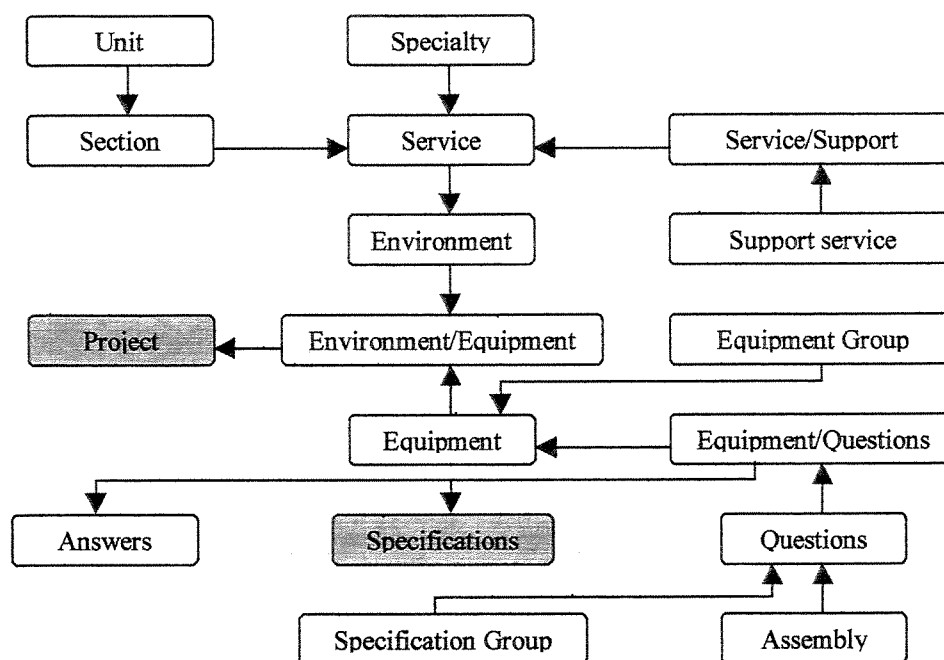


Figure 1: Diagram with the tables and relationships among the database

paragraph); or

c) the solicitation of some selection of information supplied by the system (the user should select among the options supplied by the system).

The information related to the structure of the questions is stored in the table called *Assembly*.

By means of the table *Equipment/Questions* (responsible for the relationship between the tables *Equipment* and *Questions*), the user creates new specification items (description and question) in the database and adds or removes specification items of a group of equipment. The modifications performed in the tables *Equipment/Questions* and *Environment/Equipment* are permanent, that is, they are stored in the database.

The table *Project* is the result that the user obtains while elaborating the project of a service. In this table the user adds or removes service equipment, and modifies the amount of equipment (these modifications are stored in the project, if the user wants to save it). Each project may contain several services, even sections or whole units. The table *Specification* is the result that the user obtains while elaborating a specification for some equipment (answering the question of the specification items). In this table the user modifies, adds or removes specification items (these modifications are stored in the specification of the equipment and are automatically saved by the system). The tables *Project* and *Specification* are highlighted in figure 1 because they are the results created by the system. As the specification questions are not always related to a single equipment, but to a group, the answers that the user

supplies to the system are stored in the table *Answer*. These answers are informed to the user, helping in the elaboration of new equipment specifications.

The computing system was developed in a way which enables it to be used easily in a consulting mode, where the system supplies information on the environments, equipment and support services, or in the planning mode where the projects of the environments and the equipment specifications are elaborated. In this way, when the users use the system in the consulting mode, the environments are previously classified in: specialties (cardiology, anesthesiology, etc. – stored in the table *Specialty*) and services (electrocardiograph room, cardiology clinic, heart surgery room, etc. – stored in the table *Services*). On the other hand, when the system is used in the planning mode, the environments are classified, in agreement with the information contained in [10], which defines: services (electrocardiograph room, cardiology clinic, heart surgery room, etc. – stored in the table *Services*), sectors (general internment, Intensive Care Unit internment, etc. – stored in the table *Sections*) and units (diagnosis and therapy, internment, etc. – stored in the table *Units*).

Every equipment that has the same functional characteristics is classified in groups (the data are stored in the table *Equipment Group*), in order to supply the same specification items. To facilitate the structuring of the specification, during its elaboration by the user, the specification items are classified in groups (ex: the specification items height, length, etc., are classified in the specification group “physical dimensions”), whose

information is stored in the table *Specification Group*.

For the interaction between the user and the database, a set of different screens (forms) was implemented. These screens were planned in a way that the users don't need to have any previous knowledge on databases and programming skills. Figure 2 shows one of the system screens (screen of specification elaboration), where the user should inform the different kinds of alarms for the specification of an infusion bomb.

As mentioned above, in order to elaborate a new project, the system should be in the planning mode. Then the user should supply some information on the kind of service and the number of units of service that is intended to plan, for example: (1) in the planning of surgery rooms it is informed by which specialties the room is expected to be used for and the number of rooms; (2) in the planning of an ICU, it should be informed what kind of ICU and the number of beds. The number of service units must be previously calculated by the user, who can already have it defined, or it can be calculated by some method of dimensioning analysis.

In the planning mode, in order to specify the equipment, the user should answer some questions related to the equipment that is intended to be specified. When the user doesn't answer a certain question, the item to be defined is not included in the equipment specification. If the user wants, it is possible to alter the questions related to the specification of the equipment. By finalizing the questionnaire, the system sets up the specification, whose results are shown in the format of a file folder. Each folder corresponds to a specification group, and has a data bar with specification items defined for the equipment.

#### IV. RESULTS

The database developed in this work has 290 environments, 1416 equipment and 1148 stored specification items, covering practically all the

environments of a hospital establishment. The specification items practically supply all the equipment groups stored in the database.

Figure 3 shows the result of the specification of an equipment (a part of the screen), elaborated by the system. This figure shows only a part of the specification. The specified equipment is an electrical surgical aspirator, in a piece of furniture. The specification items are gathered in the specification groups, previously mentioned.

#### V. COMMENTS

In order to assemble the database proposed in this work, the information related to the areas of intensive care, emergency and surgical center were easily obtained. In these areas, it seems to exist a greater concern of the professionals involved with the standardization of the services and as a consequence the care with the patient. In the other areas, the only source of data was the document to dimensioning and planning from the Health Ministry [8]. In the equipment specification part, most of the data was obtained based on information from the ECRI – Healthcare Products Comparison System.

Having in mind that Brazil doesn't have a complete equipment cadaster, not even an unique system for the codification of equipment, the developed system supplies a precious source of information for professionals that work in the planning of services in the health area. The system gathers data, with quality and reliability, on most of the services and equipment that make up a hospital environment. In addition, the system offers a very important support for professionals that are responsible for the specification of equipment. The occurrence of cases in which the professionals had to specify equipment without having any previous knowledge of them or just a little is quite frequent.

**Perguntas de especificação**

Especifique o(s) alarme(s) da bomba de infusão:

- ☐ ar na linha
- ☐ erro nos dados de entrada
- ☐ fim de curso
- ☐ oclusão
- ☐ sem gotejamento
- ☐ erro na infusão completa
- ☐ erro no limite da vazão calculada
- ☐ mau gotejamento
- ☐ presilha do equipo fechado
- ☐ tubo dobrado

Avançar   Voltar   Cancelar   Cancelar

Figure 2: Screen for the elaboration of equipment specification.

Besides the information that is shown in the screen, the system has the capacity to generate reports about the different environments and the specifications of the equipment. One of the main characteristics of this system is its easiness of use, not requiring any previous programming skills or database knowledge from the user.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Hutton, K. (1997), The three most important things in healthcare facility design are Planning, Planning and Planning, *Healthcare Technology Management*, December: 24-26.
- [2] Yaron, M., Ruiz, E. and Baretich, M. F. (1994), Equipment Organization in the Emergency Department Adult Resuscitation Area, *Journal of Emergency Medicine*, 12:6:845-848.
- [3] Rohde, D. J., Priby, L. D. and Hochkammer, W. O. (1985), Planning and Managing Major Construction Projects: A Guide for Hospitals, *Health Administration Press*.
- [4] Comitê de Neonatologia da SPSP (1995), Padronização de UTI Neonatal, *Revista Paulista de Pediatria*, 13:04:143-146.
- [5] Committee on Hospital Care and Pediatric Section of the Society of Critical Care Medicine (1993), Guidelines and Level of Care for Pediatric Intensive Care Unit, *Pediatrics*, 92:1:166-175.
- [6] The American Institute of Architects Committee on Architecture for Health with Assistance from the U. S. Department of Health and Human Services (1992-93), Guidelines for Constructions and Equipment of Hospital and Medical Facilities, *The American Institute of Architects Press*.
- [7] Peisner, D. B. (1996). Equipment Selection, *Clinical Obstetrics and Gynecology*, 34:1:158-166.
- [8] Documento: "Equipamentos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Planejamento e Dimensionamento" (1994), *Departamento de normas técnicas do Ministério da Saúde do Brasil*.
- [9] Date, C. J. (1990), Introdução a Sistemas de Bancos de Dados, *Editora Campus*.
- [10] Norma para Projetos Físicos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (1994), *Departamento de normas técnicas do Ministério da Saúde do Brasil*.

| <b>Especificação Técnica de Equipamento</b>                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nome do equipamento:</b><br>Aspirador cirúrgico elétrico, em móvel                                                                                                                                                                     |
| <b>Características gerais:</b><br>Acionamento: a pedal<br>Aspiração: regulável<br>Frasco coletor: 1 galão (3,6 litros) ou 5 litros, em vidro<br>Local de utilização: sala cirúrgica<br>Motor: Moto-bomba com sistema de auto lubrificação |
| <b>Tipo de montagem:</b><br>Móvel sobre rodízios                                                                                                                                                                                          |

Figure 3: Part of the screen of visualization of equipment specification impression.

<sup>1</sup> Departamento de Eletrônica  
Escola Federal de Engenharia de Itajubá  
Itajubá, MG Brasil  
egon@iee.efei.br

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Biomédica  
Universidade Estadual de Campinas  
Campinas, SP Brasil  
calil@ceb.unicamp.br

### **Apêndice III**

**Artigo apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**

## **Sistema de Apoio à Especificação de Equipamentos Médico-Hospitalares**

Egon Luiz Müller Júnior<sup>1</sup>, Saide Jorge Calil<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Engenharia Biomédica (GEB), Depto. de Eletrônica,  
Escola Federal de Engenharia de Itajubá (EFEI), Brasil, 37500-903  
Fone (35) 629-1186, Fax (35) 629-1187  
Centro de Engenharia Biomédica

<sup>2</sup>Depto de Engenharia Biomédica/Faculd. De Eng. Elétrica e de Computação  
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Brasil, 13081-970  
Fone (19) 788-7895,  
[egon@iee.efei.br](mailto:egon@iee.efei.br), [calil@ceb.unicamp.br](mailto:calil@ceb.unicamp.br)

**Resumo** – Este artigo apresenta um sistema computacional para auxiliar no processo de especificação de equipamentos médicos. Para especificar um determinado equipamento, utilizando o programa, o usuário deve responder uma série de questões, predeterminadas, que são mostradas na tela. Ao concluir o questionário, o programa gera um relatório contendo as características do equipamento definidas pelo usuário. Todas as questões definidas para um determinado equipamento são baseadas em informações sobre suas características de funcionamento. O programa permite que o usuário modifique as questões predeterminadas, adequando-as a um tipo específico de equipamento. As respostas, fornecidas pelos usuários, são armazenadas pelo sistema e apresentadas toda vez que é elaborada uma nova especificação para equipamentos do mesmo tipo. O programa desenvolvido proporciona um importante suporte no processo de tomada de decisão na especificação e aquisição de equipamentos médicos para os sistemas de saúde.

**Palavras-chave** – Engenharia Clínica, Especificação de Equipamentos, Sistemas de Apoio Decisão.

**Abstract** - This paper presents a computer system for assisting the acquisition process of medical equipment. To specify a chosen equipment, the user has to answer a series of predetermined questions that are displayed on screen. At the end of the questionnaire, the program generates a report containing the equipment characteristics defined by the user for its acquisition. All those questions were defined for a given equipment based on data describing its own characteristics. The user is able to modify the predetermined questions to adjust them for a specific type of equipment. The answers, given by the users, are then stored by the system and presented every time a new specification for that type of equipment is made. The developed software gives an important support to the decision making process of medical equipment specification and acquisition for health care systems.

**Key words** – Clinical Engineering, Equipment Specification, Decision Support System.

### **Introdução**

A racionalização de recursos, a cobrança cada vez maior de resultados e consumidores mais exigentes, leva a um planejamento cuidadoso na implantação de novos serviços ou ampliação de serviços existentes, em qualquer que seja a área de atuação na economia. O projeto de serviços relacionados com a área da saúde tem se tornado crescentemente mais complexo, e frequentemente é prejudicado por um planejamento mal executado [1]. Este tipo de planejamento tem consequências desastrosas principalmente em países em

desenvolvimento como o Brasil, onde a falta dos serviços, ou até da má distribuição regional dos mesmos, fazem com que o custo social seja muito alto. A inexistência de serviços de saúde em determinadas regiões, provoca o deslocamento de pacientes por longos percursos e a saturação dos serviços nos grandes centros urbanos. Além, do custo social, tem-se freqüentes notícias do desperdício de verbas públicas em instalações abandonadas, em subutilização dos serviços, ou de equipamentos que nem chegam a entrar em funcionamento. Por outro lado, o cuidado no planejamento e a organização dos serviços hospitalares melhoram as condições dos pacientes,

diminuindo o tempo gasto no serviço [2], e consequentemente diminuindo o custo no sistema. Este planejamento deve ser criterioso e elaborado por uma equipe multidisciplinar, envolvendo administradores, médicos, enfermeiros, engenheiros clínicos e arquitetos [1].

A especificação dos equipamentos é uma etapa importante no planejamento de serviços hospitalares. Frequentemente, a especificação é elaborada por profissionais com pouco conhecimento sobre o equipamento a ser especificado. Esta falta de conhecimento pode provocar a compra de um equipamento que não supra plenamente as necessidades do serviço ou possua capacidades superiores as necessidades do serviço, acarretando um custo adicional.

O grande problema enfrentado pelos profissionais que trabalham com a especificação de equipamentos é a pulverização das informações. A falta de centralização de informações é uma característica não só no Brasil mas em toda América Latina e vários países da Europa. O desenvolvimento de um sistema que reúna informações sobre os equipamentos utilizados em serviços hospitalares, relacionado-os com as características necessárias para a especificação desses equipamentos, vem amenizar o problema da pulverização das informações.

### Objetivo

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um **sistema computacional**, que forneça suporte à tomada de decisão de forma a facilitar o planejamento de serviços hospitalares através da especificação correta dos equipamentos utilizados nesses serviços.

### Metodologia

O desenvolvimento do trabalho requer a resolução das seguintes questões:

- I. Quais informações são importantes para o desenvolvimento de um sistema capaz de auxiliar na elaboração da especificação de equipamentos utilizados em serviços hospitalares;
- II. Como estas informações estão relacionadas;
- III. Como o sistema proposto irá interagir com os usuários.

Em resposta ao primeiro questionamento são necessários as seguintes informações:

- a) Os tipos de equipamentos utilizados nos serviços hospitalares;
- b) As características necessárias para a especificação desses equipamentos;

Com a definição das informações a serem obtidas, tem início a pesquisa dos tipos de equipamentos utilizados nos serviços hospitalares. A grande maioria das informações relativas aos tipos de equipamentos pode ser conseguida através do manual "Equipamentos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Planejamento e Dimensionamento" elaborado pelo Ministério da Saúde [3].

O próximo passo para o desenvolvimento do sistema proposto é a obtenção de informações relacionadas às características necessárias para a elaboração da especificação dos equipamentos. Esta pesquisa foi baseada em informações elaboradas pelo "Emergency Care Research Institute - ECRI" ("Healthcare Product Comparison System - 1995, 1996, 1997") [10], em diversos catálogos de fabricantes e no Manual de Especificações Técnicas de Equipamentos elaborado pelo Hospital Odilon Berens [4]. Cada característica do equipamento a ser definido pelo usuário, na elaboração de uma especificação, é considerado um item de especificação.

Para o desenvolvimento do sistema aqui proposto, foi utilizado a estrutura relacional para o gerenciamento de banco de dados. Atualmente, este tipo de estrutura domina o mercado de aplicações e é utilizada pela maioria dos sistemas de gerenciamento [5]. Tendo em vista que as informações são armazenadas em tabelas, separadas por assunto, o planejamento destas deve ser realizado de forma a evitar a redundância dos dados armazenados. Os relacionamentos (ligações entre as tabelas) são estabelecidos entre os campos (menor unidade de informação de uma tabela), que possuem os mesmos tipos de dados, isto é, os campos responsáveis pelo relacionamento de duas tabelas devem ser idênticos no tamanho e no formato. A figura 1 mostra todas as tabelas (cada bloco da figura representa uma tabela) criadas e os seus relacionamentos (como as informações se relacionam) dentro do banco de dados. As setas representam as ligações entre as tabelas, ou seja, os relacionamentos existentes no banco de dados. A explicação de cada uma das tabelas mostradas na figura 1 será feita abaixo, sendo o seu nome destacado em *itálico*.

Os relacionamentos mais comuns encontrados em um sistema de banco de dados relacional são do tipo: 'um para vários' e 'vários para vários'. No relacionamento 'um para vários', os campos utilizados para efetuar o relacionamento estão nas próprias tabelas, por exemplo: um grupo de equipamentos possui vários equipamentos. No relacionamento 'vários para vários', para evitar a redundância das informações, é necessário criar uma tabela para efetuar o relacionamento, por exemplo: vários equipamentos podem utilizar um mesmo item de especificação,

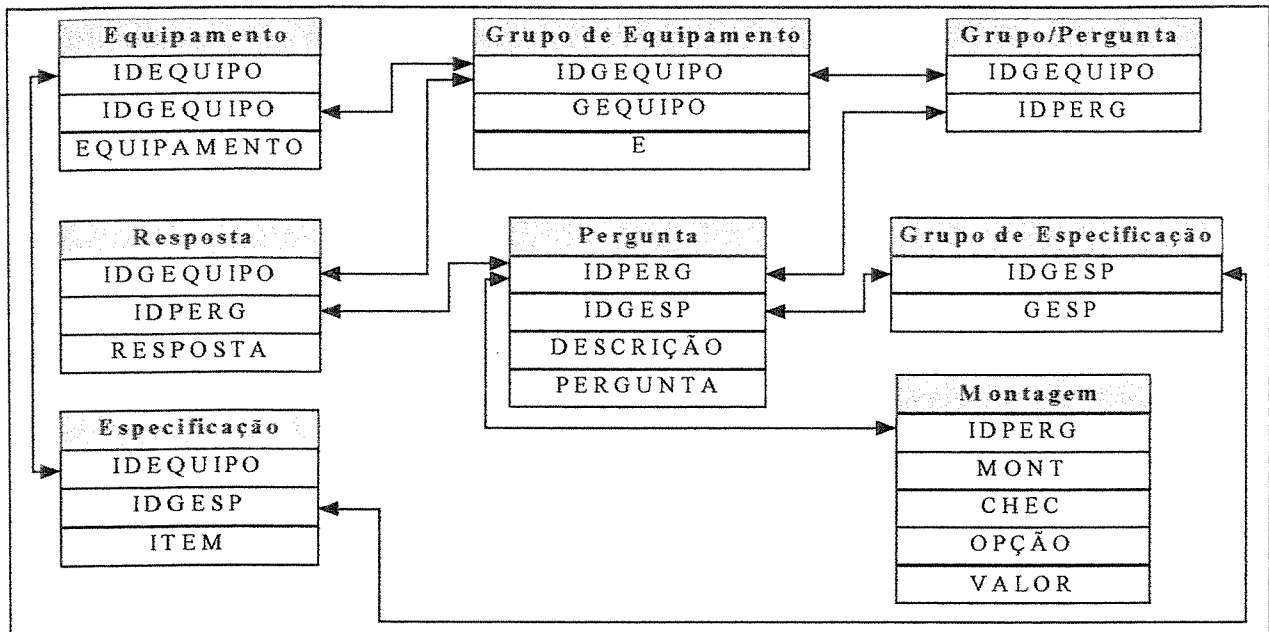


Figura 1: Diagrama com as tabelas e relacionamentos do banco de dados

consequentemente para evitar que o mesmo item de especificação seja listado em cada um dos equipamentos que o utiliza, cria-se a tabela *Grupo/Pergunta*, que realiza o relacionamento entre as duas tabelas, *Grupo de equipamento* e *Pergunta*.

Os equipamentos que possuem as mesmas características funcionais são classificados em grupos (dados armazenados na tabela *Grupo de equipamento*), de forma a atender os mesmos itens de especificação. Para facilitar estrutura do relatório final de especificação, os itens de especificação são classificados em grupos (ex.: os itens de especificação altura, comprimento, etc., são classificados no grupo de especificação "dimensões físicas"). Estes grupos de especificações estão armazenadas na tabela *Grupo de especificação*.

Os itens de especificação são armazenados na tabela denominada *Pergunta*, e divididos em dois campos distintos: pergunta e descrição. Exemplificando, para um determinado equipamento que necessite a especificação da faixa de medida, é apresentado ao usuário o seguinte texto "Especifique a faixa de medida:" (o sistema questiona o usuário através do dado armazenado no campo pergunta). Na apresentação final deste item de especificação, o texto previamente armazenado no campo descrição (neste caso - "Faixa de medida:") junto com a resposta do usuário (por exemplo "0 a 300 mmHg"), compõem o item de especificação, ou seja, "Faixa de medida: 0 a 300 mmHg");

Para a elaboração da especificação de um

equipamento, o sistema possui 3 modos para a interação com o usuário, ou seja, três estruturas de perguntas diferentes, que são:

- apenas a solicitação de uma confirmação (o usuário deve confirmar se um item é necessário ou não);
- a solicitação de uma informação (o usuário deve informar algum valor, como exemplo da "faixa de medida" no parágrafo anterior); ou
- a solicitação da seleção de informações fornecidas pelo sistema (o usuário deve selecionar entre as opções fornecidas pelo sistema).

As informações relacionadas com as três estruturas de perguntas estão armazenadas na tabela denominada *Montagem*.

Através da tabela *Grupo/Pergunta* (responsável pelo relacionamento entre as tabelas *Grupo de Equipamento* e *Pergunta*), o usuário cria novos itens de especificação (descrição e pergunta) no banco de dados e adiciona ou remove itens de especificação de um grupo de equipamento. As modificações realizadas na tabela *Grupo/Pergunta* têm caráter permanente, isto é, ficam armazenadas neste banco de dados.

A tabela *Especificação* é o resultado que o sistema gera quando o usuário elabora uma especificação para um equipamento (respondendo as pergunta dos itens de especificação). Nesta tabela o usuário modifica, adiciona ou remove itens de

especificação previamente elaboradas (estas modificações ficam armazenadas na especificação do equipamento e salvas automaticamente pelo sistema). Como as perguntas para especificação nem sempre atendem apenas a um equipamento, mas a um grupo, as respostas que o usuário fornece ao sistema são armazenadas na tabela *Resposta*. Estas respostas são informadas ao usuário, para auxiliar na elaboração de novas especificações de equipamentos.

Para a interação entre o usuário e o banco de dados, foi implementado um conjunto de telas (formulários). Essas telas foram planejadas de forma que os usuários não necessitem de nenhum conhecimento sobre bancos de dados e linguagens de programação. O conjunto de telas que compõem o sistema são:

- Telas para armazenamento e modificação de dados nas tabelas: possibilitam o armazenamento e a modificação de dados nas tabelas do banco de dados;
- Tela de consulta ao banco de dados informa o usuário sobre os dados contidos no banco de dados;
- Telas de elaboração de especificação de equipamentos: colhem informações do usuário para a elaboração das especificações dos equipamentos;
- Tela de resultado da especificação de equipamento: permite a interação entre o usuário e as especificações dos equipamentos; e
- Tela de visualização de impressão dos resultados: apresentam as especificações dos equipamentos.

Para facilitar a utilização do sistema, também foram elaboradas as tela de ajuda e de diálogo. A figura 2 ilustra uma das telas do sistema (tela de

elaboração de especificação), onde o usuário deve informar quais os tipos de alarmes para a especificação de uma bomba de infusão.

Conforme mencionado acima, para a especificação de equipamentos, o usuário deve responder às perguntas relativas ao equipamento que ele deseja especificar. Quando o usuário não responde a uma determinada pergunta, o item a ser definido não é incluído na especificação do equipamento. Caso o usuário deseje, é possível o acréscimo e alteração das perguntas de especificação do equipamento constantes no banco de dados. Quando usuário finaliza o questionário, o sistema monta a especificação cujo resultado é mostrado na forma de fichário. Cada ficha deste fichário corresponde a um grupo de especificação, e contém uma grade de dados com os itens de especificação definidos para o equipamento.

O sistema proposto foi implementado utilizando o sistema de gerenciamento de banco de dados programa DELPHI 4 da Borland.

## Resultados

O banco de dados desenvolvido neste trabalho possui 1416 equipamentos e 1148 itens de especificação armazenados, cobrindo praticamente todos os equipamentos utilizados em serviços hospitalares. Os itens de especificação atendem praticamente, a todos os grupos de equipamentos armazenados no banco de dados. A figura 3 ilustra o relatório final da especificação de um equipamento (uma parte da tela), elaborado pelo sistema. Esta figura mostra apenas uma parte da especificação. O equipamento especificado é uma bomba de infusão peristáltica. Os itens de especificação são reunidos nos grupos de especificação, citados anteriormente.

Figura 2: Tela de elaboração de especificação de uma bomba de infusão.



| Relatório Final de Especificação                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nome do equipamento:</b><br>Bomba de infusão peristáltica                                                                                                                                                       |
| <b>Características gerais:</b><br>Detector de ar na linha<br>Tecla para infusão rápida<br>Utilização em pacientes: Neonatal                                                                                        |
| <b>Tipo de montagem:</b><br>Portátil                                                                                                                                                                               |
| <b>Parâmetros exigidos:</b><br>Capacidade de infusão: 9.999ml (programável)<br>Erro máximo de infusão: menor que 2 %<br>Taxa de infusão: 01 à 99,9 ml/h (programável)                                              |
| <b>Sistemas/dispositivos de alarme:</b><br>Alarme(s) da bomba de infusão: ar na linha, mau gotejamento, oclusão, sem gotejamento<br>Aviso de bateria em uso<br>Aviso de bateria fraca<br>Aviso de infusão completa |
| <b>Acessórios:</b>                                                                                                                                                                                                 |

Figura 3: Parte da tela de visualização de impressão de especificação de equipamentos.

### Comentários

Para a montagem do banco de dados proposto neste trabalho, as informações relativas aos equipamentos utilizados nas áreas de cuidados intensivos, atendimentos de emergência e centro cirúrgico foram obtidas com maior facilidade. Nestas, parece existir uma maior preocupação dos profissionais com a padronização dos serviços, e por consequência encontra-se um maior número de publicações, como [6], [7], [8] e [9]. Nas outras áreas, a única fonte de dados foi o documento para dimensionamento e planejamento do Ministério da Saúde [3]. Com relação aos itens de especificação, a maioria dos dados foram obtidas através de informações do ECRI - Healthcare Products Comparison System.

O sistema reúne dados, com qualidade e confiabilidade, sobre a maioria dos equipamentos que compõem um ambiente hospitalar. O sistema desenvolvido oferece uma base preciosa de informações, facilitando para profissionais que atuam na área de saúde, o processo de elaboração de especificação de equipamentos os quais possuem pouco ou nenhum conhecimento. Além das informações mostradas na tela, o sistema possui a capacidade de gerar relatórios sobre as especificações

dos equipamentos. Uma das principais características deste sistema é a facilidade de utilização, não requerendo do usuário nenhum conhecimento de programação e elaboração de banco de dados.

### Referências

- [1] Hutton, K., The three most important things in healthcare facility design are Planning, Planning and Planning, *Healthcare Technology Management*, December: 24-26, 1997.
- [2] Yaron, M., Ruiz, E. and Baretich, M. F., Equipment Organization in the Emergency Department Adult Resuscitation Area, *Journal of Emergency Medicine*, 12:6:845-848, 1994.
- [3] Documento "Equipamentos para Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Planejamento e Dimensionamento", *Departamento de normas técnicas do Ministério da Saúde do Brasil*, 1994.
- [4] Mendes, E. S., Especificações Técnicas de Equipamentos Médico Hospitalar, *Hospital Municipal Odilon Behrens*, 1996.
- [5] Date, C. J., Introdução a Sistemas de Bancos de Dados, *Editora Campus*, 1990.
- [6] Comitê de Neonatologia da SPSP, Padronização de

- UTI Neonatal, *Revista Paulista de Pediatria*, 13:04:143-146, 1995.
- [7] Committee on Hospital Care and Pediatric Section of the Society of Critical Care Medicine, Guidelines and Level of Care for Pediatric Intensive Care Unit, *Pediatrics*, 92:1:166-175, 1993.
- [8] Marmarinou, J., The Autonomous Endoscopy Unit, *AORN Journal*, 51:3:764-773, 1990.
- [9] Schweer, L. and Ose, M. B., Implementation of a Regional Pediatric Trauma Center, *AORN Journal*, 61:3:558-571, 1995.
- [10] ECRI HPCS (*Healthcare Product Comparison System*), 1995, 1996, 1997.