

**FRANCISCO DE ASSIS SOUZA DOS SANTOS**

**PROPOSTA DE SISTEMA PARA OBTENÇÃO DE  
INDICADOR DE APOIO NO PROCESSO DE DECISÃO  
DE SUBSTITUIÇÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-  
HOSPITALAR**

**Florianópolis  
2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**PROPOSTA DE SISTEMA PARA OBTENÇÃO DE  
INDICADOR DE APOIO NO PROCESSO DE DECISÃO  
DE SUBSTITUIÇÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-  
HOSPITALAR**

Dissertação submetida à  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

**FRANCISCO DE ASSIS SOUZA DOS SANTOS**

Florianópolis, Setembro de 2009.

# PROPOSTA DE SISTEMA PARA OBTENÇÃO DE INDICADOR DE APOIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR

Francisco de Assis Souza dos Santos

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para a continuidade á tese requisito parcial para a obtenção do **Título de mestre em Engenharia Biomédica**, e aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina’

---

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.  
Orientador

---

Prof. Roberto de Souza Salgado, Ph.D.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

---

Prof. Renato Garcia Ojeda, Dr.  
Presidente

---

Prof. Jose Marino Neto, Dr.

---

Daniela Suzuki, Dra.

---

Luciano Moraes, Dr.

*A DEUS por tudo que me concedeu.*

*A toda minha família pelo apoio sempre prestado.*



Resumo da Dissertação apresentada à UFSC como parte dos  
requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Elétrica

**PROPOSTA DE SISTEMA PARA OBTENÇÃO DE INDICADOR DE  
APOIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE  
TECNOLOGIA MÉDICO-HOSPITALAR**

**FRANCISCO DE ASSIS SOUZA DOS SANTOS**

Setembro/2009

Orientador: Prof. Renato Garcia, Dr.

Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Palavras Chaves: Engenharia Clínica, Tecnologia Médico-Hospitalar, Ciclo de Vida.

Número Páginas: 144.

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma proposta de um sistema para obter indicador que permita a classificação de prioridade de substituição de EMH como ferramenta de apoio a decisão em estruturas de Engenharia Clínica. Atualmente, faz-se necessário que a Engenharia Clínica realize o trabalho de gerenciamento de tecnologia médico-hospitalar com alta qualidade e baixo custo, tendo em vista que os recursos disponíveis para investimentos na área da saúde estão cada vez mais escassos, sendo necessário o gerenciamento adequado. Neste contexto, a Engenharia Clínica deve realizar estudos e pesquisas, apresentando metodologias e ferramentas que viabilizem o adequado gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar. O sistema proposto está dividido em dois módulos. No primeiro módulo são obtidos parâmetros de custos e vida útil de EMH, através de uma ferramenta de software desenvolvida. O segundo módulo consiste da utilização do software Weibull<sup>®</sup>, utilizado no levantamento de parâmetros de dados de falhas de EMH. Com estes parâmetros obtidos, é aplicada uma função lógica que classifica os EMH em prioridade de substituição. Os resultados obtidos mostram a importância de se ter indicadores, obtidos da necessidade de substituição, em todo o processo de gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar, considerando a realidade brasileira, onde muitas vezes os EMH mesmo após a vida útil estimada continuam em uso nos EAS.

Abstract of Dissertation presented to UFSC as a partial fulfillment of  
the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering

**PROPOSAL FOR INDICATOR OBTAINING SYSTEM  
THAT SUPPORTS ON THE PROCESS OF HOSPITAL  
MEDICAL EQUIPMENT REPLACEMENTS DECISIONS**

**FRANCISCO DE ASSIS SOUZA DOS SANTOS**

September /2009

Advisor: Prof. Renato Garcia, Dr.

Area of Concentration: Biomedical Engineering.

Keywords: Clinical Engineering, Medical Technology, Cycle of Life.

Number of Pages: 144.

**ABSTRACT:** This work presents a proposal of a system to obtain indicator that allows the classification of Hospital Medical Equipment replacement priority as a supporting tool for the decision of Clinical Engineering structures. Nowadays, it's necessary that Clinical Engineering performs the management work of a Hospital Medical Technology with high quality and low cost, with awareness that the resources for investments in the health area are scarce, being necessary an adequate management. In this context, Clinical Engineering must be studying, searching and presenting methodologies and tools that allows the right kind of management for Hospital Medical Technology. The proposed system is divided in two modules. On the first module, cost parameters and estimated life-time are obtained for the Hospital Medical Equipment, trough a developed software tool. The second module consists in the utilization of the software WEIBULL , used on parameter survey of data failure patterns for Hospital Medical Equipment. With the obtained results, a logical function is applied and classifies the Hospital Medical Equipment for replacement priority. Obtained results also show the importance of having the indicator, obtained by replacement necessity, in the whole process of Hospital Medical Technology Management, considering Brazil's reality, where very often expired life-time Hospital Medical Equipment are still in use at Establishment Assistencial the Health.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIACÕES .....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Justificativa.....	3
1.2 Objetivos da Pesquisa.....	5
1.3 Metodologia.....	6
1.4 Estrutura da Dissertação.....	7
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Engenharia Clínica .....	8
2.1.1 Gestão e Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar .....	10
2.1.2 Engenharia Clínica no IEB-UFSC.....	13
2.1.3 Tecnologia Médico-Hospitalar .....	14
2.2 O Ciclo de Vida da Tecnologia .....	15
2.2.1 Visão do Usuário da Tecnologia Médico Hospitalar.....	15
2.2.2 Visão do Fabricante da Tecnologia Médico-Hospitalar .....	17
2.3 Indicadores .....	17
2.3.1 Objetivos dos Indicadores .....	17
2.3.2 Características de Indicadores .....	18
2.4 Sistemas de Informações.....	21
2.4.1 Definições de Informação, Dados e Sistema.....	21
2.4.2 Tipos de Sistemas de Informações para Auxílio na Tomada de Decisão.....	23
2.4.2.1 Sistemas de Informações Gerenciais (SIG) .....	23
2.4.2.2 Sistemas de Informações Estratégicos (SIE) .....	24
2.4.2.3 Sistemas de processamento de Dados ou Sistemas Transacionais (ST) .....	25
2.4.2.4 Sistemas de Apoio a Decisões (SAD).....	25
2.4.3 Ciclo de Vida dos Sistemas de Informação.....	25
2.4.3.1 Fases do ciclo de vida dos sistemas de informação .....	26
2.4.4 Sistema de Informações em Estrutura de Engenharia Clínica.....	27
2.4.4.1 Sistema de Gestão de Equipamentos Clínicos (CEMS).....	28
2.5 Metodologias para Definição de Substituição de Tecnologias na Área da Saúde.....	29
2.5.1 Obtenção de Alguns Fatores ou Atributos.....	29
2.5.1.1 Índice de Vida Útil.....	29

2.5.1.2 Custos de Manutenção Versus Custo de Aquisição .....	29
2.5.1.3 Tempo de Disponibilidade e Indisponibilidade do Equipamento .....	30
2.5.1.4 Valor Atual e Valor de Revenda de Equipamentos .....	30
2.5.2 Metodologia para Geração de Indicadores no Processo de Substituição de TMH.....	31
2.5.2.1 Metodologia Baseada em Planejamento de Substituição.....	32
2.5.2.2 Uma Fórmula Matemática Baseada em Árvore de Eventos para a Remoção de Equipamentos Biomédicos do Inventário Hospitalar .....	32
2.5.2.3 Método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).....	34
2.5.2.4 Metodologia Baseada no Fator MEL para Avaliação Econômica durante a Vida Útil de Equipamentos Médico-Hospitalares.....	35
2.5.3 Escolhas das Metodologias para Geração de Indicadores no Processo de Substituição de TMH.....	36
<b>3. PROPOSTA DE INDICADOR PARA APOIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE TMH.....</b>	<b>37</b>
3.1 Módulo I: Desenvolvimento do <i>Software</i> para Obtenção de Parâmetros de Vida Útil e Custos.....	38
3.1.1 Metodologia de Desenvolvimento.....	38
3.1.2 Levantamento dos Requisitos.....	40
3.1.3 Requisitos Funcionais.....	40
3.1.4 Requisitos não Funcionais.....	41
3.1.5 Modelagem do <i>Software</i> .....	41
3.1.6 Diagramas de Caso de Uso.....	41
3.1.7 Ferramentas Utilizadas .....	43
3.1.7.1 C ++ Builder .....	43
3.1.7.2 MySQL .....	44
3.1.7.3 MySQL Connector.....	44
3.1.8 Funções e Interfaces do <i>Software</i> Desenvolvido .....	44
3.1.8.1 Funções do <i>Software</i> .....	45
3.1.8.2 Interfaces do <i>Software</i> .....	46
3.2 Módulo II: Uso do <i>Software</i> Weibull® para Obtenção de Parâmetros de Falhas de EMH.....	57
3.2.1 Definição de Confiabilidade, Falha, Taxa de Falha e Probabilidade de Falha.....	57
3.2.2 O <i>Software</i> Weibull® .....	57
3.2.3 Configurando a Entrada de Dados no <i>Software</i> Weibull® .....	58
3.3 Função Lógica para Geração de Indicador de Classificação em Prioridade de Substituição .	60

<b>4. VALIDAÇÃO DO MÓDULO I E ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>64</b>
4.1 Metodologia de Validação dos Resultados.....	64
4.1.1 Formulação do Instrumento de Pesquisa .....	64
4.1.2 Estabelecimento da Base de Informações .....	65
4.1.3 Determinação da Composição da Amostragem.....	66
4.1.4 Pré-teste do Instrumento de Pesquisa .....	67
4.1.5 Resultados Obtidos com a Aplicação da Ferramenta de Pesquisa .....	67
4.2 Análise dos Dados .....	69
4.3 Estudo de Caso .....	74
4.3.1 Uso do Módulo I.....	75
4.3.2 Uso do Módulo II na Análise de Falhas .....	80
4.3.3 Aplicação de Função Lógica na obtenção de Indicador de Prioridade de Substituição.....	83
<b>5. TESTES E AVALIAÇÃO DO MÓDULO I .....</b>	<b>85</b>
5.1 Realização de Testes no Módulo I.....	85
5.2 Avaliação e Validação do Módulo I.....	86
5.2.1 Análise Geral da Aplicação da <i>Checklist</i> de Usabilidade.....	87
<b>6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>88</b>
6.1 Sugestões de Trabalhos Futuros .....	91
APÊNDICES .....	93
APÊNDICE A .....	94
APÊNDICE B .....	103
APÊNDICE C .....	106
APÊNDICE D .....	119
ANEXO A.....	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139

## Lista de Abreviações

ACCE	- <i>American College of Clinical Engineering</i>
BD	- Banco de Dados
CAUE	- Custo Anual Uniforme Equivalente
EAS	- Estabelecimento Assistencial a Saúde
EC	- Engenharia Clínica
EEC	- Estrutura de Engenharia Clínica
EMH	- Equipamento Médico-Hospitalar
gTMH	- Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar
GTMH	- Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar
HMT	- Hospital Medical Technology
HME	- Hospital Medical Equipment
IEB-UFSC	- Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina
IEEE	- <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
MEL	- <i>Maintenance Expended Limits</i>
SES-SC	- Secretaria do Estado da Saúde de Santa Catarina
SGBD	- Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	- <i>Structured Query Language</i>
TMBF	- Tempo Médio entre Falhas
TMH	- Tecnologia Médico-Hospitalar

## Lista de Figuras

<b>Figura 2.1:</b> Ciclo de gestão para a tecnologia médico-hospitalar .....	11
<b>Figura 2.2:</b> Sistema de gerenciamento do ciclo de vida de Tecnologia Médico-Hospitalar.....	12
<b>Figura 2.3:</b> Ciclo de uma tecnologia médico-hospitalar .....	15
<b>Figura 2.4:</b> Funções de sistemas de informações .....	22
<b>Figura 2.5:</b> Interação da informação no processo decisório.....	24
<b>Figura 2.6:</b> Ciclo de vida dos sistemas de informações .....	27
<b>Figura 2.7:</b> Árvore de eventos considerando as causas possíveis para substituição da tecnologia médico-hospitalar .....	33
<b>Figura 3.1:</b> Sistema proposto para obtenção de indicador classificado em prioridade de substituição .....	37
<b>Figura 3.2:</b> Modelo proposto para desenvolvimento do <i>software</i> .....	39
<b>Figura 3.3:</b> Diagrama de caso de uso nível zero .....	42
<b>Figura 3.4:</b> Arquitetura do aplicativo desenvolvido.....	45
<b>Figura 3.5:</b> Interface inicial do <i>software</i> .....	47
<b>Figura 3.6:</b> Interface de entrada de dados através de importação de registros de EMH .....	49
<b>Figura 3.7:</b> Interface do cálculo do índice de vida útil para aparelho de anestesia.....	50
<b>Figura 3.8:</b> Interface do cálculo do valor MEL para aparelho de anestesia.....	51
<b>Figura 3.9:</b> Ficha técnica de equipamento para aparelho de anestesia.....	52
<b>Figura 3.10:</b> Interface do cálculo do CAUE para aparelho de anestesia.....	53
<b>Figura 3.11:</b> Interface do relatório do índice de vida útil remanescente dos EMH.....	54
<b>Figura 3.12:</b> Interface da função tópicos de ajuda .....	55
<b>Figura 3.13:</b> Interface do tópico de ajuda descrevendo as funções do <i>software</i> .....	56
<b>Figura 3.14:</b> Escolha do tipo de dados a inserir no fólio de entrada de dados. Escolhido dados de tempo até a falha .....	58
<b>Figura 3.15:</b> Escolha do tipo de dados a inserir no fólio de entrada de dados. Escolhido dados de tempo até a falha, que permite informar o período, e a ocorrência ou não ocorrência de falha.....	59
<b>Figura 3.16:</b> Escolha do tipo de dados a inserir no fólio de entrada de dados. Escolhido formato livre .....	60
<b>Figura 4.1:</b> Gráfico das médias e desvios padrões de anos de vida útil (idealmente) de cada classe de equipamento, de acordo com a opinião dos entrevistados .....	70
<b>Figura 4.2:</b> Gráfico das médias e desvios padrões de anos de vida útil para cada classe de equipamento nos hospitais públicos de Florianópolis, de acordo com a opinião dos entrevistados	71
<b>Figura 4.3:</b> Médias e desvios padrões dos percentuais dos valores de equipamentos, máximo admissíveis em manutenção anual .....	72

<b>Figura 4.4:</b> Gráfico com percentuais de respostas dos entrevistados, sobre indicadores considerados importantes serem apresentados em ferramentas de apoio à decisão no processo de substituição de TMH.....	73
<b>Figura 4.5:</b> Gráfico com percentuais de respostas dos entrevistados, referente aos itens relevantes no momento de decisão de substituição de TMH.....	74
<b>Figura 4.6:</b> Ficha técnica para oxímetro de pulso, apresentando parâmetros para apoio a decisão no processo de substituição de TMH .....	77
<b>Figura 4.7:</b> Ficha técnica para oxímetro de pulso, apresentando parâmetros para apoio a decisão no processo de substituição de TMH .....	78
<b>Figura 4.8:</b> Ficha técnica para tomógrafo computadorizado, apresentando parâmetros para apoio a decisão no processo de substituição de TMH .....	79
<b>Figura 4.9:</b> Gráfico da confiabilidade do equipamento OXP007 em decorrência do tempo .....	81
<b>Figura 5.1:</b> Percentuais de itens satisfeitos e não satisfeitos pelo <i>software</i> desenvolvido segundo a aplicação da <i>checklist</i> de usabilidade .....	87



## Lista de Tabelas

<b>Tabela 2.1:</b> Características dos Indicadores.....	19
<b>Tabela 3.1:</b> Regras de prioridade de substituição para parâmetros considerados no processo de apoio a decisão em substituição de EMH.....	61
<b>Tabela 3.2:</b> Mapa de Karnaugh da lógica multi-valores de Post, com o conectivo “ $\wedge$ ” para as variáveis de classificação B, M e A.....	62
<b>Tabela 3.3:</b> Mapa de Karnaugh da lógica multi-valores de Post, com o conectivo “ $\vee$ ” para as variáveis de classificação B, M e A.....	62
<b>Tabela 4.1:</b> Levantamento de parâmetros de probabilidade de falha, taxa de falha, tempo médio entre falhas (TMBF), classificação das falhas ( $\beta$ ) e confiabilidade.....	80
<b>Tabela 4.2:</b> Parâmetros necessários na classificação de prioridade de substituição de EMH.....	83
<b>Tabela 4.3:</b> Parâmetros classificados em Baixa (B), Média (M) e Alta (A) prioridade de substituição.....	84

## Lista de Quadros

<b>Quadro 4.1:</b> Estimativa de profissionais disponíveis para aplicação dos questionários nos hospitais públicos de Florianópolis .....	66
<b>Quadro 4.2:</b> Estimativa da população total disponível para aplicação dos questionários nos hospitais públicos de Florianópolis.....	67
<b>Quadro 5.1:</b> <i>Checklist</i> utilizada na realização de testes no <i>software</i> desenvolvido, através da verificação dos requisitos funcionais do <i>software</i> .....	85

## 1. INTRODUÇÃO

A maioria das Estruturas de Engenharia Clínica (EEC) iniciou suas atividades há mais de 30 anos. Na Europa Ocidental e do Sul grande parte das EEC foram estabelecidas no final dos anos de 1970 e 1980, enquanto que na América Latina, em meados da década de 1980. Principalmente na América Latina, a Engenharia Clínica principiou os trabalhos oferecendo serviços de manutenção de Equipamento Médico-Hospitalar (EMH), e como parte de outros departamentos, esses serviços foram oferecidos para facilitar a gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar (TMH). Na América do Norte a Engenharia Clínica (EC) iniciou oferecendo serviços de física médica ou física, e bioengenharia na Austrália. Cada país possui uma hierarquia para prestação de contas das atividades realizadas pelas EEC, onde em alguns países as EEC, devem apresentar as atividades realizadas à administração do hospital, ao diretor do departamento de engenharia, gestor de plantas ou materiais e até mesmo ao diretor clínico do hospital (GLOUHOVA, 2004).

Todos os hospitais da América do Norte, dos países nórdicos e Austrália utilizam *softwares* de apoio à gestão da TMH, que na maioria dos casos é um produto comercialmente disponível. Isto oferece suporte para atualização de históricos dos EMH. No entanto, na América Latina a situação é diferente, onde um número relativamente pequeno de hospitais, aproximadamente 45%, utilizam *softwares* de apoio à gestão da TMH.

Equipamentos médico-hospitalares de suporte a vida e terapêuticos possuem idade menor que a idade de todas as outras categorias de equipamentos em todos os países. Entretanto, os hospitais da América Latina, estão equipados com aparelhos mais antigos, quando comparado à outros países.

Mais de 65% dos hospitais de todo o mundo possuem procedimentos escritos para a aquisição de EMH, que são baseados principalmente em diretrizes e padrões de associações e institutos, bem como na experiência individual. Na maioria dos casos, as EEC são consultadas nas compras de EMH. Nos países nórdicos e na Austrália, existe um nível de envolvimento das EEC na compra dos EMH, através de pré-consultas, incluindo equipamentos para laboratórios clínicos, equipamentos de imagem e radioterapia. As EEC costumam participar nas definições das especificações técnicas, nas avaliações das propostas, bem como nos processos de seleção final dos EMH a serem adquiridos pelos EAS (GLOUHOVA, 2004).

O papel do engenheiro clínico no Brasil mudou consideravelmente nas últimas décadas. Essa profissão, há pouco tempo reconhecida, é cada vez mais respeitada e apreciada. Muitos hospitais e fabricas possuem EEC composta por vários engenheiros clínicos. A EEC atua para minimizar a perda de recursos nos cuidados de saúde e gestão da tecnologia médico-hospitalar. Nesse contexto, engenheiros clínicos desempenham um papel fundamental na EEC, por exemplo, decidem qual a tecnologia específica e adequada para atender as necessidades clínicas, e recomendam a compra. Hoje, engenheiros clínicos trabalham com médicos, enfermeiros e administradores (BRITO, 2004).

Uma etapa importante do gerenciamento da TMH refere-se ao planejamento de substituição da tecnologia, tendo em vista que todo EMH chega a uma etapa de sua vida que a relação custo/benefício torna-se inadequada, devido à diminuição da confiabilidade, aumento de indisponibilidade e custos operacionais, comprometimento no desempenho das funções clínicas, mudança de regulamentos, ou simplesmente obsolescência. Nesses casos a substituição da TMH deve ser considerada. No entanto, deve-se tomar cuidado no momento da decisão de substituição da TMH, evitando decisões sem fundamentações consistentes, por exemplo, adquirir um novo EMH simplesmente por estar sendo vendido em uma conferência e considerar a tecnologia atual obsoleta, ou quando o EMH falhar em um momento crítico, mesmo que tenha sido confiável no passado, substituições nessas condições podem ser evitadas caso exista um planejamento sistemático de prioridade de substituição, avaliando vários aspectos da TMH (CLARK, 2004).

A análise de dados é um dos aspectos chave para um planejamento adequado da substituição da TMH, sendo o ponto de partida pelo histórico dos EMH, atualizado através de ordens de serviços realizadas para os EMH, a fim de monitorar e levantar indicadores de apoio à decisão (CLARK, 2004). Nesse contexto, o presente trabalho de pesquisa oferece um apoio à decisão no momento de substituição da TMH, através de um sistema composto por dois módulos, o levantamento de dados de vida útil e custos (Módulo I), utilizando o software desenvolvido; levantamento de dados de falhas, fazendo uso do software Weibull® (Módulo II). Aplicando todos os parâmetros obtidos em uma função lógica que classifica os EMH em baixa, média e alta prioridade de substituição, com isso é possível obter quais EMH do Estabelecimento Assistencial a Saúde (EAS) necessitam ser substituídos, sendo a avaliação com base em multi-parâmetros, desta forma, evitando que a tomada de decisão de substituição seja realizada considerando apenas um parâmetro, em contextos que permitem levantar outros indicadores de apoio à decisão.

## 1.1 Justificativa

A Engenharia Clínica é uma das principais colaboradoras na qualificação da assistência médica através do desenvolvimento de novas tecnologias ou da melhoria das já existentes. Conforme definição do *American College of Clinical Engineering* (ACCE), “O ENGENHEIRO CLÍNICO é aquele profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, para proporcionar uma melhoria nos cuidados dispensados ao paciente” (ANVISA, 2004).

O avanço tecnológico tem gerado novas técnicas e novos produtos com o objetivo de melhorar a qualidade de vida do ser humano. A área médica, por ser um dos fatores mais significativos desse aumento da qualidade de vida, beneficia-se consideravelmente desse processo evolutivo, elaborando meios cada vez mais eficazes, menos invasivos e mais seguros na busca da saúde humana. Sem dúvida, é nessa área que se tem a junção do maior número de tecnologias (óptica, microeletrônica, robótica, informática, bioquímica, biofísica, etc.) aplicadas para o benefício do homem, com o objetivo de oferecer um tempo mais prolongado de vida com qualidade desfrutando da maior saúde possível (ANVISA, 2004).

Esse avanço tecnológico possibilitou soluções em benefício à vida, em situações extremas a tecnologia é fundamental para o suporte à vida, que pode ser melhor caracterizada na afirmação a seguir:

*“Em diversas rotinas terapêuticas, os equipamentos acompanham a avaliação da eficácia do método empregado, auxiliando a tomada de decisão, podendo ainda, o próprio equipamento ser a base do tratamento aplicado. Em situações extremas, o equipamento serve como elemento de sustentação à vida humana”* (BESKOW, 1999).

Com essa afirmação fica evidenciada a necessária confiabilidade dos procedimentos médico-hospitalares, bem como o adequado funcionamento das tecnologias utilizadas nos procedimentos médicos, para isso faz-se necessário um acompanhamento do ciclo de vida dessas tecnologias, avaliando sua resposta em benefício à saúde humana (BESKOW, 1999; CRUZ, 2002).

Identificar fatores que possam vir afetar os procedimentos médicos dos usuários é de suma importância, tendo em vista que certas falhas podem ser irreversíveis, para tal

avaliação é proposto o desenvolvimento de um sistema de auxílio a identificação da necessidade de substituição de tecnologias, possibilitando as entidades assistenciais à saúde realizar uma previsão de necessárias substituições de tecnologia (BESKOW, 1999).

Objetivando como resultado um maior controle nos procedimentos administrativos e técnicos, evitar transtornos como falta de atendimentos aos pacientes por ausência de tecnologia em funcionamento e reduzir gastos com manutenção é fundamental identificar o momento da necessidade de substituição da TMH. Isso é possível ser verificado através dos históricos dos EMH, onde muitas vezes indicam que é mais viável substituir a tecnologia ao invés de tentá-la mantê-la, através de sucessivas manutenções devido às chamadas falhas fim de vida útil (WINTERBOTTOM, 1997).

Dentro dos procedimentos médico-hospitalares, realizar uma avaliação da efetividade da tecnologia é o primeiro passo em uma tomada de decisão de substituição de tecnologia na área da saúde. Assim, deve-se ter condições de determinar em que grau, quantitativamente, uma decisão de substituição da TMH implicará no Estabelecimento de Assistência a Saúde, levando em consideração questionamentos, tais como: melhora a disposição dos funcionários? Proporciona maior comodidade? Proporciona melhores relações com a comunidade? Melhora a competência em relação à outras instituições? (BESKOW, 1999).

Pesquisas revelam que investimentos em sistemas computadorizados de gestão de tecnologia médico-hospitalar representam um mercado de aproximadamente \$ 100 milhões anualmente, sendo que 35% dos investimentos são realizados por usuários que estão adquirindo esses sistemas pela primeira vez, e 65% para atualizarem ou substituírem seus sistemas de gestão de tecnologia (CRUZ, 2007).

O desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão com base em metodologias para definição de substituição de tecnologias na área da saúde pode promover o gerenciamento da tecnologia, que é a execução e controle do funcionamento da tecnologia, bem como oferecer um suporte a decisão de quando se deve descartar uma tecnologia médico-hospitalar (BESKOW, 1999; TAVARES, 1996).

## 1.2 Objetivos da Pesquisa

Na gestão de tecnologia, atualmente é fundamental gerar informações e indicadores do processo tecnológico, vinculados ao ciclo de vida. A Engenharia Clínica tem dentro de suas atribuições estudar sobre substituição da tecnologia, como parte do ciclo de vida da TMH. Para apoiar as decisões de substituição da tecnologia é necessário ter indicadores adequados sobre o ciclo de vida da tecnologia. Este trabalho apresenta uma contribuição de indicador de substituição como ferramenta de gerenciamento em estruturas de Engenharia Clínica.

### 1.2.1 Geral

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema que possa contribuir na metodologia para definição de indicadores de substituição de tecnologias médico-hospitalares. Esse sistema visa auxiliar o engenheiro clínico no gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar, gerando indicador de classificação de prioridade de substituição.

### 1.2.2 Específicos

1. Estudar as fases que compõem o ciclo de vida dos equipamentos médicos hospitalares, de modo que seja possível identificar a fase que se encontra o EMH em avaliação;
2. Estudar meios com uso de conceitos e métodos de Engenharia Clínica que possam beneficiar a gestão da tecnologia, onde sejam buscadas na bibliografia metodologias que permitam obter parâmetros de apoio à decisão em substituição de TMH;
3. Desenvolver um sistema informatizado de apoio à decisão em processos de gestão da tecnologia médico-hospitalar, baseado em metodologias de apoio a decisão em substituição da TMH, desta forma, a partir de parâmetros obtidos

pelo software seja possível contribuir na geração de um indicador final de priorização de substituição de TMH;

4. Implementar um indicador como proposta final de apoio à decisão em substituição de TMH, de forma que sejam considerados múltiplos parâmetros, obtidos através do processamento de metodologias encontradas na bibliografia.

### 1.3 Metodologia

A metodologia científica empregada na organização deste estudo constituiu na sistematização das informações pertinentes ao tema, visando propiciar um amadurecimento gradativo acerca do tema, de modo que as conclusões possam dela ser extraídas.

A primeira etapa consistiu na revisão bibliográfica sobre Engenharia Clínica, Sistemas da Informação, Indicadores e Metodologias de Apoio a Decisão em Substituição de TMH, visto que o correto entendimento desses aspectos teóricos é fundamental para a compreensão e realce da importância do tema na Engenharia Clínica.

Com o amadurecimento relacionado aos conceitos levantados na fundamentação teórica, bem como após escolhidas as ferramentas de programação, foi realizado o projeto e desenvolvimento de um software para obtenção de parâmetros de custos e vida útil de EMH. Após essa etapa foi realizado um projeto de pesquisa em campo, que foi submetido ao Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Catarina, o qual visou aplicar um questionário de verificação das informações de substituição e ciclo de vida, existentes nos atores do sistema de saúde, coletando dados sobre a opinião dos profissionais envolvidos no uso e gerenciamento dos EMH, deste modo, o levantamento dos dados foi realizado com o corpo clínico (médicos e enfermeiros) e corpo técnico (engenheiros clínicos). Paralelamente foram realizadas avaliações do software desenvolvido, aplicando *checklist* dos requisitos funcionais com profissionais da área de Engenharia Clínica, *checklist* de usabilidade e o guia prático do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).

Logo da aplicação da pesquisa de campo, realizou-se um estudo de caso em EEC, onde foi identificada a necessidade do levantamento de outros parâmetros, obtidos através da análise de dados de falhas de EMH. Desta forma, foi estruturado um sistema composto por dois módulos, contendo parâmetros de vida útil e custos (módulo I), e parâmetros de



dados de falhas (módulo II), sendo todos os parâmetros classificados em níveis lógicos e aplicados em uma função lógica para priorização de substituição de EMH.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

Aborda-se, no Capítulo 2, os princípios fundamentais da Engenharia Clínica, uma definição de Sistemas de Informação, Tecnologia Médico-Hospitalar, Indicadores e apresentação de algumas Metodologias de Apoio a Decisão em Substituição de EMH.

O Capítulo 3 apresenta a proposta de geração de indicador classificado em priorização de substituição de EMH, onde para tal objetivo foi desenvolvido um software para levantamento de parâmetros de custos e vida útil de EMH. Utilizou-se do *software* Weibull® para obtenção de parâmetros de falhas de EMH.

Com objetivo de validar os resultados obtidos com a ferramenta desenvolvida, foi aplicada uma pesquisa de campo, onde foram obtidos 99 questionários válidos, os quais foram processados e comparados os resultados com os parâmetros do software desenvolvido. Também foram aplicados alguns EMH na função lógica elaborada, assim obtendo a classificação de prioridade de substituição para os EMH da base de teste. Esses temas são abordados no Capítulo 4.

O Capítulo 5 foi destinado à abordagem da avaliação e validação do software desenvolvido, a partir da *checklist* dos requisitos funcionais do *software*, *checklist* de usabilidade e do guia prático do IEEE.

Finalizando, o Capítulo 6 apresenta as conclusões da utilização da ferramenta desenvolvida, do modelo proposto, e sua contribuição para a Engenharia Clínica, fazendo as principais considerações e ressalvas a respeito do modelo adotado, bem como sugestões para trabalhos futuros.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Engenharia Clínica**

Engenharia Clínica é uma área da Bioengenharia que se empenha em realizar a gestão tecnológica hospitalar, idealizando alcançar uma assistência de excelência, a custos aceitáveis, através da aplicação coerente e eficiente da TMH (AVELAR, 2006).

A Engenharia Clínica pode ser definida como uma área da engenharia biomédica, onde as atividades de pesquisa se iniciaram a partir de trabalhos clínicos orientados e conduzidos em hospitais, com a presença de componentes tecnológicos. Outra definição de Engenharia Clínica pode ser considerada como o gerenciamento efetivo e seguro da tecnologia médico-hospitalar e a aplicação da engenharia biomédica, para a promoção da assistência à saúde. (GUEDERT, 2006; TIBOLA, 2006).

Segundo Moraes & Garcia (2004) “*a Engenharia Clínica realiza atividades no ambiente de assistência à saúde por meio de trabalho humano organizado, em conjunto com outros profissionais da área da saúde*”. Estas atividades têm por objetivos conceitos de qualidade e promoção da saúde, com objetivo, a adequação ao uso como indicador de qualidade e também, auxiliar a melhoria contínua no ambiente de assistência à saúde, contribuindo para alavancar o sistema de saúde.

O ACCE - *American College of Clinical Engineering* definiu a Engenharia Clínica sendo “uma profissão que auxilia e promove o cuidado, aplicando habilidades de engenharia e gerenciamento para a tecnologia de assistência médica”. Esta ampla definição tem sido aceita por conceituadas organizações, como: *Healthcare Technology Certification Commission; United States Armed Forces; Pan American Health Organization*; entre outras.

A Engenharia Clínica inicialmente focava somente o recebimento, inspeções de rotina, onde a maior parte de suas atividades estava voltada à manutenção dos equipamentos biomédicos. Porém a Engenharia Clínica sendo a área que acompanha todo o ciclo de vida dos equipamentos, não deve apenas focar em manutenção de equipamentos biomédicos, mas deve interagir no processo de aquisição, treinamento, manutenção, processo de substituição de tecnologias, gerenciamento dos equipamentos, entre outras atividades relacionadas aos equipamentos (MELO 2006).

Atualmente ainda existem muitas deficiências no processo de substituição de tecnologias, devido a uma série de fatores, dentre os quais podemos destacar: a inexistência ou ineficiência de dados referentes aos equipamentos; a falta de histórico de intervenções corretivas e preventivas nos equipamentos; e ausência de ferramentas destinadas a oferecer um aporte ao processo de identificação e previsão de substituição de tecnologias. Este trabalho de pesquisa vem de encontro com essas carências identificadas, com o objetivo de conscientizar os profissionais da importância de possuir uma metodologia agregada a uma ferramenta de apoio a decisão no processo de identificação e previsão de substituição de equipamentos médico-hospitalares. Onde objetiva auxiliar até mesmo em estimativas de custos em manutenção por período de tempo, dessa forma podendo oferecer suporte no momento de contratação de serviços terceirizados e viabilidade de aquisição (ANTUNEZ, 2000; ALBORNOZ, 2006).

Com o rápido avanço tecnológico estão sendo geradas novas técnicas e novos produtos com o objetivo da melhoria na qualidade de vida do ser humano. A área médica, por ser tratar de uma das principais áreas responsáveis por esse aumento da qualidade de vida, beneficia-se significativamente desse processo evolutivo, desenvolvendo técnicas cada vez menos invasivas e mais seguras na promoção da saúde humana. Desta forma possibilitando aos indivíduos viver mais, com o mínimo de sofrimento em tratamentos médicos e desfrutar de maior saúde possível (ANVISA, 2004).

Apesar desse grande avanço tecnológico, os custos, relacionados principalmente com equipamentos médicos, são consideravelmente altos. Esses custos mantêm-se elevados, mesmo quando a tecnologia já está difundida. Desta forma, o objetivo é alcançar sempre o menor custo com o maior benefício possível, nesse contexto entra em cena o profissional responsável por gerenciar estas inovações tecnológicas, dentro do sistema de saúde, que é denominado engenheiro biomédico ou engenheiro clínico.

Um dos principais objetivos da EC é fazer com que a tecnologia médico-hospitalar seja utilizada da melhor maneira possível, de modo a garantir alta qualidade e segurança aos pacientes e profissionais de saúde, onde sempre que possível obter redução de custos (FERREIRA, 2001).

O Engenheiro clínico iniciou suas atividades devido à necessidade do gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar, em virtude do aumento do uso da tecnologia em serviço a saúde humana. Cada vez mais o engenheiro clínico torna-se componente presente e atuante no sistema de assistência médica. Atua com objetivo de gerenciar de forma segura e efetiva

a tecnologia médico-hospitalar. Assim como em muitos países desenvolvidos, no Brasil, a atuação dos profissionais de Engenharia Clínica não se limita apenas à manutenção, mas a gestão e gerenciamento da TMH (AVELAR, 2006).

À medida que a Engenharia Clínica está ganhando reconhecimento pela sua importância no sistema de saúde, principalmente nos últimos anos, que muitas atribuições vêm sendo apresentadas ao engenheiro clínico, tais como, gerenciamento de inventário, atendimento a normas, rastreamento de dispositivos, análise de riscos, treinamento na operação dos equipamentos, análise das causas de problemas e consequências diversas, e análise no processo de substituição de tecnologias. Isso retrata que a presença do engenheiro clínico é cada vez maior no sistema de saúde, o que consolida a área da Engenharia Clínica e da Engenharia Biomédica como um todo, implicando diretamente um maior comprometimento na prestação de serviços com recursos humanos cada vez mais capacitados. Os profissionais de Engenharia Clínica necessitam atualizarem-se com o conhecimento de novas tecnologias de mercado, bem como se preocupar em oferecer uma integração ainda maior entre os profissionais da área da saúde e corpo técnico, pois assim todos serão beneficiados com o trabalho em equipe.

## 2. 1.1 Gestão e Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar

A Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar (GTMH) e o Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar (gTMH) são conceitos que se complementam, ambos devem ser discutidos com objetivo de alcançar a qualidade e promoção de saúde.

GTMH pode ser definido como: *“Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar é a abordagem sistêmica dos conhecimentos de engenharia e administração aplicados ao processo tecnológico envolvido na assistência à saúde com intuito de buscar a adequação ao uso e a melhoria contínua da tecnologia médico-hospitalar durante todo o seu ciclo de vida”*. Com isso, pode-se verificar que o GTMH aplica-se as ações estratégicas em uma abordagem mais geral. O gTMH pode ser definido como o Gerenciamento da Tecnologia Médico-Hospitalar trabalhando na perspectiva micro em relação ao GTMH, que atua diretamente para atender a atividade necessária na assistência à saúde, ou seja, está focado em adequar o uso da TMH, gerenciando, desenvolvendo e aplicando ações para utilizar da melhor forma os recursos tecnológicos disponíveis e direcionado as ações operacionais, no sentido de “como fazer” (Moraes & Garcia, 2004).

A Figura 2.1 representa o ciclo de gestão proposto para a tecnologia médico-hospitalar.

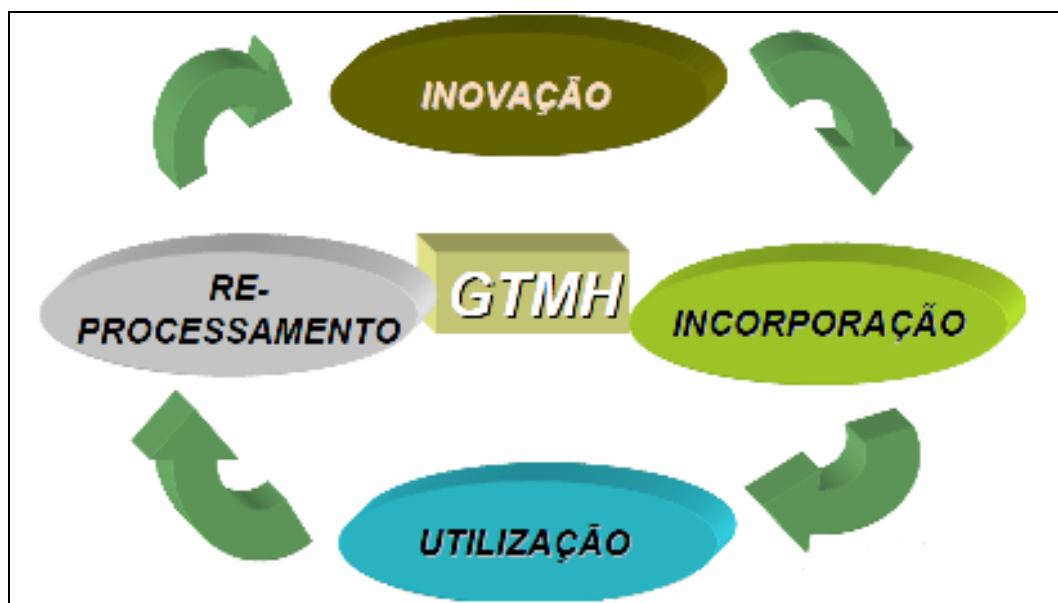


Figura 2.1 - Ciclo de gestão para a tecnologia médico-hospitalar (Modificado de Moraes & Garcia, 2004)

O ciclo de gestão do ponto de vista da Engenharia Clínica, mostra que o GTMH está presente em todas as fases do ciclo de vida da Tecnologia Médico-Hospitalar, buscando sempre encontrar soluções adequadas em cada nível do ciclo de vida que a tecnologia encontra-se, desta forma pode-se verificar que as ações do GTMH e gTMH são complementares, onde de forma macro tem-se o GTMH aplicando ações mais genéricas, e o gTMH aplicando ações diretas na iniciativa de “como fazer” na resolução de ações específicas, para assim oferecer um aporte completo ao sistema de saúde em nível de Tecnologia Médico-Hospitalar.

A Figura 2.2 apresenta um modelo proposto por Besko (1999) para o gerenciamento do ciclo de vida de equipamentos médico-hospitalares, onde foi adicionado um processo pré-definido denominado “*Utilização da Ferramenta de Apoio a Decisão em Substituição de TMH*”.

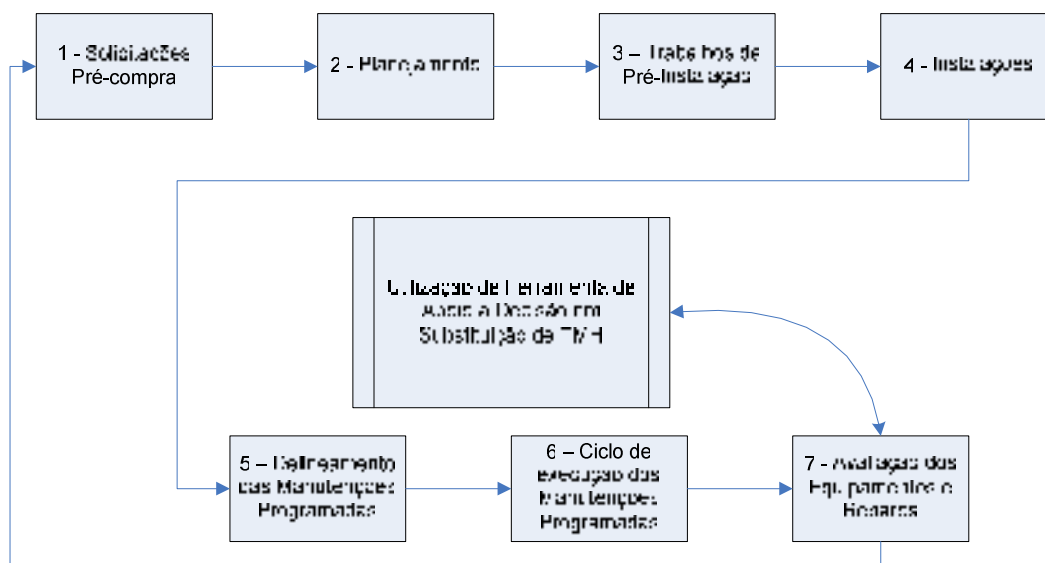


Figura 2.2 – Sistema de gerenciamento do ciclo de vida de Tecnologia Médico-Hospitalar (Modificado de ALBORNOZ, 2000).

Na Figura 2.2 é possível identificar que o gerenciamento pode ocorrer em várias etapas, cada qual com sua importância, seja para o fornecedor ou para o usuário do equipamento. É importante salientar que o objetivo do processo “*Utilização da Ferramenta de Apoio a Decisão em Substituição de TMH*” é auxiliar o tomador de decisão na avaliação dos equipamentos, seja para verificar os custos máximos admissíveis em manutenção por período de tempo, ou para identificar a necessidade de descarte por obsolescência.

Isso vem de encontro com muitos problemas identificados por engenheiros clínicos e administradores de TMH, pois a Engenharia Clínica, principalmente no Brasil, ainda está muito deficiente de ferramentas de apoio de decisão no momento de substituição de TMH, o que mostra que existem muitas dificuldades em identificar a real necessidade de descartar equipamentos médico-hospitalares. A realidade brasileira ainda está muito voltada em manter funcionando o equipamento sem muitos critérios para justificar seu conserto. Isso se deve muito a fatores econômicos e a procedimentos burocráticos, principalmente na rede pública de saúde, onde muitas vezes é mais “rápido” obter a aprovação de uma manutenção corretiva, em lugar de uma aquisição, mesmo que os valores da manutenção corretiva sejam elevados. Porém a existência de ferramentas de apoio à decisão no processo de substituição de TMH visa trazer um estímulo ao processo de Gestão e Gerenciamento dos equipamentos médico-hospitalares, no momento de

substituição de TMH, onde seja promovida uma maior preocupação no sentido de justificar as manutenções sucessivas (ANTUNEZ, 2000).

### 2.1.2 Engenharia Clínica no IEB-UFSC

A Engenharia Clínica do IEB-UFSC desde o início de suas atividades em 1987, vem aperfeiçoando-se e consolidando-se na gestão da tecnologia médico-hospitalar almejando o uso adequado e coerente das ferramentas tecnológicas disponíveis em benefício da Assistência à Saúde. Com objetivo final, conceder mais qualidade aos serviços médicos prestados aos pacientes. A área de Engenharia Clínica do IEB-UFSC também tem como objetivo a formação de recursos humanos qualificados e aplicação do conhecimento adquirido no desenvolvimento e Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar. Desta forma, promovendo benefícios à saúde, melhoria na qualidade de vida aos usuários do sistema de saúde, além de contribuir com o desenvolvimento tecnológico. Através do Centro de Gestão e Desenvolvimento de Tecnologia Médico-Hospitalar - CEGED-TMH, a área estuda e implementa métodos para o gerenciamento, o controle e a manutenção das tecnologias de uso médico. Assim possibilitando melhor aproveitamento dos recursos financeiros, tecnológicos e humanos, com ações voltadas à GTMH, atuando de forma significativa em pesquisas, bem como desenvolvendo assessorias para dimensionamento de tecnologia, avaliação técnica de equipamentos médico-hospitalares, treinamento especializado, projetos arquitetônicos hospitalares dentre outras atividades.

Muitos trabalhos de pesquisa foram e estão sendo conduzidos sob a orientação do coordenador da Engenharia Clínica do IEB-UFSC entre elas, pesquisas voltadas a Definição de Procedimentos para Levantamento de Produtividade e Eficiência em Serviços de Manutenção de EEM (DE ROCCO, 1998), Planejamento Estratégico para Substituição de Tecnologias na Área da Saúde (ANTUNEZ, 2000), Proposta de Implementação de Indicadores em Estruturas de Engenharia Clínica (FERREIRA, 2001), Estratégia de Gestão de Tecnologia Médico-hospitalar no *Home Care* AVELAR (AVELAR, 2006), bem como desenvolvimento de *softwares* para apoio ao gerenciamento de tecnologias médico-hospitalares entre diversos outros projetos desenvolvidos pela Engenharia Clínica do IEB-UFSC.

Em relação ao estudo do ciclo de vida e substituição de TMH, foram desenvolvidos até o momento os trabalhos: “*Determinação do Ciclo de Vida Útil de Equipamentos*

*Eletrômédicos*” (ALBORNOZ, 2000) e *“Planejamento Estratégico para Substituição e Incorporação de Tecnologias na Área de Saúde”* (ANTUNEZ, 2000), desta forma, este trabalho apresenta-se como uma continuidade de outros já realizados, de modo a consolidar o apoio no processo de decisão em substituição de TMH, sendo essa uma etapa importante no ciclo de vida da TMH, e deve ser tratada com atenção, pois decisões erradas podem trazer sérios danos ao sistema de saúde, como riscos aos usuários e pacientes, bem como prejuízos financeiros, sendo isso um fator agravante devido que os recursos destinados à saúde estão cada vez mais escassos.

### 2.1.3 Tecnologia Médico-Hospitalar

Pela definição de Moraes & Garcia (2004), TMH são equipamentos médico-hospitalares, insumos, procedimentos, normas correlatas e todos os métodos técnicos que se aplicam no ambiente de assistência à saúde, envolvendo o respectivo equipamento médico-hospitalar, assim como a infra-estrutura adequada para o seu funcionamento eficiente, eficaz e seguro por todo o ciclo de vida do equipamento.

Os EMH podem ser também definidos como o *“Conjunto de aparelhos, máquinas e acessórios que compõem uma unidade assistencial, onde são desenvolvidas ações de diagnose e terapia, atividades de apoio, infra-estrutura e gerais”* (BRASIL, Ministério da Saúde, 1995).

De acordo com as suas especificidades, os EMH englobam grande parte de todos os equipamentos indispensáveis ao funcionamento da estrutura de assistência à saúde, que podem ser divididos em (BRASIL, Ministério da Saúde, 1995):

- Equipamentos médico-assistenciais: aqueles que realizam ações de diagnose e terapia (aparelhos Raios-X, tomógrafo, estetoscópio, desfibrilador, ventilador pulmonar e outros);
- Equipamentos de apoio: conjunto de máquinas e aparelhos que funcionam como suporte das atividades da área assistencial: (lavanderia, farmácia, central de esterilização etc.);
- Equipamentos de infra-estrutura: equipamentos e sistemas destinados a dar suporte ao funcionamento adequado ao EAS (central de gás, central de ar comprimido e ar condicionado, incineradores, caldeira etc.);



- Equipamentos gerais: conjunto de móveis e utensílios de uso geral e não específico do ambiente hospitalar (sistema de comunicação, telefonia e proteção contra incêndio).

No contexto deste trabalho, tecnologia médico-hospitalar refere-se a equipamentos médico-assistenciais, tendo em vista que seu conceito e classificação é mais abrangente e o objetivo do trabalho é avaliar equipamentos médico-assistenciais.

## 2.2 O Ciclo de Vida da Tecnologia

### 2.2.1 Visão do Usuário da Tecnologia Médico Hospitalar

Um estudo completo do ciclo de vida da tecnologia médico-hospitalar é necessário para identificar em qual parte do mesmo se encontra a tecnologia a ser incorporada ou substituída no EAS. Os tomadores de decisões deverão possuir base suficientemente capaz para identificar a verdadeira necessidade de substituição da tecnologia, fundamentação essa que pode ser conseguida quando se conhece em qual fase do ciclo de vida a tecnologia encontra-se, que pode ser observada na Figura 2.3, onde consta as fases do ciclo de vida da tecnologia médico-hospitalar (COHER, 1995).

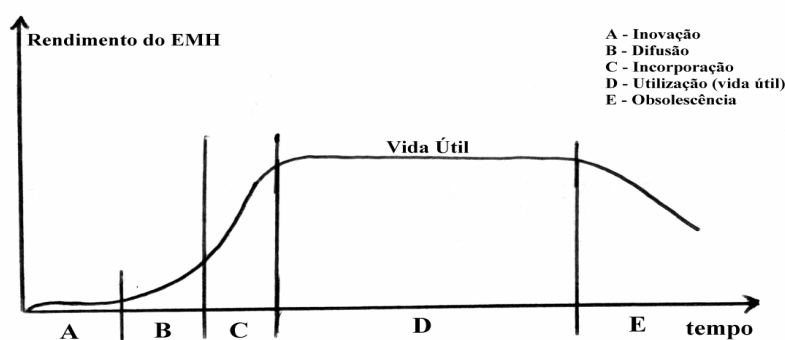


Figura 2.3 - Ciclo de uma tecnologia médico-hospitalar. (ALBORNOZ, 2000)

A seguir serão descritas as fases que compõe o ciclo de vida das tecnologias médico-hospitalares.

- **A - Inovação:** Esta fase inicia com a invenção de um produto (EMH), e compreende o período de projeto, elaboração de protótipo e finaliza-se no momento da primeira utilização prática (ALBORNOZ, 2000);
- **B - Difusão:** Após o lançamento de uma tecnologia chegar ao final da etapa de inovação, tem-se o início da fase da difusão, onde a tecnologia já está na forma de equipamento. Nesta fase os administradores de tecnologias (Engenheiros clínicos e/ou administradores de EAS) devem tomar cuidado ao adquiri-las, pois os fabricantes no objetivo de vender seus produtos tentam convencer para a aquisição. Porém, nesta fase a tecnologia pode sofrer alterações técnicas devido à possíveis ocorrências de baixo desempenho identificadas somente após um tempo de uso (ALBORNOZ, 2000; COHER, 1995);
- **C - Incorporação:** Período indicado para aquisição da tecnologia, visto que, até sua instalação e treinamento dos usuários, estará iniciando a fase de maturidade do mesmo. Com isso, tanto o equipamento, como o usuário, estarão na plenitude de seu rendimento; evitando assim, possíveis falhas e indisponibilidades do atendimento (PANERAI, 1990);
- **D - Utilização:** Fase em que a tecnologia está totalmente consagrada e, se bem utilizada, não apresentará riscos aos usuários e pacientes. O correto gerenciamento de uma tecnologia médico-hospitalar deve ampliar ao máximo este período, tendo conseqüentemente o prolongamento da vida útil da tecnologia (ALBORNOZ, 2000);
- **E - Obsolescência:** Toda tecnologia médico-hospitalar possui uma função clínica a cumprir, a avaliação se a mesma encontra-se cumprindo a função esperada ou se há outras tecnologias que a superem é necessária para a tomada de decisão de substituição de novas tecnologias (ANTUNEZ, 2000).

## 2.2.2 Visão do Fabricante da Tecnologia Médico-Hospitalar

O objetivo de toda empresa é gerar lucro, com isso todos seus produtos ou serviços devem ser vendidos a determinados grupos de clientes, com base nisso os fabricantes de tecnologias médico-hospitalares consideram um EMH um produto que deve ser comercializado.

No contexto empresarial, o ciclo de vida do produto possui quatro estágios distintos, que são chamados de Fases do Ciclo de Vida do Produto, e são citados como:

- **Introdução:** Nesta fase o produto EMH não está divulgado no mercado. A principal característica desta fase é o lento crescimento nas vendas, comparados com os altos investimentos de lançamento do produto (ALBORNOZ, 2000);
- **Crescimento:** Fase onde o produto encontra-se em fácil aceitação pelo mercado, e por consequência há aumento nos lucros e pequena diminuição dos custos de lançamento (ANTUNEZ, 2000);
- **Maturidade:** Este período é o mais longo, devido o mercado está consciente da existência do produto. Nesta fase os lucros são consolidados, pois as vendas crescem rapidamente sem uma significativa redução dos preços (PANERAI, 1990);
- **Declínio:** Esta é a última fase, viável do produto, pois é visível a forte queda das vendas e o desaparecimento dos lucros. A empresa deve inserir uma nova tecnologia no mercado para ser sua nova fonte de renda. De modo geral o declínio ocorre por obsolescência tecnológica ou de uso (ALBORNOZ, 2000).

## 2.3 Indicadores

### 2.3.1 Objetivos dos Indicadores

Indicadores de referência (*Benchmark*) são ferramentas que possibilitam avaliar as atividades de manutenção na engenharia clínica, deste modo, pode-se conhecer e comparar

os reais custos e desempenho. O termo *Benchmark* foi referenciado formalmente nos Estados Unidos no final da década de 1970, apresentada pela empresa Xerox. Na época foi interpretada como uma reação norte-americana aos japoneses, devido aos mesmos terem sofrido uma crescente perda de mercado, tanto em nível interno e externo. Não existe uma tradução em português do termo *Benchmark* que expresse com fidelidade seu significado, uma aproximação adotada pela Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade é “referenciais de excelência” (COHER, 1995; CAMP, 1989).

A utilização de indicadores envolve um longo processo, no caso de manutenção de equipamentos eletromédicos, em avaliar o que existe de melhor e que serve como referencial para novas descobertas. Os indicadores possibilitam um constante melhoramento nos processos internos de uma Estrutura de Engenharia Clínica. Permite conhecer as reais condições de toda a estrutura, e desta forma buscar meios para aperfeiçoar os pontos favoráveis e buscar meios para sanar os desfavoráveis a organização, objetivando a melhoria da qualidade de serviços por meio de avaliações, tomada de decisões e implantação de ações preventivas, bem como corretivas.

A importância do uso de indicadores está na tomada de decisões das EEC como ferramenta para realizar um procedimento adequado de monitoração e avaliação interna, de modo que seja possível visualizar todos os custos envolvidos para manter a tecnologia em condições plenas de utilização. O uso de indicadores de referência possibilita às EEC verificar suas reais condições para que possam, desta forma, fazer analogias a outras EEC almejando ser competitiva, realizando seus trabalhos com qualidade, baseada em indicadores de referência (DE ROCCO, 1998).

### 2. 3.2 Características de Indicadores

Um indicador deve ser uma variável bem definida, fácil de ser medida, objetiva baseada em conhecimentos passados (através de históricos) e atuais relacionados à estrutura, processo ou resultado de serviços que se deseja investigar. A validade de um indicador está baseada na medição precisa do conceito proposto a medir. Na Tabela 2.1 são apresentadas resumidamente características gerais dos indicadores (COHER, 1995; DE ROCCO, 1998).

Tabela 2.1 – Características dos Indicadores

<b>Características</b>	<b>Descrição</b>
Bem Definidos	Deve existir uma definição precisa e consistente, de modo que os coletores de dados tenham conhecimento exato das informações que devem ser coletadas para um determinado indicador.
Objetivos	Devem ser reais sem qualquer distorção, seja por opiniões, sentimentos pessoais ou por conceitos pré-definidos.
Mensuráveis	Um indicador deve ser mensurável, pois somente medindo pode-se saber se mudanças causaram melhorias.
Baseado em conhecimento passado e atual	Devem-se conhecer dados passados e atuais para geração de um indicador.
Válido	Deve possuir uma relação direta a estrutura, processo ou resultado que está medindo.
Fácil visualização do Processo	Devem ser compactos para sua visualização, mas sem deixar de apresentar todo seu contexto de significado.
Viáveis	A existência de informações necessárias para geração do indicador.

Como apresentado na Tabela 2.1 tem-se algumas características que são essenciais para geração de um indicador, de modo que ele seja útil e, fundamentado em informações concretas envolvidas no processo ao qual está inserido. Dentre as características apresentadas podemos verificar a importância dos objetivos dos indicadores que devem ser reais sem qualquer distorção, de modo que não afete os resultados ao qual ele é proposto a medir, isso muitas vezes é um problema nas EEC. A imparcialidade pode ser difícil de alcançar, onde os seres humanos possuem uma tendência a influenciarem-se por determinadas situações ou até mesmo por condições emocionais, e levando opiniões próprias aos dados para processar os resultados dos indicadores. Outra característica que merece ser salientada é a forma de visualização dos indicadores, pois caso seja apresentada de forma complexa, com muitas informações, que até mesmo não seja representativa para o objetivo idealizado em determinado processo, poderá confundir o tomador de decisão e até mesmo induzi-lo a uma interpretação equivocada em relação a que foi proposta. Desta forma levando o engenheiro clínico/administrador da EEC a uma decisão distorcida da qual deveria ser tomada (FERREIRA, 2001).

Resumidamente, um indicador idealizado deve ser fácil de medir e apresentar seus resultados de forma compacta, ser consistente com o processo que está medindo, expressar realidade, não sendo distorcido por nenhum motivo, e bem definido. Exemplos de indicadores utilizados em Estruturas de Engenharia Clínica são indicadores de produtividade como Horas Produtivas por Horas Disponíveis, que são importantes para determinar a produtividade de uma determinada EEC, em determinado período de tempo, como foi proposto por Ferreira (2001).

O ambiente hospitalar é complexo, com muitos equipamentos e vários profissionais envolvidos entre médicos, enfermeiros, engenheiros e técnicos. Isso justifica de certa forma as dificuldades muitas vezes encontradas pelas EEC no gerenciamento das tecnologias médico-hospitalares. A implantação repentina de uma EEC em um hospital não trará resultados imediatos, para alcançar resultados esperados é necessário um planejamento adequado para tal fim, o uso de indicadores é essencial, que irá oferecer de forma objetiva, dados que expressem a real situação da EEC e conseqüentemente os tomadores de decisão poderão intervir a partir de fundamentações sustentáveis e concretas (FERREIRA, 2001).

Para obter sucesso com a utilização de um sistema de informações os profissionais que o alimenta devem ser bem treinados, e desta forma os resultados mostrados pelos indicadores estão intimamente relacionados com a veracidade dos dados fornecidos para os coletores responsáveis. Muitas vezes necessita-se de informações de diferentes setores dos hospitais para posteriormente processar essas informações e gerar indicadores, para isto, é extremamente necessário que as informações utilizadas sejam verdadeiras, fato esse que em alguns casos distorcem as tomadas de decisões pelos engenheiros clínicos responsáveis pelas EEC. Para sanar esse problema, é necessário o treinamento das pessoas envolvidas em todo o processo, desde a coleta dos dados até o processamento dos dados, utilizando sistemas de informações. Atualmente o sistema de informações têm auxiliado na geração de indicadores e promovem as EEC uma maior praticidade na tomada de decisões, podendo destinar mais tempo ao gerenciamento propriamente dito (DE ROCCO, 1998; FERREIRA, 2001).

Indicadores podem ser divididos como indicadores de custo e de qualidade. Os indicadores de custo respondem pelos custos diretos do negócio realizado. Conforme proposto por Cohen (1995), um método de integrar a nível de valor indicadores de custo e qualidade pode ser expresso pela equação 2.1.

$$Valor = \frac{qualidade}{custo} \quad (\text{equação 2.1})$$

Pela equação 2.1 pode-se observar que o valor aumenta proporcionalmente com o aumento da qualidade e/ou na diminuição do custo, a importância dessa equação está no fato do monitoramento de um indicador de qualidade, tentá-lo manter constante caso esteja em um bom nível de qualidade, enquanto diminui o custo. Indicadores de valor devem integrar qualidade e custo. Índice de falhas versus custo por equipamento que sofreu manutenção é exemplo de indicador de valor. Os indicadores de custo são utilizados nas EEC para definir custos diretos no desenvolver de suas atividades, os quais são responsáveis diretamente pelos investimentos aplicados ao gerenciamento da tecnologia médico-hospitalar. Indicadores de custo por serviço e custo de serviço por equipamento são exemplos de indicadores de custo, eles estão presentes no dia-a-dia dos tomadores de decisão das EEC, os quais devem fazer um controle rígido para que esses custos não comprometam a estrutura, principalmente quando se terceiriza serviços, deve-se fazer uma pesquisa de mercado criteriosa e escolher a que melhor oferece custo benefício (DE ROCCO, 1998).

## **2. 4 Sistemas de Informações**

### **2.4.1 Definições de Informação, Dados e Sistema**

Deve-se ter clara a distinção entre dado e informação, a informação auxilia no processo de decisão, através do conhecimento que propicia ao tomador de decisões, já o dado é qualquer elemento na sua forma bruta que não leva por si só o entendimento de um determinado fato ou situação. Ou seja, a informação é o dado manipulado que permite o tomador de decisões efetuar suas ações sobre uma determinada situação ou fato (OLIVEIRA, 2004).

Sistema pode ser definido como um conjunto de partes que interagem entre si e interdependentes que, conjuntamente, forma um todo unitário para alcançar determinados resultados ou objetivos (OLIVEIRA, 2004; REZENDE, 2000).

Um sistema de informação pode ser definido como um conjunto de componentes relacionados que processam, armazenam e distribuem informações para auxiliar na tomada de decisões, em uma organização. Além de oferecer suporte à decisões fazendo coordenação e controle, sistemas de informação também podem auxiliar os administradores (tomadores de decisão) e os envolvidos num determinado processo a analisar problemas, visualizar situações complexas, e criar novos produtos (KENNETH, 1998). A Figura 2.4 apresenta as três atividades básicas de um sistema de informação: entrada, processamento e saída.

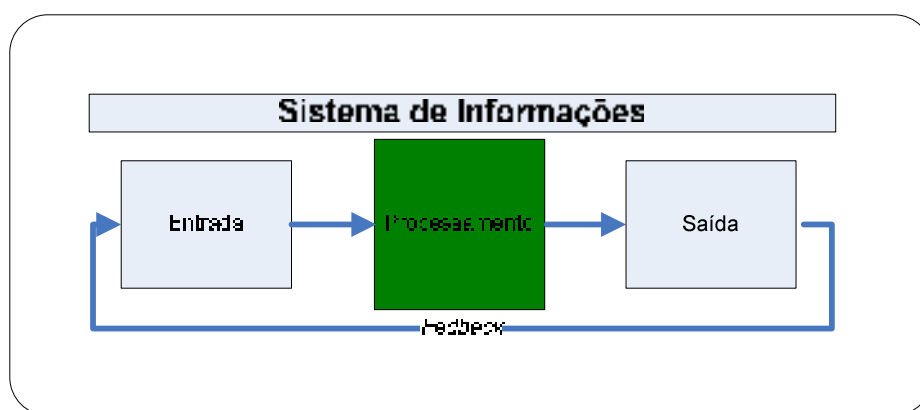


Figura 2.4 – Funções de sistemas de informações (Modificado de LAUDON, 1998).

Informações são entendidas como dados brutos moldados de forma que seja possível sua compreensão. Para ocorrer essa moldagem ou transformação de dados brutos em informação são necessárias três atividades básicas em um sistema de informação para a obtenção da informação, ou seja, a transformação dos dados brutos em um formato compreensível, que são entrada, processamento e saída. A entrada é a coleta de dados brutos internamente e externamente da organização. O processamento transforma os dados obtidos na entrada em informações sobre determinado fato ou situação de interesse. A saída apresenta a informação às pessoas ou atividades que irão utilizá-la. Essa saída deve ser de forma clara e objetiva (um formulário, por exemplo), de modo que auxilie as pessoas no processo de tomada de decisão. Os sistemas de informação também necessitam de *feedback*, que é o resultado devolvido aos membros da organização para auxiliá-los a avaliar ou corrigir a atividade de entrada do sistema (LAUDON, 1998).

Atualmente sistemas de informação utilizando recursos de tecnologia da informação são os principais responsáveis pelo armazenamento, processamento de dados em



informações e geração de indicadores em Estruturas de Engenharia Clínica, permitindo os engenheiros clínicos terem conhecimento sobre a estrutura, fundamentados em referenciais produzidos pelos indicadores. A evolução dos sistemas de informação são acontecimentos que ofereceu suporte ao crescimento das EEC, as quais oferecem serviços de qualidade, fazendo uso de recursos tecnológicos para melhor atender as necessidades das entidades de serviço em saúde.

#### 2.4.2 Tipos de Sistemas de Informações para Auxílio na Tomada de Decisões

Não existe uma classificação formal para Sistemas de Informações, porém os autores e as organizações classificam os sistemas que fazem parte de suas estruturas de diversas maneiras, de acordo com suas necessidades de informação (OLIVEIRA, 2004).

As formas mais comuns na classificação de Sistemas de Informações são: Sistemas de Informações Gerenciais (SIG); Sistemas de Informações Estratégicos (SIE); Sistemas de processamento de Dados ou Sistemas Transacionais (ST); e Sistemas de Apoio a Decisões (SAD) (OLIVEIRA, 2004).

##### 2.4.2.1 Sistemas de Informações Gerenciais (SIG)

Sistemas de Informações Gerenciais podem ser entendidos como o processo de moldar ou transformar dados em informação que são utilizadas nos processos de tomadas de decisão pelas organizações, levando a sustentação administrativa para otimizar os resultados desejados (OLIVEIRA, 2004). A Figura 2.5 mostra a interatividade da informação no processo decisório nas organizações, de forma simplificada e objetiva.

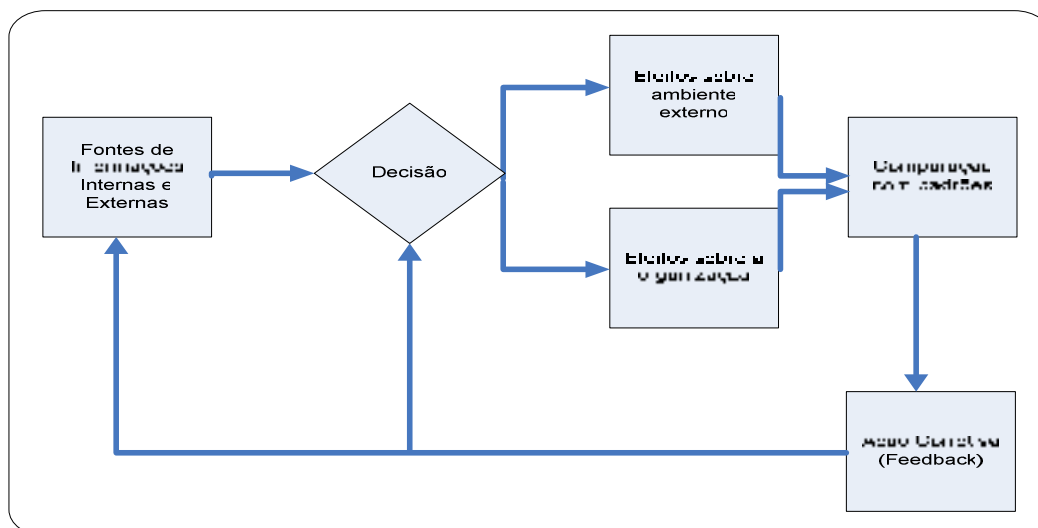


Figura 2.5 – Interação da informação no processo decisório (Modificado de OLIVEIRA, 2004).

As informações relevantes para as tomadas de decisões são selecionadas com critérios pré-estabelecidos de acordo com a realidade de cada organização. A partir dessa seleção as informações irão contribuir no processo decisório, as decisões tomadas a partir das informações terão efeitos no ambiente externo e sobre a própria estrutura organizacional. A partir desses efeitos poderá ser comparado com os padrões de resultados idealizados e esperados, para ser efetuada uma ação corretiva no procedimento de obtenção, diretamente nas fontes de informações, ou seja, um *feedback* dos efeitos gerados no processo de decisão com os padrões, que são resultados idealizados para as organizações em suas tomadas de decisões (OLIVEIRA, 2004).

#### 2.4.2.2 Sistemas de Informação Estratégicos (SIE)

Estes sistemas operam com dados no nível macro, ou seja, a nível mais abrangente da totalidade das operações da organização, dos filtrando das operações operacionais das funções empresariais, levando em consideração, o meio externo e interno, almejando suporte no auxílio no processo de tomada de decisão da alta administração, como presidentes, sócios, proprietários diretores entre outros (REZENDE, 2000).

Os sistemas de Informações Estratégicos podem ser de muita valia para grandes centros de engenharia clínica, tendo em vista que os administradores a nível macro podem fazer uso destes sistemas para avaliar suas Estruturas de Engenharia Clínica, e

estabelecerem novas metas a serem alcançadas por seus coordenadores, de modo que contribua na qualidade de prestação de serviços.

#### 2.4.2.3 Sistemas de processamento de Dados ou Sistemas Transacionais (ST)

Antes de discutir sobre estes tipos de sistemas de informação é necessário saber que transação em uma organização é qualquer evento que ocorra dentro da estrutura ou entre organização e o meio externo. Como por exemplo, cobrança de clientes, operações bancárias entre outras.

Os Sistemas de processamentos de Dados ou Sistemas Transacionais são utilizados em todos os níveis de uma estrutura, porém a natureza exata do sistema aplicado seja diferente em cada caso, existem algumas semelhanças em todos, fato esse que justifica sua utilização em todos os níveis da organização (MEIRELES, 2004).

#### 2.4.2.4 Sistemas de Apoio a Decisões (SAD)

Sistemas de Apoio a Decisão, também chamados de *Decision Support Systems*, auxiliam o administrador na tomada de decisão principalmente nas etapas de desenvolvimento, comparação e classificação dos riscos e oferecem alternativas com base na geração de diversos cenários de informações, contribuindo a organização para superar os obstáculos de sua gestão (LAUDON, 1998). Estes sistemas oferecem suporte especialmente para decisões não rotineiras e repetitivas, podem até ser decisões que serão tomadas uma única vez na organização (MEIRELES, 2004).

#### 2.4.3 Ciclo de vida dos Sistemas de Informação

O conceito de ciclo de vida em sistemas de informação que utilizam tecnologia da informação refere-se a sua utilização plena ou sua maturidade no cumprimento de suas funções e no atendimento das necessidades do cliente. Assim como a vida humana, para manter-se vivo são necessários certos cuidados. Os sistemas computacionais morrem geralmente quando usam tecnologia de software desatualizada e ineficiente, que não

suprem mais as necessidades da organização, porém o sistema (sistemas de informação operacionais) que faz parte de uma função da organização não acaba.

#### 2.4.3.1 Fases do ciclo de vida dos sistemas de informação

O ciclo de vida dos sistemas de informações é similar ao dos seres humanos, com as fases vitais de concepção, crescimento e morte. O ciclo de vida natural de um Sistema de Informação possui as seguintes fases:

- **Concepção:** Fase do projeto do sistema proveniente de um estudo preliminar e fundamentado do sistema atual ou anterior;
- **Construção:** Fase de desenvolvimento do sistema que engloba análise e eventualmente programação, caso necessário;
- **Implantação:** O sistema é apresentado ao cliente e/ou usuário, onde anteriormente foram realizados testes e documentação necessária;
- **Implementação:** Fase em que podem ser agregadas novas funções e/ou melhorias de forma opcional ou necessária. Esta fase muitas vezes é questionada, pois implementação após a recém-implantação do sistema pode ocasionar erros devido às alterações. Porém, o objetivo é otimizar processos e/ou agregar valores;
- **Maturidade:** Contempla a plena utilização do sistema, atendimento de todos os requisitos funcionais e total satisfação do cliente e/ou usuários;
- **Declínio:** Nesta fase começa a aparecer erros no sistema e a insatisfação do cliente e/ou usuários é inevitável, bem como a impossibilidade de implementação de novas funções necessárias;
- **Manutenção:** A manutenção do sistema é realizada na tentativa de corrigir erros, objetivando prolongar sua vida útil;

- **Morte:** Declínio total do sistema, ocorrência de descontinuidade irreversível do sistema de informações.

A Figura 2.6 apresenta as fases do ciclo de vida dos sistemas de informações.

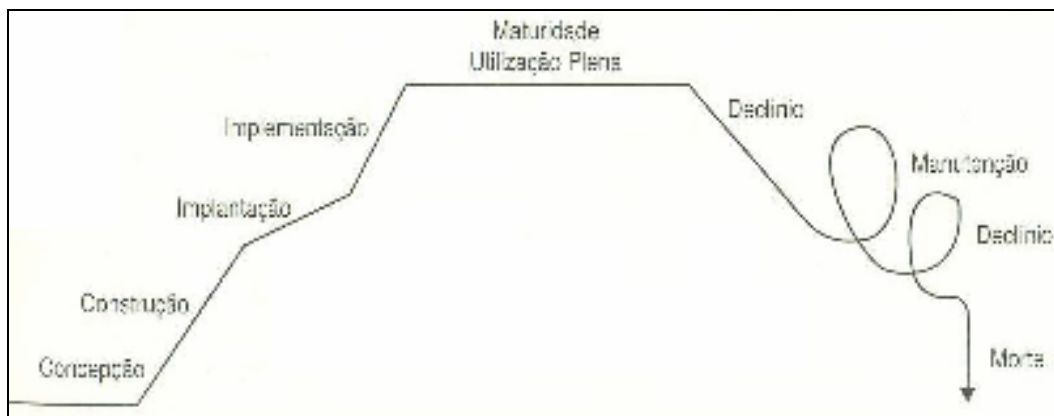


Figura 2.6 – Ciclo de vida dos sistemas de informações (Modificado de REZENDE, 2000).

Caso as fases de concepção, construção e implantação sejam elaboradas erradas, a morte do sistema de informações será mais rápida.

#### 2.4.4 Sistema de Informações em Estruturas de Engenharia Clínica

Atualmente ferramentas de *software* de uso em departamentos de Engenharia Clínica podem ser consideradas comuns. O uso de sistemas de informação com tecnologia da informação não está justificado apenas pela conveniência de executar e administrar operações cotidianas como, armazenamento fácil e recuperação de dados que são processados e geram informações, redução de papelada manual, etc. A principal vantagem está na harmonização de atividades de gerenciamento e troca de informações entre instituições, que oferecem aos gestores praticidade no gerenciamento das atividades de Estruturas de Engenharia Clínica.

A utilização de sistemas de informação utilizando tecnologia da informação em Estruturas de Engenharia Clínica geralmente é dividida em duas áreas (CRUZ, 2007):

1. Diagnósticos remotos utilizados pelos fabricantes de equipamento e/ou empresas terceirizadas para acompanhar e aumentar a produtividade de serviços.

2. Sistemas Computacionais para auxílio na gestão e manutenção das TMH instaladas no ambiente hospitalar.

#### 2.4.4.1 Sistemas de Gestão de Equipamentos Clínicos (CEMS)

Sistemas de Gestão de Equipamentos Clínicos ou *Clinical Equipment Management Systems (CEMS)* é um método de monitoramento de serviços, fornecedores, funcionários e histórico de equipamentos. A justificativa principal para a sua aquisição encontra-se na utilização dos dados coletados pelo sistema para melhorar os serviços e não apenas em gerenciá-los através de documentação eletrônica. A maioria dos sistemas CEMS permite a visualização das atividades desenvolvidas por toda a equipe, fazendo uso da Internet para disponibilização de suas informações, isso possibilita que todos tenham conhecimento do que vem sendo executado nas EEC e nos estabelecimentos assistenciais à saúde. O sistema assegura que todas as partes interessadas, por exemplo, o técnico do próximo turno, tenham conhecimento dos procedimentos que foram realizados (DILULIO, 2007).

A utilização desses sistemas permite monitorar fatores como erros de usuários, que são muito comuns nos estabelecimentos assistenciais à saúde. A monitoração desses fatores muitas vezes permite a otimização de custos, por exemplo, um aumento do erro do usuário de um determinado dispositivo pode significar a necessidade de treinamento, objetivando eliminar, ou pelo menos reduzir, os erros cometidos pelo usuário, e conseqüentemente a redução de gastos com manutenção corretiva.

O grupo *Catholic Health Initiatives (CHI)*, em *Tacoma, Washington*, possui um sistema de gestão de equipamentos clínicos, que além de efetuar o gerenciamento das atividades rotineiras em uma EEC, permite a geração de indicadores que avalia questões como: a média de tempo para corrigir um problema; a eficácia do pessoal no desenvolvimento de manutenção preventiva; o tempo dedicado a cada equipamento; disponibilidade e indisponibilidade de cada equipamento; entre outros itens. Com a obtenção desses indicadores, os tomadores de decisão poderão direcionar as medidas de intervenção para o melhoramento nos procedimentos de gerenciamento, manutenção preventiva e corretiva nas TMH (RENEE, 2008).

## 2.5 Metodologias para Definição de Substituição de Tecnologias na Área da Saúde

### 2.5.1 Obtenção de Alguns Fatores ou Atributos

Independente da metodologia a ser adotada para auxiliar no processo de decisão para substituição dos equipamentos médico-hospitalares devem ser obtidos alguns parâmetros, que serão como base na utilização de uma metodologia específica, os quais são apresentados a seguir:

#### 2.5.1.1 Índice de Vida Útil

O Índice de Vida Útil de equipamentos Médico-Hospitalares pode ser obtido pela equação 2.2 (CRUZ, 2002).

$$IVU = \frac{(DA - DI)}{VE} \quad (\text{equação 2.2})$$

Onde IVU é o índice de vida útil, DA data atual, DI data de instalação e VE vida útil estimada. A vida útil estimada pode ser obtida do fabricante ou considerada da Tabela TD MED 7, publicada pelo *U.S. Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine* (USACHPPM, 1997), encontrada no ANEXO A.

#### 2.5.1.2 Custos de Manutenção Versus Custo de Aquisição

Com os custos de manutenção e o custo de aquisição, é possível calcular o índice dos custos de manutenção, conforme equação 2.3.

$$ICM = \frac{CM}{CA} \quad (\text{equação 2.3})$$

Sendo ICM o índice de custos de manutenção, CM os custos de manutenção e CA o custo de aquisição (CRUZ, 2002).

### 2.5.1.3 Tempo de Disponibilidade e Indisponibilidade do Equipamento

Disponibilidade é calculada por uma simples equação que está em função da razão do período de tempo total de funcionamento ou operação  $T_{ope}$  e o período de tempo fora de operação  $T_{nope}$  do equipamento no período observado. Esses períodos dependem de alguns fatores como: quantidade e tipos de falhas; grau temporal de obsolescência; vida útil; tempo gasto em manutenção; entre outros. A equação 2.4 mostra a relação entre Disponibilidade e Indisponibilidade (CRUZ, 2002).

$$Ind = (1 - Disp) = 1 - \frac{T_{ope}}{(T_{ope} + T_{nope})} \quad (\text{equação 2.4})$$

### 2.5.1.4 Valor Atual e Valor de Revenda de Equipamentos

O valor atual ( $V_p$ ) de equipamentos pode ser obtido fazendo a correção do valor de aquisição  $V_o$  pela inflação no período analisado, através do Índice Geral de Preços (IGP) e Disponibilidade Interna (DI), conforme equação 2.5. A equação 2.6 apresenta o valor presente ou valor atual.

$$I = \frac{IGP - DI_{FINAL}}{IGP - DI_{INICIAL}} \quad (\text{equação 2.5})$$

Sendo o  $IGP - DI_{INICIAL}$  correspondente ao índice de atualização monetária na data de aquisição do equipamento, e o  $IGP - DI_{FINAL}$  o atual. Esses índices são divulgados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Desta forma o Valor de Substituição (VS) é o produto entre Valor de Aquisição e o Índice (I).

$$V_p = V_o \times I \quad (\text{equação 2.6})$$

Depois de calculado o valor atual do equipamento, é possível obter o valor real, tendo em vista a depreciação ocorrida durante os anos de utilização. O valor presente  $V_p$  aplicado à depreciação no período de tempo de utilização é chamado de valor residual  $V_r$ .



estimado para equipamentos no final da sua vida útil. Na equação 2.7 é apresentado o valor residual.

$$V_r = \frac{V_p}{n} \quad (\text{equação 2.7})$$

Para calcular a depreciação pode ser utilizado o método da depreciação linear, que corresponde à desvalorização, percentual anual, do valor de aquisição do equipamento, de acordo com a equação 2.8 (ALBORNOZ, 2006):

$$V_i = [(V_p - V_r) \times (\frac{n-1}{n})] + V_r \quad (\text{equação 2.8})$$

Sendo  $V_p$  o valor presente,  $V_r$  valor residual e  $n$  o número de anos estimado de vida útil do equipamento médico-hospitalar.

## 2.5.2 Metodologias para Geração de Indicadores no Processo de Substituição de TMH

As decisões de substituição são de grande importância para qualquer organização, pois em geral são irreversíveis, isto é, uma decisão inadequada pode comprometer grandes quantias de dinheiro. Existem diversos tipos de substituição, as principais estudadas são baixas sem reposição, substituição idêntica e substituição não idêntica (CASAROTO, 1986).

O uso de indicadores auxilia os tomadores de decisão no processo de substituição de tecnologias médico-hospitalares, e desta forma, pode-se adotar o uso de indicadores como metodologia para tal finalidade. Existem diversas metodologias para geração de indicadores, que oferecem suporte aos tomadores de decisão no momento de identificação de necessidade de substituição de tecnologias médico-hospitalares. A seguir serão apresentadas algumas metodologias pesquisadas.

### 2.5.2.1 Metodologia Baseada em Planejamento de Substituição

Consiste em analisar sete fatores chaves: tempo de uso e condição, nível de utilização, aceitabilidade clínica, estado da tecnologia, disponibilidade de peças, custo de manutenção anual projetado e confiança projetada. Cada fator é distribuído em classes, por exemplo, excelente, muito bom, bom, ruim e muito ruim. Após a divisão em classes de cada um dos sete fatores, é efetuada a análise atribuindo pontos para substituição, posteriormente são somados os pontos de substituição e ordenando os equipamentos candidatos à substituição. Com esta metodologia é possível identificar quais equipamentos devem ser substituídos em ordem de prioridade, de acordo com a soma dos pontos de substituição (GRIMES, 2006).

### 2.5.2.2 Uma Fórmula Matemática Baseada em Árvore de Eventos para a Remoção de Equipamentos Biomédicos do Inventário Hospitalar

Esta metodologia refere-se ao uso de uma árvore de eventos, a qual possui um arranjo de eventos principais para obter os mínimos grupos que originam o indesejável evento final, ou seja, a substituição da tecnologia. Uma árvore de eventos inicia do evento indesejável final. Desse nível o evento final é desdobrado em eventos intermediários. Esses por sua vez, desdobrados em outros de menor hierarquia. Os eventos intermediários e primários são conectados por meio de portas lógicas (E/OU). A Figura 2.7 apresenta a árvore obtida considerando as possíveis causas para substituição da tecnologia médico-hospitalar.

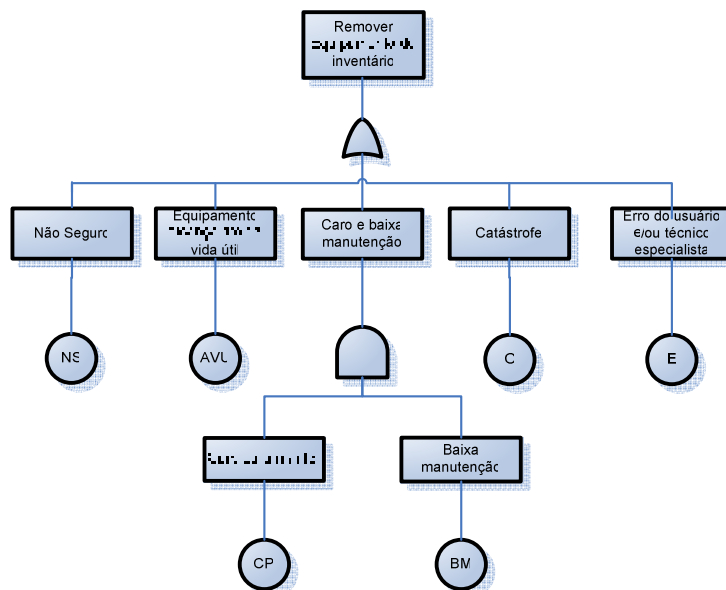


Figura 2.7 – Árvore de eventos considerando as causas possíveis para substituição da tecnologia médico-hospitalar (Modificado de CRUZ, 2002).

O evento final toma lugar quando um dos eventos intermediários ocorre, ou seja, quando o equipamento não é seguro (NS), Equipamento alcança fim da vida útil (AVU), custos de manutenção são inaceitáveis (CP) e (BM), alguma catástrofe afeta o equipamento deixando-o indisponível, ou ocorre algum erro cometido pelo usuário e/ou técnico especialista (E), prejudicando o desempenho da tecnologia e desta forma a sua substituição é necessária. Para facilitar a interpretação e processamento dos fatores a serem considerados, podem ser reunidos em uma equação matemática:

$$RUse = NS + AVU + (CP).(BM) + C + UErr \quad (\text{equação } 2.9)$$

Com a equação 2.9 é possível implementar em uma linguagem de programação um algoritmo que forneça um aviso quando um dos equipamentos médico-hospitalares requer manutenção ou substituição. Se a soma de todos os fatores considerados na equação é maior que 1, isso significa que o equipamento deve no mínimo ser revisado, ou até mesmo realizado sua retirada do inventário (CRUZ, 2002).

### 2.5.2.3 Método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE)

Um aspecto muito importante a ser avaliado é referente à vida econômica dos equipamentos, que se caracteriza pela depreciação econômica total do bem. A determinação da vida econômica é realizada pela comparação dos custos que decorrem da utilização do bem durante diferentes períodos de tempo.

A vida econômica consiste em encontrar os Custos Anuais Uniformes Equivalentes (CAUE) do ativo para todas as vidas úteis possíveis. O método CAUE permite a visualização dos custos anuais, de forma segura evitando o erro de considerar custos passados. Para obter o CAUE é necessário calcular o custo anual no período analisado. A obtenção do CAUE mínimo é a vida econômica do equipamento. A partir desse período é economicamente inviável manter o equipamento, pois os custos de manutenção e reparos começam a aumentar, e o valor de revenda diminuir significativamente, ou seja, a vida de custo mínimo de todo equipamento, é o número de anos em que o valor do CAUE é o mínimo calculado em todo o tempo de vida estimada do equipamento. A equação 2.10 apresenta a obtenção do CAUE (CASAROTTO, 1986; HIRSCHFELD, 1984).

$$CAUE_t = [VC + \sum_{n=1}^{t-1} \frac{C_n}{(1+i)^n}](A/P(i,t)) - [VR_t - C_t](A/F(i,t))$$

(equação 2.10)

Onde,  $t$  é o tempo a ser considerado,  $i$  a taxa mínima de atratividade<sup>1</sup>,  $n$  e  $t$  o tempo de vida útil do EMH,  $VR$  o valor de revenda,  $C$  o Custo Anual de Manutenção Uniforme,  $A$  uma série uniforme de recebimentos ou desembolsos,  $P$  o valor presente e  $F$  o valor futuro, tendo as seguintes relações (CASAROTTO, 1986):

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \text{ ou } A = P(A/P(i,n)) \quad (\text{equação 2.11})$$

$$A = F \frac{i}{(1+i)^n - 1} \text{ ou } A = F(A/F(i,n)) \quad (\text{equação 2.12})$$

---

<sup>1</sup> Taxa mínima de atratividade é a partir da qual o investidor considera estar obtendo lucros de forma segura.

#### 2.5.2.4 Metodologia baseada no Fator MEL para Avaliação Econômica durante a Vida Útil de Equipamentos Médico-Hospitalares

Esta metodologia é baseada na análise dos custos máximos admissíveis para manutenção de equipamentos médico-hospitalar. O custo máximo admissível pode ser obtido através do cálculo do valor MEL (*Maintenance e Expenditure Limits*), que representa um valor futuro a ser gasto ao longo da vida útil da tecnologia, e desta forma podendo ser estimado um valor anual máximo admissível a ser pago para a manutenção do EMH. Para a determinação do valor MEL são necessários os seguintes fatores:

- Valor de Substituição (VS);
- Percentual da Vida Útil Restante (%VUR) e;
- Fator MEL;

A equação 2.13 apresenta a obtenção do valor MEL.

$$MEL = (VS).(\%VUR).(FatorMel) \quad (\text{equação 2.13})$$

O valor de substituição representa o valor do equipamento novo, atualizado no Brasil pelo Índice Geral de Preços (IGP) e Disponibilidade Interna (DI), conforme mostrado na equação 2.5.

O percentual de Vida Útil restante do equipamento é calculado pela razão entre o número de anos restante de vida útil pelo número de anos da vida útil estimada do equipamento. O Fator MEL utilizado para equipamentos médico-hospitalares é de 90%, fornecido pelo Departamento de Defesa Norte Americano (USACHPPM, 1997).

Vale destacar que o valor MEL é calculado no período da vida útil da TMH, após este período a metodologia não fornece informações, devido o percentual de vida útil remanescente ser “zero”. Desta forma, fica evidenciada a importância de considerar múltiplos parâmetros na tomada de decisão de substituição de TMH.

De acordo com as metodologias apresentadas, deve-se possuir um número mínimo de fatores a serem analisados, de modo que seja possível obter valores satisfatórios para o suporte a decisão na identificação da necessidade de substituição de equipamentos. Alguns fatores são apontados na maioria das metodologias existentes, tais como, índice de vida útil e custos de manutenção.

### 2.5.3 Escolha das Metodologias para Geração de Indicadores no Processo de Substituição de TMH

Com base nas pesquisas realizadas e nos métodos encontrados foi possível verificar a necessidade de desenvolver uma ferramenta de geração de indicadores, que efetue uma avaliação tanto operacional quanto econômica dos equipamentos médico-hospitalares. Entretanto, na escolha de metodologias a serem implementadas em sistemas computacionais, devem ser verificados os parâmetros considerados pela metodologia, e verificar a existência de dados disponíveis para um posterior caso de estudo. Desta forma, foram escolhidos os métodos do valor MEL, Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE) e o cálculo do Índice de Vida dos equipamentos médico-hospitalares. O cálculo dos fatores envolvidos nesses métodos possibilita aos tomadores de decisão, prever quando os EMH deixarão de ser economicamente viáveis, conhecer as estimativas dos custos máximos admissíveis em manutenção por período de tempo, bem como verificar quando a tecnologia passará a ser obsoleta, pelo alcance do fim da vida útil estimada.

Através do processamento das metodologias escolhidas, é possível realizar um mapeamento dos EMH. Deste modo, oferecendo ao gestor informações relevantes na avaliação de possíveis contratos de manutenção, verificar a viabilidade de adquirir um EMH, e identificar necessidade de substituição de EMH.

### 3. PROPOSTA DE INDICADOR PARA APOIO NO PROCESSO DE DECISÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE TMH

Para a geração de indicador de apoio ao processo de decisão em substituição de TMH, é proposto o desenvolvimento de um sistema composto por dois módulos.

No primeiro módulo foi desenvolvido um *software*, que utiliza metodologias para geração de parâmetros que auxiliam no processo de substituição de novas tecnologias na área da saúde. Essa ferramenta visa obter parâmetros de vida útil e custos dos EMH. Já no segundo módulo, através da utilização do *software* Weibull<sup>®</sup> são obtidos parâmetros referentes às falhas ocorridas nos EMH.

Com os parâmetros gerados através do *software* desenvolvido, e uso do *software* Weibull<sup>®</sup>, é proposta uma função lógica que define a prioridade de substituição dos EMH, auxiliando os tomadores de decisão no processo de substituição de TMH.

A Figura 3.1 apresenta o sistema proposto para obtenção de indicador classificado em prioridade de substituição, formado pelos módulos I e II, função lógica e indicador.

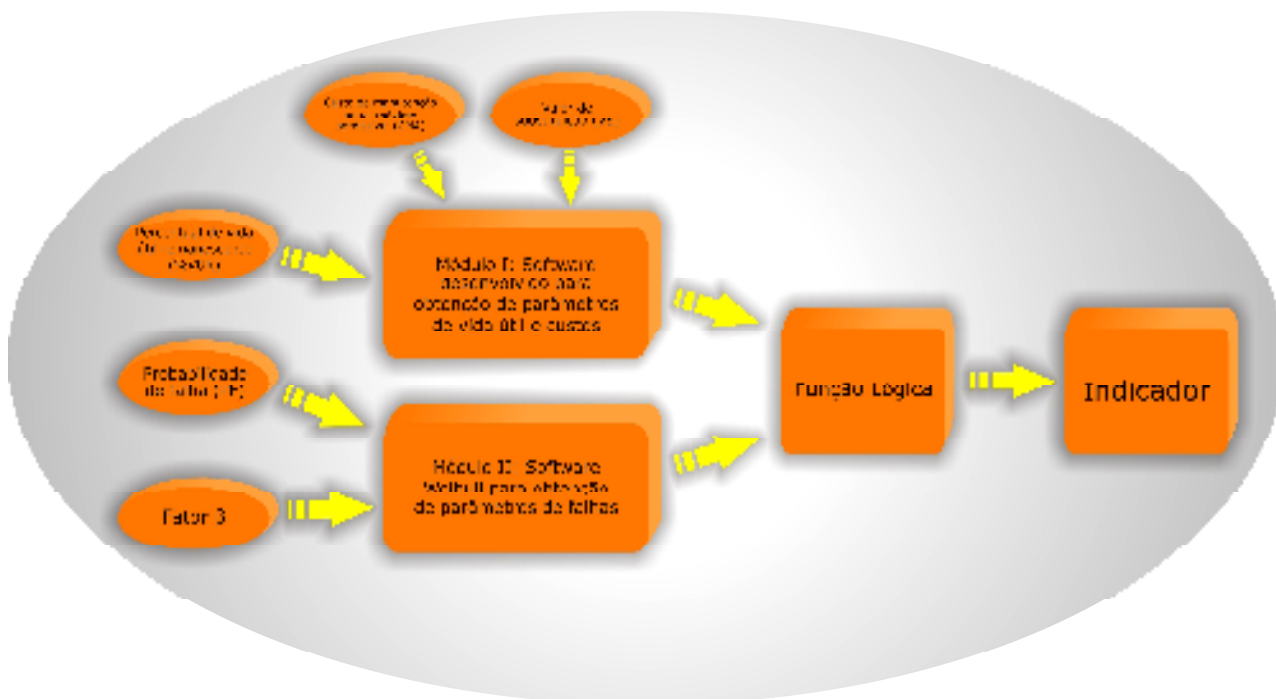


Figura 3.1 – Sistema proposto para obtenção de indicador classificado em prioridade de substituição.

### 3.1 Módulo I: Desenvolvimento do *Software* para Obtenção de Parâmetros de Vida Útil e Custos

É proposto o desenvolvimento de um *software* que utilize metodologias para geração de parâmetros que auxilie no processo de substituição de novas tecnologias na área da saúde.

O aplicativo deve estar fundamentado em metodologias que possuam cálculo de fatores como: Vida Útil Remanescente; Valor de Substituição de Equipamento; Valor MEL; e cálculo do CAUE. O objetivo do cálculo desses fatores é proporcionar aos gestores de TMH parâmetros que auxiliem no processo de substituição de TMH.

#### 3.1.1 Metodologia de Desenvolvimento

Os métodos de engenharia de *software* proporcionam uma orientação de “como fazer” para construir o *software*. Esses métodos envolvem um amplo conjunto de tarefas que incluem planejamento, análise de requisitos de *software*, projeto, codificação, teste e manutenção. A engenharia de *software* compreende um conjunto de etapas que envolvem métodos, ferramentas e procedimentos. Essas etapas muitas vezes são tratadas como paradigmas de engenharia de *software*. Um paradigma de engenharia de *software* é escolhido tendo-se como base a natureza do projeto e da aplicação, os métodos e as ferramentas a serem usados, os controles e os produtos que precisam ser construídos. Existem muitos paradigmas ou modelos de processos encontrados na literatura, os quais se destacam: O ciclo de Vida Clássico; Prototipação; O Modelo Espiral; e Técnicas de Quarta Geração (PRESSMAN, 1995; PFLEEGER, 2004).

Para este trabalho é proposto como metodologia de desenvolvimento, um modelo baseado no Ciclo de Vida Clássico e Prototipação. O objetivo é obter um processo híbrido e simplificado para o desenvolvimento do *software* de apoio a decisão no processo de substituição de TMH.

A Figura 3.2 apresenta o modelo proposto para o desenvolvimento do *software*.



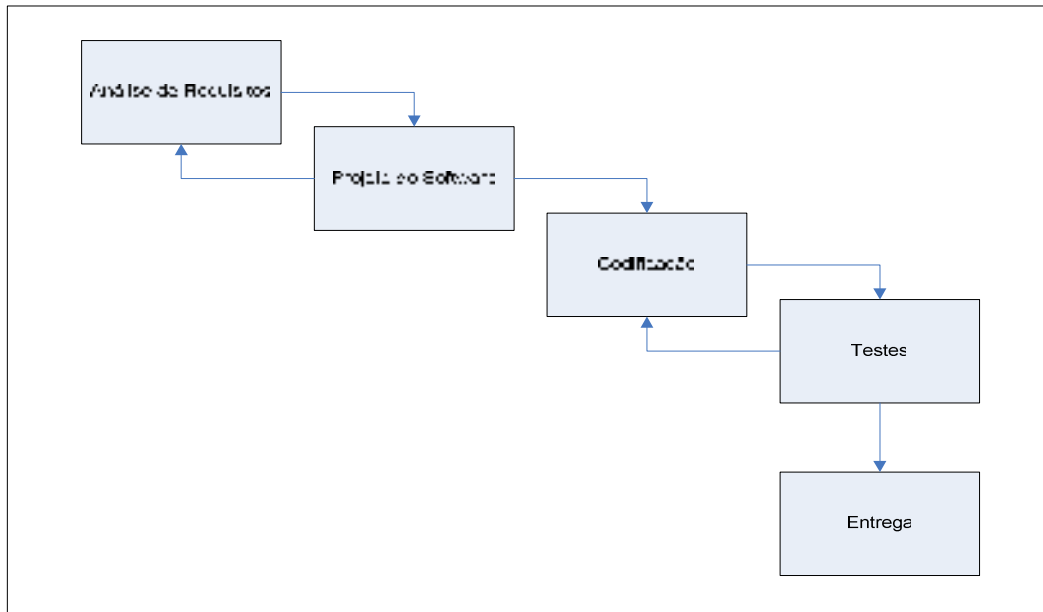


Figura 3.2 – Modelo proposto para desenvolvimento do *software*.

O Modelo apresentado na Figura 3.2 apresenta a metodologia proposta e adotada para o desenvolvimento da aplicação, o modelo é dividido nas etapas de análise de requisitos, projeto do *software*, codificação, testes e entrega. Sendo que seu funcionamento é descrito de acordo com suas respectivas etapas:

- Análise de Requisitos: Nesta etapa são definidos os requisitos funcionais e não funcionais;
- Projeto do *Software*: Etapa em que são realizados o documento visão, os diagramas de caso de uso, atividades, classe e seqüência;
- Codificação: Com uso de ferramentas de implementação é criado o banco de dados, interfaces do *software* e toda a programação necessária;
- Testes: É realizado testes para identificar a necessidade de implementação de novas rotinas e melhorias no *software*. Esta etapa é desenvolvida em paralelo com a codificação, com o objetivo de refinar o aplicativo até que seja alcançado o objetivo final;
- Entrega: Aplicação ou deixar a disposição do aplicativo para um caso de estudo.

### 3.1.2 Levantamento dos Requisitos

Requisito é uma condição ou capacidade que um *software* deve possuir. A análise e especificação de requisitos de *software* envolvem as atividades de determinar os objetivos de um *software* e as restrições associadas a ele. A maior parte dos problemas no desenvolvimento de *software* é originada nas etapas iniciais do desenvolvimento justamente na etapa de levantamento e definição dos requisitos do *software*.

Em geral os requisitos de *software* são tratados como requisitos funcionais e não-funcionais. Os requisitos funcionais são a descrição das diversas funções que o *software* deve possuir. Já os requisitos não-funcionais são as qualidades globais de um *software*, como manutenibilidade<sup>2</sup>, usabilidade, desempenho, custos e várias outras (MEDEIROS, 2004; PRESSMAN, 1995).

Os requisitos foram avaliados e revisados para atender os objetivos do *software* de geração de indicadores para apoio no processo de decisão em substituição de TMH.

### 3.1.3 Requisitos Funcionais

- O *software* deve possuir opção de cadastro de EMH, bem como seja permitido alterar e excluir os dados;
- O *software* deve permitir efetuar importação de dados de EMH;
- O *software* deve possuir um ambiente administrativo onde seja permitida a inclusão de novos usuários, cadastrando nome de acesso (*login*) e senha de autenticação;
- O *software* deve efetuar os cálculos do índice de vida útil, vida útil remanescente, valor de substituição, valor MEL e CAUE;
- O *software* deve gerar relatórios de EMH disponíveis em sua base de dados, vida útil remanescente e valor MEL;
- O *software* deve gerar uma ficha técnica de EMH, contendo a identificação do equipamento, vida útil remanescente, valor de substituição, valor MEL e valor máximo admissível em manutenção anual;

---

<sup>2</sup> A manutenibilidade pode ser definida qualitativamente como a facilidade com que um software pode ser entendido, corrigido, adaptado e/ou aumentado. A manutenibilidade é a meta primordial que orienta os passos de um processo de engenharia de software (PRESSMAN, 1995).

- O *software* deve apresentar gráficos referentes aos cálculos de índice de vida útil remanescente, valor MEL e CAUE.

### 3.1.4 Requisitos Não Funcionais

- A base de dados deve ser protegida para acesso apenas de usuários autorizados;
- O *software* deve ser desenvolvido em linguagem de programação que permita reaproveitamento de códigos;
- O *software* deve ser desenvolvido de modo que seja possível interdependência de SGBD;
- A comunicação entre o *software* e sua base de dados deve ser estabelecida através de um protocolo TCP/IP, de modo que seja possível acessar a base de dados de N aplicações;
- O modelo de dados do SGBD deve ser relacional.

### 3.1.5 Modelagem do *Software*

A criação de modelos é realizada para obter uma melhor compreensão da entidade real a ser construída. Quando a entidade é algo físico, por exemplo, um prédio, uma casa ou máquina, pode-se construir um modelo que seja idêntico em sua aparência e forma, mas em escala menor. No entanto, quando a entidade a ser construída é um *software*, o modelo deve assumir uma forma diferente. Deve ser capaz de modelar a informação que o *software* transforma, as funções que possibilitam que as transformações ocorram e o comportamento do *software* quando a transformação está desenvolvendo-se (PRESSMAN, 1995).

A principal ferramenta de desenvolvimento de projeto de *softwares* utilizada na atualidade é a *Unified Modeling Language* (UML), sendo essa utilizada no desenvolvimento da modelagem do *software* implementado.

### 3.1.6 Diagramas de Caso de Uso

O diagrama de caso de uso oferece uma representação visual dos principais tópicos que podem ser explorados, sendo que em um projeto são necessários vários diagramas de

caso de uso, onde a partir do diagrama de caso de uso nível zero, são obtidos os demais diagramas, com a explosão de todos os processos do diagrama inicial (MEDEIROS, 2004).

A Figura 3.3 apresenta o diagrama de caso de uso nível zero, fornecendo uma representação geral do *software*.

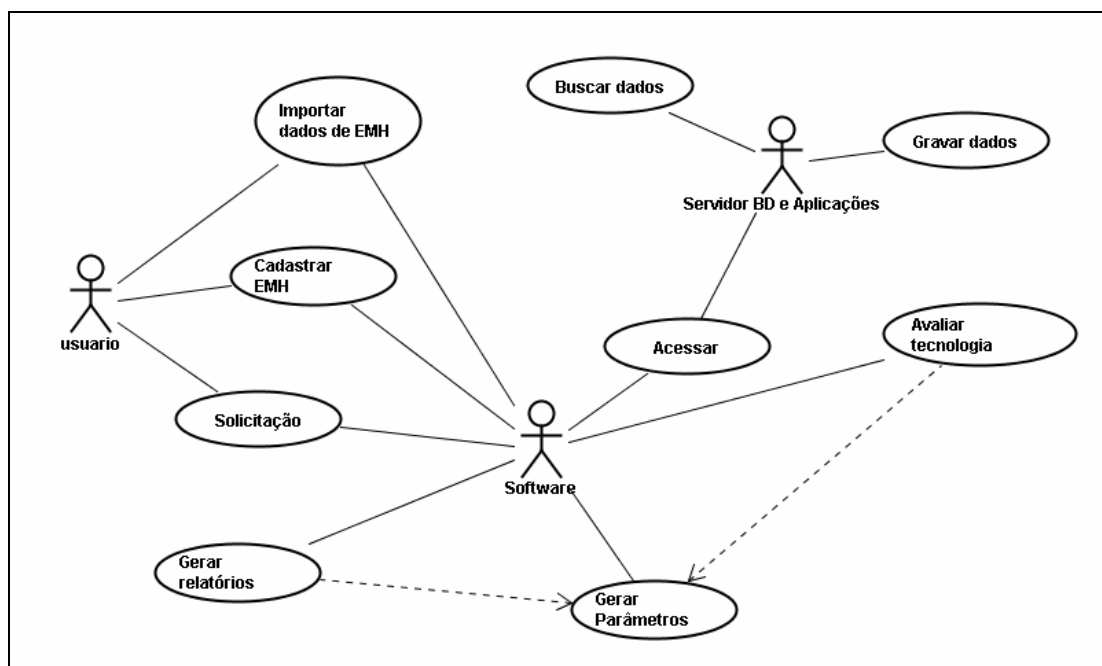


Figura 3.3 – Diagrama de caso de uso nível zero.

O diagrama de caso de uso nível zero apresentado na Figura 3.3 apresenta visualmente as ações do aplicativo proposto, possuindo os atores: usuário; *software*; e servidor de banco de dados e aplicações, bem como os casos de uso: importar dados de EMH; cadastrar EMH; solicitação; gerar relatórios; buscar dados; acessar; gerar parâmetros; avaliar tecnologia; e gravar. Um ator interage com outro ator através de um processo, como por exemplo, o usuário pode interagir com o *software* através do caso de uso cadastrar equipamento, ou efetuar uma solicitação ao *software* de avaliar tecnologia, assim como as demais interações possíveis no diagrama de caso de uso nível zero. O caso de uso avaliar tecnologia é dependente do caso de uso geração de indicadores, o que significa para que seja possível avaliar uma tecnologia é necessário anteriormente gerar indicadores, de forma análoga ocorre o caso de uso gerar relatórios, o qual também é dependente do caso de uso gerar indicadores.

É importante destacar que a partir de cada caso de uso do diagrama de caso de uso nível zero é possível gerar outro diagrama de caso de uso, com a “explosão” do diagrama inicial, o que permite tratar de forma específica cada processo do aplicativo.

Os demais diagramas da modelagem UML estão disponíveis no Apêndice A.

### 3.1.7 Ferramentas Utilizadas

Com a finalidade de atender os requisitos do *software* proposto, foram escolhidas as ferramentas para sua implementação, onde foram verificadas algumas características das mesmas, como facilidade na implementação de códigos, possibilidade de reaproveitamento dos códigos, processamento matemático eficiente, confiabilidade no banco de dados e *software* gratuito. As ferramentas escolhidas foram: UML utilizada no projeto do software, sendo conhecida e aplicada em todo o mundo, bem como sugerida por diversos autores da área de modelagem de software (PRESSMAN, 1995); C++ Builder como ambiente de programação do *software*, onde possui um processamento matemático eficiente, compatibilidade com diversos bancos de dados e permite compilar o projeto em diversos sistemas operacionais; MySQL devido ser um robusto SGBD, modelo relacional compatível com diversas plataformas, possui o padrão internacional SQL, assim facilitando o processamento e mineração de dados, além de possuir versão gratuita; e MySQL Connector que refere-se a um *drive* utilizado para estabelecer conexão entre a aplicação desenvolvida e banco de dados, a escolha desse *drive* foi em razão do mesmo possuir facilidade de configuração em diversas plataformas e possuir versão gratuita.

#### 3.1.7.1 C ++ Builder

O C++ Builder é um ambiente de desenvolvimento para aplicações cliente/servidor, utiliza os conceitos de programação visual e dirigida por eventos para proporcionar uma ferramenta RAD (Rapid Application Development) extremamente poderosa, que permite desenvolver aplicações eficientes rapidamente. Algumas de suas características são (LIMA JUNIOR, 2001):

- Uso de uma biblioteca de componentes visuais a VCL (*Visual Components Library*), desta forma facilitando no desenvolvimento de interfaces;

- Utiliza a linguagem de programação orientada a objetos C++, onde se pode empregar plenamente os conceitos de POO (Programação Orientada a Objetos) e obter os seus benefícios;
- Possui um excelente ambiente de desenvolvimento (IDE) com ferramentas de produtividade que auxiliam a programação, além de um ótimo depurador (*debugger*);
- Ferramentas para desenvolvimento em equipes de programadores e controle de versões;
- Permite acesso a vários SGBD Oracle, MySQL, Sybase, Microsoft SQL Server e Interbase.

### 3.1.7.2 MySQL

O MySQL é o mais popular banco de dados SQL (*Structured Query Language*), fornecido pela empresa MySQL AB. É um robusto bancos de dados SQL, rápido, multitarefa e multiusuário. O MySQL pode ser usado em *softwares* de produção com alta carga e missão crítica, bem como pode ser embutido em programa de uso em massa. O MySQL é de Licença Dupla, onde os usuários podem escolher entre utilizar como um produto de *Free software* sob os termos da GNU (*General Public License*), ou adquirir uma licença comercial padrão (MySQL AB, 2008).

### 3.1.7.3 MySQL Connector

O MySQL Connector é um *drive* que permite estabelecer conexão do banco de dados MySQL com aplicativos desenvolvidos nas plataformas Windows, Linux, Mac entre outras. Um exemplo refere-se aos aplicativos desenvolvidos em C++ Builder que pode estabelecer conexão com o MySQL através do referido *drive* (MySQL AB, 2008).

### 3.1.8 Funções e Interfaces do *Software* Desenvolvido

Nessa seção são apresentadas as funções do *software* computacional desenvolvido para apoio a decisão em substituição de TMH, bem como suas principais interfaces e os correspondentes parâmetros de entrada.

A Figura 3.4 apresenta a arquitetura do aplicativo desenvolvido.

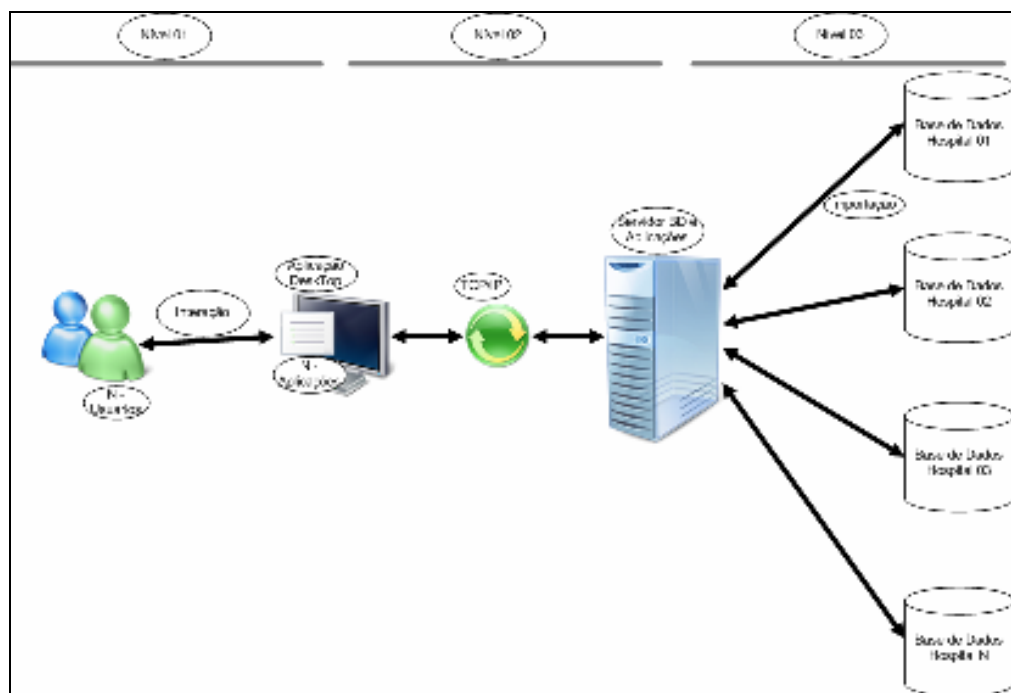


Figura 3.4 – Arquitetura do aplicativo desenvolvido.

A arquitetura do *software* está dividida em três níveis: no nível 1 temos o usuário interagindo com o *software*, sendo que podem ser N usuários para N aplicações, que através de interfaces o usuário efetua operações no *software*; no nível 2 é estabelecida a comunicação da aplicação com a base de dados mantida em um servidor de banco de dados, essa comunicação é realizada por um protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*), podendo realizar gravações, consultas, alterações e exclusões na base de dados do *software*; e no nível 3 é possível realizar a importação de dados de bases de dados de outro *software*, que possuam registros de EMH e que estejam disponíveis em uma estrutura de arquivo do tipo SQL.

### 3.1.8.1 Funções do *Software*

O *software* realiza cadastro de EMH, importação de dados, cálculo do índice de vida útil, vida útil remanescente, valor de substituição do equipamento avaliado, valor MEL e

CAUE. O aplicativo também possui as funções de geração de relatórios e tópicos de ajuda. Abaixo são listadas as funções do *software* com suas respectivas descrições.

- Cadastro de EMH: A opção de cadastro de EMH permite alimentar a base de dados para que posteriormente seja possível realizar os cálculos;
- Importação de Dados: Com esta opção é possível importar dados de EMH cadastrados em outro *software*, que estejam em estrutura de arquivo do tipo SQL;
- Índice de Vida Útil: Consiste da razão entre a idade do equipamento e a vida útil estimada em anos do mesmo. Caso o valor obtido seja maior ou igual a 1,00, significa que o equipamento atingiu o fim de sua vida útil;
- Vida Útil Remanescente: Tempo restante em anos de vida útil estimada do equipamento;
- Valor de Substituição: Valor em reais (R\$) necessário, para compra de um equipamento novo idêntico ao avaliado;
- CAUE: Metodologia na qual calcula o CAUE para cada ano de vida útil estimada do equipamento, e segundo o método, o ano em que o CAUE for o menor, significa que o equipamento a partir desse ano deixa de ser economicamente viável, devido aos aumentos de manutenção e reparo e a diminuição do valor de revenda do equipamento;
- Valor MEL: refere-se ao limite de despesas de manutenção e reparo para o restante da vida útil do EMH, valor que pode ser deduzido em limites máximos de despesas anuais em manutenção do equipamento analisado;
- Geração de Relatórios: Esta função permite gerar os relatórios de EMH disponíveis, índice de vida útil remanescente de EMH e valor MEL de EMH;
- Tópicos de Ajuda: Permite o usuário visualizar todas as funções do *software*, parâmetros de entrada necessários, bem como efetuar pesquisa sobre termos técnicos em qualquer interface do *software*.

### 3.1.8.2 Interfaces do *Software*



Com o objetivo de apresentar o aplicativo desenvolvido, seus parâmetros de entradas, funções e resultados, serão apresentadas as principais interfaces do *software* de apoio à decisão em substituição de TMH.

A Figura 3.5 apresenta a interface inicial do *software* desenvolvido.



Figura 3.5 – Interface inicial do *software*.

Após o usuário logar no *software* é apresentada a interface inicial, a qual permite o usuário acessar todas as opções contidas no aplicativo, através do menu principal. O menu possui as opções: Índices Econômicos; Equipamento; Cálculos; Relatórios; e Ajuda. Na opção Equipamento é disponibilizado as sub-opções: Importar Dados; e Cadastro de EMH. A opção Cálculos apresenta as sub-opções: Índice de Vida Útil; Valor MEL; e CAUE. Na opção Relatórios contém as sub-opções: EMH Disponíveis; Índice de Vida Remanescente de EMH; e Valor MEL. O *software* também conta com um tópico de ajuda que pode ser requisitado no menu principal na opção ajuda, ou em qualquer interface do *software* pressionando a tecla F1.

A entrada de dados no *software* pode ocorrer de duas formas:

- 1) Importação de dados: O *software* permite realizar a importação de dados de EMH que estejam em uma estrutura de arquivo do tipo SQL, contendo somente as rotinas de inserção de registros, cuja tabela deve estar com nome “equipamentos”. Essa estrutura de arquivo SQL deve conter os campos:
  - a. nomeequipamento: Campo do tipo *string*, possuindo a identificação do equipamento;
  - b. patrimonio: O campo patrimonio deve ser do tipo *integer*, contendo o número do patrimônio do equipamento
  - c. numeroserie: Deve ser do tipo *integer*, possuindo o número de série fornecido pelo fabricante;
  - d. marca: Dado do tipo *string*, contendo o nome do fabricante do equipamento;
  - e. modelo: Campo tipo *string*, possuindo o modelo do equipamento;
  - f. datainstalacao: Campo tipo *date*, contendo a data de instalação do equipamento;
  - g. valoraquisicao: Dado tipo *float*, possuindo o valor em R\$ do equipamento no momento de aquisição;
  - h. customanual: Campo tipo *float*, contendo o valor em R\$ de custo de manutenção anual do equipamento;
  - i. classe: Campo tipo *string*, identificando a classe do equipamento, através de três letras. O dado deste campo é utilizado para atribuir o tempo de vida útil para cada EMH, no momento do cadastro ou na importação de dados, através de uma rotina implementada no software;
  - j. id: Campo do tipo *integer*, seqüencial e não nulo.

Na Figura 3.6 é apresentada a interface referente à entrada de dados através de importação de registros/dados de EMH.

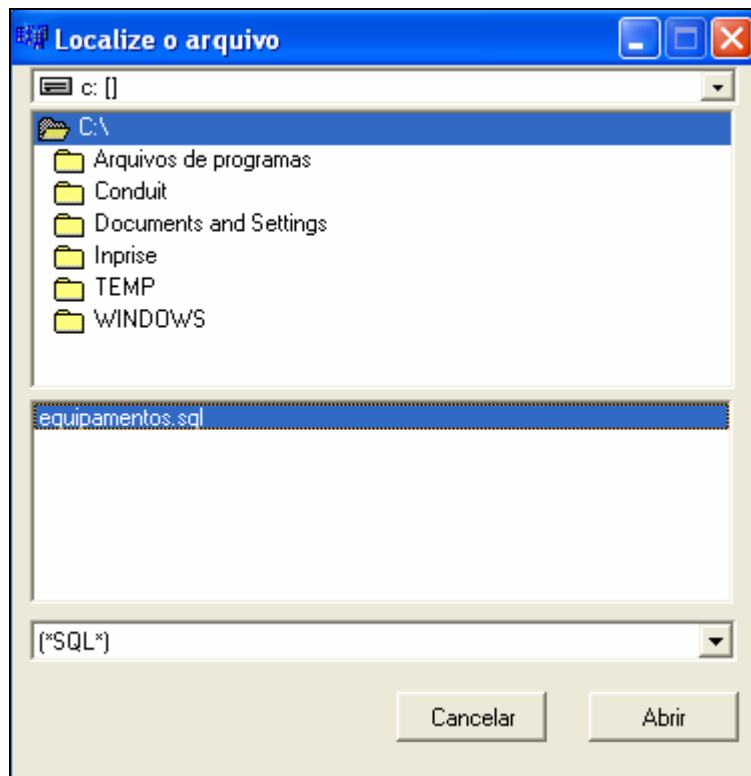


Figura 3.6 – Interface de entrada de dados através de importação de registros de EMH.

O usuário poderá realizar a entrada de dados de EMH no *software* através da opção importar dados, onde o *software* disponibiliza uma interface para localizar arquivo de dados de EMH na estrutura SQL, contendo os registros a serem importados. Porém, para que seja possível realizar a operação, os dados devem estar de acordo com as especificações anteriormente mencionadas.

- 2) Cadastro de EMH: Opção disponível para realizar cadastros de EMH, essa opção poderá ser utilizada em casos isolados, por exemplo, quando uma estrutura de engenharia clínica não possuir *software* informatizado para gerenciamento de EMH.

A Figura 3.7 apresenta a interface que realiza o cálculo do índice de vida útil de EMH.

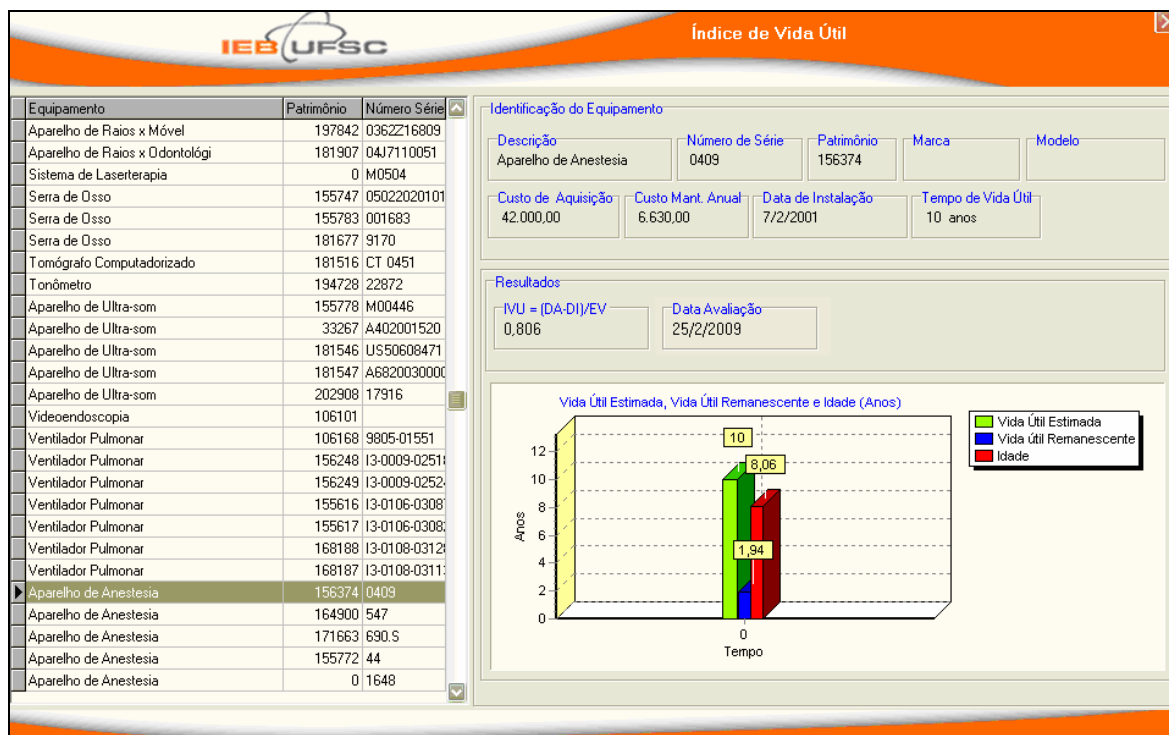


Figura 3.7 – Interface do cálculo do índice de vida útil para aparelho de anestesia.

O cálculo do índice de vida útil equivalente à razão entre a idade do equipamento e a estimativa de vida útil em anos, é possível ser calculado, selecionando um equipamento conforme apresentado na Figura acima. Como parâmetros de entrada são obrigatórios: nome do equipamento; data de instalação; e tempo de vida útil. De acordo com o cálculo realizado, o aparelho de anestesia possui 80,6% de sua vida útil estimada, correspondente ao percentual da idade em relação ao tempo de vida útil estimado. O gráfico oferece uma comparação visual entre a vida útil estimada, idade e vida útil remanescente do EMH. Os dados utilizados para o cálculo dos fatores foram retirados do atual *software* de gerenciamento de TMH do Ceged-IEB-UFSC, sendo que foi obtida autorização dos hospitais que possuem os EMH.

A Figura 3.8 apresenta a interface referente ao cálculo do valor MEL.

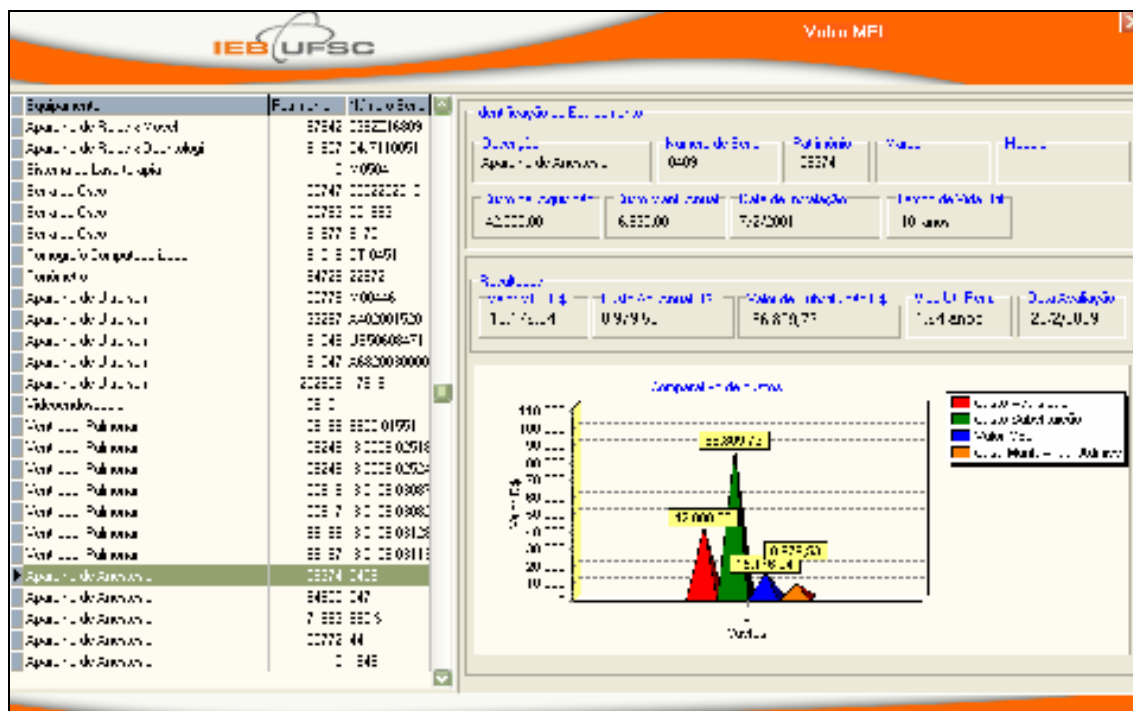


Figura 3.8 – Interface do cálculo do valor MEL para aparelho de anestesia.

O valor MEL refere-se ao valor máximo admissível em despesas de manutenção (incluindo reposição de peças e mão-de-obra) até o fim da vida útil do equipamento, desta forma é possível obter o valor máximo admissível anual em despesas de manutenção. Para o processamento do cálculo do valor MEL são necessários como parâmetros de entrada: nome do equipamento; data de aquisição; valor de aquisição; tempo de vida útil estimada; IGP-DI inicial, que consiste de um índice econômico da data de instalação do equipamento; e IGP-DI final, que consiste de um índice econômico da data do cálculo. Exceto os índices IGP-DI, todos os demais parâmetros são importados através da opção importar dados ou informados no momento do cadastro do equipamento. Os índices IGP-DI são cadastrados no software, para posteriormente serem buscados a cada cálculo. Esses índices são atualizados e disponibilizados mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas.

Na interface da Figura 3.8 é apresentado o valor necessário para substituição do equipamento por um novo idêntico, índice de vida útil remanescente e anos de vida útil remanescente. Após o processamento do cálculo do valor MEL, o *software* disponibiliza um gráfico com os valores de custo de aquisição, custo de substituição, valor MEL e custo máximo admissível anual em despesas de manutenção. O usuário também pode obter uma ficha técnica do equipamento, de acordo com a Figura 3.9.

Nome do Equipamento		Marca	Modelo	Núm. Série
Aparelho de Anestesia				0408
Patrimônio	Data Instalação	Custo de Aquisição (R\$)	Tempo de Vida Útil Estimada	Vida Útil Rem.
55374	25/02/11	42.000,00	10 Anos	1,94 Anos
Valor Substituição (R\$)	Custo Mant. Anual (R\$)	Valor MEL (R\$)	Custo Anual Admissível (R\$)	Data da Avaliação
70.809,77	8.650,00	15.770,21	8.979,53	25/02/11
<p>OBS1: Equipamento com 1,94 Anos de Vida útil Remanescente.</p> <p>OBS2: Admissível gastar R\$ 15.176,24 em manutenção até o final da vida útil, ou R\$ 8.979,53 em manutenção anual.</p>				

Figura 3.9 – Ficha técnica de equipamento para aparelho de anestesia.

A ficha técnica fornece todos os dados de identificação do equipamento, como nome do equipamento, marca, modelo, número de série, patrimônio, data de instalação, custo de aquisição, custo de manutenção anual, tempo de vida útil remanescente e data da avaliação. Com o objetivo de oferecer indicadores aos gestores de TMH, e dessa forma auxiliando no processo de decisão em substituição de TMH, a ficha técnica apresenta os valores de substituição, valor MEL e tempo de vida útil remanescente. Para facilitar o entendimento dos valores apresentados, a ficha técnica possui duas observações, contendo explicitamente quanto tempo o equipamento em análise possui de vida útil remanescente e valor em reais máximo admissível em manutenção até o final da vida útil e manutenção anual. Caso o equipamento tenha atingido o fim de sua vida útil o *software* apresenta na ficha técnica uma única observação, contendo: “Equipamento atingiu o fim de sua vida útil, sugerido substituição”.

A Figura 3.10 apresenta a interface do *software* que efetua o cálculo do CAUE.

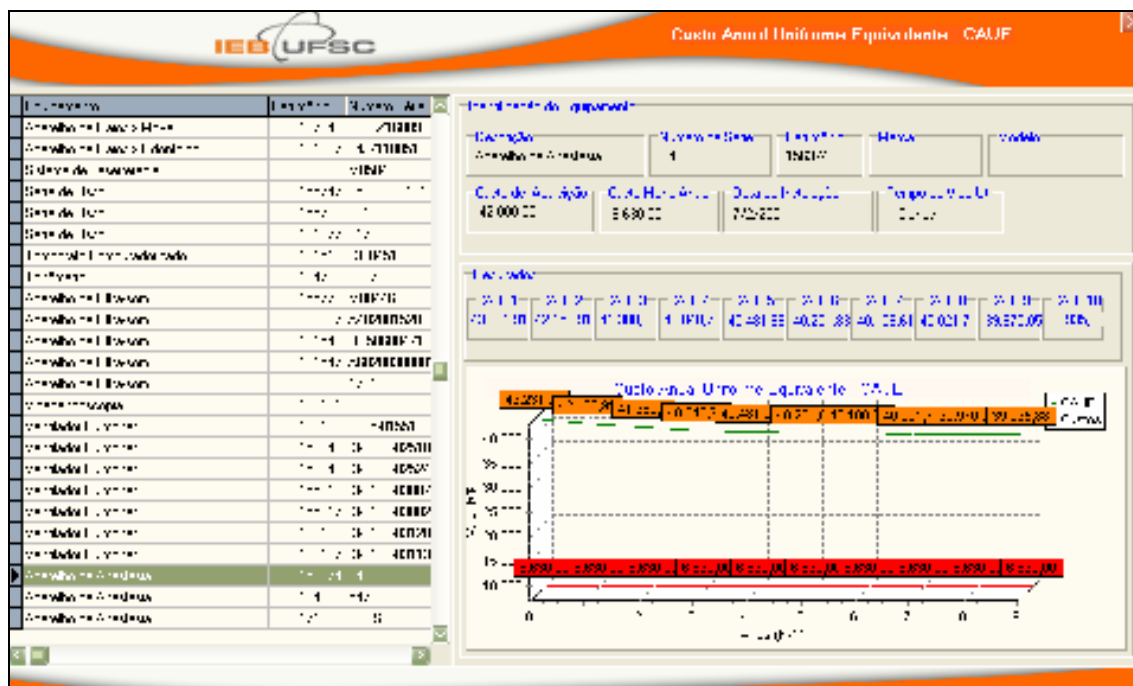


Figura 3.10 – Interface do cálculo do CAUE para aparelho de anestesia.

O cálculo do CAUE consiste em calcular o custo anual uniforme equivalente para todos os anos de vida útil estimada do equipamento, segundo esta metodologia o menor valor calculado corresponde ao ano em que o equipamento deixa de ser economicamente viável, devido aos significativos aumentos em manutenção e redução do valor de revenda (HIRSCHFELD, 1984).

Na realização do cálculo do CAUE, são necessários os seguintes parâmetros de entrada no *software*:

- Nome do equipamento;
- Tempo de vida útil;
- Custo em manutenção anual;
- Custo de aquisição;
- Data de aquisição.

Sendo que esses parâmetros são informados no momento do cadastro do equipamento ou importados, via opção do *software* importar dados. É também necessário informar ao *software*, os índices econômicos IGP-DI referente ao mês de aquisição do equipamento e do mês atual, ou seja, IGP-DI correspondente da data de aquisição e data em que está sendo realizado o cálculo.

Conforme apresentado na Figura 3.16, tem-se o cálculo do CAUE para os cinco anos de vida útil estimada para o oxímetro de pulso, sendo que o menor valor calculado ocorreu no quarto ano de vida útil do equipamento, isso significa que a partir do quarto ano deixa de ser economicamente viável manter o oxímetro de pulso. O gráfico que pode ser gerado na interface do cálculo do CAUE apresenta duas linhas, uma referente ao valor médio de custo em manutenção e outra para o CAUE de cada ano da vida útil estimada do equipamento avaliado.

O *software* possui três relatórios: relatório de EMH disponíveis; índice de vida útil remanescente dos EMH; e valor MEL, os quais podem ser solicitados através da opção relatórios no menu da interface inicial do *software*.

Na Figura 3.11 é apresentada a interface do relatório do índice de vida útil remanescente de EMH, sendo que os demais relatórios possuem a mesma estrutura de apresentação dos dados e informações.

RELATÓRIO DE VIDA ÚTIL REMANESCENTE DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES							
Equipamento	Num. Série	Marca	Modelo	Data Instalação	Vida Útil Estimada	Valor Aquisição (R\$)	Vida Útil Remanescente
Aparelho de Aesculá	0409			7/2/2001	10	42.000,00	19,45 %
Aparelho de Aesculá	547			31/5/2001	10	76.000,00	22,55 %
Aparelho de Aesculá	690.S			24/5/2002	10	46.535,40	33,21 %
Aparelho de Aesculá	44			24/5/2002	10	35.690,00	33,21 %
Aparelho de Aesculá	1648			16/2/2004	10	25.036,42	49,70 %
Aparelho de Aesculá	AMPHD1696			30/3/2007	10	50.155,69	80,88 %
Aparelho de Aesculá	AMPHD1698			30/3/2007	10	50.155,69	80,88 %
Aparelho de Fotócapta	BL07 E 08			27/7/2007	10	3.400,00	84,14 %
Aparelho de Fotócapta	DAD33017			21/1/2008	10	2.960,00	89,01 %
Aparelho de Fotócapta	FT42080			6/10/2006	10	1.730,00	76,08 %
Aparelho de Fotócapta	01505			1/4/2002	10	1.055,00	30,90 %
Aparelho de Fotócapta	01481			1/4/2002	10	1.055,00	30,90 %
Aparelho de Fotócapta	JX7867			7/5/2002	10	1.399,68	31,89 %
Aparelho de Fotócapta	JX7868			7/5/2002	10	1.399,68	31,89 %
Aparelho de Fotócapta	JX7866			7/5/2002	10	1.399,68	31,89 %
Aparelho de Raio x Move l	0008-001-033			16/5/2002	8	14.500,00	15,17 %
Aparelho de Raio x Move l	0362216809			20/6/2008	8	85.000,00	91,44 %
Aparelho de Raio x Odontologi	04J7110051			24/5/2004	8	3.480,00	40,48 %
Aparelho de Ultra-son	M00446			7/8/2002	12	178.800,00	45,34 %
Aparelho de Ultra-son	A402001520			5/5/2004	10	4.071,00	51,86 %
Aparelho de Ultra-son	US50608471			9/10/2006	12	74.120,49	80,14 %
Aparelho de Ultra-son	A68200300001137			15/9/2006	12	80.814,55	79,59 %
Aparelho de Ultra-son	17916			18/11/2008	7	1.410,52	96,13 %
Aspirador Cirúrgico	BE12959			7/5/2002	10	1.508,43	31,89 %
Aspirador Cirúrgico	BE12962			7/5/2002	10	1.508,43	31,89 %
Aspirador Cirúrgico	BE12961			7/5/2002	10	1.508,43	31,89 %
Aspirador Cirúrgico	BE12960			7/5/2002	10	1.508,43	31,89 %

Figura 3.11 – Interface do relatório do índice de vida útil remanescente dos EMH.



Com objetivo de auxiliar o usuário, o *software* conta com tópicos de ajuda, onde é possível visualizar todas as funcionalidades do *software* com seus respectivos parâmetros de entrada, bem como realizar pesquisas de termos técnicos, auxiliando o usuário em qualquer operação do *software*, bastando apenas pressionar a tecla F1.

A Figura 3.12 mostra a interface correspondente a função ajuda.

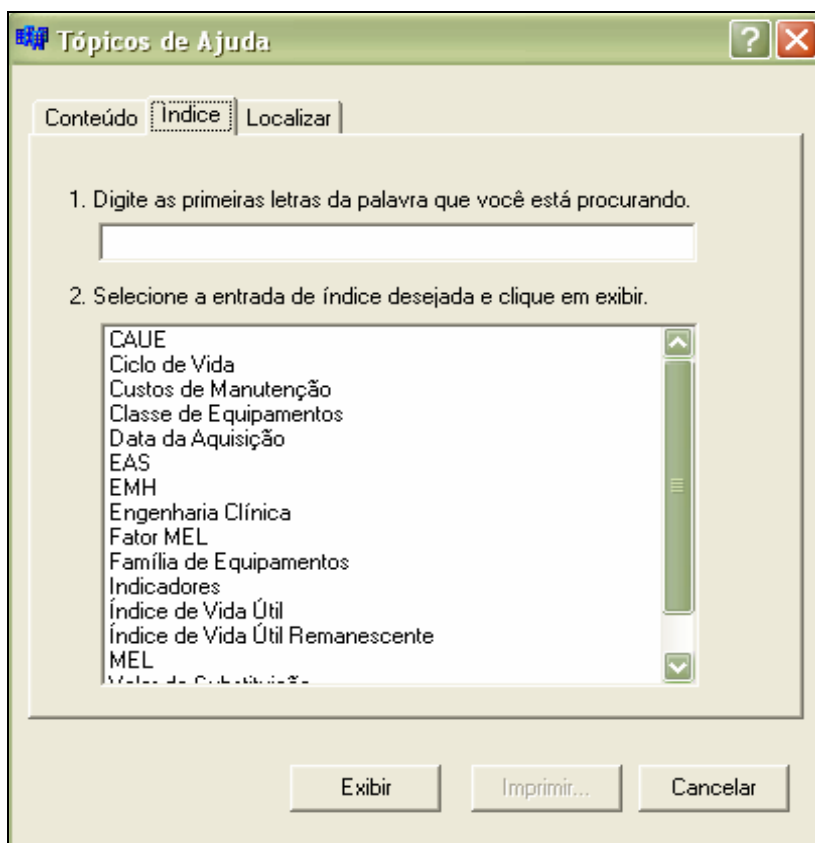


Figura 3.12 – Interface da função tópicos de ajuda.

A interface da função tópicos de ajuda possui três abas: conteúdo; índice; e localizar. Através da aba conteúdo é possível visualizar as funções do *software*, parâmetros de entrada, relatórios disponíveis, saídas do *software* e termos técnicos. Na aba índice, o usuário pode efetuar pesquisa de termos técnicos, informando a palavra desejada, caso a palavra seja encontrada. O *software* apresenta uma interface com sua definição.

Na escolha de uma das opções na aba conteúdo em tópicos de ajuda, ou no resultado de uma pesquisa na aba índice, o usuário poderá solicitar abrir o conteúdo referente ao item escolhido, através do ícone Exibir, como anteriormente apresentado na Figura 3.12.

A Figura 3.13 apresenta a interface que descreve as funções do software, disponibilizada na aba conteúdo em tópicos de ajuda.

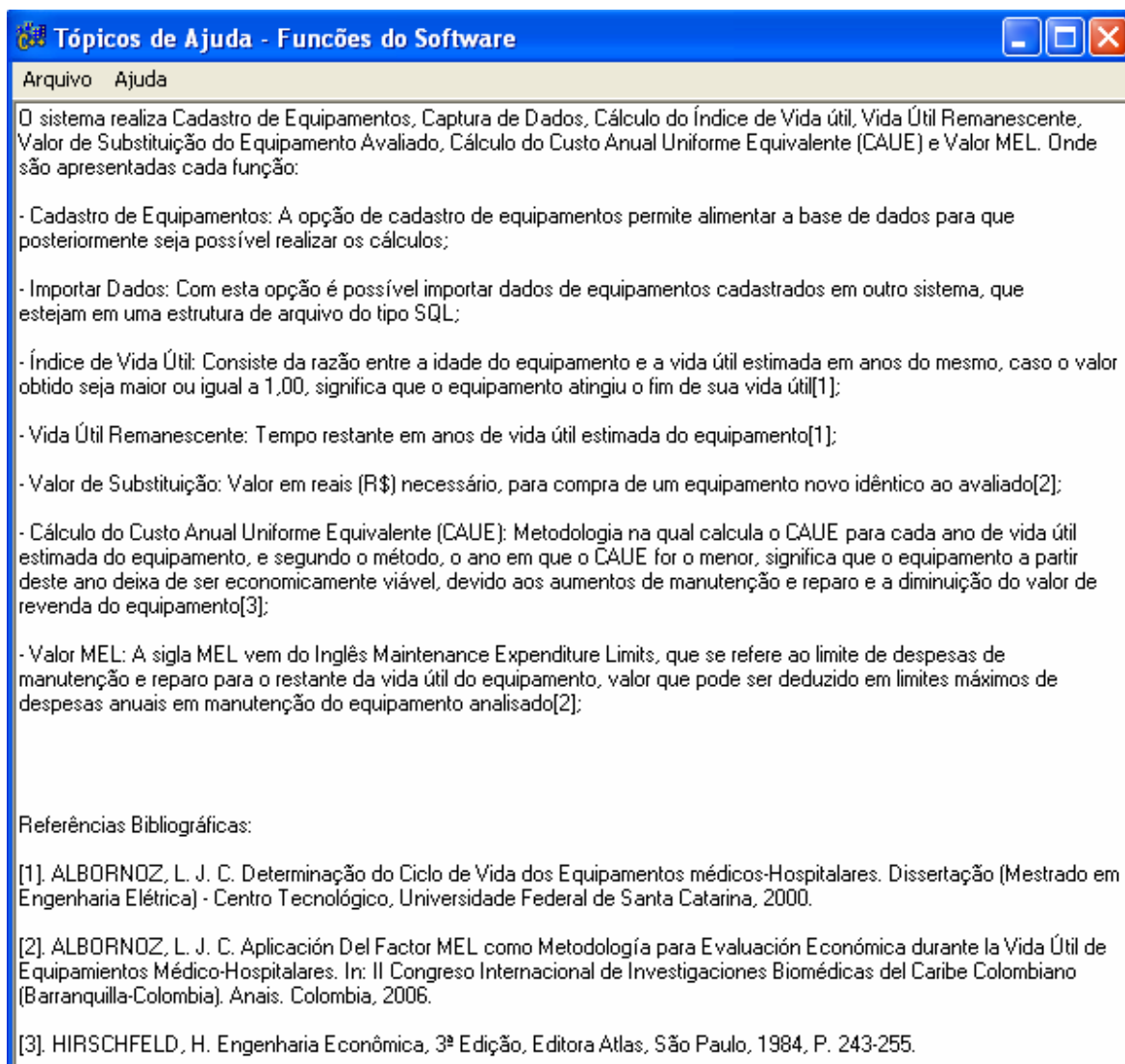


Figura 3.13 – Interface do tópico de ajuda descrevendo as funções do *software*.

Na interface funções do *software* são descritas todas as funções do *software*, com suas respectivas referências bibliográficas, sendo que o usuário possui a opção de salvar o documento no formato de texto ou imprimir. De forma semelhante são disponibilizados todos os conteúdos da função tópicos de ajuda.

## 3.2 Módulo II: Uso do *Software Weibull*<sup>®</sup> para Obtenção de Parâmetros na Análise de Falhas de EMH

### 3.2.1 Definição de Confiabilidade, Falha, Taxa de Falha e Probabilidade de Falha

Inicialmente é importante definir alguns conceitos que serão abordados na análise de falhas.

Confiabilidade pode ser definida como a “*capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo*” (ABNT, 1994).

Denomina-se falha de um equipamento “*o término da capacidade de um item desempenhar uma função requerida*” (ABNT, 1994).

Taxa de falha pode ser definida pelo “*Limite, se existir, da razão da probabilidade condicional de que a falha de um item ocorra em um dado intervalo de tempo  $(t, t + \Delta t)$ , visto que o item estava disponível no instante  $t$ , pela duração  $\Delta t$  deste intervalo, quando  $\Delta t$  tende a zero*” (ABNT, 1994).

A probabilidade de falha é complementar a confiabilidade (BECK, 1999).

### 3.2.2 O *Software Weibull*<sup>®</sup>

O *software Weibull*<sup>®</sup> foi desenvolvido para realizar a análise de dados de falhas, utilizando diversas distribuições, incluindo todas as formas da distribuição Weibull<sup>®</sup>, tratada com detalhes no Apêndice B. Possui uma interface similar com a maioria dos *softwares* utilizados na realização de cálculos, está baseado no uso de planilhas de inserção de dados.

Após a inserção dos dados, é possível obter gráficos de confiabilidade, taxa de falhas, probabilidade de falhas entre outros parâmetros, que permitem realizar uma análise dos dados de falhas (RELIASOFT, 2005).

### 3.2.3 Configurando a Entrada de Dados no *Software Weibull*<sup>®</sup>

De acordo com os dados disponíveis, deve ser realizada a escolha do formato de entrada de dados, por exemplo, podemos ter intervalos de tempos até a ocorrência da falha, neste caso, deve-se utilizar o fôlio “Dados de tempo até a falha”, como é apresentado na Figura 3.14.

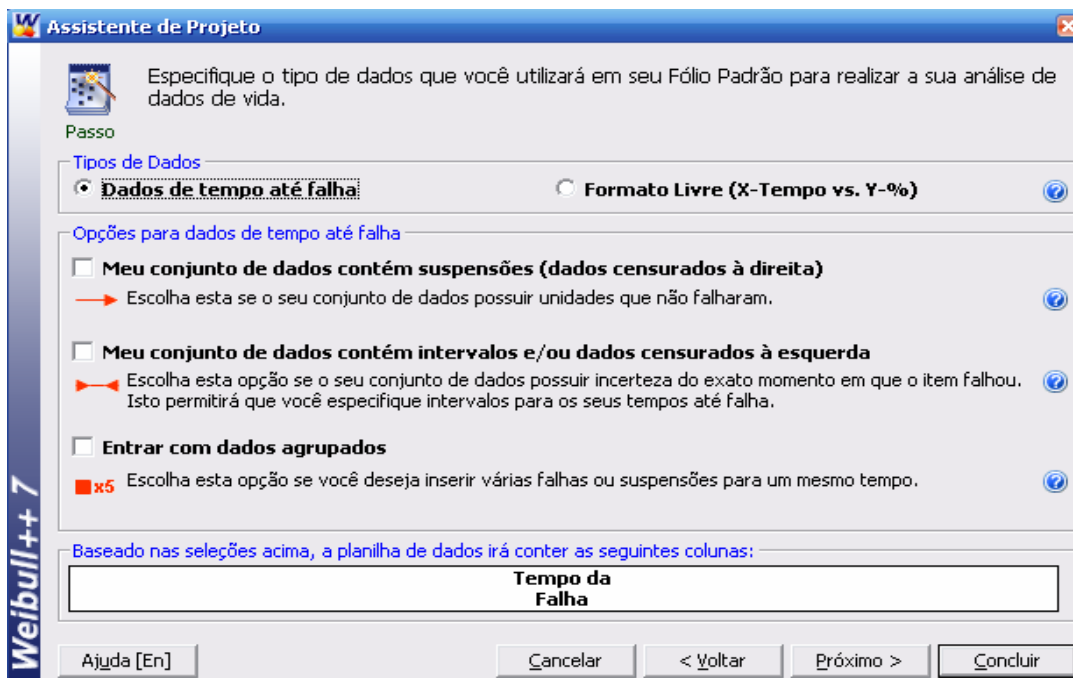


Figura 3.14 – Escolha do tipo de dados a inserir no fôlio de entrada de dados. Escolhido dados de tempo até a falha.

Posteriormente a escolha, conforme Figura 3.14, o *software* apresenta ao usuário uma interface de entrada de dados, contendo uma única coluna, na qual deve ser informado o tempo até a falha, assim permitindo a realização dos cálculos e geração de gráficos de confiabilidade, taxa de falhas, probabilidade de falhas, entre outros parâmetros referentes a vida de equipamentos.

A Figura 3.15 apresenta a escolha do fôlio de entrada de dados, que considera o tempo de observação, e a ocorrência ou não de falha no período.

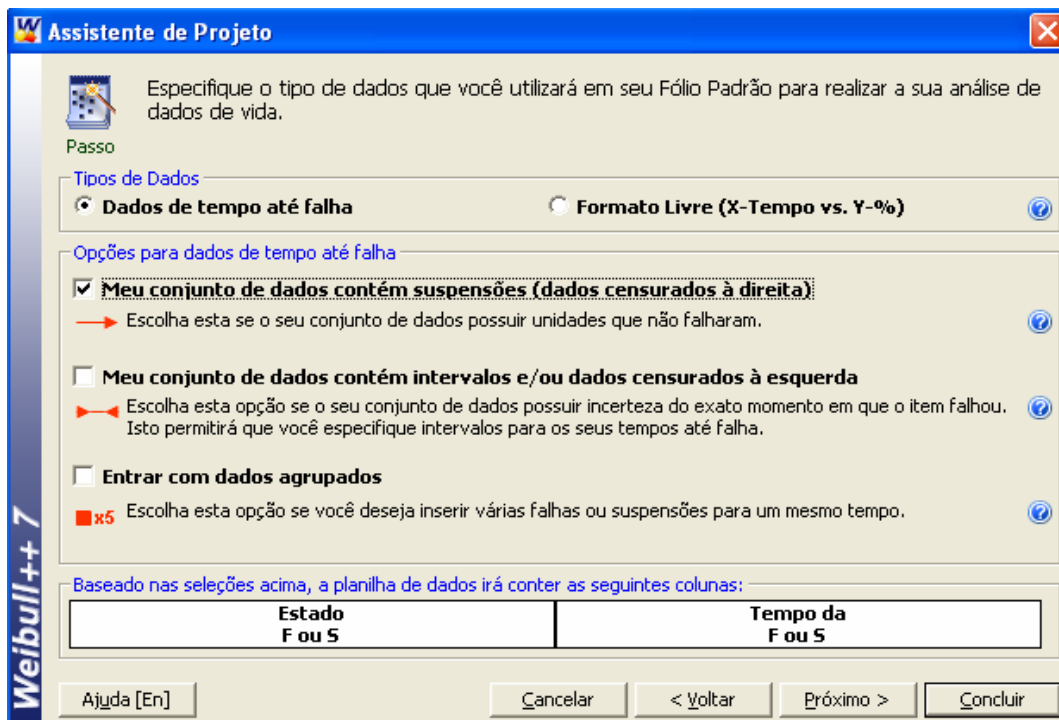


Figura 3.15 – Escolha do tipo de dados a inserir no fôlio de entrada de dados. Escolhido dados de tempo até a falha, que permite informar o período, e a ocorrência ou não ocorrência de falha.

Logo da escolha do fôlio de entrada de dados, o *software* apresenta ao usuário uma interface onde pode informar o período de observação, e o estado, sendo “F” caso tenha ocorrido falha no período e “S” para não ocorrência de falha.

Na Figura 3.16 é apresentada a escolha “Formato livre”, a qual se destina aos casos que possuem dados de intervalos de tempo considerados na observação de ocorrência das falhas, e frequência de falhas de cada período observado.

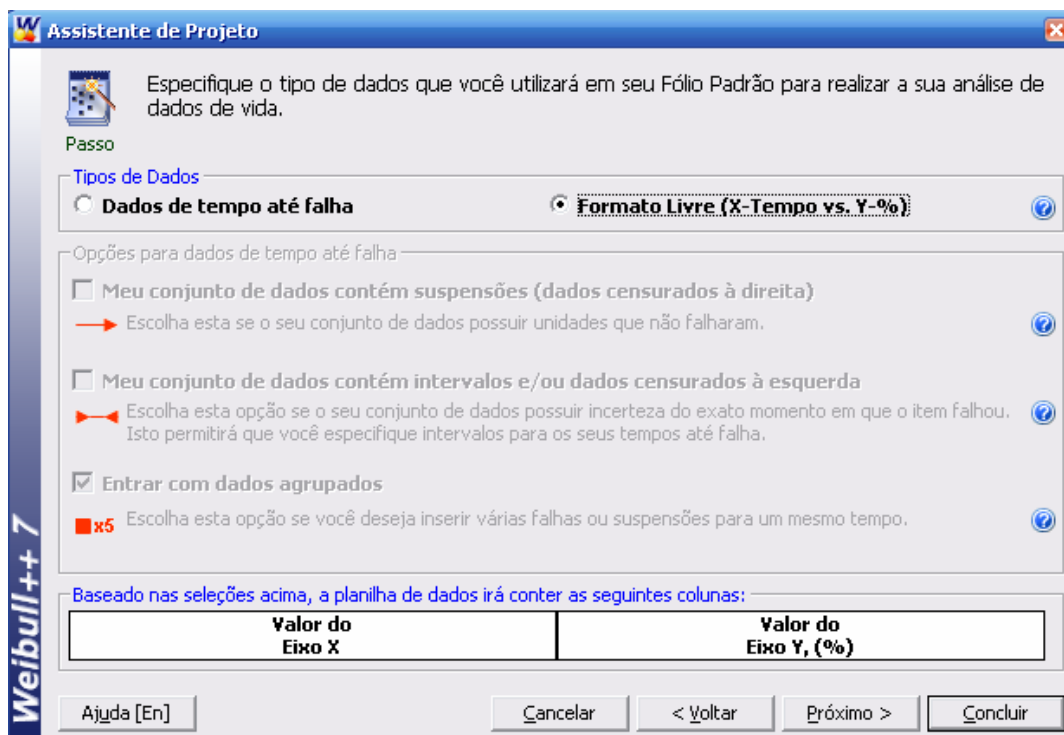


Figura 3.16 – Escolha do tipo de dados a inserir no fólio de entrada de dados. Escolhido formato livre.

Após a escolha do formato livre, o *software* disponibiliza ao usuário um fólio de entrada de dados, contendo duas colunas, onde se deve informar os intervalos de períodos considerados na observação de ocorrência de falhas, e o correspondente percentual acumulado de falhas de cada período. Desta forma, é possível realizar o cálculo de confiabilidade, taxa de falhas, probabilidade de falhas, entre outros parâmetros.

### 3.3 Função Lógica para Geração de Indicador de Classificação em Prioridade de Substituição

Foi desenvolvida uma função lógica baseada em lógica multi-valores, para a geração de indicador classificado em prioridade de substituição. Para tal contribuição, faz-se necessário classificar alguns parâmetros obtidos com a ferramenta desenvolvida e através do *software* Weibull® na análise de falhas. Os parâmetros considerados são:

- Custo de manutenção anual máximo admissível (CMA);
- Custo de manutenção anual efetivo (CME);

- Valor de substituição (VS);
- Percentual de vida útil remanescente (%VUR);
- Probabilidade de falha (PF);
- Fator  $\beta$ , que classifica as falhas como mortalidade infantil, aleatórias e fim de vida útil.

Os parâmetros são classificados em Baixa (B), Média (M) e Alta (A) prioridade de substituição, conforme regras definidas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Regras de prioridade de substituição para parâmetros considerados no processo de apoio a decisão em substituição de EMH.

Parâmetro ( $P_i$ )	Comparação	Regras	Classificação
CMA - $P_1$	CME	$\frac{CMA}{CME} < 1$	A
		$1 \leq \frac{CMA}{CME} < 1,5$	M
		$1,5 \leq \frac{CMA}{CME}$	B
VS - $P_2$	CME	$10\% < \left(\frac{CME}{VS}\right)$	A
		$5\% < \left(\frac{CME}{VS}\right) \leq 10\%$	M
		$\left(\frac{CME}{VS}\right) \leq 5\%$	B
VUR (%) - $P_3$	Faixa de percentual entre 0 e 100	$0\% \leq VUR \leq 40\%$	A
		$40\% < VUR \leq 86\%$	M
		$86\% < VUR \leq 100\%$	B
PF - $P_4$	Faixa de percentual entre 0 e 100	$65\% \leq PF < 100\%$	A
		$35\% \leq PF < 65\%$	M
		$0\% \leq PF < 35\%$	B
Fator $\beta$ - $P_5$	Faixa de valores	$6 \leq \beta$	A

	entre 0,2 e 12	$1 \leq \beta < 6$	M
		$0,2 \leq \beta < 1$	B

Os critérios utilizados no estabelecimento das regras foram através de estimativas com base nos resultados levantados em campo, bem como nos trabalhos de Albornoz (2000) e Reliasoft (2005).

As Tabelas 3.2 e 3.3 apresentam os mapas de Karnaugh da lógica multi-valores de Post (FREGONEZI, 2006), com os conectivos “ $\wedge$ ”(e) e “ $\vee$ ”(ou), respectivamente, que devem ser considerados na classificação final de prioridade de substituição de EMH.

Tabela 3.2 – Mapa de Karnaugh da lógica multi-valores de Post, com o conectivo “ $\wedge$ ” para as variáveis de classificação B, M e A.

$\wedge$	B	M	A
B	B	B	B
M	B	M	M
A	B	M	A

Tabela 3.3 – Mapa de Karnaugh da lógica multi-valores de Post, com o conectivo “ $\vee$ ” para as variáveis de classificação B, M e A.

$\vee$	B	M	A
B	B	M	A
M	M	M	A
A	A	A	A

Com o objetivo de obter um indicador final de prioridade de substituição foram considerados os parâmetros levantados nos módulos I e II, sendo classificados em baixa (B), média (M) e alta (A) prioridade de substituição, e utilizando conectivos lógicos foi proposta a função lógica, que resulta no indicador final a partir dos resultados parciais dos módulos I e II. Os parâmetros considerados em cada módulo são operados pelo conectivo “ $\vee$ ”, devido o nível lógico dominante nessa operação ser o elemento “A”, indiferente “M”



e secundário “B”, desta forma, o conseqüente parcial será “A” se algum dos parâmetros seja “A”.

No entanto, após gerar os resultados parciais em cada módulo é necessário processá-los para obter o classificador final, para tal objetivo foi utilizado o conectivo “ $\wedge$ ” em razão do mesmo possuir como nível lógico dominante o elemento “B”, indiferente “M”, e secundário “A”, assim o resultado da operação será “A” somente se os resultados parciais sejam “A”.

Por fim, é possível gerar uma função  $f$  denominada função de priorização de substituição de EMH, conforme a equação 3.1.

$$f_{[B,M,A]}[\{(P_1 \vee P_2 \vee P_3) \wedge P_4\} \wedge P_5] = I_{[B,M,A]} \quad (\text{equação 3.1})$$

Sendo  $P_1 \dots P_5$  os parâmetros considerados na Tabela 3.1, classificados de acordo com suas respectivas regras, os conectivos “ $\wedge$ ” e “ $\vee$ ” referem-se as operações definidas nas Tabelas 3.2 e 3.3 e,  $I$  o indicador resultante, classificado em Baixa (B), Média (M) e Alta (A) prioridade de substituição.

## 4. VALIDAÇÃO DO MÓDULO I E ESTUDO DE CASO

### 4.1 Metodologia de Validação dos Resultados

Com o objetivo de validar os resultados obtidos com a ferramenta implementada, foi elaborado um questionário, encaminhado para profissionais que gerenciam e trabalham com equipamentos médico-hospitalares. Através da pesquisa de campo foram obtidos dados suficientes para verificar, se realmente as informações apresentadas através de parâmetros gerados na ferramenta implementada condizem com a realidade no gerenciamento de algumas classes de EMH, bem como identificar a necessidade de possuir um *software* de apoio à decisão no processo de substituição de TMH.

#### 4.1.1 Formulação do Instrumento de Pesquisa

De acordo com as pesquisas realizadas, existem alguns critérios que devem ser seguidos na elaboração de questionários, os quais podem ser resumidos em (RICHARDSON, 2007; REA, 2000):

- Introdução a pesquisa, contendo a instituição realizadora, o objetivo da pesquisa, a forma como o entrevistado foi selecionado, a importância de sua participação e deixar claro que não existem respostas certas ou erradas;
- Não elaborar perguntas que possam intimidar ou levar o entrevistado a responder de forma tendenciosa aos objetivos do pesquisador; Evitar perguntas que dentro do espaço amostral possivelmente tenha mais de 80% com mesma resposta;
- Pré-codificar o questionário de modo que seja possível coletar facilmente os dados após a realização da pesquisa e posteriormente processar esses dados obtendo informações significativas para a pesquisa;
- A pesquisa não deve tomar muito tempo do entrevistado, porém não deve deixar dúvidas quanto ao procedimento de como responder todas as questões;
- Quando realizar perguntas com respostas de escalas (Ex: 10-20 e 21-30) não deixar o entrevistado confuso de qual classe sua resposta pertence;

- Quanto à extensão do questionário, deve ser conciso, mas cobrindo a gama necessária do assunto requerido pelo assunto;
- Evitar qualquer pergunta que contenha as conjunções e/ou, pois pode tratar-se na realidade, composta por mais de uma pergunta;
- Quando necessário explicar alguma pergunta pra o entrevistado, deve ser tomado cuidado para que essas explicações não influenciem indevidamente a resposta do entrevistado;
- As perguntas devem ser apresentadas preferencialmente de acordo com suas classes, ou seja, dividir o questionário em áreas de assunto a serem tratados;
- A ordem das perguntas pode afetar no resultado geral da aplicação do questionário, sendo assim é recomendado que as primeiras perguntas devam gerar uma opinião direta e descomplicada. A principal finalidade das primeiras perguntas é estimular o interesse pela continuação do questionário sem ofender, ameaçar, confundir ou entediar o entrevistado.

No instrumento de pesquisa desenvolvido foi inserido códigos a cada pergunta, de modo que fosse possível após a aplicação do questionário pós-codificar, informando qual resposta foi fornecida (Ex.: [25] – 3). Desta forma, facilitando a transferência para o computador e posterior processamento dos dados obtidos. Os critérios de elaboração do questionário foram em base, nos valores os quais desejados a comparar com os gerados pela ferramenta desenvolvida, bem como na bibliografia pesquisada.

O projeto de pesquisa foi submetido ao comitê de ética de pesquisa da UFSC, o qual forneceu uma declaração descrevendo que não havia necessidade do instrumento de pesquisa ser analisado pelo comitê, tendo em vista que a pesquisa refere-se somente a EMH.

#### 4.1.2 Estabelecimento da Base de Informações

Na realização de análises, é necessário o levantamento dos parâmetros gerados pelo *software* desenvolvido, e assim tornar possível a comparação com os valores obtidos através da aplicação dos questionários. Os fatores gerados pela ferramenta são:

- Índice de vida útil;
- Vida útil remanescente;
- Valor de substituição, que corresponde o valor necessário a ser gasto para adquirir um equipamento novo;
- Valor MEL: Limites de despesas em manutenção e reparos, para o tempo de vida útil remanescente estimado;
- Custo anual admissível em manutenção;
- Custo Anual Uniforme Equivalente, onde este método consiste em calcular o CAUE para cada ano do tempo vida útil estimado. O menor CAUE obtido representa que a partir do ano calculado, o EMH deixa de ser economicamente viável, devido ao aumento dos custos em manutenção, e o decréscimo do valor de revenda do equipamento médico-hospitalar.

#### 4.1.3 Determinação da Composição da Amostragem

A população estudada constituiu-se de médicos, enfermeiros e engenheiros clínicos, que atuam em hospitais públicos de Florianópolis que possuem EEC. Desta forma, foi obtido opiniões de usuários e gestores de EMH. O levantamento da população realizou-se em cinco hospitais, de modo a obter uma amostra estatisticamente aceitável, a fim de avaliar e validar os resultados gerados pela ferramenta desenvolvida.

Os Quadros 4.1 e 4.2 apresentam o levantamento realizado (Ceged-IEB-UFSC, 2008).

Quadro 4.1 – Estimativa de profissionais disponíveis para aplicação dos questionários nos hospitais públicos de Florianópolis.

<b>Hospital</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>Ambulatório</b>	-	3 enfermeiros e 1 médico	3 enfermeiros e 2 médicos	4 enfermeiras e 2 médicos	3 enfermeiros e 2 médicos
<b>Berçário</b>	-	-	5 enfermeiros e 3 médicos	-	-
<b>Centro Cirúrgico</b>	8 enfermeiros e 5 médicos	10 enfermeiros e 6 médicos	7 enfermeiros e 4 médicos	5 enfermeiros e 4 médicos	-

<b>Emergência</b>	5 enfermeiros e 3 médicos	4 enfermeiros e 1 médico	6 enfermeiros e 4 médicos	-	6 enfermeiros e 3 médicos
<b>Semi UTI</b>	6 enfermeiros e 2 médicos	-	-	-	-
<b>UTI</b>	8 enfermeiros e 4 médicos	6 enfermeiros e 4 médicos	-	6 enfermeiros e 4 médicos	7 enfermeiros e 3 médicos
<b>UTI Neo</b>	-	6 enfermeiros e 5 médicos	4 enfermeiros e 2 médicos	4 enfermeiros e 3 médicos	-
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>46</b>	<b>40</b>	<b>32</b>	<b>24</b>

Quadro 4.2 – Estimativa da população total disponível para aplicação dos questionários nos hospitais públicos de Florianópolis.

<b>População total disponível</b>		
<b>Médicos e enfermeiros</b>	<b>Engenheiros clínicos</b>	<b>Total (N)</b>
183	15	198

As populações inferiores a 500, o tamanho adequado da amostra é 50% da população considerada, com nível de confiança de 95% (REA, 2000). No caso desta aplicação a população é 198, entre médicos, enfermeiros e engenheiros clínicos, que trabalham com TMH, portanto pode ser considerada adequada uma amostra de 99 entrevistados.

#### 4.1.4 Pré-teste do Instrumento de Pesquisa

Na realização do pré-teste, foi selecionado um número reduzido de entrevistados a responder o questionário, de modo a permitir identificar necessidades de melhorias na apresentação das perguntas ou acréscimo de outras.

#### 4.1.5 Resultados Obtidos com a Aplicação da Ferramenta de Pesquisa

Após a realização do pré-teste, bem como as devidas melhorias e ajustes necessários da ferramenta de pesquisa, o questionário foi aplicado em cinco hospitais públicos de Florianópolis. A aplicação do questionário objetivou obter dados que pudessem ser comparados com os parâmetros utilizados e informados pela ferramenta (*software*) de

apoio a decisão em substituição de TMH. Ainda pretendeu-se investigar o conhecimento dos profissionais referente à substituição de EMH, e assim verificar a importância de uma ferramenta de auxílio nas tomadas de decisões.

Ao final da pesquisa foram obtidos 99 questionários respondidos, aplicados entre médicos, enfermeiros e engenheiros clínicos. É importante salientar que alguns entrevistados não responderam todas as questões contidas no questionário, assim foram obtidos 91,82% de questões respondidas pelos entrevistados em relação ao total das questões aplicadas.

Nestes questionários, solicitou-se que os entrevistados assinalassem o item mais adequado, de acordo com seus conhecimentos em relação à questão apresentada. Exemplo de questão utilizada:

**Abaixo estão listadas algumas famílias de equipamentos médico-hospitalares. Quanto tempo de vida útil (anos) estima (Idealmente) para cada classe de equipamento?**

**1. Aparelho anestesia**

1.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

1.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

1.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

1.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

**2. Bisturi elétrico**

2.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

2.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

2.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

2.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

**3. Eletrocardiógrafo**

3.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

3.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

3.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

3.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

**4. Monitor cardíaco**

4.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

4.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

4.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

4.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

**5. Microscópio cirúrgico**

5.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

5.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

5.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

5.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

## 6. Oxímetro de pulso

6.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

6.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

6.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

6.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

O questionário completo com os cálculos estatísticos encontra-se no Apêndice C.

## 4.2 Análise dos Dados

Na escolha das classes de EMH avaliadas na pesquisa de campo, foram considerados os EMH mais utilizados nos setores dos hospitais pesquisados além de verificar as classes que mais possuem EMH com dados como: data de instalação; valor de aquisição; custos de manutenção; entre outros parâmetros necessários no processamento das metodologias implementadas no *software* desenvolvido. Deste modo, permitindo a aplicação da ferramenta em um estudo de caso.

Os entrevistados classificaram o tempo de vida útil para seis classes de equipamentos médico-hospitalares, sendo eles:

- Aparelho de anestesia;
- Bisturi elétrico;
- Eletrocardiógrafo;
- Monitor cardíaco;
- Microscópio cirúrgico;
- Oxímetro de pulso.

Desta forma, os entrevistados escolheram a categoria mais adequada segundo seus conhecimentos. A Figura 4.1 apresenta o gráfico contendo as médias de anos de vida útil (idealmente) das classes de equipamentos, de acordo com a opinião dos entrevistados.

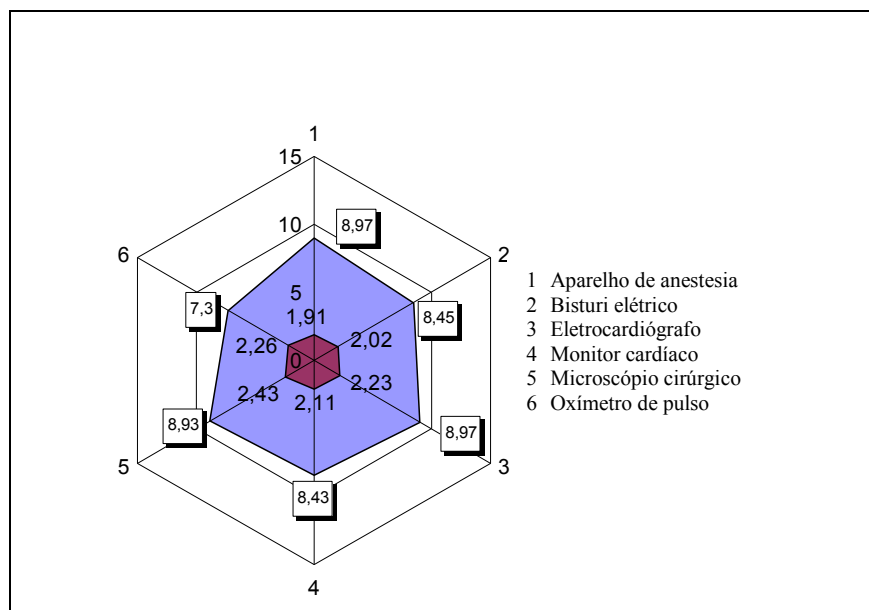


Figura 4.1 – Gráfico das médias e desvios padrões de anos de vida útil (idealmente) de cada classe de equipamento, de acordo com a opinião dos entrevistados.

No gráfico da Figura 4.1 é possível observar as médias e os desvios padrões da vida útil das seis classes de equipamentos avaliados. Para aparelho de anestesia é atribuído na ferramenta desenvolvida 10 anos de vida útil, conforme indicação do USACHPPM (1997). A média de vida útil calculada pelas opiniões dos entrevistados é 8,97 anos com desvio padrão de 1,91 anos. Assim pode-se considerar um resultado satisfatório com o utilizado. No entanto, o desvio padrão apresenta-se relativamente alto. Isso pode representar que muitos profissionais não possuem consenso sobre o tempo de vida útil desses equipamentos médico-hospitalares. De forma similar ocorre com as demais classes de equipamentos médico-hospitalares, por exemplo, para o oxímetro de pulso é indicado pelo USACHPPM (1997) 5 anos de vida útil, entretanto a média calculada através dos resultados obtidos dos questionários é de 7,3 anos, com desvio padrão de 2,26 anos.

A partir da análise dos dados, é possível verificar a carência de informações destinadas aos profissionais de saúde, sobre a vida útil dos EMH. Neste sentido, surge a necessidade do desenvolvimento de atividades que apresentem para esses profissionais, o que existe referente ao assunto, através de treinamentos e disponibilização de ferramentas que contribuam para o melhor gerenciamento das TMH.

A Figura 4.2 mostra o gráfico contendo as médias e desvios padrões do tempo de vida útil para classes de equipamentos avaliados nos questionários, nos hospitais públicos de Florianópolis.



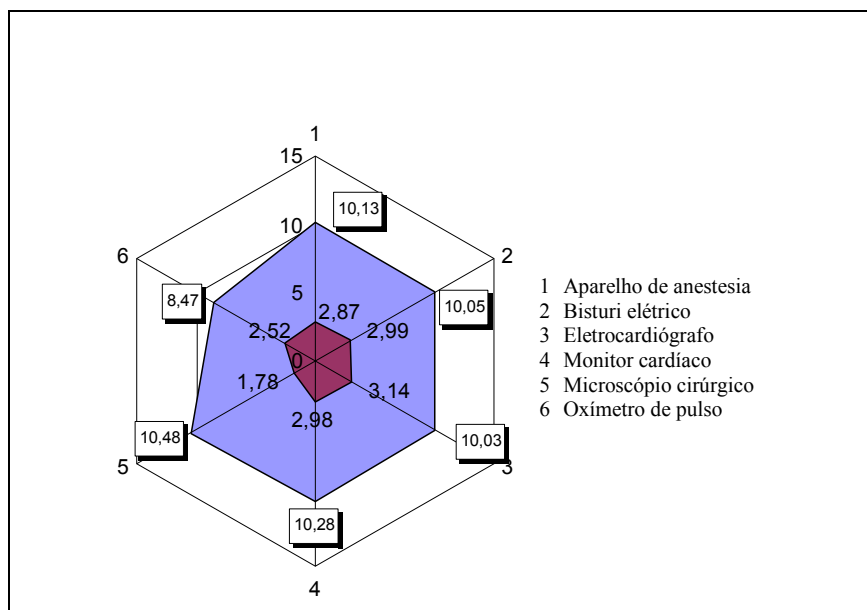


Figura 4.2 – Gráfico das médias e desvios padrões de anos de vida útil para cada classe de equipamento nos hospitais públicos de Florianópolis, de acordo com a opinião dos entrevistados.

As médias foram calculadas a partir das respostas dos questionários aplicados aos profissionais que atuam nos hospitais públicos de Florianópolis. Esse gráfico permite observar que as médias do tempo de vida útil das classes de equipamentos aumentaram em relação às médias apresentadas na Figura 4.1, onde se referem às médias do tempo de vida útil (idealmente) para cada classe de equipamento. Por exemplo, a média de tempo de vida útil (idealmente) obtida para monitor cardíaco é de 8,43 anos, e a média do tempo de vida útil para a mesma classe nos hospitais públicos de Florianópolis é de 10,28 anos. Desta forma, pode-se observar que existe uma tendência dos equipamentos permanecerem em uso, mesmo após seu tempo de vida útil. Conforme já discutido em capítulos anteriores, isso se deve a uma série de fatores, tais como: falta de recursos financeiros; procedimentos burocráticos; desconhecimento de viabilidade de substituição em relação aos valores gastos em manutenção; entre outros.

Assim, é essencial o aprimoramento e a disponibilidade de informações aos usuários e gestores de TMH, de modo que seja possível oferecer indicadores de apoio a decisão.

A Figura 4.3 apresenta o gráfico com médias e desvios padrões dos percentuais dos valores de equipamentos, máximos admissíveis em manutenção anual, a partir dos dados obtidos com a aplicação dos questionários.

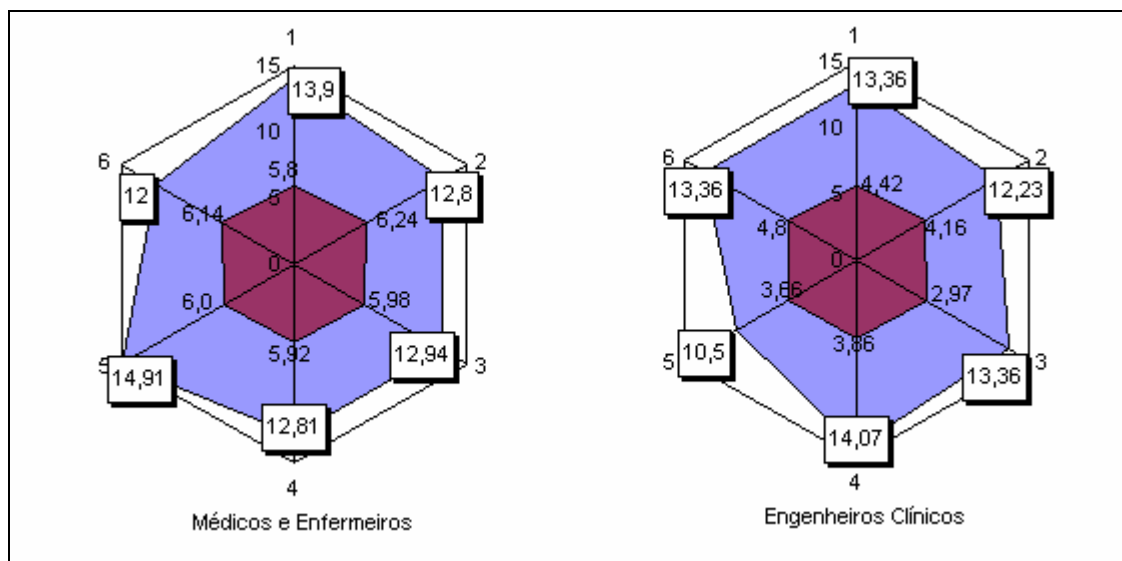


Figura 4.3 – Médias e desvios padrões dos percentuais dos valores de equipamentos, máximo admissíveis em manutenção anual. 1- Aparelho de anestesia; 2 – Bisturi elétrico; 3- Eletrocardiógrafo; 4- Monitor cardíaco; 5- Microscópio cirúrgico; 6- Oxímetro de pulso.

As médias das opiniões dos médicos e enfermeiros foram calculadas separadamente de engenheiros clínicos.

As médias calculadas mostram-se de acordo com os valores médios processados pela metodologia do valor MEL, implementada no *software* de apoio à decisão no processo de substituição de TMH. Entretanto, as diferenças dos desvios padrões das médias obtidas pelas opiniões do corpo clínico (médicos e enfermeiros) e área técnica (engenheiros clínicos) são significativas. Os maiores desvios padrões em relação as médias encontram-se no gráfico gerado pelas opiniões do corpo clínico.

Isso pode representar que o corpo clínico não possui uma visão clara dos recursos necessários para manter os equipamentos médico-hospitalares. No entanto, a grande maioria dos hospitais, em especial os públicos, são administrados por membros do corpo clínico. Desta forma, gerando a necessidade de desenvolver mecanismos a auxiliar os gestores, em tomadas de decisão envolvendo custos de manutenção de EMH. Os gestores muitas vezes realizam sucessivas manutenções sem realizarem uma análise mais detalhada dos limites máximos a serem gastos em manutenção, podendo até mesmo a melhor opção ser substituir o equipamento em vez de tentá-lo manter em funcionamento através de sucessivas intervenções corretivas.

Também foi realizada pesquisa de alguns itens sobre indicadores que os entrevistados consideraram importantes serem apresentados em ferramentas de apoio a decisão no processo de substituição de TMH.

A Figura 4.4 apresenta os itens com seus respectivos percentuais de resposta pelos entrevistados, corpo clínico e área técnica.

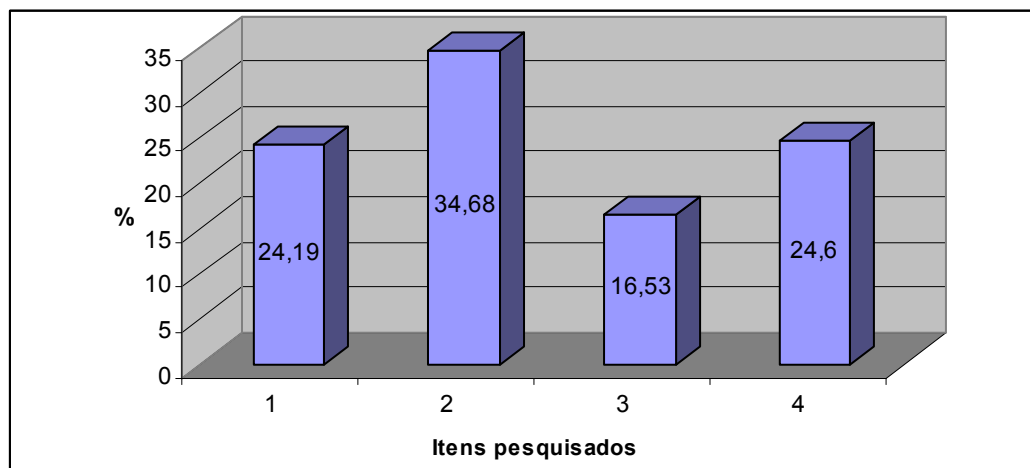


Figura 4.4 – Gráfico com percentuais de respostas dos entrevistados, sobre indicadores considerados importantes serem apresentados em ferramentas de apoio a decisão no processo de substituição de TMH. 1 – Índice de vida; 2- Custos anuais máximos admissíveis em manutenções e reparos; 3- Ano em que o equipamento deixa de ser economicamente viável; 4- Número de falhas do equipamento por período de tempo.

Através do gráfico da Figura 4.4 é possível verificar a importância dada pelos entrevistados, aos indicadores sugeridos em ferramentas de apoio a decisão no momento de substituição de TMH. Sendo que os indicadores possibilitam uma visão global da situação dos equipamentos analisados. O indicador considerado mais significativo pelos entrevistados foi os custos anuais máximos admissíveis em manutenção e reparo, com 34,68%. A partir desse resultado é possível verificar a necessidade da existência do indicador, em ferramentas de apoio a decisão no momento de substituição de TMH.

Na Figura 4.5 são mostrados os percentuais de resposta referentes aos fatores a serem considerados relevantes no momento de decisão de substituição de TMH.

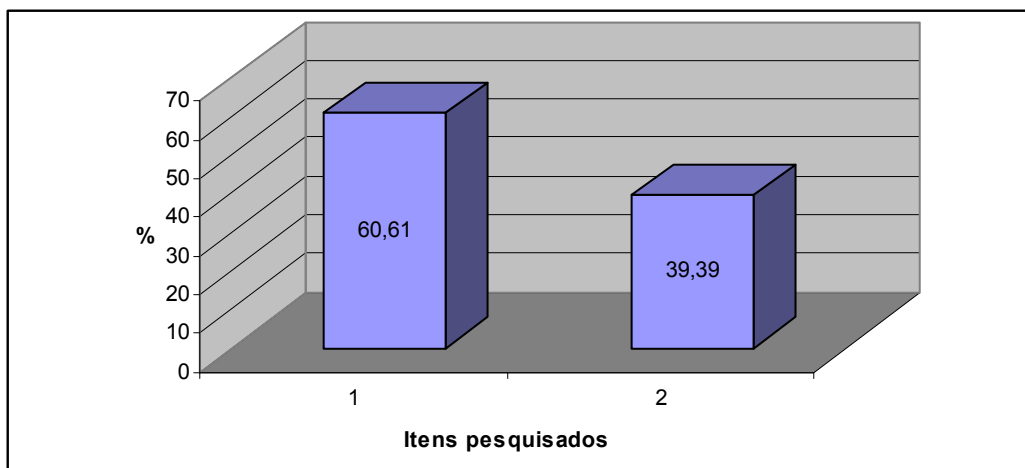


Figura 4.5 – Gráfico com percentuais de respostas dos entrevistados, referente aos itens relevantes no momento de decisão de substituição de TMH. 1- Atualização tecnológica; 2- Custos vinculados a utilização.

Quanto ao fator predominante segundo os entrevistados, no momento de decisão de substituição de equipamentos médico-hospitalares, caracterizou-se a atualização tecnológica com 60,61% das respostas contra 39,39% dos custos vinculados a utilização. Isto mostra a importância de realizar um gerenciamento da TMH, considerando um dos parâmetros fundamentais, a vida útil dos equipamentos, alertando aos gestores quando devem prever substituições devido à obsolescência tecnológica (ALBORNOZ, 2000).

### 4.3 Estudo de Caso

Nesta etapa, apresentam-se os resultados obtidos com a aplicação prática da ferramenta desenvolvida em EEC, que faz parte dos hospitais públicos de Florianópolis, que utilizam metodologias desenvolvidas pelo IEB-UFSC.

A EEC escolhida para o caso de estudo iniciou sua atuação em 1998, onde encontrou um parque tecnológico sem qualquer documentação dos EMH. Assim foi realizado inicialmente um levantamento dos dados cadastrais de todos os EMH existentes no hospital, e armazenados na base de dados de um sistema informatizado. Deste modo, auxiliando no gerenciamento das atividades realizadas pela EEC. Entretanto, os dados cadastrais disponíveis eram incompletos, por exemplo, não possuíam data e custo de aquisição.

Após 1998, as aquisições começaram a ser documentadas e cadastradas no sistema de apoio ao gerenciamento dos EMH, desta forma, possibilitando a realização de maiores análises através dos dados.

Os valores das aquisições realizadas pela SES-SC para o hospital que possui a EEC do referido caso de estudo ultrapassaram cinco milhões de reais, do período de 1998 a 2009. Assim podendo ser verificada a importância do gerenciamento adequado dos EMH (Ceged-IEB-UFSC, 2009).

#### 4.3.1 Uso do Módulo I

A EEC do caso de estudo, atualmente realiza o gerenciamento efetivo de 468 EMH, onde foi possível obter 253 EMH com dados suficientes para o processamento das metodologias implementadas na ferramenta de apoio a decisão no processo de substituição de TMH. Para alcançar esse número de EMH que representa 54% do total efetivamente gerenciado, foi necessário realizar uma atualização dos dados dos EMH no atual sistema informatizado de gerenciamento de TMH, sendo que muitos EMH foram adquiridos antes mesmo da implantação da EEC no hospital. A atualização dos dados foi realizada pela coordenação da EEC.

Após a atualização dos dados dos EMH, realizou-se a exportação dos registros dos EMH para um arquivo na estrutura SQL, formato que o *software* desenvolvido reconhece e importa os registros. Como projeto piloto, a ferramenta desenvolvida está em uso em EEC instalada em hospital público de Florianópolis.

Na utilização do *software* de apoio a decisão no processo de substituição de TMH, pela área de engenharia clínica desse EAS, foram feitas as seguintes observações:

- O *software* permite a geração de relatórios contendo o tempo de vida útil remanescente de EMH. Desta forma, possibilitando realizar previsões de substituições de EMH;
- A ferramenta fornece informações que são obtidas considerando fatores importantes da economia brasileira, através da atualização dos valores de substituição com base nos índices IGP e DI que são atualizados mensalmente;
- Os parâmetros gerados pela ferramenta auxiliam o engenheiro clínico na tomada de decisão durante as várias etapas do processo de gTMH;

- É possível verificar a viabilidade de realizar manutenções corretivas dos EMH, com base na vida útil remanescente, valor gasto até o momento da avaliação e valor anual máximo admissível em despesas com manutenção;
- As análises de contrato de manutenção possibilitam a comparação entre o valor ofertado pelas empresas e o valor máximo admissível em despesas de manutenção, fornecido pelo *software* de apoio a decisão;
- No processo de aquisição de EMH, é possível verificar o valor de substituição estimado para EMH, e comparar com os valores cobrados pelas empresas;
- As informações geradas pela ferramenta fornecem ao Engenheiro Clínico base para discutir junto com diretores, administradores, e principalmente com fornecedores (fabricantes), para tomadas de decisões com maior confiabilidade, e buscar a melhor solução tecnológica;
- Apesar das vantagens oferecidas pelo software, foi identificada uma restrição significativa, onde o tempo de vida útil dos EMH considerado na ferramenta desenvolvida está baseado em uma referência internacional, a qual em alguns casos não reflete a realidade brasileira.

Para verificar o impacto que o *software* desenvolvido poderá proporcionar na Estrutura de Engenharia Clínica, foi inicialmente realizada a análise em três EMH. Dois oxímetros de pulso pertencentes ao grupo de estudo e um tomógrafo computadorizado com alto valor de manutenção anual. Na escolha desses EMH também foram considerados o tempo de vida útil remanescente e, escolhidos EMH com pouco, médio e elevado tempo de vida útil remanescente.

A Figura 4.6 apresenta a ficha técnica gerada pelo *software*, para o oxímetro de pulso.

Nome do Equipamento		Marca	Modelo	Núm. Série
Oxímetro de Pulso				00011300
Patrimônio	Data Instalação	Custo de Aquisição (R\$)	Tempo de Vida Útil Estimada	Vida Útil Rem.
158100	20/06/2000	5.100,00	5 Anos	0 Anos
Valor Substituição (R\$)	Custo Mant. Anual (R\$)	Valor MEL (R\$)	Custo Anual Admissível (R\$)	Data da Avaliação
7.067,33	552,72	0,00	0,00	15/06/2009
OBS: Equipamento sugerido a ser substituído, devido ter atingido o fim da vida útil.				

Figura 4.6 – Ficha técnica para oxímetro de pulso, apresentando parâmetros para apoio a decisão no processo de substituição de TMH.

Segundo a avaliação realizada pela coordenação da EEC, esse equipamento atingiu o fim da vida útil, no entanto, está sendo utilizado no EAS, devido seu baixo custo de manutenção anual de R\$ 552,72 em relação ao valor de substituição de R\$ 7.067,33, conforme apresentados na ficha técnica gerada pelo *software* desenvolvido. Além de possuir baixo custo de manutenção anual, existem peças disponíveis no mercado e atende as necessidades clínicas, sendo este último imprescindível para tomada de decisão de substituição. É possível verificar em casos que os EMH atingiram o fim da vida útil, o *software* sugere substituição. Todavia, nesses casos o tomador de decisão deve analisar outros aspectos que possibilitem uma visão global do contexto que a TMH está inserida, tais como: disponibilidade de peças; custo de manutenção anual; valor necessário para substituição do equipamento; verificar se atende às necessidades clínicas; e ainda buscar informações sobre novas soluções tecnológicas analisando a relação custo benefício.

A Figura 4.7 apresenta a ficha técnica para outro oxímetro de pulso considerado.

IEB UFSC		Ficha Técnica de EMH		
Nome do Equipamento Oxímetro de Pulso		Marca	Modelo	Núm. Série 0408.04477
Patrimônio 101079	Data Instalação 3/10/2014	Custo de Aquisição (R\$) 1.077,00	Tempo de Vida Útil Estimada 5 Anos	Vida Útil Rem. 0,49 Anos
Valor Substituição (R\$) 9.977,01	Custo Mant. Anual (R\$) 612,87	Valor MEL (R\$) 118,07	Custo Anual Admissível (R\$) 277,10	Data da Avaliação 15/07/2019
<p>OBS1: Equipamento com 0,49 anos de vida útil remanescente.</p> <p>OBS2: Admissível gastar R\$ 448,63 em manutenção até o final da vida útil, ou R\$ 977,10 em manutenção anual.</p>				

Figura 4.7 – Ficha técnica para oxímetro de pulso, apresentando parâmetros para apoio a decisão no processo de substituição de TMH.

Na avaliação realizada para o oxímetro de pulso apresentado na ficha técnica acima, foi observado que está sendo viável manter o EMH em funcionamento no EAS, devido que o custo com manutenção anual é menor que o custo anual admissível, calculado pela ferramenta. É notável que o EMH possui pouco tempo de vida útil remanescente, no entanto, existe uma tendência do mesmo permanecer em uso após atingir o fim da vida útil, devido o conhecimento do EMH, onde atende as necessidades clínicas e existem peças disponíveis para reposição, sendo este item essencial para determinação de substituição.

Outro fator importante observado se refere à consideração da data atual para o processamento dos cálculos no aplicativo. Desta forma, possibilitando a atualização diária dos valores calculados, além de considerar os índices econômicos IGP e DI atualizados mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas.

Através da Figura 4.8 é apresentada a ficha técnica para o tomógrafo computadorizado.



Nome do Equipamento		Marca	Modelo	Num. Série
Tomógrafo Computadorizado		Philips	BNL 5000 3D	01051
Patrimônio	Data Instalação	Custo de Aquisição (R\$)	Tempo de Vida Útil Estimada	Vida Útil Rem.
181510	20/02/09	1.024.761,18	7 Anos	5,44 Anos
Valor Substituição (R\$)	Custo Mant. Anual (R\$)	Valor MEL (R\$)	Custo Anual Admissível (R\$)	Data da Avaliação
1.223.066,25	167.004,00	750.474,94	185.395,33	10/02/09
<p>OBS1: Equipamento com 5,44 anos de vida útil remanescente.</p> <p>OBS2: Admissível gastar R\$ 750.474,94 em manutenção até o final da vida útil, ou R\$ 185.395,33 em manutenção anual.</p>				

Figura 4.8 – Ficha técnica para tomógrafo computadorizado, apresentando parâmetros para apoio a decisão no processo de substituição de TMH.

O tomógrafo computadorizado trata-se de um EMH de alto custo, e considerando a realidade econômica brasileira, possivelmente esse equipamento será utilizado após o fim da sua vida útil. Todavia, deve-se levar em consideração se o equipamento atende as necessidades clínicas. Deste modo, é fundamental realizar uma avaliação detalhada.

Na ficha técnica fornecida pela ferramenta desenvolvida verifica-se que está sendo viável manter o tomógrafo computadorizado no EAS, em decorrência do custo de manutenção anual de 167.004,00 está abaixo do valor indicado pelo custo de manutenção anual admissível, no valor de 185.395,33. É possível verificar que o valor de substituição do tomógrafo está acrescido aproximadamente 20% em relação ao valor de aquisição, esse valor de substituição pode ser útil para uma nova possível aquisição. Conforme anteriormente discutido, a atualização do valor de substituição é baseada em índices econômicos, permitindo confiabilidade para busca de melhores preços de mercado.

### 4.3.2 Uso do Módulo II na Análise de Falhas

O *software* Weibull<sup>®</sup> foi utilizado com objetivo de obter parâmetros de confiabilidade, taxa de falhas, probabilidade de falhas e tempo médio entre falhas de equipamentos médico-hospitalares.

A Tabela 4.1 apresenta parâmetros obtidos com a aplicação do *software* Weibull<sup>®</sup> em alguns EMH, de acordo com as falhas observadas por período. Os equipamentos analisados constituem-se de bisturis elétricos e oxímetros de pulso, codificados por BTE e OXP, respectivamente. Os dados referentes às falhas foram fornecidos pelo LAT-IEB-UFSC, levantados através de ensaios realizados em intervalos de seis meses para cada EMH. Desta forma, considerou-se um período de quatro anos, de modo que seja significativo em relação ao intervalo de coleta de dados de falhas.

Tabela 4.1 – Levantamento de parâmetros de probabilidade de falha, taxa de falha, tempo médio entre falhas (TMBF), classificação das falhas ( $\beta$ ) e confiabilidade.

Equipamento	Período (meses)	Número de falhas	$\beta$	Probabilidade de falha (%)	Taxa de falha	TMBF (meses)	Confiabilidade (%)
BTE001	48	18	1,04	93,25	0,0582	2,67	6,75
BTE008	48	13	1,25	97,54	0,0967	3,7	2,46
BTE010	48	20	1,804	97,85	0,1443	2,4	2,15
BTE012	48	2	5,17	66,05	0,1162	24	33,95
BTE013	48	2	2,36	47,52	0,0317	24	52,48
BTE015	48	2	2,15	47,95	0,0292	24	52,05
OXP001	48	3	3,26	69,64	0,0810	16	30,36
OXP006	48	3	1,90	59,24	0,0371	16	40,76
OXP007	48	2	0,67	30,45	0,0051	24	69,55
OXP010	48	3	1,62	44,17	0,0276	16	55,83
OXP014	48	2	11,59	74,45	0,3296	24	25,55

Os itens considerados na observação de ocorrência de falhas no caso dos bisturis elétricos são referentes às falhas no modo corte e coagulação. Nos oxímetros de pulso, foram consideradas as falhas de medições do percentual de saturação de oxigênio da hemoglobina arterial (SpO2) e frequência cardíaca (FC).

Em relação ao equipamento OXP007 é possível verificar que o valor  $\beta$  é menor que um (1) o que significa que as falhas ocorridas, caracterizam-se como falhas de mortalidade infantil, de acordo com a teoria da distribuição Weibull® (WINTERBOTTOM, 1997). Ao final do período observado obteve-se uma probabilidade de 30,45% de ocorrência de falhas e 69,55% de confiabilidade do OXP007.

A Figura 4.9 apresenta o gráfico gerado pelo *software* Weibull® referente à confiabilidade do equipamento OXP007 em decorrência do tempo. A unidade de tempo não é apresentada no gráfico devido que a mesma depende dos dados inseridos no software, no caso de estudo foi utilizada a unidade de tempo em meses. Os pontos no gráfico representam cada período informado, de modo que seja possível o software realizar a projeção futura.

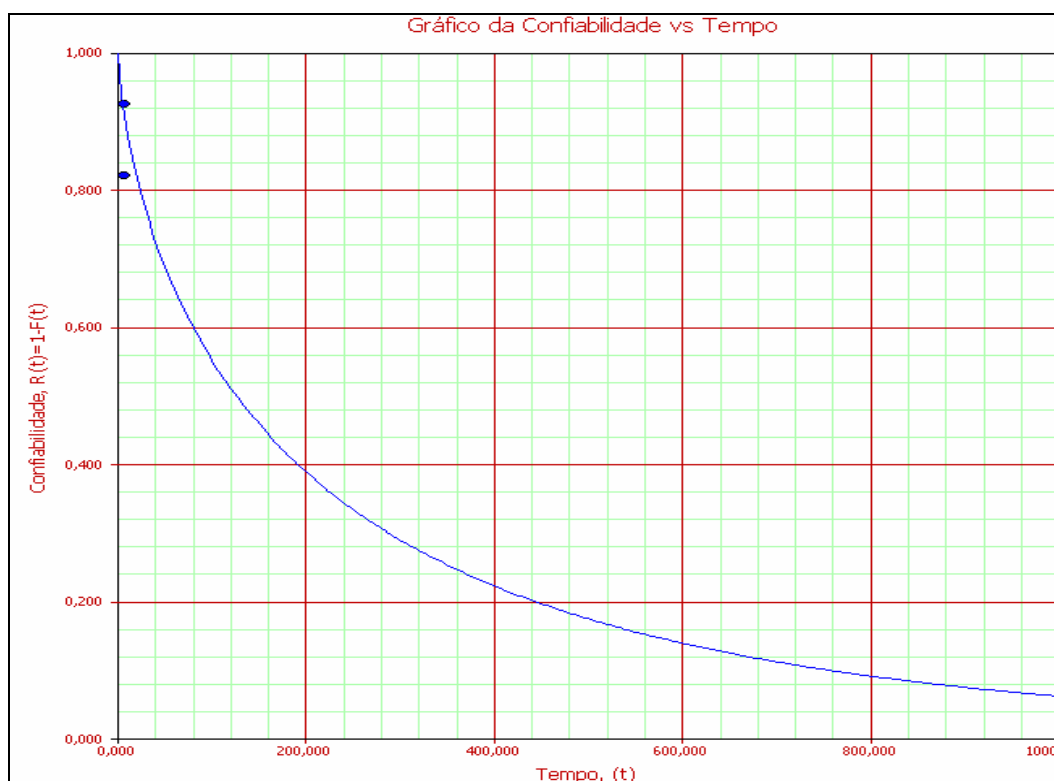


Figura 4.9 – Gráfico da confiabilidade do equipamento OXP007 em decorrência do tempo.

Através do gráfico da Figura 4.9 é possível verificar que a confiabilidade decresce a medida que o tempo aumenta, tendendo a zero. Essa projeção é realizada automaticamente pelo *software* Weibull<sup>®</sup>. Esse parâmetro pode auxiliar na identificação de quando devem ser avaliadas as condições do EMH, por exemplo, buscar as causas da ocorrência do decréscimo da confiabilidade, as quais podem ser atribuídas por diversas razões, tais como: programa de manutenção ineficiente; operação inadequada; equipamento de baixa qualidade; equipamento no fim da vida útil; ou apenas devido à decorrência do tempo.

Após a identificação da causa do decréscimo da confiabilidade, a EEC poderá estabelecer um programa de suporte adequado, que permita minimizar o decréscimo da confiabilidade, com ações corretivas e preventivas, ou até mesmo identificar necessidade de substituição, analisando o parâmetro confiabilidade ao decorrer do tempo, juntamente com outros parâmetros, como: custos máximos admissíveis em manutenção anual; idade; vida útil remanescente; e valor de substituição. Assim auxiliando na tomada de decisão em substituição de equipamentos médico-hospitalares (ALBORNOZ, 2000; HIRAIWA, 2001).

Os equipamentos BTE001, BTE008, BTE010, BTE012, BTE013, BTE015, OXP001, OXP006, OXP0010 e OXP0014, possuem os valores de  $\beta$  maiores que um (1). Desta forma, as falhas são do tipo fim da vida útil, as quais dependem do tempo de uso do equipamento, esse parâmetro apresenta-se coerente, tendo em vista que os EMH analisados estão no fim de sua vida útil, considerando o tempo de vida útil estimado pelo departamento de defesa norte americano (USACHPPM, 1997).

Além das contribuições já discutidas, os parâmetros gerados pelo *software* Weibull<sup>®</sup> podem auxiliar na tomada de decisão no momento de aquisição de EMH. Tal contribuição poderá ocorrer, caso realize-se uma análise, por exemplo, de um número de EMH de vários fabricantes, e verificado o comportamento da confiabilidade no decorrer do tempo. Assim podendo classificar os EMH por marca que apresentarem maior confiabilidade e conseqüentemente, menor probabilidade de falhar. Por final, podendo dar preferência na aquisição de EMH do fabricante com menor probabilidade de falha, de acordo com o histórico de falhas de equipamentos idênticos ou similares de mesma marca. No entanto, é sabido que outros fatores condicionam a ocorrência de falhas. Com isso, a análise deve ser adicionada juntamente com outros fatores que possibilitem a tomada de decisão.

### 4.3.3 Aplicação de Função Lógica na Obtenção de Indicador de Prioridade de Substituição

O levantamento de indicador classificado em prioridade de substituição consiste na aplicação de uma função lógica de priorização de substituição de EMH, conforme a estrutura definida no Capítulo anterior.

A Tabela 4.2 apresenta alguns EMH com os parâmetros considerados na classificação de prioridade de substituição.

Tabela 4.2 – Parâmetros necessários na classificação de prioridade de substituição de EMH. CMA - Custo de manutenção anual máximo admissível; CME - Custo de manutenção anual efetivo; VS - Valor de substituição; VUR - Percentual de vida útil remanescente; PF - Probabilidade de falha.

Parâmetros EMH	CMA (R\$)	CME (R\$)	VS (R\$)	$\frac{CMA}{CME}$	$\frac{CME}{VS}$ (%)	VUR (%)	Fator $\beta$	PF (%)
BTE0012	1.539,26	353,33	13.309,59	4,36	2,66	46,00	5,17	66,05
BTE0013	1.539,26	100,00	13.309,59	15,39	0,75	46,00	2,36	47,52
BTE0015	1.460,74	200,00	11.678,14	7,3	1,71	61,00	2,15	47,95
OXPO01	0,00	950,00	7.165,73	0,00	13,25	0,00	3,26	69,64
OXPO14	752,63	70,00	3.742,99	10,75	1,87	32,00	11,59	74,45

Após realizar a classificação dos parâmetros, de acordo com a Tabela 3.1 do Capítulo 3, é possível aplicar a função de priorização de substituição de EMH, apresentada na equação 3.1.

Esta função permite obter um indicador final, classificando os EMH em Baixa (B), Média (M) e Alta (A) prioridade de substituição.

A Tabela 4.3 apresenta alguns EMH com a classificação dos parâmetros considerados na priorização de substituição.

Tabela 4.3 – Parâmetros classificados em Baixa (B), Média (M) e Alta (A) prioridade de substituição. O indicador final ( $I_{[B,M,A]}$ ) é obtido através da aplicação dos parâmetros na

função lógica apresentada na equação 4.1.

<b>Parâmetros</b> <b>EMH</b>	$\frac{CMA}{CME}$ $P_1$	$\frac{CME}{VS}$ (%) $P_2$	<b>VUR</b> (%) $P_3$	<b>PF</b> (%) $P_4$	<b>Fator <math>\beta</math></b> $P_5$	<b>Indicador</b> $I_{[B,M,A]}$
BTE0012	B	B	M	A	M	<b>M</b>
BTE0013	B	B	M	M	M	<b>M</b>
BTE0015	B	B	M	M	M	<b>M</b>
OXPO01	A	A	A	A	M	<b>M</b>
OXPO14	B	B	A	A	A	<b>A</b>

Com essa classificação, o tomador de decisão poderá, por exemplo, buscar os fatores que estão condicionando a uma Alta (A) prioridade de substituição. Sendo que através de intervenções preventivas e corretivas, é até mesmo possível estender a vida útil dos EMH no EAS.

No entanto, os EMH classificados com alta prioridade de substituição devem ser analisados no contexto que estão inseridos, e verificar a necessidade de substituição, sendo que o método não é determinístico, porém objetiva oferecer um aporte no processo de substituição de TMH.

## 5. TESTES E AVALIAÇÃO DO MÓDULO I

### 5.1 Realização de Testes no Módulo I

Com o objetivo de realizar testes para verificar se todos os requisitos do *software* desenvolvido foram cumpridos, foi elaborada uma *checklist* para realização de testes. Os requisitos funcionais foram testados por cinco profissionais da área de Engenharia Clínica através do uso do sistema na aplicação em um projeto piloto. O método de aplicação dos testes consistiu da entrega da *checklist* para o usuário, que verificou cada requisito funcional, testando a função do *software* correspondente ao requisito, e posteriormente marcou se atende ou não atende a respectiva descrição do requisito. Os requisitos não funcionais foram testados apenas pelo desenvolvedor do sistema, onde entende-se que os mesmos fazem parte das especificações globais do projeto, e não sendo cabível aos usuários realizarem os testes.

O Quadro 5.1 apresenta a *checklist* utilizada na realização dos testes no *software* desenvolvido, com as respectivas frequências nos itens atende e não atende ao requisito funcional avaliado.

Quadro 5.1 – *Checklist* utilizada na realização de testes no *software* desenvolvido, através da verificação dos requisitos funcionais do *software*.

Requisito	Descrição do Requisito	Atende	Não Atende
1	Importação de dados de outra base de dados que possua registros de EMH.	5	0
2	Cadastro de EMH permitindo pesquisar, alterar e excluir os dados (para casos isolados).	4	1
3	Cálculo do índice de vida útil.	5	0
4	Cálculo da vida útil remanescente.		0
5	Cálculo do valor de substituição.	5	0
6	Cálculo do valor MEL.	5	0
7	Cálculo do CAUE.	5	0
8	Relatório de equipamentos disponíveis.	5	0
9	Relatório de vida útil remanescente.	5	0
10	Relatório do valor MEL.	5	0
11	Ficha técnica de equipamento, contendo identificação do equipamento, índice de vida útil remanescente, valor de substituição e valor máximo admissível em manutenção anual.	5	0

12	Gráfico do cálculo de vida útil remanescente.	5	0
13	Gráfico do cálculo do valor MEL.	5	0
14	Gráfico do CAUE.	5	0
15	Recursos de ajuda ao usuário.	5	0

Com a aplicação da *checklist* desenvolvida, foi verificado que o sistema atende os requisitos funcionais estabelecidos, onde observou-se apenas um erro na opção cadastro de EMH, que já se encontra solucionado. Os demais requisitos foram cumpridos plenamente, segundo a avaliação dos cinco profissionais de Engenharia Clínica que testaram a ferramenta desenvolvida.

## 5.2 Avaliação e Validação do Módulo I

“Validação é um ato documentado que atesta que qualquer procedimento, processo, equipamento, material, operação, ou sistema realmente conduza aos resultados esperados” (ANVISA, 2003).

Existem várias metodologias para auxiliar na realização de avaliação de *softwares*, como exemplo, o guia prático do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), WebMAC Middle, ErgoList, Análise SWOT entre outras técnicas.

Para a realização da avaliação e posteriormente buscar a validação do *software* desenvolvido, foi elaborada uma *checklist* (Apêndice D) com base no trabalho realizado por Lam (2001), “*Testing E-commerce Systems: A Practical Guide*” do IEEE. Esse guia prático foi desenvolvido para avaliar vários aspectos dos sistemas de *e-commerce*, no entanto pode ser aplicado a outros tipos de sistemas, devido a sua abrangência (LAM, 2001; MELO, 2006). Ainda foi aplicada a *checklist* (ErgoList) de usabilidade desenvolvida pelo Laboratório de Utilizabilidade<sup>3</sup> da Universidade Federal de Santa Catarina.

A aplicação das avaliações foram realizadas pelo desenvolvedor do *software*, devido ser necessário somente seguir o roteiro de avaliação, verificando cada tópico das *checklists*.

<sup>3</sup> "Utilizabilidade" foi um neologismo proposto por Walter Cybis no início dos anos 90 e que está associado às origens francesas de sua formação científica. De fato os franceses empregam o termo "utilisabilité" para se referir à qualidade de uso (de onde o neologismo "utilizabilidade") de um *software*.



### 5.2.1 Análise Geral da Aplicação da *Checklist* de Usabilidade

Através da *checklist* de usabilidade, apresentada em detalhes no Apêndice D, foi possível avaliar vários aspectos do *software* desenvolvido, possibilitando identificar as necessidades de melhorias e observar os pontos positivos da ferramenta implementada. A Figura 5.1 apresenta um gráfico contendo os percentuais dos itens satisfeitos e não satisfeitos pelo *software* desenvolvido pela avaliação da *checklist* usabilidade.

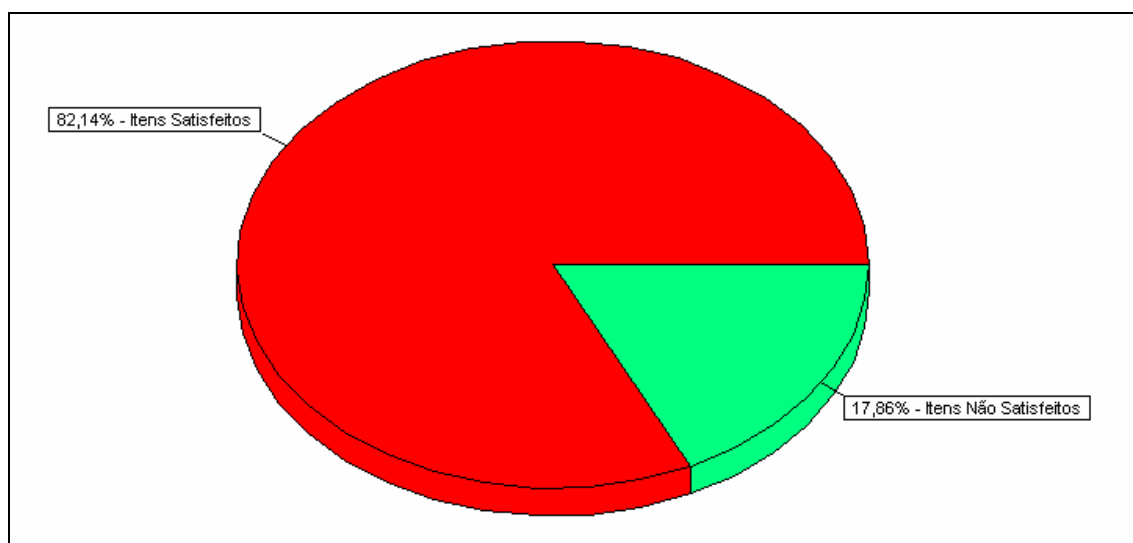


Figura 5.1 – Percentuais de itens satisfeitos e não satisfeitos pelo *software* desenvolvido segundo a aplicação da *checklist* de usabilidade.

O gráfico mostra que 82,14 % dos itens avaliados são satisfeitos pelo *software* desenvolvido. Em contra partida 17,86% dos itens avaliados pela *checklist* de usabilidade não são satisfeitos. Isso mostra que o *software* desenvolvido está de forma geral bem estruturado, e assim, podendo oferecer aos usuários condições de alcançarem seus objetivos, os quais estão voltados à geração de indicadores para auxílio no processo decisório em substituição de tecnologias médico-hospitalares. No entanto, os itens que não foram satisfeitos, não devem ser esquecidos colocando-os como sugestões de melhorias para possíveis trabalhos futuros, sendo que esses itens não fazem parte dos objetivos do trabalho.

## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A realização deste trabalho possibilitou verificar a carência de ferramentas de apoio à decisão no processo de identificação de necessidade de substituição de EMH, sendo que muitas vezes o engenheiro clínico encontra dificuldades em justificar uma necessidade de substituição de EMH junto à direção do EAS, pois em alguns casos existem peças para reposição e atendem as necessidades clínicas, porém o EMH necessita frequentemente de manutenções corretivas, o que pode significar ser viável substituí-lo. Desta forma, o sistema proposto é uma contribuição para classificar os EMH em prioridade de substituição.

Através da pesquisa de campo realizada com os profissionais do corpo clínico e área técnica, nos hospitais públicos de Florianópolis, foi possível verificar através dos resultados do processamento estatístico que existe uma tendência dos EMH permanecerem em uso nos EAS mesmo após o fim da vida útil. Isso se deve a fatores econômicos e até mesmo burocráticos, sendo que muitas vezes devido à demora do processo de aquisição de EMH, a EEC acaba realizando manutenção corretiva. Outro fator importante observado caracteriza-se pelas divergências dos desvios padrões em relação às médias dos parâmetros de custos dos EMH pesquisados, associados às respostas do corpo clínico, o que pode representar que o corpo clínico não possui uma visão clara dos recursos necessários para manter os equipamentos médico-hospitalares.

Na pesquisa de campo foi identificada também a importância dada pelos profissionais do corpo clínico referente, a atualização tecnológica, no momento de substituição de EMH. Isso mostra a necessidade de considerar o parâmetro de vida útil dos EMH, que permite identificar o nível de obsolescência da TMH no seu ciclo de vida, possibilitando o gestor prever uma possível necessidade de substituição da TMH.

Em relação ao tempo de vida útil para as classes de EMH utilizados na pesquisa, foi considerado os valores atribuídos no boletim técnico publicado pelo Departamento de Defesa Norte Americano. No entanto, muitas vezes esses valores atribuídos não contemplam a realidade brasileira, desta forma, uma investigação científica poderia trazer benefícios na atribuição do tempo de vida útil dos EMH utilizados no Brasil. Uma solução para este problema poderia ser a realização de uma pesquisa de campo, onde fosse considerado um número significativo de entrevistados (área técnica e clínica),

deste modo, podendo generalizar os resultados obtidos, assim obter o tempo de vida útil dos EMH mais adequado a nossa realidade.

O sistema proposto utiliza cinco parâmetros na classificação de prioridade de substituição, que realizam uma verificação do estado da TMH, abrangendo custos, vida útil e dados de falhas. Esses parâmetros foram escolhidos em razão de oferecer um mapeamento da TMH, desde a inserção do EMH no EAS até o descarte.

Com objetivo de obter os parâmetros de vida útil remanescente, idade, valor de substituição e custo de manutenção anual máximo admissível de EMH, que ofereçam apoio no processo de decisão em substituição de TMH, foi desenvolvido um *software* que possibilita levantar parâmetros de custos e vida útil de EMH.

Na avaliação do *software* foram aplicadas ferramentas de avaliação, que permitiram identificar características, tais como: usabilidade; clareza da apresentação das funções; geração de resultados objetivos e fáceis de compreensão; recursos de ajuda disponíveis; entre outros aspectos que permitem uma interação adequada com o usuário. Assim é possível concluir que o *software* desenvolvido oferece ao usuário, de forma clara e objetiva, parâmetros que permitem suporte no gerenciamento de EMH, contribuindo no processo de decisão em substituição de TMH.

Para verificar o impacto do *software* desenvolvido no levantamento de parâmetros de custos e vida útil, foi realizado um estudo de caso em uma EEC de um EAS de Florianópolis. O caso de estudo possibilitou processar dados de mais de 250 EMH, o que representa um valor superior a 50% do parque gerenciado do EAS, e desta forma, permitiu obter parâmetros de custos e vida útil. Com os parâmetros levantados foi possível identificar a situação do parque gerenciado, onde através dos valores gerados pelo *software* mostram que a EEC está realizando um gerenciamento adequado, em relação aos custos disponibilizados as manutenções dos EMH. Entretanto, verificou-se que um percentual significativo dos EMH gerenciados possui idade superior ao tempo de vida útil estimado, devido à falta de recursos disponíveis para aquisição de novos EMH, e até mesmo em alguns casos, em razão de satisfazerem as necessidades clínicas, possuem peças de reposição e baixo custo de manutenção. Esse fato é compreensível, devido que em países em desenvolvimento o fator custo é uma variável determinante na tomada de decisão.

Na realização do caso de estudo, foram identificados alguns benefícios oferecidos pelo *software* desenvolvido, tais como:

- Permite verificar a viabilidade de realizar manutenções corretivas dos EMH, com base na vida útil remanescente, valor gasto até o momento da avaliação e valor anual máximo admissível em despesas com manutenção;
- Nas análises de contrato de manutenção, possibilita a comparação entre o valor ofertado pelas empresas e o valor máximo admissível em despesas de manutenção, fornecido pelo *software*;
- No processo de aquisição de EMH, é possível verificar o valor de substituição estimado para EMH, e comparar com os valores cobrados pelas empresas;
- As informações geradas pela ferramenta fornecem ao engenheiro clínico base para discutir com diretores, administradores, e principalmente com fornecedores, para tomadas de decisões com maior confiabilidade, e buscar a melhor solução tecnológica.

Entretanto, mesmo com os benefícios identificados, a realização do caso de estudo trouxe uma nova necessidade no aporte à decisão no processo de substituição de TMH, tendo em vista que o *software* desenvolvido realiza o levantamento de parâmetros de custos e vida útil apenas para EMH que estejam no tempo de vida útil estimado, ou seja, após o período de vida útil o *software* sugere substituição, devido ao fim da vida útil. Porém, a realidade encontrada comporta-se de forma diferenciada, sendo que muitos EMH continuam em uso nos EAS mesmo após o fim da vida útil, e precisam ser gerenciados. Desta forma, é necessário oferecer condições de levantar outros parâmetros independentes do tempo de vida útil estimado, que possibilitem aporte no processo decisório em substituição, mesmo após o fim da vida útil do EMH. Para contemplar essa necessidade, e oferecer uma maior contribuição, foram levantados alguns parâmetros de falhas dos EMH, e assim foi estruturado um sistema composto por dois módulos, formado pelo *software* desenvolvido (módulo I), na geração de parâmetros de custos e vida útil, e o levantamento de parâmetros de falhas (módulo II). Esses parâmetros gerados são aplicados em uma função lógica, baseada na lógica multi-valores de Post, para obter como resultado final um indicador classificando os EMH em baixa, média e alta prioridade de substituição.

A função lógica utiliza conectivos lógicos que através de regras definidas, para cada parâmetro considerado, permite gerar um indicador final de prioridade de substituição. Essa função lógica tem por objetivo oferecer uma ferramenta que permita

viabilizar a geração de um classificador final, de modo, que admita a utilização de multi-parâmetros no apoio a decisão.

Com a aplicação da função lógica em alguns EMH, foi possível verificar que os resultados refletem a situação real dos EMH avaliados, tendo em vista o conhecimento dos EMH, bem como os vários parâmetros considerados para obter o indicador final, e isso vem ao encontro da atual necessidade encontrada no estudo de caso, sendo que essa contribuição poderá ser estendida a outras EEC.

O sistema proposto é um subsídio relevante as EEC, onde oferece apoio ao engenheiro clínico na tomada de decisão durante as várias etapas do processo de gTMH, com parâmetros significativos, bem definidos, classificando os EMH em prioridade de substituição, possibilitando identificar necessidade de substituição, verificar a viabilidade de adquirir um determinado EMH, com base em históricos de equipamentos similares, prever possíveis necessidades de substituição, bem como justificar necessidade de substituição, e desta forma, contribuir para o sistema de saúde, apresentando a real situação do parque tecnológico disponível nos EAS.

Por fim, como contribuição da pesquisa, foi proposto um sistema composto por dois módulos, e também uma função lógica e um indicador de prioridade de substituição, o que permitiu realizar os objetivos específicos: de estudo do ciclo de vida da TMH; estudo de meios com uso de conceitos e métodos de engenharia clínica, que para beneficiar a gestão da tecnologia identificam a etapa do ciclo de vida que se encontra a tecnologia; e desenvolver de um sistema de apoio à gestão da tecnologia médico-hospitalar.

## 6.1 Sugestões de Trabalhos Futuros

De acordo com as necessidades identificadas na pesquisa, e em razão da limitação do tema, muitos assuntos não foram abordados nesta dissertação, assim são sugeridos os seguintes trabalhos para pesquisas futuras:

- Desenvolver uma metodologia para determinar o tempo de vida útil das principais classes de EMH, utilizados nos EAS do Brasil, onde sejam considerados os recursos econômicos, técnicos e operacionais da realidade brasileira;

- Desenvolver um sistema computacional que além dos parâmetros contidos no sistema proposto neste trabalho, considere outros parâmetros econômicos, técnicos e até mesmo políticos na classificação de prioridade de substituição, de forma que seja possível aplicar a função lógica de forma automatizada, e por fim obter o indicador final, gerando relatórios de EMH ordenados por prioridade de substituição.

## **Apêndices**

## Apêndice A – Modelagem do Software Desenvolvido

### 1. Diagramas de Caso de Uso

A Figura 1 apresenta o diagrama de caso de uso envolvendo o processo importar dados de EMH.

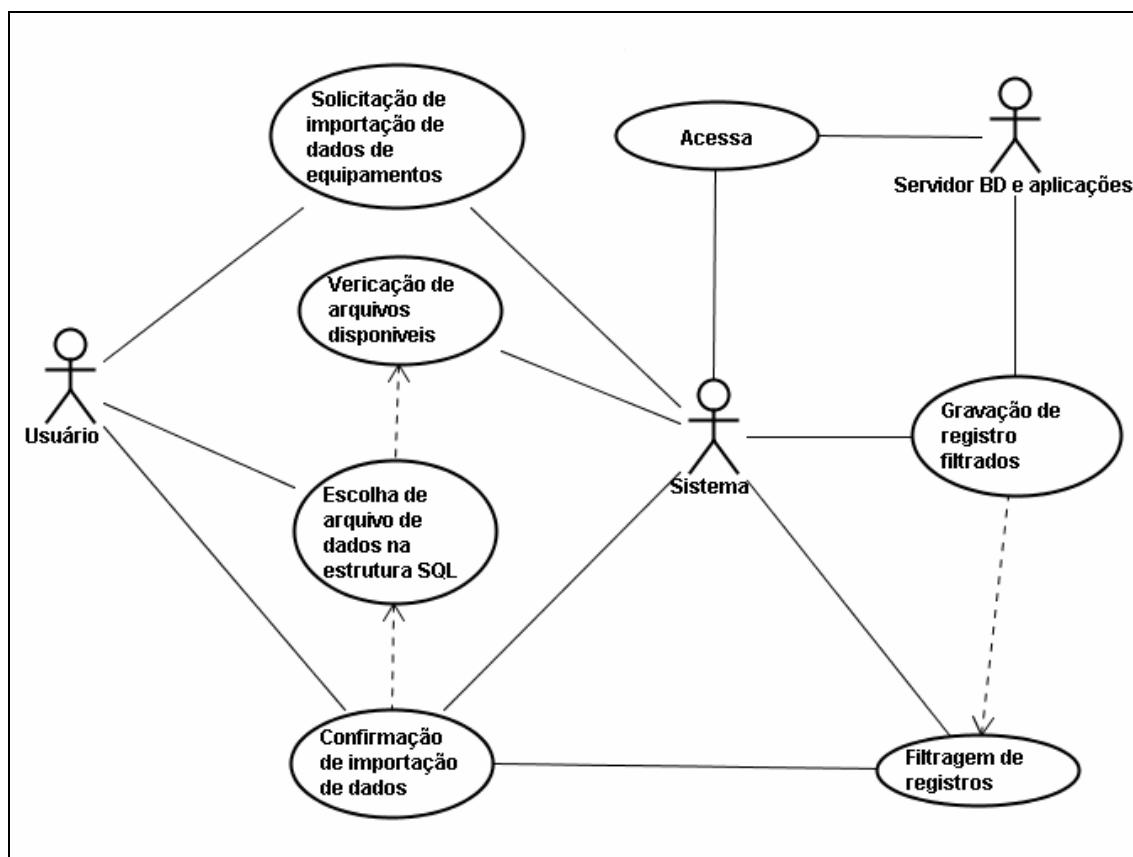


Figura 1 – Diagrama de caso de uso referente ao processo importar dados de EMH

O diagrama de caso de uso referente ao processo importar dados de EMH, mostra todas as interações e verificações necessárias para a importação de dados de EMH no sistema. Este diagrama é composto pelos casos de uso: solicitação de importação de dados de EMH; verificação de arquivos disponíveis; escolha de arquivo de dados na estrutura SQL; confirmação de importação de dados; acesso; filtragem de registros; e gravação de registros filtrados. O diagrama também possui os atores usuários, sistema e servidor de banco de dados e aplicações.



Nesse diagrama é possível observar que o caso de uso confirmação de importação de dados é dependente do caso de uso escolha de arquivo de dados na estrutura SQL, por sua vez é dependente do caso de uso verificação de arquivos disponíveis. Isso se deve ao fato que para realizar a escolha de arquivo de dados é necessária a verificação de arquivos disponíveis, no entanto para efetivar a confirmação da importação de dados é necessária a escolha do arquivo de dados na estrutura SQL.

A Figura 2 mostra o diagrama de caso de uso referente ao processo avaliar tecnologia.

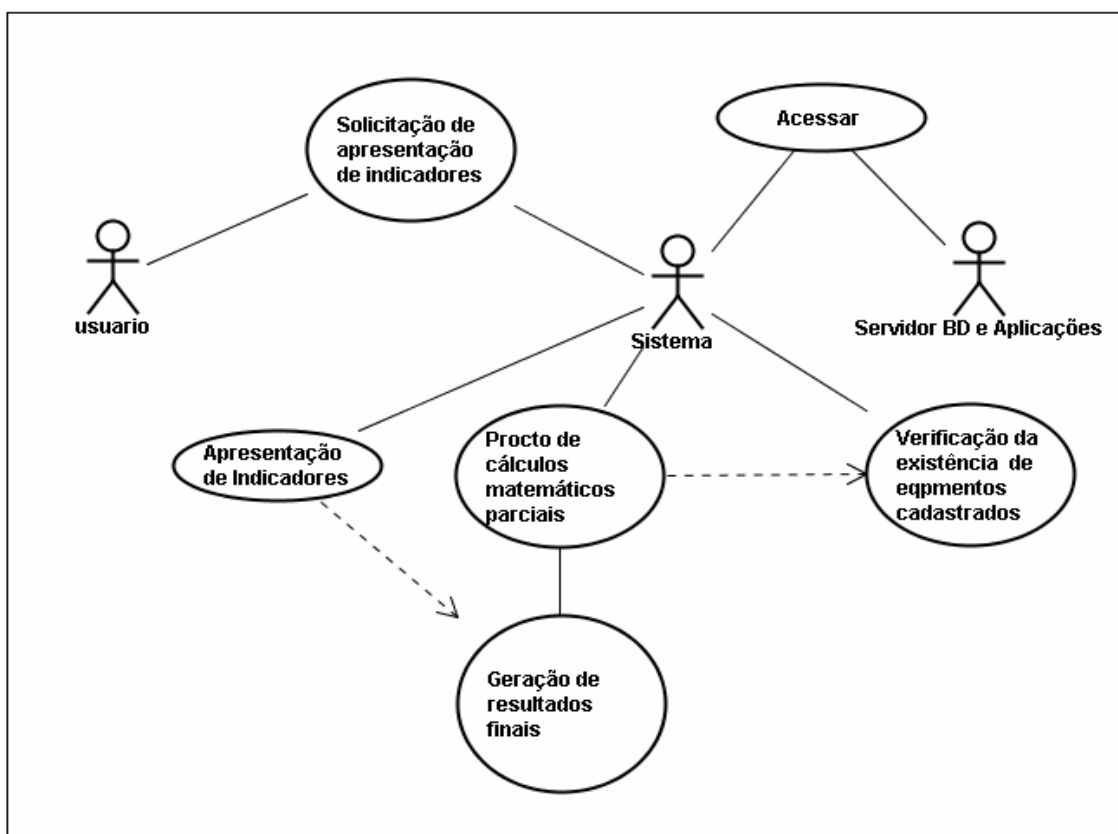


Figura 2 – Diagrama de caso de uso referente ao processo geração de indicadores

O diagrama de caso de uso referente ao processo geração de indicadores mostra todas as interações e verificações necessárias para a geração de indicadores com base nos valores obtidos pelo processamento das metodologias implementadas. Este diagrama é composto pelos casos de uso: solicitação de apresentação de indicadores; verificação da existência de EMH cadastrados; processamento de cálculos matemáticos parciais; geração de resultados finais; apresentação de indicadores; e acessar. O diagrama possui os atores usuários, sistema e servidor de banco de dados e aplicações.

É possível observar que o caso de uso processamento de cálculos matemáticos parciais, é dependente do caso de uso verificação da existência de EMH cadastrados. Essa dependência deve-se ao fato para que seja possível o processamento de qualquer cálculo é necessário existir registro de equipamento no banco de dados, dessa forma, após a realização dos cálculos é possível efetuar a geração dos resultados finais, pela combinação dos valores calculados.

## 2. Diagrama de Atividades e Descrição dos Casos de Uso

O diagrama de atividades oferece um suporte para criar boas descrições de caso de uso, mostrar uma situação por meio de vários casos de uso ou ajustar dúvidas surgidas no diagrama de classes (MEDEIROS, 2004).

Seguindo a notação da UML, a Figura 3 apresenta o diagrama de atividades relativo à atividade de importar dados de EMH.

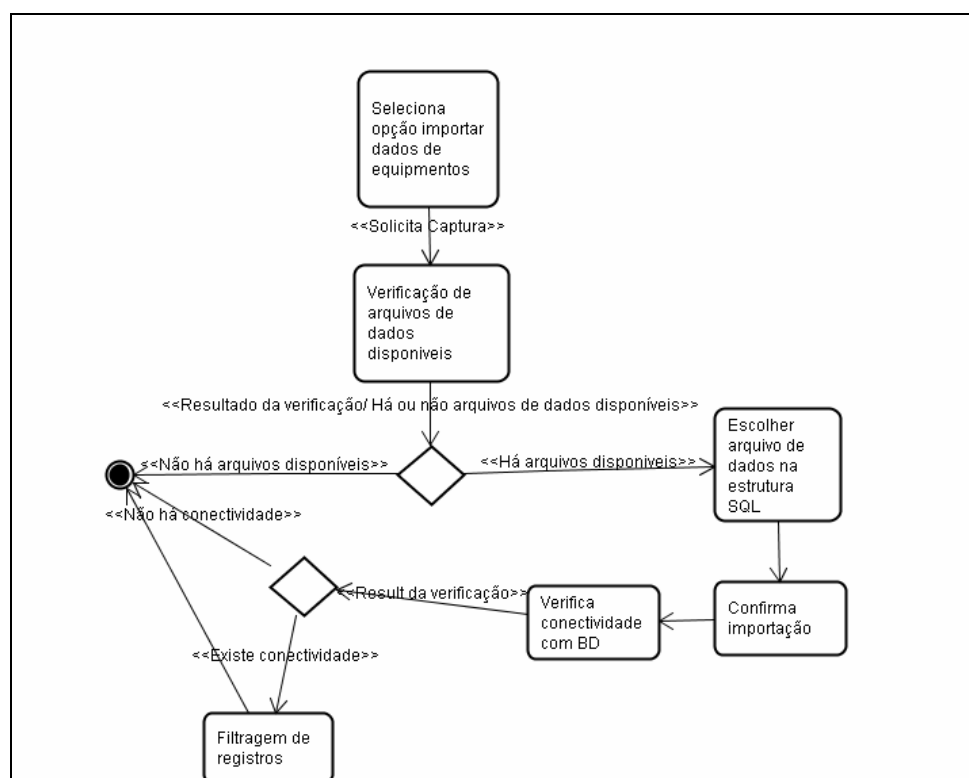


Figura 3 – Diagrama de atividades relativo à atividade de importar dados de EMH

O diagrama de atividades referente à atividade importar dados de EMH é composto por seis atividades representadas nos retângulos com cantos arredondados,

um ponto de saída de processos e duas decisões representadas por losangos. O usuário do software seleciona a opção importar dados, o sistema disponibiliza uma interface para encontrar arquivo de dados na estrutura SQL, caso seja encontrada, o usuário poderá escolher um arquivo de dados na estrutura SQL e confirmar a importação, nessa etapa o sistema verifica a conectividade com o banco de dados, onde o resultado da verificação pode resultar em há conectividade ou não há conectividade, caso não exista conectividade com o banco de dados, o sistema responde com a saída do processo, porém caso exista conectividade, é realizada a filtragem de registros que possuam todos os campos obrigatórios com dados, sendo: descrição do equipamento; data de instalação; valor de aquisição; custo de manutenção anual; e código. O tempo de vida útil para cada classe de equipamento, é atribuído considerando a referência USACHPPM (1997). Dessa forma a base de dados do sistema é alimentada com registros de EMH, que posteriormente possibilitam efetuar os cálculos disponíveis, de acordo com os requisitos funcionais.

Após a elaboração do diagrama de atividades do processo importar dados de EMH, é possível desenvolver facilmente a descrição do seu respectivo caso de uso, importar dados de EMH.

A Tabela 1 mostra a descrição do caso de uso importar dados de EMH.

Tabela 1 – Descrição do caso de uso importar dados de EMH.

<b>UC001 – Importar dados de EMH</b>
<b>Breve Descritivo:</b> Este Caso de Uso descreve o processo importar dados de EMH.
<b>Pré-Condições:</b> Usuário acessa o sistema e escolhe a opção importar dados.
<b>Atores:</b> Usuário, Sistema, Servidor de Banco de Dados e Aplicações.
<b>Cenários Principais:</b>
1 – O usuário escolhe a opção equipamento do menu principal do sistema, nesta opção existe as sub-opções cadastrar e importar dados. Deve selecionar a opção importar dados.
2 – O sistema disponibiliza uma interface de dialogo para o usuário procurar a base de dados do MySQL
3 – Caso seja encontrada uma base disponível, o usuário poderá confirmar a importação ou cancelar a operação.
4 – O usuário confirmando a operação, o sistema verifica a conectividade com o BD.
5 – Ocorrendo conectividade com o BD, o sistema realiza a atividade filtragem de registros.

6 – O sistema efetua a filtragem de dados, onde importa somente os registros que possuem todos os campos obrigatórios com dados, sendo: descrição do equipamento; data de instalação; valor de aquisição; e custo de manutenção anual. No processo de filtragem são classificados os EMH por classes e atribuída sua vida útil estimada. Após a filtragem finaliza o processo.

**Data:** 12/09/2008

**Versão:** 1.0

Na Figura 4 é apresentado o diagrama de atividades referente à atividade geração de indicadores.

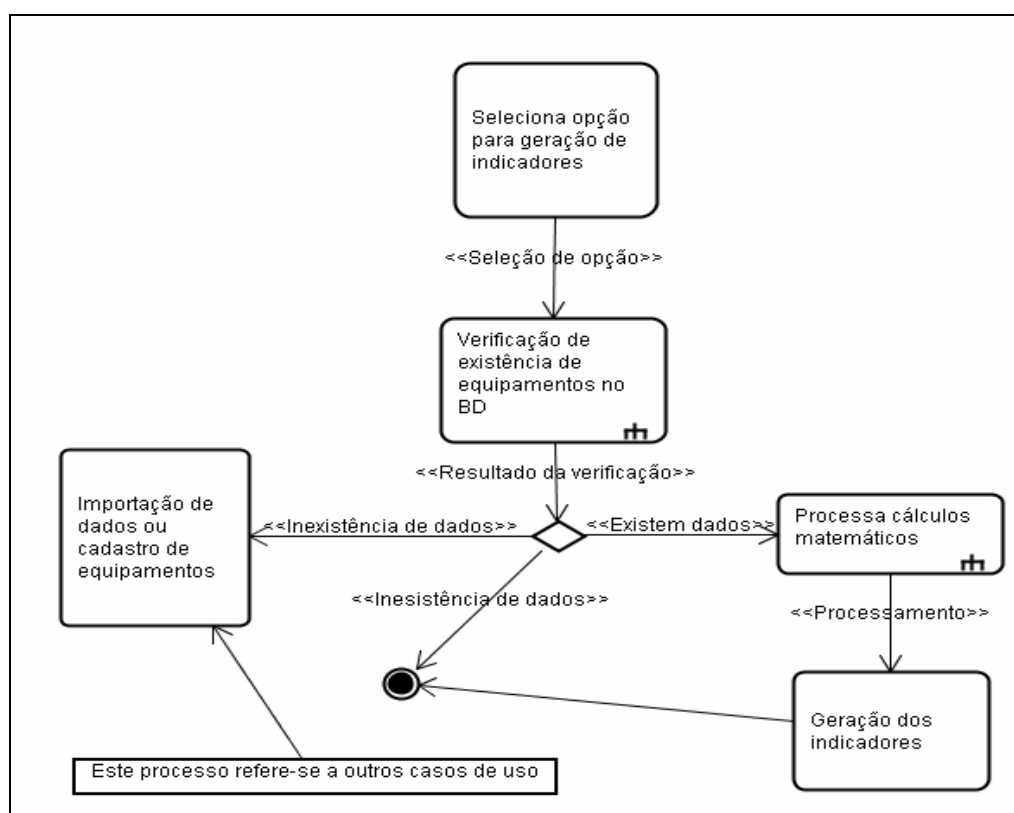


Figura 4 – Diagrama de atividades relativo à atividade geração de indicadores

O diagrama de atividades referente à atividade geração de indicadores é formado por cinco atividades representadas nos retângulos, um ponto de saída de processo e uma decisão representada pelo losango.

Nas atividades verificação de existência de EMH no banco de dados e processa cálculos matemáticos, possuem sub-atividades representadas pelo símbolo de tridente. A atividade verificação de existência de EMH no banco de dados pode resultar em

existência ou inexistência de dados, caso resulte em inexistência, é sugerido ao usuário invocar o processo cadastro de equipamento ou importar dados e o sistema aborta a operação que estava executando. Porém caso a verificação resulte em existência de dados, é executado a atividade processa cálculos matemáticos referente à opção selecionada inicialmente, posteriormente executa a atividade geração dos indicadores, que atribui a variáveis os valores calculados finaliza o processo.

A Tabela 2 apresenta a descrição do caso de uso geração de indicadores, obtido através do diagrama de atividades geração de indicadores.

Tabela 2 – Descrição do caso de uso geração de indicadores.

<b>UC006 – Geração de Indicadores</b>
<b>Breve Descritivo:</b> Este Caso de Uso descreve o processo geração de indicadores
<b>Pré-Condições:</b> Usuário acessa o sistema e escolhe cálculos
<b>Atores:</b> Usuário, Sistema, Servidor de Banco de Dados e Aplicações.
<b>Cenários Principais:</b>
1 – O usuário visualiza a interface inicial do sistema e seleciona a opção cálculos do menu principal, nessa opção contém as sub-opções Índice de Vida, Valor MEL e CAUE.
2 – O sistema verifica a existência de registros de EMH no banco de dados.
3 – Caso não exista(m) registro(s) de equipamento(s) no banco de dados o sistema apresenta uma mensagem ao usuário para invocar o processo cadastrar equipamento ou importar dados e sai do processo.
4 – Caso exista(m) registro(s) de equipamento(s) no banco de dados, o usuário poderá selecionar um equipamento, onde o sistema efetua o cálculo matemático correspondente a opção selecionada. O usuário poderá também cancelar a operação.
5 – Se o usuário selecionar um equipamento, o sistema atribui a variáveis os valores calculados.
6 – Caso o usuário cancelar a operação o sistema sai do processo.
<b>Data:</b> 12/09/2008
<b>Versão:</b> 1.0

### 3. Diagrama de Classes

Uma forma de explicar o diagrama de classes é fazer uma analogia entre a engenharia de software e engenharia civil. Imaginemos que um engenheiro civil irá

construir um prédio com vários apartamentos. Os apartamentos serão iguais, com base na planta que foi anteriormente realizada, contendo as descrições dos apartamentos, como, número de portas, fiação elétrica e dormitórios. A planta dos apartamentos seria a classe, os apartamentos seriam os objetos baseados nessa classe (MEDEIROS, 2004).

A Figura 5 apresenta o diagrama de classes do software proposto.

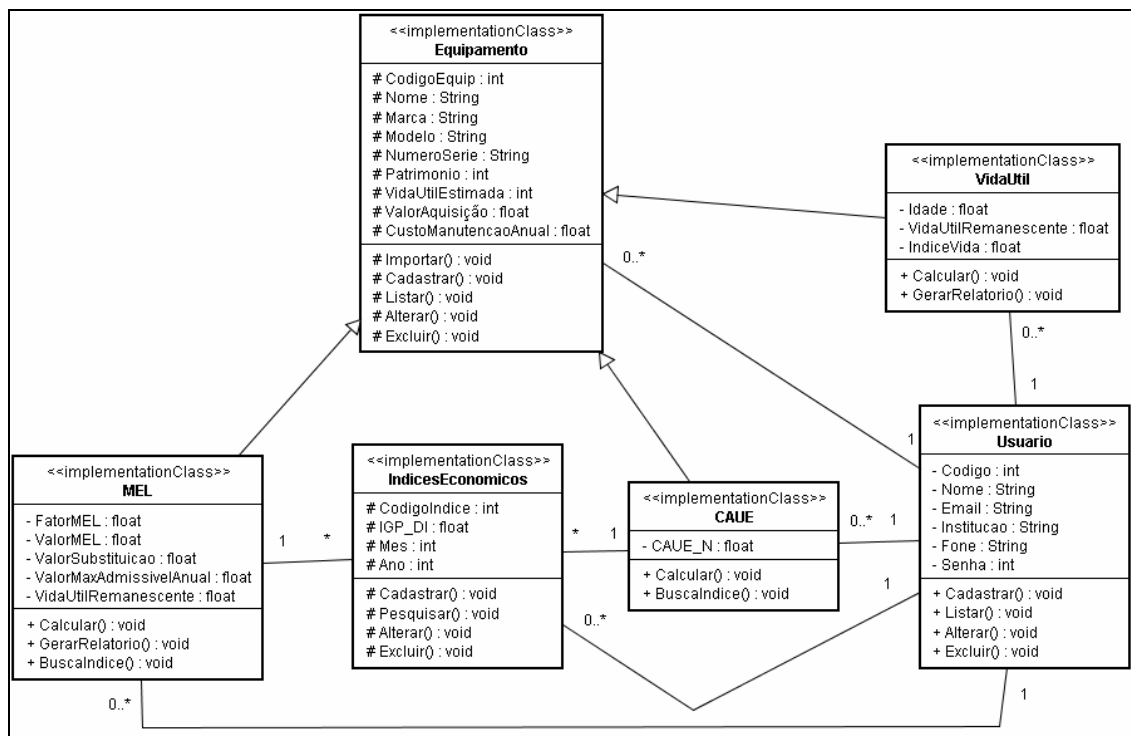


Figura 5 – Diagrama de classes do software proposto.

O diagrama de classes apresentado na Figura 5, possui seis classes, onde as classes MEL, VidaUtil e CAUE herdam os atributos das superclasses Equipamento. A subclasse VidaUtil herda os atributos da superclasse equipamento, pois para obter o cálculo da Vida Útil são necessários os dados do equipamento. No entanto para efetuar o cálculo das metodologias do valor MEL e CAUE, são necessários os dados do equipamento e buscar os valores dos índices econômicos, dessa forma, existe necessidade das classes CAUE e MEL se relacionarem com a classe IndicesEconomicos através de uma relação um para muitos. A classe usuário se relaciona com todas as demais classes numa relação de um para zero ou muitos, ou seja, um usuário poderá realizar nenhuma operação em determinada classe ou várias.

#### 4. Diagrama de Seqüência

Existem vários diagramas de interação, pode ser citado, o diagrama de seqüência, o diagrama de colaboração ou comunicação, o diagrama de interação e *Timing Diagram*, dos quatro diagramas mencionados, o diagrama de seqüência é o mais utilizado. O objetivo do diagrama de seqüência é demonstrar visualmente a seqüência das ações que o software tomará em relação às interações com os atores (MEDEIROS, 2004).

A Figura 6 apresenta o diagrama de seqüência referente ao caso de uso importar dados de EMH.

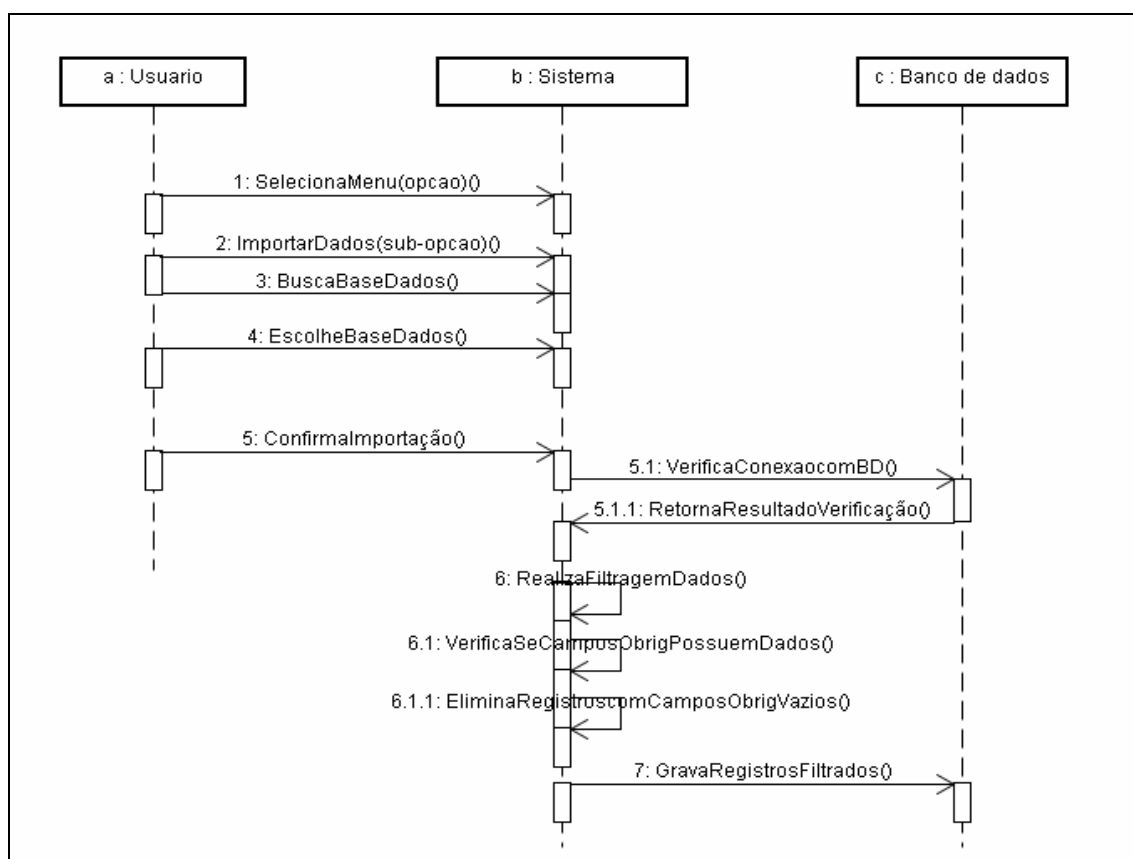


Figura 6 – Diagrama de seqüência referente ao caso de uso importar dados de EMH

O diagrama de seqüência referente ao caso de uso importar dados de EMH, mostra os eventos necessários para executar a ação de importação de registros de EMH.

O usuário através da opção importar dados, solicita ao sistema a importação de registros contidos em tabela da base de dados do MySQL. O sistema apresenta o usuário uma interface para buscar a base de dados que contem os registros a serem filtrados,

encontrando a base de dados, o usuário escolhe a base e confirma a importação de registros. O sistema verifica a conexão com seu banco de dados, caso exista conexão, realiza a filtragem de registros, eliminando registros com campos obrigatórios vazios e atribuindo o tempo de vida útil para cada EMH. Após a filtragem o sistema realiza a gravação dos registros no banco de dados.

A Figura 7 apresenta o diagrama de seqüência referente ao caso de uso gerar indicadores.

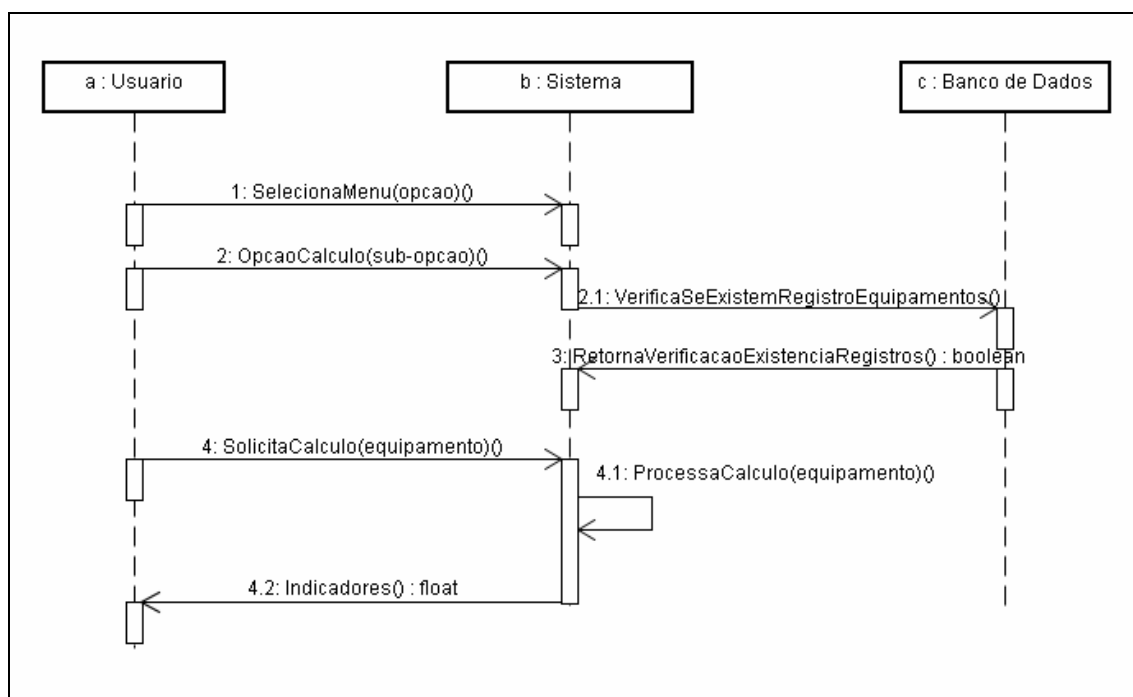


Figura 7 – Diagrama de seqüência referente ao caso de uso gerar indicadores

Esse diagrama apresenta a seqüência de interações entre os atores usuário, sistema e banco de dados no processo de geração de indicadores. O usuário pode escolher a opção de indicadores que deseja, o sistema verifica se existem registros de EMH, caso o retorno da verificação seja positivo, o usuário poderá solicitar os cálculos, o sistema efetua o processamento e apresenta os valores calculados ao usuário através de uma interface.



## Apêndice B - Cálculo de Parâmetros da Distribuição Weibull

A distribuição Weibull é amplamente utilizada em estudos de tempo de vida e estimativa de falhas de equipamentos. Através do uso da distribuição é possível:

- Representar falhas típicas de partida (mortalidade infantil), falhas aleatórias e falhas devido ao desgaste;
- Obter parâmetros significativos da configuração das falhas;
- Obter a confiabilidade em um instante  $t$ ;
- Representação gráfica simples.

A função de probabilidade de falha da distribuição Weibull é dada por (WEIBULL, 1951):

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{equação 01})$$

Sendo:

$\beta$  - parâmetro de forma;

$\eta$  - vida característica ou parâmetro de escala;

$t$  - tempo.

Caso  $\beta < 1$  teremos falhas do tipo mortalidade infantil,  $\beta = 1$  falhas aleatórias, ou falhas que não depende do tempo de uso do equipamento ou do processo para ocorrerem, e  $\beta > 1$  teremos falhas que dependem do tempo de uso do equipamento, dependem do processo de trabalho, falhas do tipo fim de vida útil ou obsolescência.

O parâmetro  $\eta$  refere-se ao tempo em que para uma amostra considerável ocorram cerca de 63% das falhas. Isto ocorre devido que na equação 01, existe um valor tal para  $\eta = (t - t_0)$  e desta forma a equação fica reduzida a  $P(t) = e^{-1} = 0,37$ , significa que existem 37% de equipamentos que não falharam até o instante  $\eta$ . Assim, cerca de 63% já falharam (WINTERBOTTOM, 1997).

A função de confiabilidade da distribuição Weibull é dada pela equação 02 (RELIASOFT, 2005).

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{equação 02})$$

A equação 03 apresenta a obtenção do parâmetro  $\beta$  (RELIASOFT, 2005).

$$\beta = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \left( \sum_{i=1}^N y_i \right)}{N \sum_{i=1}^N (x_i^2) - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2} \quad (\text{equação 03})$$

Onde, N é o número de períodos considerados. As equações 04 e 05 apresentam a obtenção  $x_i$  e  $y_i$ , respectivamente (RELIASOFT, 2005).

$$x_i = \ln(t_i) \quad (\text{equação 04})$$

Sendo  $t_i$  os períodos considerados para a observação de ocorrências de falhas.

$$y_i = \ln\{-\ln(1 - A(t_i))\} \quad (\text{equação 05})$$

$A(t_i)$  é o percentual acumulado das frequências das falhas para cada período considerado.

A equação 06 apresenta o cálculo do parâmetro  $\eta$  (RELIASOFT, 2005).

$$\eta = e^{-\frac{a}{\beta}} \quad (\text{equação 06})$$

Onde  $a$  pode ser obtido através da equação 07.

$$a = \left( \sum_{i=1}^N y_i \right) / N - \beta \left( \sum_{i=1}^N \ln(t_i) \right) / N \quad (\text{equação 07})$$

A equação 08 apresenta a função de taxa de falha da distribuição Weibull (RELIASOFT, 2005).

$$\gamma = \frac{\beta}{\eta^\beta} t^{(\beta-1)}$$

(equação 08)

## Apêndice C – Estatística dos Questionários Aplicados aos Profissionais que Atuam em Hospitais Públicos de Florianópolis

- Abaixo estão listadas algumas famílias de equipamentos médico-hospitalares. Quanto tempo de vida útil (anos) estima (Idealmente) para cada classe de equipamento?

### 1. Aparelho de Anestesia

(utilizado no software 10 anos)

1.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

1.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

1.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

1.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 01 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil para aparelho de anestesia.

Aparelho de Anestesia	$f$	$m$	$fm$	$m - x$	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	14	6	84	-2,97	8,82	123,48
Entre 8 e 10 anos	63	9	567	0,03	0,0009	0,0567
Entre 11 e 13 anos	5	12	60	3,03	9,18	45,9
Entre 14 e 16 anos	4	15	60	6,03	36,36	145,44
<b>Total</b> Sem resposta = 13	<b>86</b>		<b>771</b>			<b>314,88</b>

- $x$  = média;
- $m$  = ponto médio da classe;
- $f$  = frequência;
- $fm$  = produto de  $f$  e  $m$ ;
- $m - x$  = diferença entre  $m$  e  $x$ ;
- $(m - x)^2$  =  $m - x$  elevado ao quadrado;
- $f(x - m)^2$  = produto de  $f$  e  $(m - x)^2$ .

O intervalo das classes foi escolhido, de modo a cobrir toda a faixa de valores de cada item avaliado.

$$\text{Média} = \frac{771}{86} = 8,97 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{314,88}{86}} = 1,91 \text{ anos.}$$

## 2. Bisturi elétrico

(utilizado no software 8 anos)

2.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

2.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

2.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

2.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 02 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil para bisturi elétrico.

Bisturi elétrico	$f$	$m$	$fm$	$m - x$	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	28	6	168	-2,45	6,003	168,08
Entre 8 e 10 anos	56	9	504	0,55	0,303	16,97
Entre 11 e 13 anos	5	12	60	3,55	12,603	63,02
Entre 14 e 16 anos	3	15	45	6,55	42,903	128,71
<b>Total</b> Sem resposta = 7	<b>92</b>		<b>777</b>			<b>376,78</b>

$$\text{Média} = \frac{777}{92} = 8,45 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{376,78}{92}} = 2,02 \text{ anos.}$$

## 3. Eletrocardiógrafo

(utilizado no software 8 anos)

3.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

3.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

3.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

3.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 03 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil para eletrocardiógrafo.

Eletrocardiógrafo	$f$	$m$	$fm$	$m - x$	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	22	6	132	-2,97	8,82	194,04
Entre 8 e 10 anos	58	9	522	0,003	0,0009	0,052
Entre 11 e 13 anos	11	12	132	3,03	9,18	100,98
Entre 14 e 16 anos	5	15	75	6,03	36,36	181,8
<b>Total</b> Sem resposta = 3	<b>96</b>		<b>861</b>			<b>476,87</b>

$$\text{Média} = 861/96 = 8,97 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{476,87}{96}} = 2,23 \text{ anos.}$$

#### 4. Monitor Cardíaco

(utilizado no software 7 anos)

4.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

4.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

4.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

4.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 04 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil para monitor cardíaco.

Monitor Cardíaco	$f$	$m$	$fm$	$m - x$	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	30	6	180	-2,43	5,905	177,15
Entre 8 e 10 anos	56	9	504	0,57	0,33	18,48
Entre 11 e 13 anos	4	12	48	3,57	12,75	51
Entre 14 e 16 anos	4	15	60	6,57	43,17	172,68
<b>Total</b> Sem resposta = 5	<b>94</b>		<b>792</b>			<b>419,31</b>

$$\text{Média} = 792/94 = 8,43 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{419,31}{94}} = 2,11 \text{ anos.}$$

#### 5. Microscópio cirúrgico

(utilizado no software 10 anos)

5.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

5.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

5.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

5.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 05 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil para microscópio cirúrgico.

Microscópio cirúrgico	$f$	$m$	$fm$	$m - x$	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	22	6	132	-2,93	8,59	188,98
Entre 8 e 10 anos	46	9	414	0,07	0,0049	0,23
Entre 11 e 13 anos	8	12	96	3,07	9,43	75,44
Entre 14 e 16 anos	6	15	90	6,07	36,85	221,1
<b>Total</b> Sem resposta = 17	<b>82</b>		<b>732</b>			<b>485,75</b>

$$\text{Média} = 732/82 = 8,93 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{485,75}{82}} = 2,43 \text{ anos.}$$

## 6. Oxímetro de pulso

(utilizado no software 5 anos)

6.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

6.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

6.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

6.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 06 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil para oxímetro de pulso.

Oxímetro de pulso	$f$	$m$	$fm$	$m - x$	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	64	6	384	-1,3	1,69	108,16
Entre 8 e 10 anos	22	9	198	1,7	2,89	63,58
Entre 11 e 13 anos	3	12	36	4,7	22,09	66,27
Entre 14 e 16 anos	4	15	60	7,7	59,29	237,16
<b>Total</b> Sem resposta = 6	<b>93</b>		<b>678</b>			<b>475,17</b>

$$\text{Média} = 678/93 = 7,29 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{475,17}{93}} = 2,26 \text{ anos.}$$

- Abaixo estão listadas algumas famílias de equipamentos médico-hospitalares. Quanto tempo de vida útil (anos) médio que estima para cada classe de equipamento na sua instituição?

### 1. Aparelho de Anestesia

1.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

1.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

1.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

1.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 07 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil na instituição, para aparelho de anestesia.

<b>Aparelho de Anestesia</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	20	6	120	-4,13	17,06	341,2
Entre 8 e 10 anos	25	9	225	-1,13	1,28	32
Entre 11 e 13 anos	33	12	396	1,87	3,5	115,5
Entre 14 e 16 anos	10	15	150	4,87	23,72	237,2
<b>Total</b> Sem resposta = 11	<b>88</b>		<b>891</b>			<b>725,9</b>

$$\text{Média} = \frac{891}{88} = 10,13 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{725,9}{88}} = 2,87 \text{ anos.}$$

## 2. Bisturi elétrico

2.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

2.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

2.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

2.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 08 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil na instituição, para bisturi elétrico.

<b>Bisturi elétrico</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	20	6	120	-4,05	16,4	328
Entre 8 e 10 anos	32	9	288	-1,05	1,1	35,2
Entre 11 e 13 anos	23	12	276	1,95	3,8	87,4
Entre 14 e 16 anos	14	15	210	4,95	24,5	343
<b>Total</b> Sem resposta = 10	<b>89</b>		<b>894</b>			<b>793,6</b>

$$\text{Média} = \frac{894}{89} = 10,05 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{793,6}{89}} = 2,99 \text{ anos.}$$

## 3. Eletrocardiógrafo

3.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

3.2 ( ) Entre 8 e 10 anos



3.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

3.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 09 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil na instituição, para eletrocardiógrafo.

<b>Eletrocardiógrafo</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	22	6	132	-4,03	16,24	357,28
Entre 8 e 10 anos	32	9	288	-1,03	1,06	33,92
Entre 11 e 13 anos	19	12	228	1,97	3,88	73,72
Entre 14 e 16 anos	17	15	255	4,97	24,7	419,9
<b>Total</b> Sem resposta = 9	<b>90</b>		<b>903</b>			<b>884,82</b>

$$\text{Média} = \frac{903}{90} = 10,03 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{884,82}{90}} = 3,41 \text{ anos.}$$

#### 4. Monitor Cardíaco

4.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

4.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

4.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

4.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 10 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil na instituição, para monitor cardíaco.

<b>Monitor Cardíaco</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	17	6	102	-4,28	18,32	311,44
Entre 8 e 10 anos	38	9	342	-1,28	1,64	62,32
Entre 11 e 13 anos	21	12	252	1,72	2,96	62,16
Entre 14 e 16 anos	18	15	270	4,72	22,28	401,04
<b>Total</b> Sem resposta = 5	<b>94</b>		<b>966</b>			<b>836,96</b>

$$\text{Média} = \frac{966}{94} = 10,28 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{836,96}{94}} = 2,98 \text{ anos.}$$

#### 5. Microscópio cirúrgico

5.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

5.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

5.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

5.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 11 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil na instituição, para microscópio cirúrgico.

<b>Microscópio cirúrgico</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	16	6	96	-4,48	20,07	321,12
Entre 8 e 10 anos	24	9	216	-1,48	2,19	52,56
Entre 11 e 13 anos	20	12	240	1,52	2,31	46,2
Entre 14 e 16 anos	17	15	255	4,52	20,43	347,31
<b>Total</b> Sem resposta = 22	<b>77</b>		<b>807</b>			<b>767,19</b>

$$\text{Média} = 807/77 = 10,48 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{767,19}{77}} = 1,78 \text{ anos.}$$

## 6. Oxímetro de pulso

6.1 ( ) Entre 5 e 7 anos

6.2 ( ) Entre 8 e 10 anos

6.3 ( ) Entre 11 e 13 anos

6.4 ( ) Entre 14 e 16 anos

Quadro 12 – Cálculo de valores estatísticos da vida útil na instituição, para oxímetro de pulso.

<b>Oxímetro de pulso</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Entre 5 e 7 anos	38	6	228	-2,47	6,1	231,8
Entre 8 e 10 anos	43	9	387	0,53	0,28	12,04
Entre 11 e 13 anos	9	12	108	3,53	12,46	112,14
Entre 14 e 16 anos	6	15	90	6,53	42,64	255,84
<b>Total</b> Sem resposta = 3	<b>96</b>		<b>813</b>			<b>611,82</b>

$$\text{Média} = 813/96 = 8,47 \text{ anos; Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{611,82}{96}} = 2,52 \text{ anos.}$$

- Quanto aos custos envolvidos para manter os equipamentos funcionando através de manutenções e reparos. De acordo com as classes de equipamentos, o Sr(a) avalia que seja admissível um percentual médio anual do valor do equipamento:

### 1. Aparelho de anestesia

- 1.1 ( ) No máximo 6%      1.2 ( ) Entre 6 e 10%  
 1.3 ( ) Entre 11 e 15%      1.4 ( ) Entre 16 e 20%  
 1.5 ( ) Entre 21 e 25

Quadro 13 – Cálculo de valores estatísticos do percentual em relação ao valor do EMH, admissível em manutenção anual, para aparelho de anestesia.

Aparelho de Anestesia	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Menos de 6%	9	3	27	-10,8	116,64	1049,76
Entre 6 e 10%	18	8	144	-5,8	33,64	605,52
Entre 11 e 15%	16	13	208	-0,8	0,64	10,24
Entre 16 e 20%	40	18	720	4,2	17,64	705,6
Entre 21 e 25%	5	23	115	9,2	84,64	423,2
<b>Total</b> Sem resposta = 11	<b>88</b>		<b>1214</b>			<b>2803,32</b>

$$\text{Média} = 1214/88 = 13,8\%; \text{Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{2803,32}{88}} = 5,64\%$$

### 2. Bisturi elétrico

- 2.1 ( ) Menos de 6%      2.2 ( ) Entre 6 e 10%  
 2.3 ( ) Entre 11 e 15%      2.4 ( ) Entre 16 e 20%  
 2.5 ( ) Entre 21 e 25%

Quadro 14 – Cálculo de valores estatísticos do percentual em relação ao valor do EMH, admissível em manutenção anual, para bisturi elétrico.

<b>Bisturi elétrico</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Menos de 6%	14	3	42	-9,72	94,48	1322,72
Entre 6 e 10%	20	8	160	-4,72	22,28	445,6
Entre 11 e 15%	16	13	208	0,28	0,78	12,48
Entre 16 e 20%	35	18	630	5,28	27,88	975,8
Entre 21 e 25%	4	23	92	10,28	105,68	422,72
<b>Total</b> Sem resposta = 10	<b>89</b>		<b>1132</b>			<b>3179,32</b>

$$\text{Média} = 1132/89 = 12,72 \%; \text{Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{3179,32}{89}} = 5,98 \%.$$

### 3. Eletrocardiógrafo

3.1 ( ) Menos de 6%

3.2 ( ) Entre 6 e 10%

3.3 ( ) Entre 11 e 15%

3.4 ( ) Entre 16 e 20%

3.5 ( ) Entre 21 e 25%

Quadro 15 – Cálculo de valores estatísticos do percentual em relação ao valor do EMH, admissível em manutenção anual, para eletrocardiógrafo.

<b>Eletrocardiógrafo</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Menos de 6%	12	3	36	-11,08	122,77	1473,24
Entre 6 e 10%	27	8	216	-6,08	36,97	998,19
Entre 11 e 15%	17	13	351	-1,08	1,17	19,89
Entre 16 e 20%	29	18	522	3,92	15,37	276,67
Entre 21 e 25%	8	23	184	8,92	79,57	636,56
<b>Total</b> Sem resposta = 6	<b>93</b>		<b>1309</b>			<b>3404,55</b>

$$\text{Média} = 1309/93 = 14,08 \%; \text{Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{3404,55}{93}} = 6,05 \%.$$

#### 4. Monitor Cardíaco

- 4.1 ( ) Menos de 6%      4.2 ( ) Entre 6 e 10%  
 4.3 ( ) Entre 11 e 15%      4.4 ( ) Entre 16 e 20%  
 4.5 ( ) Entre 21 e 25%

Quadro 16 – Cálculo de valores estatísticos do percentual em relação ao valor do EMH, admissível em manutenção anual, para monitor cardíaco.

<b>Monitor Cardíaco</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Menos de 6%	12	3	36	-9,84	96,83	1161,96
Entre 6 e 10%	21	8	168	-4,84	23,43	492,03
Entre 11 e 15%	27	13	351	0,16	0,026	0,702
Entre 16 e 20%	24	18	432	5,16	26,63	639,12
Entre 21 e 25%	9	23	207	10,16	103,23	929,07
<b>Total</b> Sem resposta = 6	<b>93</b>		<b>1194</b>			<b>3222,88</b>

$$\text{Média} = 1194/93 = 12,84\%; \text{Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{3222,88}{93}} = 5,98 \%$$

#### 5. Microscópio cirúrgico

- 5.1 ( ) Menos de 6%      5.2 ( ) Entre 6 e 10%  
 5.3 ( ) Entre 11 e 15%      5.4 ( ) Entre 16 e 20%  
 5.5 ( ) Entre 21 e 25%

Quadro 17 – Cálculo de valores estatísticos do percentual em relação ao valor do EMH, admissível em manutenção anual, para microscópio cirúrgico.

<b>Microscópio cirúrgico</b>	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Menos de 6%	6	3	18	-11,16	124,55	747,3
Entre 6 e 10%	21	8	168	-6,16	37,95	796,95
Entre 11 e 15%	14	13	182	-1,16	1,35	18,9

Entre 16 e 20%	30	18	540	3,84	14,75	442,5
Entre 21 e 25%	11	23	253	8,84	78,15	859,65
<b>Total</b> Sem resposta = 17	<b>82</b>		<b>1161</b>			<b>2865,3</b>

$$\text{Média} = 1161/82 = 14,16\%; \text{ Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{2865,3}{82}} = 5,91\%.$$

## 6. Oxímetro de pulso

- 6.1 ( ) Menos de 6%      6.2 ( ) Entre 6 e 10%  
 6.3 ( ) Entre 11 e 15%      6.4 ( ) Entre 16 e 20%  
 6.5 ( ) Entre 21 e 25%

Quadro 18 – Cálculo de valores estatísticos do percentual em relação ao valor do EMH, admissível em manutenção anual, para oxímetro de pulso.

Oxímetro de pulso	<i>f</i>	<i>m</i>	<i>fm</i>	<i>m - x</i>	$(m - x)^2$	$f(x - m)^2$
Menos de 6%	16	3	48	-9,2	84,64	1354,24
Entre 6 e 10%	24	8	192	-4,2	17,64	423,36
Entre 11 e 15%	17	13	221	0,8	0,64	10,88
Entre 16 e 20%	33	18	594	5,8	33,64	1110,12
Entre 21 e 25%	4	23	92	10,8	116,64	466,56
<b>Total</b> Sem resposta = 5	<b>94</b>		<b>1147</b>			<b>3365,16</b>

$$\text{Média} = 1147/94 = 12,2\%; \text{ Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{3365,16}{94}} = 5,98\%.$$

A figura 1 apresenta o gráfico contendo a média e desvios padrões de percentuais dos valores de equipamentos, máximos admissíveis para manutenção anual, de acordo com a opinião dos entrevistados.

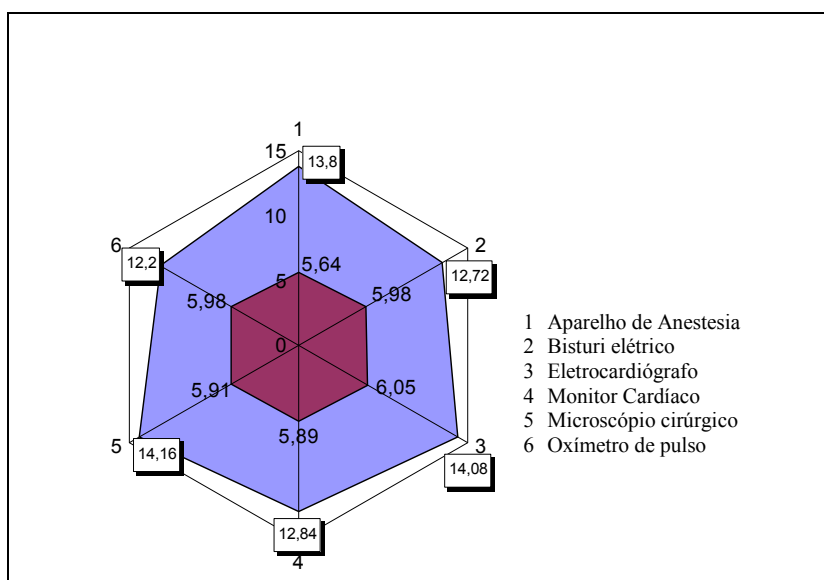


Figura 1 – Médias e desvios padrões dos percentuais dos valores dos equipamentos, máximos admissíveis para manutenção anual, de acordo com a opinião dos entrevistados – Médicos, Enfermeiros e Engenheiros Clínicos.

- Em sua opinião quais informações devem ser apresentadas em uma ferramenta de apoio a decisão em substituição de equipamentos médico-hospitalares (Poderá assinalar mais de uma alternativa)?

1. \_\_\_ Ciclo de vida
2. \_\_\_ Custos anuais máximos admissíveis em manutenções e reparos
3. \_\_\_ Ano em que o equipamento deixa de ser economicamente viável
4. \_\_\_ Número de falhas do equipamento por período de tempo

Quadro 19 – Valores estatísticos de itens pesquisados, sobre informações a ser apresentada em ferramenta de apoio a decisão em substituição de equipamentos médico-hospitalares.

Item pesquisado	<i>f</i>	% Respostas
Índice de Vida	60	24,19
Custos anuais máximos admissíveis em manutenções e reparos	86	34,68
Ano em que o equipamento deixa de ser economicamente viável	41	16,53
Número de falhas do equipamento por período de tempo	61	24,6
<b>Total</b>	<b>248</b>	<b>100</b>

**- O(a) Sr(a) considera que deve ser mais relevante no momento de substituição de equipamentos médico-hospitalares, a atualização tecnológica ou custos vinculados a utilização?**

Quadro 20 – Valores estatísticos de itens pesquisados, sobre a relevância no momento de substituição de equipamentos médico-hospitalares.

<b>Item pesquisado</b>	<i>f</i>	<b>% Respostas</b>
Atualização Tecnológica	60	60,61
Custos vinculados a utilização	39	39,39
<b>Total</b>	<b>99</b>	<b>100</b>
Sem resposta = 0		



## Apêndice D – Aplicação de *Checklists* para Avaliação do Módulo I

### 1. *Checklist* Baseada no *Practical Guide* do IEEE

Os tópicos a serem avaliados foram trazidos do trabalho realizado pelo IEEE, através do *Practical Guide*, que realiza avaliação de vários aspectos de apresentação das interfaces, análise dos conteúdos, usabilidade, internacionalização, Integração de sistemas, compatibilidade, backup e recuperação e acesso seguro. Dessa forma realizando uma avaliação geral no software desenvolvido (LAM, 2001; MELO, 2006).

A Tabela 1 apresenta a *checklist* baseada no *Practical Guide* do IEEE aplicada na avaliação do sistema.

Tabela 1 – *Checklist* baseada no *Practical Guide* do IEEE

Tópico Avaliado	Item avaliado	Atende	Não Atende
<b>Apresentação das interfaces</b>	Menu de opções contendo todas as funções que realiza	X	
	Os títulos das interfaces, janelas e caixas de diálogos estão legíveis e condizem com a respectiva função.	X	
	É possível retornar a interface inicial de qualquer local do sistema.	X	
	As cores do sistema não são agressivas proporcionando conforto ao usuário	X	
	A organização em termos da localização das várias características das interfaces é mantida consistente de uma interface para outra.	X	
	As abreviaturas são facilmente distinguíveis umas das outras, evitando confusões geradas por similaridade.	X	
<b>Usabilidade</b>	<i>Feedback</i> para todas as ações do usuário.	X	
	Recursos de ajuda.	X	
	É informada ao usuário a conclusão de uma operação, por exemplo, realização de cadastro.	X	
	<i>Design</i> intuitivo.	X	
<b>Análise de conteúdos</b>	Personalização das interfaces definidas por <i>default</i> .		X
	Conteúdo sobre o tema principal.	X	
	Conteúdo não ofensivo e adequado.	X	
<b>Internacionalização</b>	Exibição de idiomas.		X
	Suporte a idiomas.		X

<b>Integração de sistemas</b>	Performance integrada.		X
	Troca de dados com outros sistemas.	X	
<b>Compatibilidade</b>	Eixos de gráficos com escalas numéricas iniciando em zero e intervalos padronizados.	X	
	Múltiplas plataformas.	X	
<b>Backup e recuperação</b>	Recursos de backup de dados.	X	
	Tolerância a falhas.		X
<b>Acesso seguro</b>	Capacidade de registro/login.	X	
	Penetração e controle de acesso.	X	

Através da aplicação da *Checklist* baseada no *Practical Guide* do IEEE foi possível avaliar vários aspectos do software desenvolvido, já que o guia prático é bastante abrangente, assim visando analisar e validar a solução implementada.

### 1.1 Apresentação das Interfaces

Quando a apresentação das interfaces de um sistema é realizada inadequadamente, pode acarretar em erros de operação, desestímulo dos usuários em utilizar o sistema, bem como prejudicar o relacionamento entre a organização e usuários. Dessa forma esse tópico cobre diversos aspectos referentes à apresentação do sistema ao usuário (LAM, 2001).

- Menu de opções contendo todas as funções que realiza: para orientar o usuário e facilitar o uso do sistema, o mesmo deve possuir um menu de opções contendo todas as funções do sistema.

O aplicativo desenvolvido disponibiliza ao usuário um menu de opções, contendo todas as funções que realiza.

- Os títulos das interfaces, janelas e caixas de diálogos estão legíveis e condizem com a respectiva função: É fundamental que as descrições contidas nas interfaces estejam legíveis e realmente descrevam as funções que realizam, pois caso isso não ocorra, o sistema estará induzindo o usuário a cometer erros.

Todos os títulos contidos no software desenvolvido estão legíveis e condizem com a função que realiza, dessa forma auxiliando o usuário na utilização.

- Possibilidade de retornar a interface inicial de qualquer local do sistema: Essa função é simples, porém bastante útil a qualquer sistema. Assim deve sempre que possível ser realizada, pois auxilia o usuário a percorrer com facilidade todas as funções do sistema de forma prática.

O software desenvolvido possui em todas suas interfaces ícones que permitem voltar à interface inicial.

- As cores do sistema não são agressivas proporcionando conforto ao usuário: Esse item se refere a não utilização de cores que possam prejudicar a interação do usuário com o software.

No desenvolvimento do sistema procurou-se utilizar de cores suaves e utilizadas na maioria de sistemas *desktops*, com o objetivo de estimular o uso do software.

- A organização em termos da localização das várias características das interfaces é mantida consistente de uma interface para outra: Refere-se sobre a existência de um padrão de apresentação das interfaces, isso é útil para auxiliar o usuário a operar o sistema, pois a forma como estará disponibilizada os ícones será a mesma independente da interface.

O software desenvolvido possui um padrão de apresentação das interfaces, para as interfaces que realizam cálculos. A área de seleção de equipamentos localiza-se a esquerda da tela, a identificação do item selecionado na parte direita superior da tela e os resultados dos cálculos na parte direita inferior. Para as interfaces que não realizam cálculos foi estabelecido um padrão com fundo branco ou cinza e letras com fonte *Times New Roman* tamanho dez.

Em resumo todos os itens do tópico apresentação das interfaces foram cumpridos. Dessa forma é possível concluir que a partir da avaliação do guia prático neste tópico o aplicativo desenvolvido está de acordo.

## 1.2 Usabilidade

O tópico usabilidade é crucial para atrair e reter usuários. Em *websites* de *e-commerce*, 67% dos usuários não completam sua compra por falta de usabilidade. Em outros sistemas essa realidade também está presente, pois qualquer sistema que apresente barreiras na interação com o usuário irá desestimular o uso (LAM, 2001).

O tópico usabilidade avalia vários aspectos, que serão discutidos abaixo.

- *feedback* para todas as ações do usuário: O *feedback* é o retorno de toda a ação que o usuário realiza no sistema, problemas referentes às respostas de solicitações podem ser agravantes ao uso do sistema.

Todas as funções do software desenvolvido estão ativas e quando solicitadas apresentam resultados ao usuário, dessa forma fornecendo *feedback* as ações do usuário.

- Recursos de ajuda: A existência de recursos de ajuda em *softwares* é fundamental, pois nem sempre são óbvios os passos para obter determinados resultados. Assim auxiliando principalmente usuários que não receberam treinamento de uso do sistema.

O *software* desenvolvido possui recursos de ajuda, onde o usuário pode obter ajuda referente a todas as funções que o sistema possui em qualquer interface, e realizar busca de termos técnicos.

- *Design* intuitivo: Um design não-intuitivo dificulta a realização de tarefas, ocasionando um maior tempo para a realização das mesmas.

O aplicativo desenvolvido apresenta um padrão de organização de interfaces e ícones, similar a maioria dos sistemas *desktop*, assim possibilitando ao usuário facilidade em operar o aplicativo.

### 1.3 Análise de Conteúdos

Tanto a forma como o conteúdo de um sistema devem ser avaliados. Algumas das características a serem avaliadas são (LAM, 2001; MELO, 2006):

- Personalização das interfaces definidas por *default*: Este item pode apresentar vantagens aos usuários na utilização de *softwares*, sendo possível personalizar as interfaces de acordo com suas preferências pessoais.

Este item não foi projetado e implementado na solução desenvolvida. Devido não fazer parte dos objetivos do trabalho de pesquisa, assim podendo ser sugerido como melhoria em trabalhos futuros.

- Conteúdo sobre o tema principal: É fundamental que todo conteúdo do software seja referente ao tema principal, ou seja, ofereça aporte à solução desejada. Assim não deixando o usuário confuso sobre o objetivo da ferramenta.

O conteúdo utilizado no software desenvolvido, tais como, descrições dos recursos de ajuda, dados de equipamentos, apresentação dos resultados através de ficha técnica e relatórios buscam apoiar o processo de decisão de substituição de TMH, sendo este o tema principal que a ferramenta visa abordar.

- Conteúdo não ofensivo e adequado: Uma análise nos conteúdos disponibilizados deve ser realizada, devido que este aspecto é fundamental para sistemas com informações de TMH. Dessa forma, os profissionais que utilizam estes sistemas possam melhor avaliar os processos de tomada de decisão e, conseqüentemente obter melhoramentos no gerenciamento da TMH.

O conteúdo estruturado no sistema implementado foi baseado em trabalhos científicos e, organizado para obter resultados para apoiar no processo de decisão em substituição de TMH.

## 1.4 Internacionalização

A internacionalização é um fator importante, principalmente a sistemas utilizados além dos limites geográficos, dessa forma devem estar preparados para operar em outros países em outras línguas (MELO, 2006).

Como no momento é pretendido utilizar a ferramenta implementada apenas no Brasil, esse aspecto não foi trabalhado, devido não fazer parte dos objetivos do trabalho. Assim contando apenas com o idioma português. Porém pode ser sugerido à inserção de outros idiomas, como melhoria do sistema em trabalhos futuros.

## 1.5 Integração de Sistemas

Em determinadas situações é necessário estabelecer integração a outros sistemas e a outros módulos, para assim realizar troca de dados e informações, bem como efetuar processamento dos dados e obter indicadores para tomada de decisões. Deve-se verificar se o sistema pode ser integrado a outros sistemas (LAM, 2001).

- Performance integrada: O desempenho de sistemas integrados pode ser um aspecto importante para as organizações, possibilitando a troca e tratamento de dados e informações (MELO, 2006).

A aplicação implementada não está diretamente integrada com outros aplicativos. No entanto, possui o recurso de importação de dados de equipamentos que estejam em arquivos na extensão SQL. Deste modo, permitindo o recebimento de dados alimentados em outros sistemas.

## 1.6 Compatibilidade

Os itens neste tópico buscam avaliar a compatibilidade do sistema em múltiplas plataformas e, coerência entre as ações realizadas no sistema e suas respectivas necessidades para apresentar corretamente os resultados a serem interpretados pelo usuário, assim podendo auxiliar nas tomadas de decisões. Os itens são:

- Eixos de gráficos com escalas numéricas iniciando em zero e intervalos padronizados: Algumas características na apresentação de gráficos devem ser cuidadosamente analisadas, por exemplo, descrições dos eixos, intervalos numéricos padronizados, início dos eixos em zero, crescimento numérico da esquerda e de baixo para cima.

Este item foi verificado em todos os gráficos gerados no software e, corrigida as características que não estavam de acordo.

- Múltiplas plataformas: Este aspecto verifica a compatibilidade do sistema com vários Sistemas Operacionais (SO), fornecendo ao usuário flexibilidade de uso da ferramenta.

O software desenvolvido não foi instalado em várias plataformas, porém é possível compilar a aplicação em diversos SO. Para isso é necessário utilizar compiladores, por exemplo, o Dev-C++ que é uma ferramenta livre que permite compilar aplicações desenvolvidas em C++ em SO como o Linux e Unix (PUCRS, 2009).

## 1.7 Backup e Recuperação

Sistemas podem falhar em algum momento por várias razões. Desta forma, devem existir mecanismos que possibilitem a recuperação rápida do sistema, de modo que o mesmo volte a operar novamente em caso de falha (MELO, 2006).

- Recursos de *backup* de dados: Este item testa os recursos de geração de *backup* de dados do sistema, de modo a garantir uma posterior recuperação caso necessário.

A aplicação desenvolvida não possui mecanismos automatizados para realizar backup de dados, no entanto isto pode ser facilmente obtido realizando cópia da base de dados do sistema.

- Tolerância à falhas: Em sistemas tolerantes à falhas, existem componentes redundantes de *hardware* e *software*, caso ocorra uma falha dos componentes. Assim este item verifica se o sistema possui estas características de tolerância à falhas.

A solução implementada foi aplicada apenas a um projeto piloto, assim não foram realizadas redundâncias de hardware e software. No entanto a aplicação é desktop, podendo ser instalada em uma máquina cliente e sua base de dados em um servidor de banco de dados, desde que a conexão com o banco de dados seja estabelecida.

## 1.8 Acesso Seguro

- Capacidade de registro/*login*: Alguns problemas podem ocasionar falhas de acesso ao sistema, por exemplo, quando o sistema ajusta a personalização incorretamente. Deste modo o sistema deve ajustar corretamente níveis de privilégio.

O sistema implementado não permite personalização, onde todos os usuários possuem os mesmos privilégios, podendo apenas importar os dados originados de outro sistema e para casos isolados adicionar equipamentos via cadastro, podendo alterar e excluir somente estes dados, ou seja, os dados importados não podem ser alterados ou excluídos pelo usuário, somente processados para geração de indicadores.

- Penetração e controle de acesso: Penetração é o acesso desautorizado a áreas e informações restritas (MELO, 2006). Este item verifica se o acesso ao sistema pode ser realizado somente informando nome de usuário e senha.

O acesso ao *software* desenvolvido é possível somente informando nome de usuário e senha previamente cadastrados.

## 2. Checklist de Usabilidade

A *Checklist* de usabilidade denominada “*ErgoList*” é uma metodologia de avaliação de software desenvolvida pelo Laboratório de Utilizabilidade da Universidade



Federal de Santa Catarina. Esta metodologia avalia os tópicos: Presteza, Agrupamento por localização, Agrupamento por formato, *Feedback*, Legibilidade, Concisão, Densidade informacional, Ações explícitas, Controle do usuário, Flexibilidade, Experiência do usuário, Proteção contra erros, Mensagens de erro, Correção de erros, Consistência, Significados e Compatibilidade (LABIUTIL, 2009).

A Tabela 2 apresenta a *checklist* de usabilidade (ErgoList) aplicada no software desenvolvido.

Tabela 2 - *Checklist* de usabilidade.

<b>Tópico Avaliado</b>	<b>Item avaliado</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>
<b>Presteza</b>	Os títulos de telas, janelas e caixas de diálogo estão no alto, centrados ou justificados à esquerda?	X	
	Todos os campos e mostradores de dados possuem rótulos identificativos?	X	
	Os rótulos dos campos contêm um elemento específico, por exemplo, ":" como convite às entradas de dados?		X
	Os gráficos possuem um título geral e rótulos para seus eixos?	X	
	Os botões que comandam a apresentação de caixas de diálogo apresentam em seus rótulos o sinal "..." como indicador da continuidade do diálogo?	X	
	As páginas de menus possuem títulos, cabeçalhos ou convites à entrada?	X	
	O usuário encontra disponíveis as informações necessárias para suas ações?	X	
	Nas caixas de mensagens de erro, o botão de comando "AJUDA" está sempre presente?		X
	A resposta para uma solicitação de ajuda do usuário está estruturada no contexto da tarefa e da transação corrente?	X	
	<b>Agrupamento por localização</b>	A disposição dos objetos de interação de uma caixa de diálogo segue uma ordem lógica?	X
Dentro de um painel de menu, as opções mutuamente exclusivas ou interdependentes estão agrupadas e separadas das demais?		X	
As opções dentro de um painel de menu estão ordenadas segundo algum critério lógico?		X	
Nos agrupamentos de dados, os itens		X	

	estão organizados espacialmente segundo um critério lógico?		
<b>Agrupamento por formato</b>	Os controles e comandos encontram-se visualmente diferenciados das informações apresentadas nas telas?	X	
	Os diferentes tipos de elementos de uma tela de consulta (dados, comandos e instruções) são visualmente distintos uns dos outros?	X	
	Os cabeçalhos de uma tabela estão diferenciados através do emprego de cores diferentes, letras maiores ou sublinhadas?	X	
	Sinais sonoros são empregados para alertar os usuários em relação a uma apresentação visual?		X
	Na apresentação de textos, os recursos de estilo, como itálico, negrito, sublinhado ou diferentes fontes são empregados para salientar palavras ou noções importantes?	X	
	Os campos obrigatórios são diferenciados dos campos opcionais de forma visualmente clara?	X	
	Em situações em que se exija atenção especial do usuário, as mensagens de alerta e de aviso são apresentadas de maneira distinta?		X
	As caixas de agrupamento são empregadas para realçar um grupo de dados relacionados?	X	
<b>Feedback</b>	O sistema fornece <i>feedback</i> para todas as ações do usuário?	X	
	Os itens selecionados de uma lista são realçados visualmente de imediato?	X	
	O sistema fornece ao usuário informações sobre o tempo de processamentos demorados?	X	
	O sistema apresenta uma mensagem informando sobre o sucesso ou fracasso de um processamento demorado?	X	
	O sistema fornece um histórico dos comandos inseridos pelo usuário durante uma sessão de trabalho?		X
	As áreas livres são usadas para separar grupos lógicos em vez de tê-los todos de um só lado da tela, caixa ou janela?	X	
	A largura mínima dos mostradores de texto é de 50 caracteres?	X	

<b>Legibilidade</b>	A altura mínima dos mostradores de texto é de 4 linhas?	X	
	O uso exclusivo de maiúsculas nos textos é evitado?	X	
	O uso do negrito é minimizado?	X	
	O uso do sublinhado é minimizado?	X	
	As bordas dos painéis dos menus estão suficientemente separadas dos textos das opções de modo a não prejudicar a sua legibilidade?	X	
	Os nomes das opções estão somente com a inicial em maiúsculo?	X	
	Os ícones são legíveis?	X	
	Os dados a serem lidos são apresentados de forma contínua, ou seja, não piscantes?	X	
<b>Concisão</b>	O sistema oferece valores <i>defaults</i> para acelerar a entrada de dados?	X	
	Os nomes das opções de menu são concisos?	X	
	Os ícones são econômicos sob o ponto de vista do espaço nas telas?	X	
	As abreviaturas são curtas?	X	
	Na entrada de dados numéricos, o usuário é liberado do preenchimento dos zeros fracionários desnecessários?	X	
<b>Densidade Informacional</b>	As telas apresentam somente os dados e informações necessários e indispensáveis para o usuário em sua tarefa?	X	
	O sistema minimiza a necessidade de o usuário lembrar dados exatos de uma tela para outra?	X	
	O sistema evita apresentar um grande número de janelas que podem desconcentrar ou sobrecarregar a memória do usuário?	X	
	Na manipulação dos dados apresentados pelo sistema, o usuário está liberado da tradução de unidades?	X	
	Os painéis de menu apresentam como ativas somente as opções necessárias?	X	
	<b>Ações Explícitas</b>	Para iniciar o processamento dos dados, o sistema sempre exige do usuário uma ação explícita de "ENTER"?	
É sempre o usuário quem comanda a navegação entre os campos de um formulário?		X	

	O sistema posterga os processamentos até que as ações de entrada do usuário tenham sido completadas?	X	
<b>Controle do Usuário</b>	O usuário pode interromper e retomar um diálogo seqüencial a qualquer instante?	X	
	O usuário pode reiniciar um diálogo seqüencial a qualquer instante?		X
<b>Flexibilidade</b>	Ao usuário é permitido personalizar o diálogo, através da definição de macros?		X
	É permitido ao usuário alterar e personalizar valores definidos por <i>default</i> ?	X	
<b>Experiência do Usuário</b>	O usuário pode se deslocar de uma parte da estrutura de menu para outra rapidamente?	X	
	O sistema oferece equivalentes de teclado para a seleção e execução das opções de menu, além do dispositivo de apontamento (mouse,...)?	X	
<b>Proteção contra erros</b>	O sistema apresenta uma separação adequada entre áreas selecionáveis de um painel de menu de modo a minimizar as ativações acidentais?	X	
	Em toda ação destrutiva, os botões selecionados por <i>default</i> realizam a anulação dessa ação?	X	
	Ao final de uma sessão de trabalho o sistema informa sobre o risco de perda dos dados		X
	O sistema emite sinais sonoros quando ocorrem problemas na entrada de dados?		X
	O sistema solicita confirmação (dupla) de ações que podem gerar perdas de dados e/ou resultados catastróficos?	X	
<b>Mensagens de erro</b>	As mensagens de erro ajudam a resolver o problema do usuário, fornecendo com precisão o local e a causa específica ou provável do erro, bem como as ações que o usuário poderia realizar para corrigi-lo?		X
	As frases das mensagens de erro são curtas e construídas a partir de palavras curtas, significativas e de uso comum?	X	
	O usuário pode escolher o nível de detalhe das mensagens de erro em função de seu nível de conhecimento?		X
	As mensagens de erro têm seu conteúdo modificado quando na repetição imediata do mesmo erro pelo mesmo usuário?		X

<b>Correção de erros</b>	Qualquer ação do usuário pode ser revertida através da opção DESFAZER?		X
	Através da opção REFAZER, a regressão do diálogo, também pode ser desfeita?		X
	Depois de um erro de digitação de um comando ou de dados, o usuário tem a possibilidade de corrigir somente a parte dos dados ou do comando que está errada?	X	
<b>Consistência</b>	A identificação das caixas, telas ou janelas são únicas?	X	
	Uma mesma tecla de função aciona a mesma opção de uma tela para outra?	X	
	Os ícones são distintos uns dos outros e possuem sempre o mesmo significado de uma tela para outra?	X	
	A localização dos dados é mantida consistente de uma tela para outra?	X	
	Os rótulos estão na mesma posição em relação aos campos associados?	X	
<b>Significados</b>	As denominações dos títulos estão de acordo com o que eles representam?	X	
	Os títulos das páginas de menu são distintos entre si?	X	
	As denominações das opções de menu são familiares ao usuário?	X	
	O vocabulário utilizado em rótulos, convites e mensagens de orientação é orientado à tarefa, utilizando termos e jargão técnico normalmente empregado na tarefa?	X	
<b>Compatibilidade</b>	A imagem do formulário na tela do terminal assemelha-se com o formulário de entrada em papel?	X	
	O sistema propõe uma caixa de diálogo modal, quando a aplicação deve ter todos os dados antes de prosseguir ou quando o usuário tenha de responder a uma questão urgente?	X	
	As caixas de diálogo do sistema apresentam um botão de validação, um botão de anulação e, se possível, um botão de ajuda?	X	
	As mensagens são sempre afirmativas e na voz ativa?	X	
	Quando uma frase descreve uma seqüência de eventos, a ordem das palavras na frase corresponde à seqüência temporal dos eventos?	X	

	Dados numéricos que demandam precisão de leitura são apresentados digitalmente?	X	
	Os itens de um grupo de botões de rádio são mutuamente exclusivos?	X	
	Os itens de um grupo de caixas de atribuição permitem escolhas independentes?	X	

A aplicação da *checklist* de usabilidade possibilitou uma ampla avaliação na aplicação desenvolvida, permitindo verificar os mais variados aspectos, respondendo os itens de cada tópico considerado pela metodologia.

## 2.1 Presteza

O tópico presteza verifica se o sistema informa e conduz o usuário durante a interação. A presteza diz respeito igualmente às informações que permitem ao usuário identificar o estado ou contexto no qual ele se encontra, bem como as ferramentas de ajuda e seu modo de acesso (LABIUTIL, 2009).

Neste tópico foi obtido resultado satisfatório, onde apenas dois itens não são contemplados, no entanto estes itens podem ser trabalhos, já que não se caracteriza como objetivos da pesquisa.

## 2.2 Agrupamento por localização

Avalia a distribuição espacial dos itens, trata do posicionamento relativo dos itens, estabelecido para indicar se eles pertencem ou não a uma dada classe, ou ainda para indicar diferenças entre classes. Esse critério também diz respeito ao posicionamento relativo dos itens dentro de uma classe (LABIUTIL, 2009).

Os itens do tópico agrupamento por localização foram verificados no software desenvolvido e constatados que estão sendo cumpridos.

## 2.3 Agrupamento por formato

O critério de agrupamento por formato se refere mais especificamente às características gráficas, por exemplo, formato e cores utilizadas, verificando se itens pertencem ou não a uma dada classe, ou que indicam ainda distinções entre classes diferentes ou entre itens de uma dada classe (LABIUTIL, 2009).

Este tópico possui um item que avalia a utilização de recursos sonoros para orientar o usuário, onde não é contemplado no software desenvolvido. No entanto pode ser uma melhoria sugerida para implementação em trabalhos futuros, tendo em vista que não faz parte dos objetivos do trabalho. Os demais itens abordados neste tópico estão sendo satisfeitos pelo sistema.

## 2.4 *Feedback*

Avalia a qualidade do retorno imediato das ações do usuário, que trata das respostas do sistema às ações do usuário. As entradas fornecidas pelo usuário podem ser um simples pressionar de uma tecla até uma lista de comandos. Em todos os casos, respostas do computador devem ser fornecidas, de forma rápida, apropriada e consistente para cada tipo de transação. De todo modo, uma resposta rápida deve ser fornecida com informações sobre a transação solicitada e seu resultado (LABIUTIL, 2009).

Conforme é possível ser observado na Tabela 02, apenas um item do tópico *Feedback* não é satisfeito pelo sistema avaliado, onde não possibilita a geração de histórico dos comandos entrados pelo usuário durante uma sessão de trabalho. Esta característica não foi trabalhada devida que a aplicação desenvolvida não tem como objetivo gerenciar as ações realizadas pelo usuário, mas possibilitar ao usuário obter indicadores de apoio a decisão no processo de substituição de tecnologias médico-hospitalares.

## 2.5 Legibilidade

Verifica a legibilidade das informações apresentadas nas interfaces do sistema. A Legibilidade diz respeito às características lexicais das informações apresentadas na interface que possam dificultar ou facilitar a leitura dessa informação, por exemplo, brilho do caractere, contraste letra/fundo, tamanho da fonte, espaçamento entre palavras,

espaçamento entre linhas, comprimento da linha entre outros. Por definição, o critério legibilidade não abrange mensagens de erro ou de *feedback* (LABIUTIL, 2009).

As características verificadas neste tópico foram atendidas no sistema implementado.

## 2.6 Concisão

O critério concisão trata da carga perceptiva e cognitiva de saídas e entradas individuais. A concisão não diz respeito às mensagens de erro e de *feedback*.

O software desenvolvido cumpre todos os itens abordados neste tópico.

## 2.7 Densidade Informacional

A densidade informacional aborda à carga de trabalho do usuário de um ponto de vista perceptivo e cognitivo, com relação ao conjunto total de itens de informações apresentados aos usuários, e não a cada elemento ou item individual.

Todos os itens avaliados neste tópico foram satisfeitos pela aplicação avaliada.

## 2.8 Ações Explícitas

As ações explícitas do usuário referem-se às relações entre o processamento pelo computador e as ações do usuário. Essa relação deve ser explícita, isto é, o computador deve processar somente aquelas ações solicitado pelo usuário e apenas quando solicitado (LABIUTIL, 2009).

Um fator que pode ser melhorado no software desenvolvido se refere à inclusão de obrigatoriedade de ação explícita, por exemplo, “ENTER” para o sistema realizar o processamento de cálculos. Esta obrigatoriedade não foi implementada com o objetivo de oferecer praticidade ao usuário. Assim, permite ao usuário realizar cálculos apenas selecionando um registro de equipamento desejado.

## 2.9 Controle do Usuário



Os usuários deveriam estar sempre no controle do processamento do sistema, por exemplo, interromper, cancelar, suspender e continuar. Cada ação possível do usuário deve ser antecipada e opções apropriadas devem ser oferecidas.

Aspectos referentes ao controle do usuário podem ser melhorados, tendo em vista que o software não permite ao usuário total controle. Após o usuário requisitar algumas ações o sistema não permite o usuário reiniciar ou cancelar.

## 2.10 Flexibilidade

A flexibilidade trata dos meios colocados à disposição do usuário que permitem personalizar as interfaces do sistema para levar em conta as exigências da tarefa, as estratégias ou hábitos de trabalho do usuário. Dessa forma a flexibilidade corresponde também às diferentes maneiras à disposição do usuário para alcançar certo objetivo (LABIUTIL, 2009).

O software desenvolvido está privado de personalizações de interfaces, onde foi definida uma estrutura geral de apresentação das mesmas sem possibilidade do usuário realizar alterações.

## 2.11 Experiência do Usuário

Neste tópico é avaliado se usuários com diferentes níveis de experiência têm iguais possibilidades de obter sucesso em seus objetivos. A consideração da experiência do usuário se refere aos meios implementados que permitem que o sistema respeite o nível de experiência do usuário.

O software desenvolvido está de acordo com os itens analisados neste tópico. Desta forma não exigindo que o usuário possua alguma habilidade especial para realizar suas tarefas no sistema.

## 2.12 Proteção Contra Erros

A proteção contra os erros analisa os recursos empregados para detectar e prevenir os erros de entradas de dados, comandos, possíveis ações de conseqüências desastrosas ou não recuperáveis (LABIUTIL, 2009).

O software desenvolvido apresenta dois itens que não estão em conformidade a este tópico, onde no final de sessão de trabalho não informa ao usuário sobre o risco de perda dos dados e, não emite sinais sonoros quando ocorrem problemas na entrada de dados. A primeira restrição pode ser facilmente resolvida, implementando uma mensagem informando no final de sessão de trabalho, para o usuário realizar *backup* de dados frequentemente. No entanto, a segunda restrição não foi implementada devida que o sistema possui mascaras de entrada de dados, por exemplo, para datas e valores monetários. Caso ocorra erro na inserção de dados nestes campos, o sistema apresenta uma mensagem ao usuário referente ao erro e não deixa prosseguir a inserção dos dados até que seja corrigido.

## 2.13 Mensagens de erro

Este tópico avalia a qualidade das mensagens de erro apresentadas aos usuários em situações adversas. A qualidade das mensagens refere-se à pertinência, à legibilidade e à exatidão da informação apresentada ao usuário, sobre o tipo de erro cometido e sobre as ações a realizar para corrigi-lo.

## 2.14 Correção de Erros

Quando erros são cometidos, devem ser colocados meios a disposição do usuário para corrigi-los. O tópico de correção dos erros refere-se aos meios colocados à disposição do usuário com o objetivo de permitir a correção de seus erros (LABIUTIL, 2009).

Itens referentes a esse critério não são atendidos pelo software desenvolvido, em particular a função de desfazer ações do usuário. Desta forma, impedindo o usuário de voltar passos anteriores nas operações do sistema. Porém, este item não é crítico para

operação, não impedindo a entrada de dados e realização de cálculos disponíveis no sistema.

## 2.15 Consistência

O critério consistência avalia se é mantida uma coerência no projeto de códigos, telas e diálogos com o usuário. A consistência refere-se à forma na qual as escolhas na geração das interfaces são mantidas idênticas, em contextos idênticos, e diferentes, em contextos diferentes (LABIUTIL, 2009).

Os itens avaliados pelo critério consistência são atendidos na aplicação desenvolvida.

## 2.16 Significados

O tópico significado dos códigos e denominações trata das adequações entre o objeto ou a informação apresentada ou pedida e sua referência. Códigos e denominações expressivas possuem uma forte relação semântica com seu referente. Expressões poucas significativas para o usuário podem gerar problemas de condução, podendo induzi-lo a selecionar uma opção errada.

O software desenvolvido satisfaz os aspectos avaliados pelo tópico significados. Com isto é possível verificar que as expressões contidas no sistema auxiliam os usuários a realizarem suas tarefas.

## 2.17 Compatibilidade

O tópico compatibilidade analisa as expectativas e necessidades do usuário em relação ao sistema para a realização das atividades.

As características verificadas neste critério foram contempladas pelo *software* desenvolvido.

**ANEXO A – Tempo de Vida Útil Estimado para Equipamentos Médico-Hospitalares**

**Tabela 01 – Tempo de Vida Útil Estimado para Equipamentos Médico-Hospitalares (USACHPPM, 1997).**

<b>Nome da Classe do Equipamento</b>	<b>Tempo de Vida Útil Estimado (anos)</b>
Aspirado Cirúrgico	10
Audiômetro	10
Balança Eletrônica	7
Berço Aquecido	10
Bisturi Elétrico	8
Bisturi Harmônico	8
Bomba de Infusão	5
Capnógrafo	10
Cardioversor	8
Desfibrilador	8
Dermátomo	10
Drill Ortopédico	10
Eletrocardiógrafo	8
Eletroencefalógrafo	10
Endoscópio Flexível Bronco	10
Foco Cirúrgico	10
Aparelho de Fototerapia	10
Incubadora Infantil	10
Marcapasso Externo	5
Mesa Cirúrgica Geral	15
Microscópio Cirúrgico	12
Monitor Cardíaco	7
Monitor Multiparâmetro	8
Oxímetro de Pulso	5
Tomógrafo Computadorizado	8
Ventilador Pulmonar	10

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA, 2004. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Tecnovigilância. A Engenharia Clínica como estratégia na Gestão Hospitalar. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/tecnovigilancia/capitulo4.pdf>. Acesso em 06 de Dezembro de 2007.

ANVISA, 2003. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução. RDC N°. 210, de 4 de Agosto de 2003. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=22321&word>. Acesso em 20 de Março de 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); 1994. **Confiabilidade e Manutenibilidade**. NBR 5462, Rio de Janeiro.

ABERNETHY, R. B; 2000. **The New Weibull Handbook**. Fourth Edition. Published and distributed by author. Florida.

ALBORNOZ, L. J. C; 2000. **Determinação do Ciclo de Vida dos Equipamentos Médico-Hospitalares**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

ALBORNOZ, L. J. C.; 2006. **Aplicación Del Factor MEL como Metodología para Evaluación Económica durante la Vida Útil de Equipamientos Médico-Hospitalares**. In: II Congreso Internacional de Investigaciones Biomédicas del Caribe Colombiano (Barranquilla-Colombia). Anais. Colômbia, 2006. p. 42-45.

ANTUNEZ, S; 2000. **Planejamento Estratégico para Substituição de Tecnologias na Área de Saúde**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

AVELAR, P; 2006. **Modelo de Plataforma E-Saúde como Estratégia de Gestão de Tecnologia Médico-hospitalar no Home Care: A Engenharia Clínica Incorporada**

ao **Sistema de Home Care**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

BECK, T. A.; 1999. **Um Método para Análise de Confiabilidade para Elementos Finitos**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

BESKO, W. B.; 1999. **Sistema de Informação para o Gerenciamento de Tecnologia Médico-Hospitalar: Metodologia de Desenvolvimento e Implementação de Protótipo**. Florianópolis. Tese (Exame de qualificação de Doutorado em Engenharia Elétrica)- Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)**. Portaria N° 2661/MS/SVS, de 20 de dezembro de 1995 (Classificação de Produtos para Saúde). Diário Oficial da União. 22/12/1995. Brasília: Imprensa Oficial, 1995.

BRITO, L. F. M. Clinical Engineering in Brazil. In: \_\_\_\_\_. **Clinical Engineering (Handbook)**. USA: California. 2004. p. 69-71.

CRUZ, A. M.; BARR, C.; DENIS, E. R.; 2007. Offering Integrated Medical Equipment Management in an Application Service Provider Model. **Biomedical Instrumentation & Technology**, Arlington, Vol. 41, N° 6, Nov-Dec, p. 479-489.

CRUZ, A; RODRÍGUEZ, D.; 2002. An Event-Tree-Based Mathematical Formula for the Removal of Biomedical Equipment from a Hospital Inventory. In: *Jornal of Clinical Engineering* (Winter 2002). Anais, 2002. Cuba. p. 37-45.

COHER, B.; RICHARD, L.; 1995. Benchmark Indicators for Medical Equipment Repair and Maintenance. **Biomedical Instrumentation & Technology**, Arlington, Vol. 12, N° 3, Jul-Aug, p. 308 – 321.

CASAROTTO, N; 1986. **Análise de Investimentos**. 2ª Edição. Editora da UFSC. Florianópolis.

Ceged-IEB-UFSC, **Gestão de Tecnologia Médico-Hospitalar**, Instituto de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

CLARK, J. T. Health Care Technology Replacement Planning. In: \_\_\_\_\_. **Clinical Engineering (Handbook)**. USA: Califórnia. 2004. p. 153-155.

DE ROCCO, E; 1998. **Definição de Procedimentos para Levantamento de Produtividade e Eficiência em Serviços de Manutenção de EEM**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

DILULIO, R. 24x7 Mag. **The Logic of Computerized Maintenance**. 18 March 2007. Disponível em: [http://www.24x7mag.com/issues/articles/2007-03\\_02.asp](http://www.24x7mag.com/issues/articles/2007-03_02.asp). Acessado em: 23 Abril de 2008.

FERREIRA, F. R; 2001. **Proposta de Implementação de Indicadores em Estruturas de Engenharia Clínica**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

FGV, 2009. Fundação Getulio Vargas. **Índices Econômicos**. Disponível em: <http://www.fgv.br/ibre/fgvdados/>. Acessado em janeiro de 2009.

FREGONEZI, M. A; 2006. **Desenvolvimento de Novas Técnicas e Um Aplicativo para Síntese, Minimização e Simulação de Funções Digitais Multi-Valores**. Campinas. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Eletrônica e Microeletrônica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP.

GLOUHOVA, M. World Clinical Engineering Survey. In: \_\_\_\_\_. **Clinical Engineering (Handbook)**. USA: Califórnia. 2004. p. 53-56.

GUEDERT, D; 2006. **Sistema de Gerenciamento de Equipamentos Eletromédicos – Metodologias de TI para Engenharia Clínica**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

GRIMES, S. L. **Healthcare Technology Management & Clinical Engineering Workshop. Equipment Replacement Planning.** Florianópolis, 2006.

HIRSCHFELD, H; 1984. **Engenharia Econômica.** 3ª Edição. Editora Atlas. São Paulo.

LABIUTIL, 2009. **Laboratório de Utilizabilidade da Informática.** Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist/>. Acesso em março de 2009.

LAM. W.; 2001. **Testing E-Commerce Systems: A Practical Guide,** IT PRO Magazine, IEEE, Mar-Apr, p. 19-27.

LAUDON, K. C; 1998. **Management Information Systems.** Fifth Edition. New Jersey.

LIMA JUNIOR, L. F. **Práticas de C++ Builder,** 2001. Disponível em: <http://www.coinfo.cefetpb.edu.br/professor/leonidas/programacao3/praticas/Praticas-CBuilder.pdf>. Acessado em: 15 de Fevereiro de 2009.

MARCONE, A. M; 2000. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 6ª edição. São Paulo.

MELO F. A. V; 2006. **Estudo de Ferramenta de E-Business para Apoiar as Atividades de Engenharia Clínica.** Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MEDEIROS, E. S; 2004. **Desenvolvendo Software com UML 2.0.** 1ª Edição. Editora Pearson Makron Books. São Paulo.

MEIRELES. M; 2004. **Sistemas de Informação.** 1ª Edição. Arte e Ciência Editora. São Paulo.



MORAES, L.; GARCIA, R.; 2004. **Proposta de um modelo de Gestão da Tecnologia Médico-Hospitalar**. In: III LATIN AMERICAN CONGRESS ON BIOMEDICAL ENGINEERING AND XIX BRAZILIAN CONGRESS ON BIOMEDICAL ENGINEERING (SET, 2004: João Pessoa). Anais. João Pessoa, 2004. p. 309-312.

MySQL AB, 2008. **The World's Most Popular Open Source Database**. Disponível em <http://www.mysql.com> . Acessado em: 12 de Abril de 2008.

OLIVEIRA, D. P; **Sistemas de Informações Gerenciais**. 9ª edição. Editora Atlas. São Paulo.

PANERAI, B. R.; MOTR, P. J; 1990. **Evaluacion de Tecnologias en Salud - Metodologias para Países en Desarrollo**. Organizacion Panamericana de La Salud. Organizacion Mundial de La Salud. Washington.

PFLEEGER, S. L; 2004. **Engenharia de Software: Teoria e Prática**. 2ª Edição. Editora Prentice Hall. São Paulo.

PRESSMAN, R. S; 1995. **Engenharia de Software**. 3ª Edição. Editora Makron Books. São Paulo.

PUCR, 2009. Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. **Instalando o DevC ++**. Disponível em: [http://www.inf.pucrs.br/~flash/cbp/instala\\_devc/](http://www.inf.pucrs.br/~flash/cbp/instala_devc/). Acesso em: 16 de Março de 2009.

RELIASOFT, C; 2005. **Life Data Analysis Reference**. Published by ReliaSoft Publishing. Arizona.

REA, L. M; Parker, R. A; 2000. **Metodologia de Pesquisa: Do Planejamento à Execução**. 1ª Edição. Editora Pioneira. São Paulo.

REZENDE, A; ABREU, F; 2000. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informações Empresariais**. 1ª Edição. Editora Atlas S.A. São Paulo.

RICHARDSON, R. J; 2007. Pesquisa Social - **Métodos e Técnicas**. 3ª Edição. Editora Atlas. São Paulo.

TAVARES, L. A; 1996. **Excelência na Manutenção: Estratégias para Otimização e Gerenciamento**. 2ª Edição. Salvador.

TIBOLA, A; 2006. **Contribuição para Inovação e Implementação de Incubadora Tecnológica em Engenharia Biomédica – Uma Visão da Engenharia Clínica**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

USACHPPM, 1997. US Army Center for Health Promotion and Preventive Medicine. TD MED 7. **Thechinal Bulletin, Maintenance Expenditure Limits for Medical Materiel**. Disponível em: <http://usachppm.amedd.army.mil/tbm.htm>. Acessado em 22 de agosto de 2008.

WINTERBOTTOM, A. **Review of The New Weibull Handbook**. The Royal Statistical Society Journal. 1997.